

GÖTTINGER BODENKUNDLICHE BERICHTE

36

Carl-Gustav von Hahn;

**Kulturdüngungsversuche zu mehreren
Baumarten auf Sandstandorten
des niedersächsischen pleistozänen Tieflandes**

1975

Carl-Gustav von Hahn:

**Kulturdüngungsversuche zu mehreren Baumarten
auf Sandstandorten des niedersächsischen
pleistozänen Tieflandes**

- Versuchsergebnisse als Entscheidungshilfe
für die Kulturdüngung -

**Göttinger Bodenkundliche Berichte 36, 1 - 358
(1975)**

Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
0 <u>Einleitung</u>	1
1 <u>Die standörtlichen Grundlagen des Niedersächsischen Tieflandes</u>	13
1.1 Regionale Ausdehnung.....	13
1.2 Klimatische Verhältnisse.....	14
1.3 Geologische Verhältnisse.....	16
1.4 Standörtliche Verhältnisse.....	17
1.5 Forstliche Verhältnisse.....	18
2 <u>Die Versuche</u>	23
2.1 <u>Die Versuche im FA. Gartow der Gräfl. v. Bernstorff'schen Verwaltung</u>	23
2.11 Entstehung und Anlage.....	23
2 Baumarten.....	26
3 Örtliche Standortsfaktoren.....	27
2.2 <u>Die Versuche im Bereich der LWK Weser-Ems im Ems-land</u>	31
2.21 Entstehung und Anlage.....	31
2 Baumarten.....	32
3 Örtliche Standortsfaktoren.....	33
3 <u>Methodik der Versuchsaufnahme und -auswertung</u>	37
3.1 Grundsätzliche Bemerkungen zur Versuchsanlage.....	37
3.2 Versuchsaufnahme.....	42
3.21 Bodenkundliche Daten.....	42
2 Waldbaulich-ertragskundliche Daten.....	43
3 Sonstige erhobene Daten.....	45
3.3 Bearbeitung und Auswertung der Daten.....	46
3.31 Bodenkundliche Daten.....	46
2 Waldbaulich-ertragskundliche Daten.....	48
3 Sonstige erhobene Daten.....	53
3.4 Möglichkeiten der statistischen Verrechnung der Versuchsdaten.....	55
3.5 Darstellung der Versuchsergebnisse.....	56
4 <u>Die Versuchsergebnisse</u>	59
4.1 Vorbemerkung.....	59
4.2 Kulturdüngungsversuche zu KIEFER.....	60
4.21 Reinbestandsversuche.....	61
4.21.1 EMEN 2*.....	61
2 ENGDEM - Schulte-Südhoff (Teilversuch)	74
3 HÜNTEL 3.....	91
4 KLEIN STAVERN (Teilversuch).....	104
5 GARTOW Abt. 6/11 (Teilversuch).....	117
6 Zusammenfassung der Versuchsergebnisse	123

	Seite
4.22 Mischbestandsversuche.....	127
4.22.1 GARTOW -5-.....	127
2 GARTOW -6/7-.....	142
3 GARTOW -10-.....	157
4 Zusammenfassung der Versuchsergebnisse...	170
4.23 Zusammenfassung der Versuchsergebnisse zu KIEFER	173
4.3 <u>Kulturdüngungsversuche zu FICHTE einschl.SITKA-FICHTE</u>	179
4.31 Reinbestandsversuche.....	181
4.31.1 EMEN 1 (Teilversuch).....	181
4.32 Mischbestandsversuche.....	191
4.32.1 ENG DEN - Schulte-Südhoff (Teilversuch)...	191
2 ENG DEN - Theißing (Teilversuch).....	205
3 GARTOW -2-.....	221
4 GARTOW -8/9-.....	246
4.33 Zusammenfassung der Versuchsergebnisse zu FICHTE einschließlich SITKA-FICHTE.....	266
4.4 <u>Kulturdüngungsversuche zu JAPAN. LÄRCH E</u>	272
4.41 Reinbestandsversuche.....	273
4.41.1 EMEN 1 (Teilversuch).....	273
2 ENG DEN - Schulte-Südhoff (Teilversuch)...	280
4.42 Mischbestandsversuche.....	290
4.42.1 ENG DEN - Theißing (Teilversuch).....	290
4.43 Zusammenfassung der Versuchsergebnisse zu JAPAN. LÄRCH E.....	299
4.5 <u>Kulturdüngungsversuche zu Mischbestandsbegründungen aus EICHE (Stiel- und Roteiche) und LÄRCH E (Europ. und Japan. Lärche)</u>	304
4.51 GARTOW -11-.....	304
5 <u>Diskussion der Ergebnisse</u>	325
6 <u>Aussagewert der Versuchsergebnisse für das Nieder- sächsische Tiefland</u>	341
7 <u>Zusammenfassung</u>	345
8 <u>Zusammenstellung der Tabellen, Übersichten, Darstellungen</u>	
9 <u>Literaturverzeichnis</u>	

* Entsprechend bei allen Versuchen:

4.21.1 EMEN 2	
4.21.11 Versuchs begründung und -anlage	
2 Frühere Versuchsergebnisse	
3 Ergebnisse der Versuchsaufnahme 1970/71	
4.21.131 Bodenkundliche Ergebnisse	
2 Nadelanalytische Ergebnisse	
3 Waldbaulich-ertragskundliche Ergebnisse	
4.21.14 Zusammenfassung der Versuchsergebnisse zu EMEN 2	

Verwendete Abkürzungen

Düngungsversuche

E 1	EMEN 1	
E 2	EMEN 2	
E 3	ENGDEN-Schulte-Südhoff	
E 4	ENGDEN-Theißing	
E 5	HÜNTEL 3	
E 6	KLEIN-STAVERN	
G 2 - 6/11	GARTOWER'er Versuche	2,5,6,7,8,9,10 - Abt.82 b 6/11 - Abt.6 u. 11 11 - Abt.123 d

Düngungsvarianten

P_2Ca_3	Erläuterungen der Index-Zahlen in Tab. 7, S. 57
-----------	---

Mineraldünger

KAS	Kalkammonsalpeter
PA	Algierphosphat
(NP)	Stickstoff-Phosphat 20x20
PNO.	Nord-Phosphat (25 %)
PR	Rhenaniaphosphat
PS	Superphosphat
PT	Thomasphosphat
KCl	40'er Kali
KMg	Kalimagnesia, Patentkali
HK	Hüttenkalk, Hochofenschlacke
k.K.	Kohlensaurer Kalk, Kalkmergel
(NPK)	NPK-Volldünger
Cu	Kupferschlackenmehl
Lup.	Lupine

Ertragskundliche Daten

N	Stammzahl
DM, HM	Brusthöhendurchmesser bzw. Höhe des Kreisflächen- mittelstammes
DO, HO	Brusthöhendurchmesser bzw. Höhe des Oberhöhenstamm- mes, definiert als Mittelstamm der 100 stärksten Bäume je Hektar
G	Grundfläche
V _s	Schaftholzvolumen

Statistische Verrechnung der Ergebnisse

Dügg.	} Faktoren	Düngung
Tiefen		Entnahmetiefen (Bodenproben)
Proben.		Probenahme
Standort.		Standort
Wiederhlg.		Wiederholung der Behandlungsvarianten
Baumart		Baumart
I.A.		Interaktion
$\bar{x}$		arithmetischer Mittelwert
s		Standardabweichung
v%		Standardabweichung in % des arithmetischen Mittelwertes (Variationskoeffizient)

Sonstige verwendete Abkürzungen

u. GOF	unter Geländeoberfläche (Grundwasserstand)
DV	Düngungsvariante

0. EINLEITUNG

Das in der Vorstellung der Menschen unserer Breiten seit altersher geprägte Bild vom Walde als Entstehungsort des Naturproduktes Holz hat sich, unter dem Eindruck einer erst in den letzten Jahren allgemein erkannten zivilisationsbedingten Umweltgefährdung, in Richtung einer zunehmend differenzierten Betrachtungsweise gewandelt. Die Vegetationsform "Wald" gilt heute als eine der letzten noch nicht zerstörten Bereiche der Natur. Ihre Holz-erzeugungs- und Arbeitsfunktionen werden in ihrer Bedeutung zunehmend von der Sozial- und Flächenfunktion überlagert. Die symbolhafte Bedeutung des Waldes als Sinnbild einer gesunden und lebenswerten Umwelt schließt jedoch dessen Bewirtschaftung auf größtmögliche Gelderträge hin auch zukünftig keineswegs aus. Gepflegte, vielgestaltige Wirtschaftswälder kommen auch den Belangen einer erholungssuchenden Bevölkerung entgegen. Zudem deutet der zunehmende Trend zu einer umweltbewußteren Lebensweise auch für das Hauptprodukt des Waldes, das Holz, auf eine eher steigende Nachfrage hin.

Welche Anforderungen in Zukunft auch immer an den Wald gestellt werden, er wird diesen nur als gesunde und leistungsfähige Lebensgemeinschaft einer Vielzahl unterschiedlichster Organismen, als intaktes Ökosystem, gewachsen sein.

Die innerhalb der Forstwissenschaft in ihrer Bedeutung bereits früh erkannte (DENGLER, 1929) und in neuerer Zeit erstmals von ODUM (1967) umfassend als neue Teildisziplin der Biologie dargestellte Ökologie und deren ganzheitliche Betrachtungsweise biologischer Vorgänge findet heute zunehmende Beachtung. REHFUESS (1971) definiert die "Forstökologie" als "die Wissenschaft von der Struktur und den Funktionen der Waldökosysteme". Nach ULRICH (1971) besteht das Ökosystem "Wald" aus mehreren Teilbereichen bzw. Schichten (u.a. Wurzel-, Kraut- und Baumschicht), zwischen denen Umsetzungsvorgänge verschiedenster Art ablaufen. Diese Teilbereiche sind miteinander und als in sich geschlossenes System mit der sie umgebenden Umwelt durch Aufnahme (input) und Abgabe (output) von Energie und Materie engstens verflochten. Störungen innerhalb dieses Beziehungsgefüges, sei

es aufgrund äußerer Einwirkungen, wie es beispielsweise Streunutzungsmaßnahmen und industrielle Immissionen darstellen, oder durch anlagebedingte Systemschwächen, u.a. bedingt durch armes geologisches Ausgangsmaterial, können durch meliorative Maßnahmen nachhaltig behoben werden.

Angesichts gewisser Standortsformen des mitteleuropäischen Pleistozäns, beispielsweise grundwasserferne silikatarmer Sande der Saale-Vereisung, wie sie als geologisches Ausgangsmaterial bei zwei der im Rahmen dieser Arbeit beschriebenen Versuche im Emsland als sog. "Untere Sande" vorliegen, wird deutlich, daß ein hier stockender Kiefernbestand V. Ertragsklasse nicht die Art Wald darstellt, wie sie zur Erfüllung der o.a. Funktionen erforderlich wäre. Hier, und nicht nur auf solchen extremen Standorten, wie es dieses Beispiel darstellt, sind Maßnahmen zur Verbesserung der Wuchsbedingungen am Standort notwendig. Diese können, je nach Standort, Baumart und waldbaulicher Zielsetzung, unterschiedliche Bodenvorbereitungsmaßnahmen, den Voranbau forstlicher Hilfspflanzen sowie die Düngung des Bestandes in seinen verschiedenen Entwicklungsstadien umfassen.

Voraussetzung einer jeden Meliorationsmaßnahme sollte die auf die jeweilige Meliorationsabsicht abgestimmte Standortsanalyse sein. Dazu gehören die Boden- und Blatt- bzw. Nadelanalyse. Bei einfacheren Fragestellungen reicht die okulare Ansprache von Boden und Vegetation aus.

Nach WITTICH (1958) ist Düngung "die Schaffung eines Bodenzustandes durch künstliche Zufuhr von Nährstoffen, bei dem diese den Waldbäumen in möglichst optimumnaher Menge und Verteilung zur Verfügung stehen" sollen. "Der Schlüssel für eine erfolgreiche Düngung liegt in der Kenntnis des Nährstoffhaushaltes der Böden. Wir müssen wissen, wie weit die Versorgung mit den verschiedenen Nährstoffen unter dem Optimum liegt, damit diese entsprechend dem relativen Mangel und unter Berücksichtigung schädlicher Disharmonien der Ionenverteilung zugeführt werden können". Neben der Forderung nach ausreichender Nährstoffversorgung steht demnach gleichberechtigt jene nach einer harmonischen, abgewogenen Nährstoff-Zufuhr. Den-

noch kann unter bestimmten Voraussetzungen, beispielsweise bei Vorliegen eines extremen Stickstoffmangels nach jahrhundertelanger Streunutzung, wie ihn KREUTZER (1972) für die mattwüchsigen Kiefernbestände der Oberpfalz nachgewiesen hat, die wohl-dosierte Zufuhr ausschließlich eines Nährstoffes (N) eine entscheidende Verbesserung der Wuchsbedingungen herbeiführen.

Ernährungsstörungen können ihre Ursachen darüberhinaus in den zwischen den einzelnen Elementen bestehenden antagonistischen Wechselwirkungen sowie im Konkurrenzverhalten der Ionen untereinander haben. Im Falle einer unausgewogenen Nährstoffzufuhr kommt es dann leicht zu Mangelercheinungen und Reaktionen, zu denen der sog. "Verdünnungseffekt", ein nach Düngungsmaßnahmen häufig beobachtetes ernährungsphysiologisches Phänomen, zu rechnen ist. Unter "Verdünnungseffekt" faßt man die Vorgänge zusammen, die bewirken, daß bei übermäßiger Zufuhr eines Nährelementes andere Elemente aufgrund des angeregten Pflanzenwachstums ins Minimum geraten.

Jedes Nährelement hat in der Pflanze eine besondere Funktion, der Stickstoff u.a. als Baustein von Enzymen, die Phosphorsäure im Adenosindi- und -triphosphat als entscheidendes Glied beim Energiestoffwechsel, das Kalium als unentbehrlicher Bestandteil bei der Eiweißsynthese und der Kohlehydratbildung, das Calcium als antagonistisches Gegengewicht zum Kalium bei zellphysiologischen Prozessen und das Magnesium als Baustein des Chlorophylls (BAULE 1967). Störungen im Gehalt und in den Mengenverhältnissen der einzelnen Nährelemente in der Pflanze sind aufgrund sichtbarer Mangelsymptome wie elementspezifisches Verfärben von Blattorganen, allgemeine Wuchsdepressionen oder aufgrund von Blattanalysen feststellbar und mittels gezielter Nährstoffzufuhr korrigierbar.

Eine solche Nährstoffzufuhr kann durch Düngung erfolgen, wobei zwischen "natürlicher" bzw. organischer und mineralischer bzw. "künstlicher" Düngung unterschieden wird. BAULE (1967) tritt mit Recht für die Bezeichnung "Mineraldüngung" statt "künstlicher" Düngung ein, da die Pflanze bei der Nährstoffaufnahme zwischen einem in der Bodenlösung enthaltenen und einem erst

durch die Düngung zugeführten Ion keinerlei Unterschiede macht. Zudem erfolgt die Herstellung mineralischer Düngemittel nicht nur "künstlich", sondern z.T. durch bergmännische Abbauprozesse natürlicher, in der Erde vorkommender Lagerstätten.

Die Erfindung der Mineraldünger fällt in die Mitte des vorigen Jahrhunderts. Sie fußt auf der Erkenntnis von LIEBIG, daß gewisse bei der Veraschung von Pflanzenteilen zurückbleibende Mineralien Voraussetzung eines gesunden Pflanzenwachstums und somit wachstumsnotwendig sind. Es folgte eine stürmische Entwicklung der Düngemittel-Industrie sowie ein für die Landwirtschaft revolutionärer Umschwung von der bis dahin nahezu ausschließlich organischen Düngung, die in der Art der Plaggen- und Streunutzung vielerorts eine für den Wald untragbare Belastung angenommen hatte, bis zur heute vorherrschenden mineralischen Düngung.

Aus jener Zeit liegen auch aus der Forstwirtschaft vereinzelt erste Berichte über mineralische Düngungsmaßnahmen, vorwiegend in Kämpfen und Baumschulen, vor (SCHWAPPACH, 1914, siehe BAULE/FRICKER, 1967). Freilandversuche blieben selten und setzten erst um die Jahrhundertwende in stärkerem Maße in Norddeutschland, Belgien (SCHWAPPACH, 1914) und in Frankreich (siehe BAULE/FRICKER, 1967) ein. Wenn auch ALBERT (1905) noch jeden für die "Kali-Düngung von Forstpflanzen" (auf Sandböden des Diluviums, Verf.) ausgegebenen Pfennig für "hinausgeworfenes Geld" hielt, so wurden dennoch von ihm und von dem aus dem landwirtschaftlichen Versuchswesen kommenden EHRENBURG (1911) die Notwendigkeit umsichtig und exakt angelegter forstlicher Düngungsversuche einschließlich bodenanalytischer Untersuchungen gefordert. Zugleich warnten beide vor der Gefahr einer allzu leichtfertigen Übertragung der in der Landwirtschaft mit der mineralischen Düngung gemachten Erfahrungen auf forstliche Verhältnisse. SCHWAPPACH (1914) gibt die zu Beginn des Jahrhunderts herrschende Lehrmeinung zu forstlichen Düngungsfragen wieder, wenn er als mögliche Ursachen für die nur sehr zögernde Verbreitung forstlicher Düngungstätigkeit anführt, daß "die meisten, scheinbar auch armen Böden" ausreichend mit Pflanzennährstoffen versorgt und die Mög-

lichkeiten einer physikalischen und chemischen Bodenverbesserung durch Düngung nur äußerst beschränkt seien. Außerdem sei die Wirkungskdauer der meisten Düngemittel im Vergleich zur Entwicklung der "Forstkulturgewächse" sehr gering und die kostenmäßige Belastung des Bestandes durch Düngungsmaßnahmen aufgrund der langen Umtriebszeiten und angesichts der "geringen Rentabilität" der Forstwirtschaft untragbar hoch.

Diese pessimistische Einschätzung der mit der Düngung gegebenen Möglichkeiten einer Standortsverbesserung und Bestandesbehandlung mag eine der Ursachen für die über viele Jahre hinweg in weiten Kreisen der Forstwirtschaft geltende Einstellung gewesen sein, Düngungsmaßnahmen im Walde seien die ultima ratio und wenn überhaupt, so nur auf extrem verarmten Standorten einzusetzen.

Einen Rückschlag erlebte die Forstdüngung zur Zeit der die forstliche Diskussion beherrschenden Dauerwaldtheorie, die den standörtlichen Verhältnissen im Hinblick auf die Bestandesleistung eine nur untergeordnete Funktion zuerkannte, weil der Standort über den Streukreislauf angeblich eine permanente Regeneration erfahre. Auf diese grundlegend falsche Einschätzung der biologischen Vorgänge am Standort hingewiesen zu haben, bleibt das Verdienst von WITTICH.

Dennoch bildeten die zu Beginn des Jahrhunderts u.a. von WIEDEMANN, VATER, SCHWAPPACH, ALBERT, JUNACK, NEUMANN und WECK angelegten Düngungsversuche das für eine weitere Arbeit auf diesem Gebiet notwendige Grundlagenmaterial. WIEDEMANN (1932) unternahm erstmals eine systematische Aufnahme aller damals bekannten Düngungsversuche und die zusammenfassende Darstellung ihrer Ergebnisse. Sie müssen, zumindest für die Kiefernkulturversuche im Bereich des Norddeutschen Diluviums, als fast durchweg enttäuschend angesehen werden. Während für das Ausbringen organischen Materials und den Voranbau forstlicher Hilfspflanzen befriedigende, praxistaugliche Verfahren sowohl für das ostdeutsche Flachland als auch für das westdeutsche Heidegebiet hergeleitet werden konnten, ergaben die Versuche zur mineralischen

Düngung fast durchweg enttäuschende, oder im Fall einer positiven Düngerwirkung nicht absolut sichere Ergebnisse. Eine Ausnahme bildete die Kalk- und Phosphatdüngung zur Fichte und Douglasie im Bereich des westdeutschen Heidegebietes, welche zu befriedigenden Ergebnissen führte.

In der Folgezeit wurden vornehmlich Versuche zur Baumart Kiefer angelegt. Die Ergebnisse wurden unter anderem von LENT, NOLTE (1930), GREVE (1935) und DE KONING (1932) veröffentlicht. Auf überwiegend armen Sandstandorten konnte durch eine Düngung mit Kalium, Phosphat und Stickstoff eine Verbesserung der Wachstumsleistungen erzielt werden (BECKER-DILLINGEN, 1939; BAULE/FRICKER, 1967).

Einen neuen Impuls erfuhr die forstliche Düngung in Deutschland zu Beginn der 50er Jahre als Reaktion auf die kriegsbedingten Waldverwüstungen. Mit der Gründung des Niedersächsischen Forstlichen Versuchsrings im Jahre 1948 und dem fast gleichzeitig einsetzenden Ödlandaufforstungsprogramm im Rahmen der Emslanderschließung (1950) setzte in Niedersachsen eine rege, auf die Initiative aller Waldbesitzarten zurückgehende Versuchstätigkeit ein. Versuchsschwerpunkte bildeten Kulturdüngungsversuche auf vornehmlich pleistozänen Sanden im Osten und Westen des Landes. Über erste Ergebnisse dieser Versuche haben u.a. JUNACK, BARELMANN, WANDT, THEMLITZ, BAULE und FRANZ berichtet.

Auf den meist grundwassernahen Talsanden im Urstomtal der Elbe legte JUNACK (1966) Düngungsversuche zu den Baumarten Kiefer, Strobe, Lärche, Fichte, Eiche, Roterle und Pappel, vornehmlich mit Kalkmergel (40-200 dz/ha) und Rhenaniaphosphat (4-20 dz/ha) an, teilweise in Kombination mit der Einsaat von Dauerlupine und zumeist nach Vollumbruch. Die kombinierten Maßnahmen ergaben die besten Resultate, wobei die Phosphat-Düngung eine zum Teil erhebliche Veränderung in der Baumartenzusammensetzung bewirkte.

Überwiegend zu Kiefer, Japan. Lärche und Fichte durchgeführte Düngungen erfolgten im Emsland durch BARELMANN und WANDT.

Bei Vergleichsdüngungen verschiedener Kalk- und Phosphatdünger erwies sich bei den Kalkdüngern der Hüttenkalk dem Kalkmergel als in der Regel überlegen (WANDT/BARELMANN, 1963; THEMLITZ/LAUENSTEIN, 1969), bei den Phosphatdüngern dominierten Super- und Thomasphosphat gegenüber Rhenania- und Nord-Phosphat. Versuche mit Volldüngern ergaben, daß auf den armen Sandstandorten des Emslandes eine über mehrere Jahre hinweg verteilte Gabe von 10-12 dz/ha die Kiefern gesund und ausreichend schnell über die kritische Jugendphase hinwegführt (WANDT/BARELMANN, 1963).

Über einen 1950 zu Kiefer im Anschluß an die Kultur angelegten Mangelversuch auf versandetem Geschiebemergel der Saale-Vereinsung (Boitzenhagen) haben WITTICH (1958) und GUSSONE (1964, 1972) berichtet. Die Volldüngung bewirkte hier bei der Kiefer nach 7jähriger Versuchsdauer ein Mehr in der Massenleistung von 260 % gegenüber ungedüngt. Der Düngungseffekt war bei den teilweise beigemischten Roteichen, Fichten und Japan.Lärchen noch höher.

Bei einem in unmittelbarer Nachbarschaft des o.a. Versuchs durchgeführten Stickstoff-Steigerungsversuch zu einer Kiefernkultur reagierte diese auf die Stickstoffdüngung, nach anfänglicher Kalk-, Kali- und Phosphatdüngung, mit einer Mehrleistung bis zu 60 % im Vergleich zu ungedüngt (GUSSONE, 1963).

Der bereits 1930 auf einem silikatarmen, grundwasserfernen Sandstandort als Kulturdüngungsversuch zu den Baumarten Kiefer, Fichte, Douglasie, Japan.Lärche und Buche als faktorieller Mangelversuch angelegte Düngungsversuch in Oerrel/Lintzel (Lüneburger Heide) ist von SEIBT und WITTICH (1965) und in Teilaspekten von SEIBT, KNIGGE, REEMTSMA und ULRICH (1967) beschrieben worden. Nach rund 35jähriger Versuchsdauer, 25 Jahre nach der ersten Düngungsmaßnahme, konnte eine durch die NPKCa-Düngung bewirkte Verbesserung der Wuchsleistung aller Baumarten um eine bis zwei Ertragsklassen festgestellt werden.

Der Großteil der seinerzeit von WIEDEMANN (1932) ausgewerteten Versuche lag im Bereich des norddeutschen Flachlandes. Über

neuere dort angelegte Düngungsversuche liegen Veröffentlichungen vor von BRÜNING, CZERNEY, DITTMAR, FIEDLER, HEINSDORF, HIPPELIE, HOFFMANN, KOPP, KRAUSS, NEBE, TRILLMICH und ÜBEL.

DITTMAR (1953) konnte für die Kiefer auf armen Talsanden erhebliche Mehrleistungen durch eine im Verhältnis von 2:1 erfolgte kombinierte Düngung von Kalimagnesia und Thomasphosphat nachweisen. Auch BRÜNING (1959) kommt zu dem Schluß, daß auf den armen, grundwasserbeeinflussten Sanden des ostdeutschen Flachlandes nach dem Stickstoff das Kalium das wuchsbegrenzende Nähr-element ist, Magnesiummangel sei äußerst selten und nur auf ganz extrem verarmten Standorten feststellbar.

Die von KRAUSS (1964) durchgeführten Untersuchungen über Möglichkeiten einer Melioration degradierter Sandstandorte im nord-ostdeutschen Pleistozän durch kombinierte Maßnahmen von Bodenvorbereitung, Voranbau von Hilfspflanzen und Düngung führten zu dem Ergebnis, daß auf den untersuchten Standorten die konventionelle Kombination von Kalkung und Hilfspflanzenanbau grundsätzlich versagt hat. KRAUSS empfiehlt deshalb die Volldüngung ohne den Anbau forstlicher Hilfspflanzen.

Von einer kombinierten NK-Düngung in einer 3jährigen Kiefern-kultur auf Talsand des Lausitzer Urstromtales nahe Bautzen berichten FIEDLER, HÖHNE und LEUBE (1970). Die innerhalb eines Zeitraums von 3 Jahren mit gestaffelten Stickstoffmengen (50-200 kg N/ha) und Kalium gedüngten Kiefern wiesen mit steigender Stickstoffdüngung zwar dementsprechend gestaffelte N-Gehalte in den Nadeln auf, die Gehalte an Kalium, Calcium und Magnesium verringerten sich jedoch mit zunehmender Stickstoffdüngung. Die Kaliumdüngung bewirkte ebenfalls einen starken Anstieg des entsprechenden Spiegelwertes in den Nadeln. Die ertragskundlichen Messungen (Höhe und Brusthöhendurchmesser) auf den stickstoffgedüngten Varianten ergaben zwar einen positiven Düngungseffekt, jedoch nicht eine den Stickstoffgaben entsprechende Staffelung der Meßwerte.

HEINSDORF (1963, 1966, 1969) berichtet in mehreren Veröffentlichungen über die Ernährungssituation von Kiefernkulturen auf armen Sanden und die Möglichkeit ihrer Verbesserung durch Düngungsmaßnahmen. Er kommt zu dem Ergebnis, daß auf den untersuchten Standorten grundsätzlich der Stickstoff der ertragsbegrenzende Faktor ist. An zweiter Stelle folge das Kalium. Das Angebot an Phosphor und Magnesium liege nur selten im Mangelbereich.

Über Kulturdüngungsversuche zu Androscoggin-Pappeln auf nährstoffarmen Sanden berichten HEINSDORF und KRAUSS (1970). Wuchsbegrenzende Faktoren für den Pappelanbau auf diesem Standort war die mangelhafte Versorgung mit Stickstoff, Kalium sowie mit Wasser. Es erwies sich, daß eine kombinierte NK-Düngung (100-120 kg/ha N, 60 kg/ha K₂O) zum besten Erfolg führte.

Die teilweise durchaus vergleichbaren Standortsverhältnisse der benachbarten Länder im Bereich des mitteleuropäischen pleistozänen Tieflandes lassen einen regen Austausch einschlägiger Erfahrungen auf dem forstlichen Düngungssektor erwarten. Dieser ist jedoch, was die Übernahme von Düngungsergebnissen beispielsweise aus den Niederlanden und Dänemark anbetrifft, nach GUSSONE (1974) bisher nicht sehr intensiv gewesen.

Aus den N i e d e r l a n d e n haben vornehmlich VAN GOOR, OLDENKAMP und VAN DER MEIDEN über Düngungsversuche berichtet. Der hier anhand der Ergebnisse von Boden- und Nadelanalysen in weiten Teilen des Landes festgestellte Phosphatmangel konnte durch eine großflächig durchgeführte P-Düngung nicht beseitigt werden, wie anhand der Ergebnisse von ertragskundlichen Erhebungen nachgewiesen werden konnte (siehe GUSSONE, 1974). Dieses Ergebnis weist nach VAN GOOR (1967) auf die Notwendigkeit einer Anlage weiterer Versuche hin. Bei Untersuchungen über Spurenelementmangelsymptome in Douglasien-Beständen der zweiten Generation auf Heidestandorten stellte VAN GOOR (1965) Kupfermangel fest.

Nach VAN DER MEIDEN (1964) weisen die pleistozänen Sandböden der Niederlande eine unterschiedliche Kali-Versorgung auf. In einer Arbeit über die Kali-Düngung von Pappelbeständen wird mit dem Hinweis auf die Notwendigkeit von Boden- und Nadelanalysen eine generelle kombinierte Kali- und Stickstoff-Düngung zur Pflanzung empfohlen. Diese sollte je Pflanze aus 60-80 g K_2O und 20-50 g N bestehen (siehe SCHÖNAMSGRUBER, 1965).

Die ersten Anfänge einer forstlichen Düngungstätigkeit in Dänemark reichen zurück bis in das ausgehende 19. Jahrhundert (HOLSTENER-JÖRGENSEN und LUNDBERG, 1970). Über Düngungsmaßnahmen in diesem Lande berichteten seither wiederholt MÜLLER, HELMS, MÖLLER, WEST-NIELSEN, OKØSBJERG, LUNDBERG, BARTHO-LIN, HOLSTENER-JÖRGENSEN und SCHAFFALITZKY de MUCKADELL.

Die rd. 400.000 ha große Waldfläche Dänemarks wurde in Zusammenarbeit zwischen der Dänischen Forstlichen Versuchsanstalt und der Dänischen Heidegesellschaft von einem Netz forstlicher Düngungsversuche überzogen. Im Bereich der Kulturdüngung wurden insbesondere die Möglichkeiten einer Ertragsverbesserung in Weihnachtsbaumkulturen und bei der Schmuckreisiggewinnung durch Düngung untersucht (HOLSTENER-JÖRGENSEN, 1969).

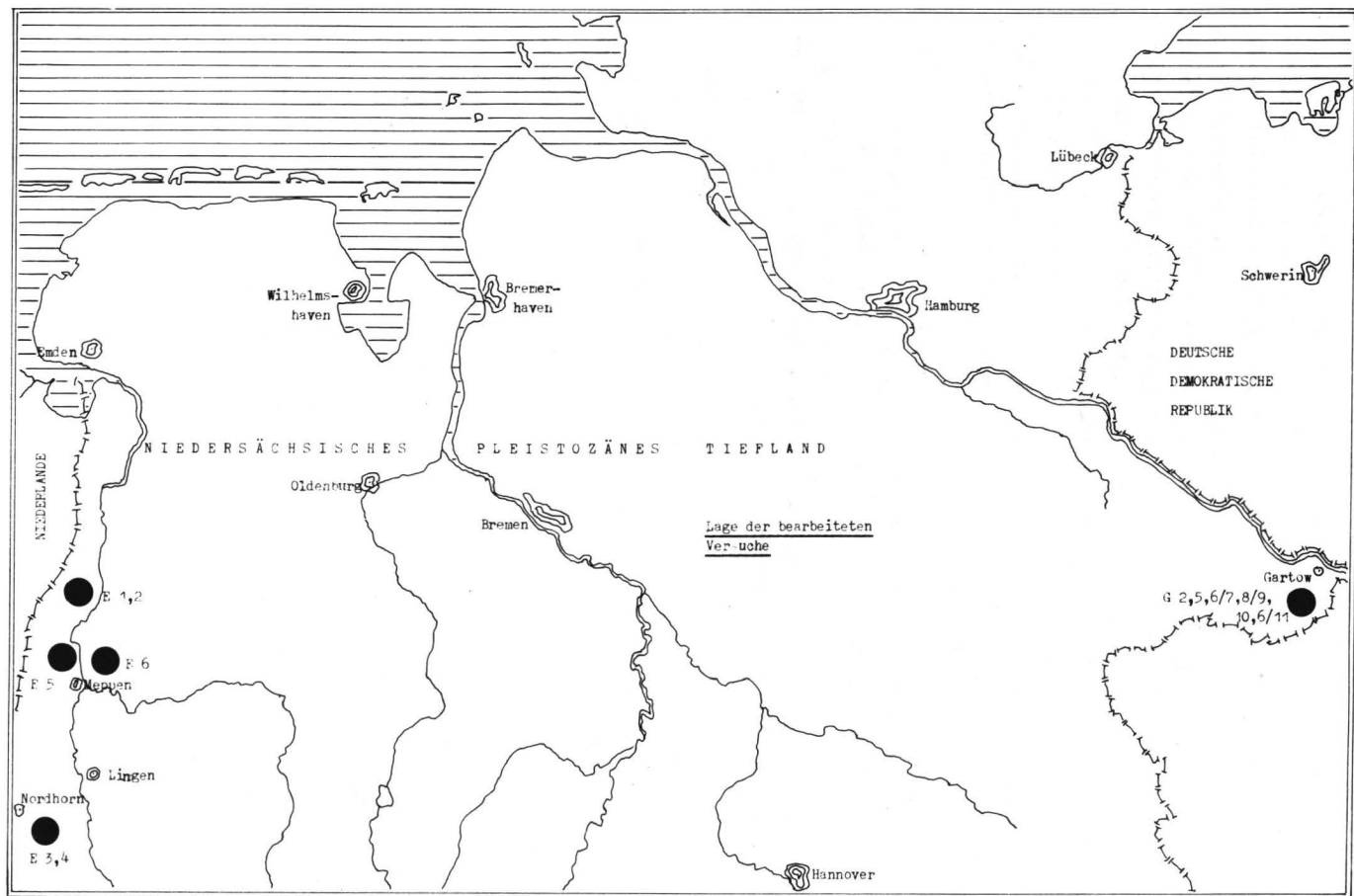
Zusammenfassende Untersuchungen in einer Mehrzahl von Fichten-Kulturdüngungsversuchen ergaben, bei entsprechenden Überschneidungen, im Süden des Landes vorwiegend Kalium-, im Norden Stickstoff- und in den mittleren Landesteilen Phosphormangel (HOLSTENER-JÖRGENSEN, 1970). Während die Fichte als wirtschaftlich bedeutungsvollste Baumart in Dänemark auf eine mineralische Düngung besonders augenfällig reagiert hat (HOLSTENER-JÖRGENSEN, 1963, 1969, 1971), zeigten die Japan-Lärche und die Bergkiefer weniger ausgeprägte Reaktionen.

Auswirkungen dänischer Versuchsarbeiten auf deutsche Verhältnisse könnten aufgrund vergleichbarer Standortverhältnisse für den sog. Geestrücken in West-Schleswig-Holstein erwartet werden (GUSSONE, 1974).

Über Düngungsversuche in P o l e n haben BRÜNING (1959), BAULE (1971) und HEMPLER/BAULE (1971) berichtet. Die um 1930 von WIEDEMANN auf Veranlassung des deutschen Kaliinstituts in der Gegend von Schneidemühl, jetzt Pilar/Polen, angelegten Kulturversuche zu Kiefer konnten 1969 von BRÜNING und KROLI-KOWSKY anhand alter Versuchsunterlagen wiederhergestellt werden. Erste Veröffentlichungen über eine neuerliche Versuchsaufnahme ist 1971 in der polnischen Forstzeitschrift "Lars Polski" erfolgt. Danach konnte, rd. 40 Jahre nach Versuchsbeginn, auf den mit Kali gedüngten Flächen im Durchschnitt eine Volumenmehrleistung von 50 % festgestellt werden (siehe BAULE, 1971).

Übereinen 1958 in Poddebiße auf stark verarmtem Dünensand angelegten Düngungsversuch zu Kiefer berichtet BAULE (1971). Der positive Zuwachseffekt der mineralischen NPK-Düngung, gemessen an der Höhenleistung, betrug nach 12jähriger Versuchsdauer rd. 500 % gegenüber ungedüngt.

Die im Forstwirtschaftsjahr 1968/69 in Polen insgesamt abgedüngte Waldfläche betrug nach HEMPLER und BAULE (1971) rd. 20.000 ha, wobei auf rd. der Hälfte der Fläche ausschließlich gekalkt worden ist.



1 DIE STANDÖRTLICHEN GRUNDLAGEN DES NIEDERSÄCHSISCHEN PLEISTOZÄNEN TIEFLANDES

Die im folgenden beschriebenen Kulturdüngungsversuche wurden zu Beginn der 50er Jahre dieses Jahrhunderts, teilweise aus regionalen Bedürfnissen heraus zu ganz bestimmten Fragestellungen angelegt. Das Gemeinsame der mehr oder minder voneinander abweichenden Versuchsziele war das Bemühen, in einem klimatisch, geologisch und topographisch relativ einheitlichen Raum Mittel zu finden, das Jugendwachstum der wichtigsten Wirtschaftsbaumarten mittels mineralischer Düngung zu verbessern. Mit der vorliegenden Arbeit wird der Versuch unternommen, die einzelnen Versuchsergebnisse derart aufzuarbeiten, daß für ein möglichst großes Gebiet Niedersachsens mit vergleichbaren Standortverhältnissen Empfehlungen zur forstlichen Kulturdüngung formuliert werden können.

Ein Blick auf die nebenstehende Übersichtskarte verdeutlicht die aus der Sicht der niedersächsischen Forstwirtschaft exponierte Lage der bearbeiteten Versuche. Regionale Schwerpunkte sind das FA. GARTOW im äußersten Osten des Landes und das westliche EMSLAND. Die Versuche liegen nahezu ausnahmslos auf "Talsanden" mit mehr oder minder starkem Grundwassereinfluß. Die gleichlautende Standortstypengruppe (Niedersächsische Standortskartierung) ist mit 21 % an der Staatswaldfläche des Pleistozäns beteiligt. Dementsprechend werden von den Versuchen rd. ein Fünftel allein der Staatswaldfläche im pleistozänen Flachland Niedersachsens repräsentiert.

Im folgenden wird ein Abriß der klimatischen, geologischen und standörtlichen Verhältnisse für den gesamten norddeutschen Bereich gegeben. Grundlage hierfür ist die Wuchsbezirksgliederung von GÖRGES (1969) sowie die Darstellung der Ergebnisse der niedersächsischen Standortskartierung von OTTO (1972).

1.1 REGIONALE AUSDEHNUNG

Auf rd. 2/3 der Fläche Niedersachsens sind Ablagerungen des Pleistozäns standortsbestimmend. Sie reichen, regional wechselnd

mit holozänen Bildungen, über die gesamte Ost-West-Ausdehnung des Landes, von den Ausläufern der Marsch im nördlichen Küstenraum bis zu den nördlichen Ausläufern der Mittelgebirge im Süden. Die Nord-Süd-Ausdehnung des Niedersächsischen Pleistozäns mißt rd. 150 km, die West-Ost-Ausdehnung rd. 350 km. Die Gesamt-Staatswaldfläche beträgt hier rd. 130.000 Hektar.

1.2 KLIMATISCHE VERHÄLTNISSE

Klimabestimmender Faktor für das Niedersächsische Flachland ist der Atlantik, dessen maritimer Einfluß sich jedoch nach Süden und Osten zu deutlich abschwächt und allmählich in einen mehr subkontinentalen Klimatyp übergeht. Innerhalb dieses vom maritimen Großklima bestimmten Raumes spielt das kleinflächige Relief, mit Ausnahme einiger klimatisch-topographisch definierter Grenzen einzelner Wuchsbezirke, insgesamt eine nur untergeordnete Rolle.

Die forstlichen Wuchsbezirke stellen nach GÖRGES und OTTO regionale ökologische Haupteinheiten dar, die verschiedene Landschaftsteile einheitlichen physiographischen Charakters umfassen und die durch ein einheitliches Regionalklima gekennzeichnet sind. Innerhalb des Niedersächsischen Flachlandes werden dementsprechend folgende Wuchsbezirke ausgeschieden (Abkürzungen in Klammern):

Ostniedersächsisches Tiefland:

Lüchower Niederung (LN)
Ost-Heide (OH)
Hohe Heide (HH)
Süd-Heide (SH)
Geest-Mitte (GM)
Zevener-Geest (ZG)

Westniedersächsisches Tiefland:

Ems-Hase-Hunte-Geest (EH)
Leda-Moorniederung (LM)
Ostfriesisch-Oldenburgische Geest (OO)
Wesermünder Geest (WG)

Die Höchst- und Tiefstwerte der wichtigsten Klimadaten für den gesamten Raum sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1

Klimawerte (Tiefst- und Höchstwerte) für den Bereich des niedersächsischen Pleistozäns, mit Angabe der entsprechenden Wuchsbezirke (Daten nach GÖRGES, 1969 und OTTO, 1972)

Klima-Merkmal	Einheit	Tiefstwert	Wuchsbezirk	Höchstwert	Wuchsbezirk
1	2	3	4	5	6
Mittl. Niederschlagssumme im Jahr	L/m ²	580	LN	780	OO
Mittl. Niederschlagssumme forstl. Veg. Zeit (V-IX)	L/m ²	270	LN	370	WG, OO
Mittl. Niederschlagssumme Hauptwachstumszeit (V-VII)	L/m ²	160	LN	210	EH, OO
Mittl. relative Luftfeuchtigkeit im Jahr	%	79	LN	84	OO
Mittl. relative Luftfeuchtigkeit i.d. forstl. Veg. Zeit (V-IX)	%	74	LN	79	OO
Mittl. Lufttemperatur im Jahr	°C	8	OH, HH	8,6	GM, EH
Mittl. Lufttemperatur i.d. forstl. Veg. Zeit (V-IX)	°C	14	WG	15,2	LN
Mittl. Lufttemperatur i.d. Hauptwachstumszeit (V-VII)	°C	14	WG	15,4	LN
Mittl. Veg. Zeit Niederschlag durch mittl. Veg. Zeit Wärme		18	LN	26	OO, WG
Mittl. Trockenheitsindex i.d. Hauptwachstumszeit (V-VII)		27	LN	36	ZG
Mittl. Zahl der Frosttage im Jahr (Tiefstwert d. Temp. i. 2m Höhe u. 0°C)		75	OO, WG	100	HH

Danach lassen sich die einzelnen Wuchsbezirke klimatisch in drei Gruppen einteilen:

Atlantisches Klima:

Ostfriesisch-Oldenburgische Geest
Leda-Moorniederung
Wesermünder-Geest

Atlantisch-subkontinentales Übergangsklima:

Hohe Heide
Zevener Geest
Geest-Mitte
Ems-Hase-Hunte-Geest

Subkontinentales Klima:

Lüchower Niederung
Ost-Heide
Süd-Heide

Die GARTOWER Versuche liegen im östlichen Teil des Wuchsbezirks Lüchower Niederung (LN) und damit im Bereich subkontinentaler Klimaverhältnisse. Im Emsland liegt die Mehrzahl der Versuche (4) im westlichen Teil des Wuchsbezirkes Ems-Hase-Hunte-Geest (EH), zwei Versuche (EMEN 1 und 2) müssen dem Übergangsbereich zum Wuchsbezirk Leda-Moorniederung (LM) zugeordnet werden. Die Tatsache, daß in diesem ausschließlich klimatisch definierten und dementsprechend breiten Übergangsbereich zwischen rein atlantischem und schon subkontinental getöntem Klima ebenfalls zwei Versuche liegen, rechtfertigt die Feststellung, daß die drei oben angegebenen Klimatypen von den bearbeiteten Versuchen relativ gut repräsentiert werden.

1.3 GEOLOGISCHE VERHÄLTNISSE

Die Topographie des niedersächsischen Flachlandes ist geprägt durch die glaziale Folge von Grund- und Endmoräne, Sander und Urstromtal. Je nach Intensität und Dauer der einzelnen Vereisungsperioden und ihrer verschiedenen Stadien finden sich noch heute im gesamten niedersächsischen Raum Kuppen (Grundmoränen) und zusammenhängende Höhenrücken (Endmoränenwelle), ausgedehnte Sandflächen (Sander) und breite Flußtäler (Urstromtäler). Von den drei beherrschenden Vereisungsperioden des mitteleuropäischen Raumes (Elster-, Saale- und Weichseleiszeit) sind Spuren der Elster- und des ältesten (Osning-)Stadiums der Saale-Vereisung heute in Niedersachsen kaum noch erkennbar. Demgegenüber können das Rehburger- und das Warthe-Stadium der Saale-Vereisung als landschaftsbestimmend betrachtet werden.

Mit Ausnahme zweier im Emsland auf "Unterem Sand" liegender Versuche bilden die sog. T a l s a n d e einheitlich für alle bearbeiteten Versuche das geologische Ausgangsmaterial. Bei diesem Material handelt es sich i.d.R. um fein- bis mittelkörnige, mit zunehmender Bodentiefe auch gröbere Fraktionen enthaltende, nahezu reine Quarzsande jungdiluvialen Ursprungs, die nach H.O. GRAHLE (1960) mit Hilfe eines aus dem märkischen Pleistozän übernommenen Sammelbegriffs als "sandige Talfüllungen der großen norddeutschen Talzüge (Urstromtäler)" definiert werden

können. Die im Gefolge des abschmelzenden Drenthe-Eises vorwiegend während des Weichsel-Glazials geschütteten Sande sind trotz ihres fluviatilen Ursprungs aufgrund späterer Umlagerungsvorgänge häufig mit postglazialen äolischem Material vermengt. Ihre Mächtigkeit (8-15 m) nimmt gewöhnlich von Süden nach Norden zu.

Die "U n t e r e n S a n d e" wurden demgegenüber während des Vorrückens des saaleeiszeitlichen Eises als sog. Vorschüttungs-sande (GRAHLE) sedimentiert und sind somit entstehungsgeschichtlich als älter anzusprechen. Meistens handelt es sich um mittelkörnige Sande mit teilweisen Beimengungen gröberer Sandfraktionen.

Die Emsländer Talsande sind demgegenüber spät-saaleeiszeitlichen Ursprungs, teilweise noch während des Rehburger-Stadiums in den Niederungen der Ems abgelagert und erst in geschichtlicher Zeit regional zu mächtigen Binnendünen aufgeweht worden.

1.4 STANDÖRTLICHE VERHÄLTNISSE

Ausschlaggebend für die standörtlichen Verhältnisse im nordwestdeutschen Pleistozän sind weniger das über weite Bereiche hinweg relativ einheitliche Klima noch die Exposition. Markante Reliefunterschiede einschließlich daraus abzuleitender kleinflächig wechselnder Klimaveränderungen sind selten. Topographisch fixierte Wuchsbezirksgrenzen finden sich ausschließlich im Süden gegen die Mittelgebirge und zwischen einigen Wuchsbezirken im Osten. Entscheidend für die Bodenbildung ist das geologische Substrat, welches wiederum primär aufgrund seines Alters, das heißt hinsichtlich der Einwirkungen, denen es während der verschiedenen Eiszeiten und Eisstillstandsphasen unterlegen war, beurteilt werden muß.

Bei seinen Untersuchungen an jung- und altdiluvialen Sanden im norddeutschen Raum fand WITTICH im jungdiluvialen Material einen deutlich höheren prozentualen Gehalt an Silikaten (28 %) als im altdiluvialen Material (12,5 %). Ursache des geringeren Silikatgehalts u.a. der warthestadialen Sande ist nach WITTICH

die während dieses Stadiums erfolgte Aufnahme bereits stark verwitterter Sande der Saale-Eiszeit durch die Gletscher. Dementsprechend sind sie als Ausgangsmaterial für die Bodenbildung wesentlich ungünstiger zu beurteilen als z.B. Sande der Weichsel-Eiszeit. Ein anderer Grund ist die während der Weichsel-Eiszeit im Bereich der altdiluvialen Sande viel früher intensiv begonnene Verwitterung des größtenteils vegetationslosen Bodenmaterials, ein Vorgang, der im jungdiluvialen Bereich aufgrund der Eisbedeckung häufig unterbunden und erst viel später möglich war. Die Leistungsfähigkeit der Sande im Osten Niedersachsens kann deshalb, grob vereinfacht, höher als die derjenigen im Westen (altdiluviales Material) eingestuft werden.

Detailliertere Standortsbeschreibungen zu den einzelnen Versuchen folgen in den entsprechenden Abschnitten.

1.5 FORSTLICHE VERHÄLTNISSE

Die postglaziale Wiederbesiedelung des norddeutschen Raumes durch Pflanzen erfolgte vor rd. 15.000 Jahren während der sog. älteren Tundrenzeit, also noch in der Späteiszeit. Nach kurzer klimabedingter Unterbrechung der Kiefern-Birken-Zeit als erste Waldformation in der jüngeren Tundrenzeit (10.000 bis 8.000 v. Chr.) trat eine größere Erwärmung ein (Boreal), in der der Haselstrauch sein Optimum erreichte und den Kiefern-Birkenwald als dominierende Waldform ablöste. Ihm folgten die Eichen-Mischwald-Zeit (Atlantikum), die Übergangszeit vom Eichen-Mischwald zur Buchenzeit (Subboreal) und die Buchenzeit (Subatlantikum). In dieser von 500 v. Chr. bis 1.000 n. Chr. dauernden Nachwärmezeit nahmen erstmals die Eingriffe des Menschen in den Wald stärkere und, wie es sich im Verlauf der folgenden Jahrhunderte zeigen sollte, für den Wald verhängnisvollere Formen an.

Waldverwüstungen größeren Ausmaßes setzten bereits im Mittelalter ein, bedingt durch den zunehmenden Holzbedarf (Salinen, Schiffsbau) bei gleichzeitiger unregelmäßiger Holznutzung, wobei die Walderneuerung ausschließlich natürlichen Verjüngungsmethoden wie dem Stockausschlag und der Naturverjüngung überlassen blieb. Hinzu kam eine immer stärkere Belastung des Waldes durch

die Landwirtschaft (Vieheintrieb, Schafhaltung, Streu- und Plaggennutzung). Der Anteil an Heide- und Ödflächen nahm ständig zu und erreichte Ende des 18. Jahrhunderts in Niedersachsen seine größte Ausdehnung.

So wird der Schnuckenbestand der Lüneburger Heide um 1800 mit 500.000 Stück angegeben, und eine 1780 angefertigte Karte über den Waldzustand des Fürst-Bischhöfflichen Münsterschen Niederstiftes Meppen weist für das 200.000 ha große Gebiet nur noch 3000 ha Wald auf, wovon nur 70 ha mit hochstämmigen Bäumen bewachsen war. Der tatsächliche Waldanteil belief sich demnach auf 0.03 % (nach OTTO, 1972).

Erste Aufforstungsmaßnahmen setzten zu Beginn des 19. Jahrhunderts ein. Im Emsland galten sie zunächst der "Dämpfung der Wehsande" d.h. der Festlegung der sich über weite Landstriche ausbreitenden Dünen- und Flugsande. Weitere Ursachen einer zunehmenden Walderholung waren u.a. die Einführung der mineralischen Düngung in der Landwirtschaft, die die Streu- und Plaggennutzung überflüssig machte, der Rückgang der Schafhaltung aufgrund sinkender Erträge dieses landwirtschaftlichen Erwerbszweiges sowie die zunehmende Einsicht in die Notwendigkeit einer geregelten Holznutzung. Diese Entwicklung trug wesentlich zur Wiederherstellung eines tragbaren Waldzustandes bei.

Dominierende Baumart dieser Wiederbewaldungsperiode war die Kiefer, sowohl bei den Befestigungen der Flugsande im Emsland, wie auch im östlichen Bereich Niedersachsens. Im Land Oldenburg nahm der Kiefernanteil von 0 % im Jahre 1780 auf 62 % bis zum Jahr 1960 zu. Die bescheidenen Standortsansprüche dieser Baumart und ihre unproblematische Handhabung bei der Begründung waren die Ursachen ihrer auffälligen Bevorzugung im norddeutschen Raum. Heute verteilen sich die Baumarten innerhalb des niedersächsischen Pleistozäns, aufgegliedert auf die einzelnen Wuchsbezirke, wie folgt (Tabelle 2). Die Herleitung der Baumartenanteile erfolgte nach dem Istzustand der Forsteinrichtung, indem die Flächen der Bestandestypen der jeweiligen Hauptbaumart zugerechnet wurden (OTTO, 1972).

Aus der Tabelle wird der überwiegende Anteil der Kiefer an der Gesamtbestockung deutlich. Er schwankt in den einzelnen Wuchsbezirken zwischen 36 (ZG) und 74 % (EH), wobei in den nordwest-

Tabelle 2

Bestockungsaufbau des pleistozänen Flachlandes -Flächenanteile der Baumarten in Hektar je Wuchsbezirk, in Klammern prozentualer Anteil der Baumarten in den jeweiligen Wuchsbezirken- (nach OTTO, 1972)

Wuchsbezirk	TEi	StEi	Bu	Alh*	Aln**	Fi	Dou	WLa	Ki	ILä	ELä	Zusammen
OH	574 (2)	1788 (7)	1212 (5)	134 (=)	1737 (7)	2765 (12)	153 (1)	17 (-)	15717 (65)	234 (1)	136 (-)	24 468 (100)
HH	249 (1)	1428 (5)	1406 (5)	13 (-)	247 (1)	5517 (19)	300 (1)	18 (=)	19004 (66)	410 (2)	116 (-)	28 706 (100)
LN	153 (4)	577 (16)	54 (2)	85 (3)	612 (17)	284 (8)	8 (-)	- (-)	1789 (50)	4 (-)	1 (-)	3 566 (100)
SH	2 (-)	984 (9)	165 (2)	175 (2)	691 (7)	715 (7)	4 (-)	= (=)	7599 (72)	52 (-)	100 (-)	10 486 (100)
ZG	38 (1)	621 (15)	355 (9)	19 (-)	105 (3)	1118 (27)	31 (1)	19 (=)	1457 (36)	291 (7)	32 (1)	4 086 (100)
WG	50 (1)	617 (8)	334 (4)	21 (-)	117 (1)	2060 (26)	342 (4)	43 (1)	3925 (49)	447 (6)	6 (-)	7 989 (100)
OO/ LM	- (-)	1512 (15)	258 (3)	128 (1)	276 (3)	2223 (23)	195 (2)	316 (3)	4311 (44)	621 (6)	18 (-)	9 856 (100)
EH	- (-)	399 (2)	347 (2)	14 (-)	365 (2)	2359 (15)	213 (1)	16 (-)	11927 (74)	668 (4)	10 (-)	16 317 (100)
GM	400 (2)	2090 (10)	1713 (9)	185 (1)	642 (3)	2882 (14)	312 (2)	90 (-)	10917 (55)	613 (3)	158 (1)	20 002 (100)
Summen:	1 465	10 015	5 843	773	4 792	19 923	1557	517	76 674	3340	578	125 475

* Alh = Andere Laubhölzer mit hoher Umtriebszeit (Esche, Ahorn, Ruster, Kirsche, Linde, Hainbuche)

** Aln = Andere Laubhölzer mit niedriger Umtriebszeit (Erle, Pappel, Weide, Birke)

lichen Wuchsbezirken mit 36-49 % erwartungsgemäß die geringeren Anteile zu verzeichnen sind, eine Folge der bei dieser Baumart unter den hier herrschenden Klimabedingungen stets bestehenden Forstschutzprobleme (Schütte). In diesen Wuchsbezirken ist deshalb die Fichte anteilmäßig relativ stark vertreten (23-27 %).

Der Douglasienanteil ist allgemein gering. Er bewegt sich im Bereich von 2 %. Dies ist u.a. auf die Art der Flächenermittlung (Hauptbaumart innerhalb eines Bestandestyps) zurückzuführen, bei der der vielerorts recht beachtliche Anteil der Douglasie in Mischbeständen nicht berücksichtigt worden ist.

Bei den Lärchen fällt der stärkere Anteil der Japan. Lärche im Küstenbereich auf.

Den dominierenden Anteil innerhalb des Laubholzes nehmen die beiden Eichenarten ein, wobei die Stieleiche im Verhältnis 7:1

überwiegt. Qualitativ hochwertige Traubeneichenvorkommen finden sich in den Wuchsbezirken Lüchower Niederung, Ost-Heide, Hohe Heide und Geest-Mitte.

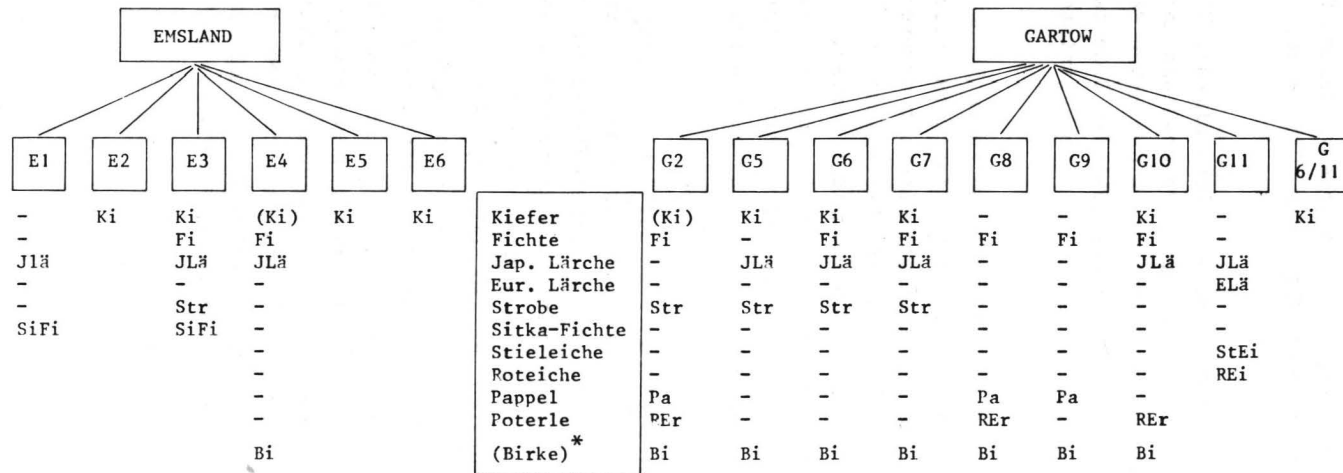
Die Buche kommt über einen Anteil von 9 % nicht hinaus. Die stärkeren Buchenvorkommen finden sich in der Zevener-Geest und in Geest-Mitte, außerdem in der Ost-Heide und in der Hohen Heide (je 5 %). Dabei vermögen nach OTTO (1972) optimale Bodenzustände (reiche Geschiebelehme) weniger günstige Klimaverhältnisse in gewissem Maße auszugleichen.

Nach den neuesten Ergebnissen der Niedersächsischen Standortskartierung ist der Kiefernanteil angesichts der tatsächlichen standörtlichen Möglichkeiten wuchsgebietsweise oft ungerechtfertigt hoch. Er soll deshalb im Rahmen der überregionalen waldbaulichen Planung zukünftig erheblich reduziert werden. Die im Hinblick auf die zukünftige Baumartenverteilung im Norddeutschen Flachland beabsichtigte Verringerung bzw. Vergrößerung bestimmter Baumartenanteile kann zusammenfassend wie folgt wiedergegeben werden:

Mit Ausnahme der Lüchower Niederung, in der der Kiefernanteil auf Kosten leistungsschwacher Stieleichenvorkommen noch ansteigen wird, soll dieser in allen anderen Wuchsbezirken zum Teil drastisch gesenkt werden. Dieses wird im atlantischen Klimabereich (OO, LM, WG) vorwiegend zu Gunsten von Fichte, Douglasie und Tanne, im Übergangsbereich (HH, ZG, GM, EH) ebenfalls zugunsten der Tanne und besonders in den höheren Lagen und im kontinentalen Klimabereich (OH, SH) zugunsten von Traubeneiche und Europ. Lärche erfolgen. Diesem Modell liegt die aus den Ergebnissen der Standortskartierung im Staatswald Niedersachsens gewonnene Erkenntnis zugrunde, daß die standörtliche Potenz des Norddeutschen Pleistozäns von der augenblicklichen Bestockung bei weitem nicht voll ausgenutzt wird und erhebliche Möglichkeiten einer vielgestaltigeren, leistungsfähigeren Forstwirtschaft bietet.

Darstellung 1

Darstellung der in den Düngungsversuchen im Emsland und in Gartow vertretenen Baumarten



Erläuterungen: E1 - EMEN 1
 E2 - EMEN 2
 E3 - ENGDN - Schulte-Südhoff
 E4 - ENGDN - Theißing
 E5 - HÜNTEL 3
 E6 - KLEIN STAVERN
 G2 bis 6/11 - GARTOW'er Versuche

* Die Birke ist ausschließlich eingeflogen!

2 DIE VERSUCHE

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden insgesamt 18 Kulturdüngungsversuche zu mehreren Baumarten aufgenommen und ausgewertet. Der größere Teil (12) liegt im Großprivatwald an der Elbe, die restlichen 6 Versuche im Bereich der Forstämter Nordhorn und Meppen der Landwirtschaftskammer Weser-Ems. Aus der Darstellung 1 können Art und Anzahl der je Versuch betroffenen Baumarten entnommen werden.

2.1 DIE VERSUCHE IM FORSTAMT GARTOW DER GRÄFLICH VON BERNSTORFF'SCHEN VERWALTUNG

Das unmittelbar an der Elbe gelegene Gräflich von Bernstorff'sche Forstamt GARTOW umfaßt rd. 5.500 ha Holzbodenfläche. Es liegt im äußersten Osten Niedersachsens, ungefähr in der Mitte der Luftlinie Hamburg-Berlin. Die Baumartenanteile im Forstamt betragen für die Kiefer 90, für die Fichte und die Douglasie zusammen 4. und für das Laubholz (Eiche, Birke und Erle) 6 %.

2.11 Entstehung und Anlage der Versuche

Die Anlage der GARTOW'er Versuche geht auf die Gründung des Niedersächsischen Forstlichen Versuchsrings im Jahre 1948 zurück. Die starken Übernutzungen in den Wäldern Niedersachsens während des Krieges und unmittelbar danach führten, auf Anregung von Prof. E. WIEDEMANN und unter der Federführung der Niedersächsischen Landesforstverwaltung, zu einem Zusammenschluß von Forstleuten aus allen Teilen des Landes in der Absicht, die ertragskundlichen und wirtschaftlichen Möglichkeiten der mineralischen Düngung im Walde durch Anlage entsprechender Versuche zu prüfen.

Versuchsziel in GARTOW war die Erprobung verschiedener mineralischer, vorwiegend Phosphat-Dünger in Verbindung mit Kalkungsmaßnahmen und dem Einsatz forstlicher Hilfspflanzen (Gründüngung) wie Lupine und Erle im Kulturstadium, wobei die schnelle Überwindung der von Wild, Unkraut, Frost und Dürre ausgehenden Jugendgefahren für eine Kultur von ebensolchem Interesse war wie die mehr

Übersicht 1

Übersicht über die bearbeiteten Kulturdüngungsversuche im FA. GARTOW der Gräfl. v. Bernstorff'schen Verwaltung

Hauptbaumart	Mischbaumart	Versuch	Jahr der Begründung	Pflanzverband der Hauptbaumart in m	Betriebs-Bezirk	Abb./UAbb.	Behandlungsvarianten	NULL-Flächen	Wiederholungen	Parzellengrößen m ²	Dünger, dz/ha
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kiefer	Str., J.Lä., Dougl.	G 5	1950	1 x 0,5	Wir1	82 b	6	ja	nein	875	PT 4, KMG 2, HK 40
	Fichte, Strobe	G 6	1950	1 x 0,5	Wir1	82 b	3	nein	3	270-500	PR 4/20, k.K. 80
	Fichte, Strobe	G 7	1950	1 x 0,5	Wir1	82 b	3	ja	3	270-500	PR 4/20
	Fichte, Str., J.Lä.	G 10	1950	1 x 0,5	Wir1	82 b	3	ja	2	2430	PR 6/12
	-	G 6/11	1949	1 x 0,4	Wir1	6/11	2(3)	ja	2	900	HK 80/120
Fichte	Pappel, Roterle	G 2 a	1950	1 x 1,2	Wir1	82 b	5	ja	nein	400-500	k.K. 40/80/120/200
	Pappel, Roterle	G 2 b	1950	1 x 1,2	Wir1	82 b	6	nein	nein	400-500	wie 2 b, + PR 12, Lup.
	Pappel, Roterle	G 2 c	1950	1 x 1,2	Wir1	82 b	2	nein	nein	400-500	PA 4/6
	Pappel, Roterle	G 8	1950	1 x 1,2	Wir1	82 b	3	ja	3	300	PR 4/20
	Pappel, Roteiche, Strobe, Douglasie	G 9	1950	1 x 1,2	Wir1	82 b	3	nein	3	300	PR 4/20, k.K. 80
Mischbestandsbegründung zu	Japan. Lärche (Stieleiche, Roteiche)	G 11 a	1952	Ei 1,2 x 0,5	Rucksmoor	123 d	3	nein	nein	500	PR 6/12, k.K. 80, Lup.
	Europ. Lärche (Stieleiche, Roteiche)	G 11 b	1952	Lä 1,2 x 1,2		123 d	3	nein	nein	500	PR 6/12, k.K. 80, Lup.

Bemerkungen: Vorbestand: Abt. 82 b - 1710-1830 landw. genutzt, bis 1948 Brache zur Wildäsung
 Abt. 6/11 - 1922 Waldbrand, 1926 Kiefern-Streifensaat (Abt. 6), 1942 erneuter Waldbrand auf ganzer Fläche
 Abt. 123 d - Moorige Unlandfläche, bis 1950 Brache zur Wildäsung

Bodenvorbereitung: Abt. 82 b - Brandrodung, Scheibenschälplflug, Vollumbruch, Egge
 Abt. 6/11 - Stockrodung nach Waldbrand; Zerkleinerung der Bodendecke, Vollumbruch
 Abt. 123 d - Zerkleinerung der Bodendecke mit Scheibenschälplflug, Vollumbruch

waldbaulich-ertragskundlich motivierte Forderung nach einem geschlossenen Hineinwachsen der Kultur in die Dickungsphase.

Die Versuche sind in der Mehrzahl als praxisorientierte Tastversuche, oft mit einfacher ja-nein-Fragestellung ohne Wiederholung, konzipiert und angelegt worden. Dies geschah in der Absicht, der Praxis aufgrund von Ergebnissen aus einer Vielzahl von Versuchen möglichst schnell Empfehlungen über erfolgversprechende Düngungsmöglichkeiten an die Hand geben zu können. Die bis heute vorliegenden Ergebnisse haben diese Arbeitshypothese als im großen und ganzen brauchbar erwiesen. Nach JUNACK (1966) waren bis zum Jahre 1960 rd. $\frac{2}{3}$ aller vom Forstlichen Versuchsring in Niedersachsen angelegten Versuche zur Kiefer erfolgreich, 80 % der Versuche zu anderen Nadelbaumarten (Fichte, Lärche, Strobe und Douglasie) zeigte eine positive Düngerwirkung und bei den Laubbaumarten (Buche, Rot- und Stieleiche, Pappel, Roterle und Birke) konnte gar ein 100 %iger Düngungserfolg verzeichnet werden.

Von den 32 um das Jahr 1950 in GARTOW angelegten Kulturdüngungsversuchen wurden auf Vorschlag des Versuchsanstellers (JUNACK) -anlässlich einer Bereisung des Forstamtes im Juli 1970 durch die Institute für Bodenkunde und Waldernährung sowie für Waldbau der Forstlichen Fakultät in Göttingen- insgesamt 12 Versuche für eine neuerliche Aufnahme und Auswertung ausgewählt. Maßgebend für die Auswahl waren neben der Versuchsfragestellung die bisherigen Ergebnisse des Einzelversuchs, wobei das Anlageschema im Hinblick auf eine statistische Verrechnung der Versuchsergebnisse gebührend berücksichtigt wurde.

Die Übersicht 1 enthält die wichtigsten Daten der im Rahmen dieser Arbeit in GARTOW aufgenommenen Versuche.

Die Versuche waren zum Zeitpunkt der Aufnahme 1970/71 annähernd 20 Jahre alt (Sp. 4). Bis auf zwei Versuche liegen sie alle in der Abt. 82 b des Betriebsbezirks Wirl (Sp. 6 und 7). Die Zahl der Behandlungsvarianten -Kombinationen verschiedener Mineraldünger mit teilweiser Aussaat von Dauerlupine- schwankt je Versuch zwischen 2 und 6, wobei NULL-Flächen oder Wiederholungen der Varianten nicht immer zur Verfügung standen (Sp. 8 bis 10). Die Parzellengrößen schwanken zwischen 270 (G 6/7) und 2430 qm (G 10). Die Übersicht gibt überdies noch Hinweise auf den jeweiligen Vorbestand und die Art der Bodenvorbereitung vor der Kultur.

2.12 Baumarten

Die 54 ausgewerteten Kulturdüngungsversuche des Forstlichen Versuchsringes Niedersachsen verteilten sich auf die einzelnen Baumarten wie folgt (JUNACK, 1966; in Klammern die Anzahl der davon in Gartow angelegten Versuche):

Kiefer	19	(12)	Pappel	4	(4)
Fichte	14	(4)	Roterle	4	(4)
Lärche	3	(2)	Birke	3	(3)
Douglasie	2	(-)	Roteiche	2	(1)
Weymouthskiefer	1	(1)	Buche	1	(-)
			Stieleiche	1	(1)
Sa.: Nadelholz: 39 (19)			Sa.: Laubholz: 15 (13)		

Auffallend ist der starke Anteil von Kiefer und Fichte an der Gesamtzahl der Versuche. Er beträgt für beide Baumarten zusammen 50 %, der Anteil der Kiefer allein liegt bei 38 %.

Bei der Auswahl der Versuche wurden die Kiefer und die Fichte entsprechend der Anzahl der zu diesen Baumarten angelegten Versuche berücksichtigt. Das Laubholz ist dementsprechend nur mit zwei Versuchen vertreten. Die Gründe für das Überwiegen der Nadelhölzer liegen u.a. in den örtlichen Gegebenheiten -in der UAbt. 82 b sind bis auf wenige Ausnahmen ausschließlich Versuche zu den Hauptbaumarten Kiefer und Fichte angelegt worden- darüberhinaus in den teilweise bemerkenswerten Reaktionen dieser Baumarten auf die Düngung.

So ist JUNACK (1963) aufgrund von Zwischenergebnissen der Gartow Versuche zu der Überzeugung gelangt, daß auf den dortigen Talsanden, durch eine Kombination von Dauerlupine mit relativ geringen Gaben von Kalk, Phosphor und Stickstoff, gute bis sehr gute Möglichkeiten einer Leistungsverbesserung, insbesondere bei den Baumarten Fichte, Weymouthskiefer und Japan. Lärche, gegeben sind. Dabei geht er von einem teilweisen Ersatz bzw. Ergänzung der im Osten Niedersachsens standortsbedingt überwiegenden Kiefer durch leistungsstärkere Baumarten aus. Vorteile bieten aufgrund vergleichbarer oder in Extremfällen (Ver-nässung) genügsamerer Standortsansprüche sowie ihrer im allgemeinen beträchtlich höheren Massenleistungen die Douglasie und die Weymouthskiefer. Als weiteren Vorteil werden die von der Abnehmerseite teilweise besser honorierten Formqualitäten (Geradschaftigkeit) von Fichte, Douglasie und Weymouthskiefer im Vergleich zur schlechten bis mittelmäßigen Kiefer angeführt. Unter Berücksichtigung des vielerorts noch bestehenden Problems einer nicht gesicherten Abnahme eben jener Ersatzbaumarten

bleibt nach JUNACK immer noch die Möglichkeit einer Kombination von Kiefern-Wertholzzucht in Verbindung mit einem standortsgerechten Unterbau leistungsstarker Nadelbaumarten einheimischer wie fremder Provenienz.

Einziger Reinbestandsversuch ist der Kiefernversuch in der Abt. 6/11. Mit Ausnahme der kombinierten Mischbestandversuche in der Abt. 123 d wurden alle Versuche zu einer Hauptbaumart (Kiefer oder Fichte) angelegt. Der Anteil der Mischbaumarten lag i.d.R. bei einem Anteil von max. 5 %. Die Mischbaumarten haben sich, je nach Düngungsmaßnahme, bis heute sehr unterschiedlich entwickelt. Sie sind teilweise ganz aus dem Bestand verschwunden, teils haben sie die Hauptbaumarten nahezu verdrängt. Diese unterschiedliche und bestandessozioologisch sehr interessante Reaktion der einzelnen Baumarten auf die Düngung wird durch das Verhalten der nachträglich eingeflogenen Birke besonders deutlich demonstriert. Unterstützt wurde diese Entwicklung dadurch, daß aus versuchstechnischen Gründen waldbauliche Eingriffe bzw. eine Entfernung des Birkenanflugs so gut wie gänzlich unterblieben sind. Auf den mit Phosphat gedüngten Behandlungsvarianten hat dies, besonders in den Kiefernversuchen, partiell zum totalen Ausfall der Hauptbaumart zugunsten der Birke geführt. Auf diesen zusätzlichen Effekt der Düngung wird bei den betreffenden Versuchen näher eingegangen.

2.13 Örtliche Standortsfaktoren

Ergänzend zu den mehr allgemeinen Ausführungen in Abschnitt 1.4 sollen an dieser Stelle die örtlichen Standortverhältnisse im Bereich des Forstamtes GARTOW zusammenfassend dargestellt werden.

Eine vergleichsweise Gegenüberstellung einiger Klimawerte der durch die vorliegende Arbeit betroffenen Wuchsbezirke Lüchower Niederung (LN), Ems-Hase-Hunte-Geest (EH) und Leda-Moorniederung (LM) ist in Tabelle 3 erfolgt.

GARTOW weist mit einer Jahresniederschlagsmenge von rd. 600 mm und einer relativen mittleren Luftfeuchtigkeit von 80 % die diesbezüglich geringsten Werte in ganz Niedersachsen auf. Verglichen mit den Klimawerten der Wuchsbezirke Ems-Hase-Hunte-Geest und Leda-Moorniederung wird der subkontinentale Charakter des Gartower Klimas deutlich.

Tabelle 3		Klimawerte der Wuchsbezirke		Lüchower Niederung (LN)	Ems-Hase-Hunte-Geest (EH)	Leda-Moorniederung (LM)
		(nach JUNACK, 1966 und OTTO, 1972)				
	Ein- heit	Wuchsbezirke				
		LN	EH	LM		
Mittl. Niederschlagssumme im Jahr	mm	580 (620)	760	670		
Mittl. Niederschlagssumme forstl. Veg. Zeit	mm	270 (288)	360	330		
Mittl. relative Luftfeuchtigkeit im Jahr	%	79 (80)	82,5	83		
Mittl. relative Luftfeuchtigkeit i.d. forstl. Veg. Zeit	%	74	78	78		
Mittl. Jahrestemperatur	°C	8,5 (8,0)	8,6	8,5		
Mittl. Temperatur i.d. forstl. Veg. Zeit (V-IX)	°C	15,2	14,5	14,3		
Mittl. Jahresschwankung d. Luft- temperatur	°C	17,7	15,9	15,7		
Mittl. Zahl der Frosttage i. Jahr		80	80	80		
Mittl. Trockenheitsindex i.d. Hauptwachstumszeit (V-VII)		27	34	35		

In der Tabelle 4 sind die unmittelbar für Gartow geltenden Niederschlagsverhältnisse wiedergegeben.

Deutlich ist eine frühjahrsbedingte Trockenperiode für die Monate Februar bis Mai erkennbar, in der der durchschnittliche Monatsniederschlag (43 mm) deutlich unter dem Jahresmittel von 52 mm liegt.

Tabelle 4													
Niederschlagswerte für den Bereich der Düngungsversuche im FA. GARTOW (nach SCHIRMER, 1961)													
1. Mittlere Monats- und Jahressummen der Niederschläge (mm) für den Zeitraum von 1891-1930 für GARTOW; 18 m ü. NN													
Monate:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Mittl.
mm:	52	40	43	44	46	51	75	67	49	56	43	55	Jahresniederschlagssumme
288 mm (FVZ)													
2. Maxima- und Minimawerte der Monats- und Jahresniederschläge für den Zeitraum von 1891-1958 für LÜCHOW (mm)													
Monate:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Max.:	100	72	94	71	110	133	173	167	134	116	115	107	
Min.:	8	4	4	-	7	13	6	8	5	4	3	6	

Unterstrichen wird dieses durch die geringen Maximalwerte der Monate Februar bis April im unteren zweiten Teil der Tabelle.

Das G e l ä n d e im Bereich der Versuche ist eben, die Höhe über NN beträgt 18 m (Gartow).

Die B o d e n v e r h ä l t n i s s e wurden in Abschn. 1.4 bereits angeschnitten. Geologisches Ausgangsmaterial sind sili-katarne, fein- bis mittelkörnige Talsande der Weichseleiszeit, ohne nennenswerte Beimischungen von kiesigen oder lehmigen Anteilen. Das Grundwasser steht in der Abteilung 82, im Bereich des feuchteren Drittels des Forstamtes, jahreszeitlich wechselnd zwischen 0.5 und 1.5 m u. GOF an. Sein Kalkgehalt ist mit 50 bis 70 mg CaO/Ltr. (1950) ausreichend bis gut. Dem hohen Grundwasserstand entsprechend liegt der Bodentyp eines typischen Gleys vor. Einem 20 bis 40 cm mächtigen, teilweise anmoorigen Humus-horizont ($A_{h/p}$) folgen, mit schwachen Podsolierungserscheinungen im Oberboden, der Oxydations- und Reduktionshorizont.

Eine örtliche Besonderheit des Standortes ist der z.T. noch heute sichtbare kleinflächige Wechsel (2-3 m) von Rücken und Senken, eine Folge des zur Zeit der landwirtschaftlichen Nutzung dieser Flächen (1710-1830) auf zur Vernässung neigenden Böden üblichen Hochpflügens der Ackerbeete. Die Rücken weisen in der Regel einen beträchtlich mächtigeren $A_{h/p}$ -Horizont auf, ein Standortsfaktor, der aufgrund früherer, getrennt nach Rücken und Senken durchgeführter ertragskundlicher Messungen deutlich nachgewiesen werden konnte. Bei der Aufnahme der Versuche in den Jahren 1970/71 wurde dieser Umstand nicht berücksichtigt. Dieses geschah aus der Überlegung heraus, daß sich diese kleinflächigen Unterschiede im Laufe der Jahre weiter verringert haben müßten und daß die parzellenweise Verrechnung der Versuchsergebnisse eine Nivellierung eventuell doch vorhandener Wuchsunterschiede innerhalb der Parzellen bewirken würde. Die Berücksichtigung dieses Umstandes hätte zudem bei der Aufnahme einer so großen Anzahl von Versuchsparzellen einen unzumutbaren zusätzlichen Arbeitsaufwand zur Folge gehabt.

Übersicht 2

Übersicht über die bearbeiteten Kulturdüngungsversuche in den Forstämtern Nordhorn und Meppen der LWK Weser-Ems im Emsland

Baumart	Versuch	Abk.	Forstamt	Jahr der Begründung	Pflanzverband m	Behandlungsvarianten	NULL-Flächen	Wiederholungen	Parzellengrößen m	Dünger
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kiefer	EMEN II	E 2	Meppen	1957	1,3 x 0,35	5	ja	nein	2400	KAS, PS, (NP), PT, KMG, (NPK), HK
	HÜNTEL 3	E 5	Meppen	1954	1,2 x 0,35	4	ja	nein	2500	KAS, (NP), P-Nord, (NPK), HK
	KLEIN STAVERN	E 6	Meppen	1954	1,3 x 0,35	6	ja	nein	1500	KAS, PT, KMG, HK, k.K., Cu
	ENGDEN - Schulte-Südhoff	E 3	Nordhorn	1955	1,3 x 0,40	4	nein	nein	1500	KAS, PT, KCl, k.K., Cu, Legumin.
Japan-Lärche	EMEN I	E 1	Meppen	1959	1,3 x 1,5	4	nein	(2)	1100	KAS, PT, KMG, HK, k.K., Lup.
	ENGDEN - Schulte-Südhoff	E 3	Nordhorn	1955	1,3 x 0,40	4	nein	nein	1500	KAS, PT, KCl, k.K., Cu, Legumin.
	ENGDEN - Theißing	E 4	Nordhorn	1960	1,3 x 1,7	4	ja	2	1000	KAS, PT, KMG, k.K., Lup.
Fichte	ENGDEN - Theißing	E 4	Nordhorn	1960	1,3 x 1,7	4	ja	2	1000	KAS, PT, KMG, k.K., Lup.
	ENGDEN - Schulte-Südhoff	E 3	Nordhorn	1955	-	4	nein	nein	1500	KAS, PT, KCl, k.K., Cu, Legumin.
Sitka-Fichte	EMEN I	E 1	Meppen	1959	1,3 x 1,5	4	nein	(2)	1100	KAS, PT, KMG, HK, k.K., Lup.
	ENGDEN - Schulte-Südhoff	E 3	Nordhorn	1955	-	4	nein	nein	1500	KAS, PT, KCl, k.K., Cu, Legumin.
Strobe	ENGDEN - Schulte-Südhoff	E 3	Nordhorn	1955	-	4	nein	nein	1500	KAS, PT, KCl, k.K., Cu, Legumin.

Bemerkungen:

Vorbestand: E 1 80j. Kiefern-Altbestand, Abtrieb 1952/53

- E 2 Ödland, Heide
- E 3 Ödland, Heide
- E 4 Ödland, Heide
- E 5 Heide mit Anflugkiefern
- E 6 Heide

- Bodenvorbereitung:
- E 1 Vollumbruch
 - E 2 Waldfpflugstreifen
 - E 3 Vollumbruch
 - E 4 Vollumbruch
 - E 5 Waldfpflugstreifen
 - E 6 Vollumbruch

2.2 DIE VERSUCHE IM BEREICH DER LANDWIRTSCHAFTSKAMMER WESER- EMS IM EMSLAND

Anders als die an einem Ort konzentrierten Gartower Versuche liegen die östlich und westlich der Ems angelegten Emsländer Versuche in ihrer Nord-Süd-Ausdehnung bis zu 50 km voneinander entfernt. Sie verteilen sich auf die Forstämter Nordhorn und Meppen der Landwirtschaftskammer Weser-Ems.

2.21 Entstehung und Anlage der Versuche

Ähnlich wie die Gründung des Forstlichen Versuchsrings Niedersachsen im Jahre 1948 war es auch im Emsland ein Rekultivierungs- und Aufforstungsprogramm, hier allerdings mehr regionalen Charakters, gepaart mit der Initiative einiger Forstleute, welches den Anstoß zur Anlage einer großen Anzahl forstlicher Düngungsversuche gab.

Das im Jahre 1950 von der Bundesregierung, dem Lande Niedersachsen und den beteiligten Kreisen ins Leben gerufene Emsland-Erschließungsprogramm entstand aus der Notwendigkeit heraus, das seit Jahrhunderten aufgrund ungünstiger geographischer und geologischer Verhältnisse politisch, wirtschaftlich und kulturell unterentwickelte Emsland, bestehend aus den vier Emsland-Kreisen Aschendorf-Hümmling, Meppen, Lingen und der Grafschaft Bentheim, zu erschließen und es dem mittleren Entwicklungsstandard Niedersachsens anzugleichen. Neben Erschließungsmaßnahmen auf den Gebieten der Erziehung und Bildung, des Verkehrs und der Wirtschaft, wurde von der Emsland GmbH in Meppen ein Ödlandaufforstungsprogramm beschlossen. Dieses sollte, unter Mithilfe der bestehenden staatlichen und kommunalen Behörden einschließlich der berufsständischen Organisationen -die Forstabteilung der Landwirtschaftskammer Weser-Ems wurde u.a. mit der technischen Durchführung der Aufforstungsmaßnahmen beauftragt- und unter Berücksichtigung der standörtlichen Gegebenheiten "krisenfeste und ertragreiche Waldbestände begründen, die den Forderungen der Landschaftspflege genügen sollten". Für die dazu notwendigen Aufforstungsmaßnahmen gewährte die Emsland GmbH verlorene Zuschüsse im Form von Sachleistungen. Einer der Grundsätze dieses Wiederaufforstungs-

programms war die auf den Ergebnissen einer Standortskartierung basierende bestmögliche Wahl kulturvorbereitender Bodenbearbeitungsmaßnahmen in Verbindung mit mineralischer Düngung.

Ähnlich wie in Gartow erfolgte die Versuchsanlage überwiegend in der Art einfacher, praxisnaher Tastversuche. Ausreichende Wiederholungen der Prüfglieder fehlen in der Regel. Versuchszweck war auch hier die Prüfung möglichst vieler Baum- und Düngerarten mit dem Ziel einer Verbesserung des Anwuchsprozentes und einer schnelleren Überwindung des Kulturstadiums.

2.22 Baumarten

Auf Wunsch der Versuchsansteller (WANDT, BARELMANN) wurden anlässlich einer von den unter 2.11 aufgeführten Instituten durchgeführten Bereisung der Versuchsflächen im Mai 1971 insgesamt 6 Kulturdüngungsversuche zu den Baumarten Kiefer (4), Fichte (2), Japan. Lärche (3), Sitka-Fichte (2) und Strobe (1) für eine nochmalige Bearbeitung ausgewählt. Damit waren die für die Forstwirtschaft im Emsland wesentlichen Baumarten erfaßt.

Der Anteil der **K i e f e r**, bereits seit Mitte des 18. Jahrhunderts bevorzugt angebaut und auch heute noch die flächenmäßig vorherrschende Baumart im Emsland (Anteil im Staatswald des Wuchsbezirks Ems-Hase-Hunte-Geest 74 %), betrug im Rahmen des Emsland-Aufforstungsprogramms bis zum Jahre 1962 rd. 55 %. Den Rest der Holzbodenfläche nahmen die Japan. Lärche mit 25 % und die Fichte einschließlich anderer Baumarten (Sitka-Fichte, Douglasie, Strobe, Roterle, Roteiche und Pappel) mit rd 20 % ein. Eine Verringerung des Kiefernanteils wird aufgrund der in diesem Klimabereich für diese Baumart stets bestehenden biotischen Gefahren (Schütte, Insekten) weiter angestrebt, u.a. von der Niedersächsischen Landesforstverwaltung, die im Staatswald eine Reduktion des Kiefernanteils auf maximal 22 % anstrebt. Diese Reduktion soll vorwiegend zugunsten der Fichte (von 15 auf 26 %) und insbesondere der Douglasie (von 1 auf 29 %) erfolgen.

Die **F i c h t e** ist sowohl als Mischbaumart (E 3) als auch in einem Teilversuch als Hauptbaumart (E 4) an den bearbeiteten Versuchen beteiligt. Die Ausweitung ihres Flächenanteils im Ems-

land wird dort erfolgen, wo ihre Standortsansprüche in bezug auf Wärme und Wasserangebot zumindestens ausreichend befriedigt werden können. Zur *D o u g l a s i e* wurden keine Versuche bearbeitet.

Die am zweitstärksten vertretene Baumart innerhalb der sechs Emsländer Versuche ist die *J a p a n . L ä r c h e*. Die mit dieser Baumart gemachten Erfahrungen im Emsland sind allgemein befriedigend. Werden bei der Begründung dieser Baumart deren relativ hohe Ansprüche an die Luftfeuchte bzw. an ein ausreichendes Wasserangebot im Wurzelraum berücksichtigt, so können Rückschläge infolge von Dürreperioden (1959) weitgehend vermieden werden.

In einem weiteren Versuch treten die *S i t k a - F i c h t e* und die *S t r o b e* als Mischbaumarten zur Fichte auf. Auffallend ist die im Laufe der bisherigen Versuchsentwicklung beobachtete erhebliche Frostgefährdung der Sitka-Fichte, die ihr in dem besagten Mischbestand eine nur untergeordnete Rolle zuweist. Ansonsten werden ihr gute bis sehr gute Wachstumsleistungen auf gut wasserversorgten, jedoch nicht staunassen Standorten nachgesagt. Ein bisher ungeklärtes Problem ist auch bei dieser Baumart die Provenienzfrage.

Die *S t r o b e* ist demgegenüber relativ frosthart und zeigt zudem eine geringe Empfindlichkeit gegenüber Wildverbiß und Schälschäden. Ihre Massenleistungen sind auch auf ärmsten Standorten bestechend. Wuchsbegrenzende Faktoren für die Strobe sind auch im Emsland der Blasenrost sowie auf physiologisch flachgründigen Standorten(Grundwasser) die Windwurfgefahr.

2.23 Standörtliche Verhältnisse

Die *K l i m a w e r t e* für die beiden Wuchsbezirke Ems-Hase-Hunte-Geest und Leda-Moorniederung können den Tabellen 1 und 3 entnommen werden. In der Tabelle 5 wurden zusätzlich einige Werte aus Orten in unmittelbarer Nähe der bearbeiteten Versuche zusammengestellt.

Die jährlichen Niederschläge liegen allgemein beträchtlich höher (671 bis 777 mm) als in Gartow (600 mm). Niederschlagsreichste Monate sind der Juli und der August. Deutlich ist auch hier eine frühjahrsbedingte Trockenperiode von Februar bis einschließlich April erkennbar, ebenso wie die Zunahme der Niederschläge von Norden nach Süden.

Die mittlere Jahresschwankung der Lufttemperatur von 15.8°C ist ein Hinweis auf den maritimen Klimacharakter dieses Raumes, der die in den Temperaturextremen liegenden klimatischen Besonderheiten kaum ahnen läßt. Die Zahl der Frost-

Tabelle 5

Klimawerte für das Emsland; aus: Beihefte zum Geolog. Jahrbuch, Heft 37
"Zur Geologie des Emslandes", Hannover 1960

Monate	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Jahr
<u>Niederschlagsverhältnisse in mm:</u>													
Leer	49	41	45	43	50	64	78	72	61	61	46	61	671
Meppen	54	42	49	44	51	62	82	77	62	61	48	64	696
Lingen	60	46	54	48	51	71	76	78	59	66	48	66	723
Nordhorn	55	47	54	46	57	64	82	72	59	66	51	68	721
Schüttorf	69	51	62	47	58	70	84	80	64	65	56	71	777
<u>Mittlere Temperaturen in °C:</u>													
Schöninghs- dorf	0.5	1.2	3.4	6.8	11.5	14.7	16.2	15.5	12.8	8.2	4.1	1.3	8.0 15.7 *
Lingen	1.0	1.8	4.0	7.5	12.5	15.3	16.8	16.0	13.1	8.6	4.4	2.1	8.6 15.9
* Mittlere Jahresschwankung													
<u>Mittlere Höchst- und Tiefsttemperaturen in °C:</u>													
Lingen Max.	3.3	4.8	8.0	12.6	17.9	20.4	21.8	20.0	18.1	12.8	7.8	4.3	12.7
Min.	-1.5	-1.1	0.6	3.0	6.9	10.0	11.6	11.4	8.8	5.3	1.5	-0.5	4.7

tage in Lingen (Temperatur fällt unter 0°C) beträgt 84, die der Eistage (Temperatur nicht über 0°C) 18. Dementsprechend häufig treten Spät- und Frühfröste auf, die hier, sowohl in der Landwirtschaft als auch in der Forstwirtschaft, als wuchsbegrenzender Faktor wirken. Der durchschnittlich letzte

Frost tritt noch zwischen dem 10. und 15. Mai auf, mit dem ersten Frost muß zwischen dem 10. und 15. Oktober gerechnet werden. Das Auftreten stärkerer Fröste noch Ende Juni ist nicht ungewöhnlich.

Winde aus westlicher Richtung dominieren, wie die folgende Aufstellung zeigt:

SW	24, 3 %
W	14, 9 %
NW	<u>13, 1 %</u>
Insgesamt:	52, 3 %.

Das Klima des Emslandes ist demnach geprägt von feucht-kühlen Sommern und naß-kalten Wintern, wobei mit Ausnahme der Spät- bzw. Frühfrostgefahr ausgesprochene Temperaturextreme fehlen. Klimabedingt ist das starke Auftreten des Kiefernscüttepilzes, der, wie bereits erwähnt, für die Kiefer im nördlichen Emsland ein wachstumsbegrenzender Faktor ist.

Dem kleinflächigen R e l i e f (Exposition) im Bereich der ausgewerteten Versuche kommt keinerlei klimabeeinflussende Bedeutung zu.

Die b o d e n b i l d e n d e n V o r g ä n g e werden vorwiegend vom geologischen Ausgangsmaterial bestimmt, welches für die überwiegende Zahl der Versuche Talsande mit unterschiedlich hohem Grundwasserstand (1.5-2.5 m u. GOF), teils aber auch sog. "Untere Sande" postglazialen Ursprungs sind. Die im Zuge des Ödlandaufforstungsprogramms durchgeführte Standortskartierung im Emsland scheidet für den Bereich der bearbeiteten Versuche die folgenden Standortstypen (WANDT, 1963) aus:

Stark podsolierte Sande ohne Grundwassereinfluß

Dieser als Kiefernzwangsstandort eingestufte Standortstyp trifft mit geringen Abweichungen für die Versuche EMEN 1 und 2 und HÜNTEL 3 zu und kann vom Bodentyp her, je nach Ausmaß und Fortschritt der Bodenbildung, dem Podsolranker bis typischen Podsol zugeordnet werden.

Podsolierte Talsande mit ständig wurzelerreichbarem Grundwasser

Die Versuche in ENG DEN und in KLEIN - STAVERN liegen auf Talsanden. Der jeweilige Bodentyp wird von der Höhe des anstehenden Grundwassers bestimmt und kann als Eisen-Humus- bzw. Humus-Eisen- oder als Gley-Podsol vorliegen. Diesbezügliche nähere Erläuterungen finden sich bei den entsprechenden Versuchen.

3. METHODIK DER VERSUCHSAUFNAHME UND -AUSWERTUNG

Das methodische Vorgehen im Rahmen einer Versuchsaufnahme wird i.d.R. vom Untersuchungsziel bestimmt. Für die vorliegende Untersuchung galt es, mit einem vertretbaren Aufwand an Zeit, Arbeitskräften und geldlichen Mitteln eine möglichst große Zahl von Düngungsversuchen aufzunehmen und die Daten dahingehend auszuwerten, um für einen bestimmten Standortstyp verbindliche Empfehlungen zur Düngung im Kulturstadium geben zu können. Der Nachweis eines möglichen Düngungseffektes sollte dabei sowohl vom Bestand als auch vom Standort her geführt werden. Zu diesem Zweck wurde je Prüfglied eine über alle Einzelversuche hinweg vergleichbare Aufnahme der notwendigen waldbaulich-ertragskundlichen Daten (3.22) durchgeführt. Veränderungen in der Ernährungssituation sollten durch Analysen von Boden- und Nadelproben nachgewiesen werden (3.31). Die Aufnahmearbeiten werden im folgenden beschrieben.

Die meisten der zum Zeitpunkt der Versuchsaufnahme (1970/71) 10 bis 20 Jahre alten Versuche sind bereits unmittelbar im Anschluß an oder wenige Jahre nach der Kulturbegründung, teilweise wiederholt, aufgenommen und ausgewertet worden. Veröffentlichungen über Versuchsergebnisse liegen zum Teil vor. Über diese ersten Aufnahmen und deren Ergebnisse wird in Abschnitt 4 zu den einzelnen Versuchen berichtet.

3.1 GRUNDSÄTZLICHE BEMERKUNGEN ZUR VERSUCHSANLAGE

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß es sich bei den meisten der bearbeiteten Versuche um sog. Tastversuche handelt. Auf die sich daraus ergebenden Schwierigkeiten bei der statistischen Bearbeitung der Versuchsdaten wird in Abschnitt 3.4 eingegangen. An dieser Stelle soll in aller Kürze auf die mit dem Tastversuch gegebenen Möglichkeiten eingegangen und dessen Vor- und Nachteile kritisch diskutiert werden.

Die Vorteile des Tastversuchs liegen in der auch von der Praxis durchführbaren, unproblematischen Anlage, die allerdings gewisse Grundvoraussetzungen erfüllen muß (HAUSSER, K.u. Mitarb., 1969),

dessen geringem Flächenbedarf sowie der anlagebedingt wenig aufwendigen Verarbeitung der Versuchsergebnisse. Der Aussagewert der aus einem Tastversuch abgeleiteten Ergebnisse wird jedoch nur dann befriedigen, wenn diese durch mehrere Versuche vergleichbarer Fragestellungen abgesichert und die betroffenen Standorte auf diese Weise möglichst repräsentativ erfaßt worden sind. Wenn im Zusammenhang mit Düngungsversuchen die Einschränkung "praxisnah" oder "praxisorientiert" gemacht wird, so sollte dieses dahingehend verstanden werden, daß die Anlage, Betreuung und Auswertung derartiger Versuche vorzugsweise vom Praktiker erfolgen kann. Unter diesem Gesichtspunkt kann der Tastversuch viel zur Vorbereitung und Orientierung für den nach wissenschaftlichen Gesichtspunkten anzulegenden Großversuch beitragen.

Aus den Darstellungen 2 bis 4 können die schematisch skizzierten Versuchsanlagen hinsichtlich der Zahl und Wiederholung einzelner Versuchsglieder sowie was das Vorhandensein von NULL-Flächen anbetrifft entnommen werden. Die Art der Darstellung schließt jeden Anspruch auf maßstabsgetreue Wiedergabe der Parzellengrößen und ihrer Lage aus. Sie kann im Einzelfall durch die bei der Beschreibung der Einzelversuche (4.2 ff.) angeführten Lagepläne ergänzt werden. Aus der Zusammenstellung geht hervor, daß nur 67 % der Versuche mit NULL-Flächen und nur 53 % mit Wiederholungen der einzelnen Versuchsglieder ausgestattet wurden. Als sog. NULL-Flächen mußten teilweise (E 4,6) auch jene Versuchsglieder mitherangezogen werden, die zwar nicht mitgedüngt worden waren, im Zuge der Versuchsanlage jedoch beispielsweise einer ganzflächigen Bodenvorbereitungsmaßnahme (Vollumbruch) mitunterzogen worden waren. Im Rahmen der Versuchsauswertung wurden diese Flächen als sog. "relatives NULL-Niveau" mitberücksichtigt.

Fehlende Wiederholungen wurden, wo es die Parzellengröße zuließ, durch Ausscheiden repräsentativer Aufnahmeflächen innerhalb des einzelnen Versuchsgliedes zu ersetzen versucht.

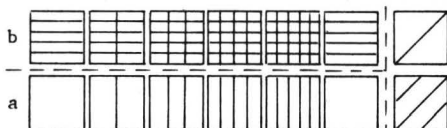
Als weitere Erschwernis bei der Herleitung des Düngungserfolges erwiesen sich die in kurzer zeitlicher Folge durchgeführten Nachdüngungen in einzelnen Versuchen. Eine Beurteilung der Wirkung einzeln zugeführter Nährelemente oder Dünger war deshalb oft nicht

Darstellung 2

Schematische Darstellung der Versuchsanlagen im Forstamt G a r t o w

VERSUCH 2a-c

Fichte



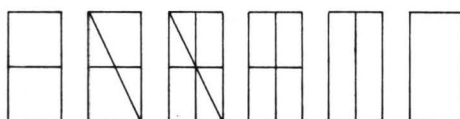
Versuchsglieder:

a 5, b 5, c 2

Wiederholungen: (keine)

Null-Flächen: ja

VERSUCH 5



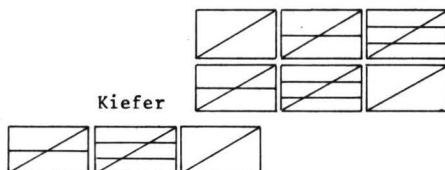
Versuchsglieder: 6

Wiederholungen: keine

Null-Flächen: ja

Kiefer

VERSUCH 6



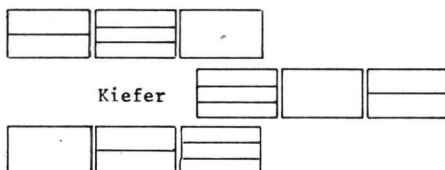
Kiefer

Versuchsglieder: 3

Wiederholungen: 3-fach

Null-Flächen: keine

VERSUCH 7



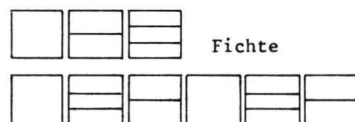
Kiefer

Versuchsglieder: 3

Wiederholungen: 3-fach

Null-Flächen: ja

VERSUCH 8



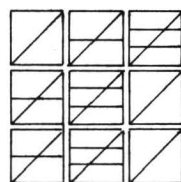
Fichte

Versuchsglieder: 3

Wiederholungen: 3-fach

Null-Flächen: ja

VERSUCH 9



Fichte

Versuchsglieder: 3

Wiederholungen: 3-fach

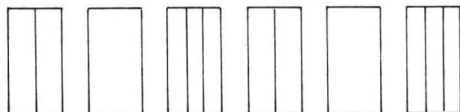
Null-Flächen: keine

Darstellung 3

Schematische Darstellung* der Versuchsanlagen im Forstamt G a r t o w

VERSUCH 10

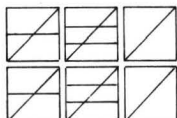
Kiefer



Versuchsglieder: 3
Wiederholungen: 2-fach
Null-Flächen: ja

VERSUCH 11 a/b

b

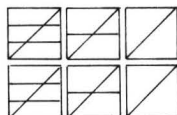


REi

ELH

StEi

a



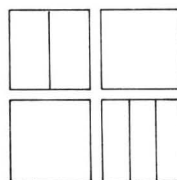
REi

JLH

StEi

Versuchsglieder: je
Baumartenkomb. 3
Wiederholungen: keine
Null-Flächen: keine

VERSUCH 6/11



Kiefer

Versuchsglieder: 3
Wiederholungen: (2-fach)
Null-Flächen: ja

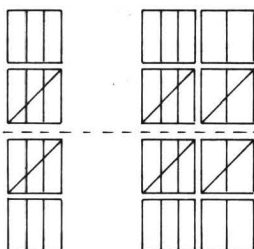
* Bemerkung:

Mit den Darstellungen 2bis 4 wird der Versuch einer schematischen Wiedergabe einzelner Behandlungsvarianten, ihrer Größenrelationen untereinander (maßstabsgetreu über alle Versuche!), und zwar innerhalb der Einzelversuche sowie von Versuch zu Versuch, sowie des Vorhandenseins und der Anzahl von Null-Flächen und Wiederholungen gemacht. Dort, wo die Düngung mit einem oder nur wenigen Nährstoffen in deutlich gestaffelten Dosierungen erfolgt ist, kann aus der Schraffierung auf ihr Ausmaß geschlossen werden. (Beispiel: Versuch G 6-9; waagerechte Schraffierung: NULL, 4 bzw. 20 dz/ha Rhenaniaphosphat; schräge Schraffierung: 80 dz/ha Kalkmergel). Weniger eindeutig liegen die Verhältnisse im Emsland, wo aufgrund der umfangreichen Düngungsmaßnahmen die Schraffierung nur als grober Anhalt dienen kann.

Darstellung 4

Schematische Darstellung der Versuchsanlagen im Emsland

EMEN I

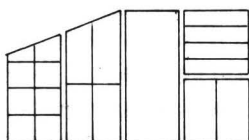


Sitka-Fichte

Japan. Lärche

Versuchsglieder:
je Baumart 4
Wiederholungen:
keine bzw. 2-fach
Null-Flächen:
keine

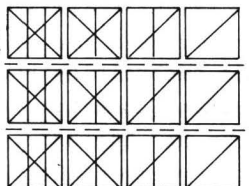
EMEN II



Kiefer

Versuchsglieder: 5
Wiederholungen:
keine
Null-Flächen: ja

ENGDE - Schulte-Südhoff



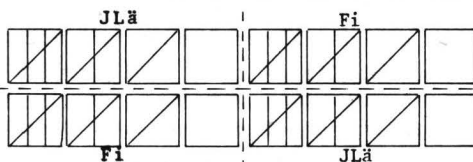
Mischung
Fichte, Sitka, Strobe

Japan. Lärche

Kiefer

Versuchsglieder:
je Baumart 4
Wiederholungen:
keine
Null-Flächen:
keine

ENGDE - Theißing



JLä

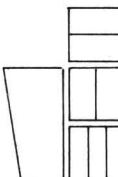
Fi

Fi

JLä

Versuchsglieder:
je Baumart 4
Wiederholungen:
2-fach
Null-Flächen: ja

HÜNTEL 3



Kiefer

Versuchsglieder: 4
Wiederholungen:
keine
Null-Flächen: ja

KLEIN STAVERN



Kiefer

Versuchsglieder: 6
Wiederholungen:
keine
Null-Flächen: ja

möglich. In diesen Fällen mußte eine Beurteilung des Düngungseffektes auf der Basis der insgesamt zugeführten Gesamtzeinnährstoffmengen durchgeführt und auf den Nachweis einer möglichen Standortverbesserung beschränkt werden, soweit nicht Ergebnisse früherer, zwischen den einzelnen Düngungsmaßnahmen erfolgter Aufnahmen vorlagen.

3.2 VERSUCHSAUFNAHME

Die Versuchsaufnahme erstreckte sich schwerpunktmäßig vom Herbst 1970 bis zum Herbst 1971. Die Aufnahmearbeiten erfolgten vorwiegend außerhalb der Vegetationszeit in den Monaten Oktober bis März. An den Arbeiten waren Mitarbeiter des Instituts für Bodenkunde und Waldernährung, studentische Hilfskräfte der Forstlichen und anderer Fakultäten sowie Revierbeamte und Waldarbeiter der im Einzelfall betroffenen Forstverwaltungen beteiligt. Ihnen allen sei an dieser Stelle für die allzeit interessierte und tatkräftige Mithilfe gedankt.

3.21 Bodenkundliche Daten

Ziel der Düngungsmaßnahmen war die nachhaltige Verbesserung der Ernährungssituation für die einzelnen Baumarten. Neben der Herleitung möglicher Zuwachsreaktionen der Bestände galt es festzustellen, ob, bis zu 24 Jahre nach verabreichter Düngung, diese am Nährstoffangebot im Boden und in den Assimilationsorganen gesichert nachzuweisen war. Die umfangreiche Bodenprobenahme erfolgte grundsätzlich aus dem Mineralboden und aus der Auflageschicht. Es wurden ausschließlich Misch- bzw. Gewichtsproben entnommen.

In G a r t o w erfolgte die Probenahme horizontweise aus gegrabenen Bodeneinschlägen. Dazu wurden, je nach Versuchsanlage, in jeder Parzelle ein oder zwei Bodeneinschläge bis in eine Tiefe von mindestens 1 m gegraben. Es wurde darauf geachtet, daß die Bodeneinschläge im Übergangsbereich zwischen den sog. Senken und Rücken (3.13) lagen. Das Profil wurde eingehend beschrieben. Daran schloß sich die horizontweise Entnahme der Gewichtsproben an. Die über den gesamten Horizontbereich (rd. 1 m) entnommenen Proben wurden im Institut für Bodenkunde und Waldernährung der Forstlichen

Fakultät in Göttingen bearbeitet. Zu jedem Profil wurde zusätzlich aus der organischen Auflageschicht eine Mischprobe aus je drei Einzelproben von $1/10 \text{ m}^2$, bestehend aus der L-, F- und der H-Schicht, einschließlich der letztjährigen Streu, entnommen.

Im E m s l a n d wurden Bodeneinschläge nur für eine repräsentative Profilbeschreibung gegraben. Die Bodenproben wurden im Gegensatz zu dem in Gartow angewandten Verfahren mit einem Zylinderbohrer (Athanasiu) nach 20-cm-Tiefenstufen entnommen. Die Ursache der Umstellung auf ein neues Verfahren war die Beschäftigung einer großen Anzahl fachfremder Studenten, denen eine horizontweise Probeentnahme aus Profilen mangels Fachkenntnis nicht zugemutet werden konnte. Die Probenahme mit dem "Athanasiu"-Bohrer dagegen ist, nach gründlicher Einweisung, als rein mechanische Arbeit auch von Nicht-Fachleuten mit der nötigen Gründlichkeit und Sorgfalt durchführbar und zudem arbeitstechnisch rationeller. Die Entnahme der Humusproben aus der Auflageschicht erfolgte wie in Gartow.

Um eine statistische Verrechnung der Analysenergebnisse zu ermöglichen, wurden auf wiederholten Varianten je Parzelle mindestens eine, bei Fehlen von Wiederholungen je Parzelle mindestens zwei vollständige Mineralboden- und Humusproben entnommen. Jede Einzelprobe eines bestimmten Horizontes bzw. einer Schicht ist als Mischprobe aus drei Einzelproben zu verstehen.

3.22 Waldbaulich-ertragskundliche Daten

Den entscheidenden Nachweis für einen Düngungseffekt liefert die Zuwachsreaktion der gedüngten Bäume bzw. des Bestandes. Düngungsmaßnahmen im Kulturstadium bewirken als Folge einer Herabsetzung der Differenzierung innerhalb des Bestandes eine Verminderung der Stammzahl bei gleichzeitigem Anstieg der Brusthöhendurchmesser- und der Höhenwerte, wobei letztere anhand der Steigerung des jährlichen Höhenzuwachses (Jahrestrieblängen) besonders deutlich nachgewiesen werden kann. Dabei kann die Qualität des Einzelstammes aufgrund zunehmender Astigkeit sowie einer überproportionalen Zunahme des Frühholzanteiles im Hinblick auf den Verwendungszweck des Holzes baumartenspezifisch abnehmen. Biotisch und abiotisch

bedingte Gefahren für den Bestand (Wildschäden, Insekten, Schnee- und Eisbruch, Windwurf) können durch Düngungsmaßnahmen indirekt über die Stammzahlhaltung und die Bestandesstruktur sowie durch eine positive Veränderung der ernährungsphysiologischen Befallsdisposition gegenüber biogenen Schädlingen gemindert bzw. ausgeräumt werden.

Im Rahmen der waldbaulich-ertragskundlichen Aufnahme der bearbeiteten Versuche wurden die o.a. Kriterien erfaßt. Dazu seien im einzelnen einige Bemerkungen angeführt.

Als Aufnahmeverfahren kamen, je nach Art und Anlage des Einzelversuchs, die Totalaufmessung (BHD) auf ganzer Parzelle -teils mit totaler, teils mit repräsentativer Höhenmessung-, die Totalaufmessung auf ausgeschiedenen Teilflächen innerhalb der Parzelle und Doppelreihenmessungen mit mehrfacher Wiederholung zur Anwendung. GUSSONE (1966) empfiehlt für Kiefernbestände im Dickungsalter aufgrund seiner Untersuchungen an einer 9jährigen Kiefernreihenkultur die "Totalaufmessung im Stichprobenverfahren mit Kennzeichnung der Stellung eines jeden Baumes in der Aufnahmekladde". Dieses "standortsgerechte" Einmessen eines jeden Baumes wurde bei der Mehrzahl der Versuche durchgeführt, teils, um im Falle einer späteren Aufmessung einen exakten Nachweis der Bestandesentwicklung nachvollziehen zu können, teils um die in Abhängigkeit von den einzelnen Düngungsvarianten unterschiedliche Bestandesstruktur zeichnerisch darstellen zu können. Darüberhinaus erlaubt dieses Aufnahmeverfahren, insbesondere bei jüngeren stammzahlreichen Beständen, den Verzicht auf eine baumweise Numerierung.

Über das im Einzelfall geeignete Aufmeßverfahren wurde von Versuch zu Versuch entschieden. Eine Darstellung der einzelnen Aufnahmeverfahren erfolgt im Abschnitt 4 bei den einzelnen Versuchen.

Die Brusthöhendurchmesser wurden unter Einhaltung einer einheitlichen Meßrichtung zur Stammachse einfach gekloppt. Umfangmeßbänder wurden nicht verwandt. Die zur Erstellung einer Höhenkurve i.d.R. repräsentativ (30-40 Höhenmessungen je Parzelle) ermittelten Höhen wurden, je nach Bestandesalter und -höhe, teils mit der Meßlatte, teils mittels Höhenmesser (BLUME-LEISS) ermittelt.

Der Standort eines jeden lebenden Baumes wurde reihenweise mittels Meßband auf den Dezimeter genau bestimmt und in den Urlisten vermerkt. Außerdem wurde die soziologische Stellung eines jeden Baumes nach der von LEIBUNDGUT (1956) vorgeschlagenen und als IUFRO-Klassifikation bekanntgewordenen Einteilung festgestellt, wobei die Ansprache auf die Ziffer 1 -Biologische Gesichtspunkte- beschränkt blieb (s. unten !)

a) Bestandesschicht

Oberschicht = 100	Baumhöhe $\frac{2}{3}$ - $\frac{3}{3}$ der Oberhöhe des Bestandes
Mittelschicht = 200	Baumhöhe $\frac{1}{3}$ - $\frac{2}{3}$ der Oberhöhe des Bestandes
Unterschicht = 300	Baumhöhe weniger als $\frac{1}{3}$ der Oberhöhe des Bestandes

b) Lebentüchtigkeit (Vitalität)

kräftig entwickelt =	10
normal entwickelt =	20
schwach entwickelt =	30

c) Entwicklungstendenz

gesellschaftlich aufsteigend =	1
gesellschaftlich gleichbleibend =	2
gesellschaftlich absinkend =	3

Zusätzlich erfolgte bei einigen Versuchen eine Qualitätsansprache des Einzelbaumes nach Gradschaftigkeit (Kiefer, Eiche, Erle, Lärche), Astigkeit und äußerlich sichtbaren Schäden wie Zwieselwuchs, Bruch, Schäl- und Insektenschäden. Die Auswertung der letztgenannten Merkmale einschließlich der soziologischen Klassifizierung stieß aufgrund des bei der Ansprache beteiligten großen Personenkreises und eines daraus resultierenden stark subjektiven Faktors bei der Ansprache des Einzelbaumes auf Schwierigkeiten (s. Abschn. 3.32 !).

3.23 Sonstige erhobene Daten

Ergänzend zu den Bodenanalysen wurden von nahezu allen Versuchen Nadelproben entnommen, und zwar von Kiefer, Fichte, Strobe, Lärche und Sitka-Fichte. Entnahmezeitpunkt war bei der Lärche der Beginn der Herbstverfärbung, also Anfang Oktober (9. 10. 1970), bei den übrigen Baumarten die Herbst- und Wintermonate außerhalb

der Vegetationszeit. Darüberhinaus wurden in einigen Versuchen die Jahrestrieblängen, vom letzten Jahrestrieb rücklaufend, so weit wie möglich erfaßt.

3.3 BEARBEITUNG UND AUSWERTUNG DER DATEN

Die Bearbeitung der im Gelände ermittelten Meßergebnisse sowie Analysenergebnisse erfolgte im Institut für Bodenkunde und Waldernährung der Forstlichen Fakultät in Göttingen. Dabei wurden die Möglichkeiten der elektronischen Datenverarbeitung (EDV) weitestgehend genutzt.

3.31 Bodenkundliche Daten

Die Häufigkeit der Ausbringung einzelner Nährstoffe in den bearbeiteten Versuchen ist aus der Tabelle 6 zu entnehmen.

<u>Tabelle 6</u>		Häufigkeit der Düngung mit einzelnen Nährstoffen auf den bearbeiteten Versuchen im EMSLAND und in GARTOW		
Nährstoff	Düngerbezeichnung	<u>Anzahl gedüngter Versuche im/in</u>		
		Emsland	Gartow	insgesamt:
N	Kalkammonsalpeter	6	-	6
	Volldünger	2	-	2
	Lupine ect. (Gründüngg.)	3 (8)	2 (-)	5 (8)
		11 (8)	2 (-)	13 (8)
P	Rhenaniaphosphat	-	5	5
	Nordphosphat	2	-	2
	Superphosphat	1	-	1
	Algierphosphat	-	1	1
	Thomasmehl	5	1	6
	Volldünger	2	-	2
		10	7	17
K	Kali-Magnesia	4	1	5
	Kali 40 %	1	-	1
	Volldünger	2	-	2
		7	1	8
Ca	Kalkmergel	2	4	6
	Hüttenkalk	4	2	6
		6	6	12
Mg	Kali-Magnesia	4	1	5
	Hüttenkalk	4	2	6
		8	3	11

Die Übersicht soll lediglich, ohne nähere Angaben zum Einzelversuch oder zur Düngermenge, eine grobe Vorstellung über die Anteile der im Rahmen der bearbeiteten Kulturdüngungsversuche ausgebrachten Nährstoffe vermitteln.

Am häufigsten ist mit Phosphat gedüngt worden, in Gartow überwiegend als Rhenaniaphosphat, im Emsland zumeist als Thomasphosphat, Nord-Phosphat oder als Volldünger. Das Überwiegen der Phosphatdüngung überrascht angesichts des hohen P-Bedarfs dieser Standorte nicht. Ebenfalls stark ist der Anteil der Kalkdünger, wobei im Emsland der Hüttenkalk, in Gartow der Kalkmergel bevorzugt worden ist.

Seltener sind Stickstoff- und Kali-Dünger zur Ausbringung gelangt, in den Gartower Versuchen nahezu gar nicht. Häufiger, vor allem im Emsland, wurden demgegenüber Leguminosen ausgesät.

Der starke Anteil der Magnesiumdüngung ist auf den 3 %igen MgO-Gehalt des Hüttenkalks zurückzuführen.

Allgemein fällt auf, daß sich die Düngungsmaßnahmen in Gartow überwiegend auf die Nährstoffe P und Ca beschränkt haben, während im Emsland darüberhinaus relativ intensiv mit N (Kalkammonsalpeter), K und Mg (Kalimagnesia) gedüngt worden ist.

Angesichts des großen Probenumfanges bei relativ homogenen und zumindest innerhalb der Versuche vergleichbaren Bodenverhältnissen wurden die chemischen Bodenanalysen auf die Auflage-schicht und zwei, höchstens drei Mineralboden-Horizonte beschränkt. Bestimmt wurden der pH-Wert (CaCl_2) sowie die Gehalte an Kohlenstoff, Stickstoff und Gesamt-Phosphor. Die Analysen wurden nach den im Institut für Bodenkunde und Waldernährung der Forstlichen Fakultät Göttingen gebräuchlichen Verfahren durchgeführt:

pH-Wert-Bestimmung elektrometrisch mit Hilfe der Glaselektrode in einer 0.02 n- CaCl_2 -Suspension. Die pH-(CaCl_2)-Werte liegen bei Sandböden annähernd um 0.18 pH niedriger als die pH-(0.1 n-KCl)-Werte (SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL, 1970).

C-Bestimmung am Wösthoff-Gerät; Das Prinzip der Wösthoff-Apparatur besteht in der Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit einer Natronlauge, die mit dem bei der Verbrennung des Kohlenstoffs in äquivalenten Mengen freiwerdenden Kohlendioxid zur Reaktion gebracht wird. Die Messung der Differenz der Leitfähigkeit wird zur Bestimmung des C-Gehaltes ausgewertet. Der C-Gehalt wird in % der Bodentrockensubstanz angegeben.

N-Bestimmung nach dem Kjeldahl-Verfahren; Dabei wird der Gesamtstickstoff, nach einer zweimaligen Reduktion des als NO_2 -gebundenen Stickstoffs zur Aminosalizyl-Säure, in Ammoniumsulfat überführt. Das durch Zusatz von Natronlauge freier werdende Ammoniak wird durch Destillation quantitativ in Schwefelsäure übergeleitet, wo es wiederum als Ammoniumsulfat gebunden wird. Die Bestimmung des Gesamtstickstoffs in % der Trockensubstanz (g/100 g) erfolgt sodann durch Titration der in der Vorlage nicht gebundenen Schwefelsäure mit Lauge.

Gesamt-P-Bestimmung kolorimetrisch aus dem Säureaufschluß des Bodens; Dabei werden 0.5 g Feinboden nacheinander mit konzentrierter Schwefelsäure, Salzsäure und Salpetersäure versetzt. Es erfolgt unter allmählichem Erhitzen auf dem Sandbad der Aufschluß. Dieser wird sodann filtriert und zur Hydrolyse der Phosphorsäure 30 Minuten im Wasserbad erhitzt. Die P-Bestimmung erfolgt dann nach der Molybdän-Blau-Methode kolorimetrisch. Der Pt-Gehalt ist in Milligramm je 100 g (mg/100 g) Boden-Trockensubstanz angegeben.

Die Gehalte an C, N und Pt wurden teilweise über die aus Volumenproben gewonnenen Trockenraumgewichte auf Vorräte (kg/ha) umgerechnet. Gehalte wie Vorräte wurden auf einem elektronischen Tischrechner varianzanalytisch verrechnet (3.4). Als Weiser für die N-Mineralisierung wurde darüberhinaus das C/N-Verhältnis für die Auflage- und die oberste Mineralbodenschicht errechnet.

3.32 Waldbaulich-ertragskundliche Daten

Zusätzlich zu den im Gelände erhobenen ertragskundlichen Meßgrößen wie Brusthöhendurchmesser und Höhe wurde die Grundfläche und das Volumen des aufstockenden Bestandes je Hektar berechnet, letzteres wegen des geringen Alters der Versuche als Schaftholz-Volumen. Hierfür und für die Berechnung der Durchmesser- und Höhenwerte der einzelnen Mittelstämme standen zwei in FORTRAN IV geschriebene Rechenprogramme des Instituts für Ertragskunde der Forstlichen Forschungsanstalt München zur Verfügung. Da die mit Hilfe dieser Programme durchgeführten Berechnungen der ertragskundlichen Parameter und deren Ergebnisse für die Beurteilung der einzelnen Versuche von wesentlicher Bedeutung sind, soll der Rechengang im folgenden kurz dargestellt werden.

Die Berechnung der Volumenleistung 14-bis 24jähriger Bestände ist nur dann sinnvoll, wenn diese zu Ergebnissen führt, die der Biomasseproduktion dieser Bestände möglichst nahe kommen, da kostendeckende Sortimenten aus Beständen dieser Altersstufen

in der heutigen Preis-Lohn-Situation nicht zu erwarten sind. Bei Vernachlässigung des unterirdischen Wurzelholzes kommt von den Volumengrößen eines Baumes bzw. eines Bestandes das Baumholz dieser Forderung am nächsten. Das Baumholz ist nach der 7-cm-Mittendurchmessergrenze definiert als die Summe aus Derbholz und Reisholz. Ebenso erhält man aus der Summe von Schaft- und Astholz das Baumholz, wenn der Baum nach morphologischen bzw. pflanzenphysiologisch-funktionellen Kriterien unterteilt wird. Da eine Herleitung des Baumholzvolumens für ganze Bestände technisch nicht durchführbar ist, wurden, als größtmögliche Annäherung an die Biomasse, die Schaftholzvolumina berechnet. Das Schaftholz ist das Holz des durchgehenden Stammes bis zum äußersten Gipfel, ohne das Astholz.

Die für die Volumenermittlung einzelner Bäume notwendigen Größen sind der Brusthöhendurchmesser, die Baumhöhe und die Formzahl. Bei der Volumenermittlung ganzer Bestände tritt zusätzlich der Faktor Stammzahl hinzu.

Die im vorliegenden Fall durchgeführte Volumenberechnung erfolgte in zwei Arbeitsschritten. Zunächst wurde mit Hilfe der im Gelände ermittelten Durchmesser- und Höhenwerte die Höhenkurve, d.h. die Ausgleichsfunktion zwischen der Beziehung "Brusthöhendurchmesser zu Höhe" hergeleitet. Mit Hilfe der Gleichungskoeffizienten der Höhenkurvenfunktion und unter Angabe der Stammzahl je BHD-Stufe sowie der Flächengröße der Berechnungseinheit konnte dann die Volumenberechnung je Versuchsglied erfolgen. Das unter Mitarbeit von R. KENNEL und F. FRANZ von A. SCHMIDT ausgearbeitete Rechenprogramm "HÖHE" ist in seinem Aufbau und seiner Arbeitsweise eingehend beschrieben worden (SCHMIDT, 1966, 1967). Der Rechenablauf soll verkürzt wiedergegeben werden.

Für jeden Baum werden dessen Versuchs-, Parzellen- und laufende Stammnummer, die entsprechende Schlüsselzahl für die soziologische Stellung o.ä. sowie der Brusthöhendurchmesser (mm) und die Höhe (dm) auf eine Lochkarte gestanz und in den Programmablauf eingegeben. Mit insgesamt 24 Programmschritten werden die Daten eingelesen, überprüft und kontrolliert. Nach Überprüfung des Rechenganges zu den für die Regressionsrechnung zur Verfügung stehenden sechs Ausgleichsfunktionen werden sodann in verschiedenen Unterprogrammen die Regressionskoeffizienten, teils für lineare, teils für quadratische Regressionen hergeleitet. Die auf insgesamt drei Seiten ausgedruckten Ergebnisse stellen eine erschöpfende Darstellung des bearbeiteten Zahlenmaterials dar.

Ausgedruckt werden die nach Stammnummern und zunehmenden Durchmesserwerten geordneten Wertepaare BHD und Höhe sowie eine graphische Darstellung der Abweichungsprozente um die Ausgleichsparell 2. Grades. Auf der zweiten Seite folgen die statistischen Kennwerte der sechs Ausgleichsfunktionen (Anzahl und arithmetische Mittelwerte der Durchmesser- und Höhenwerte, Streuung, Standardabweichung, Korrelationskoeffizient und Bestimmtheitsmaß) sowie ihre Regressionskoeffizienten. Zusätzlich werden die Durchmesserwerte in 4-cm-Stufen eingeteilt und die arithmetischen Durchmesser- und Höhenmittel je Durchmesserstufe angegeben. Auf der letzten Seite schließlich werden dann die jeweiligen Höhenwerte zu den entsprechenden Durchmesserwerten von 1 bis 90cm,

in 1-cm-Stufen, ausgedruckt, und zwar für die sechs Ausgleichsfunktionen.

Voraussetzung für den zweiten Schritt, die Volumenberechnung, war die für jede Baumart und jeden Versuch getrennt zu fällende Entscheidung für eine der sechs zur Verfügung stehenden Höhenkurvenfunktionen (3 lineare, 3 quadratische). Die unten angeführten Funktionsgleichungen sind bei SCHMIDT (1966, 1967) im einzelnen näher erläutert.

Funktionen zum Ausgleich von Höhenwerten über dem Brusthöhen-Durchmesser, in der Reihenfolge des Ausdrucks gemäß HÖHEN-Programm:	
1) $h = a + b \cdot d + c \cdot d^2$	- Parabel 2. Grades, quadrat.
2) $h = \frac{d^2}{a + b \cdot d + c \cdot d} + 1.3$	- PRODAN, quadrat.
3) $h = \frac{d^2}{(a + b \cdot d)^{n-1}} + 1.3$	- PETERSON, lin.
4) $h = a \cdot e^{(b \cdot \ln d + c \cdot \ln^2 d)}$	- KORSUN, quadrat.
5) $h = a + b \cdot \ln d$	- halblog. Gleichung, lin.
6) $h = a \cdot e^{bd}$	- lin.

Bei der baumarten- und Versuchs- weise durchgeführten Auswahl der Funktionsgleichungen wurden an diese folgende Anforderungen gestellt:

Kontinuierlicher Anstieg der Ausgleichskurve ohne ein Abfallen im starken Durchmesserbereich,

möglichst geringe Streuung der Meßwerte um die Ausgleichsgrade und

möglichst hohes Bestimmtheitsmaß bzw. hoher Korrelationskoeffizient

Die nach diesen Auswahlkriterien parzellenweise durchgeführte Prüfung der Ausgleichsfunktionen führte zu folgendem Ergebnis:

<u>Nr. der</u> <u>Ausgleichsfunktion</u>	<u>Baumarten</u>
1 (Parabel 2.Grades)	Fichte, Sitka-Fichte
5 (halblogar. Gleichung)	Kiefer, Strobe, Europ. und Japan.Lärche, Birke
3 (Petterson, lin.)	Pappel, Roterle, Rot- und Stieleiche

Für die Kiefer und die Fichte wurde eine gute Übereinstimmung mit den von SCHMIDT (1967) durchgeführten Untersuchungen an 171 Fichtenbeständen guter bis sehr guter und 182 Kiefernbeständen mittlerer bis schlechter Höhenbonität festgestellt.

Der zweite Arbeitsgang zur Ermittlung des Schaftholzvolumens bestand in einer Zusammenfassung der Bäume in 1-cm-BHD-Stufen. Diese wurden zusammen mit den Gleichungskoeffizienten der gewünschten Höhenkurvenfunktion, mit der Flächengröße der entsprechenden Parzelle und mit der je nach Baumart variierenden Angabe einer im Rechenprogramm -VOLUMEN- enthaltenen Formzahlfunktion in das Programm eingegeben. Ausgedruckt wurden je Flächeneinheit und Hektar, baumartenweise getrennt: Stammzahl (N), Grundfläche (G) und Schaftholzvolumen (V), dazu die Bruthöhendurchmesser- und Höhenwerte des Kreisflächenmittelstammes (DM, HM) und des Oberhöhenstammes (DO, HO), letzterer als Mittelstamm der 100 stärksten Bäume je Hektar. Darüberhinaus wurden die nach F aufgelöste Bestandesformhöhe sowie die auf 1-cm-Durchmesserstufen verteilte Stammzahl, Grundfläche und Masse angegeben. Die gebotene Möglichkeit einer getrennten Ausgabe der Daten nach verbleibendem und ausscheidendem Bestand wurde im vorliegenden Fall wegen des geringen Alters der Versuche nicht genutzt.

Eine der geschilderten Volumenberechnung zugrunde liegende schwer abschätzbare Fehlermöglichkeit lag in der Notwendigkeit einer Übernahme der im VOLUMEN-Programm enthaltenen Formzahlfunktionen, die überwiegend von süddeutschen Herkünften berechnet worden sind (KENNEL, 1967). Es ist deshalb zu erwarten, daß die für junge Bestände im nördlichen Deutschland mit Hilfe von Formzahlfunktionen süddeutscher Herkünfte berechneten Volumenwerte Abweichungen von den tatsächlichen Vorräten aufweisen. Dieses trifft insbesondere für die Baumarten Birke, Strobe, Roterle und Roteiche zu, für die mangels vorliegender Formzahlen ersatzweise solche anderer, in ihren Wuchsverhalten nicht immer vergleichbarer Baumarten verwendet worden sind. Aus der folgenden Übersicht ist zu entnehmen, für welche Baumarten welche Formzahlfunktionen bei der Massenberechnung zugrunde gelegt wurden.

<u>Baumart</u>	<u>berechnet mit</u>	<u>der im VOLUMEN-Programm ent-</u> <u>haltenen Schaftholzformzahl-</u> <u>funktion für die Baumart</u>
Kiefer		Kiefer
Strobe		Kiefer
Fichte		Fichte
Sitka-Fichte		Fichte
Europ.Lärche		Europ.Lärche
Japan.Lärche		Europ.Lärche
Birke		Buche
Stieleiche		Buche
Roteiche		Buche
Pappel		Buche
Roterle		Buche

Auf die sich hieraus für die Zuverlässigkeit der Schaftholz-Volumen-Ergebnisse ergebenden Bedenken, besonders bei den Laubbaumarten, wird bei der Beschreibung und Diskussion der Ergebnisse hingewiesen werden. Zum Teil ist von einer Massenberechnung aufgrund geringer Pflanzenzahlen oder überwiegend schwacher Durchmesser- und Höhenwerte (Pappel, Roterle) abgesehen worden. Wo dennoch Schaftholz-Volumenwerte berechnet wurden, sollten diese weniger absolut sondern vielmehr als relative Vergleichswerte innerhalb eines Versuchs betrachtet und interpretiert werden. Die Volumenwerte wurden aus diesem Grunde i.d.R. eingeklammert. Dabei wurde unterstellt, daß die in der beschriebenen Art einer Berechnung des Schaftholzvolumens liegenden Fehlermöglichkeiten die Aussage über eine Düngerwirkung innerhalb eines Versuches, bei gleichzeitiger Absicherung der Ergebnisse durch die Durchmesser- und Höhenwerte, nur unwesentlich beeinträchtigt haben können.

Neben der Ermittlung quantitativer Größen wie Stammzahl, Durchmesser- und Höhenwerte erfolgte gleichzeitig eine qualitative Ansprache des Einzelbaumes. Bekanntlich ist eine der am häufigsten vorgebrachten Bedenken gegenüber der Kulturdüngung insbesondere von Kiefernbeständen die Befürchtung, die Kiefer könne in diesem Alter durch Düngungsmaßnahmen zu grobem, astigem Wuchs veranlaßt und ihre Qualität im Hinblick auf die spätere Verwertung gemindert werden. Diese mit einer Qualitätsminderung verbundene Zuwachssteigerung ist zumeist gekoppelt an eine Änderung

der soziologischen Stellung des Einzelbaumes innerhalb des Bestandes.

Aus diesem Grunde wurden die Einzelbäume nach dem als IUFRO¹-Klassifikation (LEIBUNDGUT, 1956) bekanntgewordenen Schema nach Höhe (relativ zur Oberhöhe des Bestandes), Vitalität (Lebenstüchtigkeit) und Entwicklungstendenz (3.22) angesprochen. Im Verlaufe der Aufnahmearbeiten konnte jedoch festgestellt werden, daß eine derartige Ansprache mit einem erheblichen Spielraum für subjektive Entscheidungen, besonders hinsichtlich der "Vitalität" und der "Entwicklungstendenz", belastet ist. Bei der Bearbeitung der Urlisten erwies es sich, daß die subjektiven Faktoren der Ansprache den Düngungseffekt teilweise überlagert und somit eliminiert hatten. Die endgültige Auswertung dieses Komplexes ist noch nicht abgeschlossen. Es scheint jedoch festzustehen, daß die Anwendung einer derartigen Klassifikation zu personell abhängigen Ergebnissen führt und im Rahmen einer Großaufnahme mit häufig wechselndem Personal unterschiedlicher Ausbildungsstufen nur mit Vorbehalt anzuwenden ist. Auf die Ergebnisse der soziologischen Ansprache wird deshalb nur in wenigen Fällen eingegangen.

Um die Auswirkungen der Düngung auf die Stammqualität feststellen zu können, wurden die Gradschaftigkeit und die Astigkeit nach Zahl und Stärke der Äste angesprochen. Diese Ansprache ist baumartenweise modifiziert und außerdem nicht bei allen Versuchen durchgeführt worden. Wo verstärkt auftretend, wurden Stammschäden wie Zwiesel, Schäl- und Splitterschäden (Truppenübungsplatz Engden) vermerkt.

3.33 Sonstige erhobene Daten

Zusätzlich zu den bodenkundlichen und waldbaulich-ertragskundlichen Daten wurden Triebblängen gemessen und Nadelproben entnommen.

Die Triebblängenmessungen erfolgten an durchschnittlich 10 Bäumen je Parzelle. Die Messungen erfolgten rücklaufend von letzten Trieb an soweit, wie Jahresquirle noch feststellbar waren.

Die Ergebnisse sind bei den einzelnen Versuchen als Wachstumskurven dargestellt. Deren Aussage ist wegen der geringen Zahl von Bäumen je Parzelle und in den Mischbestandsparzellen wegen der unterschiedlichen soziologischen Stellung der Probebäume sicherlich erheblich eingeschränkt.

Die Nadelprobenahme erfolgte von zweimal 3 bis 5 Bäumen je Parzelle, und zwar vorzugsweise von herrschenden oder zumindest mitherrschenden Bäumen. Auf einigen Mischbestandsparzellen konnte diese Bedingung mangels ausreichender Stammzahl nicht immer erfüllt werden, so daß auch für die Nadelanalysenergebnisse das gleiche gilt wie für die Ergebnisse der Wachstumskurven. Bestimmt wurden der Aschegehalt sowie die Elemente N, P, K, Ca, Mg, Mn, Na und Al nach den folgenden Analysenverfahren:

Bestimmung des Aschegehaltes: 2 g gemahlene und getrocknete Pflanzensubstanz werden in Quarzschälchen eingewogen und langsam auf 500-600°C erhitzt. Die Veraschung ist in rd. zwei Stunden abgeschlossen. Nach Abkühlung im Exikator kann der Aschegehalt dann aus der Differenz des Gewichts vor und nach der Veraschung als prozentueller Anteil der Trockensubstanz errechnet werden.

Zur Untersuchung der einzelnen Elemente außer N wird die Asche mit destilliertem Wasser befeuchtet und dreimal mit konzentrierter Salzsäure auf dem Sandbad abgeraucht. Dabei erfolgt eine Überführung der Kationen in lösliche Chloride. Der Kolbeninhalt wird dann mit heißer 0,5 n-HCl aufgenommen und durch Schwarzbandfilter in 50 ml-Kölbchen filtriert. Nach Abkühlen wird mit 0,5 n-HCl aufgefüllt und der Inhalt als Analysenlösung weiter bearbeitet.

Der Gehalt an P wird kolorimetrisch nach der Molybdän-Blau-Methode bestimmt. Die Elemente K, Ca und Mg werden nach einem Zusatz von Lanthanoxid (La_2O_3) und nach Verdünnung der Original-Aschenlösung im Spektrometer für atomare Absorption (PERKIN-ELMER, Modell 403) bestimmt. Ebenfalls im Spektrometer werden Mn und Na bestimmt. Fe und Al werden kolorimetrisch, Fe mit 2,2-Bipyridin im großen Zeiss (PMQ II), Al mit Aluminon, ebenfalls im Zeiss, bestimmt.

Die Bestimmung von N erfolgt bei nasser Veraschung mit dem H_2SO_4 -Se-Gemisch. Dabei werden 0,25 g feingemahlener Pflanzensubstanz 10 ml Aufschlußsäure zugegeben und für einige Stunden bei 100°C im Trockenschrank getrocknet. Der Aufschluß bis zum Klarwerden erfolgt im Aluminiumblock bei Temperaturen bis zu 370°C. Nach dem Abkühlen wird Wasser aufgefüllt und über Rotbandfilter filtriert. Die N-Bestimmung erfolgt im Auto-Analyser.

3.4 MÖGLICHKEITEN DER STATISTISCHEN VERRECHNUNG DER VERSUCHS-DATEN

Die verschiedenen Merkmalswerte wurden varianzanalytisch verrechnet. Diese Möglichkeit ergab sich bei fast allen Versuchen, wobei zu den Ergebnissen einige Einschränkungen gemacht werden müssen.

Für die Versuche ohne NULL-Variante konnten nur die Relationen zwischen den einzelnen Dünger-Varianten hergeleitet und, wo möglich, abgesichert werden. Parzellen, die ihre Eignung als unbehandelte Kontrollfläche aufgrund ganzflächiger Düngungs- bzw. Meliorationsmaßnahmen eingebüßt hatten, wurden der Berechnung dennoch als sog. "Null-Niveau" zugrunde gelegt (so z. B. ENG DEN+Schulte-Südhoff). In einigen Fällen, so z.B. in Gartow, bestand die Möglichkeit, auf andere Versuche mit vergleichbaren Bedingungen (Standort, Baumart, Alter) zurückzugreifen und mehrere Versuche gemeinsam zu verrechnen (z.B. G 6 und 7, 8 und 9).

Das Fehlen von Wiederholungen einzelner Behandlungsvarianten konnte zumeist durch repräsentative (Probefläche) bzw. schematische (Reihen- bzw. Doppelreihenaufnahme) Aufnahmeverfahren ausgeglichen werden. Daß bei diesen Behelfsverfahren der Forderung nach möglichst zufälliger Verteilung der einzelnen Versuchseinheiten nur beschränkt oder gar nicht entsprochen werden konnte, mußte in Kauf genommen werden.

Demgegenüber sind die Anforderungen an die Anzahl der einzelnen Meßwerte sowie an die Parzellengrößen mit Ausnahme weniger Versuche erfüllt. Die Notwendigkeit, in älteren Versuchen aus Gründen eines möglichen Randeffektes **Randstreifen auszuscheiden**, hat teilweise zu erheblichen Verkleinerungen der Versuchspartellen geführt.

Aufgrund des zumeist einfachen Aufbaues der Versuche sowie wegen der sich aus der Anlage und der Behandlung der Versuche ergebenden beschränkten Verrechnungsmöglichkeiten überwogen Streuungszzerlegungen in Form der Einwege- bzw. Zwewege-Klassifikation. Dort, wo es geraten erschien, ist zusätzlich

eine Absicherung der Versuchsdaten gegeneinander mit Hilfe des DUNCAN-Tests erfolgt. Geprüft wurde mit einem Signifikanzniveau von $P = 5\%$ (*), 1% (**) und $0,1\%$ (***).

3.5 DARSTELLUNG DER VERSUCHSERGEBNISSE

Der Forderung nach einer der Konzeption der vorliegenden Arbeit (s. Vorwort !) entsprechenden möglichst ungekürzten Wiedergabe des umfangreichen Zahlenmaterials konnte nur entsprochen werden, indem dieses Zahlenmaterial, angesichts der Vielzahl und der Heterogenität der bearbeiteten Versuche, einer Schematisierung und Vereinheitlichung unterworfen wurde. Zum besseren Verständnis der im folgenden beschriebenen Versuchsergebnisse seien dazu einige Bemerkungen gemacht.

Die in den Tabellen und im Text benutzten A b k ü r z u n g e n für Versuchsbezeichnungen, Düngerarten, ertragskundliche Größen und deren statistische Bearbeitung sind im Anschluß an das Inhaltsverzeichnis zusammengestellt und erläutert.

Schwierigkeiten bereitete die -einen Vergleich zwischen den Versuchen ermöglichende- Darstellung der einzelnen D ü n g u n g s v a r i a n t e n, die zugleich dem mit den Einzelheiten der Versuche nicht vertrauten Leser eine schnelle Orientierung über die je Düngungsvariante insgesamt ausgebrachten Nährstoffmengen ermöglichen sollte. Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß auf einem Teil der Emsländer Versuche die Düngungsmaßnahmen über mehrere Jahre und mit nahezu allen Hauptnährstoffen durchgeführt worden sind. Dabei hat sich auf einzelnen Düngungsvarianten eine von der jeweiligen Düngerart und -zusammensetzung abhängige Summierung der Nährstoffzufuhr ergeben. Beispielsweise erfolgte die Kalkzufuhr (2217 kg/ha CaO) auf den Parzellen 5 bis 12 in EMEN 1 über eine Düngung mit Kalkmergel ($80-95\% \text{ CaCO}_3$), Kalkammonsalpeter ($33\% \text{ CaCO}_3$) und Thomasphosphat ($45\% \text{ CaO}$), wenn auch im Hinblick auf die Einzeldünger im Verhältnis von 88:2:10. Das Schema, nach dem die Nährstoffmengen zu Klassen zusammengefaßt und durch eine Indexzahl zu den jeweiligen Elementsymbolen dargestellt worden sind, ist in der Tabelle 7 im einzelnen erläutert.

Tabelle 7

Summe der je Versuch insgesamt ausgebrachten Nährstoffmengen, vom Zeitpunkt der Anlage bis zur Versuchsaufnahme 1970/71; Höchst- und Tiefstwerte je Versuch in kg/ha;

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
E 1	46 - 69	75 - 320	196 - 208	1680 - 2217	63 - 246
E 2	294 - 332	223 - 267	168 - 252	639 - 1384 + CaSO ₄	54 - 130
E 3	22 - 66	75 - 150	40 - 120	2016 - 2558	-
E 4	23 - 69	45 - 150	28 - 84	2020 - 2516	9 - 27
E 5	346 - 458	258 - 370(425)	258 - 370(428)	163 - 1199	87 - 95(180)
E 6	66 - 102	150 - 245	9.2 - 224	1800 - 2552	36 - 120(168)

Emsländer

Versuche

von..bis..	22 - 458	45 - 370(425)	9.2 - 370(428)	163 - 2558	9 - 246
------------	----------	---------------	----------------	------------	---------

G 2	-	116 - 312	-	60 - 10080	-
G 5	-	60	56	180 - 1980	120 - 138
G 6/7	-	108 - 540	-	160 - 4832	-
G 6/11	-	-	-	3600 - 5400	240 - 360
G 8/9	-	104 - 520	-	160 - 4832	-
G 10	-	156 - 312	-	240 - 480	-
G 11	-	162 - 324	-	4272 - 4512	-

Gartower

Versuche

von..bis..	-	60 - 540	56	60 - 10080	120 - 360
------------	---	----------	----	------------	-----------

Alle

Versuche

von..bis..	22 - 458	45 - 540	9.2 - 370	60 - 10080	9 - 360
------------	----------	----------	-----------	------------	---------

Schematisierte Mengenklassen, abgeleitet aus den o.a. Streubereichen der auf den einzelnen Versuchen zur Ausbringung gelangten Nährstoffmengen;

Nährstoffe

insgesamt ausgebrachte
Nährstoffmengen (kg/ha)
von..... bis.....

Mengenklassen
= Indexzahl

N	22 - 458	N ₁ = bis 100 kg/ha 2 = 100 - 200 " 3 = 200 - 300 " 4 = 300 - 400 " 5 = > 400 "
P ₂ O ₅	45 - 540	P ₁ = bis 100 kg/ha 2 = 100 - 200 " 3 = 200 - 300 " 4 = 300 - 400 " 5 = > 400 "
K ₂ O	9 - 370	K ₁ = bis 100 kg/ha 2 = 100 - 200 " 3 = 200 - 300 " 4 = 300 - 400 " 5 = > 400 "
CaO	60 - 10080	Ca ₁ = bis 1000 kg/ha 2 = 1000 - 2000 " 3 = 2000 - 3000 " 4 = 3000 - 4000 " 5 = 4000 - 5000 " 10 = > 10.000 "
MgO	9 - 360	Mg ₁ = bis 100 gk/ha 2 = 100 - 200 " 3 = 200 - 300 " 4 = 300 - 400 " 5 = > 400 "

Dazu sei ergänzt, daß dem Verfasser die gegen eine solch kumulative Bewertung einer sich über einen längeren Zeitraum hinstreckende Zuführung verschiedener Nährstoffe zu Recht erhobenen Bedenken bekannt, für den beabsichtigten Zweck jedoch nicht schwerwiegend genug waren, um dem Leser anhand der in der Tabelle 7 zusammengestellten Zahlen eine Vororientierung über die in den einzelnen Versuchen insgesamt ausgebrachten Nährstoffmengen vorzu-enthalten.

Die tabellarisch zusammengefaßten boden- und nadelanalytischen sowie ertragskundlichen Versuchsergebnisse wurden mit zwei (Boden- und Ertragswerte) bzw. drei (Nadelwerte) Dezimalstellen angegeben. Die Werte sind in dieser Form aus der EDV-Berechnung hervorgegangen und wurden, obwohl dieses Genauigkeitsmaß in der Mehrzahl der Fälle im Bereich des Versuchsfehlers liegen dürfte und somit irrelevant ist, im Hinblick auf eine Weiterbearbeitung der Ergebnisse auch so in die Tabellen übernommen.

4 DIE VERSUCHSERGEBNISSE

4.1 VORBEMERKUNG

Mit der Beschreibung einer größeren Anzahl vergleichbarer Düngungsversuche bestand die Möglichkeit zu einer Absicherung einzelner Versuchsergebnisse. Vorbedingung dafür war die größtmögliche Übereinstimmung der Einzelversuche hinsichtlich bestimmter gemeinsamer Merkmale wie Zeitpunkt (Kultur-, Altbestandsdüngung), Art und Ausmaß der Düngungsmaßnahmen sowie Baumartenwahl und standörtliche Verhältnisse. Als vergleichsweise übereinstimmende Merkmale aller bearbeiteten Versuche konnten der Zeitpunkt der Düngungsmaßnahmen (Kulturdüngungsversuche) und die Standortbedingungen (Talsande) von vornherein ausgeklammert werden. Die Entscheidung für eine der beiden verbleibenden Kriterien Baumart und Art der Düngungsmaßnahme als Zuordnungsmerkmale bei der Beschreibung der Versuche erfolgte im Interesse einer praxisnahen Übertragbarkeit der Versuchsergebnisse zugunsten der B a u m a r t.

Die Beschreibung der Versuchsergebnisse erfolgt deshalb getrennt nach Baumarten in gesonderten Abschnitten, wobei Versuche, die in Teilen zu mehreren Baumarten angelegt worden sind, in verschiedenen Abschnitten beschrieben werden (z. B. E 1, E 3, E 4).

Aus der Inhaltsübersicht geht hervor, daß innerhalb der Abschnitte zu den einzelnen Baumarten die Versuche nach Rein- und Mischbestandsversuchen getrennt beschrieben worden sind. Schwierigkeiten bei der Zuordnung zu einer der beiden Mischungsformen entstanden dort, wo, wie im Fall der Versuche G 6/7, zwar Kiefern-Reinbestände begründet worden waren, diese sich jedoch aufgrund (versuchsbedingter) unterlassener Pflege- und nachfolgender Düngungsmaßnahmen bis zum Zeitpunkt der Versuchsaufnahme 1970/71 zu Birken-Kiefern bzw. Kiefern-Birken-Mischbeständen, auf den stark mit Phosphat gedüngten Versuchsgliedern gar zu Birken-Reinbeständen entwickelt hatten.

Ähnlich, wenn auch weniger stark ausgeprägt, war die Entwicklung in den Versuchen G 8/9. Hier waren ursprünglich neben der

Hauptbaumart Fichte (90 %) die Mischbaumarten Pappel, Roterle, Strobe und Douglasie mit einem Gesamtanteil von max. 10 % mit- ausgepflanzt worden. Bis zum Zeitpunkt der Versuchsaufnahme 1970/71 hatten sich jedoch in den Versuchen Mischbestände mit einem je nach Düngungsvariante stark wechselnden Einfluß der ursprünglichen Mischbaumarten entwickelt.

Im Hinblick darauf, daß die vorliegende Arbeit schwerpunktmäßig auf den Ergebnissen der Versuchsaufnahme 1970/71 aufbaut, ist die Zuordnung der Einzelversuche zu einer der beiden Mischungs- formen wie folgt durchgeführt worden.

Als R e i n b e s t a n d s v e r s u c h e wurden nur dieje- nigen Versuche beschrieben, die nicht nur als solche begründet worden waren, sondern auch zum Zeitpunkt der Aufnahmearbeiten 1970/71 keine wesentlichen und bestandessozioologisch relevanten Anteile anderer Baumarten enthielten. Demgegenüber wurden all jene Versuche, die bereits als Mischbestände mit nennenswerten Anteilen anderer Baumarten begründet worden waren, oder sich bis zum Zeitpunkt der Versuchsaufnahme 1970/71 aufgrund beson- derer oder unterlassener waldbaulicher Behandlungen zu Misch- beständen entwickelt hatten, als M i s c h b e s t a n d s - v e r s u c h e beschrieben.

Eine Begründung für die Versuchs-weise Entscheidung für eine der beiden Mischungsformen erfolgt in den entsprechenden Kapi- teln zu den Einzelversuchen.

4.2 KULTURDÜNGUNGSVERSUCHE ZU K I E F E R

Im folgenden Abschnitt werden die Entwicklung und die Ergeb- nisse von neun Kulturdüngungsversuchen im Alter zwischen 19 und 23 Jahren zur Baumart Kiefer beschrieben. Von den Versuchen liegen fünf im FA. Gartow (Elbe) der Gräfl. von Bernstorff'schen Verwaltung, die restlichen vier verteilen sich auf die FÄ. Nord- horn und Meppen der Landwirtschaftskammer Weser-Ems. In der Übersicht 3 sind für jeden Versuch die Lage, das Jahr der Ver- suchsbegründung sowie die im einzelnen ausgebrachten Mineral- dünger aufgeführt. Letztere wurden durch die in der Veröffent- lichung von HAUSSER und Mitarb. (1969) vorgeschlagenen Abkür- zungen dargestellt.

Übersicht 3 Begründungsart	örtl. Lage	Versuchsbezeichn.	Abk.	Jahr d. Anlage	ausgebrachte Mineraldünger	Bemerkungen
Reinbestandsversuche zu <u>Kiefer</u>	FA. Meppen	EMEN 2	E 2	1957	KAS, (NP) PS, PT, KMG, HK, (NPK)	Teilversuch zu Kiefer
	FA. Nordhorn	ENGDEN (Schulte-Südhoft)	E 3	1953	KAS, PT, KCl, k.K., Cu, Legumin.	
	FA. Meppen	HÜNTEL 3	E 5	1954	KAS, (NP) P-Nord, HK, (NPK)	
	FA. Meppen	KLEIN STAVERN	E 6	1954	KAS, PT, KMG, HK, k.K., Cu	
	FA. Gartow (Elbe)	GARTOW Abt. 6/11	G 6/11	1949	HK	
Mischbestandsversuche zur Hauptbaumart <u>Kiefer</u>	FA. Gartow	GARTOW -5-	G 5	1950	PT, KMG, HK	Teilversuch zu Hüttenkalk Mischbaumarten: Bi, Jlä, Str., Dg Bi, Fi, Strobe Fi, Bi, Strobe Bi, Strobe, Fi Jap. Lärche, RErle
	FA. Gartow	GARTOW -6-	G 6	1950	PR, k.K.	
	FA. Gartow	GARTOW -7-	G 7	1950	PR	
	FA. Gartow	GARTOW -10-	G 10	1950	PR	

Aus der Übersicht erkennt man die relativ gute Vergleichbarkeit der Gartow-er Versuche. Die (in der Übersicht nicht aufgeführten) standörtlichen Verhältnisse, der Zeitpunkt der Versuchsbegründung sowie Art und Menge der ausgebrachten Mineraldünger entsprechen einander weitgehend. Es dominieren Kalk- und Phosphatdünger, wobei letztere nahezu ausschließlich als Rhenania-phosphat zur Ausbringung gelangt sind.

Demgegenüber sind die Emsländer Versuche um 3 bis 7 Jahre jünger, sie liegen relativ weit voneinander entfernt (bis zu 50 km) und weisen fast alle ein außerordentlich breites Spektrum der gebräuchlichsten Handelsdünger auf. Darüberhinaus sind die Düngungsmaßnahmen hier, im Gegensatz zu den in Gartow angewandten Verfahren, i.d.R. über mehrere Jahre erfolgt.

Eine Zusammenfassung der wichtigsten Versuchsdaten ist mit den Übersichten 1 und 2 gegeben.

4.21 Reinbestandsversuche zu K i e f e r

4.21.1 Versuch EMEN 2 (Emsland)

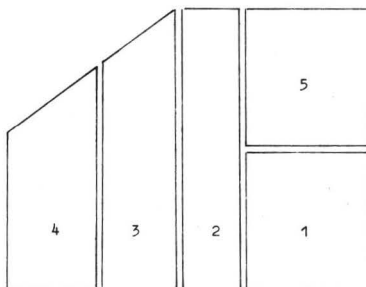
Mit dem im Frühjahr 1957, rd. 12 km nördlich von Meppen (Emsland) und nur wenige Kilometer westlich der Bundesstraße B 70 ange-

legten Kulturdüngungsversuch EMEN 2 sollte geprüft werden, in welchem Maße das Wachstum einer auf einem armen, grundwasserfernen Standort (abgewehter "Unterer Sand") angelegten Kiefern-Kultur durch vergleichsweise verschiedene Phosphatdünger -in Kombination mit Volldünger, Kalkammonsalpeter, Kalimagnesia und Hüttenkalk- verbessert werden kann.

4.21.11 Versuchsbegründung und -anlage

Die Versuchsdaten können der Lageskizze sowie der unten folgenden Zusammenstellung entnommen werden.

<u>Parz.: 1</u>	- 6 dz/ha Kalkammonsalpeter
12 "	Volldünger 14 X 14 X 14
25 "	Hüttenkalk
<u>Parz.: 2</u>	- NULL - Variante
<u>Parz.: 3</u>	- 14,1 " Kalkammonsalpeter
10 "	Superphosphat
6 "	Kalimagnesia
25 "	Hüttenkalk
<u>Parz.: 4</u>	- 5,7 " Kalkammonsalpeter
10,6 "	Stickstoff-Phosphat 20 X 20
25 "	Hüttenkalk
<u>Parz.: 5</u>	- 10,2 " Kalkammonsalpeter
10 "	Thomasmehl
6 "	Kalimagnesia
6 "	Volldünger 14 X 14 X 14



VERSUCH: EMEN 2 (Emsland)

VERSUCHSTYP: Modifizierter Phosphatformenversuch, vergleichsweise Volldüngung

LAGE: 12 km nördlich von Meppen (Emsland)

VERSUCHSANSTELLER: FA. Meppen und Forstabteilung der LWK Weser-Ems (WANDT)

GEOLOGIE: ausgewehte Niederung, abgewehter "Unterer Sand"

HÖHE ÜBER NN: 12 - 15 m

BODENART UND -TYP: abgewehter "Unterer Sand"

WASSERVERSORGUNG: kein Grundwassereinfluß

JAHR DER VERSUCHSANLAGE: 1957

KULTURVORBEREITUNG, BEGRÜNDUNGSART: Waldpflugstreifen, Pflanzung

BAUMARTEN(% DER GESAMTSTAMMZAHL): Kiefer (100 %)

PFLANZGUT UND -VERBAND: 1j. Kiefernssämlinge, 1,3 x 0,35 m

VORBESTAND: mit wenigen Anflugkiefern bestandenes Ödland, vereinzelt Calluna vulgaris, Festuca ovina, Corynephorus canescens

DÜNGUNGSVARIANTEN: $N_4 P_4 K_3 Ca_2 Mg_1$, NULL, $N_3 P_3 K_2 Ca_2 Mg_2$, $N_4 P_3 Ca_2 Mg_1$, $N_3 P_3 K_3 Ca_2 Mg_2$

WIEDERHOLUNGEN: keine

PARZELLENGRÖSSEN: ca. 2.400 m²

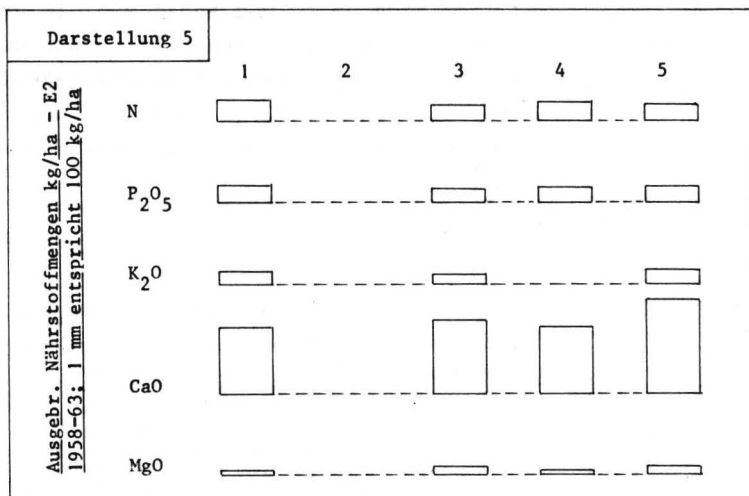
LITERATUR: keine (Aktenaufzeichnungen der Versuchsansteller)

Mit der Bezeichnung "modifizierter Phosphatformenversuch" soll auf die während der Jahre 1958 bis 1960 auf den Parzellen 1, 3, 4 und 5 ausgebrachten unterschiedlichen P-Dünger (Volldünger, Super-, Stickstoff- und Thomasphosphat) und somit auf die ursprüngliche Fragestellung hingewiesen werden. Diese ist jedoch durch wiederholte Düngungsmaßnahmen in späteren Jahren überlagert worden und kann heute nicht mehr als Maßstab für die Beurteilung des Versuchs herangezogen werden. Dazu wird auf die Tabelle 8 verwiesen.

Tabelle 8 Kulturdüngungsversuch -EMEN 2- zu K I E F F E R ; zeitlicher Ablauf und Ausmaß (dz/ha) der einzelnen Düngungsmaßnahmen					
Jahr	Parzelle 1	Parzelle 2	Parzelle 3	Parzelle 4	Parzelle 5
1958	(NPK) 4	-	PS 10, KMG 2 KAS 2	-	PT 10, KMG 2 KAS 2
1959	(NPK) 4	-	KMG 2, KAS 3	(NP) 6	KMG 2, KAS 3
1960	(NPK) 4	-	KMG 2, KAS 3	(NP) 5	KMG 2, KAS 3
1961	KAS 2	-	KAS 2	KAS 2	KAS 2
1962	-	-	-	-	-
1963	HK 25, KAS 4 (NPK) 6	-	HK 25, KAS 4	HK 25, KAS 4	(NPK) 6, HK 25
Ins- ges.: 1958bis 1963	(NPK) 12(18) KAS 6 HK 25	-	KAS 14 PS 10 KMG 6 HK 25	KAS 6 (NP) 11 HK 25	(NPK) 6 KAS 10 PT 10 KMG 6
Ins- ges.: Rein- nähr- stoffe kg/ha	N 294 (378) P ₂ O ₅ 223 (307) K ₂ O 168 (252) CaO 1236 MgO 75	-	N 294 P ₂ O ₅ 225 K ₂ O 168 CaO 1384* MgO 135	N 346 P ₂ O ₅ 275 K ₂ O - CaO 1236 MgO 75	N 294 P ₂ O ₅ 234 (289) K ₂ O 252 CaO 639 (1764) MgO 135
* + 500 kg CaSO ₄					

Aus der Addition der je Düngungsvarianten insgesamt zugeführten Nährstoffe ist ein hinsichtlich der ausgebrachten P₂O₅-Mengen kontinuierlicher, wenn auch geringfügiger Anstieg in der Reihenfolge der Parzellen 2, 3, 4, 5 und 1 erkennbar. Diese Reihenfolge gilt aber nicht für die Nährstoffe N, K, Ca und Mg, was eine auf die P-Zufuhr bezogene Interpretation der Versuchsergebnisse

zweifelhaft macht. Zur Verdeutlichung der Verhältnisse erschien es sinnvoll, die auf den einzelnen Parzellen ausgebrachten Nährstoffmengen anhand einer Grafik sichtbar zu machen (Darstellung 5).



Bei den Nährstoffen N, P und K liegen die Unterschiede zwischen den einzelnen Düngungsvarianten im Bereich von 20 bis 50 %. Die Parzelle 1 weist die höchsten Mengen auf, mit geringfügigen Abweichungen gefolgt von den Parzellen 4, 5 und 3. Demgegenüber dominieren hinsichtlich der Ca- und Mg-Zufuhr die Parzellen 3 und 5, gefolgt von den Parzellen 1 und 4.

Im Vorgriff auf die Interpretation der Versuchsergebnisse wird festgestellt, daß eine von der Dosierung der ausgebrachten Nährstoffe abhängige und für alle Nährstoffe gültige Rangordnung der Parzellen nicht besteht.

4.21.12 Frühere Versuchsergebnisse

Über die Entwicklung des Versuches bis 1969 liegen Aktennotizen der Versuchsansteller sowie die Ergebnisse einer im Oktober 1964 durchgeführten Höhenmessung vor. Damals hatten die Kiefern auf der ungedüngten Parzelle 2 nach 7jähriger Versuchsdauer eine durchschnittliche Höhe von 111 cm erreicht.

Die entsprechenden Werte auf der (NP)-Variante (4) betrugen demgegenüber bereits 124 cm, auf der Volldünger-Variante (1) 131 cm und auf der PS-Variante (3) 149 cm. Dies entspricht einer Mehrleistung gegenüber ungedüngt zwischen 12 (NP) und 34 % (PS), wobei eine Zuwachssteigerung von der ungedüngten Kontrollfläche (2) über die (NP)-(4) zur Volldünger- (1) und PS-Variante (3) feststellbar war.

Die Überlegenheit der PS-Variante ist in den Versuchsunterlagen bis zum Jahre 1969 belegt. Demgegenüber fiel die Wachstumsleistung der Kiefern auf der NULL- und der (NP)-Variante am deutlichsten ab. In diesem Zusammenhang sei daraufhingewiesen, daß, mit Ausnahme der Parzelle 5 (PT), auf der Parzelle 3 (PS) die weitaus reichhaltigste Zufuhr von Kalk (Hüttenkalk und Anteile an CaSO_4 im Superphosphat) und Magnesium (Kalimagnesia und MgO -Anteile im Hüttenkalk) erfolgt ist.

Beurteilt man den Versuch als Phosphat-Formenversuch, so kommt man zu dem vorläufigen Ergebnis, daß die Versuchsentwicklung über die ersten 12 Jahre nach Kulturbegründung durch eine sichtbare Überlegenheit der mit Superphosphat gedüngten Variante -in Kombination mit KAS und HK- gekennzeichnet war.

4.21.13 Ergebnisse der Versuchsaufnahme 1971

Die Aufnahmearbeiten im Jahre 1971 haben sich auf die Entnahme von Boden- und Nadelproben sowie auf Messungen der ertragskundlichen Größen Stammzahl, Brusthöhendurchmesser und Höhe (Gesamthöhe und jährlicher Höhenzuwachs) beschränkt.

4.21.131 Ergebnisse der Bodenanalysen

Die Methodik der Bodenprobennahme im Emsland wurde für alle Versuche einheitlich durchgeführt. Sie ist in Abschnitt 3.21 beschrieben worden. Die Ergebnisse der Bodenanalysen für den Versuch EMEN 2 sind in der Tabelle 9 zusammengefaßt.

Zum besseren Verständnis der Tabelle, deren Aufbau nahezu allen folgenden Zusammenstellungen von Versuchsergebnissen zugrunde liegt, seien einige Bemerkungen vorausgeschickt.

Das der Darstellung der D ü n g u n g s v a r i a n t e n (Elementsymbole einschließlich Indexzahl) zugrunde liegende Schema ist in Abschnitt 3.5 erläutert worden. Die diesem vereinfachten Verfahren zwangsläufig anhaftenden Mängel einer effektiv möglichen Streuung innerhalb einer Mengenkategorie von max. 99 (N, P, K, Mg) bzw. 999 kg/ha (Ca) wurden im Interesse der besseren Übersichtlichkeit und Vergleichbarkeit bewußt in Kauf genommen und erfordern bei der Interpretation der Versuchsergebnisse eine stete Orientierung anhand der Reinnährstofftabelle des Einzelversuchs.

Bei der Darstellung der bodenkundlichen Ergebnisse konnten die Entnahmestiefen für die Emsländer Versuche dem Entnahmeverfahren entsprechend einheitlich angegeben werden. Für die demgegenüber horizontweise dem Profil entnommenen Bodenproben der Gartower Versuche wurden jeweils innerhalb eines Versuchs die maximale Ausdehnung der Einzelhorizonte nach oben und unten über alle Düngungsvarianten hinweg ermittelt und als maximaler Entnahmebereich der Probenahme angegeben. Dabei kommt es verständlicherweise zu Überschneidungen der einzelnen Entnahmestiefen.

Als eine der statistischen Kenngrößen wurde die mittels F-Test errechnete Signifikanz der Unterschiede innerhalb der Faktoren Düngung, Entnahmestiefen sowie hinsichtlich der Interaktion (I.A.) Düngung x Entnahmestiefe (E 2) durch Sternchen angegeben. Das Signifikanz-Niveau liegt bei $P = 5\%$ (*), 1% (**) und $0,1\%$ (***). Darüberhinaus sind, ebenfalls für die o.a. Faktoren, die Standardabweichung s und der Variationskoeffizient $v\%$ mitangeführt.

Auf die Ergebnisse des bei den ertragkundlichen Daten zusätzlich durchgeführten DUNCAN-Tests wird an entsprechender Stelle eingegangen werden. Zur Wiedergabe der Analysenergebnisse sei bemerkt, daß dort, wo eine statistische Absicherung gefundener Unterschiede, beispielsweise zwischen den einzelnen Düngungsvarianten, nicht möglich war, der besseren Übersicht halber nur der Mittelwert angegeben worden ist.

Tabelle 9 Kulturdüngungsversuch -EMEN 2- zu KIEFER; bodenkundliche Daten; Probenahme August 1971;														
	Tiefen cm	$N_4P_4K_3$ Ca_2Mg_1		NULL		$N_3P_3K_2$ Ca_2Mg_2		$N_4P_3Ca_2$ Mg_1		$N_3P_3K_3$ Ca_2Mg_2		F - Test		v%
		P.1	P.2	P.3	P.4	P.5	Düngg.	Tiefen	I.A.	Düngg.	Tiefen	I.A.	Düngg.	Tiefen
pH($CaCl_2$)	Auf1. 0-20 20-40			3.91 3.68 4.07			n.s.	*	n.s.	0.156	0.162	0.135	4.0	4.2
C(%Tr.S.)	Auf1. 0-20 20-40	15.02 1.89	21.76 2.05	21.58 2.09	24.05 1.50	21.06 1.20	n.s.	***	n.s.	0.883	13.354	1.473	7.9	119.0
N(%Tr.S.)	Auf1. 0-20 20-40			0.69 0.04 0.01			n.s.	***	n.s.	0.023	0.383	0.045	9.4	154.9
C/N	Auf1. 0-20			30.12 45.40			n.s.	**	n.s.		10.397	2.174		27.5
Pt(mg/100g)	Auf1. 0-20 20-40	40.70 7.45 4.65	39.28 6.07 4.41	35.22 7.69 5.00	52.56 8.04 6.22	56.43 6.57 5.29	*	***	*	2.826	22.246	4.394	14.9	116.9

Aus der Tabelle geht hervor, daß, mit Ausnahme des P-Gehaltes, 8 Jahre nach Abschluß der letzten Düngungsmaßnahme (KAS, HK) in EMEN 2 ein gesicherter Düngungseffekt nicht nachgewiesen werden kann, wobei ein solcher Effekt bei dem vorliegenden Düngungsschema eindeutig nur durch eine Gegenüberstellung der Ergebnisse von gedüngt und ungedüngt (Parz. 2) hätte nachgewiesen werden können. So ist auch für P nur eine offensichtliche Überlegenheit der Parzellen 4 und 5 gegenüber den übrigen Parzellen feststellbar, ein Ergebnis, welches weder von der P_2O_5 -Zufuhr noch vom Zeitpunkt der entsprechenden Düngungsmaßnahmen her befriedigend erklärt werden kann.

Zu den in der Tabelle nur als Mittelwerte angegebenen pH-Werten sei angeführt, daß der über alle Entnahmetiefen gemittelte geringste pH-Wert auf der NULL-Variante (pH 3,57); der höchste Wert auf der mit der höchsten CaO-Menge (1764 kg/ha) ausgestatteten Parzelle 5 (pH 4,11) festgestellt wurde. Eine statistische Absicherung dieses Ergebnisses war allerdings nicht möglich. Die Kalkwirkung ist also nach 8 Jahren bereits weitgehend abgeklungen.

Das weite C/N-Verhältnis in der Auflageschicht (30.1:1) deutet auf eine stark gehemmte Streuzersetzung hin.

Die N-Versorgung muß, trotz einer teils mit Volldünger (Parz. 1 und 5), teils mit Kalkammonsalpeter (alle Parzellen) und Stickstoffphosphat (Parz. 4) erfolgten Gesamtzufuhr von 294 bis 378 kg N/ha, als mangelhaft bezeichnet werden.

Zusammenfassend wird festgestellt, daß der Standort heute, trotz einer wenn auch 8 Jahre zurückliegenden, so doch erheblichen Düngung mit nahezu allen Hauptnährstoffen, eine stark gehemmte Streuzersetzung und eine dementsprechend mangelhafte N-Versorgung aufweist. Ein Düngungseffekt konnte nicht nachgewiesen werden.

4.21.132 Ergebnisse der Nadelanalysen

Die Methodik der Probenahme sowie der einzelnen Analysenverfahren wurde in Abschnitt 3.33 beschrieben. Die relativ geringe Anzahl von Probestämmen je Düngungsvariante (10) verlangt insbesondere für die Gehalte an K, Ca und Mg eine vorsichtige Interpretation der Ergebnisse, wenn auch durch ihre statistische Verrechnung gesicherte Unterschiede zwischen den einzelnen Düngungsvarianten nachgewiesen werden konnten. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 10 zusammengefaßt.

Tabelle 10 Kulturdüngungsversuch -EMEN 2- zu KIEFER; nadelanalytische Daten; Probenahme Herbst 1971										
	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₂ Mg ₁	NULL	N ₂ P ₂ K ₂ Ca ₂ Mg ₂	N ₄ P ₃ Ca ₂ Mg ₁	N ₂ P ₃ K ₃ Ca ₂ Mg ₂					
	P. 1	P. 2	P. 3	P. 4	P. 5	F-Test Düngg.	s		%	
Asche (%Tr.S.)	2.915	2.650	3.130	3.255	3.105	*	0.249	0.123	7.3	4.1
N %			1.520			n.s.	-	0.041	-	2.7
P %	0.163	0.133	0.166	0.161	0.170	**	0.014	0.005	9.1	3.2
Si %			0.241			n.s.	0.024	0.031	10.0	8.9
K %			0.579			n.s.	0.028	0.020	4.9	3.4
Ca %	0.311	0.157	0.269	0.317	0.272	**	0.064	0.008	24.1	3.1
Mg %	0.109	0.086	0.109	0.119	0.112	***	0.012	0.003	11.5	2.5

Im Gegensatz zu dem wenig befriedigenden Ergebnis aus der Verrechnung der bodenkundlichen Daten konnte anhand der Spiegelwerte in den Kiefernadeln ein statistisch mehr oder minder gut gesicherter Düngungseffekt abgeleitet werden, besonders deutlich für den Aschegehalt sowie für die Elemente P, Ca und Mg. Für alle analysierten Elemente liegen die Werte der ungedüngten Parzelle 2 unter denen der übrigen Düngungsvarianten, und zwar zum Teil erheblich.

Einzig die N- und Si-Gehalte zeigen keine eindeutige Tendenz. Nach WEHRMANN kann der N-Gehalt als noch ausreichend angesprochen werden. Da die Kenntnisse über die physiologische Funktion des Silicums, insbesondere in forstlichen Kulturpflanzen, noch lückenhaft sind und zudem keine diesbezüglichen Grenzwerte bekannt sind, soll im folgenden der Si-Gehalt nicht näher interpretiert werden.

Tabelle 11

Kulturdüngungsversuch -EMEN 2- zu K I E F E R ; ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme August 1971

	N ₄ P ₃ K ₃ Ca ₂ Me ₁	NULL	N ₃ P ₃ K ₂ Ca ₂ Me ₂	N ₄ P ₃ Ca ₂ Me ₁	N ₃ P ₃ K ₃ Ca ₂ Me ₂			
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P-Test	s	v%
N/ha	11143	10429	9496	8462	6143	**	1901,904	20,8
HM(m)	3,75	3,00	4,00	4,00	3,90	*	0,401	10,7
HO(m)	5,00	3,95	5,10	5,25	4,80	**	0,502	10,4
DM(cm)	3,45	2,70	3,95	4,05	4,10	n.s.	0,483	13,2
DO(gm)	9,00	6,85	7,90	9,35	8,00	n.s.	0,866	10,5
G(m ² /ha)	10,29	6,03	11,96	10,74	8,24	n.s.	1,279	13,5
V (VfmS/ha m.R.) s	(25,70)	(13,10)	(31,15)	(27,55)	(20,55)	n.s.	4,612	19,5
D U N C A N - T E S T								
N/ha	P ₁ 11143	P ₂ 10429	P ₃ 9496	P ₄ 8462	P ₅ 6143			
6143	***	***	**	n.s.	-			
8462	**	*	n.s.	-				
9496	*	n.s.	-					
10429	n.s.	-						
11143	-							
HM(m)	P ₄ 4,00	P ₃ 4,00	P ₅ 3,90	P ₁ 3,75	P ₂ 3,00			
3,00	**	**	**	n.s.	-			
3,75	n.s.	n.s.	n.s.	-				
3,90	n.s.	n.s.	-					
4,00	n.s.	-						
4,00	-							
HO(m)	P ₄ 5,25	P ₃ 5,10	P ₁ 5,00	P ₅ 4,80	P ₂ 3,95			
3,95	***	***	**	n.s.	-			
4,80	*	n.s.	n.s.	-				
5,00	n.s.	n.s.	-					
5,10	n.s.	-						
5,25	-							
DM(cm)	P ₅ 4,10	P ₄ 4,05	P ₃ 3,95	P ₁ 3,45	P ₂ 2,70			
2,70	*	*	n.s.	n.s.	-			
3,45	n.s.	n.s.	n.s.	-				
3,95	n.s.	n.s.	-					
4,05	n.s.	-						
4,10	-							
DO(cm)	P ₄ 9,35	P ₁ 9,00	P ₅ 8,00	P ₃ 7,90	P ₂ 6,85			
6,85	*	*	n.s.	n.s.	-			
7,90	n.s.	n.s.	n.s.	-				
8,00	n.s.	n.s.	-					
9,00	n.s.	-						
9,35	-							

Ausgehend von einem Grenzwert von 0,13 % P für ein ausreichendes Wachstum der Kiefer und unter Berücksichtigung des breiten Grenzbereichs zwischen P-Mangel und maximaler Versorgung von nahezu 0,1 % (WEHRMANN, siehe GUSSONE 1964), kann, unter Einbeziehung auch der ungedüngten Variante, für die Kiefer nicht von einem P-Mangel gesprochen werden, auch wenn die unterschiedlich starke P-Düngung einen deutlichen Anstieg der Spiegelwerte bewirkt hat.

Auch hinsichtlich der Nährstoffe K, Ca und Mg kann keine Unterversorgung festgestellt werden, auch auf der ungedüngten Parzelle 2 nicht. Der nur als Mittelwert angegebene Kaliumgehalt wies in der Übersicht der Werte aller Düngungsvarianten eine deutlich geringere Versorgung auf der Parz. 2 auf (0,53 %).

Die Nadelanalyse hat sich auf dem vorliegenden Standort somit als das geeignetere Mittel erwiesen, die Nährstoffversorgung der Kiefer, 8 Jahre nach Abschluß der Düngungsmaßnahmen, nachzuweisen.

4.21.133 Ergebnisse der ertragskundlichen Versuchsaufnahme

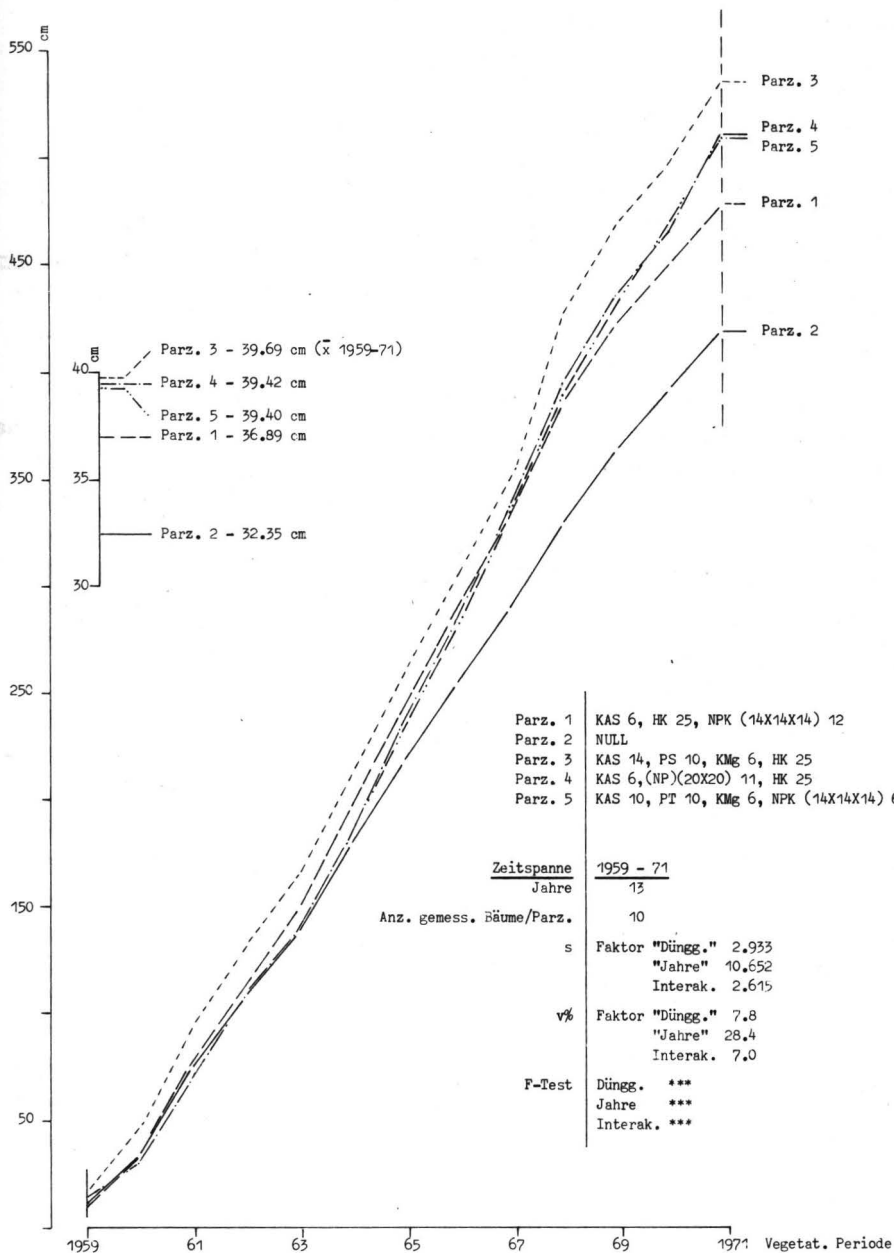
In Ergänzung zu den in Abschnitt 4.21.131 gemachten allgemeinen Bemerkungen zum Tabellenaufbau sei auf den in der Tabelle 11 zusätzlich aufgenommenen DUNCAN-Test hingewiesen, mit dessen Hilfe die Erstellung einer gesicherten Rangordnung für die als signifikant unterschiedlich erkannten Daten möglich wurde.

Der anhand der Nährstoffspiegelwerte in den Nadeln festgestellte Düngungseffekt in Richtung auf eine bessere Versorgung der gedüngten Varianten gegenüber der Parz. 2 wird durch die ertragskundlichen Ergebnisse sichtbar unterstrichen. Zu den in der Tabelle 11 benutzten Abkürzungen wird auf die Erläuterungen im Anschluß an das Inhaltsverzeichnis verwiesen.

Über alle ermittelten Größen hinweg, von der Stammzahl (N) über die Höhen- und Durchmesserwerte (HM, HO, DM, DO) bis zur Grundfläche (G) und dem Schaftholzvolumen (V_s), erweist sich die ungedüngte Parz. 2 den anderen Parzellen gegenüber als deutlich

Darstellung 6

Kulturdüngungsversuch -EMEN 2- zu K I E F E R ; Versuchsanlage 1957; Wachstumskurve und durchschnittliche jährliche Jahrestrieblängen für den Zeitraum von 1959 - 1971; _



unterlegen, wobei die nur von der Parz. 1 übertroffene höhere Stammzahlhaltung auf der Parz. 2 als Zeichen eines deutlichen Düngungseffektes gedeutet werden kann. Die Parz. 4 ist die Variante mit der besten Wuchsleistung, was auch von der Düngung her schlüssig nicht erklärt werden kann, obwohl es die gleiche Parzelle ist, auf der die höchsten Ca- und Mg-Gehalte in den Kiefernadeln festgestellt wurden. Nur die Parz. 1 übertrifft die Parz. 2 um 7 % in der Stammzahl, während die Parz. 5 nur noch 59 % der Stammzahl der NULL-Variante aufweist. Bei den Höhenwerten betragen die Mehrleistungen der gedüngten Varianten gegenüber Parz. 2 zwischen 12 und 33 %, während die Durchmesserwerte bis zu 52 % (DM der Parz. 5) höher liegen. Dieses Bild verstärkt sich noch bei der Grundfläche, die auf den Düngungsvarianten zwischen 37 und 71 % größer ist als auf der ungedüngten Vergleichsfläche. Die entsprechenden Relationen für das Schaftholzvolumen betragen gar 57 (Parz. 5) und 138 % (Parz. 3). Die Volumenergebnisse sind deshalb eingeklammert worden -im übrigen einheitlich für alle im folgenden beschriebenen Versuche- um auf den Näherungscharakter dieser Werte aufgrund der Verwendung von Formzahlen süddeutscher Herkunft bei ihrer Herleitung hinzuweisen (s. Abschnitt 3.32 !).

Zusätzlich zu den Höhenmessungen im Jahre 1971 wurden auch die Jahrestrieblängen bis zum Jahre 1959 zurück ermittelt. Das Ergebnis der Messungen ist als Wachstumskurve für den Zeitraum von 1959 bis 1971 wiedergegeben (Darstellung 6). Auffallend ist die im Vergleich zu den Ergebnissen der Höhenmessung noch deutlichere Überlegenheit der mit Superphosphat gedüngten Parzelle 3 und die von allen Varianten schwächste Leistung der Parzelle 2. Am Kurvenverlauf gut erkennbar ist die im Jahre 1963 auf allen Varianten letztmalig erfolgte Düngung mit Hüttenkalk (25 dz/ha, alle Parzellen), Kalkammonsalpeter (4 dz/ha, Parzellen 1, 3, und 4) und Volldünger (6dz/ha, Parzellen 1 und 5). Demgegenüber kann der deutliche Kurvenanstieg für das Jahr 1960 ebensogut eine indirekte Folge des Trockenjahres 1959 als auch der Düngung sein.

Aufgrund der Ergebnisse der ertragskundlichen Versuchsaufnahme kommt man abschließend zu dem Ergebnis, daß, ähnlich wie die Ergebnisse der Nadelanalysen, ein deutlicher, zuwachsfördernder Effekt der Düngung festgestellt werden kann. Dabei hat sich die bereits 1964 festgestellte Überlegenheit der mit Superphosphat gedüngten Parzelle 3, zumindestens bei den rechnerisch stammzahlabhängigen Größen Grundfläche und Volumen, bis heute fortgesetzt. Es sei hinzugefügt, daß die Mehrleistungen gerade auf der Parz. 3, im Vergleich mit den anderen drei gedüngten Parzellen und aufgrund der errechneten Gesamtzufuhr an Nährstoffen, nicht begründet werden kann.

4.21.14 Zusammenfassung der Ergebnisse von Versuch EMEN 2

Im Jahre 1957 wurde unweit Meppen im Emsland ein Kulturdüngungsversuch zu 1jährigen Kiefern-Sämlingen angelegt. Insgesamt wurden während des Zeitraums von 1958 bis 1963 fünf Varianten mit verschiedenen Phosphatdüngern, in Kombination mit Hüttenkalk, Kalkammonsalpeter und Kali-Magnesia abgedüngt. Im Jahre 1964 erfolgte eine erste Messung der Kiefern Höhen, eine umfassende Versuchsaufnahme im Jahre 1971 erstreckte sich auf die Entnahme von Boden- und Nadelproben sowie auf die Messung der ertragskundlichen Größen Stammzahl, Gesamthöhe und jährlicher Höhenzuwachs (Jahrestrieblängen) und der Brusthöhendurchmesserwerte.

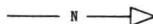
Bereits die Höhenmessungen 1964 ergaben eine Überlegenheit der mit Superphosphat gedüngten Variante von 34 % gegenüber ungedüngt. Dieser Trend hatte sich bis zum Jahre 1971 nur für die Grundfläche und die Stammzahl erhalten, eine Folge der auch zu diesem Zeitpunkt noch relativ hohen Stammzahl auf der Parz. 3. Bei den Höhen- und Durchmesserwerten hat sich demgegenüber die (NP)-Variante mit der insgesamt höchsten N-Zufuhr durchgesetzt. Die ertragskundlichen Ergebnisse werden durch den bodenanalytischen Befund kaum, durch die Ergebnisse der Nadelanalysen dagegen deutlich unterstrichen. Dabei kann für den vorliegenden Standort festgestellt werden, daß, nach den Ergebnissen der Bodenanalysen ausschließlich die Stickstoffversorgung unzureichend ist. Das Angebot an P, K, Ca und Mg ist ausreichend bis befriedigend und zeigt eine deutlich positive Reaktion auf die Düngung, verglichen mit der ungedüngten Variante.

4.21.2 Versuch ENG DEN-Schulte-Südhoff

Der zu den Baumarten Kiefer, Japan. Lärche und zur Mischung Fichte, Sitka-Fichte und Strobe angelegte Kulturdüngungsversuch liegt auf dem Privatbesitz des Bauern Schulte-Südhoff in ENG DEN, rund 10 km südöstlich von Nordhorn, und wurde im Jahre 1953 vom gleichnamigen Forstamt der LWK Weser-Ems angelegt.

4.21.21 Versuchsbegründung und -anlage

Parz.: 1,5,9	- 40 dz/ha Kalkmergel	12	11	10	9	15 kg/ha Weißklee
Parz.: 2,6,10	- 1 " Kalkammons.	Fichte	Fichte	Fichte	-----	15 kg/ha Sumpfschotenklee
	5 " Thomasmehl	Sitka-F.	Sitka-F.	Sitka-F.	-----	30 kg/ha Seradella
	1 " Kali 40 %	Strobe	Strobe	Strobe	-----	150 kg/ha Gelbe Lupine
	40 " Kalkmergel				-----	150 kg/ha Weiße Lupine
Parz.: 3,7,11	- 1 " Kalkammons.					
	5 " Thomasmehl					
	1 " Kali 40 %					
	40 " Kalkmergel					
	5 " Kupferschl.					
Parz.: 4,8,12	- 3 " Kalkammons.	8	7	6	5	
	10 " Thomasmehl	Japan.	Japan.	Japan.	Japan.	
	3 " Kali 40 %	Lärche	Lärche	Lärche	Lärche	
	40 " Kalkmergel					
	5 " Kupferschl.					
		4	3	2	1	
		Kiefer	Kiefer	Kiefer	Kiefer	



20 m

VERSUCH: ENG DEN (Schulte-Südhoff), Emsland

VERSUCHSTYP: Kombiniertes Gründungs- und Nährstoffsteigerungsversuch (N, P, K) zu mehreren Baumarten

LAGE: 10 km südöstlich von Nordhorn, Südrand der "Engdener Wüste"

VERSUCHSANSTELLER: FA. Nordhorn der LWK Weser-Ems (BARELMANN)

GEOLOGIE: Talsand

HÖHE ÜBER NN: ca. 15 m

BODENART UND -TYP: "feinkörniger, silikatarmen Talsand, Grundwasser-Gley-Podsol"

WASSERVERSORGUNG: Grundwasserstand 0,8 - 1,3 m u. GOP (FVZ)

JAHR DER VERSUCHSANLAGE: 1953 (1955)

KULTURVORBEREITUNG, BEGRÜNDUNGSART: Vollumbruch (50 cm), Pflanzung

BAUMARTEN (% DER GESAMTSTAMMZAHL): Kiefer 100 %, Japan.Lärche 100 %, Fichte-Sitkafichte-Strobe je 33 %

PFLANZGUT UND -VERBAND: Kiefer, 1j.v. Sämlinge, 1,3 x 0,4 m; Japan. Lärche, 2j.v. Sämlinge, 1,5 x 1,5 m; Fichte-²

VORBESTAND: Ödland, Heide, (Molinia caerulea)

Sitkafichte-Strobe, 1,5 x 1,5 m

DÜNGUNGSVARIANTEN: Ca₃, N₁P₁K₁Ca₃, N₁P₁K₁Ca₃Cu, N₁P₂K₂Ca₃Cu

WIEDERHOLUNGEN: keine²

PARZELLENGRÖSSEN: 1500 m²

LITERATUR: APZ 18, 1963; 42, S. 664

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse des aus der Lage-skizze ersichtlichen östlichen Versuchsdrittels zu Kiefer beschrieben. Die Angaben zum Gesamtversuch können der vorstehenden Zusammenstellung entnommen werden.

Die Versuchsanlage galt der Klärung vorwiegend zweier Fragenkomplexe für den Bereich des rund 3.000 ha großen Talsandauf-forstungsgebietes Engden-Elbergen (WANDT, BARELMANN, 1963).

Einerseits sollte die Tauglichkeit unterschiedlich gedüngter Gründüngungspflanzen (Leguminosen) als Voranbau für beabsichtigte Aufforstungsmaßnahmen geprüft werden. Darüberhinaus war beabsichtigt, auf den vorbereiteten Kulturdüngungsflächen die Baumarten Japan. Lärche, Fichte, Sitka-Fichte und Strobe auf ihre Verwendbarkeit als Ersatz für die hier bislang überwiegend angebaute Kiefer zu untersuchen. Letztere wurde als fünfte Baumart in den Versuch miteinbezogen.

Diese weitgesteckten Versuchsziele mußten allein vom Flächenbedarf her zwangsläufig die Dimensionen eines praxisnahen Versuches sprengen. Die Versuchsansteller entschlossen sich, den Versuch unter Verzicht auf unbehandelte Kontrollflächen und Wiederholungen der Versuchsvarianten als sog. Tastversuch in der vorliegenden Form anzulegen (s. Lageskizze!).

Die Bezeichnung des Versuchstyps sowie die Anteile der einzelnen Baumarten beziehen sich auf die drei Teilversuche. Jede der vier Parzellen einer Baumartenkombination ist durch die Gründüngungsvarianten in fünf flächengleiche Teile aufgegliedert (s. Lageskizze !).

Mit der auf den Vollumbruch des Sommers 1953 folgenden ganzflächigen Kalkungsmaßnahme (40 dz/ha Kalkmergel) war die Möglichkeit, unbehandelte Kontrollflächen auszuscheiden, bereits gegeben. Im Frühjahr des folgenden Jahres erfolgte die Einteilung und Verpfählung der einzelnen Versuchsparzellen. Insgesamt wurden 12 rechteckige Parzellen gemäß Lageskizze ausgeschieden. Zwischen den Parzellen wurden 3 bzw. 5 m breite holzleere Streifen belassen. Die Pfähle wurden mit Erdhügeln dauerhaft markiert.

Im Mai 1954 wurden die Gründüngungspflanzen zusammen mit den Handelsdüngern -mit Ausnahme des Kalkammonsalpeters, der erst Mitte Juni auf die frisch aufgelaufene Saat gegeben wurde- gemäß Lageskizze ausgebracht. Das Auswiegen und Ausbringen der Dünger erfolgte vom Besitzer mit hofeigenen Arbeitern unter Aufsicht des zuständigen Revierbeamten. Das Auspflanzen der verschiedenen Baumarten erfolgte im Frühjahr 1955. Nachbesserungen wurden sowohl im Herbst 1955 auf den mit Weißklee eingesäten Kiefernflächen (100 2j.v. Kiefern) wie auch bei den Lärchen (50 2j.v.) und Sitka-Fichten (50 3j.v.) notwendig. Im Frühjahr 1956 mußte nochmals mit 2.000 1j. Kiefernensämlingen, 75 2j.v.

Japan. Lärchen, 75 3j.v. Sitka-Fichten sowie je 50 3j.v Fichten und Stroben nachgebessert werden. Im Winter 1955/56 wurden vom Eigentümer Entwässerungsgräben angelegt.

Die je Düngungsvariante ausgebrachten Nährstoffmengen sind in der Tabelle 12 aufgeführt.

Tabelle 12									
Kulturdüngungsversuch ENGDN - (Schulte-Südhoff); Reinnährstofftabelle									
Düngungsvarianten	Düngg.	kg/ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Cu	Sa.: Reinnährstoffe kg/ha
Parz. 1, 5, 9	k.K.	4000				2016			CaO 2016
Parz. 2, 6, 10	k.K.	4000				2016			N 22
	PT	500		75		225			P ₂ O ₅ 75
	KCl	100			40				K ₂ O 40
	KAS	100	22			19			CaO 2260
Parz. 3, 7, 11	k.K.	4000				2016			N 22
	PT	500		75		225			P ₂ O ₅ 75
	KCl	100			40				K ₂ O 40
	KAS	100	22			19			CaO 2260
	Cu	500						2	Cu 2
Parz. 4, 8, 12	k.K.	4000				2016			N 66
	PT	1000		150		450			P ₂ O ₅ 150
	KCl	300			120				K ₂ O 120
	KAS	300	66			92			CaO 2558
	Cu	500						2	Cu 2

4.21.22 Ergebnisse früherer Aufnahmen

Die Beobachtung der Versuchsentwicklung während der ersten Jahre richtete sich vornehmlich auf das Wuchsverhalten der verschiedenen Gründungspflanzen. Die von 1956 bis 1961 an allen Baumarten durchgeführten ertragskundlichen Aufnahmen betrafen Triebblängen- und Höhenmessungen. Das insbesondere bei der Japan. Lärche festgestellte unterschiedliche Wuchsverhalten innerhalb der Parzellen ließ auf Grundwassereinfluß, bedingt durch kleinflächige Höhenunterschiede des Reliefs, schließen. Um diesen Faktor zu erfassen, wurde im Jahre 1959 die gesamte Versuchsfläche nach 10-cm-Höhenschichtlinien vermessen. Danach erfolgte eine neuerliche, nach Höhenschichtlinien getrennte Ermittlung der Triebblängen. Die Ergebnisse von Nadelanalysen aus den Jahren 1961 und 1962 werden im Abschn. 4.21.32 besprochen.

Die Entwicklung der Leguminosen ist für die ersten beiden Jahre nach der Versuchsanlage in Aktennotizen belegt. Bevor diese für den gesamten Versuch an dieser Stelle zusammenfassend wiedergegeben werden, soll kurz auf die spezifischen Standortsansprüche der fünf geprüften Gründungspflanzen eingegangen werden.

(BECKER-DILLINGEN, 1939; HANDBUCH DER PFLANZENERNÄHRUNG UND DÜNGUNG, Band II, 1968; GRUNDLAGEN DER FORSTWIRTSCHAFT, 1959; JOHN, 1972).

Der W e i ß k l e e oder auch Kriechklee (*Trifolium repens*) kann sowohl für leichte als auch für schwere Böden, die jedoch möglichst nicht zu trocken, verarmt oder staunässegefährdet sein sollten, empfohlen werden. Er gilt als wenig dürre- und kälteempfindlich. Aussaat Anfang April mit 10 kg/ha.

Der S u m p f s c h o t e n k l e e oder auch Hornklee (*Lotus uliginosus*) ist die einzige ausdauernde kleeartige Futterpflanze feuchter bis nasser Lagen.

Die S e r a d e l l a (*Ornithopus sativus*) stammt aus den südwestlichen Mittelmeerländern (Portugal) und bevorzugt ebenfalls leicht sandige und nicht zu trockene Böden. Als Aussaatmenge werden 15 bis 40 kg/ha, nicht vor Ende April, empfohlen.

Von den beiden ausgesäten Lupinenarten ist die G e l b e L u p i n e (*Lupinus luteus*) an leichte, sandige Böden gebunden. Sie hat sich als forstliche Gründungsanlage bisher am besten bewährt und bevorzugt Standorte mehr saurer Reaktion. Dementsprechend empfindlich reagiert die Gelbe Lupine auf Überkalkung.

Die forstlich weniger bedeutsame und vornehmlich als Gartenpflanze anzutreffende W e i ß e L u p i n e (*Lupinus albus*) stellt demgegenüber an die Standortsbeschaffenheit geringere Ansprüche, wenn auch ihr Anbau insbesondere für Lehmböden empfohlen wurde. Beide Lupinenarten sind im Hinblick auf Dürregefährdung und Feuchtebedarf während der Keimlingsphase anspruchsloser als beispielsweise die Seradella. Aussaatmenge beider Lupinenarten 160 bis 400 kg/ha.

Die am 1. Juni 1954 in einem Arbeitsgang mit der Ausbringung der Handeldünger ausgesäten Leguminosen liefen bereits 14 Tage später auf. Drei Wochen danach wurde auf den Parzellen 2 (6, 10) 5 (7, 11) und 4 (8, 12) Stickstoff als Kalkammonsalpeter in Dosierungen von 1 bzw. 3 dz/ha ausgestreut. Die Bonitierung der Gründungsarten im Herbst 1954 ergab folgende Ergebnisse:

Auf den nur mit Kalkmergel gedüngten Parzellen 1, 5 und 9 hatten sich die Gründungsarten mit Ausnahme der Gelben Lupine nur schwach entwickelt, dagegen war ihr Wuchs auf den vollgedüngten Varianten deutlich besser. Die stärkste Volldünger-Variante einschließlich Kupferschlacke hob sich dabei durch eine dichter und dunkler gefärbte Blattmasse von den beiden anderen Volldüngervarianten ab. Während die Weiße Lupine auf allen Parzellen auch weiterhin einen unbefriedigenden Eindruck hinterließ, entwickelten sich die Gelbe Lupine und die Seradella gut. Die ebenfalls befriedigende Entwicklung der Kleearten erstreckte sich auch auf vernähte Stellen.

Im Sommer 1956 hatte sich auf den einzelnen Parzellen eine art-spezifische *F o l g e v e g e t a t i o n* eingestellt. Auf die Kleearten waren durchweg Gräser gefolgt, während sich auf den seinerzeit mit Seradella und Lupinen bewachsenen Parzellen vorzugsweise Kräuter eingefunden hatten, wobei das Waldweiden-röschen (*Epilobium angustifolium*) die ehemals mit Gelber Lupine bestandenen Parzellenteile zu bevorzugen schien.

Faßt man die geschilderten Beobachtungen zusammen, so lassen sich für die Beantwortung des ersten Fragenkomplexes hinsichtlich der Eignung verschiedener Leguminosenarten auf dem vorliegenden Standort, bei gleichzeitiger mineralischer Düngung, folgende Feststellungen treffen:

Die ausschließlich gutachtlich ermittelten und nicht durch Messungen gewonnenen Ergebnisse haben die Verwendbarkeit der mit den bisher in der Forstwirtschaft üblichen Saatmengen geprüften Leguminosenarten im großen und ganzen bestätigt. Darüberhinaus hat das Wachstum der Gründüngungspflanzen eine deutlich positive Reaktion auf die mineralische Düngung, soweit sie über die einfache Kalkung hinausgegangen ist, gezeigt. Eine Steigerung der Nährstoffzufuhr von 22 kg/ha N, 75 kg/ha P_2O_5 und 40 kg/ha K_2O auf den Parzellen 2 und 3 auf entsprechende 86, 150 und 120 kg/ha auf der Parzelle 4 hat zusätzlich eine deutliche Wuchsbelebung bewirkt. Ein Zuwachseffekt der Kupferschlacke konnte nicht festgestellt werden.

Von den fünf geprüften Leguminosenarten hat sich die Weiße Lupine von vornherein als ungeeignet erwiesen. Eine Beurteilung der übrigen vier Arten, deren Entwicklung nahezu gleich war, wird allein durch das verhältnismäßig teure Saatgut von Gelber Lupine und Sumpfschotenklee zugunsten von Seradella und Weißklee entschieden. Diese beiden Gründüngungspflanzen haben auf dem vorliegenden Standort die in sie gestellten Erwartungen in biologisch-waldbaulicher und betriebswirtschaftlicher Hinsicht befriedigend erfüllt.

Die Versuchsansteller berichten, daß die Gründüngungspflanzen bereits 2 Jahre nach der Aussaat größtenteils vergangen waren. Aus diesem Grunde liegen auch keine Beobachtungen über mögliche, auf die Gründüngung zurückgehende Wuchsreaktionen der Baumarten innerhalb der Parzellen vor.

Messungen des Jahres-Höhenzuwachses (Jahrestrieblänge) sind jährlich von 1956 bis 1961 durchgeführt worden. Sie wurden 1959, und zwar auf ausgeschiedenen Höhenschichtlinien, und 1963 wiederholt. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 13 und 14 sowie in der Darstellung 7 zusammengefaßt. Über die Anzahl der Einzelmessungen je Versuchseinheit liegen nur Angaben aus dem Jahre 1959 vor. Der Probenumfang (n) je Parzelle betrug in jenem Jahr für die einzelnen Baumarten:

Kiefer	395 - 655	(501)	Bäume
Japan. Lärche	235 - 381	(381)	Bäume
Fichte	132 - 134	(134)	Bäume
Sitka-Fichte	12 - 46	(22)	Bäume
Strobe	65 - 88	(81)	Bäume

Die Messungen auf den Höhenschichtlinien erstreckten sich auf

360 Bäume je Block (4 Parzellen) für die Kiefer
 250 Bäume je Block (4 Parzellen) für die Japan.Lärche und
 140 Bäume je Block (4 Parzellen) für die Fichte.

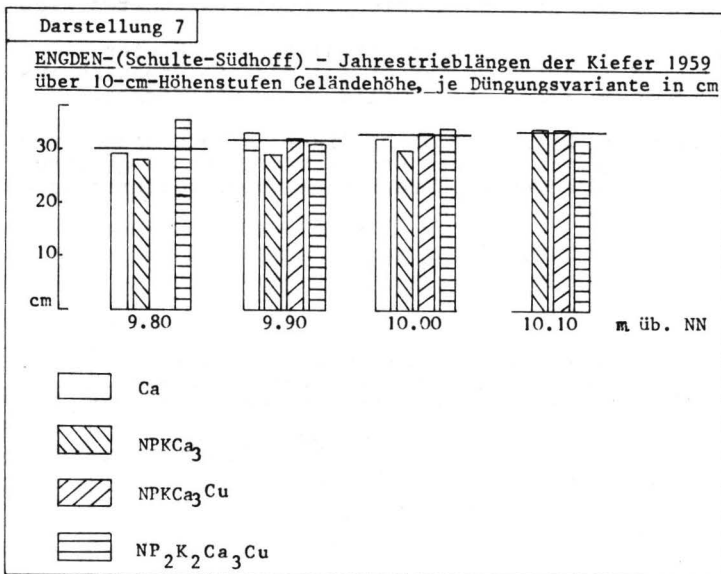
Die Sitka-Fichte konnte wegen häufiger Verletzungen ihrer Leittriebe als Folge von starken Frostschäden nur in geringen Stückzahlen erfaßt werden. Die Strobe wurde vollständig aufgenommen.

Tabelle 13 Kulturdüngungsversuch ENGDEN-(Schulte-Südhoff); jährlicher Höhen- zuwachs der KIEFER in cm für die Jahre 1956-61 (aus Versuchsakten)				
	Ca ₃	NPKCa ₃	NPKCa ₃ Cu	NP ₂ K ₂ Ca ₃ Cu
1956	12.6	19.2	-	20.4
1957	15.0	22.0	23.0	19.0
1958	22.3	29.5	31.6	24.1
1959	30.9	32.2	32.9	30.7
1960	30.6	43.2	39.1	44.0
1961	40.6	49.5	50.6	53.7
1956-61	25.3 100%	32.6 129%	35.4 140%	32.0 126%

Ein Blick auf die Tabelle 13 zeigt, daß die Kiefer erst vom Jahre 1960 an auf die verstärkte NPKCa-Düngung reagiert hat. Die Wirkung der Volldüngung, verglichen mit der nur gekalkten Variante, ist offensichtlich und weist in den letzten Jahren einen zunehmenden Trend auf. Ein schwacher Düngungseffekt der Kupferschlacke scheint, mit Ausnahme des Jahres 1960, vorzuliegen.

Eine statistische Verrechnung der den Versuchsakten entnommenen Meßwerte ist nicht erfolgt. Die teilweise nur andeutungsweise erkennbaren Tendenzen sollten deshalb mit dem nötigen Vorbehalt interpretiert werden.

Mit dem 1959 erstellten N i v e l l e m e n t nach 10-cm-Höhenstufen sollten die Ursachen der insbesondere bei der Japan. Lärche bald nach Versuchsanlage festgestellten kleinflächig wechselnden Wuchsunterschiede geklärt werden. In dem folgenden Blockdiagramm ist für die Kiefer auf den Düngungsvarianten NPKCa₃ und NPKCa₃Cu eine schwache Abhängigkeit des Höhenwuchses von der zunehmenden Geländehöhe erkennbar. Eine statistische Absicherung dieses bei der Japan. Lärche übrigens weitaus deutlicheren Trends (4.41.2) ist nicht erfolgt.



Als Ursache dieser für alle Baumarten des Versuchs mehr oder minder deutlich ausgeprägten Beziehung zwischen Höhenwuchsverhalten und Geländehöhe vermuteten die Versuchsansteller Unebenheiten des Reliefs und eine davon abhängige unterschiedliche Entfernung zum Grundwasser. Diese Vermutung unterstellt jedoch als einzig mögliche Erklärung für die Wuchsdepression auf geringerer Geländehöhe einen auf diesem Standort nicht relevanten Staunässeeffekt, von dem insbesondere die Japan. Lärche betroffen sein müßte (4.41.2). Sie erscheint auch deshalb wenig wahrscheinlich, weil die diesbezüglichen Messungen im Trockenjahr 1959 durchgeführt wurden, in dem besonders die Japan. Lärche auf allen Düngungsvarianten mit einer deutlichen Depression im Höhenwuchs reagiert hat.

Für die Herleitung des Düngungserfolges ist diese Frage jedoch von geringer Bedeutung, da die Wirkung der Düngung diesen Standortseffekt deutlich überdeckt. Dazu wird auf die Tabellen 13 und 14 verwiesen.

Die aus den Einzelwerten der vier Düngungsvarianten gemittelten Durchschnittswerte ($\bar{x}$) je Höhengeschichtlinie belegen nochmals die in der Darstellung 7 erkennbare Tendenz. Aus den beiden letzten vertikalen Spalten ($\bar{x}$, %) ist der für die Kiefer nur sehr geringe Zuwachseffekt der Düngung ersichtlich. Dazu sei auf die in der Tabelle 13 dargestellte spät (1960) einsetzende Reaktion dieser Baumart auf die stärkere Volldüngungsvariante hingewiesen.

Tabelle 14											
Mittlerer Jahres-Höhenzuwachs der Kiefer für 1959 (Jahrestrieblänge) über 10 cm - Höhengichtlinien (aus Versuchsaften)											
Höhengichtlinien in m ü. NN:											
	9.50	9.60	9.70	9.80	9.90	10.0	10.1	10.2	10.3	$\bar{x}$	%
Ca ₃				28.8	32.8	32.1				31.2	100
N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃				27.8	29.2	30.4	34.0			30.4	97
N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃ Cu				32.1	33.0	33.7				32.9	105
N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃ Cu				35.0	31.4	33.9	31.9			33.1	106
N ₁ 2 ₂ K ₂ Ca ₃ Cu				30.5	31.4	32.4	33.2				

Aus den bisher für die Kiefer geschilderten Ergebnissen kommt man hinsichtlich der Beantwortung des zweiten Teils der Versuchsfragestellung zu den folgenden Schlußfolgerungen:

Beobachtungen über mögliche Auswirkungen der fünf Leguminosenarten auf das Wachstum der Kiefer in den ersten Jahren nach Versuchsanlage liegen nicht vor. Demgegenüber hat die Kiefer vom ersten Jahr der Versuchsanlage an deutlich positiv auf die zusätzlich zur Kalkung verabreichte Volldüngung reagiert. Die hinsichtlich der Nährstoffe N, P und K erfolgte Steigerung der Volldüngung um annähernd das Doppelte führte erst von 1960 an, also 6 Jahre nach erfolgter Düngung, zu einer deutlichen Mehrleistung. Auf die bestehenden Geländeunterschiede hat die Kiefer, besonders auf den Parzellen 2 und 3, durch gesteigertes Höhenwachstum mit zunehmender Geländehöhe reagiert.

4.21.23 Ergebnisse der Versuchsaufnahme 1971

4.21.231 Ergebnisse der Bodenanalysen

Die Ergebnisse der Bodenanalysen für den Gesamtversuch wurden in der Tabelle 15 zusammengefaßt. Sie werden deshalb auch im folgenden Abschnitt für die drei Baumarten gemeinsam besprochen.

Tabelle 15

Kulturdüngungsversuch -ENGDEN (Schulte - Südhoff)- zu Kiefer, Japan. Lärche und einem Mischbestand aus Fichte, Sitka-Fichte und Strobe; bodenkundliche Daten
Probenahme August 1971

Tiefen cm		K I E F E R				J A P A N . L Ä R C H E				M I S C H B E S T A N D				F - Test Baumart Düngg.			s Baumart Düngg.		v% Baumart Düngg.	
		Ca ₃	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃ Cu ₁	N ₁ P ₁ K ₂ Ca ₃ Cu ₂	Ca ₃	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃ Cu ₁	N ₁ P ₁ K ₂ Ca ₃ Cu ₂	Ca ₃	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃ Cu ₁	N ₁ P ₁ K ₂ Ca ₃ Cu ₂							
		P.1	P.2	P.3	P.4	P.5	P.6	P.7	P.8	P.9	P.10	P.11	P.12							
pH(CaCl ₂)*	Aufl. 0-20 20-40 40-60	3.66 3.17 3.33 3.43 3.52 2.96 3.00 3.22 3.25				3.13 3.48				3.19				*** n.s. n.s. n.s.	n.s. * * n.s.	0.289 0.141 0.071 0.037	0.050 0.129 0.129 0.037	8.7 2.3 2.3 1.1	1.5 4.2 4.2 1.1	
C(%Tr.S.)	Aufl. 0-20	24.65				36.62 3.50				34.77				*** n.s.	n.s. n.s.	6.256 0.224	0.632 0.224	19.5 6.4	2.0 6.4	
N(%Tr.S.)	Aufl. 0-20 20-40 40-60	0.79				1.18 0.10 0.18 0.05				0.86				*** n.s. n.s. n.s. n.s.	n.s. n.s. n.s. n.s. n.s.	0.197 0.006 0.031 0.039 0.009	0.043 0.022 0.039 0.039 0.010	20.9 5.8 17.4 21.9 16.6	4.6 21.8 21.9 19.5	
C/N	Aufl. 0-20	31.28				31.83 37.44				40.76				** n.s.	n.s. n.s.	4.994 2.154	0.753 3.683	14.4 5.8	2.2 9.8	
Pt(mg/100g)	Aufl. 0-20 20-40 40-60	47.40				61.33 9.30 10.51 6.47				44.53				** n.s. n.s. n.s. n.s.	n.s. n.s. n.s. n.s. n.s.	7.842 0.855 0.281 0.281 0.078	6.472 1.193 1.248 1.248 0.944	15.4 9.2 2.7 2.7 1.2	12.7 12.8 11.9 11.9 14.6	
C/P	Aufl.	533.71				670.39				788.19				** n.s.	n.s.	122.854 31.386	19.0 4.9			

* Die unter "Kiefer" stehenden pH-Werte für die Tiefen 0 - 20 und 20 - 40 cm sind Mittelwerte für die vier Düngungsvarianten über alle Baumarten (s. F-Test !)

Die in vier Bodentiefen (Auflageschicht und drei Mineralbodentiefen) ermittelte Bodenreaktion zeigt die Tendenz einer gesicherten pH-Wert-Anhebung mit steigender Düngung. In der Auflageschicht konnte, besonders bei der Kiefer und der Japan. Lärche, der umgekehrte Effekt beobachtet werden. Dieses kann mit der durch die Düngung bewirkten stark vermehrten Substanzproduktion (s. Ergebnisse der ertragskundlichen Messungen, Abschn. 4.21.233 !) bei gleichzeitig relativ lange zurückliegender Ca-Düngung und der dadurch bewirkten Verzögerung in der Mineralisation der Streu erklärt werden. Die -ebenfalls in der Auflageschicht- beträchtlich höheren pH-Werte in der Kiefernstreu, verglichen mit denjenigen von Japan.Lärche und Mischbestand, deuten auf die mikrobiologisch erheblich ungünstigeren Verhältnisse nicht nur in der Lärchenstreu, sondern offenbar auch in derjenigen aus einer Mischung von Fichte, Sitka-Fichte und Strobe (einschließlich der zusätzlich eingeflogenen Kiefer) hin.

Dieses Ergebnis wird noch unterstrichen durch die allgemein hohen, auf den Lärchen- und Mischbestandspartzellen zusätzlich erhöhten Gehalte an organischer Substanz. Der Humusgehalt (% C x 1.72) in der Mineralbodentiefe 0 - 20 cm kann, mit durchschnittlich 6.02 %, als mäßig bis stark humos angesprochen werden.

Die N-Versorgung kann nach dem bisher Gesagten nur unzureichend sein, was auch aus den Tabellenwerten, vornehmlich für die Auflageschicht, deutlich hervorgeht. Die durchschnittlich höheren N-Gehalte in der Auflageschicht auf den Lärchenparzellen, im übrigen gegenüber den entsprechenden Werten auf den Kiefern- und auf den Mischbestandspartzellen statistisch hoch abgesichert, bewirken nun, trotz des hohen Humusgehaltes auf diesen Parzellen, ein C/N-Verhältnis ähnlich dem auf den Kiefernparzellen, während die Mischbestandspartzellen sogar einen deutlich ungünstigeren Wert aufweisen. Insgesamt deuten die C/N-Verhältnisswerte bei allen drei Baumartenkombinationen auf eine mangelhafte N-Versorgung hin.

Ebenso unzureichend ist die P-Versorgung, und zwar abnehmend von den Kiefern- über die Lärchen- bis zu den Mischbestandspartzellen.

Aufgrund der Ergebnisse der Bodenanalyse kann die standörtliche Situation dahingehend gekennzeichnet werden, daß die nunmehr 17 Jahre zurückliegende Kalkmergel-Düngung eine gesicherte Verbesserung der extrem sauren Bodenreaktion bewirkt hat, unterdessen jedoch nicht mehr ausreicht, die als Folge der übrigen Düngung stark angeregte Substanzproduktion wieder in den Nährstoffkreislauf zurückzuführen. Die Folge ist ein deutlicher Mangel an pflanzenverfügbarem N und P, wobei die Verhältnisse wider Erwarten auf den Lärchenparzellen weniger angespannt zu sein scheinen als auf den benachbarten Kiefern- und Mischbestandsparzellen.

4.21.232 Ergebnisse der Nadelanalysen

In Abschnitt 4.21.22 wurde bereits darauf hingewiesen, daß Nadelanalysenergebnisse schon aus den Jahren 1961 und 1962 vorliegen. Da der Umfang des damals analysierten Materials nicht bekannt ist, werden die Ergebnisse tabellarisch nicht gesondert aufgeführt. Sie gehen jedoch in die Besprechung der Ergebnisse von 1971 mit ein (Tabelle 16).

Tabelle 16													
Kulturdüngungsversuch -ENG DEN (Schulte-Südhoff)- zu Kiefer, Japan.Lärche und einem Mischbestand aus Fichte, Sitka-Fichte und Strobe; nadelanalytische Daten; Probenahme Herbst 1971; hier: K I E F E R Parzelle 1 - 4 und Mischbestandsparzellen 9 -12, (Anflugkiefern)													
Asche(%Tr.S.)	Ca ₃		N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃		N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃ Cu		N ₁ P ₂ K ₂ Ca ₃ Cu		F-Test		s	v%	
	P ₁ P ₉		P ₂ P ₁₀		P ₃ P ₁₁		P ₄ P ₁₂		Bstd.	Düngg.	I.A.	"Fehler"	"Fehler"
N %	2.838								n.s.	n.s.	n.s.	0.185	6.5
P %	1.948	1.714	1.679	1.708	n.s.	**	n.s.	0.078	4.5				
K %	0.134	0.147	0.169	0.174	n.s.	*	n.s.	0.015	9.3				
Ca %		0.614			n.s.	n.s.	n.s.	0.050	8.1				
Mg %	0.350(Reinbest.)	0.296(Mischbest.)			*	n.s.	n.s.	0.037	11.4				
	0.078				n.s.	n.s.	n.s.	0.007	8.5				

Zum Aschegehalt sei ergänzend hinzugefügt, daß die Düngung bei der Kiefer, sowohl auf den Reinbestands- wie auf den Mischbestandsparzellen, eine wenn auch nicht gesicherte, so doch deutliche Erhöhung der Substanzproduktion bewirkt hat. Die den vier Düngungsvarianten entsprechenden mittleren Aschegehalte über beide Mischungsformen betragen 2.67 - 2.82 - 2.92 - 2.95 % der Trockensubstanz.

Die N-Gehalte in den Kiefernadeln deuten, im Gegensatz zum einwandfrei festgestellten N-Mangel im Mineralboden, auf eine zumindest ausreichende Versorgung mit diesem Nährstoff hin. Die hochgesicherte Überlegenheit der Ca-Variante gegenüber den drei übrigen Düngungsvarianten ist, da sie einheitlich auf den beiden Ca-Parzellen auftritt, mit Probenahme- oder Analysenfehlern nicht erklärbar. Auffallend ist jedoch, daß die gleiche Tendenz auch nach den Analysen der Jahre 1961 und 1962 auftrat. Demgegenüber ist ein kontinuierliches Absinken der N-Gehalte von 1961 über 1962 bis zu den Aufnahmearbeiten im Jahr 1971 festzustellen (Mittelwerte 1961 : 1.94 %, 1962 : 1.88 %, 1971 : 1.76 %; Mittelwerte 1961 /62 nur aus Kiefernreinbeständen, Parz. 1 - 4 !)

Bei der P-Versorgung wurde demgegenüber ein positiver Düngungseffekt festgestellt, der, zumindest hinsichtlich eines deutlich besseren Angebots auf den drei Volldüngervarianten gegenüber der Ca-Variante, auch schon 1961 und 1962 beobachtet werden konnte. Die P-Versorgung auf der Ca-Variante liegt seit 1961/62 im Grenzbereich zwischen Mangel und einem ausreichenden Angebot. Auf den drei Volldüngervarianten kann sie als voll ausreichend angesehen werden.

Das Kalium ist mit durchschnittlich 0.61 % der Tr.S. in ausreichendem Maße vorhanden. Die den Düngungsvarianten entsprechenden K-Gehalte -0.60, 0.61, 0.61, 0.64- deuten auf einen, wenn auch aufgrund von Einzelstreuungen der Analysenwerte nicht gesicherten, positiven Düngungseffekt hin.

Gesicherte Unterschiede bei den Ca-Gehalten wurden nur zwischen den beiden Mischungsformen festgestellt. Die Ca-Versorgung kann, in Anbetracht des sehr weiten Grenzbereichs dieses Nährstoffs besonders bei der Kiefer, auf diesem Standort als gut bis ausreichend

Tabelle 17

Kulturdüngungsversuch -ENGDEN (Schulte-Südhoff)- zu Kiefer, Japan.Lärche, Fichte, Sitka-Fichte, Strobe; ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme Aug. 1971; hier: K I E F E R

	Ca ₃	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃ Cu	N ₁ P ₁ K ₂ Ca ₃ Cu			
	P. ₁	P. ₂	P. ₃	P. ₄	F-Test	s	v%
N/ha	7866	5953	5800	4170	***	1474.054	24.8
HO(m)	7.56	8.62	8.68	8.54	***	0.505	6.1
DM(cm)	5.57	6.44	6.73	7.16	***	0.656	10.1
DO(cm)	11.36	13.12	12.98	14.36	**	1.160	9.0
G(m ² /ha)	19.07	19.11	20.60	16.91	n.s.	1.233	6.5
V _s (VfmS/ha m.R.)	(65.86)	(72.18)	(79.76)	(63.34)	*	6.342	9.0
D U N C A N - T E S T							
N/ha	P. ₁ 7866	P. ₂ 5953	P. ₃ 5800	P. ₄ 4170			
4170	***	***	**	-			
5800	***	n.s.	-				
5953	***	-					
7866	-						
HO(m)	P. ₃ 8.68	P. ₂ 8.62	P. ₄ 8.54	P. ₁ 7.56			
7.56	***	***	***	-			
8.54	n.s.	n.s.	-				
8.62	n.s.	-					
8.68	-						
DM(cm)	P. ₄ 7.16	P. ₃ 6.73	P. ₂ 6.44	P. ₁ 5.57			
5.57	***	***	***	-			
6.44	**	n.s.	-				
6.73	n.s.	-					
7.16	-						
DO(cm)	P. ₄ 14.36	P. ₂ 13.12	P. ₃ 12.98	P. ₁ 11.36			
11.36	***	*	*	-			
12.98	**	n.s.	-				
13.12	n.s.	-					
14.36	-						
V _s (VfmS/ha m.R.)	P. ₃ (79.76)	P. ₂ (72.18)	P. ₁ (65.86)	P. ₄ (63.34)			
(63.34)	**	n.s.	n.s.	-			
(65.86)	*	n.s.	-				
(72.18)	n.s.	-					
(79.76)	-						

bezeichnet werden. Auch hier ist, ähnlich wie beim Stickstoff, ein Absinken der Werte im Laufe der Jahre (1961 : 0.45 %, 1962 : 0.45 %, 1971 : 0.32 % d. Tr.S.) festzustellen.

Dieses Nachlassen der Nährstoffversorgung kann auch bei den Mg-Gehalten beobachtet werden. Die absoluten Höchstwerte wurden 1961, 10 Jahre nach erfolgter Düngung, mit durchschnittlich 0.12% festgestellt. Sie fielen bis 1962 auf 0.08 % und liegen heute (1971) geringfügig tiefer bei 0.078 % d. Tr.S. Ein Düngungseffekt konnte in keinem Jahr beobachtet werden. Die Mg-Versorgung dürfte auch heute noch ausreichend sein.

Zusammenfassend wird festgestellt, daß für die Kiefer alle untersuchten Nährstoffe (N, P, K, Ca und Mg) in offenbar ausreichender Menge zur Verfügung stehen, und zwar auf allen vier Düngungsvarianten. Eine sichtbare Verbesserung der Ernährungslage in Abhängigkeit von der Düngung wurde bei den Nährstoffen P und K beobachtet. Die N-Versorgung zeigt eine Tendenz zur Verschlechterung.

4.21.233 Ergebnisse der ertragskundlichen Aufnahme 1971

Die ertragskundlichen Größen wurden unter Zuhilfenahme der elektronischen Datenverarbeitung (EDV) berechnet (Abschn. 3.22). Bei der Volumenberechnung (Schaftholzvolumen) mußte auf Formzahlfunktionen für Kiefer süddeutscher Herkünfte zurückgegriffen werden. Aus diesem Grunde sind die Schaftholzvolumenwerte im Hinblick auf ihren annähernden Charakter in Klammern gesetzt worden. Die Ergebnisse einschließlich einiger statistischer Angaben sind in der Tabelle 17 zusammengestellt.

Hinsichtlich der Stammzahlhaltung (N/ha) hat die Kiefer auf die gestaffelten Düngergaben deutlich sichtbar mit einer Stammzahlverminderung reagiert. Inwieweit eine unterschiedlich starke Beeinträchtigung ihres Wachstums in den ersten Jahren durch die Leguminosen vorgelegen haben mag, kann nur vermutet werden (JOHN, 1973), da darüber keine Aufzeichnungen vorliegen. Auf der am stärksten gedüngten Parzelle 4 beträgt die Stammzahl nurmehr 53% derjenigen auf der Parzelle 1.

Sowohl die Oberhöhe (HO) als auch die Brusthöhendurchmesserwerte (DM, DO) zeigen eine statistisch hoch abgesicherte positive Re-

aktion auf die Düngung, zumindestens bei dem Vergleich der Ca- mit den Volldünger-Varianten.

Weniger befriedigend und aufgrund starker Streuungen innerhalb der Parzellen, deren Fünftel in die statistische Verrechnung eingingen, auch gegeneinander nicht abzusichern waren die Ergebnisse der Grundflächenberechnung. Es muß angenommen werden, daß die extrem starke Reduktion der Stammzahl auf der Parzelle 4 Ursache der hier ebenfalls auffallend geringen Grundfläche ist. Ein Düngungseffekt zwischen den übrigen drei Varianten liegt nicht vor.

Demgegenüber scheint ein solcher Düngungseffekt, wenn auch nur schwach, beim Schaftholzvolumen vorzuliegen, wobei auch hier die Parzelle 4 deutlich abfällt. Eine statistische Absicherung der Unterschiede zwischen den einzelnen Tabellenwerten wurde mit Hilfe des DUNCAN-Tests durchgeführt.

Im Zuge seiner ertragskundlichen Bearbeitung des Kulturdüngungsversuches ENGDEN (Schulte-Südhoff) kam JOHN (1973) für die Kiefer zu dem Ergebnis, daß "aus ökonomischen Überlegungen heraus zweifellos das Feld II (Einfachdüngung ohne Kupferschlacke)" bei der Beurteilung des Düngungserfolges das beste Ergebnis geliefert habe. Zur Erläuterung werden heute nicht mehr rekonstruierbare Nebeneffekte im Zusammenhang mit den im Kulturstadium ausgebrachten Leguminosen auf der Parzelle 4, die geringe und nicht abzusichernde Wirkung der Kupferschlacke sowie die Unterlassung einer statistischen Verrechnung der damaligen Ergebnisse angeführt. Eine daraufhin durchgeführte, nochmalige Verrechnung der Daten hat den insbesondere bei den Kriterien H₀, DM, G und V bestehenden geringen Vorsprung der Parzelle 3 gegenüber der Parzelle 2 nicht abzusichern vermocht. Es bleibt somit einer Kosten- und Rentabilitätsberechnung vorbehalten, die geringfügige Mehrleistung auf der Parzelle 3 gegen die aus der Ausbringung von 5 dz/ha Kupferschlacke entstandenen Aufwendungen aufzurechnen, um eine endgültige Bewertung des Düngungserfolges zu ermöglichen.

Über das Wuchsverhalten der auf den vier Mischbestandsparzellen 9 bis 12 bis zu Anteilen an der Gesamtstammzahl zwischen 20 und

30 % eingeflogenen Kiefer wird im Abschnitt 4.32.1 berichtet. Ein direkter Düngungseffekt konnte nicht nachgewiesen werden. Auffallend war der Leistungsabfall auf der am stärksten gedüngten Parzelle 12, welcher auf den starken Konkurrenzdruck von Seiten der vitaleren Strobe zurückgeführt werden kann.

Abschließend seien die Ergebnisse einer von JOHN (1973) parzellenweise durchgeführten prozentualen Aufgliederung der Stammzahlen auf die drei soziologischen Klassen der IUFRO-Klassifikation (s. Abschn. 3.22 !) nachgetragen.

Übereinstimmend konnte für die drei Merkmale Bestandeshöhe, Vitalität und Entwicklungstendenz eine an die Intensivierung der Düngung gebundene Zunahme des relativen Anteils der Bäume an der jeweiligen Klasse 1 (Oberschicht, kräftig entwickelt bzw. gesellschaftlich aufsteigend) festgestellt werden. Weniger deutlich, wenn auch erkennbar, war die dementsprechende Abnahme der relativen Zugehörigkeit der Bäume zu den Klassen 2 und 3. Eine Absicherung dieser Ergebnisse mittels statistischer Verfahren ist nicht erfolgt.

4.21.24 Zusammenfassung der Versuchsergebnisse zu ENG DEN (Schulte-Südhoff), Teilversuch zu Kiefer

Die ursprünglich doppelte Fragestellung dieses Kulturdüngungsversuches ist hinsichtlich ihres ersten Teils -Beurteilung verschiedener Gründungspflanzen als Voranbau bei unterschiedlicher mineralischer Düngung- in Abschnitt 4.21.22 zugunsten von Seradella und Weißklee, bei gleichzeitiger Volldüngung, beantwortet worden. Auf dieses Ergebnis wird deshalb an dieser Stelle nicht näher eingegangen.

Ein weiteres Versuchsziel war die Prüfung des Wachstumsverhaltens mehrerer Baumarten. u.a. auch der Kiefer, nach unterschiedlich starker mineralischer Düngung. Die im Zuge mehrerer Versuchsaufnahmen erzielten Ergebnisse für die Kiefer auf den Reinbestandsparzellen 1 bis 4 werden im folgenden zusammengefaßt wiedergegeben.

Messungen des jährlichen Höhenzuwachses der Kiefern in den Jahren 1956 bis 1961 ergaben bereits vom ersten Jahr an eine deutliche

Mehrleistung der "voll-gedüngten" Varianten gegenüber der Kalkmergelparzelle. Erst nach 6jähriger Laufzeit konnte eine positive Zuwachsreaktion auch auf die verstärkte Volldüngergabe (Parz. 4) beobachtet werden. Eine Düngerwirkung der auf den Parzellen 3 und 4 mit 5 dz/ha ausgebrachten Kupferschlacke lag zu diesem Zeitpunkt noch nicht vor.

Im Jahre 1971 wurde der Versuch nochmals vollständig durch die Entnahme von Boden- und Nadelproben sowie einer Erhebung der wichtigsten ertragskundlichen Größen aufgenommen. Während die Ergebnisse der Bodenanalysen eine gesicherte Anhebung der pH-Werte im Mineralboden als Folge der Kalkungsmaßnahmen ergaben, wurde zugleich eine durch die zusätzliche Volldüngung bewirkte Anhäufung von nur schwer zersetzbarer Streu beobachtet, in deren Gefolge heute ein Mangel an N und P beobachtet werden kann. Demgegenüber ergaben die Nadelanalysen auf allen Düngungsvarianten eine ausreichende Versorgung mit den Nährstoffen N, P, K, Ca und Mg. Dieses Ergebnis dürfte auf die nachgewiesene Fähigkeit der Kiefer hinweisen, in Mangelsituationen mit ihren Wurzeln auch tiefere und nährstoffreichere Bodenschichten für sich erschließen zu können.

Ergänzende ertragskundliche Messungen ergaben allgemein eine gesicherte Mehrleistung der Kiefer in Anhängigkeit von den einzelnen Düngungssteigerungen.

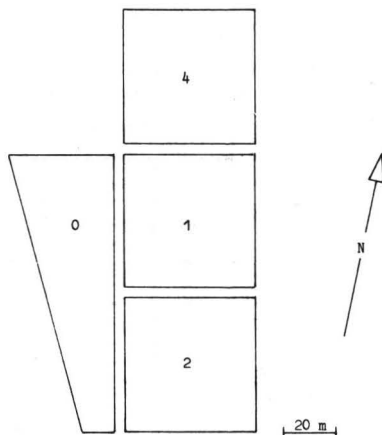
4.21.3 Versuch HÜNTEL 3 (Emsland)

Der 1954 schwerpunktmäßig als Vergleich von Voll- und Phosphatdüngern angelegte Tastversuch liegt westlich unweit der Bundesstraße B 70, ca. 10 km nördlich von Meppen im Emsland.

4.21.31 Versuchsbegründung und -anlage

Die wichtigsten Angaben zur Versuchsanlage sind der Lage-skizze sowie der folgenden Zusammenstellung zu entnehmen.

<u>Parzelle 1:</u>	4 dz/ha Kalkammonsalpeter
25 "	Hüttenkalk
12 "	Volldünger 14 X 14 X 14
6 "	Volldünger 15 X 15 X 15
<u>Parzelle 2:</u>	4 " Kalkammonsalpeter
25 "	Hüttenkalk
20 "	Volldünger 14 X 14 X 14
6 "	Volldünger 15 X 15 X 15
<u>Parzelle 4:</u>	9 " Kalkammonsalpeter
13 "	Stickstoff-Phosphat 20 X 20
4 "	Nord-Phosphat (25 %)
<u>Parzelle 0:</u>	NULL - Variante



VERSUCH: HÜNTEL 3 (Emsland)

VERSUCHSTYP: Kulturdüngungsversuch zu Voll- und Phosphatdüngern

LAGE: Nähe Hüntel, 10 km nördlich von Meppen (Emsland)

VERSUCHSANSTELLER: FA. Meppen und Forstabteilung der LWK Weser-Ems (WANDT)

GEOLOGIE: ausgewehte Niederung, "Unterer Sand", im Oberboden Geschiebe der Grundmoräne saaleeiszeitl. Ursprungs

HÖHE ÜBER NN: ca. 15 m

BODENART UND -TYP: Feinsand, nach unten schluffig, Podsol-Ranker

WASSERVERSORGUNG: kein Grundwassereinfluß

JAHR DER VERSUCHSANLAGE: 1954

KULTURVORBEREITUNG, BEGRÜNDUNGSART: Waldpflugstreifen, Pflanzung

BAUMARTEN (% DER GESAMTSTAMMZAHL): Kiefer 100 %

PFLANZGUT UND -VERGAND: 1j. Kiefern sämlinge, 1,2 x 0,35 m

VORBESTAND: Anflugkiefern auf Ödland; Heide, Schafschwingel, Silbergras

DÜNGUNGSVARIANTEN: NULL; $N_4 P_3 K_5 Ca_2 Mg_1$; $N_5 P_4 K_4 Ca_2 Mg_1$; $N_5 P_4 Ca_1$

WIEDERHOLUNGEN: keine

PARZELLENGRÖßEN: 2500 m²

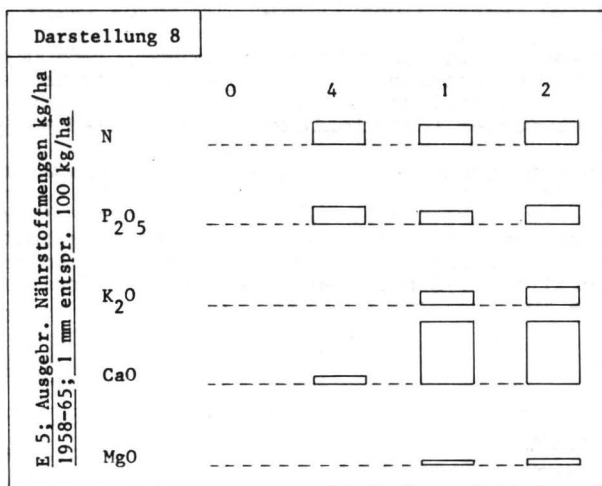
LITERATUR: Landwirtschaftsblatt Weser-Ems, Nr. 1, Januar 1961; APZ 18, 1963, Nr. 42, S. 668

Die Düngungsvarianten des aufgrund mehrerer Düngungsmaßnahmen innerhalb eines Zeitraums von 8 Jahren (1958 bis 1965) nur schwer einzuordnenden Versuchstypus sind aus der nebenseitigen Lagskizze zu entnehmen. Die von 1958 bis 1960 durchgeführte Düngung der Parzellen 1 und 2 mit unterschiedlichen Gaben eines NPK-Volldüngers und die 1959 und 1960 vergleichsweise Düngung der Parzelle 4 mit Stickstoff-Phosphat sollte die erkannte Nährstoffarmut, insbesondere an N, durch eine möglichst ausgewogene und rationelle Düngerausbringung (Volldünger) beheben. Zur Beseitigung des weiterhin bestehenden N-Mangels (Bodenanalysen) wurde 1961 auf den Düngungsvarianten 1, 2 und 4 Kalkammonsalpeter ausgebracht. Weitere Nachdüngungen erfolgten 1963 auf den Parzellen 1 und 2 mit Hüttenkalk und 1965 mit Volldünger. Im gleichen Jahr erhielt die Parzelle 4 zusätzlich eine kombinierte NP-Gabe in Form von Stickstoff-Phosphat und Kalkammonsalpeter. Eine Übersicht über die auf den einzelnen Parzellen insgesamt ausgebrachten Nährstoffmengen vermittelt die Tabelle 18.

Tabelle 18				
Kulturdüngungsversuch -HÜNTEL 3- zu K I E F E R ; zeitlicher Ablauf und Ausmaß (dz/ha) der einzelnen Düngungsmaßnahmen (aus Versuchsakten)				
Jahr	Parzelle 0	Parzelle 1	Parzelle 2	Parzelle 4
1958	-	(NPK-14X14X14) 4	(NPK-14X14X14) 8	-
1959	-	(NPK-14X14X14) 4	(NPK-14X14X14) 6	(NP) 20X20 6,5
1960	-	(NPK-14X14X14) 4	(NPK-14X14X14) 6	(NP) 20X20 6,5
1961	-	KAS 4	KAS 4	KAS 4
1962	-	-	-	-
1963	-	HK 25	HK 25	-
1964	-	-	-	-
1965	-	(NPK-15X15X15) 6	(NPK-15X15X15) 6	P-Nord 25 % 4 KAS 4
Ins- ges.: 1958 bis 1965	-	(NPK-14X14X14) 12 (NPK-15X15X15) 6 KAS 4 HK 25	(NPK-14X14X14) 20 (NPK-15X15X15) 6 KAS 4 HK 25	(NP) 20X20 13 P-Nord 25 % 4 KAS 9
Ins- ges.: Rein- nähr- stoffe kg/ha	-	N 346 P ₂ O ₅ 258 K ₂ O 258 CaO 1199 MgO 87	N 458 P ₂ O ₅ 370 K ₂ O 370 CaO 1199 MgO 95	N 458 P ₂ O ₅ 360 K ₂ O - CaO 163 MgO -

Die als Tastversuch konzipierte Anlage weist 4 nicht wiederholte Behandlungsvarianten einschließlich einer unbehandelten Kontrollparzelle auf. Die Interpretation besonders der ertragskundlichen Versuchsergebnisse wird erleichtert, wenn sich die einzelnen Versuchsglieder hinsichtlich der ausgebrachten Nähr-

stoffe deutlich unterscheiden. Dies ist bei Versuchen der vorliegenden Art, in denen durch immer neue Nachdüngungen die diesbezügliche Übersicht verlorengegangen ist, selten der Fall. Mit der folgenden Grafik wird der Versuch unternommen, diese Übersicht mit Hilfe einer quantitativen Darstellung der zugeführten Nährstoffe zu verdeutlichen (Darstellung 8). Eine Überprüfung der Mengenangaben ist anhand der Reinnährstofftabelle möglich.



4.21.32 Versuchsentwicklung und Ergebnisse bisheriger Aufnahmen bis zum Jahre 1965

Ergebnisse von boden- und nadelanalytischen Untersuchungen liegen aus den Jahren 1960, 1961 und 1962 vor. Über sie wird in den beiden folgenden Abschnitten berichtet. Zusätzlich liegen Ergebnisse ertragskundlicher Messungen aus den Jahren 1960, 1961, 1962 und 1964 sowie in Aktenkotizen niedergelegte Beobachtungen der Versuchsansteller zu einigen biotischen Schäden auf der Versuchsfläche während der Jahre 1959 bis 1965 vor.

WANDT beobachtete in den Jahren 1959 bis 1968 ein unterschiedlich starkes Auftreten der Kiefernscütte (*Lophodermium pinastri*) auf der Versuchsfläche. Während die 5j. Kiefern noch 1959 auf der ungedüngten Parzelle befallen waren, ergab sich 1962 ein nahezu umgekehrtes Schadensbild. Jetzt wiesen die gedüngten Parzellen, insbesondere die Parzelle 2, einen besonders starken Befall auf. WANDT erklärt diese Beobachtung mit dem Zeitpunkt und der Menge der ausgebrachten Düngemittel. Die auf den Parzellen 1 und 2 im Jahre 1958 durchgeführte Düngung mit 4 bzw. 8 dz/ha Volldünger hatte die Kiefern bereits derartig gekräftigt -deutlich sicht-

bare dunkelgrüne Verfärbung der Nadeln im August und September des gleichen Jahres sowie größere Nadellängen auf den gedüngten Parzellen- daß sie der Schütte eine größere Widerstandskraft entgegenzusetzen vermochten. Dem starken Befall im Jahre 1962 war auf den Düngungsvarianten 1, 2 und 4 eine Kalkammonsalpeterdüngung vorausgegangen. Nach LAATSCH (1963) und BAULE/FRICKER (1967) kann eine (zu) starke N-Zufuhr (mehr als 40 bis 50 kg N/ha) die Resistenz der Kiefer gegenüber der Schütte herabsetzen. Die 1961 bis 1965 mit der KAS-Düngung zugeführte N-Menge betrug rd. 90 (Parz. 1 und 2) bzw. 200 kg/ha (Parz. 4).

Zum Schütteebefall in den Jahren 1961, 1964, 1965 und 1968 liegen keinerlei differenzierte Beobachtungen vor, ebenso wenig wie zu einem geringen Befall der Versuchsfläche durch den Kiefernknospentriebwickler (*Rhyacionia buoliana*) im Jahre 1961.

Die ersten ertragskundlichen Aufnahmen im Versuch beschränkten sich auf Höhen- und Triebblängenmessungen in den Jahren 1959 bis 1964. Dabei wurden teilweise die "Oberhöhe" (Messung der jeweils höchsten Kiefer in 2 m - Abständen innerhalb der Reihe), teils die arithmetische Mittelhöhe aller lebenden Kiefern je Parzelle ermittelt. Einen Überblick über die Ergebnisse gibt die Tabelle 19.

Tabelle 19								
Kulturdüngungsversuch -HÜNTEL 3- zu KIEFER; Zusammenstellung der ertragskundlichen Messungen der Jahre 1959 - 64 (aus Versuchsakten)								
Jahr	Düngungsvarianten	Parz.	Oberhöhe			Jahrestrieblg.		
			cm	%	n	cm	%	n
1959	- 0 -	0	64	100	-	-	-	-
	(NP) 6,5	4	-	-	-	-	-	-
	(NPK) 4	1	62	97	-	-	-	-
	(NPK) 14	2	63	98	-	-	-	-
1960	- 0 -	0	78	100	827	14	100	827
	(NP) 13	4	-	-	-	-	-	-
	(NPK) 12	1	82	105	895	20	143	895
	(NPK) 20	2	88	113	890	25	178	890
1961	- 0 -	0	105	100	770	27	100	770
	(NP) 13, KAS 4	4	-	-	-	-	-	-
	(NPK) 12, KAS 4	1	126	106	903	42	156	903
	(NPK) 20, KAS 4	2	134	128	881	46	170	881
1962	- 0 -	0	122	100	-	-	-	-
	(NP) 13, KAS 4	4	-	-	-	-	-	-
	(NPK) 12, KAS 4	1	148	121	-	-	-	-
	(NPK) 20, KAS 4	2	162	132	-	-	-	-
1964	- 0 -	0	117	100	-	-	-	-
	(NP) 13, KAS 4	4	147	126	-	-	-	-
	(NPK) 12, KAS 4, HK 25	1	169	144	-	-	-	-
	(NPK) 20, KAS 4, HK 25	2	190	162	-	-	-	-

Die Oberhöhenmessungen lassen -mit Ausnahme derjenigen des Jahres 1959, in dem die 1958 erfolgte erste Volldüngung mit 4 bzw. 8 dz/ha auf den Parzellen 1 und 2 noch keinerlei Düngungseffekt bewirkt hatte- einen bis zum Jahre 1964 jährlich steigenden Mehrzuwachs im Vergleich zur ungedüngten Parzelle erkennen. Dabei liegt die stark gedüngte Parzelle 2 mit einer prozentuellen Mehrleistung gegenüber ungedüngt zwischen 13 (1960) und 62 % (1964) weitaus an der Spitze der 4 Düngungsvarianten.

Dieser positive Düngungseffekt wird anhand der 1960 und 1961 an einem großen Probenmaterial durchgeführten Jahrestrieblängenmessungen noch deutlicher.

Eine statistische Verrechnung der Meßergebnisse ist ausschließlich mit den Oberhöhenwerten der Messungen von 1964 erfolgt. In diesem Jahre waren die Werte der gedüngten Parzellen denen der NULL-Variante signifikant überlegen.

4.21.33 Ergebnisse der Versuchsaufnahme 1971

4.21.331 Ergebnisse der Bodenanalysen

Erste Bodenuntersuchungen in HÜNTEL 3 sind 1961 als Bausch- und Siebanalysen zur Bestimmung von Silikatgehalt und Korngrößenverteilung erfolgt. Darüberhinaus wurden die Gehalte an P, K und Ca sowie der pH-Wert auf der ungedüngten Kontroll- und einer der Volldünger-Parzellen ermittelt. Das Ergebnis der im einzelnen nicht aufgeführten Analysenwerte weist auf einen Boden mit mittlerem Silikatgehalt (8 - 9 %) nach der Einteilung von WITTICH hin, wobei der Anteil an im Orthoklas gebundenen Silikaten zwischen 60 und 64 % liegt und auf ein ausreichendes Angebot an P, Ca und K hinweist. Auffallend ist die gute Übereinstimmung der damaligen pH-Werte mit den Analysenergebnissen von 1971, und zwar auf der NULL-Variante für die Tiefe 0-40 cm, während demgegenüber auf den Volldünger-Varianten eine geringfügige Versauerung festzustellen ist. Die Ergebnisse der letzten Bodenanalyse sind in der Tabelle 20 zusammengefasst.

Ein signifikanter Düngungseffekt konnte nur für die Bodenreaktion sowie für den Gehalt an Gesamt-P, vornehmlich für die beiden obersten Entnahmetiefen, nachgewiesen werden. Ein wenn auch deutlich erkennbarer so doch nicht abgesicherter Trend in Richtung eines Düngungseffektes liegt jedoch auch beim C-Gehalt und dem C/N-Verhältnis vor.

Tabelle 20

Kulturdüngungsversuch -HÜNTEL- zu K I E F E R ; bodenkundliche Daten; Probenahme August 1971;

		NULL	N ₄ P ₃ K ₃ Ca ₂ Mg ₁	N ₅ P ₄ K ₄ Ca ₂ Mg ₁	N ₅ P ₄ Ca ₁	F-Test		s			v%			
Tiefen	cm	P.0	P.1	P.2	P.4	Düngg. Tiefen I.A.		Düngg. Tiefen I.A.			Düngg. Tiefen I.A.			
pH(CaCl)	Aufl.	3.28	4.38	4.35	3.36	***	n.s.	***	0.178	0.020	0.317	4.6	0.5	8.2
	0-20	3.68	3.76	3.60	3.65									
	20-40	3.95	3.93	4.01	4.05									
C(%Tr.S.)	Aufl.		37.19			n.s.	***	n.s.	1.008	25.575	1.597	5.3	133.9	8.4
	0-20		1.00											
N(%Tr.S.)	Aufl.		1.17			n.s.	***	n.s.	0.666			166.9		
	0-20		0.02											
	20-40		0.01											
C/N	Aufl.		32.95			n.s.	***	n.s.	1.240	8.260		3.2	21.2	
	0-20		44.86											
Pt(mg/100g)	Aufl.	67.15	140.00	133.50	98.50	**	***	**	10.672	58.617	17.659	25.9	142.2	42.9
	0-20	6.41	7.90	9.08	10.31									
	20-40	5.09	5.59	5.64	5.45									

Die 1963 auf den Parzellen 1 und 2 ausgebrachten 25 dz/ha Hüttenkalk (1125 kg/ha CaO) haben eine auch zum Zeitpunkt der Probenahme, 8 Jahre nach der Düngung, nachweisbare Verbesserung der Bodenreaktion in der Auflageschicht um nahezu eine pH-Stufe (0,91) bewirkt. In den Mineralbodenhorizonten sind die Verhältnisse nicht mehr so eindeutig.

Der als arithmetischer Mittelwert über alle Düngungsvarianten aufgeführte C-Gehalt deutet mit einem Humusanteil von 1,72 % in der obersten Mineralbodenschicht auf einen nur schwach bis mäßig humosen A_h-Horizont hin. Die Analysenwerte weisen jedoch eine der Düngung entsprechende Gruppierung der Werte auf. So liegen in der Auflageschicht die höheren C-Gehalte auf den Parzellen NULL und 4 (gehemmte Streuzersetzung), während die Verhältnisse in den beiden Mineralbodenhorizonten zwangsläufig umgekehrt liegen.

Anhand des N-Gehaltes kann, unter Berücksichtigung der uneinheitlichen Tendenzen auf den einzelnen Düngungsvarianten, nur ein erheblicher Bedarf nach diesem Nährstoff festgestellt werden.

Das für den gesamten Humus-Horizont errechnete C/N-Verhältnis von nahezu 30:1 ist ein Hinweis auf die vorliegende Humusform "Rohhumus" und unterstreicht das bisher Gesagte zu diesem Standort.

Besonders eindrucksvoll werden die Auswirkungen der P-Düngung durch die Gesamt-P-Gehalte wiedergegeben. Auffallend ist der bei einem Vergleich zwischen den P-Gehalten in der Auflageschicht und den beiden Mineralbodentiefen erkennbare Effekt einer Nivellierung der Werte auf den einzelnen Düngungsvarianten mit zunehmender Bodentiefe, eine Folge der geringen Beweglichkeit des Phosphors im Boden.

4.21.332 Ergebnisse der Nadelanalysen

Die ersten nadelanalytischen Untersuchungen in HÜNTEL 3 wurden von der Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt (LUFA) der Landwirtschaftskammer Weser-Ems in Oldenburg (i.O.) in den Jahren 1960 bis 1962 durchgeführt. Bestimmt wurden die Gehalte an N, P, K, Ca, Mg und Cu (1960) sowie das 1000-Nadelgewicht (1961/62).

Obwohl dem Verfasser weder Umfang noch Art des damals analysierten Materials (Kiefern-Nadeln) bekannt sind und eine statistische Verrechnung der Ergebnisse nicht erfolgt ist, sollen die Einzelwerte, im Hinblick auf die Vergleichsmöglichkeiten mit den Ergebnissen aus dem Jahre 1971, dennoch zusammenfassend wiedergegeben werden.

Der durchschnittliche N-Gehalt auf allen Düngungsvarianten einschließlich der NULL-Parzelle lag in den Jahren 1960 bis 1962, mit Ausnahme eines einzigen Wertes (Parz. 4, 1962, 1,36 %), über 1,7 % d.Tr.S. (1,71-1,94) und deutet damit auf eine zumindest ausreichende Versorgung mit diesem Nährstoff hin. Der zwischenzeitlich (1961) beobachtete erhebliche Anstieg der

Gehalte auf allen Düngungsvarianten auf durchschnittlich 2,11 % kann, da er auch auf der NULL-Parzelle festgestellt wurde, nicht mit der KAS-Düngung des Jahres 1961 (s. Tabelle 18!) erklärt werden.

Die P-Werte auf der NULL-Parzelle lagen während der drei Jahre bei 0,14 % (0,13 - 0,16), diejenigen auf den gedüngten Varianten bei 0,19 % (0,16 - 0,22), womit für den Standort allgemein ein P-Mangel nicht nachgewiesen werden konnte. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei den Nährstoffen K, Ca und Mg. Die Gehalte betrugen dementsprechend für K 0,61 % bzw. 0,68 %, für Ca 0,23 % bzw. 0,34 % und für Mg 0,09 % bzw. 0,08 % d.Tr.S.

Die Ergebnisse der 1971 durchgeführten Nadelanalysen sind in der Tabelle 21 zusammengefaßt.

Tabelle 21									
Kulturdüngungsversuch -HÜNTEL 3- zu K I E F E R ; nadelanalytische Daten; Probenahme Herbst 1971									
	NULL		N ₄ P ₃ K ₃ Ca ₂ Mg ₁	N ₅ P ₄ K ₄ Ca ₂ Mg ₁	N ₅ P ₄ Ca ₁	F-Test	s		v%
	P.0	P.1	P.2	P.4	Düngg.	Düngg. Proben.	Düngg. Proben.		
Asche(%Tr.S.)		2,924				n.s.	0,077	0,057	2,6 2,0
N %		1,453				n.s.	-	0,052	- 3,6
Pt %	0,173	0,175	0,179	0,144	*	0,015	0,006	9,1	3,6
K %		0,620				n.s.	0,016	0,012	2,6 1,9
Ca %	0,266	0,275	0,262	0,184	**	0,041	0,011	16,7	4,6
Mg %		0,098				n.s.	0,007	0,007	6,9 7,3

Ein Vergleich der Ernährungssituation zum Zeitpunkt der Probenahme im Jahre 1971 mit derjenigen in den Jahren 1960 bis 1962 läßt, trotz der wenn auch 6 bis 13 Jahre zurückliegenden, so doch erheblichen N-Düngung von 350 bzw. 450 kg N/ha einen Rückgang beim Stickstoffgehalt der Nadeln erkennen.

Tabelle 22

Kulturdüngungsversuch -HÜNTEL 3- zu K I E F E R ; ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme Aug. 1971;

	NULL	N ₅ P ₄ Ca ₁	N ₄ P ₃ K ₃ Ca ₂ Mg ₁	N ₅ P ₄ K ₄ Ca ₂ Mg ₁			
	P ₀	P ₄	P ₁	P ₂	F-Test	s	v%
N/ha	10083	8085	7049	5811	**	1764.963	22.8
HM(m)	3.30	3.85	4.35	4.75	***	0.626	15.4
HO(m)	4.35	5.10	5.45	6.10	**	0.716	13.6
DM(cm)	3.00	3.75	4.35	5.05	***	0.865	21.4
DO(gm)	7.20	8.70	9.35	10.15	n.s.	0.972	11.0
G(m ² /ha)	7.02	9.00	10.37	11.69	*	1.899	19.9
V _s (VfmS/ha m.R.)	(16.25)	(22.85)	(28.05)	(33.55)	**	7.166	28.5
D U N C A N - T E S T							
N/ha	P ₀ 10083	P ₄ 8085	P ₁ 7049	P ₂ 5811			
5811	**	*	n.s.	-			
7049	**	n.s.	-				
8085	*	-					
10083	-						
HM(m)	P ₂ 4.75	P ₁ 4.35	P ₄ 3.85	P ₀ 3.30			
3.30	***	***	**	-			
3.85	***	**	-				
4.35	**	-					
4.75	-						
HO(m)	P ₂ 6.10	P ₁ 5.45	P ₄ 5.10	P ₀ 4.35			
4.35	**	**	*	-			
5.10	**	n.s.	-				
5.45	*	-					
6.10	-						
DM(cm)	P ₂ 5.05	P ₁ 4.35	P ₄ 3.75	P ₀ 3.00			
3.00	***	**	**	-			
3.75	**	*	-				
4.35	*	-					
5.05	-						
G(m ² /ha)	P ₂ 11.69	P ₁ 10.37	P ₄ 9.00	P ₀ 7.02			
7.02	**	*	n.s.	-			
9.00	*	n.s.	-				
10.37	n.s.	-					
11.69	-						
V _s (VfmS/ha m.R.)	P ₂ (33.55)	P ₁ (28.05)	P ₄ (22.85)	P ₀ (16.25)			
(16.25)	**	*	n.s.	-			
(22.85)	*	n.s.	-				
(28.05)	n.s.	-					
(33.55)	-						

Bei der Betrachtung der Analysenergebnisse in der Tabelle 21 verwirrt die Tatsache, daß die P- und Ca-Gehalte nicht, wie zu erwarten, auf der NULL-Parzelle, sondern auf der von den verbleibenden drei Düngungsvarianten am schwächsten gedüngten Parzelle 4 die statistisch gesichert geringsten Werte aufweisen. Die Möglichkeit einer unrichtigen Probenbezeichnung kann nicht ausgeschlossen werden. Für diese Nährstoffe kann somit nur festgestellt werden, daß beide, auch auf der ungedüngten Variante, offenbar in ausreichender Menge zur Verfügung stehen.

Demgegenüber ist die N-Versorgung unzureichend, wobei die NULL-Variante mit 1,42 % geringfügig unter dem Durchschnittswert der übrigen drei Düngungsvarianten (1.47 %) liegt.

Die K- und Mg-Versorgung kann als gut bis sehr gut bezeichnet werden, wobei die Mg-Werte eine den Düngungsvarianten entsprechende Gruppierung aufweisen (NULL-Parzelle einschließlich Parzelle 4, Parzellen 1 und 2).

Vergleicht man die Ergebnisse der Boden- und Nadelanalysen hinsichtlich der beiden Nährstoffe N und P (die Bodengehalte an K, Ca und Mg wurden nicht bestimmt), so kann, im Gegensatz zu den Verhältnissen auf den bisher beschriebenen Versuchen E 2 und E 3, eine befriedigende Übereinstimmung festgestellt werden.

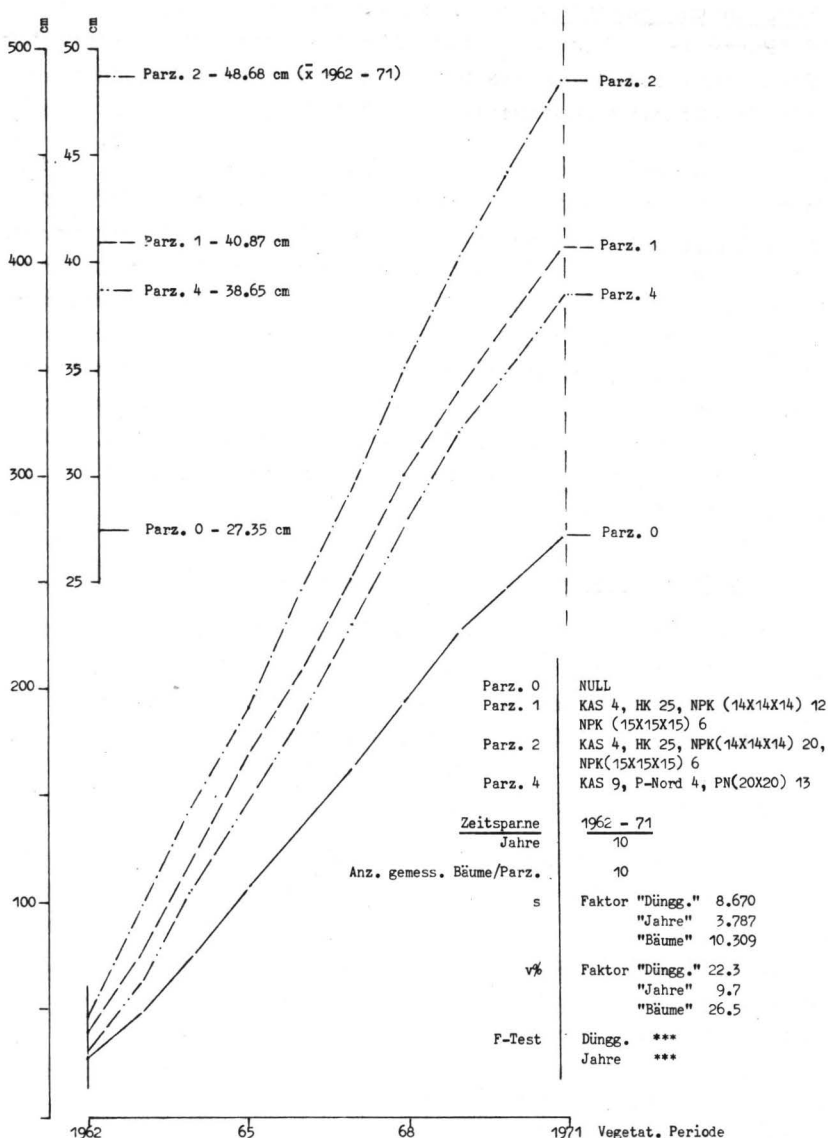
4.21.333 Ergebnisse der ertragskundlichen Versuchsaufnahme 1971

Ertragskundliche Aufnahmen im Versuch HÜNTEL 3 sind in den Jahren 1959 bis 1962, 1964 und 1971 durchgeführt worden. Anhand der bis 1964 einschließlich zusammengefaßten Ergebnisse in der Tabelle 19 konnte die Überlegenheit der stark gedüngten Parzelle 2 nachgewiesen werden. Die Auswertung der Aufnahmeergebnisse aus dem Jahre 1971 bestärkt eindrucksvoll diese Tendenz, über alle ertragskundlichen Größen hinweg. Die Werte sind in der Tabelle 22 zusammengefaßt.

Die durch die Düngung bewirkte bestandessoziologische Umschichtung hat zu einer Reduktion der Stammzahl von ursprünglich 10.083 auf der NULL-Parzelle auf 5.811 Stämmen/ha (Parzelle 2) geführt. Dies entspricht einer Verminderung auf 58 % der Ausgangszahl. Dementsprechend hat die Düngung eine Erhöhung der durchschnitt-

Darstellung 9

Kulturdüngungsversuch -HÜNTEL 3- zu K I E F E R; Versuchsanlage 1954; Wachstumskurve und durchschnittliche jährliche Jahrestrieblängen für den Zeitraum von 1962 bis 1971



lichen Höhenwerte zwischen 17 % auf der Parzelle 4 und 44 % auf der Parzelle 2 bewirkt.

Der Brusthöhendurchmesser des Kreisflächenmittelstamms wurde um 25 (Parzelle 4) bis 68 % (Parzelle) erhöht. Die entsprechenden Steigerungsraten für die Grundfläche betragen 28 und 67 %, für die Schaftholzvolumenwerte 41 und 107 %.

Zusätzlich zu den in der Tabelle 22 aufgeführten Größen wurden im Herbst 1971 an jeweils 10 Bäumen je Parzelle der jährliche Jahreshöhenzuwachs, rücklaufend bis zum Jahre 1962, aufgemessen. Die Ergebnisse sind als Wachstumskurven für die einzelnen Düngungsvarianten wiedergegeben (Darstellung 9). Das überlegene Wuchsverhalten der Kiefer auf den drei gedüngten Parzellen, insbesondere auf der Parzelle 2, gegenüber der NULL-Parzelle ist unübersehbar. Der durchschnittlich jährliche Höhenzuwachs der Kiefer auf der Parzelle 2 übertrifft den auf der NULL-Parzelle um 78 %. Der positive Düngungseffekt ist, ebenso wie die Ergebnisse in der Tabelle 22, statistisch hoch gesichert.

4.21.34 Zusammenfassung der Versuchsergebnisse von HÜNTEL 3

Der im Jahre 1954 auf "Untere Sand" (Vorschüttungssande der Saaleeiszeit) zu Kiefer angelegte Kulturdüngungsversuch ist wiederholt eingehend auf seine Ernährungs- (Bodenanalysen 1961 und 1971, Nadelanalysen 1960 bis 1962, 1971) und Ertragssituation (1959 bis 1962, 1964, 1971) hin untersucht worden. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen.

Die standörtlichen Verhältnisse sind durch einen als Folge der jahrhundertelangen Abtragungen der humosen Oberschicht entstandenen extremen N-Mangel bei einem gleichzeitig ausreichenden Angebot an P, K und Ca und einem Silikatgehalt von 8 % (60 % als Orthoklas) gekennzeichnet. Der zur Behebung der N-Schwäche des Standorts in Form von NPK-Volldüngern, Kalkammonsalpeter und Stickstoff-Phosphat ausgebrachte Stickstoff in einer Gesamtmenge zwischen 346 (Parzelle 1) und 458 (Parzellen 2 und 4) kg N/ha hat es jedoch nicht vermocht, das pflanzenverfügbare Stickstoffangebot nachhaltig zu verbessern. Demgegenüber wurde die Versorgung mit den übrigen untersuchten Nährstoffen durch die Düngung teil-

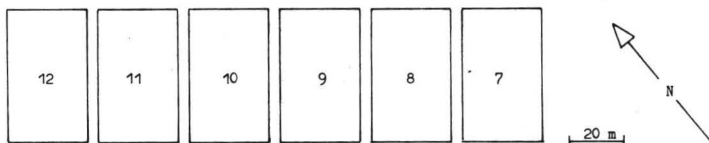
weise erheblich verbessert, und sie kann für die Hauptnährstoffe P, K, Ca und Mg als ausreichend bis gut bezeichnet werden.

Trotz dieses von der Versuchsfragestellung her gesehen enttäuschenden Ergebnisses hat eine wohl auf die P- und Ca-Düngung zurückzuführende Anregung der Umsetzungsprozesse bei der Kiefer eine bemerkenswerte Wuchssteigerung bewirkt. Diese betrug zum Zeitpunkt der Versuchsaufnahme 1971 beim Schaftholzvolumen 107 % der ungedüngten Vergleichsfläche.

4.21.4 Versuch KLEIN STAVERN (Emsland)

Mit dem 1954 von BARELMANN (FA. Meppen der LWK Weser-Ems) zu Kiefer und Japan. Lärche -5 km nordöstlich von Meppen im Emsland- angelegten Kulturdüngungsversuch sollten die Möglichkeiten einer Zuwachssteigerung durch die beiden Kalkdünger Hüttenkalk und Kalkmergel verglichen und die Auswirkungen einer zusätzlichen Volldüngung geprüft werden. Im Zuge der Aufnahmearbeiten im Jahre 1971 wurde ausschließlich der nordöstliche Teilversuch zu K i e f e r aufgenommen. Über ihn wird im folgenden berichtet.

4.21.41 Versuchsbegründung und -anlage



Parz.: 7 -	NULL-Var.	Parz.: 11 -	4.7 dz/ha Kalkammons.
Parz.: 8 -	40 dz/ha Hüttenkalk	10 "	Thomasmehl
Parz.: 9 -	40 dz/ha Kalkmergel	8 "	Kalimagnesia
Parz.: 10 -	3 dz/ha Kalkammons.	40 "	Kalkmergel
10 "	Thomasmehl	10 "	Kupferschl.
4 "	Kalimagnesia	Parz.: 12 -	3 dz/ha Kalkammons.
20 "	Hüttenkalk	10 "	Thomasmehl
20 "	Kalkmergel	4 "	Kalimagnesia
		40 "	Kalkmergel
		10 "	Kupferschl.

VERSUCH: KLEIN STAVERN (Emsland)

VERSUCHSTYP: Kombiniertes Nährstoffformen- (Ca), -mangel- (Cu) und -steigerungsversuch (N, P, K)

LAGE: 5 km nordöstlich von Meppen (Emsland)

VERSUCHSANSTELLER: FA. Meppen der LWK Weser-Ems (BARELMANN)

GEOLOGIE: Talsand

HÖHE ÜBER NN: ca. 15 m

BDENART UND -TYP: Mittel- bis feinkörniger, silikatarmer Talsand, Eisen-Humus-Podsol

WASSERVERSORGUNG: Grundwasserstand 1.4 bis 2.4 m u. GOF (FVZ)

JAHR DER VERSUCHSANLAGE: 1954

KULTURVORBEREITUNG, BEGRÜNDUNGSART: Vollumbruch (50 cm), Pflanzung

BAUMARTEN: (% DER GESAMTSTAMMZAHL): Kiefer 100 % (Teilversuch)

PFLANZGUT UND -VERBAND: 1j. Kiefernssämlinge 1,3 x 0,35 m

VORBESTAND: Heide

DÜNGUNGSVARIANTEN: NULL, Ca₂; Ca₃; N₁P₂K₃Ca₄Mg₅; N₁P₂K₃Ca₄Mg₅Cu₆; N₁P₂K₃Ca₄Mg₅Cu₆

WIEDERHOLUNGEN: keine

PARZELLENGRÖßEN: 0,15 ha / 1500 m²

LITERATUR: AFZ 18, 1963; Nr. 42, S. 664; AFJZ 140, 1969, Heft 1, S. 13

Zum Versuchstyp geht aus der Lageskizze hervor, daß

1. auf den Parzellen 8 und 9 ein Vergleich der beiden Ca-Dünger Hüttenkalk und Kalkmergel mit einer Aufwandmenge von je 40 dz/ha beabsichtigt war,
2. die Parzellen 10 und 12 einen Steigerungsversuch zu den getrennt ausgebrachten Nährstoffen N, P, K, Ca und Mg darstellen, wobei die Parzellen 10 und 12 nahezu (zusätzliche Hüttenkalldüngung auf der Parzelle 10 !) als Wiederholungen betrachtet werden könnten, wenn nicht
3. die Parzellen 11 und 12 im Jahre 1954 zusätzlich mit jeweils 10 dz/ha Kupferschlackenmehl abgedüngt worden wären (s. Tabelle 23 !)

Tabelle 23

Kulturdüngungsversuch -KLEIN STAVERN- zu K I E F E R ; zeitlicher Ablauf und Ausmaß (dz/ha) der einzelnen Düngungsmaßnahmen

Parzellen	1954	1958	Insgesamt 1954 + 58	Insgesamt Rein- nährstoffe kg/ha
7	-	-	-	-
8	HK 20	HK 20	HK 40	CaO 1800 ----- P ₂ O ₅ (245) CaO (1404) K ₂ O ₅ (9) MgO (168)
9	k.K. 20	k.K. 20	k.K. 40	CaO 2016 ----- P ₂ O ₅ (4) CaO (1852) K ₂ O ₅ (4) MgO (16)
10	KAS 1.3 PT 3.3 KMg 1.3 k.K. 20	KAS 1.7 PT 6.7 KMg 2.7 HK 20	KAS 3 PT 10 KMg 4 k.K. 20 HK 20	N 66 P ₂ O ₅ 150 K ₂ O ₅ 112 CaO 2413 MgO 96 (275) (119) (2133) (128)
11	KAS 1.3 PT 3.3 KMg 1.3 k.K. 20 Cu 10	KAS 3.35 PT 6.7 KMg 6.7 k.K. 20	KAS 4.65 PT 10 KMg 8 k.K. 40 Cu 10	N 102 P ₂ O ₅ 150 K ₂ O ₅ 224 CaO 2552 MgO 72 Cu 4 (155) (231) (2441) (96)
12	KAS 1.3 PT 3.3 KMg 1.3 k.K. 20 Cu 10	KAS 1.7 PT 6.7 KMg 2.7 k.K. 20	KAS 3 PT 10 KMg 4 k.K. 40 Cu 10	N 66 P ₂ O ₅ 150 K ₂ O ₅ 112 CaO 2521 MgO 36 Cu 4 (155) (119) (2410) (60)

Zur Erläuterung der in der obigen Tabelle rechts in Klammern aufgeführten Werte sei erwähnt, daß eine 1959 vom Institut für Bodenkunde der Forstlichen Fakultät in Hann.Münden durchgeführte Düngieranalyse, u.a. eines Hüttenkalkes (Aug. Thyssen-Hütte, Hamborn-Duisburg), eines Kalkmergels (Kalkwerke Rheine GmbH) und eines Kupferschlackenmehls (Norddeutsche Raffinerie, Hamburg 36), die folgenden Gehalte an Element-Oxyden ergeben hat:

	<u>SiO₂%</u>	<u>CaO%</u>	<u>MgO%</u>	<u>K₂O%</u>	<u>P₂O₅%</u>	<u>Cu%</u>
Hüttenkalk	23.8	35.1	4.2	0.23	6.13	-
Kalkmergel	8.6	46.3	0.4	0.09	0.09	-
Kupferschlackenmehl	37.5	5.3	0.78	0.28	0.10	0.43

Auf Anfrage wurde dem Verfasser vom Versuchsansteller versichert, daß die o.a. Mineraldünger, mit einer Ausnahme (s. u. !), auf den im Rahmen der vorliegenden Arbeit bearbeiteten emsländer Versuchen nicht zur Ausbringung gelangt seien (Hüttenkalk und Kalkmergel im Versuch GR. BERSSEN, Kupferschlackenmehl im Versuch König/Strädtker = EMEN 1, s. 4.31.1 !).

Die in Klammern aufgeführten Werte in der Tabelle 23 verdeutlichen die sich aus den wechselnden oder unbekannten Zusammensetzungen angewandter Mineraldünger ergebende Fehlerspanne bei der Herleitung der exakten Menge ausgebrachter Reinnährstoffe.

4.21.42 V Versuchsergebnisse bis zum Jahre 1961

Die Ergebnisse der Nadel- und Bodenanalysen aus den Jahren 1958, 1959 und 1968 werden gemeinsam mit den entsprechenden Ergebnissen der Versuchsaufnahme von 1971 besprochen.

Ertragskundliche Erhebungen sind in den Jahren 1957 bis 1961 als Höhen- und Jahrestrieblängenmessungen durchgeführt worden. Die Ergebnisse sind in zusammengefaßter Form in den Tabellen 24 und 25 dargestellt.

<u>Tabelle 24</u> Kulturdüngungsversuch -KLEIN STAVERN-; Ergebnisse von den Oberhöhenmessungen an der K I E F E R in den Jahren 1957 bis 1961 (aus den Versuchsakten)						
	Parz. 7	Parz. 8	Parz. 9	Parz. 10	Parz. 11	Parz. 12
		HK 40	k.K. 40	KAS 3 PT 10 KMg 4 k.K. 20 HK 20	KAS 4,65 PT 10 KMg 8 k.K. 40 CuS 10	KAS 3 PT 10 KMg 4 k.K. 40 CuS 10
1957 cm	63	70	63	65	73	81
%	<u>100</u>	111	100	103	116	129
1959 cm	137	146	134	140	147	156
%	<u>100</u>	107	98	102	107	114
1960 cm	170	187	170	178	191	201
%	<u>100</u>	110	100	105	112	118
1961 cm	221	238	221	230	240	250
%	<u>100</u>	108	100	104	109	113

Eines der Untersuchungsziele war der Vergleich der Düngerwirkung von Hüttenkalk und Kalkmergel. In der Tabelle 24 fällt die über 5 Jahre hinweg bestehende deutliche Mehrleistung (10 %) der mit Hüttenkalk gedüngten Kiefer auf der Parzelle 8 gegenüber der Parzelle 7 auf, während auf der Parzelle 9 (Kalkmergel) keinerlei Zuwachsreaktion festgestellt werden kann. Die höchste Mehrleistung von allen sechs Düngungsvarianten weist die Parzelle 12 mit einfacher Volldüngergabe einschließlich Kupferschlackenmehl auf. Dabei läßt sich die Tatsache, daß die Ergebnisse der mit höheren Mengen Kalkammonsalpeter und Kalimagnesia ausgestatteten Parzelle 12 zurückbleiben, nur mit Standortunterschieden erklären. Einer Aktennotiz von WANDT zufolge liegt der Versuch unmittelbar am Fuße eines Grundmoränenaufläufers, und zwar so, daß die Parzellen mit den kleineren Nummern von der Grundmoräne weiter entfernt liegen. Eine zunehmende Verarmung des Bodensubstrats in Richtung der kleineren Parzellennummern wäre somit erklärbar, wenn auch die absolute Entfernung vom Grundmoränenfuß gering ist und somit schwerlich die alleinige Ursache der Überlegenheit der Parzelle 12 sein kann. Eine eingehende Erörterung dieses Problems wird in Abschnitt 4.21.431 anhand der vorliegenden bodenanalytischen Ergebnisse erfolgen.

Die in der Tabelle 25 dargestellten Ergebnisse der Jahrestrieblängenmessungen von 1958 und 1961 weisen im Bereich der Volldüngungsvarianten widersprüchliche Tendenzen auf. In Übereinstimmung mit den Höhenmessungen liegen die Werte jedoch auf der mit Kalkmergel gedüngten Parzelle 9 nur knapp über der NULL-Variante, wogegen sich die mit Hüttenkalk gedüngten Kiefern deutlicher von den ungedüngten absetzen.

Tabelle 25						
Kulturdüngungsversuch -KLEIN STAVERN-; durchschnittlicher Jahreshöhenzuwachs (Jahrestrieblängen) der K I E F E R 1958 und 1961 (aus den Versuchsakten)						
	Parz. 7	Parz. 8	Parz. 9	Parz. 10	Parz. 11	Parz. 12
		HK 40	k.K. 40	KAS 3 PT 10 KMg 4 k.K. 20 HK 20	KAS 4,65 PT 10 KMg 8 k.K. 40 CuS 10	KAS 3 PT 10 KMg 4 k.K. 40 CuS 10
1958 cm	32,4	35,0	32,9	27,1	35,8	34,5
%	<u>100</u>	108	102	84	111	107
1961 cm	47,0	49,0	48,0	49,0	49,0	54,0
%	<u>100</u>	104	102	104	104	114

Zu diesen Werten sei bemerkt, daß die Anzahl der im Jahre 1961 gemessenen Bäume je Parzelle zwischen 408 und 432 lag. Über die Erhebungsgrundlagen der Aufnahme 1958 konnte aus den Aktenaufzeichnungen nichts Näheres entnommen werden.

4.21.43 Ergebnisse der Versuchsaufnahme 1971

4.21.431 Ergebnisse der Bodenanalysen

Die ersten Bodenuntersuchungen erfolgten auf Veranlassung der Versuchsansteller 1959, ein Jahr nach Abschluß der Düngungsmaßnahmen. Die auf den entsprechenden Parzellen des südwestlichen Versuchsteils zu Japan. Lärche entnommenen Bodenproben zeigten sowohl hinsichtlich der Bodenreaktion als auch für die Nährstoffe P, K, Ca und Mg, zumindest im Vergleich mit der ungedüngten Parzelle 7, einen deutlichen positiven Düngungseffekt. Eine im Frühjahr 1959 auf der Parzelle 7 aus 120 cm Tiefe entnommene Grundwasserprobe ließ einen relativ geringen Kalkgehalt (14.4 mg/l CaO), jedoch ausreichend Kalium (27.5 mg/l K₂O) und Magnesium (5.1 mg/l MgO) erkennen. Dieses Ergebnis ist deshalb von Bedeutung, weil innerhalb der Versuchsfläche die Höhe des Grundwasserspiegels während der forstlichen Vegetationszeit (FVZ) von maximal 140 - 180 cm auf den Parzellen 7 bis 9 auf 200 - 240 cm u. GOF auf den Parzellen 11 und 12 abfällt (WANDT, BARELMANN, 1963).

Letztmalig wurden im August 1971 Bodenproben vom Versuchsteil zur Kiefer entnommen, und zwar aus der Auflageschicht und von drei Mineralbodentiefen bis zu 60 cm. Die Analysenergebnisse sind in der Tabelle 26 zusammengefaßt.

Ein Düngungseffekt konnte trotz varianzanalytischer Verrechnung der Analysenwerte, wobei die Düngungsvarianten und die Entnahmetiefen als getrennte Faktoren in die Rechnung eingingen, in keinem Falle nachgewiesen werden, obwohl auf der Versuchsfläche Standortsunterschiede hinsichtlich der Grundwasserhöhe bestehen und darüberhinaus aus der Lage des Versuchs zu einem Grundmoränenausläufer vermutet werden. Die auf allen Parzellen einheitlich mit zunehmender Tiefe sichtbar erhöhten pH-Werte lassen auf den Einfluß von kalkführendem Grundwasser schließen.

Der C-Gehalt von 4.04% d.Tr.S. in der Entnahmetiefe 0 - 20 cm ergibt, mit 1.72 multipliziert, einen insgesamt relativ starken Humusanteil von nahezu 7 % (stark humos).

Die N-Versorgung in der Auflageschicht liegt mit 1.09% d.Tr.S.

Tabelle 26

Kulturdüngungsversuch -KLEIN STAVERN- zu K I E F E R ; bodenkundliche Daten; Probenahme August 1971;

Tiefen cm	P.7	P.8	P.9	P.10	P.11	P.12	F-Test		s			v%		
							Düngg.	Tiefen I.A.	Düngg.	Tiefen I.A.	Düngg.	Tiefen I.A.	Düngg.	Tiefen I.A.
pH(CaCl ₂)	Aufl. 0-20 20-40 40-60			3.78 3.64 3.63 4.07			n.s.	*** n.s.	0.013	0.194	0.117	0.3	5.1	3.1
C(%Tr.S.)	Aufl. 0-20			32.79 4.04			n.s.	*** n.s.	20.320	1.923		110.4	10.5	
N(%Tr.S.)	Aufl. 0-20 20-40 40-60			1.09 0.09 0.08 0.02			n.s.	*** n.s.	0.019	0.513		5.9	160.1	
C/N	Aufl. 0-20			30.04 48.20			n.s.	*** n.s.	2.161	12.666	2.876	5.5	32.4	7.4
Pt(mg/100g)	Aufl. 0-20 20-40 40-60			89.72 17.85 16.05 9.19			n.s.	*** n.s.	5.414	37.601	6.544	16.3	113.3	19.7

weit im Mangelbereich, entsprechend unbefriedigend ist das wei-
te C/N-Verhältnis von 30 : 1.

Der Gesamt-P-Gehalt auf den Parzellen 10, 11 und 12 liegt in
den beiden obersten Entnahmetiefen (Auflage und 0 - 20 cm) ge-
ringfügig über den Werten der Parzellen 7, 8 und 9, die, mit
Ausnahme der durch den im Hüttenkalk enthaltenen P-Anteil er-
heblich (245 kg/ha P₂O₅) mit P gedüngten Parzelle 8, kein Phos-
phat erhalten haben.

4.21.432 Ergebnisse der Nadelanalysen

Nadelproben sind im Herbst 1958, unmittelbar im Anschluß an die
Düngung, und anlässlich der Versuchsaufnahme im Jahr 1971 entnom-
men worden. Die Analysenergebnisse von 1958 wiesen für die Nähr-
stoffe N, K, Ca und Mg, sicherlich als Folge der noch nicht
lange zurückliegenden Düngung, gute bis sehr gute Versorgungsver-

hältnisse auf. Dabei lagen auf der Parzelle 7 und auf der ausschließlich mit Kalkmergel gedüngten Parzelle 9 die Gehalte an Kalium (0.39/0.38 %), an Calcium (0.41/0.36 %) und an Magnesium (0.09/0.08 %) deutlich unter den entsprechenden Werten auf den Parzellen 8 und 10 bis 12 (Kalium: 0.42/0.59/0.63/0.58 %; Calcium: 0.47/0.49/0.52/0.52 % Magnesium: 0.13/0.10/0.10/0.10 %;). Die P-Versorgung bewegt sich im Grenzbereich (0.14 %) zwischen ausreichender Ernährung und Mangel, während ein durchschnittlicher N-Gehalt von 1.9 % (Parzelle 7 - 1.88 %) einen guten bis sehr guten Versorgungszustand mit diesem Element markiert..

Die Analysenergebnisse von 1971 wurden in der Tabelle 27 zusammengestellt.

Tabelle 27										
Kulturdüngungsversuch -KLEIN STAVERN- zu KIEFER; nadelanalytische Daten; Probenahme Herbst 1971										
NULL		Ca ₂	Ca ₃	N ₁ P ₁ K ₂ Ca ₃ Ca ₂ Mg ₁	N ₁ P ₂ K ₃ Ca ₃ Mg ₁ Cu	N ₁ P ₂ K ₂ Ca ₃ Mg ₁ Cu	F-Test		s	v%
P.7		P.8	P.9	P.10	P.11	P.12	Düngg.	Düngg.	Proben.	Düngg. Proben.
Asche (%Tr.S.)		3.048					n.s.	0.132	0.110	4.3 3.6
N	%	1.652					n.s.	0.062	0.060	3.7 3.6
P	%	0.157	0.164	0.165	0.188	0.192	*	0.013	0.008	7.7 4.8
Si	%	0.208	0.281	0.198	0.212	0.210	*	0.029	0.022	13.2 9.9
K	%	0.652	0.626	0.652	0.687	0.732	**	0.036	0.013	5.3 2.0
Ca	%	0.208	0.291	0.314	0.283	0.313	**	0.042	0.019	14.5 6.5
Mg	%	0.081					n.s.	0.005	0.005	6.3 5.7

Die 13 Jahre nach erfolgter Düngung durchgeführte Nadelanalyse hat gezeigt, daß sich, mit zunehmendem zeitlichen Abstand von der Düngung, die Versorgungslage mit einigen Nährstoffen (N, Ca und Mg), verschlechtert, mit anderen Nährstoffen (P, K) aber auch verbessert hat.

Der um nahezu 0.2 % auf 1.7 % d.Tr.S. abgesunkene N-Gehalt, eine Folge der zunehmend verlangsamten Umsetzungsvorgänge, liegt noch im Bereich einer ausreichenden Versorgung und zeigt keinerlei düngungsabhängige Reaktionen. Der noch 1958 sowohl auf der NULL- als auch auf der Kalkmergelparzelle 9 beobachtete ge-

ringe Ca-Gehalt konnte 1971, 13 Jahre danach, nur noch auf der NULL-Parzelle festgestellt werden und muß hier bereits dem Mangelbereich zugeordnet werden. Die restlichen Düngungsvarianten zeigen eine ausreichende Ca-Versorgung. Das insgesamt ebenfalls ausreichende Angebot an Magnesium ist, im Vergleich zu 1958, geringfügig zurückgegangen und zeigt, wenn auch nicht gesichert, auf der Parzelle 7 die geringsten Werte.

Bei Phosphor und Kalium ist, verglichen mit 1958, ein bemerkenswerter Anstieg der Gehalte erkennbar. Es dominieren die P-Gehalte auf den Parzellen 10 bis 12, während auf der NULL-Parzelle die Werte am niedrigsten sind. Weniger eindeutig sind die Verhältnisse beim Kalium. Beide Nährelemente liegen in gutem bis sehr gutem Angebot vor.

Die Ernährungssituation auf dem zur Kiefer angelegten Teilversuch in KLEIN STAVERN ist demnach, 13 Jahre nach der Düngung, durch ein allgemein ausreichendes, für die Nährstoffe P und K sogar gutes bis sehr gutes Angebot gekennzeichnet.

4.21.433 Ergebnisse der ertragskundlichen Aufnahme 1971

Anhand der Ergebnisse der Höhen- und Jahrestrieblängenmessungen aus den Jahren 1957 bis 1961 konnte nicht nur die Überlegenheit der Hüttenkalkvariante im Vergleich mit der Kalkmergelvariante festgestellt werden, sondern darüberhinaus Anzeichen einer positiven Düngerwirkung der auf den Parzellen 11 und 12 zusätzlich zur Volldüngung mitausgebrachten Kupferschlacke. Diese frühen Ergebnisse sind durch die Auswertung der Meßdaten aus dem Jahr 1971 weitestgehend bestätigt worden, wenn auch eine statistische Absicherung der Effekte aufgrund der insgesamt doch relativ geringen Wuchsunterschiede zwischen den einzelnen Düngungsvarianten in den wenigsten Fällen möglich war (N, HO). Die ertragskundlichen Aufnahmeergebnisse aus dem Jahr 1971 sind in der Tabelle 28 zusammengefaßt.

Die düngungsabhängige Reduktion der Stammzahl beträgt bis zu 75 % (Parzelle 11) der Stammzahlhaltung auf der NULL-Variante. Unterschiede zwischen den beiden Kalkvarianten sind nicht erkennbar.

Tabelle 28

Kulturdüngungsversuch «KLEIN STAVERN» zu K I E F E R ; ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme Aug./Sept. 1971;

	NULL	Ca ₂	Ca ₃	N ₁ P ₂ K ₃ Ca ₂ Mg ₁	N ₁ P ₂ K ₃ Ca ₂ Mg ₁ Cu	N ₁ P ₂ K ₃ Ca ₂ Mg ₁ Cu	F-Test	s	v%
	P.7	P.8	P.9	P.10	P.11	P.12			
N/ha	6774	6410	6418	5619	5083	6026	**	566.143	9.4
HM(m)	5.77	6.30	6.17	6.23	6.57	6.77	n.s.	0.258	4.1
HO(m)	7.23	8.17	8.07	7.80	8.47	8.13	*	0.349	4.4
DM(cm)	6.10	6.33	6.27	6.80	6.70	6.77	n.s.	0.130	2.0
DO(gm)	12.00	12.87	13.17	12.90	14.00	12.33	n.s.	0.355	2.8
G(m ² /ha)	19.83	20.17	19.50	20.35	18.17	21.46	n.s.		
V _s (Vfms/ha m.R.)	(65.20)	(71.97)	(68.77)	(71.33)	(66.00)	(79.70)	n.s.		
D U N C A N - T E S T									
N/ha	P.7 6774	P.9 6418	P.8 6410	P.12 6026	P.10 5619	P.11 5083			
5083	***	**	**	*	n.s.	-			
5619	**	n.s.	n.s.	n.s.	-				
6026	n.s.	n.s.	n.s.	-					
6410	n.s.	n.s.	-						
6418	n.s.	-							
6774	-								
HM(m)	P.12 6.77	P.11 6.57	P.8 6.30	P.10 6.23	P.9 6.17	P.7 5.77			
5.77	*	*	n.s.	n.s.	n.s.	-			
6.17	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-				
6.23	n.s.	n.s.	n.s.	-					
6.30	n.s.	n.s.	-						
6.57	n.s.	-							
6.77	-								
HO(m)	P.11 8.47	P.8 8.17	P.12 8.13	P.9 8.07	P.10 7.80	P.7 7.23			
7.23	**	*	*	*	n.s.	-			
7.80	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-				
8.07	n.s.	n.s.	n.s.	-					
8.13	n.s.	n.s.	-						
8.17	n.s.	-							
8.47	-								

Hinsichtlich der Höhenwerte sei auf den deutlichen Abstand zwischen den fünf gedüngten Varianten insgesamt und der Kontrollparzelle 7 hingewiesen. Das beste Höhenwachstum zeigt die Kiefer auf den Parzellen 11 und 12 mit einer 17 %igen Mehrleistung im Vergleich zu den ungedüngten Kiefern auf der Parzelle 7. Auffallend ist darüberhinaus die relativ gute Leistung der Kiefer auf der Hüttenkalk-Variante.

Die Relationen zwischen den Durchmesserwerten der einzelnen Düngungsvarianten sind weniger deutlich, entsprechen jedoch beim Vergleich der gedüngten Varianten mit der Kontrollparzelle durchaus den Verhältnissen bei den Höhenwerten.

In diesem Zusammenhang sei auf die deutlich überlegenen Höhen- und Durchmesserwerte des Oberhöhenstammes auf der Parzelle 11 hingewiesen, was als eine Folge der extrem starken Reduzierung der Stammzahl auf dieser Parzelle gedeutet werden kann.

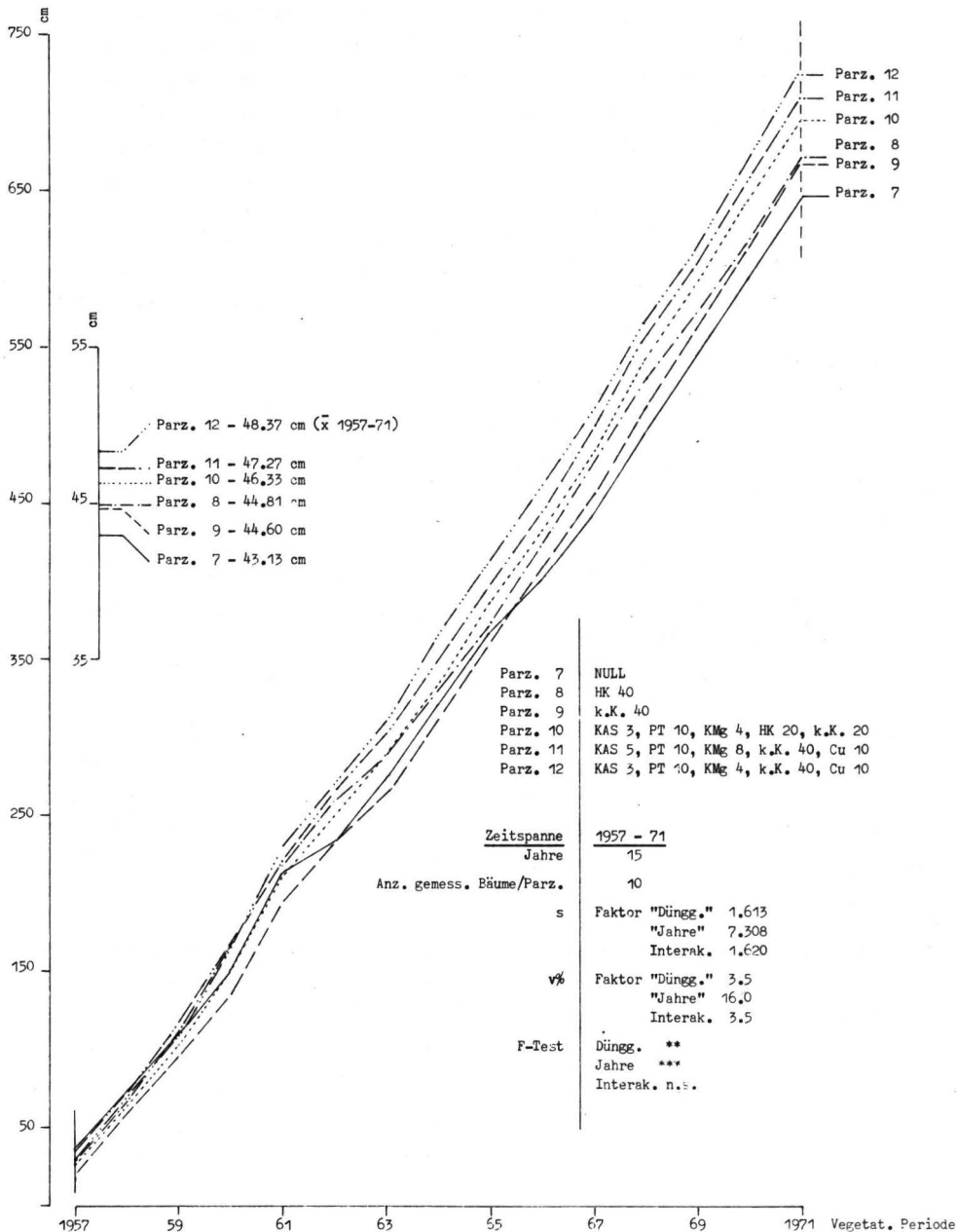
Die Grundflächen- und Volumenwerte sind gekennzeichnet durch die Überlegenheit der Parzellen 10, 8 und 12, während die Parzelle 11, trotz relativ guter Durchmesserleistungen aber aufgrund der bereits erwähnten extremen Stammzahlreduzierung, ähnlich geringe Grundflächen- und Volumenwerte aufweist wie die Parzelle 7.

Die ertragskundlichen Aufnahmen im Jahre 1971 wurden ergänzt durch Messungen des jährlichen Höhenzuwachses (Jahrestrieblängen) an insgesamt 10 Bäumen je Parzelle aus der herrschenden Kronenschicht, rücklaufend bis zum Jahre 1957. Die Wachstumskurven für die Kiefer auf den sechs Düngungsvarianten sind in der Darstellung 10 wiedergegeben.

Das Kurvenbild weist auf den ersten Blick nur geringe Unterschiede im jährlichen Höhenwachstum zwischen den einzelnen Düngungsvarianten auf. Die Mehrleistungen auf den gedüngten Varianten im Vergleich zur ungedüngten Parzelle 7 (43.13 cm) liegen nur im Bereich zwischen 1 (Parz. 9, 44.60 cm) und 12 % (Parz. 12, 48.37 cm). Die mengenmäßig beträchtliche Nachdüngung im Jahre 1958 drückt sich im Kurvenbild nicht aus. Demgegenüber ist, zumindest

Darstellung 10

Kulturlungsversuch -KLEIN STAVERN- zu K I E F E R; Versuchsanlage 1954; Wachstums-
kurve und durchschnittliche jährliche Jahrestrieblängen für den Zeitraum von 1957 bis 1971



für einige Düngungsvarianten (Parz. 7, 9 und 10), eine deutliche Verbesserung der Höhenwuchsleistung im Jahre 1960 und, für nahezu alle Varianten, eine deutliche Depression im darauffolgenden Jahr 1961 erkennbar. Diese vermutlich klimatisch bedingten Jahresschwankungen sind statistisch hoch signifikant. Im übrigen spiegeln die anhand der Wachstumskurven dargestellten Zuwachsverhältnisse auf den einzelnen Düngungsvarianten das Bild bei den Höhenwerten getreulich wider.

Anhand der ertragskundlichen Meßergebnisse kann die Beantwortung der mehrteiligen Versuchsfragestellung, unter Hinweis auf die insgesamt unbefriedigende Düngerwirkung, wie folgt lauten:

Vergleich von Hüttenkalk und Kalkmergel (Parz. 8 und 9):

Bei gleicher Stammzahlentwicklung ist hinsichtlich der Wuchsleistung eine eindeutige Überlegenheit der Kiefer auf der Hüttenkalk-Parzelle festzustellen.

Auswirkungen einer Steigerung der Volldüngung (Parz. 10, 11 und 12):

Die mit den Nährstoffen N und K besser ausgestattete Parzelle 11 zeigt eine geringfügige Mehrleistung bei den Höhen- und Durchmesserwerten, vorwiegend der Oberhöhenstämme (s.o!), fällt jedoch bei den Grundflächen- und Volumenwerten aufgrund der starken Stammzahlreduzierung nahezu auf das Niveau der NULL-Variante zurück.

Nachweis eines zusätzlichen Düngungseffektes der Kupferschlacke (Parzelle 11 und 12):

Ein Vergleich der Parzellen 10 und 12 ergibt bei den Höhenwerten eine Überlegenheit der Parzelle 12 (mit Kupferschlacke), bei den Durchmesserwerten jedoch geringfügig (DM) geringere Werte auf dieser Parzelle. Die bedeutend geringere Stammzahl der Parzelle 10 ist letztlich die Ursache der besseren Grundflächen- und Volumenwerte auf der mit Kupferschlacke gedüngten Parzelle 12. Ein gesichertes Urteil über die Auswirkungen der zusätzlichen Kupferschlackendüngung ist vorerst nicht möglich.

4.21.44 Zusammenfassung der Ergebnisse zu Versuch KLEIN STAVERN, Teilversuch zu Kiefer

Der im Jahre 1954 auf Talsand zu Kiefer angelegte Kulturdüngungsversuch wurde in den Jahren 1954 und 1958 auf zwei Düngungsvarianten vergleichsweise mit Hüttenkalk und Kalkmergel, außerdem auf drei weiteren Varianten mit mehreren Mineraldüngern in der Art einer gesteigerten Volldüngung, mit und ohne Kupferschlacke, abgedüngt.

Erste boden- und nadelanalytische Untersuchungen in unmittelbarer Folge auf die Düngung (1958/59) ergaben, bei einer offensichtlichen K-Schwäche des Standortes (0.39 % Nadelspiegelwert), für alle Nährelemente erhebliche Verbesserungen der Spiegelwerte. Bis zum Jahre 1971 hatte sich die Versorgungslage mit N, Ca und Mg deutlich verschlechtert, bei K und P jedoch weiter verbessert.

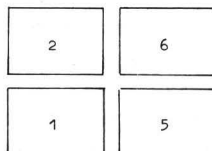
Eine im Jahre 1971 durchgeführte ertragskundliche Aufnahme des Versuchs ergab, bei einer insgesamt unbefriedigenden Reaktion der Kiefer auf die zum Teil erhebliche Nährstoffzufuhr, eine deutlich bessere Düngerwirkung des Hüttenkalks im Vergleich zum Kalkmergel. Die Wirkung der gestaffelten Volldüngung blieb demgegenüber unbefriedigend, für das zusätzlich ausgebrachte Kupferschlackenmehl auf den Parzellen 11 und 12 konnte eine solche nicht nachgewiesen werden.

4.21.5 Versuch GARTOW , Abt. 6/11

Dieser im Jahre 1949 mit insgesamt 17 Düngungsvarianten auf 27 Parzellen als Tastversuch in der Art eines kombinierten Nährstoffsteigerungs- und -mangelversuches zu Kalkammonsalpeter, Algierphosphat, Kalimagnesia, Hütten- und Dolomitkalk und zu Kupferschlacke angelegte Kulturdüngungsversuch zu Kiefer ist im Rahmen der vorliegenden Arbeit nur teilweise aufgenommen und ausgewertet worden. Auf Wunsch des Versuchsanstellers wurden zwei Hüttenkalkvarianten (80, 120 dz/ha, in Grob- bzw. Feinmahlung) einschließlich zweier ungedüngter Kontrollflächen für eine nochmalige Aufnahme ausgewählt (Parzellen 1, 2, 5 und 6). Ziel der Auswertung war die Prüfung der Möglichkeiten einer Wuchssteigerung der Kiefer auf einem extrem sauren und an P verarmten Talsand durch eine Düngung mit Hüttenkalk.

4.21.51 Versuchsbegründung und -anlage

Parz. 1 Hüttenkalk (Feinmahlung), 120 dz/ha
 Parz. 2 NULL
 Parz. 5 NULL
 Parz. 6 Hüttenkalk (Grobmahlung), 80 dz/ha



N →

20 m

VERSUCH: GARTOW -Abt. 6/11-

VERSUCHSTYP: Steigerungsversuch zu Hüttenkalk (Teilversuch)¹⁾

LAGE: FA. Gartow (Elbe), Betr. Bez. Wirl, Abt. 6/11

VERSUCHSANSTELLER: Nieders. Forstl. Versuchsring (JUNACK)

GEOLOGIE: Talsand

HÖHE ÜBER NN: 20 m (Gartow)

BODENART UND -TYP: fein- bis mittelkörniger Sand, Eisen-Humus-Podsol

WASSERVERSORGUNG: Grundwasserstand 0,8 - 1,3 m u. GOF

JAHRE DER VERSUCHSANLAGE: Frühjahr 1949

KULTURVORBEREITUNG, BEGRÜNDUNGSART: Stookrodung, maschinelle Zerkleinerung der Bodendecke, Vollumbruch, Pflanzung

BAUMARTEN (% DER GESAMTSTAMMZAHL): Kiefer 100 %

PFLANZGUT UND -VERBAND: 1j. Kiefern sämlinge, 1,0 x 0,4 m

VORBESTAND: Reste eines 1942 abgebrannten, 18-jährigen Kiefernstangenholzes

DÜNGUNGSVARIANTEN: NULL; HK 1 (grob), HK 2 (fein)

WIEDERHOLUNGEN: (2-fach)

PARZELLENGRÖSSE: 900 m²

LITERATUR: Aus dem Walde, 1966, Heft 11, S. 103

JUNACK (1966) gibt die Vorgeschichte der Versuchsfläche wie folgt an:

1922 - 1923	Abtrieb eines 96jährigen Kiefernbestandes III.5 E. Kl. nach Waldbrand
1926	Kiefernstreifensaat
1942	erneuter Waldbrand auf ganzer Fläche
1948/49	Stockrodung, Vollumbruch, Pflanzung

Die Düngung erfolgte im Frühjahr 1950 breitwürfig von Hand mit nachfolgender flacher Einarbeitung in den Oberboden im Zuge der normalen Kulturpflege. Nachbesserungen waren nicht erforderlich.

4.21.52 Ergebnisse der Versuchsaufnahme aus dem Jahre 1958

Erste Höhenmessungen wurden im März des Jahres 1958, 10 Jahre nach Versuchsanlage, durchgeführt. Bis zu diesem Zeitpunkt haben nach JUNACK (1966) keinerlei Hinweise für eine Reaktion der Kiefer auf die Kalkdüngung vorgelegen.

Die innerhalb zweier "schematisch ausgewählter" und getrennt voneinander liegender Reihen in 1-m-Abständen gemessenen Höhen der jeweils herrschenden Kiefer (durchschnittlich 75 Werte je Parzelle) ergaben auf den ungedüngten Parzellen eine durchschnittliche Baumhöhe von 232 cm, auf den mit Hüttenkalk gedüngten Parzellen Höhen zwischen 201 (Parz. 1) und 239 cm (Parz. 6) und somit wiederum keinerlei Düngerwirkung, ein Ergebnis, welches sich bis zur Aufnahme 1970 kaum geändert hatte (s. 4.21.533!). Offenbar ist eine alleinige Kalkung (geringe Mengen an P, K, Mg und an Spurenelementen im Hüttenkalk nicht berücksichtigt) auf dem an P verarmten Standort eine nur unzureichende Düngungsmaßnahme. Ein geringer Mehrzuwachs (4 %) konnte auf den mit Kalkammonsalpeter, Algierphosphat allein (7 %) und in Kombination mit Hüttenkalk (18 %), mit Kalimagnesia (5 %) und mit Hüttenkalk einschließlich Dolomitkalk (7 %) gedüngten Varianten festgestellt werden.

4.21.53 Ergebnisse der Versuchsaufnahme 1970/71

Die Aufnahmearbeiten 1970/71 wurden abweichend von dem im Emsland angewandten Verfahren durchgeführt. Sie seien deshalb im folgenden kurz skizziert.

Die Erhebung der ertragskundlichen Daten erfolgte als Totalaufnahme auf Probeflächen. Dazu wurden je Parzelle zwei rechteckige Probeflächen mit den Abmessungen 13 x 17.4 m ausgeschieden. Sie repräsentieren zusammen nahezu die Hälfte der Parzellenfläche. Auf jeder Probefläche wurde ein Profil zwecks Bodenansprache und Probennahme gegraben. Die Entnahme der Nadelproben auf den Einzelparzellen erfolgte aus Gründen einer auch zukünftig möglichen Beobachtung des Versuchs außerhalb der Probeflächen.

4.21.531 Ergebnisse der Bodenanalysen

Einleitend seien einige Bemerkungen zum Standort vorausgeschickt. JUNACK (1966) führt die Ergebnisse einer im Frühjahr 1950 von der Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt (LUFA) Ebstorf durchgeführten Bodenanalyse an. Danach wurden mit Werten zwischen 2,7 in der Auflageschicht und 3,7 im B-Horizont extrem niedrige pH-Werte (KCl) festgestellt. Die Gehalte an lactatlöslichem P_2O_5 in 100 g Boden lagen bei 1 mg, für K_2O zwischen 1 ($Ah_{(e)}$) und 4 mg (Auflage) und ließen einen deutlichen Mangel dieses Bodens an P und Ca erkennen.

Die Analysenergebnisse der im November 1970 von 8 Profilen horizontweise entnommenen Gewichtsproben sind in der Tabelle 29 zusammengefaßt.

Geht man davon aus, daß in Sandböden die pH- $(CaCl_2)$ -Werte um ca. 0.18 pH tiefer liegen als die in 0.1 n-KCl gemessenen Werte (SCHEFFER, SCHACHTSCHABEL, 1970), und räumt man zusätzlich einen Toleranzbereich bis zu 0.3 pH wegen der bei JUNACK (1966) fehlenden Angaben zum pH(KCl)-Wert (0.1 n-KCl oder n-KCl) ein, überrascht dennoch die a u c h auf der NULL-Variante zu beobachtende erhebliche Verbesserung der Bodenreaktion im Vergleich zur Situation vor 20 Jahren. Zusätzlich hat die Kalkdüngung eine geringfügige Anhebung der pH-Werte bewirkt. Da Grundwasseranalysen aus diesem Teil des Forstamtes nicht vorliegen, kann als eine der Ursachen für die im Mineralboden nach unten zu deutlich abnehmende Versauerung ein entsprechender Kalkgehalt der Grundwassers vermutet werden.

Tabelle 29									
Kulturdüngungsversuch -GARTOW Abt. 6/11- zu Kiefer; bodenkundliche Daten; Probenahme Nov. 1970									
Tiefen cm		NULL	C ₄ /C ₃	F-Test		s		v%	
		P. 2/5	P. 6/1	Düngg. Tiefen		Düngg. Tiefen		Düngg. Tiefen	
pH(CaCl ₂)	Aufl.	3.61	3.92	*	***	0.763		20.4	
	0-30	3.02	3.24						
	23-60	3.85	3.99						
	34-100	4.11	4.23						
C(%Tr.S.)	Aufl.	32.74		n.s.	***				
	0-30								
N(%Tr.S.)	Aufl.	1.20	1.04	*	***	0.050	0.607	12.00	144.8
	0-30	0.12	0.10						
	23-60	0.04	0.03						
C/N	Aufl.	30.02		n.s.	n.s.	1.431	0.727	4.80	2.4
	0-30								
Pt(mg/100g)	Aufl.	38.90	58.18	*	***	6.034	23.589	28.9	113.1
	0-30	5.34	10.41						
	23-60	4.40	7.95						

Demgegenüber hat die Kalkdüngung keine sichtbare Erhöhung der organischen Substanz im obersten Mineralbodenbereich, der auf der gesamten Versuchsfläche als mäßig bis stark humos angesprochen werden kann, bewirkt.

Der Stickstoffgehalt ist erwartungsgemäß gering, geringer noch auf den mit Kalk gedüngten Parzellen, was auf die als Folge einer erhöhten Streuproduktion noch ungünstigere biologische Situation auf den gedüngten Parzellen und auf die im Falle des vorliegenden Standorts zu einseitige Düngungsmaßnahme hinweist. Dementsprechend weit ist das C/N-Verhältnis.

Auffallend ist die erheblich bessere P-Versorgung auf den mit Hüttenkalk gedüngten Varianten, was möglicherweise auf einen nicht zu geringen P-Anteil dieses Düngers hindeutet (s. dazu 4.21.41!).

4.21.532 Ergebnisse der Nadelanalysen

Die Analysenergebnisse der in diesem Versuch erstmals im Januar/Februar 1971 durchgeführten Nadelprobenahme sind in der Tabelle 30 zusammengefaßt.

Tabelle 30						
Kulturdüngungsversuch -GARTOW 6/11- zu K I E F E R ; nadelanalytische Daten; Probenahme Jan./Febr. 1971						
	NULL	Ca ₄ Mg ₃	Ca ₆ Mg ₄	F-Test	s	v%
	P.2/5	P.6	P.1	Düngg.	Düngg. Proben.	Düngg. Proben.
Asche(%Tr.S.)		2,587		n.s.	0,311	12,0
N %		1,425		n.s.	0,089	6,2
P %		0,162		n.s.	0,004 0,021	2,7 13,2
K %		0,619		n.s.	0,491	7,9
Ca %		0,216		n.s.	0,038	17,8
Mg %		0,085		n.s.	0,006 0,004	7,4 4,2
Na %		0,030		n.s.	0,008	25,7
Mn %		0,026		n.s.	0,008	30,1
Fe %		0,021		n.s.	0,002 0,004	11,6 21,0
Al %		0,031		n.s.	0,003 0,007	9,2 23,7

Gesicherte, von der Ca-Düngung abzuleitende Unterschiede zwischen den beiden Düngungsvarianten liegen, 20 Jahre nach der Versuchsanlage, nicht vor. Einzig und allein die in der Tabelle nicht einzeln aufgeführten Mg-Werte -0.079, 0.084 und 0.092 %, in der Reihenfolge der drei Düngungsvarianten NULL, HK 80 und HK 120- weisen eine, wenn auch aufgrund einer zu geringen Zahl von Freiheitsgraden (insgesamt 5) und einer relativ großen Streuung der Wiederholungen zwar nicht gesicherte, dennoch deutliche Düngerwirkung nach. Diese ist, wenn man von einem durchschnittlichen MgO-Gehalt im Hüttenkalk von 3 % ausgeht, als Folge der auf den Kalkvarianten ausgebrachten 240 bzw. 360 kg/ha MgO auch erklärbar.

Zur Versorgungslage der Kiefer auf dem vorliegenden Standort mit den einzelnen Hauptnährelementen kann gesagt werden, daß diese hinsichtlich des Stickstoffs einwandfrei mangelhaft, bei den übrigen Nährstoffen, vielleicht mit Ausnahme des Calciums, zumindest jedoch ausreichend ist.

4.21.533 Ergebnisse des ertragskundlichen Aufnahme

Es wurde bereits erwähnt, daß anhand der von JUNACK 1958 durchgeführten Höhenabschnittsmessungen eine Wuchsverbesserung der Kiefer nicht nachgewiesen werden konnte. Betrachtet man daraufhin die Werte in der Tabelle 31, so fällt auf, daß über alle Meßgrößen hinweg ein zwar nicht gesicherter, jedoch möglicher positiver Effekt der Kalkung vorliegt.

Tabelle 31					
Kulturdüngungsversuch -GARTOW Abt. 6/11- zu K I E F E R ; ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme Dezember 1970					
	NULL P.2/5	Ca ₄ /6 P.6/1	F-Test	s	v%
HM(m)	7.50	7.68	n.s.		
HO(m)	9.33	9.78	n.s.	0.284	3.0
DO(gm)	12.33	13.55	n.s.	0.762	8.0
G(m ² /ha)	29.96	30.42	n.s.		
V (VfmS/ha m.R.)	(125.80)	(130.18)	n.s.		

Diese nicht gesicherte Leistungsverbesserung liegt im Bereich zwischen 2 (Höhe des Kreisflächenmittelstammes, HM) und 10 % (Brusthöhendurchmesser des Oberhöhenstammes, DO). Die Grundfläche wurde um 0.5 %, das Schaftholzvolumen um 3.5 % erhöht.

Mit der im Frühjahr 1950 zu Kiefer durchgeführten Kalkungsmaßnahme mit 80 bzw. 120 dz/ha Hüttenkalk sind aufgrund der bisherigen Versuchsergebnisse die eigentlichen Schwächen des Standortes offensichtlich nicht behoben worden.

4.21.54 Zusammenfassung der Versuchsergebnisse zu GARTOW -Abt. 6/11-

In der Absicht, auf einem grundwasserfrischen, im Oberboden stark versauerten und an P verarmten Talsand die Reaktion der Kiefer auf eine gestaffelte Hüttenkalk-Düngung zu prüfen, wurden um die Jahreswende 1970/71 insgesamt 4 Parzellen (einschließlich zweier unbehandelter Kontrollflächen) eines 1948/49 vom Niedersächsischen Forstlichen Versuchsring (JUNACK) zu mehreren Mineraldüngern in GARTOW angelegten Kulturdüngungsversuches eingehend aufgenommen. Die Aufnahmeergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Das aus den Ergebnissen von Boden- und Nadelanalysen ersichtliche Nährstoffangebot des Standorts ist gekennzeichnet durch einen Mangel an Stickstoff, während die übrigen Hauptnährelemente in ausreichender Menge zur Verfügung stehen. Eine düngungsspezifische Verbesserung des Nährstoffangebots konnte, mit Ausnahme der mit der Hüttenkalkzufuhr ansteigenden Mg-Gehalte,

nicht festgestellt werden.

Entsprechend gering ist bisher die Wuchsreaktion der Kiefer auf die Kalkdüngung gewesen. Sie beträgt maximal 10 % beim Brusthöhendurchmesser des Oberhöhenstammes. Grundflächen- und Schaftholzvolumenleistung wurden lediglich um 2 bzw. 4 % angehoben.

JUNACK (1966) räumt ein, daß mit der auf der gesamten Versuchsfläche praktizierten Düngungsmaßnahme die eigentliche Schwäche des Standortes, der deutliche P- und Ca-Mangel, nicht behoben werden konnte. Dieser Feststellung kann aufgrund der heute vorliegenden Ergebnisse nur beigespflichtet werden.

4.21.6 Zusammenfassung der Versuchsergebnisse zu KIEFER im Reinbestand

Eine zusammenfassende Betrachtung der in Abschnitt 4.21 beschriebenen fünf Kiefer-Reinbestandsversuche ist erschwert durch die zwischen den einzelnen Versuchen bestehenden Unterschiede hinsichtlich der Versuchsalter und der Art der einzelnen Düngungsvarianten.

Die s t a n d ö r t l i c h e n B e d i n g u n g e n -je zwei Versuche auf Talsand und in "ausgewehten Niederungen" im Emsland sowie ein Versuch in Gartow auf Talsand, mit einem Grundwasserstand bis zu 0,8 m u. GOF- und die geringfügig unterschiedlichen k l i m a t i s c h e n Bedingungen auf den einzelnen Versuchen können im Rahmen dieses überregionalen Vergleichs nur bedingt berücksichtigt werden. Das A l t e r der Versuche lag zum Zeitpunkt der Aufnahme 1970/71 zwischen 14 (EMEN 2) und 22 Jahren (GARTOW 6/11). Die D ü n g u n g s v a r i a n t e n unterscheiden sich sowohl durch die Häufigkeit der Düngungsmaßnahmen als auch in der Menge der insgesamt zur Ausbringung gelangten Nährstoffe. So sind diemehrfach wiederholten Düngungsmaßnahmen in KLEIN STAVERN, EMEN 2 und HÜNTEL 3 über einen Zeitraum von 2 bis 8 Jahren erfolgt, während in ENGDEN-Schulte-Südhoff und in GARTOW 6/11 die Düngung in einem Jahr durchgeführt worden ist. Der zeitliche Abstand zwischen letzter Düngungsmaßnahme und der Versuchsaufnahme 1970/71 lag zwischen 6(HÜNTEL 3)

und 20 Jahren (GARTOW 6/11). Mit Ausnahme der Versuche ENGDEN-Schulte-Südhoff und GARTOW 6/11, die kein N, P und K (G 6/11) bzw. Mg (E 3) erhalten haben, sind auf allen übrigen Düngungsvarianten die Hauptnährstoffe N, P, K, Ca und Mg, in Form unterschiedlicher Mineraldünger, ausgebracht worden. Kupfer als Kupferschlackenmehl erhielten die Versuche ENGDEN-Schulte-Südhoff und KLEIN STAVERN. Die Menge der je Düngungsvariante insgesamt ausgebrachten Nährstoffe schwankt erheblich, und zwar für N zwischen 22 und 66, für P_2O_5 zwischen 75 und 425, für K_2O zwischen 40 und 428, für CaO zwischen 163 und 5400 und für MgO zwischen 36 und 360 kg/ha.

Unter Berücksichtigung der geschilderten Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchen können die bisher vorliegenden Ergebnisse -wobei auf deren Diskussion an dieser Stelle verzichtet wird, sie folgt in einem späteren Abschnitt- wie folgt zusammengefaßt werden:

Die Ergebnisse der Bodenanalysen haben nur für die Versuche in ENGDEN-Schulte-Südhoff und HÜNTEL 3 eine gesicherte Verbesserung der im übrigen auf allen fünf Versuchen als stark sauer einzustufenden Bodenreaktion von annähernd 0.3 bis 1.0 pH-($CaCl_2$) ergeben, in ENGDEN-Schulte-Südhoff als Folge einer 17 Jahre zurückliegenden, zusätzlich zur NPK-Düngung verabreichten Kalkmergeldüngung von 40 dz/ha, und zwar im Bereich einer Steigerung der CaO-Zufuhr von 2016 auf 2558 kg/ha (keine NULL-Variante!), in HÜNTEL 3 als Folge einer 8 Jahre zurückliegenden Düngung mit 25 dz/ha Hüttenkalk (rd. 1200 kg CaO). Mit Ausnahme von HÜNTEL 3, wo eine P_2O_5 -Zufuhr von 258 bis 370 (42 kg/ha eine deutliche Anhebung der Gesamt-P-Gehalte in der Auf-lageschicht bewirkt hat, wurden hinsichtlich der Boden-Gehalte an C, N und P keinerlei Düngungseffekte festgestellt.

Geringfügig deutlicher fielen die Ergebnisse der Nadelanalysen aus. In EMEN 2 wurde eine Erhöhung des Aschegehaltes von 2.65 auf der NULL-Variante auf 2.92 bis 3.26 % Tr.S. auf den gedüngten Varianten festgestellt. Am häufigsten konnten Verbesserungen der P-Spiegelwerte in Abhängigkeit von der Düngung nachgewiesen werden, so in EMEN 2 (NULL-Variante 0.13, Düngungsvarianten 0.16 bis 0.17 %), in ENGDEN-Schulte-Südhoff

(Ca-Variante 0.13, Volldüngervarianten 0.15 bis 17 %), und in KLEIN STAVERN (NULL-Variante 0.16, gedüngte Varianten 0.16 bis 0.19 %). Eine Erhöhung der Ca-Gehalte waren ebenfalls in EMEN 2 (NULL-Variante 0.16, gedüngte Varianten 0.27 bis 0.32%) und in KLEIN STAVERN (NULL-Variante 0.21, Düngungsvarianten 0.28 bis 0.33%) bewirkt worden. In EMEN 2 konnte darüberhinaus eine gesicherte Verbesserung der Mg-Gehalte von 0.09 auf der NULL-Variante auf 0.11 bis 0.12 % auf den gedüngten Varianten beobachtet werden.

Was das Nährstoffangebot für die Kiefer anbetrifft, so kann festgestellt werden, daß zum Zeitpunkt der Probenahme 1970/71 auf allen fünf Versuchen die Versorgung mit den Nährstoffen P, K, Ca und Mg voll ausreichend, z.T. sogar sehr gut war, und zwar i.d.R. auch auf den ungedüngten Varianten, wenn auch dort in abgeschwächter Form. Eine Ausnahme bildet die Stickstoffversorgung, die für EMEN 2 (1.52 %), HÜNTEL 3 (1.45 %) und GARTOW 6/11 (1.43 %) als unzureichend bezeichnet werden muß.

Auch in den Fällen, wo aufgrund der Nadelanalysenergebnisse die Versorgung mit allen Elementen einschließlich N ausreichend war, beispielsweise in E 3 und E 6, hat die Kiefer hinsichtlich ihrer Wuchsleistung dennoch mehr oder minder deutlich auf die Düngung reagiert. Das zeigt, daß die nadelanalytischen Grenzwerte keine Anhaltspunkte für mögliche Zuwachssteigerungen bei Kulturen und Dickungen dieser Baumart geben.

Zum Zeitpunkt der Versuchsaufnahme 1970/71 lagen die ertragskundlichen Mehrleistungen beim Höhenwuchs im Bereich von 2 (G 6/11) und 44 % (E 5), beim Brusthöhendurchmesser zwischen 10 (G 6/11) und 68 % (E 5), bei der Grundfläche zwischen 1.5 (G 6/11) und 71 % (E 2) und beim Schaftholzvolumen zwischen 3.5 (G 6/11) und 138 % (E 2). Was die von Versuch zu Versuch teilweise sehr unterschiedliche Reaktion der Kiefer auf die Düngung anbetrifft, erklärbar u.a. durch das Fehlen der NULL-Variante in ENGDEM-Schulte-Südhoff oder durch die ausschließliche Kalkung in GARTOW 6/11, muß auf die Beschreibung der Einzelversuche verwiesen werden.

Auffallend bleibt die überaus geringe Auswirkung der reinen Kalkungsmaßnahme in GARTOW 6/11, die offensichtlich an den Schwächen des Standortes vorbei erfolgt ist (JUNACK 1966) und hin-

sichtlich ihres Effekts mit den Volldüngungsmaßnahmen auf den anderen Versuchen nicht verglichen werden kann.

Z u s a m m e n f a s s e n d kann zu den Ergebnissen der Auswertung festgestellt werden, daß eine auf den vorliegenden Standorten mit praxisüblichen Mengen durchgeführte Düngung der Kiefer mit den wichtigsten Nährstoffen in allen Fällen eine gesicherte, teilweise beträchtliche Wuchsverbesserung dieser Baumart bewirkt hat. Im Boden lassen sich, 7 bis 20 Jahre nach Düngung, i.d.R. nur eine P-Zufuhr, seltener eine Ca-Zufuhr nachweisen. Letzteres wurde bereits von ULRICH (1970) festgestellt und auf die versauernde Wirkung von SO_2 -Immisionen zurückgeführt.

4.22 Mischbestandsversuche mit der Hauptbaumart K i e f e r

In Abschnitt 4.1 sind die Gründe für eine Beschreibung auch jener Versuche als Mischbestandsversuche dargelegt worden, die zu einer Baumart oder mit einem nur geringen Anteil an Mischbaumarten angelegt worden sind. Ausschlaggebend für die Zuordnung zu einer der beiden Mischungsformen waren nicht nur die Mischunganteile zum Zeitpunkt der Begründung, sondern in erster Linie der Zustand des Versuchs zum Zeitpunkt der Aufnahme 1970/71.

Von den in Gartow in der UAbt. 82 b des Betriebsbezirks Wirl zu Kiefer angelegten Kulturdüngungsversuchen waren es insbesondere die Versuche 5, 6, 7 und 10, die zum Zeitpunkt der Versuchsaufnahme 1970/71 sowohl als Folge der Düngung und ihrer Auswirkungen aber auch aus Gründen der Unterlassung von Pflegeeingriffen eine Baumartenzusammensetzung aufwiesen, die mehr oder minder stark von den Mischbaumarten, vorwiegend von der eingeflogenen Birke, bestimmt wurde. Die bestandessozioologische Relevanz derartiger Veränderungen in der Baumartenzusammensetzung eines Bestandes hat einen erheblichen Einfluß, insbesondere auf eine ertragskundliche Versuchsauswertung. Aus diesem Grunde wurde es für sinnvoll gehalten, diese Versuche als Mischbestandsversuche zu beschreiben.

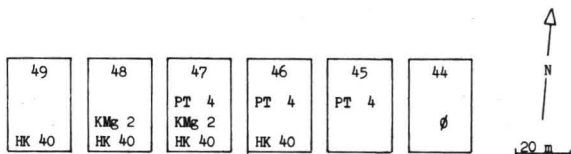
4.22.1 Versuch GARTOW 5

Der Versuch liegt in der Unterabteilung 82 b des Betriebsbezirks Wirl, rd. 6 km südlich von Gartow. Er ist Teil einer größeren Versuchsanlage, die hier im Jahre 1950 auf Anregung des Niedersächsischen Forstlichen Versuchsringes zu mehreren Baumarten und mit verschiedenen mineralischen Düngern angelegt wurde.

4.22.11 Versuchsbegründung und -anlage

Mit diesem Versuch sollte geprüft werden, ob "Hüttenkalk allein oder in Verbindung mit P und/oder mit K den Wuchs der Kiefer fördern" kann.

Die kulturvorbereitenden Maßnahmen, im übrigen einheitlich für die gesamte Versuchsanlage, setzten im Frühjahr 1949 mit dem Abbrennen der bis 1830 landwirtschaftlich genutzten und seit dieser Zeit als Wildeinstandsgebiet unbewirtschafteten Abt. 82 ein. Die Spuren des einst im Zuge einer "kleinflächigen Entwässerung" durchgeführten Hochpflügens der Ackerbeete sind noch heute als zwei bis drei Meter breite nebeneinanderliegende Rücken und Senken erkennbar. Dem Abbrennen folgten mehrere Gänge mit dem Scheibenschälflug "Roburit", ein 30 cm tiefer Vollumbruch im Herbst des gleichen Jahres und als Abschlußmaßnahme vor der Kultur im Frühjahr 1950 das Übereggen der Versuchsfläche.



VERSUCH: GARTOW -5-
 VERSUCHSTYP: Nährstoffmangelversuch zu P, K, Ca und Mg
 LAGE: FA. Gartow, Betr. Bez. Wirl, Uabt. 82 b
 VERSUCHSANSTELLER: Nieders. Forstl. Versuchsring (JUNACK)

GEOLOGIE: Talsand des Elbeurstromtales
 HÖHE ÜBER NN: 20 m (Gartow)
 BODENART UND -TYP: humusr. bis anmoor. Feinsand, Gley
 WASSERVERSORGUNG: Grundwasserstand 0,5 - 1,5 m u. GOF

JAHR DER VERSUCHSANLAGE: 1949/50
 KULTURVORBEREITUNG, BEGRÜNDUNGSART: Brandrodung, Scheibenschälflug, Vollumbruch, Eggen, Pflanzung
 BAUMARTEN (% DER GESAMTSTAMMZAHL): Kiefer 90 %, Strobe und Douglasie je 5 %
 PFLANZGUT UND -VERBAND: Kiefer 2j. v. (eig. Anzucht), 1,0 x 0,5 m, Strobe und Douglasie als Einzelmischung
 VORBESTAND: 1710 - 1830 landwirtschaftliche Nutzung; 1830 - 1949 Wildbrache

DÜNGUNGSVARIANTEN: NULL, P, PCa, PKCaMg, KCaMg, Ca
 WIEDERHOLUNGEN: keine
 PARZELLENGRÖSSEN: 875 m²

LITERATUR: JUNACK 1966, LIEBENEINER 1972

Das Ausbringen der Düngemittel erfolgte i.d.R. "breitwürfig von Hand...", das Einarbeiten in den Boden ohne besonderen Arbeitsgang, teils mit dem Pferdegrubber, teil durch die Handhacke (oder mit dem Handkultivator)... flach - und dabei wohl höchstens bis zu 10 cm Tiefe..." (JUNACK 1953, 1961). Für das bei den Gartower Versuchen in der Abt. 82 beobachtete starke Anfliegen der Birke bereits unmittelbar im Anschluß an die Düngung dürfte dieses -hinsichtlich der Einarbeitung der Dünger- unzureichende Ausbringungsverfahren von wesentlicher Bedeutung gewesen sein. Darauf wird in den folgenden Abschnitten noch näher eingegangen werden.

Zu Pflanzgut und -verband sei nachgetragen, daß im Frühjahr 1951 geringfügig mit 2j.Kiefer nachgebessert werden mußte. Der Versuch weist eine unbehandelte Kontrollfläche, jedoch keinerlei Wiederholungen der einzelnen Versuchsglieder auf.

4.22.12 Ergebnisse der Versuchsaufnahme 1956/57

Über die Ergebnisse der ersten in den Jahren 1956/57 durchgeführten Aufnahme des Versuchs hat JUNACK (1966) eingehend berichtet. Sie sind in der Tabelle 32 zusammenfassend dargestellt. Bei der Aufnahme war seinerzeit zwischen den sog. Rücken und Senken unterschieden worden. Dementsprechend konnte anhand der Ergebnisse eine deutlich stärkere Reaktion der Kiefer in den humusärmeren Senken als auf den hochgepflügten humusreicheren Rücken festgestellt werden. In der Tabelle sind die arithmetischen Mittelwerte für die einzelnen Parzellen wiedergegeben.

Tabelle 32											
Kulturdüngungsversuch -GARTOW 5- ; Ergebnisse ertragskundlicher Messungen an der KIEFER von 1956/57 (nach JUNACK, 1966)											
Parz.	Düngung	Gesamthöhe				Jahres- trieblg.		Nadel- länge		BHD	
		2m-Abschn. Messung		part. Totalaufmaß							
		cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%
44	-	155	100	163	100	36	100	5.2	100	2.2	100
45	PT	222	143	223	137	-	-	-	-	-	-
46	PT, HK	244	157	204	125	-	-	-	-	-	-
47	PT, KMG, HK	235	152	208	128	56	156	7.6	146	3.7	168
48	PT, KMG, HK	187	121	183	112	45	125	6.4	123	3.4	155
49	PT, KMG, HK	199	128	187	115	-	-	-	-	-	-

Die teils als Abschnittsmessung, teils im partiellen (reihenweisen) Totalaufmaß durchgeführten Höhenmessungen an 60 (Oktober 1956) bzw. 143 (März 1957) Kiefern je Parzelle ergaben eine deutliche Überlegenheit der mit Thomasmehl (PT) gedüngten Varianten. Diese Überlegenheit betrug bei der Abschnittsmessung durchschnittlich 50 % gegenüber ungedüngt, während die Hüttenkalk- bzw. die kombinierte Hüttenkalk-Kalimagnesia-Variante nurmehr um 25 % über der NULL-Variante lagen. Insgesamt erwies sich die Abschnittsmessung als geeigneter als die partielle Totalaufmessung, den Düngungseffekt darzustellen.

Die sichtbare Wirkung des im Thomasmehl enthaltenen Phosphats auf die Höhenwuchsleistung der Kiefer konnte rd. 6-7 Jahre nach Kulturbegründung durch Jahrestrieb- und Nadellängen- sowie Brusthöhendurchmessermessungen bestätigt werden. Eine Wirkung der zusätzlichen Kalimagnesia-Düngung (Parz. 47 und 48) lag zu diesem Zeitpunkt nicht vor.

Über eine Reaktion der beigemischten Strobe und Douglasie sowie über einen möglicherweise bereits vorhandenen Birkenanflug macht JUNACK (1966) keinerlei Angaben.

4.22.13 Ergebnisse der Versuchsaufnahme 1970/71

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der waldbaulich-ertragskundlichen Aufnahme sowie von Boden- und Nadelanalysen besprochen. Teilaspekte des Versuchs wurden von C. LIEBENEINER (1972) im Rahmen einer nicht veröffentlichten Diplomarbeit an der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen bearbeitet. Deren Ergebnisse werden im folgenden zitiert.

4.22.131 Bodenkundliche Ergebnisse

Der Versuch GARTOW -5- ist Teil einer aus mehreren Kulturdüngungsversuchen bestehenden Versuchsanlage in der Abt. 82 des gleichnamigen Forstamtes. Die standörtlichen Verhältnisse in dieser Abteilung sind weitgehend homogen und gelten demnach auch für die in den nächstfolgenden Abschnitten beschriebenen Versuche G 6, 7, 10 (Kiefer) sowie 2, 8 und 9 (Fichte).

Die Analyse der im Jahre 1950 von nicht umgebrochenen Flächen entnommenen Bodenproben ergab in der Reihenfolge der Horizonte O-A₁-B die folgenden Ergebnisse: pH-(KCl)-Werte: 3.6; 3.7; 4.4; P₂O₅: 4; 1; 1 und K₂O: 19; 6; 1 (mg in 100 g Boden). Daraus wurde auf einen erheblichen Bedarf an Kalk (zwischen 25 und 65 dz/ha Kalkmergel) und Phosphorsäure, bei gleichzeitig ausreichender Kalium-Versorgung, geschlossen (JUNACK, 1960). Die daraufhin auf den verschiedenen Versuchen dementsprechend durchgeführten Düngungsmaßnahmen führten jedoch überraschenderweise nur auf den mit P gedüngten Parzellen, vornehmlich bei Fichte, Pappel und Roterle, zu erheblichen Mehrleistungen, während die Ca-Düngung nahezu ohne Auswirkung blieb. Dies gab Anlaß zu einer neuerlichen Boden- und Blatt-Probenahme (s. 4.22.132!), und zwar nach Abschluß der Vegetationsperiode 1955. Die Analysen erfolgten im damaligen Institut für Bodenkunde der Forstlichen Fakultät in Hann. Münden. Über die Ergebnisse hat THEMLITZ (1956) eingehend berichtet.

Danach ist trotz der niedrigen pH-Werte neben "nur geringen Mengen von Austauschsäure und verhältnismäßig hohen Anteilen an austauschbarem Kalk..... ein in allen Tiefen weitgehend gleich hoher N-Gehalt in der organischen Substanz" festgestellt worden. THEMLITZ weist in diesem Zusammenhang auf den Kalkgehalt des Grundwassers und die Funktion des durch die Bodenbearbeitung in erheblichen Mengen in den Mineralboden eingearbeiteten Humusanteils als Sorptionsträger hin. So ist es auch erklärbar, daß wegen des Vorliegens einer relativ günstigen Humusform eine Verengung des C/N-Verhältnisses trotz Kalk- und Gründüngung (Lupine) nicht beobachtet werden konnte, ebenso wenig wie eine Verbesserung der Phosphorsäure-Versorgung.

Im November 1970 erfolgte eine neuerliche Probenahme aus zwei Profilen je Parzelle. Die Analysenergebnisse sind in der Tabelle 33 zusammengefaßt.

Tabelle 33

Kulturlungsversuch -GARTOW 5- zu Kiefer, Strobe, Douglasie, (Japan.Lärche, Birke); bodenkundliche Daten; Probenahme November 1970

Tiefen cm		NULL	P ₁ Ca ₁	P ₁ Ca ₂	P ₁ K ₁ Ca ₂ Mg ₂	K ₁ Ca ₂ Mg ₂	Ca ₂ Mg ₂			
		P.44	P.45	P.46	P.47	P.48	P.49	F-Test	s	v%
pH(CaCl ₂)	Aufl.	3.47	3.45	3.96	3.90	4.20	4.23	*	0.341	8.8
	0-36				4.17			n.s.	0.406	9.7
	20-70				5.00			n.s.		
C(%Tr.S.)	Aufl.	48.33	44.68	33.53	29.92	30.08	29.91	**	7.833	21.7
	0-36				9.09			n.s.		
N(%Tr.S.)	Aufl.				1.46			n.s.	0.189	13.0
	0-36				0.52			n.s.		
	20-70				0.03			n.s.	0.007	13.0
C/N	Aufl.				24.80			n.s.	1.982	8.0
	0-36				17.62			n.s.		
Pt(mg/100g)	Aufl.				69.42			n.s.	4.460	7.7
	0-36				28.16			n.s.		
	20-70				8.60			n.s.	1.521	17.7

Aus der Spalte "F-Test" wird das insgesamt unbefriedigende Ergebnis der Bodenanalysen deutlich. Zu verzeichnen ist eine durch die Kalkung (180 - 1980 kg/ha CaO auf den Parzellen 46 - 49) bewirkte deutliche Anhebung der Bodenreaktion über den ganzen Entnahmebereich, auch wenn dieser Effekt nur in der Auflageschicht statistisch schwach abgesichert werden konnte. Die mit den tatsächlich zugeführten CaO-Mengen nicht erklärbaren und mit zunehmender Bodentiefe deutlich höheren pH-Werte deuten zugleich auf einen möglichen Einfluß von kalkhaltigem Grundwasser im westlichen Versuchsteil hin.

Die auf den Parzellen 44 und 45 gesicherte größeren Mengen an organischer Substanz lassen auf erheblich verminderte Umsetzungsvorgänge auf diesen Varianten schließen.

Das N-Angebot muß nach dem C/N-Verhältnis im Auflage-Horizont (24.8:1) als relativ gut beurteilt werden.

Der P-Gehalt im anmoorigen Oberboden (0-36 cm) ist mit 28 mg Pt/100g Boden relativ hoch, doch vorwiegend wohl organisch gebunden, bei gleichzeitig geringer wenn nicht völlig fehlender Umsetzung. Die Düngung mit Thomasphosphat (60 kg/ha P₂O₅) und Hüttenkalk

(bei einem 1-%igen Gehalt an P_2O_5 sind je Düngungsvariante 40 kg/ha P_2O_5 zusätzlich ausgebracht worden) müßte rechnerisch zu einem Anstieg des P-Gehaltes in der Auflage und im obersten Mineralbodenhorizont von 1-2 mg geführt haben, die jedoch nicht mehr nachweisbar waren.

Die standörtliche Situation im Bereich des Versuchs GARTOW -5- kann, 21 Jahre nach erfolgter Düngung, durch eine im Bereich der Hüttenkalkdüngung feststellbare deutliche Verbesserung der Bodenreaktion bei einem gleichzeitig ausreichenden N-Angebot charakterisiert werden.

4.22.132 Ergebnisse der Nadelanalysen

Tabelle 34										
Kulturdüngungsversuch -GARTOW 5- zu Kiefer, Strobe, Douglasie, (Japan.Lärche, Birke); nadelanalytische Daten; Probenahme Jan./Febr. 1971; hier: K I E F E R										
	NULL	P ₁ Ca ₁	P ₁ Ca ₂	P ₁ K ₁ Ca ₂ Mg ₂	K ₁ Ca ₂ Mg ₂	Ca ₂ Mg ₂	F-Test	s		v%
	P.44	P.45	P.46	P.47	P.48	P.49	Düngg.	Düngg. Proben.	Düngg. Proben.	Düngg. Proben.
Asche (%Tr.S.)			2,638				n.s.	0,060	0,265	2,3 10,0
N %				1,679			n.s.	0,078	0,061	4,7 3,7
P %				0,157			n.s.	0,008	0,009	4,8 5,7
K %				0,550			n.s.		0,058	10,5
Ca %				0,331			n.s.		0,055	16,7
Mg %				0,098			n.s.		0,009	8,8
Mn %	0,012	0,026	0,037	0,029	0,038	0,033	*	0,009	0,006	29,2 20,7
Na %				0,021			n.s.		0,005	23,8
Fe %				0,021			n.s.		0,004	19,5
Al %				0,037			n.s.		0,006	15,9

Die Probenahme erfolgte an insgesamt sechs Bäumen (je 2 Mischproben aus 3 Bäumen) auf jeder Parzelle. Aus den Ergebnissen der Nadelanalysen (Tabelle 34) konnte -mit Ausnahme der auf den entsprechenden Gehalt im Hüttenkalk zurückzuführenden erheblich geringeren Mn-Spiegelwerte auf der NULL-Parzelle im Vergleich zu den übrigen Düngungsvarianten- ein gesicherter düngungsabhängiger Effekt nicht nachgewiesen werden. Dennoch wurden anhand der einzelnen Parzellenwerte auch bei den Elementen

P, K, Ca und Mg deutlich geringere Gehalte auf der NULL-Parzelle beobachtet, die jedoch wegen der beträchtlichen Streuungen innerhalb der Parzellen nicht abgesichert werden konnten. Allgemein kann die N-Versorgung als ausreichend (Parz. 44, 45, 47 und 48) bis mangelhaft (Parz. 46 und 49), die mit den Elementen P, K, Ca, Mg und Mn als befriedigend (P) bis sehr gut (K, Ca) bezeichnet werden.

4.22.133 Ergebnisse der ertragskundlichen Aufnahme 1970

Es ist dargelegt worden, aus welchen Gründen der vorliegende Versuch als Mischbestandsversuch aufgefaßt und beschrieben worden ist. Neben der baumartenspezifischen Reaktion auf die verschiedenen Dünger interessierten vor allem die zahlreichen Wechselbeziehungen der einzelnen Baumarten untereinander. Diese sind besonders deutlich an den direkt stammzahlabhängigen Größen der Mischbaumarten wie Stammzahl und Grundfläche ablesbar. In der Darstellung 11 sind die diesbezüglichen absoluten Anteile der vorgefundenen Baumarten Kiefer, Birke, Japan.Lärche und Strobe in der Art eines Säulendiagramms aufgetragen.

Der ursprünglich zu Kiefer mit einer einzelstammweisen (10 %) Beimischung von Douglasie und Strobe begründete Versuch stellt, mit geringfügigen düngungsabhängigen Abweichungen auf den einzelnen Düngungsvarianten, nach 20jähriger Laufzeit einen Birken-Kiefern-Mischbestand dar. Der Anteil der anderen Mischbaumarten ist nur gering.

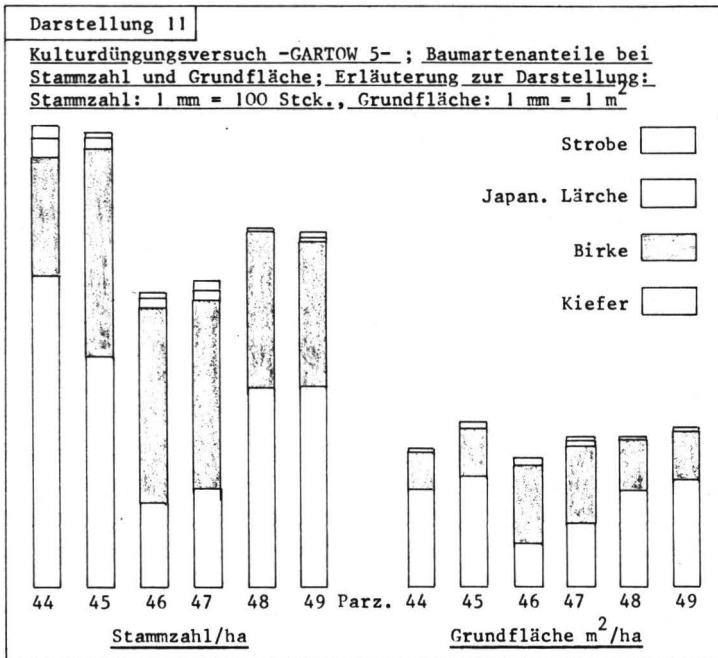
Vergegenwärtigt man sich das Düngungsschema, nach dem die Parzellen 45 - 47 mit 4 dz/ha Thomasmehl abgedüngt wurden, so wird deutlich, in welchem starkem Maße die Birke auf die Phosphatdüngung reagiert hat. Der Frage, ob die P-Düngung das Anfliegen der Birke durch Schaffung besonders günstiger Keimbedingungen gefördert oder aber eine im Vergleich mit der Kiefer überproportionale Begünstigung des Wachstums der Birke bewirkt hat oder ob beide Effekte zusammengewirkt haben, konnte im Rahmen der Auswertungsarbeiten nicht nachgegangen werden, da Beobachtungen über die Entwicklung der Birke in den ersten Jahren der

Tabelle 35

Kulturdüngungsversuch -GARTOW 5- zu Kiefer, Strobe, Douglasie, (Japan. Lärche, Birke);
ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme Nov. 1970; hier: K I E F E R

	NULL	P ₁ Ca ₁	P ₁ Ca ₂	P ₁ K ₁ Ca ₂ Mg ₂	K ₁ Ca ₂ Mg ₂	Ca ₂ Mg ₂			
	P.44	P.45	P.46	P.47	P.48	P.49	F-Test	s*	v%*
N/ha	5844	4315	1558	1847	3723	3752	**	(53.427)	44.0
HM(m)	7.15	9.40	9.80	10.30	9.30	9.20	***	(1.068)	11.6
HO(m)	8.70	11.50	11.80	11.65	11.20	10.90	***	(1.140)	10.4
DM(cm)	6.30	7.80	8.10	9.00	7.80	8.20	***	(0.880)	11.2
DO(cm)	12.30	14.40	14.60	15.30	14.70	15.00	*	(0.930)	6.5
G(m ² /ha)	18.14	20.57	7.93	11.78	17.82	19.93	*	(0.163)	29.4
V _s (VfmS/ha m.R.)	(71.40)	(103.10)	(40.90)	(62.30)	(87.60)	(96.40)	*	(0.770)	28.9
DUNCAN - TEST									
N/ha	5844	4315	3752	3723	1847	1558			
P. 46	1558	***	**	*	*	n.s.			
P. 47	1847	***	**	*	*	=			
P. 48	3723	*	n.s.	n.s.	=				
P. 49	3752	*	n.s.	=					
P. 45	4315	*	=						
P. 44	5844	=							
HM(m)	10.30	9.80	9.40	9.30	9.20	7.15			
P. 44	7.15	***	***	***	***	-			
P. 49	9.20	***	***	**	n.s.	-			
P. 48	9.30	***	***	n.s.	=				
P. 45	9.40	***	*	-					
P. 46	9.80	***	-						
P. 47	10.30	=							
HO(m)	11.80	11.65	11.55	11.20	10.90	8.70			
P. 44	8.70	***	***	***	***	-			
P. 49	10.90	*	*	n.s.	n.s.	-			
P. 48	11.20	n.s.	n.s.	n.s.	-				
P. 45	11.55	n.s.	n.s.	-					
P. 47	11.65	n.s.	=						
P. 46	11.80	-							
DM(cm)	9.00	8.20	8.10	7.80	7.80	6.30			
P. 44	6.30	***	***	***	***	=			
P. 48	7.80	***	**	n.s.	n.s.	-			
P. 45	7.80	***	**	n.s.	=				
P. 46	8.10	***	n.s.	-					
P. 49	8.20	*	-						
P. 47	9.00	=							
DO(cm)	15.30	15.00	14.70	14.60	14.40	12.30			
P. 44	12.30	**	**	*	*	*			
P. 45	14.40	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-			
P. 46	14.60	n.s.	n.s.	n.s.	-				
P. 48	14.70	n.s.	n.s.	-					
P. 49	15.00	n.s.	-						
P. 47	15.30	=							
G(m ² /ha)	20.57	19.93	18.14	17.82	11.78	7.93			
P. 46	7.93	**	**	**	**	n.s.			
P. 47	11.78	*	*	n.s.	n.s.	=			
P. 48	17.82	n.s.	n.s.	n.s.	-				
P. 44	18.14	n.s.	n.s.	-					
P. 49	19.93	n.s.	-						
P. 45	20.57	=							
V _s (VfmS/ha m.R.)	(103.10)	(96.40)	(87.60)	(71.40)	(62.30)	(40.90)			
P. 46	(40.90)	**	**	**	n.s.	n.s.			
P. 47	(62.30)	*	*	n.s.	n.s.	-			
P. 44	(71.40)	*	n.s.	n.s.	-				
P. 48	(87.60)	n.s.	n.s.	=					
P. 49	(96.40)	n.s.	-						
P. 45	(103.10)	=							

* Den Berechnungen von s und v% liegen die Ausgangszahlen der Parzellenmitteln zugrunde, nicht die m-Werte !



Kultur nicht vorliegen. Tatsache bleibt die auf dem vorliegenden Standort auch in der Mischung mit der Fichte (4.32) zu beobachtende starke Reaktion der Birke auf eine P-Zufuhr.

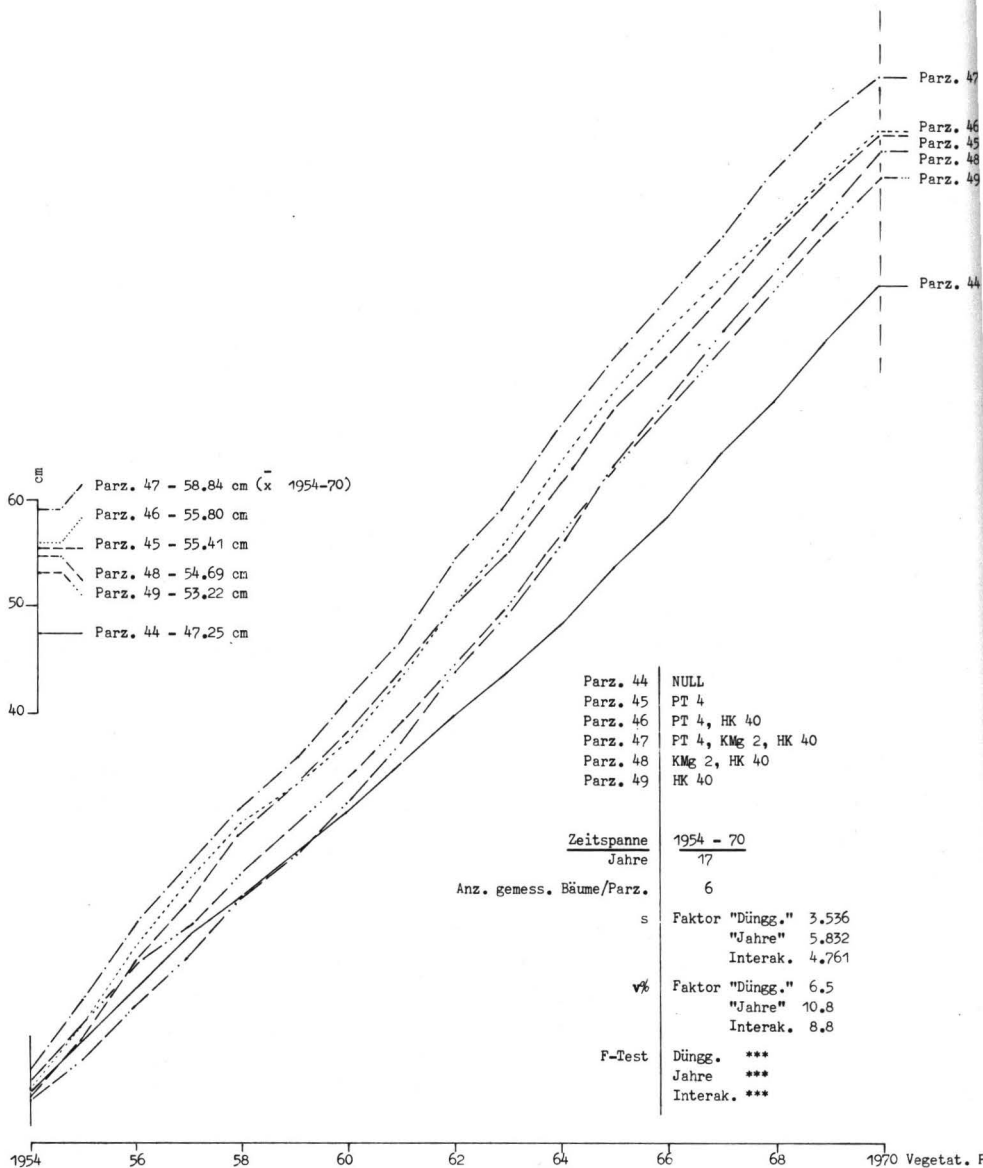
Eine Interpretation der ertragskundlichen Ergebnisse, getrennt nach Baumarten, kann deshalb nur unter Berücksichtigung der oben geschilderten Wechselbeziehungen innerhalb des Mischbestandes erfolgen. In der Tabelle 35 sind die Ergebnisse für die K i e f e r zusammengestellt.

Zum Aufnahmeverfahren sei ergänzt, daß auf jeder Parzelle alle Bäume gekluppt wurden. Die Höhenwerte wurden demgegenüber repräsentativ an 10 %, mindestens aber an 30 der gekluppten Stämme ermittelt. Die statistische Verrechnung erfolgte aus Mangel an Wiederholungen der Düngungsvarianten mit Hilfe der Parzellenhälften.

Die Stammzahl- und Grundflächenhaltung der Kiefer wurde bereits dargestellt. Der hohen Stammzahl entsprechend liegen auf der

Darstellung 12

Kulturdüngungsversuch -GARTOW 5- zu K I E F E R ; Versuchsanlage 1950; Wachstums-
kurve und durchschnittliche jährliche Jahrestrieblängen für den Zeitraum von 1954-70



NULL-Variante die Durchmesser- und Höhenwerte am tiefsten. Die besten Werte wurden auf der zusätzlich zu Hüttenkalk mit Thomasmehl und Kalimagnesia gedüngten Parzelle 47 festgestellt, was aus den Ergebnissen des DUNCAN-Tests für die Durchmesser- und Höhenwerte deutlich wird. Unterstrichen wird dieses Ergebnis durch den Verlauf der Wachstumskurven auf den einzelnen Düngungsvarianten (Darstellung 12) für den Zeitraum von 1954 bis 1970. Einem durchschnittlich jährlichen Höhenzuwachs von 47,25 cm auf der Parzelle 44 steht eine um 25 % überlegene Mehrleistung auf der Parzelle 47 mit 58,84 cm gegenüber. Diese Überlegenheit ist statistisch hoch gesichert.

Weniger übersichtlich sind die Verhältnisse bei den Grundflächen- und Volumenwerten. Hier machen sich die als Folge der starken P-Zufuhr direkt durch die Birke verursachten extrem geringen Stammzahlen auf den Parzellen 46 und 47 bemerkbar. Dies veranlaßt zu der Annahme, daß es die Kiefer auf den mit einer P_2O_5 -Menge zwischen 40 (Parz. 49) und 60 kg/ha (Parz. 45) gedüngten Parzellen offensichtlich noch am leichtesten hatte, sich der Birke gegenüber zu behaupten.

Unterstrichen wird diese Vermutung durch die in der Tabelle 36 für die B i r k e zusammengefaßten ertragskundlichen Werte. Diese Baumart dominiert deutlich auf den Parzellen 46 und 47, die, setzt man einen P-Anteil im Hüttenkalk von rd. 1 % voraus, auch die höchste P-Menge erhalten haben (mindestens 100 kg/ha P_2O_5).

Die Anteile von J a p a n. L ä r c h e und S t r o b e an der Gesamtstammzahl- bzw. -grundflächenhaltung sind nur gering (Tabellen 37 und 38). Sie liegen für die Lärche bei der Stammzahl zwischen 0.4 (Parz. 48) und 3.7 % (Parz. 44) und bei der Grundfläche zwischen 1.5 (Parz. 48) und 4.6 % (Parz. 46). Die entsprechenden Werte für die Strobe sind 0.7 (Parz. 48) bzw. 2.8 (Parz. 47) und 0.2 (Parz. 49) bzw. 0.8 % (Parz. 45). Diesen geringen Anteilen sowie der erheblichen Streuung auch innerhalb der Parzellen entsprechend konnten die Wertdifferenzen zwischen den Düngungsvarianten nicht abgesichert werden.

Tabelle 36

Kulturlungsversuch -GARTOW 5- zu Kiefer, Strobe, Douglasie (Japan.Lärche, Birke); ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme November 1970; hier: B I R K E

NULL		P ₁ Ca ₁	P ₁ Ca ₂	P ₁ K ₁ Ca ₂ Mg ₂	K ₁ Ca ₂ Mg ₂	Ca ₂ Mg ₂			
P.44		P.45	P.46	P.47	P.48	P.49	F-Test	s*	v%
N/ha	2222	3853	3608	3492	2872	2670	n.s.	(17,899)	16,6
HM(m)	9,00	9,30	10,90	10,60	9,60	10,10	*	(0,643)	6,5
HO(m)	11,90	12,30	13,90	13,50	12,00	12,60	**	(0,798)	6,3
DM(cm)	6,30	5,30	7,20	7,10	6,60	6,50	n.s.	(0,339)	5,2
DO(gm)	13,30	12,20	16,60	15,70	14,30	14,10	*	(1,413)	9,9
G(m ² /ha)	6,93	8,52	14,66	14,01	9,72	8,89	n.s.	(0,939)	25,9
V _s (VfmS/ha m.R.)	(22,20)	(22,30)	(56,50)	(52,50)	(32,50)	(29,80)	n.s.	(0,418)	33,2
D U N C A N - T E S T									
HM(m)	P.46 10,90	P.47 10,60	P.49 10,10	P.48 9,60	P.45 9,30	P.44 9,00			
9,00	*	*	n.s.	n.s.	n.s.	-			
9,30	*	*	n.s.	n.s.	-	-			
9,60	*	n.s.	n.s.	-	-	-			
10,10	n.s.	n.s.	-	-	-	-			
10,60	n.s.	-	-	-	-	-			
10,90	-	-	-	-	-	-			
HO(m)	P.46 13,90	P.47 13,50	P.49 12,60	P.45 12,30	P.48 12,00	P.44 11,90			
11,90	***	**	n.s.	n.s.	n.s.	-			
12,00	***	**	n.s.	n.s.	-	-			
12,30	**	**	n.s.	-	-	-			
12,60	**	**	-	-	-	-			
13,50	n.s.	*	-	-	-	-			
13,90	-	-	-	-	-	-			
DO(cm)	P.46 16,60	P.47 15,70	P.48 14,30	P.49 14,10	P.44 13,30	P.45 12,20			
12,20	**	*	n.s.	n.s.	n.s.	-			
13,30	*	n.s.	n.s.	n.s.	-	-			
14,10	*	n.s.	n.s.	-	-	-			
14,30	n.s.	n.s.	-	-	-	-			
15,70	n.s.	-	-	-	-	-			
16,60	-	-	-	-	-	-			
* Den Berechnungen von s und v% liegen die Ausgangszahlen der Parzellenhälfen zugrunde, nicht die ha-Werte.									

Die Addition der direkt stammzahlabhängigen Größen N, G und V über alle Baumarten weist die Parzelle 44 als insgesamt stammzahlreichste und gleichzeitig massenschwchste Variante aus, bei allem Vorbehalt gegenüber den einzelnen Massenwerten (s.3.32). Die Grundflächenhaltung auf dieser Parzelle wird nur noch von der Parzelle 46 mit der insgesamt geringsten Stammzahl unterschritten.

Tabellen 37, 38, 39

Kulturdüngungsversuch -GARTOW 5- zu Kiefer, Strobe, Douglasie, (Japan.Lärche, Birke);
ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme Nov. 1970; hier: J A P A N . L Ä R C H E

	NULL	P ₁ Ca ₁	P ₁ Ca ₂	P ₁ K ₁ Ca ₂ Me ₂	K ₁ Ca ₂ Me ₂	Ca ₂ Me ₂			
	P.44	P.45	P.46	P.47	P.48	P.49	F-Test	s*	v%*
N/ha	317	188	159	159	29	72	n.s.		
HM(m)	9.40	11.00	11.20	11.30	12.30	11.80	n.s.	(0.455)	4.0
HO(m)	10.80	11.80	11.80	11.90	10.50	11.30	n.s.	(0.195)	1.7
DM(cm)	5.00	8.80	9.40	9.50	13.60	11.20	n.s.	(1.404)	13.5
DO(gm)	8.00	11.50	11.40	11.70	7.30	9.50	n.s.	(0.294)	3.0
G(m ² /ha)	0.62	1.15	1.09	1.13	0.42	0.71	n.s.		
V (VfmS/ha m.R.) _s	(3.80)	(6.80)	(6.50)	(6.70)	(2.50)	(4.30)	n.s.		

Kulturdüngungsversuch -GARTOW 5- zu Kiefer, Strobe, Douglasie, (Japan.Lärche, Birke);
ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme Nov. 1970; hier: S T R O B E

	NULL	P ₁ Ca ₁	P ₁ Ca ₂	P ₁ K ₁ Ca ₂ Me ₂	K ₁ Ca ₂ Me ₂	Ca ₂ Me ₂			
	P.44	P.45	P.46	P.47	P.48	P.49	F-Test	s*	v%*
N/ha	231	87	101	159	43	101	n.s.	(1.871)	44.9
HM(m)	4.40	7.10	4.90	7.70	5.90	4.40	n.s.	(0.751)	14.0
HO(m)	5.80	6.80	5.00	8.50	4.30	4.40	n.s.		
DM(cm)	2.90	5.80	3.30	6.90	4.20	2.90	n.s.	(1.458)	34.4
DO(gm)	4.10	5.40	3.30	8.50	2.80	2.90	n.s.	(0.752)	13.7
G(m ² /ha)	0.15	0.23	0.09	0.60	0.06	0.06	n.s.	(0.005)	76.0
V (VfmS/ha m.R.) _s	(0.50)	(1.00)	(0.30)	(2.70)	(0.20)	(0.20)	n.s.	(1.082)	26.3

Kulturdüngungsversuch -GARTOW 5- zu Kiefer, Strobe, Douglasie, (Japan.Lärche, Birke);
ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme Nov. 1970; hier: Summenwerte über die Baumarten
Kiefer, Strobe, Japan.Lärche und Birke

	NULL	P ₁ Ca ₁	P ₁ Ca ₂	P ₁ K ₁ Ca ₂ Me ₂	K ₁ Ca ₂ Me ₂	Ca ₂ Me ₂			
	P.44	P.45	P.46	P.47	P.48	P.49	F-Test	s*	v%*
N/ha	8614	8443	5426	5657	6667	6595	*	(43.186)	18.1
G(m ² /ha)	25.84	30.47	23.77	27.52	28.07	29.59	n.s.	(0.698)	7.3
V (VfmS/ha m.R.) _s	(97.90)	(133.20)	(104.20)	(124.20)	(122.80)	(130.70)	n.s.	(0.422)	10.2

D U N C A N - T E S T

N/ha	P.44	P.45	P.48	P.49	P.47	P.46
	8614	8443	6667	6595	5657	5426
5426	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	-
5657	*	*	n.s.	n.s.	-	
6595	*	n.s.	n.s.	-		
6667	*	n.s.	-			
8443	n.s.	-				
8614	-					
G(m ² /ha)	P.45	P.49	P.48	P.47	P.44	P.46
	30.47	29.59	28.07	27.52	25.84	23.77
23.77	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-
25.84	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-	
27.52	n.s.	n.s.	n.s.	-		
28.07	n.s.	n.s.	-			
29.59	n.s.	-				
30.47	-					

* Den Berechnungen von s und v% liegen die Ausgangszahlen der Parzellenhälfen zugrunde, nicht die ha-Werte !

Zusammenfassend kann die Entwicklung der vier Baumarten in Abhängigkeit von der Düngung wie folgt umrissen werden.

Die P-Düngung hat das Ankommen und das Wuchsverhalten der Birke im Vergleich zur Kiefer erheblich stärker gefördert. Die dennoch überlegene Leistung der Kiefer hinsichtlich Grundfläche und Schaftholzvolumen auf den Parzellen 45 und 49 gibt Anlaß zu der Vermutung, daß eine P-Düngung von nicht mehr als 50 kg/ha P_2O_5 es der Kiefer ermöglicht, sich auf dem vorliegenden Standort im Konkurrenzkampf mit der Birke zu behaupten. Diese Vermutung wird anhand der Ergebnisse der in den folgenden Abschnitten beschriebenen Versuche nachzuprüfen sein. Die Birke zeigt die beste Wuchsleistung auf den am stärksten mit P gedüngten Parzellen 46 und 47. Was die Gesamtvolumenleistung des Mischbestandes anbetrifft, so liegt die NULL-Variante deutlich unter den restlichen fünf Düngungsvarianten.

4.22.14 Zusammenfassung der Versuchsergebnisse zu GARTOW -5-

Im Jahre 1950 wurden im Forstamt GARTOW auf Talsand ein Kulturdüngungsversuch zu Kiefer mit einer 10 %igen Beimischung von Strobe und Douglasie angelegt. Gedüngt wurden insgesamt sechs Düngungsvarianten mit verschiedenen Kombinationen von Thomasmehl, Kalimagnesia und Hüttenkalk. Erste, in den Jahren 1956 und 1957 vom Versuchsansteller durchgeführte ertragskundliche Aufnahmen ergaben für die Kiefer eine Mehrleistung im Höhenzuwachs auf den mit Thomasmehl gedüngten Parzellen von gut 50 %, auf den Hüttenkalkvarianten demgegenüber nur von 21 %.

Die im Jahre 1970 wiederholt durchgeführte Versuchsaufnahme aller ertragskundlichen Größen einschließlich der Entnahme von Boden- und Nadelproben (Kiefer) führte zu folgenden Ergebnissen:

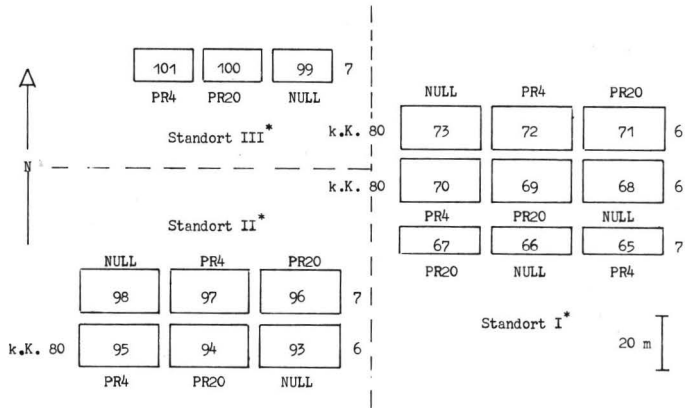
Aufgrund der Ergebnisse der boden- und nadelanalytischen Untersuchungen konnte eine als Auswirkung der Kalkung erkannte gesicherte Anhebung der pH-Werte, bei insgesamt ausreichender P- und N-Versorgung, nachgewiesen werden. Die Versorgung mit den übrigen Hauptnährstoffen ist gut bis sehr gut.

Die Auswirkungen der Düngung auf die Wachstumsleistungen der einzelnen Baumarten ist durch deren baumartenspezifisch stark abweichende Reaktionen, insbesondere der Birke auf die P-Düngung, überlagert worden. Die Birke zeigte auf den stark mit P gedüngten Parzellen das beste Wachstum, während sich die Kiefer auf den mit weniger als 50 kg/ha P_2O_5 gedüngten Varianten der Birke gegenüber behauptet hat.

4.22.2 Versuche -GARTOW 6 und 7-

4.22.21 Versuchsbegründung und -anlage

Die Angaben zum Standort sowie zur Versuchsvorbereitung und -begründung entsprechen denen des bereits beschriebenen und in unmittelbarer Nachbarschaft liegenden Versuchs G 5. Als Mischbaumarten wurden zusätzlich Fichte und Strobe ausgepflanzt. Aus der Lageskizze und der folgenden Zusammenstellung der einzelnen Versuchsdaten können weitere Einzelheiten zur Versuchsanlage entnommen werden.



* Erläuterung im Text!

VERSUCH: GARTOW 6 und 7

VERSUCHSTYP: Kombierter P-Steigerungs- und Ca-Mangelversuch

LAGE: FA. Gartow (Elbe) Betr. Bez. Wirl, Uabt. 82 b

VERSUCHSANSTELLER: Nieders. Forstl. Versuchsring (JUNACK)

GEOLOGIE: Talsand des Elbeurstromtales

HÖHE ÜBER NN: 20 m (Gartow)

BODENART UND -TYP: Humusreicher bis ammooriger Feinsand, Gley

WASSERVERSORGUNG: Grundwasserstand 0,5 - 1,5 m u. GOF

JAHR DER VERSUCHSANLAGE: 1950

KULTURVORBEREITUNG, BEGRÜNDUNGSART: Brandrodung, Scheibenschälpflug, Vollumbruch, Eggen, Pflanzung

BAUMARTEN (% DER GESAMTSTAMMZAHL): Kiefer 90 %, Fichte und Strobe je 5 %

PFLANZGUT UND -VERBAND: Kiefern, 2j.v., 1,0 x 0,5 m, Fichte und Strobe in Einzelmischung

VORBESTAND: bis 1830 landwirtschaftl. Nutzung, bis 1949 Wildbrache (s. G 5!)

DÜNGUNGSVARIANTEN: NULL, P_2Ca_1 , P_6Ca_1 , Ca_5 , P_2Ca_5 , P_6Ca_5

WIEDERHOLUNGEN: (3-fach)

PARZELLENGRÖßEN: wechselnd zwischen 270 und 500 m²

LITERATUR: JUNACK (1953, 60, 66, 70), MYLIUS (1973)

4.22.22 Versuchsergebnisse aus den Jahren 1952 bis 1959

Die in den Jahren von 1952 bis 1959 fast jährlich durchgeführten Höhen- und Triebblängenmessungen sind nach unterschiedlichen Aufnahmeverfahren erfolgt. Zur Anwendung gelangten Abschnittsmessungen und repräsentative (reihenweise) Totalaufnahmeverfahren.

Ein Vergleich der Ergebnisse, die von JUNACK (1953, 1961, 1966) eingehend dargestellt worden sind, läßt erkennen, wie wichtig die Wahl eines geeigneten Aufnahmeverfahrens für die Auswertung von Düngungsversuchen ist.

Bereits im Jahr der Versuchsanlage wurde ein Effekt deutlich, der im Laufe der Zeit versuchsbestimmend werden sollte. Durch die Phosphatdüngung wurde das Ankommen der auf diesem Standort ohnehin stark anfliegenden Birke derartig begünstigt, daß sich im Jahre 1960, obwohl in beiden Versuchen seit 1957 Läuterungen mit dem Ziel der Erhaltung "gutformiger und noch lebensfähiger Kiefern" durchgeführt worden waren, das Verhältnis von Kiefern zu Birken auf den einzelnen Varianten (JUNACK 1961) wie folgt entwickelt hatte.

		Versuch 7		Versuch 6		
NULL		PR 4	PR 20	k.K. 80	PR 4 k.K. 80	PR 20 k.K. 80
Kiefer	100	100	100	100	100	100
Birke	3	159	164	0.6	263	270

Die Birke erwies sich auch vom Höhenwachstum her als überlegene Baumart. Bereits nach 4 Jahren Versuchsdauer hatte sie die Kiefer eingeholt. Im Jahre 1959 betrug ihr Vorsprung auf den mit P gedüngten Varianten 110, auf den Kalk-Varianten immer noch 104 % der Kiefernhöhe auf der NULL-Parzelle.

Trotz des zunehmenden Konkurrenzdruckes seitens der Birke hat die Kiefer dennoch deutlich positiv auf die Düngung, vor allem mit Phosphat, reagiert. Dabei betrug ihre Leistungssteigerung nach 9-jähriger Versuchsdauer auf den mit 100 kg/ha P_2O_5 gedüngten Varianten 32 % und auf den kombinierten P/Ca-Varianten 24 %. Eine Höhenzuwachssteigerung nach erheblich erhöhter P-Gabe (500 kg/ha P_2O_5) wurde dagegen nicht festgestellt.

Eine Bewertung der Düngerwirkung zu diesem Zeitpunkt fällt eindeutig zugunsten von P mit einer Mehrleistung gegenüber unge düngt von 30 % gegenüber 4 % nach erfolgter Kalkung aus. Die auch hier nach Senken und Rücken getrennt durchgeführten Messungen ergaben erwartungsgemäß auf den humusreichen Rücken die geringere Zuwachsreaktion. Der Stand der Höhenentwicklung bei der Kiefer im Jahre 1959 auf allen sechs Behandlungsvarianten geht aus der folgenden Zusammenstellung hervor.

Tabelle 40

Kulturdüngungsversuche -GARTOW 6/7- zu Kiefer, Fichte, Strobe, (Birke); bodenkundliche Daten; Probenahme Herbst 1970;

Tiefen cm	Ca- Düngg.	P - D ü n g u n g			"S t a n d o r t e"						F - Test				s				v%			
		NULL			I		II		III													
		P ₂ Ca ₁ (5)			66 65 67		98 97 96		99 101 100													
		Ca ₄ (5)			63/73 70/72 69/71		93 95 94				P- Düngg.	Ca- Düngg.	Stand- orte	PXCa	P- Düngg.	Ca- Düngg.	Stand- orte	PXCa	P- Düngg.	Ca- Düngg.	Stand- orte	PXCa
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
pH(CaCl ₂) Aufl. - k.K.	3.68 4.07				3.95		3.95	3.53	n.s.	***	*	n.s.			0.741	0.021			7.0	4.5	0.5	
0-30 k.K.	3.70 3.96				3.75		4.09	4.19	n.s.	***	***	n.s.	0.030	0.182	0.207		0.8	4.7	5.4			
15-93 - k.K.					4.33		4.42	4.21	n.s.	n.s.	*	n.s.			0.061	0.061			1.4	1.4		
C(t/ha) Aufl. - k.K.		29.92 29.97	44.84 23.95	36.26 25.96					n.s.	n.s.	n.s.	*		6.043	3.741	6.614		19.0	11.8	20.8		
Gesamt - k.K.		194.74	244.40	205.10	236.41		180.54	218.40	**	n.s.	**	n.s.	25.295		31.745		11.8		14.8			
N(t/ha) Aufl. - k.K.	1.26 0.92								n.s.	*	n.s.	n.s.		0.190	0.174	0.209		17.3	15.9	19.1		
Gesamt - k.K.		9.63	11.97	10.37	12.18		8.26	10.90	*	n.s.	***	n.s.	1.162	0.118	2.121		10.9	1.1	19.9			
C/N Gesamt - k.K.					19.52		22.38	20.04	n.s.	n.s.	*	n.s.	0.639	0.943	1.436		3.1	4.6	7.0			
Pt(kg/ha) Aufl. - k.K.	76.33 58.79	52.97	62.72	87.00					**	*	n.s.	n.s.	16.857	11.772	8.619		25.0	17.4	12.8			
Gesamt - k.K.		658.11	780.76	783.19	740.33		668.00	887.10	**	n.s.	**	n.s.	64.506	34.641	75.319	14.711	8.7	4.7	10.2		2.0	

Höhe der Kiefer 1959	Versuch 7			Versuch 6		
	NULL	PR 4	PR 20	NULL	PR 4	PR 20
	ohne k.K.80			mit k.K.80		
cm	320	422	415	333	412	403
%	100	132	130	104	129	126

4.22.23 Ergebnisse der Versuchsaufnahme 1970/71

Die Aufnahmearbeiten erstreckten sich vom Herbst 1970 (Bodenproben, ertragskundliche Aufnahmen) bis zum Beginn des Jahres 1971 (Nadelproben). Eine erste teilweise Bearbeitung des erhobenen Zahlenmaterials ist im Rahmen einer Diplomarbeit an der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen (MYLIUS, 1973) erfolgt.

4.22.231 Bodenkundliche Ergebnisse

Die Probenahme ist aus je zwei im SO und NW einer jeden Parzelle gegrabenen Bodeneinschlägen horizontweise erfolgt. Die von einer 0.1 m² großen Probefläche entnommenen Humusproben umfaßten die gesamte Auflageschicht (O_{L,F,H}) einschließlich der frischen Streu. Die analysierten Gehalte an C, N und P wurden im Hinblick auf den Nachweis der mit der Düngung zugeführten Nährstoffe und unter Zugrundelegung einer durchschnittlichen Bodendichte von 1.0 in A_h- bis 1.5 g/cm³ im Go/R - Horizont in Vorräte/ha umgerechnet. Die Dichtebestimmung gestaltete sich aufgrund des bis in eine Tiefe von 30-40 cm als Folge des Vollumbruchs stark durch Humuseinlagerungen gestörten Profils schwierig. Die in der Tabelle 40 zusammengefaßten Ergebnisse sollten deshalb als Näherungswerte und mit dem nötigen Vorbehalt interpretiert werden.

Zum Aufbau der Tabelle 40 seien einige Bemerkungen vorausgeschickt. Das varianzanalytische Verrechnungsmodell berücksichtigte die Faktoren "Ca-Düngung", "P-Düngung" und die als "Standorte" bezeichneten Parzellengruppierungen I, II und III (s. Lage-skizze und Spalten 6-8!). Vertikal ist die Tabelle in "Nährstoffvorräte", diese wiederum in die gem. Faktor "Ca-Düngung" vorliegenden Varianten "NULL" und "Kalkmangel" unterteilt. Je nach dem Ergebnis der statistischen Verrechnung wurden entsprechende Mittelwerte angegeben. In den Spalten 13 bis 20 sind darüberhinaus die Standardabweichung und der Variationskoeffizient, nach Behandlungsfaktoren hergeleitet, angeführt.

Aus der Tabelle geht hervor, daß die mit 80 dz/ha Kalkmangel durchgeführte Kalkungsmaßnahme eine gesicherte Verbesserung der Bodenreaktion in der Auflage und im obersten Mineralbodenhorizont bewirkt hat. Innerhalb der drei Parzellengruppierungen wurden gesicherte Unterschiede festgestellt, die jedoch in den beiden obersten Entnahmebereichen gegenläufige Tendenzen aufweisen und sich zudem mit zunehmender Tiefe nivellieren, was u.U. ein Hinweis auf den bereits beim vorigen Versuch (4.22.1) vermuteten

Einfluß von kalkführendem Grundwasser sein könnte.

Die für die Auflageschicht und für den gesamten Entnahmebereich in Vorräte (t/ha) umgerechneten C-Gehalte auf den einzelnen Düngungsvarianten, die als Weiser für die organische Substanzproduktion herangezogen werden können, zeigen eine Erhöhung durch die P-Düngung, und zwar deutlicher auf der mit 4 als mit 20 dz/ha Rhenaniaphosphat gedüngten Variante sowie einen verstärkten Abbau der organischen Substanz auf den zusätzlich mit Kalkmergel gedüngten Parzellen. Die erheblich geringeren C-Vorräte auf der PR 20-Variante als auf der PR 4-Variante unterstreichen das bisher festgestellte und sind ein Hinweis auf den 40-%igen CaO-Gehalt im Rhenania-Phosphat.

Das aus den Gesamtvorräten für C und N für den ganzen Entnahmebereich errechnete C/N-Verhältnis kann als Weiser einer günstigen N-Versorgung angesehen werden. Gesicherte Unterschiede zwischen den einzelnen Düngungsvarianten wurden nicht festgestellt.

Was die Stickstoff-Vorräte anbetrifft, so liegen durchaus vergleichbare Verhältnisse wie bei den bereits festgestellten C-Vorräten vor. Die P-Düngung hat einen gesicherten Anstieg der N-Vorräte zur Folge gehabt, der jedoch als Folge der zusätzlichen Kalkung und aufgrund angeregter Abbauvorgänge signifikant verringert worden ist. Ein Einfluß der Kalkungsmaßnahme kann auch hier anhand der Wertedifferenzen zwischen den beiden P-Varianten beobachtet werden. Auch bei den N-Vorräten weist die Parzellengruppierung ("Standort") II die geringsten Werte auf.

Die in kg/ha angegebenen Gesamt-P-Vorräte auf den P-Varianten sind, dem Versuchsziel entsprechend, im Vergleich zu ungedüngt gesichert (Sp. 9) höher. Dieses Ergebnis ist besonders augenfällig im Teilversuch 7 (ohne Kalkmergel), während die zusätzliche Kalkdüngung im Versuch 6 einen Überlagerungseffekt bewirkt hat.

Faßt man die Ergebnisse der Bodenanalysen zusammen, so läßt sich die augenblickliche Nährstoffsituation im Hinblick auf die Auswirkungen der Düngungsmaßnahmen vorläufig wie folgt darstellen: (Eine abschließende Beurteilung kann erst unter Hinzuziehung der Nadelanalysenergebnisse erfolgen.)

Tabellen 41 und 42

Kulturdüngungsversuche -GARTOW 6/7- zu Kiefer, Fichte, Strobe, (Birke); nadelanalytische Daten;
Probenahme Jan./Febr. 1971; hier: K I E F E R

Versuch 6	Ca ₅ P.68,73, 95	P ₂ Ca ₅ P.70,72, 95	P ₆ Ca ₅ P.69,71, 94	F-Test Düngg.	s		v%	
					Düngg.	Proben.	Düngg.	Proben.
Asche (%Tr.S.)	3.049			n.s.	0.122	0.197	4.0	6.5
N %	1.653			n.s.	0.138		8.3	
P %	0.153	0.175	0.216	**	0.031	0.015	17.0	8.1
K %	0.550			n.s.	0.041	0.043	7.5	7.8
Ca %	0.341			n.s.	0.022	0.057	6.4	16.6
Mg %	0.096	0.107	0.130	*	0.017	0.010	15.0	8.6
Na %	0.020	0.029	0.036	**	0.008	0.004	27.1	13.0
Mn %	0.011			n.s.	0.003		24.2	
Fe %	0.026			n.s.	0.003	0.005	10.0	17.8
Al %	0.038			n.s.	0.010		24.8	

Versuch 7	NULL P.66,98, 99	P ₂ Ca ₁ P.65,97, 101	P ₆ Ca ₁ P.67,96, 100	F-Test Düngg.	s		v%	
					Düngg.	Proben.	Düngg.	Proben.
Asche (%Tr.S.)	2.762			n.s.	0.115		4.2	
N %	1.673			n.s.	0.077	0.124	4.6	7.4
P %	0.166			n.s.	0.006	0.014	3.9	8.2
K %	0.530	0.595	0.486	*	0.050	0.040	9.3	7.4
Ca %	0.316			n.s.	0.032		10.1	
Mg %	0.094			n.s.	0.010		10.1	
Na %	0.032			n.s.	0.006		18.0	
Mn %	0.013				0.001	0.002	9.4	18.4
Fe %	0.024	0.028	0.028	*	0.002	0.002	8.0	6.3
Al %	0.037			n.s.	0.005		14.1	

Kulturdüngungsversuche -GARTOW 6/7- zu Kiefer, Fichte, Strobe, (Birke); nadelanalytische Daten;
Probenahme Jan./Febr. 1971; hier: K I E F E R

Versuch 7						Versuch 6			F - Test			s "Fehler"	v% "Fehler"
NULL P.66,98, 99	P ₂ Ca ₁ P.65,97, 101	P ₆ Ca ₁ P.67,96, 100	Ca ₅ P.68,73, 93	P ₂ Ca ₅ P.70,72 95	P ₆ Ca ₅ P.69,71, 94	Ca- Düngg.	P- Düngg.	I.A.					
Asche(%Tr.S.)	2.762			3.049			**	n.s.	n.s.	0.016	5.6		
N %	1.663						n.s.	n.s.	n.s.	0.131	7.9		
P %	0.158	0.163	0.177	0.153	0.175	0.216	*	***	n.s.	0.014	8.2		
K %	0.530	0.595	0.486	0.495	0.585	0.596	n.s.	*	n.s.	0.041	7.6		
Ca %	0.328						n.s.	n.s.	n.s.	0.046	14.0		
Mg %	0.092	0.094	0.096	0.096	0.107	0.130	**	*	*	0.010	9.3		
Na %	0.027	0.033	0.033	0.020	0.029	0.036	n.s.	**	n.s.	0.005	16.3		
Mn %	0.012						n.s.	n.s.	n.s.	0.003	21.1		
Fe %	0.024	0.028	0.028	0.022	0.028	0.029	n.s.	*	n.s.	0.004	13.3		
Al %	0.037						n.s.	n.s.	n.s.	0.008	20.3		

Die ausschließliche P-Düngung (Versuch 7) hat hinsichtlich der Elemente C, N und P eine gesicherte Verbesserung der Versorgungslage bewirkt. Zugleich wurde jedoch durch die zusätzliche Kalk-Düngung (Versuch 6) eine Anhebung der Bodenreaktion und darüberhinaus eine Beschleunigung der Umsetzungsvorgänge erreicht, die sich allerdings wiederum in einer Verringerung der Elementvorräte niederschlagen.

4.22.232 Ergebnisse der Nadelanalysen

Nadelproben wurden nur von der Kiefer entnommen, und zwar von mindestens 5 Bäumen je Parzelle. Dieses entspricht einem Probenmaterial von 15 Bäumen je Düngungsvariante. Die Auswahl geeigneter Probestämme gestaltete sich auf den als Folge der P-Düngung mit nahezu reinen Birkenbeständen bestandenen P-Varianten schwierig. In der Tabelle 41 sind die Ergebnisse aus getrennter Verrechnung beider Versuche, in Tabelle 42 die Ergebnisse der gemeinsamen Verrechnung dargestellt.

Der Aschegehalt wurde durch die zusätzliche Kalkmergeldüngung um gesicherte 10 % erhöht. Demgegenüber konnte eine Verbesserung des im Grenzbereich einer ausreichenden Versorgung liegenden N-Gehalte in den Kiefernadeln nicht erzielt werden, ebensowenig wie bei der insgesamt sehr guten Ca- und Mn-Versorgung.

Was die P-Gehalte anbetrifft, so hat die Phosphat- und in noch stärkerem Maße die kombinierte Phosphat-Kalk-Düngung eine Erhöhung bewirkt. Die P-Versorgung kann allgemein, auch auf der NULL-Variante, als gut bis sehr gut bezeichnet werden.

Die Kalium-Gehalte zeigen eine zunehmende Tendenz mit steigender P-Düngung, wobei die jeweilige Depression auf der stärksten P-Variante auf antagonistische Wechselwirkungen zurückgeführt werden muß. Die Versorgung mit diesem Nährstoff ist ebenfalls ausreichend.

Die Magnesium-Versorgung ist auf allen Varianten voll ausreichend. Sie zeigt eine statistisch gesicherte positive Abhängigkeit zur P-Düngung, die durch die Ca-Zufuhr noch verstärkt wird.

Von den darüberhinaus analysierten Elementen zeigen die Gehalte an Natrium und an Eisen den gleichen Effekt.

Es hat den Anschein, daß die Kiefer auf dem vorliegenden Standort, rd. 20 Jahre nach einer Düngung mit 4 bzw. 20 dz/ha Rhenania-Phosphat und 80 dz/ha Kalkmergel, eine insgesamt ausreichende bis gute Nährstoff-Versorgung vorfindet. Die auf den P-Varianten beobachtete Anhebung der einzelnen Spiegelwerte wurde durch die zusätzliche Ca-Zufuhr i.d.R. noch verstärkt.

4.22.233 Ertragskundliche Aufnahmeergebnisse

Der bereits im vorangegangenen Abschnitt zu Versuch G 5 festgestellte Einfluß der P-Ca-Düngung auf die Baumartenzusammensetzung gilt in gleichem Maße für die Versuche G 6 und G 7. Dieser Düngungseffekt war zum Zeitpunkt der Versuchsanlage weder erwünscht noch in dem Ausmaß erwartet worden. Er hat sich jedoch im Laufe der Versuchsentwicklung, vom Versuchsansteller durch Unterlassung nahezu jeglicher Pflegemaßnahmen auf den Parzellen direkt unterstützt, zur wuchsbestimmenden Komponente entwickelt, ohne deren Berücksichtigung insbesondere jede ertragskundliche Beurteilung des Versuchs "an den Tatsachen vorbeiginge". In der Tabelle 43 ist anhand der prozentuellen Anteile der einzelnen Baumarten die Situation auf den einzelnen Parzellen zum Zeitpunkt der Versuchsaufnahme im Herbst 1970 dargestellt.

Tabelle 43									
Kulturdüngungsversuche -GARTOW 6 und 7-; Baumartenanteile in %									
Versuch 7	Parz.	Düngg.-Var.	Kiefer	Birke	Se.:	Fichte	Strobe	Lärche	Aspe
	66	NULL	83	15	98	-	2	-	-
	98	NULL	75 73	18 19	93	-	6	1	-
	99	NULL	57	24	81	1	10	7	1
	65	PR 4	35	65	100	-	-	-	-
	97	PR 4	69 49	25 42	94	-	4	2	-
	101	PR 4	31	45	76	6	15	3	-
	67	PR 20	37	63	100	-	-	-	-
	96	PR 20	67 46	27 45	94	-	4	2	-
	100	PR 20	23	53	76	7	13	4	-
Versuch 6	68	k.K. 80	81	10	91	3	3	2	1
	73	k.K. 80	70 74	19 17	89	4	7	-	-
	93	k.K. 80	70	23	93	-	4	2	1
	70	k.K.80+PR4	27	62	89	1	8	1	1
	72	k.K.80+PR4	24 40	66 51	90	5	4	-	1
	95	k.K.80+PR4	68	25	93	-	2	3	2
	69	k.K.80+PR20	10	84	94	-	4	1	1
	71	k.K.80+PR20	20 28	70 63	90	5	4	-	1
	94	k.K.80+PR20	54	34	88	-	6	5	1

Nach der Tabelle haben Kiefer und Birke zusammen einen von Parzelle zu Parzelle wechselnden Anteil an der Gesamtstammzahl zwischen 76 und 100 %. Von den übrigen Mischbaumarten hat nur die Strobe ihren ursprünglichen Anteil von 5 % im Durchschnitt aller Parzellen behaupten können, wobei sie auf den Parzellen 99 bis 101 ("Standort" III) besonders günstige Bedingungen vorgefunden haben muß. Der Anteil der mit gleicher Ausgangsstammzahl ausgepflanzten Fichte hat sich auf durchschnittlich knapp 4 % verringert. Die im Zuge der Nachbesserung eingebrachte Lärche und die nachträglich eingeflogene Aspe sind mit erheblich geringen Stammzahlen vertreten.

Betrachtet man das Zahlenverhältnis von Kiefer und Birke, so fällt zunächst einmal auf, daß der anhand der gewogenen Mittelwerte für die einzelnen Düngungsvarianten dargestellte Kiefernanteil mit zunehmender P-Düngung ab- und der Birkenanteil dementsprechend zunimmt. Diese Entwicklung ist auf den zusätzlich mit Kalk gedüngten Parzellen des Versuchs 6 noch deutlicher. Einschränkend muß allerdings daraufhingewiesen werden, daß auf den Parzellen 94 bis 97 ein entgegengesetztes Verhalten beider Baumarten beobachtet werden kann. Eine Erklärung hierfür konnte nicht gefunden werden. Möglich wäre, daß im Zuge der seit 1957 vom Versuchsansteller vereinzelt durchgeführten Läuterungsmaßnahmen (JUNACK, 1961) der auf diesen P-Varianten möglicherweise besonders starke (?) Birkenanflug schwerpunktmäßig entfernt worden ist und somit der Kiefer entscheidende Wuchsvorteile verschafft worden sind (Vom Versuchsansteller unterdessen bestätigt!) Bezeichnenderweise liegen auf den benachbarten nicht mit P gedüngten Parzellen 93 und 98 "normale" Verhältnisse vor.

Die Ergebnisse der ertragskundlichen Aufnahme von Kiefer und Birke sind in den Tabellen 44, 45 und 46 zusammengefaßt.

Die als Folge der gestaffelten P-Düngung bewirkte Verstärkung der Birkenkonkurrenz und die dadurch veranlaßte Stammzahlreduktion bei der **K i e f e r** ist, trotz beträchtlicher Streuungen innerhalb der Düngungsvarianten, hochgesichert. Zugleich wurde eine signifikante Überlegenheit der Kiefernanzahl innerhalb der "Standortsgruppe II" festgestellt, wozu der Versuch einer Erklärung bereits gemacht wurde. Die Brusthöhendurchmesser-

und Höhenwerte weisen trotz zunehmender Birkenkonkurrenz mit steigender P-Düngung gesichert bessere Ergebnisse auf. Erwartungsgemäß sind die Grundflächen- und Volumenwerte als Folge der extremen Stammzahlreduzierung rückläufig (zwischen 29 und 54 % der Werte auf den P-freien Varianten).

Tabelle 44

Kulturdüngungsversuche -GARTOW 6/7- zu Kiefer, Fichte, Strobe, (Birke); ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme August/September 1970; hier: K I E F E R

		-	PR 4	PR 20	F - Test		s		y%	
		k.K.80	k.K.80	k.K.80	P-Düngung	Standort	P-Düngung	Standort	P-Düngung	Standort
N/ha	I	4851	2023	1495	***	**	1466.732	1032.424	48.4	34.0
	II	5307	3981	2881						
	III	2974	1310	863						
HM(m)		8.87	10.32	10.55	**	n.s.	0.909		9.2	
HO(m)		10.47	12.22	12.47	**	n.s.	1.051	0.201	9.0	1.7
DM(cm)		7.72	8.88	9.12	**	n.s.	0.738		8.6	
DO(cm)		14.27	14.57	14.90	n.s.	n.s.				
G(m ² /ha)		21.88	16.28	12.45	*	n.s.	4.411	5.127	26.2	30.4
V (VfmS/ha m.R.)		(102.55)	(88.50)	(68.10)	n.s.	n.s.	13.769	24.779	15.9	28.7

Weniger eindeutig sind die Ergebnisse für die B i r k e (Tab.45). Während bei den Stammzahlen erwartungsgemäß die gegenläufige Entwicklung zur Kiefer beobachtet werden kann, liegen die Höhenwerte trotz eines gesicherten P-Effektes auf der PR-20-Variante grundsätzlich unter denen der PR-4-Variante. Die bereits bei den Stammzahlen zu beobachtende relativ geringere Auswirkung der um das 5-fache erhöhten P-Gabe scheint auch bei den Höhenwerten darauf hinzudeuten, daß die Birke diese extrem hohe P-Gabe nicht mehr voll in Wuchsennergie umzusetzen vermag. Darüberhinaus weisen die Höhenwerte eine gesicherte Überlegenheit der dritten Parzellengruppierung auf.

Eine ähnliche, wenn auch weniger stark ausgeprägte Überlegenheit kann bei den Durchmesserwerten festgestellt werden. Zugleich tritt, erstmals für beide Baumarten, ein gesicherter positiver Ca-Düngungseffekt (DM) auf. Bei den Grundflächen- und Volumen-

Bei der Besprechung der Tabelle 43 (prozentuelle Baumartenanteile) wurde auf das geringe Vorkommen der Mischbaumarten Fichte, Strobe, Lärche und Aspe hingewiesen. Deshalb und wegen der entsprechend großen Streuungen der ertragskundlichen Daten dieser Baumarten innerhalb der Düngungsvarianten wurde von einer statistischen Verrechnung ihrer ertragskundlichen Ergebnisse abgesehen. Ihre Entwicklung innerhalb der beiden Versuche soll jedoch anhand der Tabelle 47 kurz geschildert werden.

Tabelle 47 Kulturdüngungsversuche -GARTOW 6 und 7-; ertragskundliche Meßergebnisse der Mischbaumarten; Versuchsaufnahme 1970/71						
	NULL	PR 4	PR 20	k.K. 80	PR 4 k.K. 80	PR 20 k.K. 80
<u>Strobe</u> G(m ² /ha)	0.29 100	1.07* 369	1.18* 407	0.52 179	0.59 204	0.35 121
<u>Japan.Lärche</u> G(m ² /ha)	2.13* 100	1.78* 83	1.87* 88	1.00 47	1.48* 70	1.47 69
<u>Fichte</u> ** BHD $\bar{x}$ (cm) %	1.4(1) 100	2.5(7) 179	2.5(7) 179	1.4(14) 100	2.2(22) 157	2.9(10) 207
<u>Aspe</u> ** BHD $\bar{x}$ (cm) %	4.0(2) 100	- -	- -	5.3(6) 133	5.7(9) 143	17.7(7) 443
* Den Werten liegen die Stammzahlen nur zweier Parzellen zugrunde ** Werte in Klammern: Stammzahlen je Düngungsvariante						

Die S t r o b e hat mit Grundflächenwerten zwischen 0.29 und 1.18 m²/ha einen Anteil an der Gesamtgrundflächenhaltung von weniger als einem Prozent. Die Mehrleistungen gegenüber ungedüngt schwanken zwischen 21 und 307 % und deuten insgesamt auf einen positiven Düngungseffekt hin.

Die entsprechenden Werte für die J a p a n. L ä r c h e liegen geringfügig darüber. Im Gegensatz zur Strobe wurden die besten Wuchsleistungen auf der NULL-Variante festgestellt.

Für die F i c h t e und für die A s p e, die nur in Einzel-exemplaren verstreut angetroffen wurden, sind die arithmetischen Mittelwerte des Brusthöhendurchmessers angegeben. Eine Interpretation dieser Daten erübrigt sich angesichts des geringen Probenmaterials.

Eine Zusammenfassung der ertragskundlichen Ergebnisse beider Versuche muß an erster Stelle das überlegene Wuchsverhalten der durch die P-Düngung in ihrem Ankommen und in ihrer Entwicklung sehr stark geförderten Birke nennen. Mit Ausnahme eines Parzellenkomplexes, in dem möglicherweise die "natürliche" Bestandesentwicklung durch gezielte Läuterungsmaßnahmen zugunsten der Kiefer beeinflußt worden ist, hat die Birke überall auf den P-Varianten die Kiefer stark bedrängt und teilweise verdrängt. Dennoch ist die positive Reaktion der Kiefer auf die einzelnen P-Dünger-Gaben hinsichtlich ihrer Durchmesser- und Höhenwerte deutlicher als bei der Birke, die ihr Optimum offensichtlich bereits auf den nur mit 4 dz/ha Rhenania-Phosphat gedüngten Varianten findet. Die direkt stammzahlabhängigen Größen beider Baumarten verhalten sich hinsichtlich der P-Düngung gegenläufig, wobei eine geringe Verstärkung dieses Effektes durch die Kalkungsmaßnahme festgestellt wurde. Die übrigen Mischbaumarten spielten zum Zeitpunkt der Versuchsaufnahme eine nur untergeordnete Rolle im Bestandesaufbau.

4.22.24 Zusammenfassung der Versuchsergebnisse zu GARTOW 6/7

Im Jahre 1950 wurden im FA. GARTOW (Elbe) auf einem grundwasser-nahen Talsand zwei Kulturdüngungsversuche zu Kiefer mit geringen Beimengungen von Fichte und Strobe angelegt. Versuchsziel war die Prüfung einer Leistungssteigerung der o.a. Baumarten durch eine Düngung mit Rhenania-Phosphat und Kalkmergel.

Bereits im Jahr der Versuchsbegründung wurde auf den P-Varianten ein verstärktes Ankommen der Birke beobachtet. Erste, während der Jahre 1952 bis 1959 durchgeführte Messungen zeigten, daß die Birke auf den mit P gedüngten Parzellen die Kiefer zu verdrängen begann, obwohl auch diese positiv auf die Düngung reagierte.

Eine 1970/71 durchgeführte umfassende Versuchsaufnahme ergab folgende Ergebnisse:

Die Bodenvorräte an C, N und P wurden durch die P-Düngung (4 bzw. 20 dz/ha Rhenania-Phosphat) gesichert verbessert. Die zusätz-

liche Kalkung mit 80 dz/ha Kalkmergel hat neben einer Verbesserung der Bodenreaktion zu einer Anregung der Mineralisationsvorgänge beigetragen. Die allgemein verbesserte Ernährungssituation schlägt sich in den Ergebnissen der von den Kiefernadeln durchgeführten Elementanalysen nieder. Bis auf eine nur als ausreichend zu bezeichnende N-Versorgung liegen nahezu alle Elemente in einem guten bis sehr guten Angebot vor.

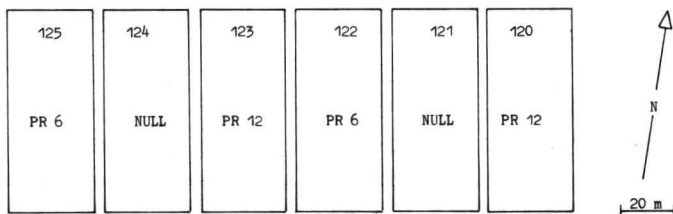
Die daraus zu erwartende günstige Entwicklung der Kiefer ist hinsichtlich ihrer Höhen- und Durchmesserleistungen auch gesichert nachweisbar, wird jedoch durch die als Folge der P-Düngung übermäßig begünstigte Birke erheblich beeinträchtigt. Auf den P-Varianten wurde die Kiefer nahezu verdrängt. Diese vom Versuchsansteller bewußt nicht gestörte Entwicklung gibt einen Hinweis auf die im Falle einer mineralischen Düngung der Kiefer auf dem vorliegenden Standort, vor allem mit hohen P-Gaben, zu erwartenden waldbaulichen Probleme.

4.22.3 Versuch GARTOW -10-

Der einzige der im Rahmen der vorliegenden Arbeit ausgewerteten Versuche, der erstmals 1970/71 aufgenommen wurde, ist zusammen mit den zu Kiefer bereits beschriebenen Kulturdüngungsversuchen G 5, 6 und 7 in der Uabt. 82 b des FA. GARTOW angelegt worden. Eine erste Bearbeitung der Versuchsergebnisse erfolgte zusammen mit denen von Versuch G 5 (4.22.1) im Rahmen einer Diplomarbeit an der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen (C. LIEBENEINER, 1972).

4.22.31 Versuchsbegründung und -anlage

Einzelheiten zur Versuchsanlage sind aus der Lageskizze und der folgenden Zusammenstellung der wichtigsten Versuchsdaten zu entnehmen.



VERSUCH: GARTOW -10-

VERSUCHSTYP: Phosphatsteigerungsversuch

LAGE: FA. Gartow (Elbe), Betr. Bez. Wirl, Uabt. 82 b

VERSUCHSANSTELLER: Nieders. Forstl. Versuchsring (JUNACK)

GEOLOGIE: Talsand des Elbeurstromtales

HÖHE ÜBER NN: 20 m (Gartow)

BODENART UND -TYP: Humusreicher bis ammooriger Feinsand, Gley

WASSERVERSORGUNG: Grundwasserstand jahreszeitlich wechselnd zwischen 0.5 - 1.5 m u. GOF

JAHR DER VERSUCHSANLAGE: 1949/50

KULTURVORBEREITUNG, BEGRÜNDUNGSART: Brandrodung, Scheibenschälplflug, Vollumbruch, Eggen, Pflanzung + Dauerlupine

BAUMARTEN (% DER GESAMTSTAMMZAHL): Kiefer 90 %, Fichte 10 % einzelstammweise

PFLANZGUT UND -VERBAND: Kiefern, 1j.v.Sämlinge, 0.5 x 0.33m; Fichte, 2j.v.Sämlinge, einzelstammweise, Nachbesserung

VORBESTAND: 120 Jahre Wildbrache, davor landwirtschaftlich genutzt (1952 mit 2400 2j. RErl, 700 2j. Jlä und 300 2j. Europ. Lärchen)

DÜNGUNGSVARIANTEN: NULL, PR 6, PR 12

WIEDERHOLUNGEN: 2-fach

PARZELLENGRÖSSEN: 2430 m²

LITERATUR: JUNACK (1966), LIEBENEINER (1972)

Tabelle 48

Kulturlungsversuch -GARTOW 10- zu Kiefer, Fichte, Strobe, Europ. Lärche, Roterle, (Birke); bodenkundliche Daten;
Probenahme Oktober 1970;

Tiefen / Aufl.- cm Str.		STANDORT "OST"			STANDORT "WEST"			F - Test			s			v%		
		NULL	P ₂ Ca ₁	P ₄ Ca ₁	NULL	P ₂ Ca ₁	P ₄ Ca ₁	Düngg.	Stand- ort	Aufn.- Str.	Düngg.	Stand- ort	Aufn.- Str.	Düngg.	Stand- ort	Aufn.- Str.
		P ₁ 121	P ₁ 122	P ₁ 120	P ₁ 124	P ₁ 125	P ₁ 123									
pH(CaCl ₂)	Aufl. Süd Mitte Nord		3.49			3.74		n.s.	***	n.s.		0.175			4.8	
	0-34 Süd Mitte Nord		3.63			3.79		n.s.	**	n.s.		0.162			4.4	
	20-66 Süd Mitte Nord		4.17			4.71		n.s.	**	n.s.		0.375	0.196		8.5	4.4
C(Tr.S.)	Aufl. Süd Mitte Nord		41.31			35.08		n.s.	**	n.s.		5.076	1.735		13.3	4.5
	0-34 Süd Mitte Nord				9.88 11.30 13.76			n.s.	n.s.	**		1.723	1.936		14.8	16.6
N(Tr.S.)	Aufl. Süd Mitte Nord		1.60			1.51		n.s.	*	n.s.		0.100			6.4	
	0-34 Süd Mitte Nord				0.582 0.675 0.641			n.s.	n.s.	**		0.105	0.105		15.5	15.3
	20-66 Süd Mitte Nord				0.026 0.021 0.019			n.s.	n.s.	**	0.003		0.006	11.8		26.0
C/N	Aufl. Süd Mitte Nord		27.92 25.13 25.77			25.25 22.25 22.13		n.s.	*	*	2.183	1.881	1.556	8.8	7.6	6.3
	0-34 Süd Mitte Nord				17.09			n.s.	n.s.	n.s.	0.204		0.049	1.2		0.3
Pt(mg/100g)	Aufl. Süd Mitte Nord		95.70			90.91		n.s.	*	n.s.		4.780			5.1	
	0-34 Süd Mitte Nord				43.33			n.s.	n.s.	n.s.		2.647	4.583		6.1	10.6
	20-66 Süd Mitte Nord				11.92 11.91 11.14			n.s.	n.s.	*	0.835	0.542	1.270	7.2	4.7	10.9
C/P	Aufl. Süd Mitte Nord		432.62			387.05		n.s.	**	n.s.	36.760	35.258	13.351	9.0	8.6	3.3

4.22.32 Ergebnisse früherer Aufnahmen liegen zu diesem Versuch nicht vor

4.22.33 Ergebnisse der Versuchsaufnahme 1970/71

Die ertragskundliche Versuchsaufnahme sowie die Nadel- und Bodenprobenahme ist auf den vergleichsweise sehr großen Versuchsparzellen mittels eines Repräsentativverfahrens auf Probeflächen erfolgt. Zu diesem Zweck wurden auf jeder Parzelle drei 3 m breite, über die gesamte O-W-Ausdehnung der Parzellen verlaufende Probestreifen ausgeschieden, die, bei gleichzeitiger Ausschaltung eines möglichen Randeffektes am Anfang und am Ende der Aufnahmestreifen, mit zusammen 280 m² rd. 12 % der Parzellenfläche darstellten. Von den Probestreifen wurden die Parzellen in vier nahezu gleichgroße Teile aufgeteilt.

Auf jedem Streifen wurden zwei Bodenprofile für die Bodenprobenentnahme gegraben. Alle Bäume eines jeden Streifens wurden in 1.3 m Höhe gekloppt. Die Messung der Höhen (Blume-Leis) erfolgte repräsentativ z. T. auf den Probestreifen, z. T. auf den benachbarten Parzellenteilen im Norden und Süden des Streifens. Nadelproben wurden von drei Bäumen je Aufnahmestreifen bzw. 18 Bäumen je Düngungsvariante entnommen und parzellenweise zu einer Mischprobe vereinigt.

4.22.331 Ergebnisse der Bodenanalysen

Die im Vergleich zu den übrigen Versuchen relativ aufwendige Probenahme erfolgte horizontweise aus zwei Profilen je Aufnahmestreifen, mithin von 12 Profilen je Düngungsvariante. Festgestellt wurde der pH-Wert bis in e. Tiefe von annähernd 60 cm (G_0), die C/N- und C/P-Verhältnisswerte im Bereich der Auflage-schicht (C/P) und des $A_{h(a)}$ -Horizontes (C/N) sowie die Gehalte an C, N und Gesamt-P, i.d.R. über alle Entnahmetiefen. Es sei vorweggenommen, das es auch mit diesem aufwendigen Probenahmeverfahren in keinem einzigen Fall gelungen ist, Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten, die auf die Düngung hätten zurückgeführt werden können, statistisch abzusichern. In der Tabelle 48 sind bei Nichtvorliegen signifikanter Unterschiede nur die jeweiligen Mittelwerte angegeben worden.

Demgegenüber wurden jedoch relativ häufig sowohl innerhalb der vom Standort her als homogen angesehenen Versuchsfläche als auch innerhalb der einzelnen Parzellen gesicherte Unterschiede in den Analysenwerten festgestellt, die auf kleinflächige Standortsunterschiede zurückgeführt werden müssen. Es bleibt die Frage,

ob auf einem grundwasserbeeinflussten Talsand eine vor 20 Jahren mit 6 bzw 12 dz/ha Rhenania-Phosphat erfolgte Düngung grundsätzlich überhaupt nachzuweisen ist. Im folgenden werden die Tabellenwerte kurz besprochen.

Aus den mittleren pH-Werten in allen drei Entnahmetiefen wurde, ähnlich wie in Versuch G 5, eine statistisch gesicherte deutlich stärkere Versauerung im östlichen Versuchsteil festgestellt. Die C/N-Verhältnismerte deuten auf eine ausreichende (Ostteil) bis gute (Westteil des Versuchs) N-Versorgung hin. Auch das C/P-Verhältnis ist auf dem Westteil des Versuchs enger als auf dem Ostteil.

Für den Versuch GARTOW 10 kann somit eine deutlich schlechtere Nährstoffversorgung im östlichen Versuchsteil, d.h. parallel zu den ansteigenden Parzellennummern, festgestellt werden. Auswirkungen der vor 20 Jahren erfolgten Düngung, beispielsweise im Hinblick auf die P-Versorgung im Boden, konnten nicht nachgewiesen werden.

4.22.332 Ergebnisse der Nadelanalysen

Die anhand der Ergebnisse der Bodenanalysen festgestellte schwächere Nährstoffversorgung auf der östlichen Versuchsflächenhälfte wurde anhand der Elementspiegelwerte in den Kiefernadeln nicht bestätigt. Die Ergebnisse der Nadelanalysen sind in der Tabelle 51 zusammengefaßt.

Mögliche Nachwirkungen der P-Düngung ließen sich auch hier nicht nachweisen. Die Versorgungslage mit allen analysierten Elementen ist zumindest ausreichend (N und K auf den Parzellen 123 und 125), wenn nicht gut bis sehr gut. Die z.T. erheblichen Streuungen der Analysenwerte, u.a. bei Ca, Mn und Al, müssen auf das mengenmäßig unzureichende Probenmaterial zurückgeführt werden.

4.22.333 Ergebnisse der ertragskundlichen Versuchsaufnahme 1970/71

Das Aufnahmeverfahren wurde bereits geschildert. Statistisch verrechnet wurden die Aufnahmeergebnisse von insgesamt fünf

Tabelle 49

Kulturdüngungsversuch -GARTOW 10- zu Kiefer, Fichte, Strobe, Europ.Lärche, Roterle, (Birke);
nadelanalytische Daten; Probenahme Jan./Febr. 1971; hier: K I E F E R

	NULL P.121/124	P ₂ Ca ₁ P.122/125	P ₄ Ca ₁ P.120/123	F-Test Düngg.	s		v%	
					Düngg.	Proben.	Düngg.	Proben.
Asche(‰Tr.S.)		2.707		n.s.		0.279		10.3
N %		1.673		n.s.	0.090	0.062	5.4	3.7
P %		0.170		n.s.	0.005	0.014	2.7	8.3
K %		0.554		n.s.		0.036		6.5
Ca %		0.305		n.s.		0.073		23.8
Mg %		0.091		n.s.	0.003	0.008	3.4	8.7
Na %		0.023		n.s.	0.001	0.002	5.9	8.1
Mn %		0.018		n.s.		0.007		35.5
Fe %		0.025		n.s.	0.001	0.003	5.6	11.9
Al %		0.043		n.s.		0.009		20.9

Baumarten (Kiefer, Birke, Europ. Lärche, Roterle und Fichte).

Der im Hinblick auf den Aussagewert der ertragskundlichen Ergebnisse gleichermaßen wie die bereits beschriebenen Versuche G 5, 6 und 7 vom Einfluß der Birke betroffene Versuch wies zum Zeitpunkt der Versuchsaufnahme eine Baumartenzusammensetzung auf, an der die Kiefer in der Reihenfolge der drei Düngungsvarianten NULL, PR 6 und PR 12 stammzahlmäßig einen Anteil von 82 - 43 - 31 % aufwies. Die entsprechenden Anteile der Birke betrugen 3 - 16 - 23 %. Die Relationen sind hinsichtlich der anteiligen Grundflächenhaltung nur auf den beiden P-Varianten geringfügig zugunsten der hier mit einem relativ starken BHD-Wachstum reagierenden Birke verändert, was bei einem Vergleich der in den Tabellen 49 und 50 zusammengestellten Durchmesserwerte ersichtlich wird. Die prozentuellen Grundflächenwerte für die Kiefer lagen in der o.a. Reihenfolge der Düngungsvarianten bei 84 - 42 - 31 %, die der Birke jedoch bei 4 - 22 - 38 %. Von den restlichen Baumarten hat nur die Roterle ähnlich deutlich auf die P-Düngung reagiert: Stammzahlanteile 1 - 14 - 21 %, Grundflächenanteile 1 - 18 - 31 %.

Tabelle 50

Kulturdüngungsversuch -GARTOW 10- zu Kiefer, Fichte, Strobe, Europ.Lärche, Roterle, (Birke);
ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme Herbst 1970; hier: K I E F E R

	NULL		P ₂ Ca ₁		P ₄ Ca ₁		F - Test		s*	v%*
	P.121	P.124	P.122	P.125	P.120	P.123	P-Düngg. Wählg.	P-Düngg. Wählg.	P-Düngg. Wählg.	P-Düngg. Wählg.
N/ha	<u>5964</u> 5732	<u>5500</u>	<u>1250</u> 1965	<u>2679</u>	<u>1607</u> 982	<u>357</u>	*** n.s.	(22.803)		84.5
HM(m)	<u>8.70</u> 8.80	<u>8.90</u>	<u>10.00</u> 10.27	<u>10.40</u>	<u>9.50</u> 9.50	<u>9.50</u>	n.s. *	(0.726) (5.019)		8.6 59.4
HO(m)	<u>10.40</u> 10.50	<u>10.60</u>	<u>12.20</u> 12.34	<u>12.40</u>	<u>11.80</u> 11.62	<u>10.80</u>	n.s. *	(2.989)		29.9
DM(cm)	<u>8.00</u> 7.66	<u>7.30</u>	<u>8.30</u> 8.03	<u>7.90</u>	<u>8.20</u> 8.11	<u>7.70</u>	n.s. *	(2.011)		28.3
DO(cm)	<u>14.40</u> 14.06	<u>13.70</u>	<u>15.10</u> 14.83	<u>14.70</u>	<u>14.20</u> 13.46	<u>10.10</u>	n.s. *	(3.830)		31.8
G(m ² /ha)	<u>30.33</u> 26.74	<u>22.84</u>	<u>6.84</u> 11.01	<u>12.96</u>	<u>8.39</u> 7.17	<u>1.67</u>	*** n.s.	(0.101) (0.025)		77.9 19.0
V _s (VfmS/ha m.R.)	(139.60) (124.90)	(109.00)	(36.00) (59.87)	(71.00)	(42.60) (36.42)	(8.60)	** n.s.	(0.433) (0.113)		67.8 17.7

* Den Berechnungen von s und v% liegen die Ausgangszahlen der Parzellen zugrunde, nicht die ha-Werte !

Tabelle 51

Kulturdüngungsversuch -GARTOW 10- zu Kiefer, Fichte, Strobe, Europ.Lärche, Roterle, (Birke);
ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme Herbst 1970; hier: B I R K E

	NULL		P ₂ Ca ₁		P ₄ Ca ₁		F - Test		s*	v%*
	P.121	P.124	P.122	P.125	P.120	P.123	P-Düngg. Wählg.	P-Düngg. Wählg.	P-Düngg. Wählg.	P-Düngg. Wählg.
N/ha	<u>71</u> 179	<u>286</u>	<u>429</u> 715	<u>1000</u>	<u>357</u> 714	<u>1071</u>	n.s. n.s.	(4.163)		27.8
HM(m)	<u>11.00</u> 11.40	<u>11.50</u>	<u>12.60</u> 12.32	<u>12.20</u>	<u>12.50</u> 12.73	<u>12.80</u>	* n.s.	(0.718)		5.9
HO(m)	<u>10.30</u> 12.62	<u>13.20</u>	<u>14.20</u> 13.78	<u>13.60</u>	<u>13.90</u> 14.50	<u>14.70</u>	n.s. n.s.	(1.047)		7.9
DM(cm)	<u>7.30</u> 8.10	<u>8.30</u>	<u>12.50</u> 9.84	<u>8.70</u>	<u>11.40</u> 11.40	<u>11.40</u>	n.s. n.s.	(1.512)		16.2
DO(cm)	<u>6.20</u> 11.73	<u>13.10</u>	<u>18.40</u> 15.04	<u>13.60</u>	<u>15.20</u> 17.83	<u>18.70</u>	n.s. n.s.	(2.974)		20.9
G(m ² /ha)	<u>0.30</u> 1.31	<u>1.56</u>	<u>5.30</u> 5.73	<u>5.91</u>	<u>3.64</u> 9.05	<u>10.85</u>	* n.s.	(0.030)		50.5
V _s (VfmS/ha m.R.)	- (8.30)	(8.30)	(30.80) (28.28)	(27.20)	(20.10) (51.38)	(61.80)	* n.s.	(0.198)		59.4

* Den Berechnungen von s und v% liegen die Ausgangszahlen der Parzellen zugrunde, nicht die ha-Werte !

Der Verfasser hielt es für sinnvoll, vor einer Besprechung der ertragskundlichen Tabellenwerte auf diese Relationen hingewiesen zu haben. Damit sollte auf die Abhängigkeit der Ergebnisse nicht nur des vorliegenden sondern auch aller anderen beschriebenen Mischbestandsversuche aufmerksam gemacht werden. Die zwischen den Baumarten bestehenden Wechselbeziehungen sind in ihrer Vielschichtigkeit, u.a. bedingt durch die Auswirkungen der Düngung und der spezifischen Reaktion der einzelnen Baumarten, nur schwer zu analysieren und hätten zu ihrer Darstellung einer beträchtlich aufwendigeren Verrechnung bedurft, als es im Rahmen der vorliegenden Arbeit zu vertreten gewesen wäre.

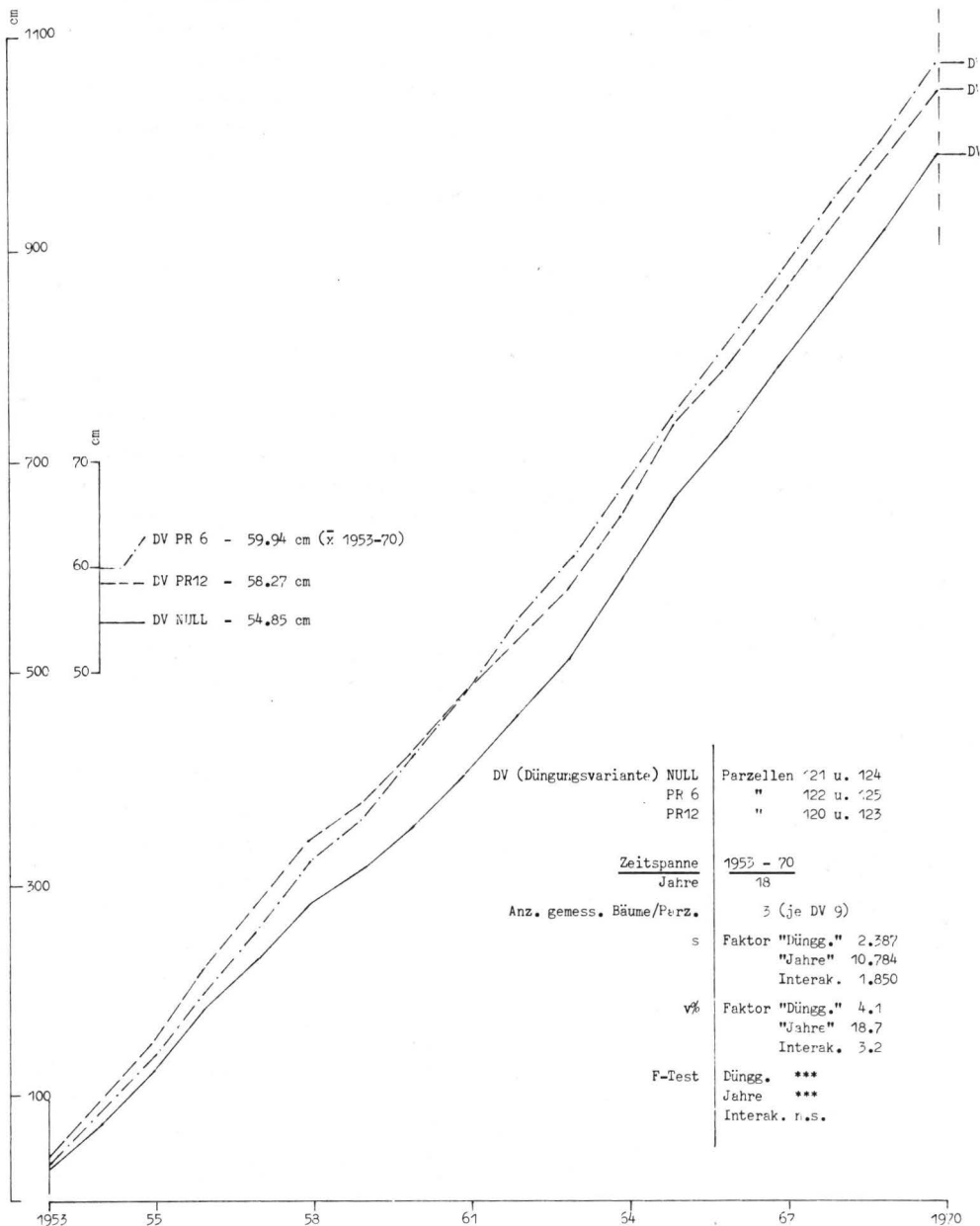
Aus der Tabelle 49 geht hervor, daß für die K i e f e r nur anhand der direkt stammzahlabhängigen Größen eine gesicherte Reaktion auf die P-Düngung nachgewiesen werden konnte. Während die Stammzahlreduktion sowohl auf die Düngung als auch auf den direkten Einfluß der Birke zurückgeführt werden muß, tritt letzterer angesichts der Grundflächen- und Volumenwerte bereits deutlicher in Erscheinung. Eine Erklärung hierfür ist die auffallend schwache Reaktion der Kiefer auf die Düngung, wie an den Durchmesser- und Höhenwerten zu erkennen ist. Die aus der Spalte "F-Test, Wiederholungen" zu entnehmenden signifikanten "Standorts"-Unterschiede (s. Lageskizze !) für die Durchmesser- und Höhenwerte sind widersprüchlich und für die Kiefer nicht so eindeutig wie bei den anderen Baumarten.

Die Ergebnisse der an der Kiefer zusätzlich durchgeführten Trieb-längenmessungen für den Zeitraum von 1953 - 1970 sind in der Darstellung 13 als Wachstumskurven für die drei Düngungsvarianten wiedergegeben. Trotz der relativ geringen Anzahl von Probestämmen je Düngungsvariante (9) konnte die Mehrleistung der gedüngten Kiefern statistisch hoch gesichert nachgewiesen werden. Die Mehrleistung selbst von 6 bzw. 9 % muß jedoch als gering bezeichnet werden.

Für die B i r k e wurde bereits auf die im Vergleich zur Kiefer sehr starke Reaktion auf die P-Düngung (Tabelle 50) hingewiesen. Darüberhinaus konnte jedoch nachgewiesen werden, daß die im Vergleich zur NULL-Variante effektiv geringere Grundflächenleistung

Darstellung 13

Kulturdüngungsversuch -GARTOW 10- zu K I E F E R; Versuchsanlage 1950; Wachstums-
kurve und durchschnittliche jährliche Jahrestrieblängen für den Zeitraum von 1953-70



der Kiefer auf den P-Varianten um 16 (PR 6) bis 20 m²/ha (PR 12) von der Birke, trotz deren relativ stärkere Förderung durch die Düngung, mit vergleichswisen 4 bzw. 8 m²/ha bei weitem nicht ausgeglichen wird. "Standorts"- Unterschiede wurden bei der Birke nicht festgestellt.

Die im Zuge der Nachbesserung in geringen Mengen eingebrachte E u r o p. L ä r c h e zeigt über alle Merkmale hinweg, mit Ausnahme einer geringen Überlegenheit der PR-6-Variante gegenüber ungedüngt, nahezu keine Reaktion auf die Düngung (Tabelle 52). Die Stammzahlreduzierung von der NULL- auf die PR 6-Variante um 63 % bewirkt, trotz eines Brusthöhendurchmesserzuwachses zwischen 20 (DO) und 29 % (DM), ein Absinken der Grundflächen- bzw. Volumenwerte um rd. 28 %.

Demgegenüber hat die an der Gesamtstammzahl mit 1 (NULL), 14 (PR 6) und 21 % (PR 12) beteiligte R o t e r l e extrem deutlich auf die P-Düngung reagiert (Tabelle 53). Wenn diese Reaktion auch aus Gründen erheblicher Streuungen innerhalb der Düngungsvarianten und der Parzellen nur für die Stammzahl und den Brusthöhendurchmesser des Oberhöhenstammes statistisch abgesichert werden konnte, so ist sie dennoch über alle Meßgrößen hinweg deutlich feststellbar. Darüberhinaus wurde eine relativ deutliche Wuchsüberlegenheit der Roterle auf der westlichen Versuchshälfte beobachtet.

Die in einer relativ starken Anzahl meist unterständiger Exemplare (s. HM, HO !) aufgemessene F i c h t e (Tabelle 54) erreicht nur sehr geringe Höhen- und Durchmesserwerte und spielt zum gegenwärtigen Zeitpunkt eine nur untergeordnete Rolle im Bestandesaufbau, und zwar auf allen Düngungsvarianten. Eine schwache Reaktion vornehmlich auf die geringe P-Gabe scheint vorzuliegen.

Die Verrechnung der über alle fünf Baumarten addierten, direkt stammzahlabhängigen Größen zeigt eine gesicherte Abhängigkeit zwischen der abnehmenden Grundflächen- und Volumenleistung von der gesteigerten P-Düngung und somit das Bild eines baumartenreichen, jedoch relativ massenarmen Bestandes. Die Vor- und Nachteile einer solchen Düngerwirkung sollen in einem späten Abschnitt diskutiert werden.

Tabelle 52

Kulturdüngungsversuch -GARTOW 10- zu Kiefer, Fichte, Strobe, Europ. Lärche, Roterle, (Birke); ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme Herbst 1970; hier: J A P A N . L Ä R C H E

	NULL		P ₂ Ca ₁		P ₄ Ca ₁		F - Test		s*		v%*	
	P.121	P.124	P.122	P.125	P.120	P.123	P-Düngg.	Wdhlg.	P-Düngg.	Wdhlg.	P-Düngg.	Wdhlg.
N/ha	214 482	750	357 304	250	321 357	393	n.s.	*		(1.831)		51.5
HM(m)	11.30 11.46	11.50	11.40 11.89	12.60	12.40 11.91	11.50	n.s.	n.s.	(0.204)		1.8	
HO(m)	12.00 13.25	13.60	13.60 13.60	13.10	12.70 12.88		n.s.	*				
DM(cm)	9.50 10.20	10.40	11.90 13.18	15.00	13.80 12.20	10.90	n.s.	n.s.	(0.619)		5.3	
DO(cm)	12.20 16.17	17.30	18.10 19.34	21.10	17.70 15.39	13.50	n.s.	n.s.		(2.427)		16.7
G(m ² /ha)	1.52 5.25	6.32	3.98 4.15	4.39	4.80 4.19	3.69	n.s.	n.s.		(0.010)		25.8
V _s (VfmS/ha m.R.)	(9.00)(38.40) (31.87)		(23.60)(26.50) (24.79)		(28.80)(21.60) (24.84)		n.s.	n.s.		(0.062)		

* Den Berechnungen von s und v% liegen die Ausgangszahlen der Aufnahmestreifen zu Grunde, nicht die ha-Werte !

Tabelle 53

Kulturdüngungsversuch -GARTOW 10- zu Kiefer, Fichte, Strobe, Europ. Lärche, Roterle, (Birke); ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme Herbst 1970; hier: R O T E R L E

	NULL		P ₂ Ca ₁		P ₄ Ca ₁		F-Test	s*	v%*
	P.121	P.124	P.122	P.125	P.120	P.123	P-Düngg.	P-Düngg.	P-Düngg.
N/ha	- 71	71	607 661	714	500 661	821	*	(9.680)	76.3
HM(m)	- 9.00	9.00	9.80 11.37	12.70	11.60 12.28	12.70	n.s.	(3.137)	33.7
HO(m)	- 8.20	8.20	11.70 12.89	13.90	13.30 13.61	13.80	n.s.	(4.630)	21.6
DM(cm)	- 5.10	5.10	7.40 9.24	10.80	11.70 11.64	11.60	n.s.	(4.328)	55.6
DO(cm)	- 4.40	4.40	12.60 15.79	18.50	18.00 17.69	17.50	*	(8.116)	68.5
G(m ² /ha)	- 0.15	0.15	2.62 4.76	6.59	5.41 7.48	8.74	n.s.	(0.090)	82.1
V _s (VfmS/ha m.R.)	- (0.30)	(0.30)	(9.60)(38.20) (25.06)		(29.00)(48.10) (40.87)		n.s.	(0.454)	77.3

* Den Berechnungen von s und v% liegen die Ausgangszahlen der Parzellen zu Grunde, nicht die ha-Werte !

4.22.34 Zusammenfassung der Ergebnisse von Versuch GARTOW -10-

Der im Jahre 1950 auf Talsand zu Kiefer (90 %), Strobe und Fichte (je 5 %) mit den Düngungsvarianten NULL, 6 und 12 dz/ha Rhenania-Phosphat angelegte Kulturdüngungsversuch wurde erstmals im Herbst 1970 einer eingehenden Aufnahme unterzogen. Neben ertragskundlichen Messungen erfolgte eine Boden- und Nadelprobenentnahme, letztere nur von der Kiefer. Als Aufnahmeverfahren gelangte eine Totalaufnahme auf Probeflächen zur Anwendung, an die sich die Entnahme der Boden- und Nadelproben weitgehend anlehnte.

Die ernährungskundlichen Ergebnisse ergaben kein einheitliches Bild. Während auf der westlichen Versuchshälfte eine deutlich angehobene Bodenreaktion und günstigere (engere) C/N- und C/P-Verhältnisse festgestellt wurden, haben die nadelanalytischen Ergebnisse diesen Befund nicht bestätigt. Sie ergeben eine ausreichende, teilweise gute bis sehr gute Versorgungslage mit allen analysierten Elementen, ohne Hinweis auf irgendwelche Standortsunterschiede.

Die Interpretation der ertragskundlichen Ergebnisse, vor allem von der Hauptbaumart Kiefer, wird, ähnlich wie bereits bei den vorangegangenen Versuchen, angesichts der durch die P-Düngung erfolgten Förderung der eingeflogenen Laubbaumarten, hier Birke und Roterle, erschwert. Zudem erwies sich das Aufnahmeverfahren als zu grob, um die als Folge des Baumartenreichtums auf den einzelnen Parzellen festgestellte starke Differenzierung hinsichtlich Baumartenzahl und -vorkommen gesichert feststellen zu können.

Nachgewiesen wurde eine im Vergleich zu den Nadelbaumarten übermäßig starke Förderung der Laubbaumarten, vornehmlich der Birke. Die mit einem 90 %igen Anteil als Hauptbaumart begründete Kiefer weist, nach 20jähriger Versuchsdauer, auf den gestaffelten P-Varianten Anteile zwischen 43 bzw. 31 % bei der Stammzahl und rd. 40 bzw. 26 % bei der Grundflächenhaltung auf.

Die aus der Addition aller Baumarten errechneten Gesamtstammzahlen sowie die Grundflächen- und Volumenwerte ergaben eine mit

Tabelle 54

Kulturdüngungsversuch -GARTOW 10- zu Kiefer, Fichte, Strobe, Europ.Lärche, Roterle, (Birke);
ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme Herbst 1970; hier F I C H T E

	NULL		P ₂ Ca ₁		P ₄ Ca ₁		F-Test	s*	v%*
	P ₁₂₁	P ₁₂₄	P ₁₂₂	P ₁₂₅	P ₁₂₀	P ₁₂₃	P-Düngg.	P-Düngg.	P-Düngg.
N/ha	-	1107	786	1107	607	679	n.s.	(3.283)	39.4
	1107		947		643				
HM(m)	-	2.30	2.50	2.70	3.10	2.60	n.s.	(0.240)	8.8
	2.30		2.62		2.84				
HO(m)	-	4.30	4.60	8.50	5.30	4.70	n.s.		
	4.30		6.88		4.98				
DM(cm)	-	2.70	3.00	3.40	3.30	2.70	n.s.		
	2.70		3.23		2.98				
DO(cm)	-	5.10	5.40	7.70	4.70	4.40	n.s.	(0.354)	7.9
	5.10		6.75		4.54				
G(m ² /ha)	-	0.62	0.57	1.00	0.52	0.40	n.s.	(0.003)	47.4
	0.62		0.82		0.46				
V _s (VfmS/ha m.R.)	-	(1.90)	(1.70)	(3.90)	(1.60)	(1.20)	n.s.		
	(1.90)		(2.99)		(1.39)				

* Den Berechnungen von s und v% liegen die Ausgangszahlen der Parzellen zugrunde, nicht die ha-Werte!

Tabelle 55

Kulturdüngungsversuch -GARTOW 10- zu Kiefer, Fichte, Strobe, Europ.Lärche, Roterle, (Birke);
ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme Herbst 1970; hier: alle Baumarten

	NULL		P ₂ Ca ₁		P ₄ Ca ₁		F-Test	s*	v%*
	P ₁₂₁	P ₁₂₄	P ₁₂₂	P ₁₂₅	P ₁₂₀	P ₁₂₃	P-Düngg.	P-Düngg.	P-Düngg.
N/ha	6249	7714	3429	5750	3392	2928	**	(16.468)	36.0
	6982		4590		3160				
G(m ² /ha)	32.15	31.48	19.30	30.86	22.75	25.34	*	(0.023)	9.1
	31.78		26.54		23.95				
V _s (VfmS/ha m.R.)	(149.60)	(157.90)	(101.70)	(166.80)	(122.10)	(141.30)	n.s.		
	(154.19)		(142.48)		(140.00)				

* Den Berechnungen von s und v% liegen die Ausgangszahlen der Aufnahmestreifen zugrunde, nicht die ha-Werte !

zunehmender P-Düngung deutlich verringerte Volumenleistung des Mischbestandes.

Die ursprüngliche Fragestellung, nämlich ob und mit welchen Mengen eines P-Düngers die Wuchsleistung der Kiefer auf dem vorliegenden Standort verbessert werden kann, mußte schon bald nach Versuchsbeginn angesichts der Entwicklung der Mischbaumarten korrigiert werden. Der Versuchsansteller entschloß sich, unter Verzicht auf irgendwelche Pflegeeingriffe zugunsten einer Baumart, die weitere Entwicklung ungestört verlaufen zu lassen. Nach 20jähriger Laufzeit kann heute festgestellt werden, daß die P-Düngung die Erhaltung eines baumartenreichen, jedoch mit zunehmendem Düngeraufwand insgesamt stammzahlärmeren Bestandes bewirkt hat. Über die hiermit deutlich gewordenen zusätzlichen Möglichkeiten einer mineralischen Düngung im Walde soll an anderer Stelle diskutiert werden.

4.22.4 Zusammenfassung der Aufnahmeergebnisse aus den Mischbestandsversuchen zu K I E F E R

Im Gegensatz zu den in Abschnitt 4.21.6 zusammenfassend beschriebenen Kiefern-Reinbestandsversuchen, die für einen Ergebnisvergleich erhebliche Unterschiede hinsichtlich der Versuchsalter sowie des Zeitpunktes, der Häufigkeit, der Dosierung und der Art der ausgebrachten Mineraldünger aufweisen, gibt es solche zwischen den in Abschnitt 4.22 beschriebenen Mischbestandsversuchen, mit Ausnahme einiger unterschiedlicher Mineraldüngerarten (GARTOW 5), nicht. Eine vergleichende Zusammenfassung der Ergebnisse ist somit problemlos, und sie müßte darüberhinaus zu einer Untermauerung der Einzelergebnisse beitragen.

Die vier Versuche wurden im Frühjahr 1950 gemeinsam und zusammen mit weiteren Versuchen zu anderen Baumarten auf engem Raum dicht beieinanderliegend (UAbt. 82 b) zu Kiefer, mit maximal 10 %igen Beimischungen anderer Baumarten (Fichte, Strobe, Douglasie und Lärche), angelegt. Einheitliches bodenbildendes Ausgangsmaterial sind jungdiluviale Sandablagerungen (Talsande) aus dem Elbe-Urstromtal. Das in jahreszeitlichem Wechsel zwischen 0.5 und 1.5 m u. GOF anstehende Grundwasser mittleren Kalkgehalts hat anmoorige Bodenverhältnisse zur Folge. Der Bodentyp ist ein typischer (Anmoor-)Gley.

Einheitlich waren ebenfalls die bodenvorbereitenden Maßnahmen und der Zeitpunkt der darauffolgenden Düngung. Dem Abbrennen der Versuchsfläche folgte ein mehrmaliges Bearbeiten mit dem Scheibenschälflug und ein 30 cm tiefer Vollumbruch auf ganzer Fläche. Vor der Kultur wurde die Fläche abschließend übergeeggt. Die Düngung erfolgte 1950 "breitwürfig von Hand" bei gleichzeitiger flacher Einarbeitung in den Boden mit der Hacke oder dem Pferdegrubber.

Gedüngt wurde auf der Basis der Ergebnisse einer im Jahre 1950 durchgeführten Bodenanalyse. Diese hatte einen erheblichen Bedarf an Ca und P offenbart. Die ausgebrachten Mineraldünger waren deshalb nahezu ausschließlich P- bzw. Ca-Dünger (auf Versuch G 5

sind darüberhinaus geringe Mengen Kalimagnesia ausgebracht worden), erstere überwiegend Rhenania-Phosphat aber auch Thomasmehl, letztere Hüttenkalk und Kalkmergel. Die Mengen der auf den einzelnen Düngungsvarianten insgesamt ausgebrachten Nährstoffe schwanken von Versuch zu Versuch und liegen für P_2O_5 zwischen 60 und 540 kg/ha und für CaO zwischen 160 und 4832 kg/ha. Nur auf Versuch G 5 sind mit der Kalimagnesia-Düngung geringe Mengen an K_2O (56) und MgO (120-138 kg/ha) ausgebracht worden.

Erste Ergebnisse von ertragskundlichen Aufnahmen, i.d.R. von Höhen- und Jahrestrieblängenmessungen, liegen für die Versuche G 5, 6 und 7 aus den Jahren 1952 bis 1959 vor. Sie spiegeln eine deutliche positive Reaktion der Kiefer auf die P- und auch auf die kombinierte P-Ca-Düngung wieder, wobei nach der reinen P-Düngung die höheren Zuwachsleistungen festgestellt wurden. Für die Versuche G 6 und 7 wurde darüberhinaus bereits im Jahre der Versuchsanlage eine erhebliche Begünstigung der angeflogenen Birken durch die P-Düngung beobachtet, und zwar mit zunehmender Tendenz. Auf den stark mit P gedüngten Varianten hat diese Entwicklung teilweise zur völligen Verdrängung der Kiefer geführt. Entscheidend für diese Entwicklung war die zu flache Einarbeitung der P-Dünger sowie das bewußte Unterlassen von Kulturpfllegemaßnahmen.

Eine letzte gemeinsame Aufnahme aller vier Versuche wurde im Herbst/Winter 1970/71 durchgeführt. Der Umfang der Aufnahmearbeiten sowie die einzelnen Aufnahmeverfahren sind an anderer Stelle bereits beschrieben worden. Die Ergebnisse der Auswertungsarbeiten lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Die Düngung mit Hüttenkalk (Versuch G 5, 40 dz/ha) und Kalkmergel (Versuch G 6, 80 dz/ha) hat in nahezu allen Fällen eine gesicherte Verringerung der Bodenversauerung bewirkt, als Folge der geringen Einarbeitung des Düngers allerdings meist nur im Bereich der Auflage- und der obersten Mineralbodenschicht. Das C/N-Verhältnis (20-24) in der Auflageschicht deutet allgemein auf eine ausreichende N-Versorgung hin und ist deutlich enger als auf den Kiefern-Reinbestandsversuchen im Emsland (30-33).

Eine Verbesserung der P-Versorgung durch die Düngung wurde nur im Versuch G 7 (6) beobachtet.

Die an Kiefernadeln zusätzlich durchgeführten Nährelementanalysen haben für die Versuche G 6 und 7 die Ergebnisse aus den Bodenanalysen bestätigt. Darüberhinaus wurde für alle vier Versuche ein hinsichtlich der untersuchten Elemente voll ausreichendes, teilweise sogar gutes bis sehr gutes Nährstoffangebot für die Kiefer ermittelt.

Dieses Ergebnis gilt i.d.R. auch für die NULL-Variante, was als Hinweis darauf gedeutet werden kann, daß die grundwassernahen Sande in der UAbt. 82 b in GARTOW vom Nährstoffangebot her als nicht so arm, wie ursprünglich vermutet, anzusehen sind. Die Gründe hierfür müssen im Einfluß des hinsichtlich seines Nährelementgehaltes leider nicht untersuchten Grundwassers vermutet werden, das auch die Humus-, N- und P-Akkumulation im anmoorigen Oberboden begünstigt hat.

Dennoch wurden nach den ertragskundlichen Ergebnissen bei der Kiefer eine deutliche positive Reaktion auf die Düngung festgestellt. Es zeigt sich auch auf diesen Standorten, daß die Kiefer in der Jugendphase auf eine Nährstoffzufuhr selbst bei relativ hohen Nadelspiegelwerten positiv reagiert. Wenn diese Reaktion in den meisten Fällen hinter den ursprünglichen Erwartungen zurückgeblieben ist, dann als Folge der durch die P-Düngung in einem nicht erwarteten Umfang angeregten Konkurrenz der teils mitbegründeten (Roterle), teils auch nachträglich eingeflogenen Laubbaumarten (Birke). Diese bereits im Jahr der Versuchsbegründung beobachtete und vom Versuchsansteller im Interesse einer ungestörten Versuchsentwicklung nicht beeinflusste Entwicklung hat auf den nur mit P gedüngten Varianten (4-20 dz/ha Rhenania-Phosphat) teilweise zur völligen Verdrängung der Kiefer durch die Birke geführt.

4.23 Zusammenfassung der Versuchsergebnisse zu K i e f e r

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sind zur Baumart Kiefer insgesamt neun Kulturdüngungsversuche bzw. -teilversuche aufgenommen, ausgewertet und ihre Entwicklung von der Begründung bis zur Versuchsaufnahme 1970/71 beschrieben worden. Eine zusammenfassende Darstellung, getrennt nach Kiefernrein- und -mischbestandsversuchen, ist in den Abschnitten 4.21.6 und 4.22.4 geschehen. Die Auswirkungen der unterschiedlichen Düngungsmaßnahmen auf die Ernährungssituation und auf das Wachstumsverhalten der Kiefer können dort und in den entsprechenden Abschnitten zu den Einzelversuchen nachgelesen werden. Im folgenden abschließenden Abschnitt zu den Kiefernversuchen werden aus diesem Grunde weniger Einzelversuche und -zahlen angeführt. Vielmehr sollen die Ergebnisse im Hinblick auf die zwischen den Versuchen bestehenden Unterschiede hinsichtlich der Bestandesalter sowie der verschiedenen Baumartenmischungen und Mineraldüngerarten zusammenfassend besprochen werden.

Die auf das niedersächsische pleistozäne Tiefland bezogene exponierte regionale Lage der Versuche -teils im äußersten Osten (Gartow), teils im äußersten Westen (Emsland) des Landes- bedingt zwangsläufig geringfügige Unterschiede, weniger was das geologische Ausgangsmaterial und die vorliegenden Standortstypen anbetrifft -überwiegend Talsande mit mehr oder minder starkem Grundwassereinfluß- sondern vielmehr hinsichtlich der in der erheblichen Ost-West-Entfernung der Versuche voneinander begründeten unterschiedlichen klimatischen Verhältnisse. Diese sollen jedoch, in Anbetracht der weiten Toleranzgrenzen der Kiefer betr. ihrer Wärme-, Feuchtigkeits- und Nährstoffansprüche, bei der Gegenüberstellung der Versuchsergebnisse weitgehend vernachlässigt werden. Außerdem dürfte der im Vergleich zu den Emsländer Verhältnissen um 10 bis 20 % geringere Niederschlag in Gartow durch das im Bereich der bearbeiteten Versuche hier erheblich höher anstehende Grundwasser ausgeglichen werden. Hinzu kommt, daß die Kiefern-Mischbestandsversuche in enger Nachbarschaft (Gartow, UAbt. 82 b) zusammenliegen und vom Standort her keine größeren Unterschiede aufweisen.

Obwohl im Rahmen der vorliegenden Arbeit keine Grundwasseranalysen und Silikatgehaltsermittlungen vorgenommen wurden, wird bei der Besprechung der Versuchsergebnisse von den verschiedenen Standortsfaktoren in erster Linie der Einfluß des Grundwassers zu berücksichtigen sein.

Das Alter der Versuche lag zum Zeitpunkt der Versuchsaufnahme 1970/71 zwischen 15 und 22 Jahren. Unterscheidet man auch hier zwischen Rein- und Mischbestandsversuchen, so verringert sich diese Differenz bei den Reinbestandsversuchen, unter Ausklammerung des insgesamt ältesten Versuchs GARTOW 6/11, auf 3 Jahre (Alter 15 bis 18). Die Mischbestandsversuche GARTOW 5, 6, 7 und 10 wurden demgegenüber gemeinsam im Jahre 1950 angelegt. Die hinsichtlich der Versuchsalter bestehenden Unterschiede verhindern somit zwar einen direkten Ergebnisvergleich, können jedoch, was die Reaktion der Kiefer auf die Düngungsmaßnahmen anbetrifft, unberücksichtigt bleiben.

Erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchen bestehen demgegenüber hinsichtlich Art und Menge der zur Ausbringung gelangten Nährstoffe. Die unterschiedlichen Mineraldünger können aus den Übersichten 1 und 2, die Mengen der je Versuch und Düngungsvariante ausgebrachten Nährstoffe aus der Tab. 7 und den entsprechenden Reinnährstofftabellen entnommen werden.

Während bei der Besprechung der Versuchsergebnisse Standort und Alter der Versuche weitgehend vernachlässigt werden können, wird das Hauptaugenmerk auf die unterschiedliche mineralische Düngung zu legen sein.

Durch Bodenanalysen wurden der pH-(CaCl₂)-Wert sowie die Gehalte an C, N und Gesamt-Phosphor, in % der Trockensubstanz, bestimmt. Eine signifikante Verbesserung der Bodenreaktion konnte in ENGDEM-Schulte-Südhoff (E 3) und in HÜNTEL 3 (E 5) sowie in den GARTOW'er Versuchen G 5, 6, 7 und G 6/11 festgestellt werden. Wenn dieser Effekt auch in erster Linie auf die mit dem Hüttenkalk, dem Kalkmergel oder in Anteilen mit anderen Düngern erfolgte CaO-Zufuhr zurückgeführt werden muß, darf angesichts der deutlichen Anhebung der über den Gesamtversuch gemittelten pH-

Werte im Mineralboden des Versuchs ENGDEN-Schulte-Südhoff darauf geschlossen werden, daß die bei allen Versuchen bestehende starke Versauerungstendenz durch eine zusätzlich zur Kalkung erfolgte Mehrnährstoffdüngung, und zwar über eine Anregung der biologischen Umsetzungsvorgänge (Mineralisation), zumindest abgeschwächt worden ist. Dieses wird insbesondere in ENGDEN-Schulte-Südhoff deutlich, wo mangels ungedüngter Kontroll-Varianten die CaO -Zufuhr nur um rd. 27 %, und zwar von 2016 (Ca -Variante) auf 2558 kg/ha CaO (stärkste Volldünger-Variante) gesteigert worden war. Die Mengen der darüberhinaus zugeführten Nährstoffe N (22 - 66 kg/ha), P_2O_5 (75 - 150 kg/ha) und K_2O (40 - 120 kg/ha) sind im Vergleich mit den anderen Versuchen zwar relativ gering, dürften sich aber ebenfalls indirekt auf die Verbesserung der Bodenreaktion mitausgewirkt haben. Diese ist in der Mineralbodentiefe 0 - 20 cm von pH 3.17 auf pH 3.52 und in der Tiefe 20 - 40 cm von pH 2.96 auf pH 3.25 angehoben worden (s. Tab. 15!).

Alle übrigen Versuche mit signifikanter Anhebung der pH-Werte weisen NULL-Varianten und darüberhinaus beträchtlich größere Steigerungsraten der CaO -Zufuhr auf. An der Spitze liegen GARTOW 6/11 (3600 bis 5400 kg/ha CaO als Hüttenkalk) und GARTOW 6/7 (160 bis 4832 kg/ha CaO als Kalkmergel). Dennoch betrug hier die Anhebung des pH-Wertes maximal 0.8 pH (G 5, Auflage), ein Hinweis dafür, daß hier über den Bedarf hinaus gedüngt worden ist. Die Tatsache, daß in EMEN 2 und KLEIN-STAVERN keine entsprechenden Reaktionen nachgewiesen werden konnten, muß auf eine mangelnde Einschleusung des zugeführten Kalks, bedingt durch eine unzureichende Ausbringungstechnik und besonders ungünstige Ausgangsverhältnisse zum Zeitpunkt der Düngung, zurückgeführt werden.

Aus den darüberhinaus analysierten Gehalten an C, N und Gesamt-Phosphor konnten Auswirkungen der Düngungsmaßnahmen nur vereinzelt festgestellt werden. Mit Ausnahme von GARTOW 6/11, wo die starke Kalkung (3600-5400 kg/ha CaO) zu einer signifikanten Verminderung des N-Gehaltes in der Auflage- und dem

beiden Mineralbodenschichten geführt hat, waren für diesen Nährstoff keinerlei Düngungseffekte festzustellen. Hinsichtlich der Gesamt-Phosphor-Gehalte wurden düngungsabhängige Verbesserungen nur in HÜNTEL 3 (258 - 370 kg/ha P_2O_5) und GARTOW 6/11 ermittelt, wobei dieser Effekt im letzteren Versuch von der Düngung her nicht erklärt werden kann.

Zu möglichen Standortsunterschieden zwischen den Versuchen sei noch angemerkt, daß anhand der C/N-Quotienten in der Auflage-schicht auf den Mischbestandsversuchen in Gartow deutlich günsti-gere Werte festgestellt wurden (18 - 25) als auf den Reinbestands-versuchen im Emsland (um 30). Dies ist sicherlich mit durch die teilweise erheblich erhöhten Laubbaumanteile in Gartow verursacht.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse der Bodenanalysen, auch unter Be-rücksichtigung der Tatsache, daß die Düngungsmaßnahmen teilweise bis zu 20 Jahre zurückliegen, nur geringe Auswirkungen auf den chemischen Bodenzustand. Eine nachhaltige Beeinflussung des Stand-orts scheint also nicht gelungen zu sein. Hierüber kann jedoch nur eine spätere erneute ertragskundliche Bearbeitung der Versuche Aufschluß geben.

Die in den Kiefernadeln analysierten Gehalte an Asche sowie an N, P, K, Ca und Mg lassen eine engere Abhängigkeit von den Düngungsmaßnahmen erkennen. Auffallend ist die häufige Anhebung der P-Spiegelwerte, so in EMEN 2 (von 0.13 auf 0.16/0.17 %), in ENGDEN-Schulte-Südhoff (von 0.13 auf 0.15/0.17 %, keine NULL-Variante!), in KLEIN-STAVERN (von 0.16 auf 0.16/0.19 %) und in GARTOW 6 (von 0.15 auf 0.18/0.22 %, keine NULL-Variante!). Die P_2O_5 -Zufuhr schwankt zwischen 75 - 150 (E 3) und 223 - 267 kg/ha (E 2). Die P-Versorgung kann auf den NULL-Varianten als gerade ausreichend, auf den gedüngten Varianten als gut bis sehr gut (G 6) angesprochen werden.

Erhöhte Ca-Spiegelwerte wurden in EMEN 2 (0.16 - 0.27/0.32 %) und in KLEIN-STAVERN (0.21 - 0.28/0.33 %), eine bessere K-Versorgung in KLEIN-STAVERN (0.65 - 0.63/0.73 %) und in GARTOW 7 (0.53 - 0.49/0.60 %) sowie eine verbesserte Mg-Versorgung in EMEN 2 (0.09 - 0.11/0.12 %) und in GARTOW 6 (0.10 - 0.11/0.13 %) ermittelt.

Ebenso wie für die P-Gehalte kann, mit Ausnahme einer mangelhaften N-Versorgung in den Versuchen ENGDEM-Schulte-Südhoff (1.52 %), HÜNTEL 3 (1.45 %) und GARTOW 6/11 (1.43 %), auch für die Nährstoffe K, Ca und Mg eine durchgehende, d.h. auch auf den NULL-Varianten voll ausreichende Versorgung konstatiert werden. Bezeichnenderweise können die drei hinsichtlich ihrer geringen Stickstoffversorgung aus dem Rahmen fallenden Versuche E 2, E 5 und G 6/11 auch vom Standort her als vergleichsweise ärmer und weniger grundwasserbeeinflusst bezeichnet werden.

Aus den Ergebnissen der mittels boden- und nadelanalytischer Methoden durchgeführten ernährungskundlichen Untersuchungen auf den Kiefernversuchen kann, unter Berücksichtigung der quantitativen Mängel der Probennahmeverfahren und der insbesondere bei den Spiegelwerten in den Kiefernadeln möglicherweise klimaabhängigen Schwankungen, gefolgert werden: dort wo die Kiefer auf den untersuchten Standorten Zugang zum Grundwasser hat, findet sie, auch ohne eine zusätzliche Zufuhr von Nährstoffen, i.d.R. voll ausreichende, teilweise gute (Gartow) Ernährungsbedingungen vor. Dieses schließt jedoch nicht aus, daß diese durch gezielte Düngungsmaßnahmen grundsätzlich verbessert werden können und damit eine entsprechende Steigerung der Wuchsleistungen der Kiefer herbeigeführt werden kann. Dieses soll im folgenden anhand der ertragskundlichen Meßergebnisse nachgewiesen werden.

Die Beurteilung der ertragskundlichen Aufnahmeergebnisse muß zwangsläufig nach verschiedenen Kriterien erfolgen, je nachdem, ob es sich um Rein- oder Mischbestände handelt. Die durch die Düngung in den Reinbeständen bewirkten Leistungssteigerungen im Höhenwuchs (Kreisflächenmittelstamm) der Kiefer schwanken zwischen 2 % in GARTOW 6/11 (nur Hüttenkalkdüngung) und 17 bis 44 % in HÜNTEL 3. Die entsprechenden Relationen bei der Grundflächenleistung liegen zwischen 1,5 (G 6/11) und 37 bis 71 % (EMEN 2). Die größeren Leistungssteigerungen innerhalb der Reinbestandsversuche konnten in EMEN 2 und in HÜNTEL 3 festgestellt werden, jeweils in den Versuchen, die auch die größten Mengen an N, P und K erhalten haben (s. Tab. 7!). Nur gering ist die -durch

die zusätzlich zur Kalkung (2016 kg/ha CaO) verabreichte Voll-
düngung bewirkte Mehrleistung der Kiefer im Höhenwuchs in
ENGDEN-Schulte-Südhoff (14 %). Die alleinige, wenn auch reich-
haltige Düngung mit Hüttenkalk in GARTOW 6/11 hat sich auf dem
dortigen Standort als unzureichende Düngungsmaßnahme erwiesen.

Die Entwicklung auf den vier Mischbestandsversuchen in Gartow
läßt sich weniger deutlich anhand der ertragskundlichen Meßer-
gebnisse für die Einzelbaumarten als vielmehr durch den von der
Düngung beeinflussten Wechsel in der Baumartenzusammensetzung
darstellen. Wenn auch die Kiefer auf allen vier Versuchen hin-
sichtlich ihrer Höhen- und Durchmesserleistung deutlich sichtbar
auf die gesteigerte P-Düngung reagiert hat, auch bei einer re-
lativen Verringerung ihres stammzahlmäßigen Anteils am Gesamt-
bestand, so ist dennoch die bedeutend stärkere Förderung der
angeflogenen Birke auffallend. Dieser Effekt verstärkt sich noch
bei zusätzlicher Kalkdüngung, wie aus den Meßergebnissen der
Versuche GARTOW 5 (s. Darstellung 11!) und 6/7 (s. Tab. 43!)
entnommen werden kann.

Zusammenfassend kann zu den bearbeiteten Kiefernversuchen fest-
gestellt werden, daß auf den mit unterschiedlichen Mengen ver-
schiedener Nährstoffe im Kulturstadium gedüngten Versuchen, auch
nach 15 bis 20jähriger Versuchsdauer, Leistungssteigerungen bei
der Kiefer zwischen 30 und 70 % (Grundflächenleistung) nachge-
wiesen werden konnten. Für die grundwassernahen Talsand-Stand-
orte im Forstamt GARTOW wurde dabei die Gefahr einer durch eine
einseitige P- bzw. P-Ca-Düngung hervorgerufene übermäßige För-
derung unerwünschter Mischbaumarten, hier insbesondere der
Birke, deutlich.

4.3 KULTURDÜNGUNGSVERSUCHE ZU F I C H T E EINSCHLIEßLICH S I T K A - F I C H T E

Der durchschnittliche Anteil der Fichte an der Gesamtbestockung im Staatswald des niedersächsischen pleistozänen Flachlandes liegt heute bei 15 %. Im Wuchsbezirk Ems-Hase-Hunte-Geest entspricht er dem Durchschnittswert, in der Lüchower Niederung sowie in der Oldenburgisch-Ostfriesischen Geest einschließlich Leda-Moor-Niederung schwankt er zwischen 8 und 23 %.

Aufgrund der jüngsten Ergebnisse der niedersächsischen Standortskartierung wird von OTTO (1972) eine Korrektur der heutigen Baumartenverteilung empfohlen. Der Fichtenanteil wäre davon wie folgt betroffen:

Wuchsbezirk Lüchower Niederung	Abnahme von 8 auf 3 % (- 5 %)
Wuchsbezirk Oldenburgisch-Ostfriesische Geest und Leda-Moor-Niederung	Abnahme von 23 auf 17 % (- 6 %)
Wuchsbezirk Ems-Hase-Hunte-Geest	Zunahme von 15 auf 26 % (+11 %)
Gesamtstaatswaldfläche im niedersächsischen pleistozänen Flachland	Abnahme von 15 auf 10 % (- 5 %)

Die in den Wuchsbezirken Lüchower Niederung und Ems-Hase-Hunte-Geest zukünftig angestrebte Veränderung des Fichtenanteils wird in beiden Fällen vornehmlich auf eine Korrektur des Kiefernanteils hinauslaufen. Sie entspricht den unterschiedlichen klimatischen Bedingungen in diesen beiden Wuchsbezirken und trägt den im Zuge der abgeschlossenen Kartierung gewonnenen Erkenntnissen über die waldbaulichen Möglichkeiten der verschiedenen Standorte Rechnung. Demgegenüber wird die Fichte in den Wuchsbezirken Oldenburgisch-Ostfriesische-Geest einschließlich Leda-Moor-Niederung den hier besser angepassten und leistungstärkeren Baumarten Tanne und Douglasie weichen müssen.

Neben der Kiefer (36.440 ha), der Douglasie (34.609 ha) und der Traubeneiche (15.683 ha) wird die Fichte, mit einer Sollfläche von rd. 12.700 ha an vierter Stelle liegend, auch zukünftig eine

der wichtigsten Wirtschaftsbaumarten im niedersächsischen Flachland bleiben. Ihre Jugendentwicklung und spätere Volumenleistung können durch geeignete Düngungsmaßnahmen entscheidend verbessert werden.

Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit ausgewerteten Kulturdüngungsversuche zu Fichte einschließlich Sitka-Fichte sind mit ihren wichtigsten Daten in der Übersicht 4 zusammengestellt.

<u>Übersicht 4</u> Begründungsart	örtl. Lage	Versuchsbezeichn.	Abk.	Jahr d. Anlage	ausgebrachte, Mineraldünger	Bemerkungen
Reinbestandsversuche zu <u>Sitka-Fichte</u>	FA. Meppen	EMEN 1	E 1	1959	KAS, PT, KMG, HK, k.K., Cu, Lup.	Teilversuch
Mischbestandsversuche zur Hauptbaumart <u>Fichte</u>	FA. Nordhorn	ENGDEN (Schulte-Südhoff)	E 3	1954	KAS, PT, KCl, k.K., Lup., Cu	Teilversuch zu Fi, Si-Fi, Strobe
	FA. Nordhorn	ENGDEN (Theising)	E 4	1959	KAS, PT, KMG, k.K., Lup.	Teilversuch zu Fi.
	FA. Gartow	GARTOW -2-	G 2	1950	PR, PA, k.K., Lup.	Fi, Pa, RERle, Dg
	FA. Gartow	GARTOW -8-	G 8	1950	PR	Fi, Pa, RERle, Dg
	FA. Gartow	GARTOW -9-	G 9	1950	PR, k.K.	Fi, Pa, RERle, Dg

Als einzigen R e i n b e s t a n d s v e r s u c h wird über den zu Sitka-Fichte angelegten Teilversuch EMEN 1 berichtet. Die im nördlichen Teil des Versuchs teilweise nicht mehr rekonstruierbaren Parzellengrenzen, die Folgen extremer Frostschäden an der Sitka-Fichte und anlagebedingte Schwierigkeiten bei der statistischen Verrechnung der nicht flächenbezogenen Größen Durchmesser und Höhe beschränken die Aussagekraft der Ergebnisse zu diesem Versuch erheblich.

Die übrigen fünf Versuche sind als M i s c h b e s t a n d s v e r s u c h e zur Hauptbaumart FICHTE beschrieben worden. Im Versuch E 3 wurde die Fichte in mengenmäßig gleichen Anteilen mit der Sitka-Fichte und der Strobe begründet, in den übrigen vier Versuchen wurde sie entweder rein (E 4) oder mit zahlenmäßig geringen Anteilen anderer Mischbaumarten angepflanzt (G 2, 8 und 9).

Ein Vergleich der Versuchsergebnisse bietet sich, ähnlich wie in Abschn. 4.22 zur Kiefer, bei den drei Gartower Versuchen an, bei denen das Versuchsalter, die ausgebrachten Dünger und die Baumartenkombination relativ gut übereinstimmen. Zudem sind die standörtlichen Verhältnisse nahezu identisch.

4.31 Reinbestandsversuche zu Sitka - Fichte

In diesem Abschnitt wird ausschließlich über den Teilversuch EMEN 1 zu Sitka-Fichte berichtet.

4.31.1 Versuch EMEN 1 - (Emsland), Teilversuch zu Sitka - Fichte

Der 1959 in zwei Teilversuchen zu Sitka-Fichte und Japan. Lärche (s. Abschnitt 4.41.1 !) angelegte Kulturdüngungsversuch EMEN 1 liegt ca. 15 km nördlich von Meppen (Emsland) und nur wenige Kilometer westlich der Bundesstraße B 70.

4.31.11 Versuchsbegründung und -anlage

Geologisches Ausgangsmaterial ist eine 140 bis 160 cm mächtige Talsandauflage über "Unterem Sand" (Vorschüttungssande des Saale-glacials). Das Gelände fällt schwach nach Westen ab.

Zum Zeitpunkt der Versuchsaufnahme bestanden je Baumart vier Düngungsvarianten, die infolge wiederholter Düngungsmaßnahmen während der Jahre von 1958 bis 1960 hinsichtlich der Mengen an ausgebrachtem N, Ca, Mg und Cu teils geringfügige (Ca), teils größere Unterschiede (N, Mg, Cu) aufwiesen. Über das Ausmaß sowie die zeitliche Aufeinanderfolge der Düngungsmaßnahmen sowie die dabei ausgebrachten Reinnährstoffmengen gibt die Tabelle 56 Auskunft.

Nach Aktenaufzeichnungen der Versuchsansteller war das Versuchsziel ein Vergleich der Düngerwirkung von Hüttenkalk und Kalkmergel bei gleichzeitiger Erprobung möglicher Auswirkungen einer zusätzlichen Düngung mit Kupferschlackenmehl.

Parz. 1, 2, 3 u. 4

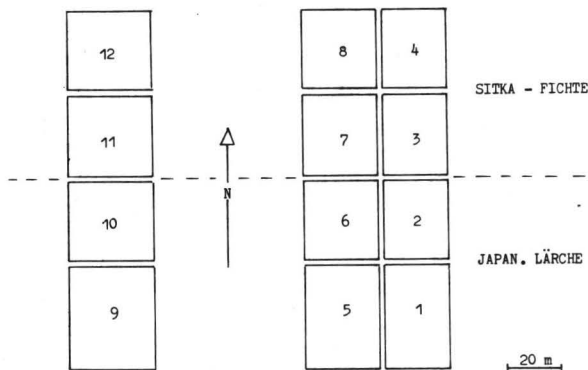
3 dz/ha Kalkammonsalpeter
5 dz/ha Thomasmehl
7 dz/ha Kalimagnesia
40 dz/ha Hüttenkalk
1,5 " Bitterlupine
0,05 " Dauerlupine

Parz. 5 bis 12

2 dz/ha Kalkammonsalpeter
5 dz/ha Thomasmehl
7 dz/ha Kalimagnesia
40 dz/ha Kalkmergel
1,5 " Bitterlupine
0,05 " Dauerlupine

Parz. 2, 3, 6, 7, 10 u. 11

10 dz/ha Kupferschlackenmehl



VERSUCH: EMEN 1 (Emsland)

VERSUCHSTYP: Ca-Formenversuch bei gleichzeitiger Voll- und Kupferschlackendüngung

LAGE: 15 km nördlich von Meppen, westlich der B 70

VERSUCHSANSTELLER: FA. MEPPEN und Forstabt. der LWK Weser-Ems (WANDT)

GEOLOGIE: Talsand über "Unterem Sand"

HÖHE ÜBER NN: 12 - 15 m

BODENART UND -TYP: Schwach kiesiger, teils schluffiger Mittel- bis Feinsand, Eisen-Humus-Podsol

WASSERVERSORGUNG: Grundwasserstand 150-240 cm u. GOF

JAHR D. VERSUCHSANLAGE: 1958/59

KULTURVORBEREITUNG, BEGRÜNDUNGSART: Vollumbruch 60 bis 70 cm tief, Pflanzung

BAUMARTEN (% DER GESAMTSTAMMZAHL): Sitka-Fichte 100 % (Teilversuch)

PFLANZGUT UND -VERBAND: 3j.v. Sitka-Fichte, 1,3 x 1,5 m

VORBESTAND: 80j. Kiefern-Altbestand, 1952/53 abgetrieben

DÜNGUNGSVARIANTEN: s. Lageskizze !

WIEDERHOLUNGEN: von insges. 4₂ Düngungsvarianten zwei 2-fach

PARZELLENGRÖSSEN: 700-1100 m

LITERATUR: keine (Aktenaufzeichnungen der Versuchsansteller)

Die in der Tab. 56, Spalte "Nährstoffe kg/ha" in Klammern aufgeführte Werte wurden unter Zugrundelegung der Nährstoffgehalte einiger im Emsland zur Ausbringung gelangter Mineraldünger errechnet. Die Dünger sind im Jahre 1959 analysiert worden. Ihre Zusammensetzung wurde in Abschn. 4.21.41 beschrieben. Auffallend in der Reinnährstofftabelle sind die erheblichen Differenzen bei P₂O₅ auf den mit Hüttenkalk gedüngten Parzellen 1 bis 4. Infolge der großen Mengen, in denen der Hüttenkalk auf den entsprechenden Varianten

Tabelle 56					
Kulturdüngungsversuch -EMEN 1- ; zeitlicher Ablauf und Ausmaß (dz/ha) der einzelnen Düngungsmaßnahmen					
Parzelle	1958	1959	1960	Insgesamt	
				Dünger dz/ha	Nährstoffe kg/ha
1, 4	KAS 3	-	-	KAS 3	N 69
	PT 5	-	-	PT 5	P ₂ O ₅ 75 (320)
	KMg 1	-	KMg 6	KMg 7	K ₂ O 196 (205)
	HK 40	-	-	HK 40	CaO 2176 (1680)
					MgO 183 (238)
2, 3	KAS 3	-	-	KAS 3	N 69
	PT 5	-	-	PT 5	P ₂ O ₅ 75 (324)
	KMg 1	-	KMg 6	KMg 7	K ₂ O 196 (208)
	HK 40	-	-	HK 40	CaO 2176 (1733)
					MgO 183 (246)
	-	Cu 10	-	Cu 10	Cu 4, Co 0,5
5, 8, 9, 12	-	KAS 2	-	KAS 2	N 46
	PT 5	-	-	PT 5	P ₂ O ₅ 75 (79)
	KMg 1	-	KMg 6	KMg 7	K ₂ O 196 (200)
	k.K. 40	-	-	k.K. 40	CaO 2217 (2109)
					MgO 63 (86)
6, 7, 10, 11	-	KAS 2	-	KAS 2	N 46
	PT 5	-	-	PT 5	P ₂ O ₅ 75 (80)
	KMg 1	-	KMg 6	KMg 7	K ₂ O 196 (203)
	k.K. 40	-	-	k.K. 40	CaO 2217 (2162)
					MgO 63 (97)
	-	Cu 10	-	Cu 10	Cu 4, Co 0,5

ausgebracht worden ist, genügt nur ein Anteil von 6.13 % P₂O₅ (Analyseergebnis), um die insgesamt zugeführte P-Menge auf mehr als das 4fache des mit dem Thomasmehl zugeführten Phosphats ansteigen zu lassen. Ähnlich vermindert sich die CaO-Zufuhr bei einem angenommenen Gehalt von nur 35.1 % (Analyseergebnis) statt rd. 45 % bei den heute angewendeten Hüttenkalken. Die Folge ist eine erhebliche Verschiebung der Relationen zwischen den einzelnen Düngungsvarianten, auf die hingewiesen werden sollte. Die übrigen Reinnährstoffmengen wurden mit Hilfe der u.a. bei GUSSONE (1964) angeführten und heute üblichen Gehalte einzelner Mineraldünger errechnet.

Zeitlicher Schwerpunkt der Düngerausbringung war das Jahr 1958, wenngleich die Kupferschlacken- und Kalkammonsalpeter-Düngung z.T. erst 1959 und die Kali-Magnesia-Ausbringung zum überwiegenden Teil erst 1960 durchgeführt wurde. Die Düngung im Jahr 1958 erfolgte im Zuge der Bodenbearbeitung.

Die bis zum Jahre 1959 bestehende Versuchseinteilung, die für jede Düngungsvariante zumindest eine 2fache Wiederholung vorsah, wurde durch die in diesem Jahr durchgeführte Kupferschlackendüngung empfindlich gestört.

4.31.12 Ergebnisse von früheren ertragskundlichen Messungen an der Sitka-Fichte liegen nicht vor. Erwähnt werden vom Versuchsansteller nur die erheblichen Frostschäden der Jahre 1961 und 1962. Über die Ergebnisse der im Jahre 1968 durchgeführten Bodenanalysen wird in Abschnitt 4.31.131 berichtet.

4.31.13 Ergebnisse der Versuchsaufnahme 1971

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß auf dem zur Sitka-Fichte angelegten Versuchsteil wegen der nicht mehr eindeutig feststellbaren nördlichen Begrenzungen der Parzellen 4, 8 und 12 nur die flächenneutralen ertragskundlichen Größen Brusthöhendurchmesser und Höhe ermittelt und verrechnet worden sind. Dazu sind in jeder Parzelle insgesamt drei Doppelreihen total aufgemessen worden.

Die Bodenprobeentnahme erfolgte aus der Auflageschicht und den Mineralbodentiefen 0-20 bzw. 20-40 cm, und zwar als Mischproben von jeweils drei Einzelproben. Probenahmegerät war ein Athanasius-Bohrer.

In Ergänzung zu den bodenanalytischen Ergebnissen wurden Sitka-Nadeln des letztjährigen Quirls von insgesamt 10 Bäumen je Parzelle (2 Mischproben à 5 Bäume) auf die Gehalte an N, P, K, Ca, Mg und Si analysiert.

4.31.131 Ergebnisse der Bodenanalysen

Erste Ergebnisse von Bodenanalysen liegen aus dem Jahre 1968 vor. Zu den damaligen Analysenwerten sei erwähnt, daß für die Mineralbodentiefen 0-10 und 10-20 cm sowohl die pH-Werte als auch die Gehalte an P, K, Ca, Mg, Mn und Na auf den Hüttenkalk-Varianten deutlich höher waren als auf den Kalkmergelvarianten. Die $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ -Werte lagen zwischen 3.6 (k.K., 10-20 cm) und 4.2 (HK, 0-10 cm). Ein mittlerer P_2O_5 -Gehalt von 20.4 mg je 100 g

Boden in der obersten Mineralbodentiefe deutet auf eine möglicherweise als Folge der Hüttenkalk-Düngung (s. Reinnährstoff-tabelle !) ausreichende P-Versorgung auf dieser Variante hin. Der entsprechende Wert auf der Kalkmergel-Variante betrug demgegenüber nur 9.05 mg je 100 g Boden.

Die Ergebnisse der Bodenanalysen aus dem Jahre 1971 sind in der. Tabelle 57 zusammengefaßt.

Tabelle 57							
Kulturdüngungsversuch -EMEN 1- zu Japan-Lärche und Sitka-Fichte; bodenkundliche Daten; Probenahme Aug. 1971; hier: SITKA - FICHTE							
Tiefen cm	N ₁ P ₁ K ₂ (4) 2(3) Ca ₃ (2) Mg ₂ 2(3) Cu, Co	wie P. 3 ohne Cu, Co	N ₁ P ₁ K ₂ (3) Ca ₃ Mg ₁ Cu, Co	wie P. 7/11 ohne Cu, Co	F-Test Düngg. Tiefen	s Düngg. Tiefen	v% Düngg. Tiefen
	P. 3	P. 4	P. 7/11	P. 8/12			
pH(CaCl) Aufl. 0-20 20-40		3.98			n.s. n.s.	0.275	6.9
C(%Tr.S.) Aufl. 0-20		16.53 3.07			n.s. *	9.275	94.6
N(%Tr.S.) Aufl. 0-20 20-40		0.57 0.07 0.07			n.s. ***	0.285	120.8
C/N Aufl. 0-20		36.09			n.s. n.s.	9.250	25.6
Pt(mg/100g) Aufl. 0-20 20-40	71.00 21.59 15.02	60.34 22.96 13.05	48.67 11.78 11.83	51.56 11.57 8.78	* ***	5.376 25.029	18.5 86.3

Ein gesicherter Düngungseffekt, gleichbedeutend mit einer Überlegenheit der Hüttenkalk-Variante, konnte nur für die Gesamt-P-Gehalte beobachtet werden. Auffallend ist darüberhinaus der extrem geringe N-Gehalt und das entsprechend weite C/N-Verhältnis auf der ganzen Versuchsfläche. Dieses Ergebnis, welches auch von den entsprechenden Nadel-Spiegelwerten unterstrichen wird, weist auf die eigentliche Schwäche dieses Standortes hin,

Eine noch im Jahr 1968 beobachtete Veränderung der Bodenreaktion als Folge der Düngung konnte 1971 nicht festgestellt werden.

4.31.132 Ergebnisse der Nadelanalysen

Eine Interpretation der in der Tabelle 58 zusammengefaßten Analysenergebnisse ist aufgrund fehlender Richtwerte für die Sitka-Fichte schwierig. Sie muß sich deshalb hauptsächlich auf das Aufzeigen relativer Düngungseffekte beschränken. Wo dennoch der Versuch einer Darstellung der allgemeinen Versorgungslage gemacht wurde, wurde auf die für die Fichte geltenden Grenzwerte zurückgegriffen.

Der Aufbau der Tabelle erklärt sich aus der zweimaligen Verrechnung der Analysenwerte. Im ersten Rechengang wurden die Werte der Parzellen 3 und 4 mit den Werten der Parzellen 7 und 8, im zweiten Rechengang ebenfalls die der Parzellen 3 und 4, dieses Mal aber mit den Werten der Parzellen 11 und 12, welche als Wiederholungen der Parzellen 7 und 8 anzusehen sind, verrechnet. Dies geschah im Interesse eines größtmöglichen Informationsgewinns, weil bei einem einzigen Rechengang die Werte der Parzelle 7 und 11 bzw. 8 und 12 nur als Mittelwerte in die Rechnung eingegangen wären.

Die trotz des kleinen Kollektivs von nur 10 Probeebäumen je Parzelle mit Ausnahme einiger Elemente (Si, K und Ca) erstaunlich niedrigen Variantationskoeffizienten für den Faktor "Probenahme" lassen den Schluß zu, daß das angewandte Probenahmeverfahren, trotz des recht heterogenen Pflanzenmaterials (Frostschäden, häufige Schädigung der obersten Triebe), zufriedenstellend genau gewesen ist.

Anhand der Analysenwerte wird der beträchtliche Einfluß des Hüttenkalks, insbesondere hinsichtlich seiner zusätzlichen Gehalte an P und Mg, sowie der silikatischen Bindung des Kalks in diesem Dünger deutlich. Denn anders lassen sich die gesichert höheren P- und Mg-Werte auf den beiden Hüttenkalk-Parzellen 3 und 4 nur schwerlich erklären. Ein entsprechender Vergleich der einzelnen Varianten in der Reinnährstoffabelle verdeutlicht dieses.

Ebenso deutlich liegen der Aschegehalt sowie die Werte für N und K auf den Parzellen 3 und 4 über denen der Kalkmergel-Varianten. Die Differenzen konnten jedoch statistisch nicht abgesichert werden. Aus diesem Grunde sind nur die Mittelwerte in der Tabelle angeführt.

Demgegenüber wurden die höheren Ca-Gehalte auf den Kalkmergel-Varianten festgestellt und zwar einheitlich auf allen 6 Parzellen. Eine statistische Absicherung war allerdings auch hier nicht möglich.

Eine Analyse des Kupfer-Gehaltes in den Nadeln ist nicht erfolgt.

Tabelle 58									
Kulturdüngungsversuch -EMEN 1- zu S I T K A - F I C H T E; nadelanalytische Daten; Probenahme Herbst 1971									
	N ₁ P ₁ (4) Ca ₃ (2) Cu ₂ (3)	K ₂ (3) Mg ₂ (3)	wie P.3 ohne Cu	N ₁ P ₁ K ₂ (3) Ca ₃ Mg ₁ Cu ₅	wie P.7 ohne Cu	F-Test	s	v%	
	P.3		P.4	P.7	P.8	Dügg.	Dügg. Proben.	Dügg.	Proben.
Asche(%Tr.S.)			3,963			n.s.	0,225 0,217	5,7	5,5
N %			1,178			n.s.	0,018 0,038	1,6	3,2
P %	0,199		0,198	0,156	0,150	**	0,026 0,005	14,8	2,9
Si %			0,286			n.s.	0,007 0,043	2,5	15,0
K %			0,723			n.s.	0,031 0,064	4,3	8,9
Ca %			0,561			n.s.	0,051		8,3
Mg %	0,097		0,089	0,083	0,078	*	0,007 0,004	8,5	4,8
	N ₁ P ₁ (4) Ca ₃ (2) Cu ₂ (3)	K ₂ (3) Mg ₂ (3)	wie P.3 ohne Cu	N ₁ P ₁ K ₂ (3) Ca ₃ Mg ₁ Cu ₅	wie P.11 ohne Cu	F-Test	s	v%	
	P.3		P.4	P.11	P.12	Dügg.	Dügg. Proben.	Dügg.	Proben.
Asche(%Tr.S.)			4,028			n.s.	0,019 0,023	4,8	5,6
N %			1,148			n.s.	0,051 0,038	4,5	3,3
P %	0,199		0,198	0,119	0,125	***	0,044 0,006	27,5	3,8
Si %			0,315			n.s.	0,051		16,3
K %			0,728			n.s.	0,073		10,0
Ca %			0,578			n.s.	0,077		13,3
Mg %			0,085			n.s.	0,009 0,006	10,8	6,9

Auf der Basis der für die Fichte geltenden Grenzwerte müßte die Stickstoffversorgung, mit Ausnahme derjenigen auf der Parzelle 4, als im Grenzbereich eines N-Mangels liegend begutachtet werden. Dieses Ergebnis würde den entsprechenden Befund aus den Bodenanalysen deutlich abschwächen. Das Angebot an Magnesium dürfte demgegenüber ausreichend sein, während die Versorgung mit P, K und Ca als gut (P und Ca) bis sehr gut (K) bezeichnet werden kann.

Ein Einfluß des im Westteil des Versuchs (Parzellen 11 und 12) um nahezu 1 m höher bei 1.5 m u. GOF anstehenden Grundwasserspiegels konnte nicht festgestellt werden.

4.31.133 Ergebnisse der ertragskundlichen Messungen

Die Gründe, warum Grundflächen- und Volumenwerte für die Sitka-Fichte nicht ermittelt werden konnten, wurden bereits dargelegt. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß die Schaftholzvolumenwerte eines 10jährigen, von Frostschäden wiederholt zurückgeworfenen Sitka-Fichten-Bestandes ohnehin nur von geringem Interesse sind.

Errechnet wurden die mittleren Brusthöhendurchmesser- und Höhenwerte des Kreisflächenmittel- und Oberhöhenstammes, letzterer definiert als der arithmetische Mittelstamm der 100 stärksten Stämme je Hektar. Sie sind in der Tabelle 59 zusammengestellt.

Tabelle 59 Kulturdüngungsversuch -EMEN 1- zu Sitka-Fichte, Japan-Lärche; ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme August 1971; hier: SITKA - FICHTE							
	N ₁ P ₁ K ₂ (3) Ca ₃ Mg ₂ (3) Cu ₁	N ₁ P ₁ K ₂ (3) Ca ₃ Mg ₂ (3)	N ₁ P ₁ K ₂ (3) Ca ₃ Mg ₂ (3)	N ₁ P ₁ K ₂ (3) Ca ₃ Mg ₂ (3)			
	P. 3	P. 4	P. 7/11	P. 8/12	F-Test	s	v%
DN (cm)	4.40	4.53	3.33	3.48	*	0.537	13.7
DO (cm)	8.00	7.80	6.37	7.08	n.s.	0.624	8.5
HM (m)	3.70	3.93	2.98	3.02	**	0.453	13.3
HO (m)	5.40	5.90	4.58	4.68	**	0.584	11.4

Alle vier Meßgrößen ergaben deutliche Vorteile für die Hüttenkalk-Varianten (Darstellung 3 und 4), die, mit Ausnahme des Brusthöhendurchmessers des Oberhöhenstammes, mit Hilfe des F-Tests statistisch auch abgesichert werden konnten. Ein möglicher Effekt der Kupferdüngung wurde nicht festgestellt. Im Mittel liegen die Werte auf den Hüttenkalk-Varianten um 15 (DO) bis 24 % (DM) über denen der Kalkmergel-Varianten, 11 Jahre nach Abschluß der Düngungsmaßnahmen.

Eine vom Versuchsansteller lt. Aktennotiz aus dem Jahre 1967 festgestellte bessere Höhenwuchsleistung der Japan. Lärche (4.41.1) auf den westlichen, tiefer und damit im Bereich des höheren Grundwasserstandes liegenden Parzellen 9 und 10 konnte für die Sitka-Fichte nicht nachgewiesen werden.

4.31.14 Zusammenfassung der Versuchsergebnisse zu EMEN 1, Teilversuch zu Sitka-Fichte

Der einzige im Rahmen dieser Arbeit zu reiner Sitka-Fichte ausgewertete Kulturdüngungsversuch liegt im Emsland, rd. 15 km nördlich von Meppen. Er wurde im Jahre 1958 auf einem grundwasserfernen Talsand als modifizierter Kalkformenversuch zu Hüttenkalk und Kalkmergel, bei gleichzeitiger Volldüngung (N, P, K, Mg), angelegt. Ein Jahr später (1959) erfolgte auf einigen Düngungsvarianten u.a. eine Nachdüngung mit 10 dz/ha Kupferschlackenmehl. Versuchsziel war der Vergleich der beiden Kalkdünger und der Nachweis eines möglichen Cu-Mangels auf dem vorliegenden Standort.

Für die ersten Jahre werden von Versuchsansteller erhebliche Frostschäden an der Sitka-Fichte erwähnt.

Erste bodenanalytische Untersuchungen auf der Versuchsfläche im Jahre 1968 ergaben bereits deutliche Vorteile des Hüttenkalks gegenüber den Kalkmergel-Varianten.

Im Jahre 1971 erfolgte eine erste umfassende Aufnahme des Versuchs. In dessen Verlauf sind sowohl Boden- wie Nadelproben entnommen und analysiert sowie in repräsentativen Probereihen innerhalb

der Parzellen Brusthöhendurchmesser und Höhen gemessen worden. Die Versuchsergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Bis auf eine sowohl anhand der Boden- als auch der Nadelanalysenwerte festgestellte schwache N-Versorgung scheint die Sitka-Fichte die übrigen wachstumsnotwendigen Nährelemente in ausreichender, zum Teil optimaler Menge vorzufinden. Dabei hat der in einer Menge von 40 dz/ha ausgebrachte Hüttenkalk offensichtlich eine signifikante Erhöhung der P- und Mg-Gehalte in den Nadeln der Sitka-Fichte bewirkt. Dieses muß sowohl auf die entsprechenden Gehalte an P und Mg als auch auf die silikatische Bindung des Kalks in dem 1958 zur Ausbringung gelangten Hüttenkalk zurückgeführt werden. Die höheren, wenn auch statistisch nicht abgesicherten Ca-Gehalte wurden allerdings auf den Kalkmergel-Parzellen festgestellt.

Dennoch liegen die Brusthöhendurchmesser- und Höhenwerte der Sitka-Fichte auf den Hüttenkalk-Varianten gesichert um 15 bis 24 % höher als auf den Kalkmergel-Varianten.

Auswirkungen der vom Versuchsansteller auf der Versuchsfläche festgestellten Differenz hinsichtlich der Höhe des anstehenden Grundwasserspiegels von nahezu 1 m auf die wasserbedürftige Sitka-Fichte konnten nicht festgestellt werden.

Zum Versuchsziel kann abschließend gesagt werden, daß mit dem zusätzlich zur Volldüngung ausgebrachten Hüttenkalk, im Vergleich zum Kalkmergel, eine deutliche Leistungsverbesserung bei der Sitka-Fichte erzielt wurde. Dieses Ergebnis scheint jedoch anhand der Nadelanalysenergebnisse weniger auf die Kalkkomponente selbst als vielmehr auf die im Vergleich zu der heutigen Zusammensetzung des Hüttenkalks seinerzeit möglicherweise erheblich höheren Gehalte dieses Kalkdüngers u.a. an P und Mg zurückgeführt werden zu müssen, wobei auf den durch das Si bewirkten Effekt einer P-Mobilisierung hingewiesen sei. Der Nachweis eines Düngungseffekts der Kupferschlacke konnte, beschränkt auf die ertragskundlichen Meßergebnisse, nicht erbracht werden.

4.32 Mischbestandsversuche zur Hauptbaumart Fichte einschließlich Sitka-Fichte

Die Kriterien, nach denen im Rahmen der vorliegenden Arbeit einzelne Düngungsversuche als Rein- bzw. Mischbestandsversuche aufgefaßt und entsprechend bearbeitet wurden, sind in Abschnitt 4.1 dargelegt worden und brauchen deshalb an dieser Stelle nicht näher erläutert zu werden. In der Übersicht 4 sind fünf Mischbestandsversuche zur Hauptbaumart Fichte aufgeführt. Sie unterscheiden sich z. T. erheblich, besonders hinsichtlich der Baumarten und deren Anteile. Der im folgenden Abschnitt (4.32.1) beschriebene Teilversuch ENG DEN (Schulte-Südhoff) zu Fichte, Sitka-Fichte und Strobe wurde mit gleichen Anteilen (33 %) dieser drei Baumarten begründet. Die Fichte hatte damit nur einen relativ geringen Anteil an der Gesamtzahl und kann deshalb nur als eine von drei Mischbaumarten dieses Teilversuchs betrachtet werden.

Demgegenüber stellte in den Gartower Versuchen 2, 8 und 9 zum Zeitpunkt der Begründung die Fichte mit 90 % der Gesamtstammzahl tatsächlich den Hauptanteil aller Baumarten. Der Anteil der hier von Versuch zu Versuch in wechselnden Mengen, z.T. im Zuge der Nachbesserung, mitausgepflanzten Pappeln, Roterlen, Douglasien, Stroben und Roteichen betrug in der Regel nie mehr als 10 %.

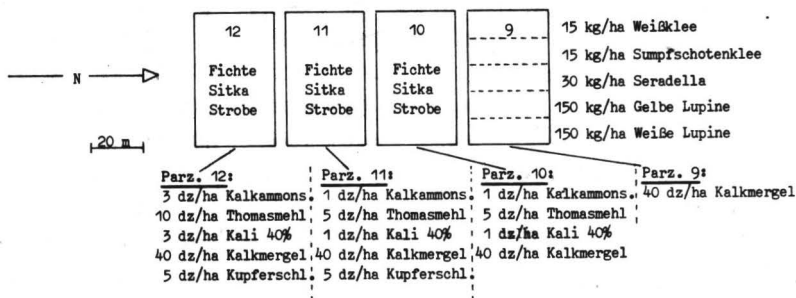
Nur der zur Fichte begründete Teilversuch ENG DEN-Theißing wurde als Reinbestandsversuch begründet. Hier gab allein die im Laufe der Zeit in erheblichen Mengen eingeflogene Birke den Ausschlag für eine Bearbeitung als Mischbestandsversuch.

Die Altersdifferenz der fünf Versuche beträgt bis zu 9 Jahre. Gedüngt wurde überwiegend mit Phosphat- und Kalkdüngern, des öfteren kombiniert mit der Aussaat verschiedener Leguminosen.

4.32.1 Teilversuch ENG DEN (Schulte-Südhoff) zu Fichte, Sitka-Fichte und Strobe

Versuchsanlage und standörtliche Verhältnisse wurden in Abschn. 4.21.2 (Versuchsteil zu Kiefer) ausführlich beschrieben. Eine Lageskizze des Gesamtversuches befindet sich auf Seite 64.

4.32.11 Zum besseren Verständnis der Versuchsergebnisse sind die vier Mischbestandsparzellen, gleichsam als Ausschnitt der Lageskizze von Seite 64, im folgenden nochmals aufgeführt.



4.32.12 Erste Versuchsergebnisse

In Abschnitt 4.21.22 wurde über die Ergebnisse eines auf der gesamten Versuchsfläche durchgeführten Anbauversuchs zu mehreren Leguminosenarten, bei gleichzeitiger mineralischer Düngung, berichtet. Der zweite Teil der Fragestellung, welche Baumarten im Hinblick auf die damaligen Aufforstungsvorhaben im Emsland als brauchbare Alternativen zur Kiefer in Frage kämen, konnte nur bedingt beantwortet werden, da die Fichte, Sitka-Fichte und Strobe nur unter Mischbestandsbedingungen geprüft werden konnten.

Die im Frühjahr 1955 im Verband $1.5 \times 1.5 \text{ m}^2$ in Einzelmischung ausgepflanzten Fichten, Sitka-Fichten und Stroben mußten noch im Jahre 1956 mit jeweils 50 3j.v. Fichten und Stroben und 75 3j.v. Sitka-Fichten nachgebessert werden. An den Sitka-Fichten wurden schon bald nach Versuchsanlage erhebliche Frostschäden beobachtet, ein Umstand, der die in den Jahren 1958 und 1959 erfolgten Höhenmessungen an dieser Baumart wegen der geringen Anzahl unbeschädigter Leittriebe erheblich beeinträchtigt hat.

Die Ergebnisse der an allen drei Baumarten in den Jahren 1956 bis 1961 durchgeführten jährlichen Höhenzuwachsmessungen (Jahrestrieblängen) sind, mit Ausnahme der Jahre 1958 und 1959, in den Versuchsakten unglücklicherweise nur als Mittelwerte über die

drei Baumarten angegeben. Von einer Wiedergabe dieser nur bedingt aussagefähigen Meßergebnisse wurde abgesehen.

Darüberhinaus wurden im Jahre 1959 für die einzelnen Baumarten die prozentuelle Verteilung der Stammzahlen über 5-cm-Baumhöhen-Stufen ermittelt. Mit Ausnahme einer sichtbaren Verlagerung der Verteilungskurve der Strobe zu den größeren Höhen als Reaktion auf die gesteigerte Volldüngung waren die Ergebnisse wenig aufschlußreich. Sie wurden deshalb ebenfalls nicht übernommen.

In der Tabelle 60 ist der durchschnittlich jährliche Höhenzuwachs der drei Mischbaumarten für die Jahre 1958 und 1959 einschließlich einiger statistischer Daten der Messungen von 1959 wiedergegeben.

Tabelle 60						Kulturdüngungsversuch ENGDEF-(Schulte-Südhoff); durchschnittlicher jährlicher Höhenzuwachs der Jahre 1958 und 1959; für Fichte, Sitka-Fichte und Strobe; (aus Versuchsakten)					
		Ca ₃		N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃		N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃ Cu		N ₁ P ₂ K ₂ Ca ₃ Cu		Jahr der Messung	
		%		%		%		%			
Fichte	cm	15.9	100	17.7	111	21.6	135	23.3	146	1958	
Sitka-Fichte	cm	25.7	100	24.7	96	40.8	158	24.3	94		
Strobe	cm	28.7	100	40.2	140	41.8	145	43.7	152		
Fichte	n	134		134		132		134		1959	
	cm	27.0	100	25.7	95	30.5	112	31.1	115		
	s	8.9		11.7		13.5		13.6			
	v%	33.1		45.6		44.2		43.7			
Sitka-Fichte	n	46		15		15		12			
	cm	16.9	100	17.4	102	22.0	130	16.2	95		
	s	6.1		8.09		8.6		4.8			
	v%	36.1		46.5		39.2		29.8			
Strobe	n	65		82		88		87			
	cm	38.9	100	32.5	83	41.5	106	37.5	96		
	s	14.2		11.1		15.3		8.4			
	v%	36.6		34.2		36.8		22.4			

Aus der Tabelle ist der negative Einfluß des Trockenjahres 1959 auf das Höhenwachstum der Sitka-Fichte, verglichen mit dem des Jahres 1958, gut erkennbar. In diesem Zusammenhang sei jedoch auf die geringe Anzahl gemessener Bäume bei dieser Baumart hingewiesen. Die Fichte konnte demgegenüber ihren Jahreszuwachs erheblich steigern, wenn auch auf Kosten einer bislang deutlichen Differenzierung zwischen den einzelnen Düngungsvarianten.

Die gleiche Reaktion wie bei der Sitka-Fichte kann bei der Strobe beobachtet werden, die im Trockenjahr 1959 nichts mehr von der noch im Vorjahre überaus deutlichen Reaktion auf die verschiedenen Düngergaben erkennen ließ. Die Reaktion der Sitka-Fichte war demgegenüber in beiden Jahren unklar (Parzelle 12).

Die Ergebnisse der ebenfalls im Jahre 1959 auf den vier Mischbestandsparzellen durchgeführten Höhenmessung auf 10-cm-Höhenschichtlinien (4.21.22) liegen ebenfalls nur als Durchschnittswerte über alle drei Baumarten vor. Sie seien dennoch angeführt, und zwar deshalb, weil sie, ebenso wie die entsprechenden Meßergebnisse auf den Kiefern- und Lärchenparzellen, ein kontinuierliches Ansteigen des durchschnittlich jährlichen Höhenzuwachses mit steigender Geländehöhe aufweisen.

cm	14.3	22.4	25.5	26.6	27.7	32.6	33.6
m über NN	9.5	9.6	9.7	9.8	9.9	10.0	10.1

Dieses Ergebnis ist um so weniger interpretierbar, weil es auf den Jahreshöhenzuwuchswerten des Trockenjahres 1959 aufbaut und mit dem Einfluß unterschiedlich hoch anstehenden Grundwassers keinesfalls erklärt werden kann.

4.32.13 Ergebnisse der Versuchsaufnahme 1971

Die ertragskundlichen Aufnahme- sowie die Probenahmeverfahren zu den Boden- und Nadelanalysen wurden in Abschnitt 4.21.21 beschrieben.

4.32.131 Bodenkundliche Ergebnisse

Die Ergebnisse der Bodenanalysen wurden bereits im Abschnitt 4.21.231 für den Gesamtversuch besprochen und sollen an dieser Stelle nurmehr zusammengefaßt wiedergegeben werden. Die Analysenwerte für die vier Mischbestandsparzellen können der Tabelle 15 entnommen werden.

Auffallend waren die im Vergleich zu den Verhältnissen auf den Kiefern- und Lärchenparzellen insgesamt eher ungünstigen Ernährungsverhältnisse auf den Mischbestandsparzellen. Allein für die beiden obersten Mineralbodentiefen (bis 40 cm) wurde, über alle drei Baumartenmischungen hinweg, eine gesicherte pH-Wert-Anhebung als Folge der Kalkmergeldüngung festgestellt. Die jedoch auf den Mischbestandsparzellen fast so hohen C-Gehalte wie auf den Lärchenparzellen sowie ein deutlich über den entsprechenden Werten

der Kiefern- und Lärchenparzellen liegender mittlerer C/N-Quotient von fast 41 : 1 (Kiefer 31, Japan. Lärche 32) in der Auflageschicht müssen auf das Verfahren der Humusprobenahme zurückgeführt werden. Bei der grundsätzlich von der gesamten Auflageschicht ($O_{L,F,H}$) erfolgten Humusprobenahme wurde auf den Mischbestandsparzellen aufgrund des dort vorliegenden günstigeren biologischen Bodenzustandes eine vom Zersetzungsgrad her ungünstigere Probe entnommen ($O_{L,F}$ -Schicht) als auf den reinen Kiefern- und Lärchenparzellen, wo die O_H -Schicht im Vergleich mit den beiden anderen Schichten ($O_{L,F}$) noch relativ stärker vertreten ist.

Die N- und P-Versorgung liegt auf der ganzen Versuchsfläche im Mangelbereich.

4.32.132 Ergebnisse der Nadelanalysen

Nadelproben sind ausschließlich von der Fichte und der Strobe entnommen worden. Für die durch Frostschäden im oberen Kronenbereich stark geschädigte und ohnehin nur in unterständigen Exemplaren vorhandene Sitka-Fichte erschien eine Nadelanalyse wenig erfolgversprechend. Die Analysenergebnisse für die Fichte und die Strobe sind in der Tabelle 61 zusammengefaßt.

Betrachtet man die Analysenwerte für die F i c h t e unter dem Gesichtspunkt der durch die Düngung zugeführten Reinnährstoffmengen, dann fallen besonders die hohen P-Werte auf den Parzellen 11 und 12 ins Auge. Dazu sei ergänzt, daß anhand der Parzellenwerte, die für die übrigen Nährelemente im einzelnen in der Tabelle nicht aufgeführt sind, darüberhinaus auch für die Asche- und Mg-Gehalte die höheren Werte auf den Parzellen 11 und 12 festgestellt wurden, statistisch jedoch nicht abgesichert werden konnten. Dieses Ergebnis ist insofern nur schwer erklärbar, weil sich die Parzellen 10 und 11 nur durch die zusätzlichen 5 dz/ha Kupferschlacke auf der Parzelle 11 unterscheiden, demgegenüber aber die Parzellen 11 und 12 durch das in 2facher Menge ausgebrachte Thomasmehl sowie das in 3facher Menge ausgebrachte 40er-Kali und das ebenfalls in 3facher Menge ausgebrachte Kalkammonsalpeter, und zwar zugunsten der Parzelle 12.

Tabelle 61

Kulturdüngungsversuch -ENGDEN (Schulte-Südhoff)- zu Kiefer, Japan-Lärche und einem Mischbestand aus Fichte, Sitka-Fichte und Strobe; nadelanalytische Daten; Probenahme Herbst 1971; hier: F I C H T E Mischbestandsparzellen 9 - 12

		Ca ₃	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃ Cu	N ₁ P ₂ K ₂ Ca ₃ Cu	F-Test	s		y%	
		P.9	P.10	P.11	P.12	Düngg.	Düngg.	Proben.	Düngg.	Proben.
Asche(%Tr.S.)		3.951				n.s.	0.136	0.312	3.4	7.9
N	%	1.325				n.s.	0.374		27.7	
P	%	0.138	0.110	0.160	0.152	*	0.021	0.012	14.7	8.5
K	%	0.663				n.s.	0.044	0.041	6.6	6.2
Ca	%	0.536				n.s.	0.087	0.097	16.2	18.1
Mg	%	0.083				n.s.	0.603	0.006	3.1	7.0

hier: S T R O B E ; Mischbestandsparzellen 9 - 12

		Ca ₃	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃ Cu	N ₁ P ₂ K ₂ Ca ₃ Cu	F-Test	s		y%	
		P.9	P.10	P.11	P.12	Düngg.	Düngg.	Proben.	Düngg.	Proben.
Asche(%Tr.S.)		3.761				n.s.	0.037	0.128	1.9	3.4
N	%	2.198				n.s.	0.028	0.108	1.3	4.9
P	%	0.196	0.189	0.232	0.212	***	0.019	0.003	9.3	1.6
K	%	0.783				n.s.	0.018	0.026	2.2	3.4
Ca	%	0.345				n.s.	0.011	0.036	3.1	10.5
Mg	%	0.141				n.s.	0.014		10.0	

Hinsichtlich des Nährstoffangebots für die Fichte müssen die Gehalte an K und Ca als erstaunlich hoch, die für Mg als ausreichend bezeichnet werden. Die N-Versorgung sowie der durchschnittliche P-Gehalt auf der Parzelle 10 bewegt sich demgegenüber im Grenzbereich einer gerade noch ausreichenden Versorgung.

In Ermangelung gültiger Erfahrungswerte für die S t r o b e mußte sich eine Interpretation der Analysenwerte für diese Baumart hauptsächlich auf das Aufzeigen möglicher Düngungseffekte beschränken. Eine statistisch gesicherte Erhöhung der Spiegelwerte liegt nur für die P-Gehalte vor, und zwar mit der gleichen bereits bei der Fichte festgestellten Gruppierung der Parzellen 9 und 10 bzw. 11 und 12. Ein dementsprechend hoher Gehalt der Kupferschlacke an P bzw. Mg dürfte als Erklärung für dieses Ergebnis kaum in Frage kommen.

Legt man einer Beurteilung der Ernährungssituation für die Strobe die für die Kiefer allgemein üblichen Grenzwerte zugrunde, so wäre das Angebot an allen analysierten Nährstoffen sehr gut—eine Schlußfolgerung, die zwar die überlegene Wuchsleistung dieser Baumart im Vergleich zu den beiden Mischbaumarten erklären würde, die die Frage nach dem eigentlichen Nährstoffbedarf der Strobe jedoch nicht beantwortet.

4.32.133 Ergebnisse der ertragskundlichen Messungen an Fichte, Sitka-Fichte, Strobe und Kiefer

Über das Wuchsverhalten der 1955 auf den Parzellen 9 bis 12 in gleichen Anteilen (33 %) ausgepflanzten Fichten, Sitka-Fichten und Stroben während der ersten Jahre ist vom Versuchsansteller wiederholt berichtet worden. Die Ergebnisse wurden zusammenfassend in Abschnitt 4.32.12 wiedergegeben. In den Versuchsakten nicht erwähnt worden ist dagegen das Anfliegen der Kiefer, vorzugsweise dort, wo die Sitka-Fichte durch Frosteinwirkung vorzeitig ausgefallen war. Der stammzahlmäßige Anteil der Kiefer zum Zeitpunkt der Versuchsaufnahme im Herbst 1971 war erheblich und lag zwischen 21 (Parz. 9) und 31 % (Parz. 10). Die Kiefer ist bei den Aufnahmearbeiten voll mit aufgenommen worden. Ihre ertragskundlichen Daten sind zusammen mit denen der drei übrigen Baumarten in den folgenden Tabellen mitaufgeführt.

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt allein im Hinblick auf die ausgebrachten Mineraldünger, ohne Berücksichtigung der durch die verschiedenen Gründüngerarten unterschiedlich behandelten Parzellenfünftel. Es wurde davon ausgegangen, daß ein möglicherweise in den ersten Jahren nach der Pflanzung bestandener, auf die Gründüngungspflanzen zurückzuführender Düngungseffekt innerhalb der Parzellen sehr bald durch die Auswirkungen der Mineraldünger überlagert worden ist. Darüberhinaus müssen auf den Mischbestandsparzellen die zwischen den Baumarten bestehenden Wechselbeziehungen mit berücksichtigt werden, was eine vergleichende Interpretation der ertragskundlichen Meßergebnisse auf diesen Parzellen erheblich erschwert. Die Ergebnisse der Arbeit von JOHN (1873) haben die im Hinblick auf die Gründüngungspflanzen oben geäußerten Vermutungen im übrigen bestätigt.

Der Besprechung der Ergebnisse sei eine Betrachtung der baumartenweisen Zusammensetzung von Gesamtstammzahl- und -grundflächenhaltung auf den vier Düngungsvarianten vorausgeschickt. Zum Zeitpunkt der Versuchsaufnahme im August 1971 entfielen auf die vier Baumarten folgende prozentuelle Anteile (Tabelle 62):

Tabelle 62		Parz. 9	Parz. 10	Parz. 11	Parz. 12
<u>Stammzahl/ha</u>	Fichte	45 %	43 %	47 %	44 %
	Sitka-Fichte	25 %	11 %	13 %	11 %
	Strobe	9 %	15 %	12 %	15 %
	Kiefer	21 %	31 %	28 %	30 %
		100 %	100 %	100 %	100 %
<u>Grundfläche m²/ha</u>	Fichte	29 %	22 %	31 %	27 %
	Sitka-Fichte	4 %	1 %	1 %	1 %
	Strobe	35 %	47 %	40 %	54 %
	Kiefer	32 %	30 %	28 %	18 %
		100 %	100 %	100 %	100 %

Bei den S t a m m z a h l e n fällt der im Vergleich zu 1955 (33 %) überproportional starke Anteil der Fichte auf, offenbar ein Hinweis dafür, daß diese Baumart keine größeren Ausfälle erlitten hat und zudem vom starken Vordringen der Kiefer nur wenig betroffen gewesen ist. Die Kiefer hat sich vielmehr, mit einem durchschnittlichen Anteil von 30 %, auf Kosten der von Frostschäden stark betroffenen Sitka-Fichte und der Strobe durchzusetzen vermocht, bei welcher Ausfälle durch den Blasenrost im Kulturstadium vermutet werden können. Hinweise für einen entsprechenden Befall der Strobe wurden in den Versuchsakten allerdings nicht gefunden.

Was die einzelnen Düngungsvarianten anbetrifft, so scheint sich die Sitka-Fichte auf der Ca-Variante offenbar noch am ehesten gegenüber den anderen Baumarten behauptet zu haben. Demgegenüber lassen die entsprechenden Werte für die Strobe und für die Kiefer auf eine stärkere Reaktion auf die Volldüngung schließen.

Ganz anders liegen jedoch die Verhältnisse bei den Grundflächenwerten. Hier treten die zwischen den Baumarten festgestellten tatsächlichen Unterschiede hinsichtlich Wuchsennergie, Schadensanfälligkeit und Reaktion auf die Düngung deutlicher und aufschlußreicher in Erscheinung. Ein Vergleich der Grundflächenhaltung von Sitka-Fichte und Strobe macht diese Unterschiede besonders deutlich. Bei nahezu gleichen Stammzahlanteilen zwischen 11 und 15 % auf den Volldüngervarianten divergieren die entsprechenden Anteile bei den Grundflächenwerten zwischen 1 und 4 % (Sitka-Fichte) und 35 bis 54 % (Strobe). Bei der Sitka-Fichte macht sich auf der Ca-Variante die relativ größere Stammzahl durch einen um 4 % angehobenen Grundflächenanteil bemerkbar. Ein ähnliches wenn auch weniger stark ausgeprägtes Verhalten kann bei der Strobe beobachtet werden.

Die bei den relativen Stammzahlanteilen beobachtete Überlegenheit der Fichte gilt bei der Grundflächenhaltung in diesem Maße nicht. Die Fichte repräsentiert hier nurmehr einen Anteil von 27%, ebensoviel wie die nachträglich eingeflogene Kiefer.

Faßt man zusammen, so läßt sich die Entwicklung der vier Baumarten, in Abhängigkeit von der Düngung, der Zeit und ihrem baumartenspezifischen Verhalten folgendermaßen darstellen:

Von den mit gleichen Anteilen begründeten Baumarten Fichte, Sitka-Fichte und Strobe haben die beiden letzten, infolge erheblicher Ausfälle in den ersten Jahren ihrer Entwicklung, eine relative Stammzahlreduzierung auf die Hälfte bis nahezu einem Drittel der Ausgangszahl erfahren. Diese Entwicklung hat bis zum Jahre 1971 praktisch zum Ausfall der Sitka-Fichte geführt, wenn man ihren relativen Anteil an der Gesamtgrundflächenhaltung zugrunde legt.

Ganz anders ist die Entwicklung bei der Strobe verlaufen, die infolge ihrer überlegenen Wuchsennergie und ihrer starken Reaktion auf die Düngung zum gleichen Zeitpunkt die dominierende Baumart, insbesondere auf den Volldüngungsvarianten, darstellt. Auffallend ist ebenfalls die Vitalität der eingeflogenen Kiefer, die im Laufe von 16 Jahren gegen die Konkurrenz von Fichte und Strobe einen Anteil an der Gesamtgrundflächenhaltung von knapp 30 % erreicht hat.

Tabellen 63, 64, 65, 66

Kulturdüngungsversuch -ENG DEN (Schulte-Südhoff)- zu Kiefer, Japan.Lärche, Fichte, Sitka-Fichte, Strobe; ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme Aug. 1971; hier: K I E F E R, innerhalb der Mischbestandsparzellen 9 - 12;

	Ca ₃	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃ Cu ₁	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃ Cu ₂			
	P.9	P.10	P.11	P.12	F-Test	s	v%
N/ha	909	1245	1177	1207	n.s.	-	-
HM(m)	6.06	6.48	7.06	6.70	**	0.392	6.0
DM(gm)	8.04	7.30	7.44	6.34	***	0.674	9.3
G(m ² /ha)	4.64	5.04	5.00	4.01	n.s.	-	-

Kulturdüngungsversuch -ENG DEN (Schulte-Südhoff)- zu Kiefer, Japan.Lärche, Fichte, Sitka-Fichte, Strobe; ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme Aug. 1971; hier: F I C H T E, innerhalb der Mischbestandsparzellen 9 - 12

	Ca ₃	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃ Cu ₁	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃ Cu ₂			
	P.9	P.10	P.11	P.12	F-Test	s	v%
N/ha	1931	1756	2017	1773	*	107.350	5.7
HM(m)	4.90	5.00	5.98	6.70	***	0.822	14.6
DM(gm)	5.18	5.10	5.82	6.50	**	0.603	10.7
G(m ² /ha)	4.08	3.64	5.43	5.96	**	0.989	20.7

Kulturdüngungsversuch -ENG DEN (Schulte-Südhoff)- zu Kiefer, Japan.Lärche, Fichte, Sitka-Fichte, Strobe; ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme Aug. 1971; hier: S I T K A - F I C H T E, innerhalb der Mischbestandsparzellen 9 - 12

	Ca ₃	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃ Cu ₁	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃ Cu ₂			
	P.9	P.10	P.11	P.12	F-Test	s	v%
N/ha	1063	459	560	447	***	284.309	45.0
HM(m)	2.68	2.24	2.40	2.46	n.s.	0.106	4.3
DM(gm)	2.40	1.74	2.00	1.92	n.s.	0.224	11.1
G(m ² /ha)	0.50	0.11	0.20	0.14	***	0.169	71.7

Kulturdüngungsversuch -ENG DEN (Schulte-Südhoff)- zu Kiefer, Japan.Lärche, Fichte, Sitka-Fichte, Strobe; ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme Aug. 1971; hier: S T R O B E, innerhalb der Mischbestandsparzellen 9 - 12;

	Ca ₃	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃ Cu ₁	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃ Cu ₂			
	P.9	P.10	P.11	P.12	F-Test	s	v%
N/ha	411	600	491	607	*	63.065	15.8
HM(m)	8.34	9.00	9.50	10.38	**	0.779	8.4
DM(gm)	12.46	12.60	13.70	15.70	*	1.272	9.3
G(m ² /ha)	5.06	7.69	7.17	11.83	**	2.632	33.2

Versucht man dieses Ergebnis in eine vorläufige Wertung der vier Baumarten zusammenzufassen, unter Berücksichtigung der einzelnen Düngungsvarianten und der Tatsache, daß dieses Ergebnis unter den besonderen Bedingungen einer Mischbestockung erreicht wurde, so können die Strobe und die (eingeflogene) Kiefer als die Überlegenen, die Sitka-Fichte als die schwächste der vier beteiligten Baumarten bezeichnet werden. Demgegenüber hat die Fichte ihren ursprünglichen Anteil an der Bestockung behauptet.

Angesichts der komplexen Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen Baumarten muß die Interpretation der Einzelergebnisse kurz gefaßt werden (s. Tabellen 63 bis 66 !).

Die Reaktion der K i e f e r auf den einzelnen Düngungsvarianten ist unklar und einer Interpretation nicht zugänglich. Der deutliche Abfall der Werte auf der Parzelle 12 deutet auf die hier besonders starke Konkurrenz mit der Strobe hin.

Die F i c h t e , die aufgrund ihrer Stammzahl- und Grundflächenentwicklung als beständigste Baumart bezeichnet werden kann, weist, trotz eines geringen Absinkens der Werte auf der Parzelle 10, eine deutliche und statistisch gesicherte Reaktion auf die einzelnen Düngerstufen auf. Wenn die im übrigen bei allen vier Baumarten zu beobachtende deutliche Leistungssteigerung von der Parzelle 10 zur Parzelle 11 mit der Mehrdüngung von 5 dz/ha Kupferschlacke auf der Parzelle 11 zu erklären wäre, würde dieses ein Hinweis auf einen möglicherweise hier vorliegenden Cu-Mangel sein. Leider sind entsprechende Boden- oder Nadelanalysen nicht erfolgt.

Das Wuchsverhalten der S i t k a - F i c h t e ist infolge der frostbedingten Schäden während ihrer Jugendentwicklung und der u.a. deshalb unterlegenen Konkurrenzkraft den anderen drei Baumarten gegenüber stark gestört und weist keinerlei erkennbare Düngungseffekte auf. Ein Hinweis für ein auch bestandessozioologisch erklärbares Verhalten dieser Baumart sind die z. T. gesichert besseren Ergebnisse auf der Ca-Variante.

Dominierende Baumart innerhalb dieser Mischbestockung ist die **S t r o b e**, an deren Wuchsverhalten zudem die eindeutigsten Reaktionen auf die einzelnen Düngungsmaßnahmen nachgewiesen werden konnten.

Tabelle 67							
Kulturdüngungsversuch -ENGDEN (Schulte-Südhoff)- zu Kiefer, Japan.Lärche, Fichte, Sitka-Fichte, Strobe; ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme Aug. 1971; hier: Summenwerte über die Baumarten FICHTE, SITKA - FICHTE und STROBE (Mischbestandsparz. 9-12)							
	Ca ₃	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃ Cu ₁	N ₁ P ₁ K ₂ Ca ₃ Cu ₂			
	P.9	P.10	P.11	P.12	F-Test	s	v%
N/ha	4947	4646	4807	4190	n.s.	248,248	5,3
G(m ² /ha)	15,09	16,47	18,88	21,99	**	2,821	15,6
V _s (VfmS/ha m.R.)	(53,86)	(66,84)	(74,26)	(100,62)	***	18,709	25,3
D U N C A N - T E S T							
N/ha	P.9	P.11	P.10	P.12			
	4947	4807	4646	4190			
4190	*	n.s.	n.s.	-			
4646	n.s.	n.s.	-				
4807	n.s.	-					
4947	-						
G(m ² /ha)	P.12	P.11	P.10	P.9			
	21,99	18,88	16,47	15,09			
15,09	***	*	n.s.	-			
16,47	**	n.s.	-				
18,88	n.s.	-					
21,99	-						
V _s (VfmS/ha m.R.)	P.12	P.11	P.10	P.9			
	(100,62)	(74,26)	(66,84)	(53,86)			
(53,86)	***	*	n.s.	-			
(66,84)	**	n.s.	-				
(74,26)	**	-					
(100,62)	*						

Ein Vergleich der Gesamtwuchsleistung des Mischbestandes auf den einzelnen Düngungsvarianten erlaubt die Tabelle 67, in der die Summenwerte über die vier Baumarten hinsichtlich Stammzahl, Grundfläche und Schaftholzvolumen zusammengestellt sind. Letztere mögen vorzugsweise (3.32) als relative Vergleichswerte zwischen den Düngungsvarianten Beachtung finden.

Angesichts relativ ausgeglichener Gesamtstammzahlen auf den ersten 3 Düngungsvarianten, die nur auf der starken Volldünger-Variante eine erwartete Reduktion von rd. 15 % aufweist, ist die Steigerung der entsprechenden Grundflächen- und Volumenwerte mit zunehmender Düngergabe beachtlich. Diese läßt sich für die Gesamtgrundfläche durch die auf die Ca-Variante bezogenen Prozentwerte 100-109-125-146 und entsprechend für das Gesamtschaftholz-volumen mit 100-124-138-187 wiedergeben. Der relativ größte Abstand von der Parzelle 11 zur Parzelle 12 muß dabei wohl auf eine Erhöhung der Reinnährstoffmenge für N und K_2O auf das 3fache (22/66 bzw. 40/120 kg/ha) und für P_{2O_5} auf das 2fache (75/150 kg/ha) zurückgeführt werden.

4.32.14 Zusammenfassung der Versuchsergebnisse zum Versuch ENGDEN (Schulte-Südhoff) - Teilversuch zu Fichte, Sitka-Fichte, Strobe und Kiefer

Im vorstehenden Abschnitt wurde über Aufnahmeergebnisse zu einem im Jahre 1955 angelegten Mischbestandsversuch zu Fichte, Sitka-Fichte und Strobe berichtet. Als vierte Baumart ist die im Laufe der Jahre nachträglich eingeflogene Kiefer bearbeitet worden.

Erste Versuchsbeobachtungen sowie Meßergebnisse deuteten darauf hin, daß es die Sitka-Fichte offenbar am schwersten hatte, sich in der vorliegenden Mischung zu behaupten. Von größeren Ausfällen durch Frost wird ebenso berichtet wie von den negativen Auswirkungen des Trockenjahres 1959 auf diese Baumart. Demgegenüber behielten im gleichen Jahr die Fichte und die Strobe ihre Zuwachsleistungen bei, wenn auch auf Kosten der Differenzierung zwischen den einzelnen Düngungsvarianten.

Im Herbst 1971 wurde der Versuch nochmals eingehend aufgenommen. Neben ertragskundlichen Messungen wurden für eine Analyse der Ernährungsverhältnisse Boden- und Nadelproben entnommen.

Die Ergebnisse der B o d e n a n a l y s e n sind in Abschnitt 4.21.231 eingehend dargestellt worden. Festgestellt wurde eine offenbar als Folge der Kalkmergeldüngung gesicherte Anhebung der pH-Werte sowie ein unzureichendes Angebot an N und P auf der gesamten Versuchsfläche.

Bei den N a d e l a n a l y s e n ergaben sich für die Fichte deutlich höhere P-Spiegelwerte auf den Parzellen 11 und 12. Dennoch müssen die P- und N-Versorgung für diese Baumart als im Grenzbereich zwischen ausreichender Versorgung und Mangel liegend bezeichnet werden. Ungewöhnlich hohe Werte wurden für K und Ca festgestellt. Aus Mangel an Richtwerten bleibt für die Strobe nur die Feststellung eines gleichen P-Effektes wie bei der Fichte. Die übrigen Spiegelwerte lagen sehr hoch, vergleicht man sie mit den entsprechenden Grenzwerten für die Kiefer. Für die Kiefer ergaben sich insgesamt ausreichende Ernährungsbedingungen (4.21.23) wobei für die Elemente P und K düngungsabhängige Gehaltserhöhungen nachgewiesen werden konnten.

Zum Nachweis der W u c h s l e i s t u n g e n der einzelnen Baumarten wurden die Stammzahl, die Brusthöhendurchmesser- und Höhenwerte des Kreisflächenmittelstammes sowie die Grundfläche ermittelt und statistisch verrechnet. Für eine baumartenweise Interpretation der Ergebnisse machte sich das spezifische Verhalten der einzelnen Baumarten, u.a. im Abhängigkeit von der Düngung, erschwerend bemerkbar.

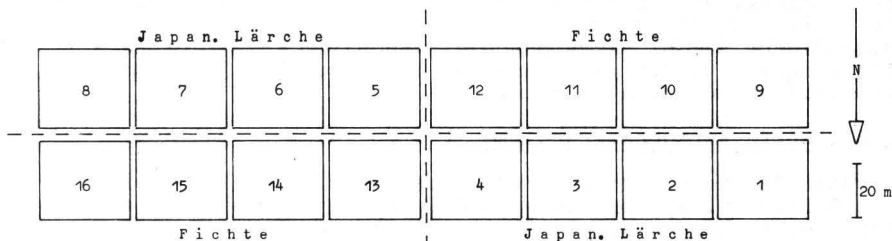
Anhand der relativen Anteile der einzelnen Baumarten an der Gesamtstammzahl- bzw. -grundflächenhaltung konnte für die Sitka-Fichte und die Strobe eine erhebliche Reduktion nachgewiesen werden. Als Ursache hierfür müssen u.a. für die Sitka-Fichte Frostschäden, für die Strobe Ausfälle durch den Stroben-Blasenrost in der Dickungsphase angenommen werden. Dennoch hat diese parallele Entwicklung beider Baumarten zu gänzlich verschiedenen Ergebnissen geführt. Die Sitka-Fichte hatte zum Zeitpunkt der Versuchsaufnahme keine bestandesbildende Funktion mehr (Anteil an der Gesamtgrundfläche zwischen 1 und 4 %). Demgegenüber ist die Strobe heute die überlegene Baumart dieser Baumartenmischung. Davon zeugt ihr prozentueller Anteil an der Gesamtgrundfläche zwischen 35 (Ca-Variante) und 54 % (starke Volldünger-Variante). Der Anteil der Fichte hat sich auf rund 27 % reduziert und ist damit ebenso groß wie der der eingeflogenen Kiefer.

4.32.2 Versuch ENGDEN - TheiBing (Emsland), Teilversuch zu Fichte

Der Versuch liegt 8 km östlich von Nordhorn am Südrand der "Engdener Wüste" in der Gemeinde Engden (Flur 2, Parz. 6/2), unweit des bereits unter 4.21.2 zu Kiefer beschriebenen Gründungs- und Baumartenversuchs ENGDEN - Schulte-Südhoff. Grundbesitzer ist der Bauer TheiBing aus Engden. Der Versuch wurde im Jahre 1958 vom Forstamt Nordhorn der Landwirtschaftskammer Weser-Ems (BARELMANN) angelegt.

4.32.21 Versuchsbegründung und -anlage

Die wichtigsten Versuchsdaten sind im folgenden zusammengefaßt aufgeführt. Sie werden durch die Lageskizze ergänzt.



Parz. 4, 8, 12 u. 16:

3 dz/ha Kalkammonsalp.

10 dz/ha Thomasmehl

3 dz/ha Kalimagnesia

40 dz/ha Kalkmergel

Parz. 3, 7, 11 u. 15:

1 dz/ha Kalkammonsalp.

3 dz/ha Thomasmehl

1 dz/ha Kalimagnesia

40 dz/ha Kalkmergel

Parz. 2, 6, 10 u. 14:

40 dz/ha Kalkmergel

Parz. 1, 5, 9 u. 13:

Ungedüngt

----- ganzflächig Vollumbruch u. Gelbe Bitterlupine -----

VERSUCH: ENGDEN - Theissing (Emsland)

VERSUCHSTYP: Nährstoffsteigerungsversuch (N, P, K, Mg), komb. mit Kalkgrunddüngung einschl. Lupineneinsaat

LAGE: 10 km östlich von Nordhorn, Südrand der "Engdener Wüste"

VERSUCHSANSTELLER: FA. Nordhorn der LWK Weser-Ems, (BARELMANN)

GEOLOGIE: Talsand

HÖHE ÜBER NN: ca. 15 m

BODENART UND -TYP: silikatarmer Feinsand, Grundwasser-Gley-Podsol

WASSERVERSORGUNG: Grundwasserstand (30 mg Ca//litr) 2 m u. GOF

JAHR DER VERSUCHSANLAGE: 1958/60

KULTURVORBEREITUNG, BEGRÜNDUNGSART: Vollumbruch, 50 cm, Düngung, Lupineneinsaat, Pflanzung

BAUMARTEN (% DER GESAMTSTAMMZAHL): Fichte 100 %, Japan. Lärche 100 % (Teilversuch)

PFLANZGUT UND -VERBAND: Japan. Lärche 1/1, 1.3 X 1.7 m; Fichte 2/2, 1.3 X 1.7 m

VORBESTAND: Ödland, Heide

DÜNGUNGSVARIANTEN: NULL, Ca₂, N₁P₁K₁Ca₃Me₁, N₁P₁2K₁Ca₃Me₁

WIEDERHOLUNGEN: 2-fach jg Baumart

PARZELLENGRÖSSEN: 1000 m²

LITERATUR: LOUEN (1973)

Die kulturvorbereitenden Arbeiten einschließlich der Düngungsmaßnahmen bis zum Zeitpunkt der Pflanzung erstreckten sich über 3 Jahre. Die Versuchsfläche wurde im Sommer 1958 ganzflächig 50 cm tief umgebrochen und nach Ausbringung von 40 dz/ha Kalkmergel und 3 bzw. 10 dz/ha Thomasmehl auf den entsprechenden Parzellen ganzflächig getellert. Im Frühjahr 1959 erfolgte sodann das Ausstreuen des Kalimagnesia- (1 bzw. 3 dz/ha) und des Stickstoffdüngers (1 bzw. 3 dz/ha Kalkammonsalpeter). Danach wurde die gesamte Versuchsfläche mit gelber Bitterlupine eingesät. Das Auspflanzen der Fichte bzw. der Japan. Lärche auf jeweils 8 Parzellen im Reinbestand erfolgt lt. Versuchsbuch im Frühjahr 1961.

Es war beabsichtigt, mit vier Düngungsvarianten je Baumart den Nachweis einer Standortverbesserung und einer gleichzeitigen Zuwachssteigerung zu erbringen, und zwar durch eine einfache Kalkmergel-Düngung, verglichen mit einer Volldüngung, bei gleichzeitiger Steigerung der Nährstoffe N, P, K und Mg. Da die gesamte Versuchsfläche sowohl umgebrochen als auch mit gelber Bitterlupine eingesät worden war, kann der Vergleich zur "ungedüngten" Kontrollfläche nur relativ sein.

4.32.22 Erste Versuchsergebnisse

Die ersten Beobachtungen zur Versuchsentwicklung galten der gelben Bitterlupine, über deren Gedeihen Aktenaufzeichnungen vorliegen. Darüberhinaus erfolgten in den Jahren 1967 und 1970 erste Höhenmessungen an beiden Baumarten.

Die erstmals im Juli 1959 auf ganzer Fläche durchgeführte Aussaat von 150 kg/ha einjähriger G e l b e r B i t t e r l u p i n e mußte im darauffolgenden Jahr (Juli) als Folge des wegen der extremen Dürre im Jahre 1959 auf ganzer Fläche unterbliebenen Auflaufens wiederholt werden. Eine Bonitierung im Oktober 1960 ergab das folgende Zwischenergebnis (BARELMANN, 1960, Versuchsakte):

Auf der Null-Variante hatte sich die Lupine nur unbefriedigend entwickelt. Zum Zeitpunkt der Bewertung hatte sie dort eine durchschnittliche Höhe von 10 cm erreicht. Ein ähnlich unbefriedigendes Bild bot sich auf den mit 40 dz/ha Kalkmergel gedüngten Parzellen. Demgegenüber hatte die Volldüngung eine außerordentliche Wachsförderung bewirkt, sowohl hinsichtlich der Dichte des Auflaufens als auch was die durchschnittliche Pflanzenhöhe ("kniehoch") anbetraf.

Dazu muß ergänzt werden, daß 7 Wochen nach der Aussaat im Juli 1960 das Ausbringen des Stickstoffdüngers (1 bzw. 3 dz/ha Kalkammonsalpeter) erfolgt war. Die Beurteilung der Lupine muß deshalb sowohl unter Berücksichtigung der Witterungsverhältnisse im Jahre 1959 als auch der unmittelbar auf die Aussaat im Jahre 1960 erfolgten N-Düngung beurteilt werden.

Erste Höhenmessungen an der Fichte erfolgten 1967 als Totalaufnahme des gesamten Pflanzmaterials und 1970 nach einem Repräsentativverfahren (reihenweise) an 200 Bäumen je Parzelle. Die Meßergebnisse sind in der Tabelle 68 wiedergegeben.

Tabelle 68 Kulturdüngungsversuch ENGDEM-Theißing; Höhenmessungen an der FICHTE in den Jahren 1967 und 1970 (aus Versuchsakten)								
	NULL		Ca ₃		N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃ Mg ₁		N ₁ P ₂ K ₁ Ca ₃ Mg ₁	
	P. 9	P. 13	P. 10	P. 14	P. 11	P. 15	P. 12	P. 16
	1967 m	1970 m	1967 m	1970 m	1967 m	1970 m	1967 m	1970 m
1967 m	0.92	0.88	1.15	1.16	1.87	1.96	2.10	2.14
1970 m	0.99	1.41	1.43	1.73	2.75	2.85	3.25	3.65
Zuwachs, bez. auf 1967 (=100 %)	8 %	60 %	24 %	49 %	47 %	45 %	55 %	71 %
1967 m	0.90		1.16		1.92		2.12	
%	100		129		213		236	
1970 m	1.20		1.58		2.80		3.45	
%	100		132		233		288	

Aus der Tabelle, dessen einzelne statistisch nicht verrechnete Werte aus den Versuchsakten unverändert übernommen wurden, erkennt man die deutliche Reaktion der Fichte auf die einzelnen Düngungsstufen. Diese Reaktion hatte sich, vergleicht man die Ergebnisse der beiden Jahre miteinander, eher noch verstärkt und bewegt sich zwischen 30 % auf der Kalkvariante und 135 % (1967) bzw. 190 % (1970) auf den gesteigerten Volldüngervarianten. Die prozentuellen Vergleichswerte wurden aus den arithmetischen Mittelwerten der Düngungsvarianten, diese wiederum aus den nicht gewogenen (Stammzahl unbekannt) Parzellenwerten berechnet. Der im Laufe der Jahre deutlicher werdende Düngungseffekt bedeutet zugleich eine stärkere Differenzierung zwischen den einzelnen Düngungsvarianten.

Ergänzend sei noch auf die sich über alle Düngungsvarianten erstreckende Wuchsüberlegenheit der Fichten auf den südwestlichen Parzellen 5-8 hingewiesen. Auf die Ursachen dieses Verhaltens, welches auf Standortunterschiede zurückgeführt werden könnte, wird in Abschn. 4.32.231 eingegangen. Die Wuchsüberlegenheit wirkt sich auch auf den relativen Höhenzuwachs im Jahre 1970, bezogen auf das Jahr 1967, aus, und zwar dahingehend, daß dieser auf den südwestlichen Parzellen größer ist als auf den Wiederholungen im N-O-Teil der Versuchsfläche.

Aufzeichnungen über Beobachtungen zum Wuchsverhalten der Birke, die zum Zeitpunkt der Fichtenaufnahme bereits in erheblichen Mengen angefliegen sein muß, liegen nicht vor.

Tabelle 69

Kulturdüngungsversuch -ENGDEN (Theißing)- zu Fichte, Japan.Lärche (und Birke); bodenkundliche Daten; Probenahme Aug. 1971;

Tiefen cm	J A P A N . L Ä R C H E				F I C H T E									
			N ₁ P ₁ K ₁	N ₁ P ₂ K ₁			N ₁ P ₁ K ₁	N ₁ P ₂ K ₁						
	NULL	Ca ₃	Ca ₃ Mg ₁	Ca ₃ Mg ₁	NULL	Ca ₃	Ca ₃ Mg ₁	Ca ₃ Mg ₁						
	P ₁ /5	P ₂ /6	P ₃ /7	P ₄ /8	P ₉ /13	P ₁₀ /14	P ₁₁ /15	P ₁₂ /16	F - Test		s		v%	
									Baumart	Düngg.	Baumart	Düngg.	Baumart	Düngg.
pH(CaCl ₂) Auf1.	3.73	3.39	3.40	3.79	3.75	3.30	3.29	3.55	n.s.	*		0.184		5.2
0-20				3.52					n.s.	n.s.		0.183		5.2
20-40				3.25					n.s.	n.s.	0.511	0.028	15.7	0.9
40-60				3.51					n.s.	n.s.		0.041		1.2
C(%Tr.S.) Auf1.				29.34					n.s.	n.s.		3.794		12.9
0-20	2.84	3.68	4.50	2.82	5.24	4.05	3.55	5.07	n.s.	*	0.596	0.706	15.0	17.8
N(%Tr.S.) Auf1.				0.95					n.s.	n.s.				
0-20				0.11					n.s.	n.s.	0.020	0.027	17.5	24.0
20-40		0.07				0.18			*	n.s.	0.077	0.033	61.5	26.4
40-60				0.05					n.s.	n.s.		0.010		18.5
Pt(mg/100g)Auf1.				58.52					n.s.	n.s.	5.659	2.719	9.7	4.7
0-20				10.45					n.s.	n.s.	1.036	1.341	9.9	12.8
20-40				10.97					n.s.	n.s.	1.969	3.351	18.0	21.4
40-60				7.12					n.s.	n.s.	0.230	0.648	3.2	9.1

4.32.23 Ergebnisse der Versuchsaufnahme 1971

Die mit studentischen Hilfskräften durchgeführten Aufnahmearbeiten sind im Herbst 1971 erfolgt. Teilergebnisse des Versuchs sind im Anschluß daran im Rahmen einer Diplomarbeit der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen bearbeitet worden (LOUEN, 1973).

Im Zuge der Aufnahmearbeiten wurden die Brusthöhendurchmesser- und Höhenwerte aller lebenden Fichten gemessen. Dieses aufwendigen Aufnahmeverfahren mußte jedoch aus Zeitgründen auf den Lärchenparzellen (4.42.1) teilweise auf ein repräsentatives Reihenmeßverfahren reduziert werden.

Darüberhinaus wurden Boden- und Nadelproben entnommen, letztere von insgesamt 5 Bäumen (Fichten) je Parzelle vom letztjährigen Quirl, was einem Probenmaterial von 10 Bäumen je Düngungsvariante entspricht. Die Bodenprobeentnahme erfolgte aus der Auflage-schicht und den Mineralbodentiefen 0-20, 20-40 und 40-60 cm.

Die Aufnahmeergebnisse für die Fichte werden im folgenden Abschnitt beschrieben.

4.32.231 Bodenkundliche Ergebnisse

In der Tabelle 69 sind die Ergebnisse der Bodenanalysen mit einigen Kenngrößen aus der statistischen Verrechnung zusammengefaßt. Bestimmt wurden der pH-Wert sowie die Gehalte an C, N und Gesamt-P, mit Ausnahme des Kohlenstoffs von allen vier Entnahmetiefen. Mitaufgeführt sind die Analysenwerte für den Versuchsteil zur Japan-Lärche, die gemeinsam mit denen der Fichtenparzellen verrechnet wurden.

Die Ergebnisse der Bodenanalysen lassen nahezu keine Düngerwirkung mehr erkennen. Die Gründe hierfür mögen z.T. in der -ange-sichts der Größe der Versuchsfläche und der einzelnen Parzellen-quantitativ unzureichenden Probenahme liegen. Zusätzlich sei jedoch daran erinnert, daß der im Sommer 1958 durchgeführte Voll-umbruch bis in eine Tiefe von 60 cm hinabreichte und somit in den Bereich, aus dem anschließend die Probenahme erfolgt ist. Die sicherlich auch heute noch, 13 Jahre nach erfolgter Bodenbe-arbeitung, in diesem Bereich vorliegenden Unregelmäßigkeiten hin-sichtlich der Bodenlagerung müssen ebenfalls als mögliche Ursa-chen der unbefriedigenden Analysenergebnisse mitberücksichtigt werden.

Die im Vergleich zur Kalk- und zur schwächeren Volldüngungs-Variante gesichert höheren pH-Werte insbesondere auf der Null-Variante, für beide Baumarten einheitlich, lassen sich weder durch die Düngungsmaßnahmen noch durch irgendwelche standörtlichen Besonderheiten erklären. Wieweit sich die durch größere Baumzahl und stärkere Benadelung bewirkte intensivere Ausfilterung von SO_2 aus der Luft in der stärkeren Versauerung im Auflagehumus auf den Düngungsflächen bemerkbar macht, muß offen bleiben. In den Entnahmetiefen bis einschließlich 20-40 cm konnte auf den Fichtenparzellen ein geringfügig höherer pH-Wert als auf den Lärchenparzellen festgestellt werden.

Wenn auch die C-Gehalte in der obersten Mineralbodentiefe (0-20cm) auf den Fichtenparzellen fast immer höher liegen, fällt dennoch eine gewisse Gegenläufigkeit bei der Änderung des C-Gehaltes in Abhängigkeit von der Düngung im Vergleich der beiden Baumarten untereinander auf. Im übrigen seien die auf der vorangegangenen Seite ausgesprochenen Vorbehalte hinsichtlich der Bodenbearbeitung und nachfolgender Probenahme wiederholt. Aufgrund der Gehalte an organischer Substanz im weiteren Bereich des A_h -Horizontes kann die oberste Mineralbodentiefe (0-20 cm) auf der ganzen Versuchsfläche im Durchschnitt als stark humos bezeichnet werden.

Der N-Gehalt ist auf den Fichtenparzellen, mit Ausnahme der Tiefe 40-60 cm, bei gleichzeitigem N-Mangel auf der ganzen Versuchsfläche höher als auf den Lärchenparzellen, was u.a. auf die ernährungsphysiologisch ungünstigere Streu der Lärche zurückgeführt werden kann. Ein Düngungseffekt liegt ebenso wenig vor wie bei den Gesamt-P-Gehalten.

4.32.232 Ergebnisse der Nadelanalysen

Analysiert worden sind ausschließlich die Fichtennadeln auf ihre Gehalte an N, P, K, Ca und Mg in % der Trockensubstanz. Die Analysenergebnisse sind in der Tabelle 70 dargestellt.

Der in der Tabelle als "Ost-" bzw. "West-Standort" bezeichnete Faktor ist gleichbedeutend mit den Wiederholungen der einzelnen

Düngungsvarianten (s. Lageskizze !). Die Vermutung, daß kleinflächige Standortsunterschiede innerhalb der Versuchsfläche bestehen und die Auswirkungen der Düngungsmaßnahmen möglicherweise überlagern könnten, ist durch die statistische Verrechnung der Analysenergebnisse bestätigt worden. Mit Ausnahme der Ca-Spiegelwerte, die im westlichen Versuchsteil grundsätzlich höher liegen, wurden für alle übrigen analysierten Gehalte höhere Werte im östlichen Versuchsteil festgestellt. Eine diesbezügliche Überprüfung der Ergebnisse der Bodenanalysen ergab keine vergleichbaren Unterschiede.

Tabelle 70										
Kulturdüngungsversuch -ENGDEN (Theißing)- zu Fichte, Japan. Lärche, (Birke); nadelanalytische Daten; Probenahme Herbst 1971 hier: F I C H T E										
Std.Ort	NULL Ca ₃ N ₁ P ₁ K ₁ N ₁ P ₁ K ₁				F - T e s t			s	v%	
	P.9/13	P.10/14	P.11/15	P.12/16	Std.Ort	Dünge.	I.A.	"Fehler"	"Fehler"	
Asche(%Tr.S.) Ost			3.256							
West			2.949		*	n.s.	n.s.	0.196	6.3	
N % Ost										
West			1.085		n.s.	n.s.	n.s.	0.159	14.6	
P % Ost	0.125	0.133	0.161	0.187	***	***	***	0.005	3.7	
West	0.108	0.095	0.117	0.099						
K % Ost	0.615	0.623	0.612	0.630	***	*	**	0.024	4.1	
West	0.643	0.526	0.565	0.486						
Ca % Ost	0.375	0.353	0.348	0.402	**	*	n.s.	0.036	8.7	
West	0.383	0.406	0.516	0.498						
Mg % Ost	0.100	0.101	0.104	0.119	***	***	*	0.004	3.8	
West	0.078	0.074	0.093	0.096						

Schätzt man für die Fichte anhand der Tabellenwerte die allgemeine Versorgungslage mit den wichtigsten Nährelementen auf den vorliegenden Standort ein, so kommt man zu folgendem Ergebnis:

Der bereits anhand des geringen Stickstoff-Gehalts in der organischen Substanz des Bodens festgestellte deutliche N-Mangel wird durch die Ergebnisse der Nadelanalysen bestätigt.

Die P-Werte weisen erhebliche, sowohl standorts- als auch düngungsabhängige Schwankungen auf. Der östliche Versuchsteil ist allgemein gut versorgt, wobei ein deutlich positiver Düngungseffekt auf den beiden Volldünger-Varianten festgestellt werden kann. Demgegenüber konnte ein Effekt der P-Düngung im westlichen Teil der Versuchsfläche nicht nachgewiesen werden. Die P-Werte liegen dort im übrigen bereits deutlich im Mangelbereich.

Die K-Versorgung ist durchgehend ausreichend bis gut, vorbehaltlich der bereits zur P-Versorgung gemachten Einschränkung hinsichtlich der beiden "Standorte". Ein Düngungseffekt als Folge der K-Zufuhr ist weniger deutlich ausgeprägt.

Das Kalk-Angebot kann, trotz des bei diesem Element sehr weiten Rahmens zwischen ausreichender Versorgung und Mangel, als voll ausreichend bezeichnet werden. Im Gegensatz zu den übrigen Elementen dominieren hier jedoch die Werte auf dem Westteil der Versuchsfläche. Inwieweit dieses Ergebnis zur Klärung der bei den anderen Elementen beobachteten Standortsunterschiede beitragen kann, möglicherweise als Hinweis auf antagonistische Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Nährelementen, konnte im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht weiter verfolgt werden. Eine diesbezügliche Überprüfung der Reaktionsverhältnisse anhand der pH-Werte führte zu keinem Ergebnis.

Die höheren Mg-Spiegelwerte wurden demgegenüber im östlichen Versuchsteil festgestellt. Auf den westlichen NULL- und Ca-Varianten fallen sie sogar in den Grenzbereich zwischen noch ausreichender Versorgung und Mangelzustand. Auf der ganzen Versuchsfläche ist eine deutliche Verbesserung des Mg-Angebots auf den mit Kalimagnesia gedüngten Varianten erkennbar.

Zusammenfassend läßt sich die Versorgungslage für die Fichte, 12 Jahre nach Abschluß der Düngungsmaßnahmen, wie folgt darstellen:

Festgestellt wurde eine deutliche Überlegenheit im Ostteil der Versuchsfläche hinsichtlich der Angebote an N, P, K und Mg. Nur die Ca-Gehalte lagen im Westteil des Versuchs allgemein höher.

Ein deutlicher Mangel wurde für Stickstoff sowie für Phosphor auf dem gesamten Westteil des Versuchs festgestellt. Die Versorgung mit K und Ca ist demgegenüber gut.

4.32.233 Ertragskundliche Ergebnisse

Die ertragskundlichen Messungen erstreckten sich auf die beiden Hauptbaumarten Fichte und Japan. Lärche einschließlich der in unterschiedlicher Menge nachträglich eingeflogenen Birke und Kiefer. Die mit einem durchschnittlichen Anteil von weniger als 1 % (s. Tabelle 74!) an der Gesamtstammzahl je Parzelle beteiligte Kiefer wurde nicht weiter bearbeitet. Über das Wuchsverhalten der Japan. Lärche wird in Abschn. 4.42.1 berichtet.

Wie bereits erwähnt, wurden im Zuge der ertragskundlichen Aufnahmearbeiten alle lebenden Bäume je Aufnahmefläche erfaßt. Dabei ergaben sich bereits die ersten Unterschiede im Wuchsverhalten der einzelnen Baumarten. Während bei der Japan. Lärche kein Baum unter 1.3 m Höhe angetroffen wurde, betrug dieser Anteil an der Gesamtstammzahl der Fichte und Birke je nach Düngungsvariante bis zu 28 % (Fichte, Null-Variante). Auf die Bedeutung des Anteils der Bäume unter 1.3 m Höhe als Weiser für eine Leistungsverbesserung der Fichte durch die Düngung wird nicht im einzelnen eingegangen werden. In diesem Zusammenhang sei noch darauf hingewiesen, daß die in den folgenden Tabellen zusammengestellten ertragskundlichen Daten ausschließlich von den Bäumen über 1.3 m Höhe hergeleitet wurden.

Der absolute und relative Anteil der F i c h t e unter 1.3 m Höhe zum Zeitpunkt der Aufnahmearbeiten im Herbst 1971, 10 Jahre nach der Pflanzung, geht aus der Tabelle 72 hervor (nach LOUEN, 1973).

Auffallend ist die Reduktion des Anteils der Bäume unter 1.3 m Höhe von 28 % auf der Null-Variante auf weniger als 1 % auf den Volldünger-Varianten, was zugleich einer Erhöhung der Bestandesdurchschnittshöhe (Höhe des Kreisflächenmittelstammes, HM) von 2.53 m auf "ungedüngt" um 76 % auf 4.45 m auf der Variante mit der höchsten Düngergabe gleichkommt (s. dazu Tabelle 71 !).

Tabelle 71

Kulturüngungsversuch -ENG DEN (Theising)- zu Fichte, Japan.Lärche, (Birke);
ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme Aug. 1971; hier: F I C H T E

	NULL	Ca ₃	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃ MS ₁	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃ MS ₁			
	P.9/13	P.10/14	P.11/15	P.12/16	F-Test	s	v%
N/ha	2821	3327	4027	3849	**	513.725	14.7
HM(m)	2.53	2.53	3.83	4.45	***	0.958	28.8
HO(m)	4.45	4.38	6.05	6.05	n.s.	0.905	17.3
DM(cm)	2.45	2.58	4.30	4.95	***	1.235	34.6
DO(cm)	5.85	5.42	7.63	7.70	**	1.123	16.9
G(m ² /ha)	1.32	1.83	5.84	7.48	***	2.983	72.5
V (Vfms/ha m.R.) s	(4.38)	(5.83)	(17.50)	(23.20)	***	9.000	70.7
D U N C A N - T E S T							
N/ha	P.11/15 4027	P.12/16 3849	P.10/14 3327	P.9/13 2821			
2821	***	**	n.s.	-			
3327	*	n.s.	-				
3849	n.s.	-					
4027	-						
HM(m)	P.12/16 4.45	P.11/15 3.83	P.10/14 2.53	P.9/13 2.53			
2.53	***	***	n.s.	-			
2.53	***	***	-				
3.83	**	-					
4.45	-						
HO(m)	P.12/16 6.05	P.11/15 6.05	P.9/13 4.45	P.10/14 4.38			
4.38	**	**	n.s.	-			
4.45	**	**	-				
6.05	n.s.	-					
6.05	-						
DM(cm)	P.12/16 4.95	P.11/15 4.30	P.10/14 2.58	P.9/13 2.45			
2.45	***	***	n.s.	-			
2.58	***	***	-				
4.30	*	-					
4.95	-						
DO(cm)	P.12/16 7.70	P.11/15 7.63	P.9/13 5.85	P.10/14 5.42			
5.42	**	**	n.s.	-			
5.85	**	**	-				
7.63	n.s.	-					
7.70	-						
G(m ² /ha)	P.12/16 7.48	P.11/15 5.84	P.10/14 1.83	P.9/13 1.32			
1.32	***	***	n.s.	-			
1.83	***	***	-				
5.84	*	-					
7.48	-						
V _s (Vfms/ha m.R.)	P.12/16 (23.20)	P.11/15 (17.50)	P.10/14 (5.83)	P.9/13 (4.38)			
(4.38)	***	***	n.s.	-			
(5.83)	***	***	-				
(17.50)	*	-					
(23.20)	-						

Tabelle 72 Kulturdüngungsversuch -ENGDEN (Theißing)- Anteile der F I C H T E unter 1,3 m Höhe zum Zeitpunkt der Versuchsaufnahme im August 1974								
	NULL		Ca ₂		N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₁ Mg ₁		N ₁ P ₂ K ₁ Ca ₁ Mg ₁	
	n/ha	%	n/ha	%	n/ha	%	n/ha	%
über 1,3 m Höhe	2821	72	3327	83	4027	99,2	3849	99,5
unter 1,3 m Höhe	1116	$\frac{28}{100}$	689	$\frac{17}{100}$	35	$\frac{0,8}{100}$	11	$\frac{0,5}{100}$

Betrachtet man unter diesem Aspekt die Zusammenstellung der ertragskundlichen Meßergebnisse einschließlich einiger statistischer Größen in der Tabelle 71, dann erklärt sich u.a. auch das ungewöhnte Bild der mit zunehmender Düngergabe signifikant ansteigenden Stammzahl bei der Fichte. Die im DUNCAN-Test von links nach rechts bzw. von unten nach oben mit fallenden Werten aufgeführten ertragskundlichen Größen der einzelnen Düngungsvarianten weisen, mit einer einzigen Ausnahme (D0, Parz. 9/13 bzw. 10/14), über alle Kriterien hinweg die gleiche Reihenfolge der Düngungsvarianten von Null bis zur starken Volldünger-Variante auf, ein zusätzlicher überzeugender Beweis eines gesicherten Düngungserfolges. Dieser beträgt, im Vergleich der ungedüngten Kontrollparzellen mit der stärksten Volldünger-Variante, für die Durchmesser- bzw. Höhenwerte der Oberhöhenstämme 38 (H0) bzw. 42 % (D0) und für die entsprechenden Werte der Kreisflächenmittelstämme bereits 76 (HM) und 102 % (DM). Er erreicht bei den Grundflächen- und Volumenwerten, allerdings unter Nichtberücksichtigung der Bäume unter 1,3 m Höhe, entsprechende 430 (V_g) bzw. 467 % (G).

Es sei darauf hingewiesen, daß, wie im vorliegenden Fall geschehen, das Nichtberücksichtigen ganzer in ihrem Anteil an der Gesamtstammzahl düngungsbedingt schwankender Höhenklassen bei der Herleitung ertragskundlicher Größen einer Art modifiziertem Auswahlmeßverfahren gleichkommt. Es bewirkt bei den Höhen (und Durchmesserwerten) eine effektive Nivellierung der Ergebnisse, während die Schaftholzvolumenwerte auf den garnicht oder nur wenig gedüngten Varianten geringfügig zu niedrig veranschlagt sind. Diese Überlegungen können jedoch im vorliegenden Fall und angesichts des Versuchszieles unberücksichtigt bleiben.

Tabelle 73
Kulturdüngungsversuch -ENGDEN (Theißing)- zu Fichte, Japan. Lärche, (Birke); ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme Aug. 19
hier: B I R K E in Fichte und Japan. Lärche;

A*	J A P L Ä R C H E = A ₁ *				F I C H T E = A ₂ *				F - Test									
	B*	NULL	Ca ₃	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃ Mg ₁	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃ Mg ₁	NULL	Ca ₃	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃ Mg ₁	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃ Mg ₁	A	B*	s			v%			
		P.1/5	P.2/6	P.3/7	P.4/8	P.9/13	P.10/14	P.11/15	P.12/16	JLÄ/Fl	Dünge.	AXB	A	B	AXB	A	B	
N/ha		267	436	317	620	421	241	1885	2044	n.s.	n.s.	***	416.302	258.251	616.633	53.5	33.2	7
HM(m)		2.48	2.80	4.15	4.40	1.93	1.68	2.40	2.75	*	n.s.	*	0.876	0.651	0.324	31.0	23.1	1
HO(m)		2.73	3.30	4.35	4.83	2.10	1.68	2.98	3.33	***	***	n.s.	0.892	0.806	0.166	28.2	25.5	1
DM(cm)		1.38	1.40	2.45	3.13	0.88	0.65	1.05	1.53	***	**	n.s.	0.728	0.545	0.175	46.8	35.1	1
DO(gm)		1.83	2.00	2.80	3.95	1.30	0.70	2.33	3.05	*	***	n.s.	0.549	0.972	-	24.5	43.3	
G(m ² /ha)		0.06	0.07	0.09	0.57	0.03	0.01	0.17	0.37	n.s.	**	n.s.	-	0.197	-	-	114.9	

D U N C A N - T E S T

N/ha	A ₂ B ₄	A ₂ B ₃	A ₁ B ₄	A ₁ B ₂	A ₂ B ₁	A ₁ B ₃	A ₁ B ₁	A ₂ B ₂
	2044	1885	620	436	421	317	267	241
241	***	***	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-
267	***	***	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-	
317	***	***	n.s.	n.s.	n.s.	-		
421	***	***	n.s.	n.s.	-			
436	***	***	n.s.	-				
620	***	***	-					
1885	n.s.	-						
2044	-							

HM(m)	B ₄ A ₁	B ₃ A ₁	B ₂ A ₁	B ₄ A ₂	B ₁ A ₁	B ₃ A ₂	B ₁ A ₂	B ₂ A ₂
	4.40	4.15	2.80	2.75	2.48	2.40	1.93	1.68
1.68	***	***	**	**	*	*	n.s.	-
1.93	***	***	*	*	n.s.	n.s.	-	
2.40	***	***	n.s.	n.s.	n.s.	-		
2.48	***	***	n.s.	n.s.	-			
2.75	***	***	n.s.	-				
2.80	***	***	-					
4.15	n.s.	-						
4.40	-							

HO(m)	B ₄	B ₃	B ₂	B ₁
	4.08	3.66	2.49	2.41
2.41	***	***	n.s.	-
2.49	***	***	-	
3.66	n.s.	-		
4.08	-			

DM(cm)	B ₄	B ₃	B ₁	B ₂
	2.33	1.75	1.13	1.03
1.03	***	*	n.s.	-
1.13	**	n.s.	-	
1.75	n.s.	-		
2.33	-			

DO(cm)	B ₄	B ₃	B ₁	B ₂
	3.50	2.56	1.56	2.15
2.15	***	*	n.s.	-
1.56	***	*	-	
2.56	n.s.	-		
3.50	-			

G(m ² /ha)	B ₄	B ₃	B ₁	B ₂
	0.47	0.13	0.05	0.04
0.04	***	n.s.	n.s.	-
0.05	***	n.s.	-	
0.13	***	-		
0.47	-			

* Erläuterung: A = Baumartenmischungen = A₁-Birke- in Japan.Lärche
A₂-Birke- in Fichte

B = Düngungsvarianten - B₁-NULL
B₂-Ca₃
B₃-N₁ P₁ K₁ Ca₃ Mg₁
B₄-N₁ P₁ K₁ Ca₃ Mg₁

In diesem Zusammenhang sei zugleich das Wuchsverhalten der **B i r k e**, sowohl hinsichtlich der Düngung als auch in Abhängigkeit von der Mischung mit der jeweiligen Hauptbaumart, betrachtet. Die ertragskundlichen Ergebnisse für die Birke wurden in der Tabelle 73 zusammengestellt. Verrechnet wurden ausschließlich Birken über 1.3 m Höhe.

Zum Aufbau der Tabelle und zur statistischen Verrechnung der Ergebnisse seien einige Bemerkungen vorausgeschickt. Die varianzanalytische Verrechnung der Birken-Meßergebnisse erfolgte über den gesamten Versuch, unter Berücksichtigung der Faktoren "Mischbaumart" (Fichte, Lärche) und "Düngung" (4). Die Bedeutung dieser in der Tabelle mit A für die jeweilige Baumartenmischung und mit B für die Düngung benannten Faktoren und ihrer jeweiligen Indexzahlen sind in der Tabelle 73 erläutert. So steht beispielsweise die Buchstabenkombination A_2B_2 für den Birkenanteil in der Fichte auf der Kalk-Variante. Je nach dem Ergebnis des F-Tests wurden die Differenzen innerhalb der einzelnen ertragskundlichen Größen dann noch zusätzlich mit dem DUNCAN-Test gegeneinander abgesichert.

Bevor die Tabelle im einzelnen besprochen wird, soll auf die Stärke des Birkenanflugs allgemein kurz eingegangen werden. Der durchschnittliche Anteil aller Birken auf den einzelnen Düngungsvarianten geht aus der Tabelle 74 hervor (nach LOUEN, 1973).

Tabelle 74								
Kulturdüngungsversuch ENGDEn-TheiBing; Anteile von Birke und Kiefer an der Gesamtstammzahl im Aug. 1971 (nach LOUEN, 1973)								
	NULL		Ca ₃		N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃ Mg ₁		N ₁ P ₂ K ₁ Ca ₃ Mg ₁	
	n/ha	%	n/ha	%	n/ha	%	n/ha	%
Fichte	3938	80	4016	93	4062	68	3860	65
Birke	931	18.6	285	6	1890	32	2044	35
Kiefer	35	1.4	40	1	-	-	-	-
		<u>100</u>		<u>100</u>		<u>100</u>		<u>100</u>
Lärche	4384	93	4143	88	4283	88	4147	87
Birke	267	6	402	11	625	12	620	13
Kiefer	39	1	30	1	-	-	-	-
		<u>100</u>		<u>100</u>		<u>100</u>		<u>100</u>

Wenn auch eine Zunahme des Birkenanteils mit steigender Düngungsstufe beobachtet werden kann, so ist diese doch bei weitem nicht so extrem, wie beispielsweise in Gartow auf einem grundwasserbeeinflussten Standort in der Mischung mit der Kiefer und bei ausschließlicher P-Ca-Düngung. Auffallend sind die erheblich höheren Stammzahlen in der Mischung mit der Fichte als mit der Japan. Lärche.

Dieses geht auch aus den Werten der Tabelle 73 hervor, wozu ergänzt sei, daß auf der Null- und der Kalk-Variante der Fichte ein 55- bzw. 15 %iger Birkenanteil von weniger als 1.3 m Höhe nicht berücksichtigt ist. Demgegenüber wurden auf den Lärchenparzellen keine nennenswerten Anteile von Birken unter 1.3 m Höhe vorgefunden.

Hinsichtlich des Birkenvorkommens ist eine hochgesicherte Überlegenheit der stark gedüngten Fichtenparzellen erkennbar. Für alle anderen Größen gilt jedoch, daß die Birke in der Mischung mit der Japan. Lärche die besseren Wuchsleistungen aufweist als auf den vergleichbaren Parzellen mit der Fichte. In beiden Baumartenmischungen ist dennoch ein positiver Düngungseffekt über alle vier Steigerungen hinweg feststellbar.

Die Gründe für ein besseres Gedeihen der Birke auf den Lärchen-Parzellen könnten einmal in einem Wuchsvorsprung infolge früheren Anfliegens liegen, was jedoch aufgrund der Kenntnis der örtlichen Verhältnisse als wenig wahrscheinlich gelten kann. Eher zutreffend ist jedoch die Vermutung, daß die Lichtbaumart Birke in der Konkurrenz mit der Lichtbaumart Lärche entschieden bessere Bedingungen vorgefunden hat als auf den Fichtenparzellen, insbesondere in den ersten Jahren des Anfliegens.

Zu den beiden bestandesbildenden Baumarten im Versuchsteil zur Fichte kann abschließend festgestellt werden, daß beide auf die zugeführten Düngermengen durch eine Verbesserung der Wuchsleistung, und zwar z. T. erheblich, reagiert haben.

4.32.24 Zusammenfassung der Versuchsergebnisse zu ENGDEN-Theißing, Versuchsteil zu Fichte

Auf einem grundwasserbeeinflussten Talsand wurde in den Jahren von 1958 bis 1961 ein Kulturdüngungsversuch zu den Baumarten Fichte und Japan. Lärche angelegt. Versuchsziel war die Verbesserung der Wuchsleistungen der jeweils getrennt als Reinbestände begründeten Baumarten durch gestaffelte Gaben verschiedener Mineraldünger, kombiniert mit der Aussaat von gelber Bitterlupine vor der Pflanzung.

Die im Frühjahr 1959 erstmals mit 150 kg/ha ausgesäte Lupine versagte aufgrund der extremen Trockenheit dieses Jahres ganzflächig und mußte im darauffolgenden Jahr nochmals ausgesät werden. Eine Bonitierung der Lupine im Herbst 1960, also vier Monate danach, ergab unbefriedigende Wuchsleistungen auf den Null- und Kalk-Varianten. Erheblich besser war das Wuchsbild auf den beiden Volldünger-Varianten.

Erste Höhenmessungen an der Fichte in den Jahren 1967 und 1970 ergaben düngungsabhängige Mehrleistungen zwischen 30 (Ca-Variante) und 190 % (starke Volldünger-Variante, 1970). Im Zuge einer umfassenden Versuchsaufnahme im Spätsommer/Herbst des Jahres 1971 wurden neben der Messung ertragskundlicher Größen auch Boden- und Nadelproben entnommen und auf die wichtigsten Nähr-elementgehalte analysiert.

Während das Ergebnis der Bodenanalysen (pH, C, N, P), sicherlich als Folge eines zu extensiven Probenahmeverfahrens angesichts des durch den Vollumbruch im Jahre 1958 bis in eine Tiefe von 60 cm erheblich gestörten Oberbodens, gesichert nur einen deutlichen N-Mangel auf der Versuchsfläche ergab, waren die aus den Nadelanalysenwerten ersichtlichen Ernährungsverhältnisse auf der Versuchsfläche erheblich aufschlußreicher. Der N-Mangel wurde bestätigt, ebenso wie eine allgemeine P-Unterversorgung auf dem Westteil der Versuchsfläche. Als hervorstechendes Ergebnis der Nadelanalysen muß die Tatsache festgehalten werden, daß die Versuchsfläche in eine allgemein erheblich besser versorgte Ost- und

eine ausschließlich an Ca reichere Westhälfte aufgeteilt werden muß. Das Angebot an K und Ca ist auf der ganzen Versuchsfläche allgemein ausreichend bis gut.

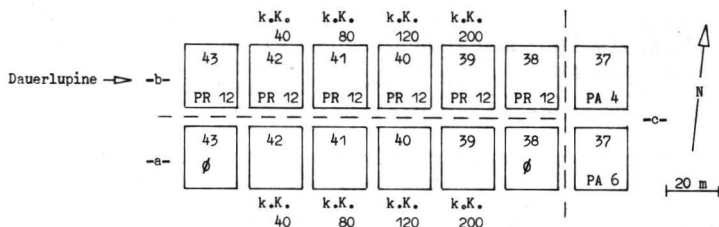
Der für nahezu alle Spiegelwerte gesicherte positive Düngungseffekt konnte anhand der ertragskundlichen Größen sowohl für die Fichte als auch für die nachträglich eingeflogene Birke, z. T. in erheblich stärkerem Maße, bestätigt werden. Die diesbezüglichen Mehrleistungen der Fichte auf den Volldünger-Varianten betrugen hinsichtlich der Grundflächen- und Volumenhaltung 467 (G) bzw. 430 % (V_s) im Vergleich zu "ungedüngt".

4.32.3 Versuch -GARTOW 2-

Im Frühjahr 1950 wurden, zusammen mit einigen in Abschnitt 4.22 beschriebenen Versuchen zu Kiefer, in der UAbt. 82 b des Betr. Bezirks Wirl des Forstamtes Gartow drei Kulturdüngungsversuche zu Fichte mit geringen Anteilen anderer Mischbaumarten angelegt. Es waren dies die Versuche Nr. 2, 8 und 9. Versuch GARTOW 2 wird im folgenden Abschnitt beschrieben.

Die standörtlichen Verhältnisse entsprechen denen der unter 4.22 geschilderten Versuche. Ins einzelne gehende Erörterungen der bodenkundlichen Verhältnisse folgen in Abschnitt 4.32.331.

4.32.31 Versuchsbegründung und -anlage



VERSUCH: GARTOW 2 (a, b, c)

VERSUCHSTYP: Kalksteigerungsversuch (2 a) mit gleichzeitiger P-Grunddüngung (2 b), P-Steigerungsversuch (2 c)

LAGE: FA. GARTOW, Betr. Bez. Wirl. UAbt. 82 b

VERSUCHSANSTELLER: Nieders. Forstl. Versuchsring (JUNACK)

GEOLOGIE: Talsand des Elbeurstromtales

HÖHE ÜBER NN: 20 m (Gartow)

BODENART UND -TYP: humusr. bis anmooriger Feinsand, Gley

WASSERVERSORGUNG: Grundwasserstand 0,5 - 1,5 m u. GOF

JAHR DER VERSUCHSANLAGE: 1950

KULTURVORBEREITUNG, BEGRÜNDUNGSART: Brandrodung, Scheibenschälflug, Vollumbruch, Eggen, Pflanzung

BAUMARTEN (% DER GESAMTSTAMMZAHL): Fichte knapp 90 %. Roterle einschl. Pappel 10 %

PFLANZGUT UND -VERBAND: Fichte 4j. v. Sämlinge, 1,2 x 1,0 m; Roterle 2j. v. Sämlinge, 5 x 5 m; Pappel, 5 x 5 m;

VORBESTAND: 120 Jahre Wildbrache, davor landw. genutzt (Strobe und Douglasie in geringen Mengen)

DÜNGUNGSVARIANTEN: 2 a) k.K. 40-200; 2b) (k.K. 40-200) +PR 12 +Lup.; 2c) PA 4/6

WIEDERHOLUNGEN: keine

PARZELLENGRÖSSEN: 400-500 m²

LITERATUR: JUNACK (1953, 1960, 1961, 1966, 1970); THEMLITZ (1956); MÜLLER (1971)

Die Versuchsfläche wurde im Frühjahr 1950, mit Ausnahme der Parzellen 37, 38 und 43, parzellenweise mit gestaffelten Gaben Kalkmergel (40/80/120/200 dz/ha) in der Art eines Kalksteigerungsversuchs abgedüngt. Zugleich legte der Versuchsansteller auf der in eine N- und eine S-Hälfte aufgeteilten Parzelle 37 einen Steigerungsversuch zu Algier-Phosphat an.

Die in den benachbarten und zu gleicher Zeit mitangelegten Versuchen GARTOW 8 und 9 (s. 4.32.4 !) schon bald festgestellte Reaktion von Pappel und Roterle auf eine Phosphat-Düngung gab im Frühjahr 1952 den Anstoß, die Nordhälfte der Parzellen 38 bis 42 zusätzlich mit 12 dz/ha Rhenania-Phosphat nachzudüngen und darüberhinaus mit Dauerlupine einzusäen. Alle Düngemittel wurden von Hand ausgestreut und mittels Hacke oder Grubber flach (5 cm) in den Boden eingearbeitet.

Infolge der nachträglich abgewandelten Düngungskonzeption beinhaltet der Gesamtversuch heute insgesamt drei Teilversuche mit unterschiedlichen Fragestellungen:

1. Steigerungsversuch zu Kalkmergel (Teilversuch 2 a, Südhälften der Parzellen 38 bis 43)
2. Steigerungsversuch zu Kalkmergel, kombiniert mit einer Rhenania-Phosphatgrunddüngung einschließlich Lupineneinsaat auf ganzer Fläche (Teilversuch 2 b, Nordhälften der Parzellen 38 bis 43, Südhälften der Parzellen 38 und 43 als unbehandelte Vergleichsflächen).
3. Steigerungsversuch zu Algier-Phosphat (Teilversuch 2 c, Parzelle 37 und Südhälfte der Parzelle 38).

Zur Herkunft der ausgepflanzten Baumarten gibt JUNACK (1960) für die Fichte und für die Roterle die Baumschule PETERS in Lüchow an. Die Pappel (Schwarzpappelbastard-Altsorte "Marilandica") entstammte eigener Anzucht aus dem Kamp Gummern. Das aus den Pflanzverbänden errechnete zahlenmäßige Verhältnis der einzelnen Baumarten betrug zum Zeitpunkt der Pflanzung knapp 90 % für die Fichte und je 5 % für Pappel und Roterle. Die nach JUNACK (1961) "geringe Beimischung von Douglasie und Weymuthkiefer.... innerhalb der Versuchsreihe 2" ist anteilmäßig nicht näher präzisiert. Es sei jedoch vorausgeschickt, daß sich die Strobe bis zum Zeitpunkt der Aufnahme 1970/71 zu einem bestandesbildenden Faktor entwickelt hatte.

4.32.32 Versuchsentwicklung und Ergebnisse früherer Auswertungen

Über die Entwicklung der einzelnen Teilversuche sowie über erste Ergebnisse von ertragskundlichen, floristischen und bodenkundlichen Aufnahmearbeiten hat JUNACK (1960, 1961, 1966) eingehend berichtet. Die Ergebnisse sollen im folgenden in zusammengefaßter Form dargestellt werden. Zuvor seien jedoch einige Beobachtungen des Versuchsanstellers zur Entwicklung der Lupine auf den Nordhälften der Versuchsparzellen wiedergegeben.

Noch im Jahr der Aussaat wurde deutlich, daß die Dauerlupine unter den vorliegenden Standortbedingungen auf eine kombinierte P-Ca-Düngung mit deutlicher Wuchsbelebung reagiert. Dabei wurden jedoch Unterschiede hinsichtlich der ausgebrachten Kalkmengen festgestellt. Während die im Mai 1952 in vorbereitete Saatrillen ausgesäte Lupine auf den Phosphatparzellen mit geringer Kalkzufuhr (40 bzw. 80 dz/ha Kalkmergel) noch im Oktober des gleichen Jahres zur Blüte kam, wurde dieses Stadium auf den Parzellen 39 und 40 (120 bzw. 200 dz/ha) nicht erreicht. Zudem wies die Lupine hier ein bedeutend geringeres Wachstum auf.

Ähnlich wie die Dauerlupine reagierte die übrige Bodenflora auf die Düngungsmaßnahmen. Dies gab den Anstoß zu einer floristischen Aufnahme der Versuchsfläche im Jahre 1956 (Dipl.-Forstwirt SACHTLER).

Nach SACHTLER setzt sich auf dem grundwassernahen Standort der UAbt. 82 b die natürliche floristische Artenkombination wie folgt zusammen (JUNACK 1960):

- Kennarten: Pfeifengras (*Molinia coerulea*)
Glockenheide (*Erica tetralix*)
- vereinzelt: Pillensegge (*Carex pilulifera*)
Geknäulte Binse (*Juncus conglomeratus*)
Flutterbinse (*Juncus effusus*)
Wechselblättriges Milzkraut (*Crysosplenium alternifolium*)
Kriechendes Fingerkraut (*Potentilla reptans*)
- Moose: Gabelzahnmoos (*Dicranum scoparium*)
Goldenes Frauenhaar (*Polytrichum commune*)

Die für die Assoziation "pfeifengrasreicher" bzw. "Pfeifengras-Birken-Kiefernwald" (*Vaccinio-myrtilli* Pinetum), Subass. nach *Molinia coerulea*, typische Artenzusammensetzung hatte sich nach rund 5jähriger Versuchsdauer auf den zuvor umgebrochenen, jedoch nicht gedüngten Parzellen vollständig wieder eingefunden. Geringfügige Veränderungen wurden nur auf den mit höheren Kalkgaben gedüngten Parzellen festgestellt. Hier traten vereinzelt die Sumpfdiester (*Cirsium palustris*) und das Johanniskraut (*Hypericum perforatum*) auf. Demgegenüber hatte die alleinige P-Düngung (12 dz/ha Rhenania-Phosphat) zu einer deutlichen Anreicherung mit

Waldweidenröschen (*Epilobium angustifolium*)
Sumpf-Hornklee (*Lotus uliginosus*)
Sumpfdiester (*Cirsium palustris*)
Distel (*Carduus spec.*) und
Johanniskraut (*Hypericum perforatum*) geführt.

Die augenfälligste Veränderung bei gleichzeitiger Arten-Anreicherung als Ausdruck einer Standortverbesserung erreichte jedoch die kombinierte P-Ca-Düngung einschließlich Lupineneinsaat. Während die Kennarten *Molinia coerulea* und *Erica tetralix* stark zurücktraten, konnte eine beträchtliche Zunahme der bereits oben angeführten Arten einschließlich

Honiggras (*Holcus mollis*)
Himbeere (*Rubus idaeus*)
Vogelmiere (*Stellaria media*) und
Brennnessel (*Urtica dioica*) festgestellt werden.

Die mit der Veränderung der Bodenvegetation sichtbar gewordene Verbesserung der standörtlichen Verhältnisse durch eine kombinierte Phosphat - Kalk - Düngung konnte in den Jahren 1952 bis 1959 durch wiederholte ertragskundliche Messungen an den Baumarten Fichte, Pappel, Erle, Strobe, Birke und Kiefer bestätigt werden (JUNACK, 1966).

Deren Ergebnisse sollen ihrer interessanten Tendenzen wegen und zur Abrundung des Versuchsbildes in zusammengefaßter Form kurz wiedergegeben werden. Die häufig abgeänderten Aufnahmeverfahren wurden von JUNACK (1960) beschrieben und sind die Ursache dafür, daß die einzelnen Jahresergebnisse nur bedingt vergleichbar sind.

Die Ergebnisse einiger an der F i c h t e durchgeführten Höhenmessungen bis zum Jahre 1958 wurden in der Tabelle 75 zusammengefaßt.

Tabelle 75														
Kulturdüngungsversuch -GARTOW 2-; Höhenmessungen an der F I C H T E in den Jahren 1952 bis 1958 (nach JUNACK, 1960, 1966)														
Teilversuch Parzelle		Düngungsvarianten	1952			1954			1956			1958		
			cm	%	%	cm	%	%	cm	%	%	cm	%	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2 a	(38+43)S	NULL	52	100	100	55	100	100	79	100	100	85	100	100
	42	k.K. 40	55	105		54	98		88	111		103	121	
	41	80	56	107		82	149		99	125		111	130	
	40	120	74	142	100	100	181	100	137	173	100	141	165	100
	39	200	79	151		122	221		137	173		170	200	
2 b	38+43	- PR 12 + Lup.	70	134	134	138	250	250	237	300	300	330	388	388
	42	k.K. 40 +PR 12 + Lup.	88	169	160	136	247	251	241	305	273	358	421	347
	41	80 +PR 12 + Lup.	78	150	139	153	278	186	261	330	263	356	418	320
	40	120 +PR 12 + Lup.	83	159	112	171	310	171	253	320	184	376	442	266
	39	200 +PR 12 + Lup.	92	176	116	168	305	137	265	335	193	378	444	222
2 c	38 S	NULL	1953			1956			1959					
			76	100		97	100		158	100				
	37 N	- PA 4	139	182		289	297		489	309				
	37 S	- PA 6	138	181		324	334		497	314				

Die Prozentzahlen in den Spalten 5, 8, 11 und 14 beziehen sich ausschließlich auf die NULL-Variante (Südhälften der Parzellen 38 und 43), während in den Spalten 6, 9, 12 und 15 die Ergebnisse des Teilversuchs 2 b in Beziehung gesetzt wurden zu denen des Teilversuchs 2 a (Effekt der zusätzlichen Phosphat-Düngung). Innerhalb des Teilversuchs 2 c beziehen sich die Prozentzahlen ausschließlich auf die hier herangezogene NULL-Variante (Parzelle 38 S).

In der Kalkmergel-Steigerungsreihe (2 a) ist eine deutliche Zunahme der Höhenwerte mit steigenden Kalkgaben festzustellen. Dieser Effekt wird auch darin sichtbar, daß die Zuwachssteigerung umso früher eingetreten ist, je größer die ausgebrachten Kalkmengen waren. Dennoch bezeichnet JUNACK noch im Jahre 1960 die Fichte auf den stark mit Kalkmergel gedüngten Parzellen als geringwüchsig und stets gefährdet, von dem inzwischen zunehmenden Birken- und Kiefern-Anflug überwachsen zu werden.

Die Ursache für das trotz erheblicher Kalkzufuhr (2.000 bis 10.000 kg/ha CaO) auch weiterhin unbefriedigende Wachstum der Fichte wird nach einem Vergleich der Höhenwerte auf der Kalksteigerungsreihe (2 a) mit denen der kombinierten Kalksteigerungs-Phosphatreihe (2 b) deutlich. Besonders gut kann der zusätzliche Phosphat-Düngungseffekt aus den Prozentwerten der Spalten 6, 9, 12 und 15 abgelesen werden. Vergleicht man die Leistungen der Fichte auf dem Versuchsteil 2 b mit denen des Versuchsteils 2 a, so wird deutlich, daß der Abstand von Jahr zu Jahr zugenommen hat. Die Mehrleistungen auf dem Versuchsteil 2 b betrugen im Durchschnitt über alle Düngungsvarianten 1952 +32 %, 1954 +99 %, 1956 +143% und 1958 +209 %. Darüberhinaus ist auf den P-Ca-Varianten ein relatives Absinken der Zuwachsleistungen mit zunehmenden Kalkgaben festzustellen.

In dem zuunterst in der Tabelle 75 aufgeführten Teilversuch 2 c wurden Höhenmessungen in den Jahren 1953, 1956 und 1959 durchgeführt. Die Reaktion der Fichte betrug hier, bereits 2 Jahre nach erfolgter Düngung, im Durchschnitt der gesamten Parzelle 37 rund 180 % der Höhe auf der NULL-Variante. Dieser Effekt verstärkte sich bis zum Jahre 1956 auf mehr als 300 % und lag auch im Jahre 1959 noch in gleicher Höhe. Auswirkungen der höheren P-Gaben scheinen sich von 1956 an bemerkbar gemacht zu haben.

Von der P a p p e l liegen Höhenmessungen aus den Jahren 1956 und 1958 sowie Durchmessermessungen in 0.5 m Höhe aus den Jahren 1954, 1956 und 1958 vor, und zwar vom Teilversuch 2 b. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 76 zusammengefaßt.

JUNACK (1960) berichtet, daß auf der Kalksteigerungsreihe 2 a die Mehrzahl der Pappeln bereits 4 Jahre nach Versuchsbeginn abgestorben gewesen seien. Eine schwache Leistungsverbesserung konnte erst mit mehr als 120 dz/ha Kalkmergel erzielt werden. Demgegenüber hat die mit der Lupineneinsaatz kombinierte PCa-Düngung einen starken, nach den Kalkmergelgaben deutlich gestaffelten Zuwachseffekt bewirkt. Bei den Pappeln fehlt leider der Bezug zur unge düngten Kontroll-Variante, auf der bereits wenige Jahre nach Versuchslage ein nahezu totaler Ausfall dieser Baumart zu verzeichnen gewesen ist.

bare Reaktion der Roterle im Versuchsteil 2 a lag im Bereich einer 40- bis 70-%igen Mehrleistung. Demgegenüber bewirkte die kombinierte P-Ca-Lupine-Düngung bereits im 2. Jahr der Versuchsanlage (1952) eine deutliche Zuwachssteigerung, die sich auf der höchsten Kalkmergel-Variante bis 1956 auf 300 % gesteigert hatte. Die deutliche Zuwachsdepression im Jahre 1959 muß auf die extrem trockenen Witterungsverhältnisse zurückgeführt werden.

An den als 2j. Sämlinge einzelstammweise in geringen Mengen mit-ausgepflanzten S t r o b e n wurden in den Jahren 1956 und 1958 Höhenmessungen durchgeführt. Im Herbst 1956, also nach 6jähriger Versuchsdauer, betrug die durchschnittliche Höhe aller Stoben auf der Kalksteigerungsreihe 117 cm. Der entsprechende Wert auf der Versuchsreihe 2 b (P-Ca-Lupine) betrug demgegenüber bereits 219 cm, was einer Mehrleistung von 102 cm oder 87 % entspricht. Ein Vergleich der Höhenwerte auf der Kalksteigerungsreihe mit denen auf den unbehandelten Kontrollparzellen ergab eine Mehrleistung von 26 %. Dazu sei erwähnt, daß auf den NULL-Parzellen die Strobe als einzige Baumart den eingeflogenen Kiefern und Birken die für das Überleben notwendige Wuchsenenergie entgegenzusetzen vermochte.

Als fünfte und sechste Baumart dieses Versuchs seien die nachträglich eingeflogene K i e f e r und B i r k e erwähnt. Für beide Baumarten hatte JUNACK bereits 1960 eine beherrschende Funktion innerhalb der einzelnen Düngungsvarianten vorausgesagt, falls diesbezügliche Pflege- und Lägerungsmaßnahmen unterbleiben sollten. Die Birke wurde daraufhin im Herbst 1959 "auf schlechtformige Exemplare hin stark durchläutert".

4.32.33 Ergebnisse der Versuchsaufnahme 1970/71

Im Zuge der Versuchsaufnahme 1970/71 wurden eingehende ertragskundliche Messungen an allen Baumarten sowie die Entnahme von Boden- und Nadelproben, letztere nur von der Fichte, durchgeführt.

Die Bodenproben wurden parzellenweise aus jeweils zwei ca. 1 m tiefen Bodenprofilen als Mischproben entnommen. Die Probenahme erfolgte horizontweise sowie aus der Auflageschicht ($O_{L,F,H}$). Die vom letztjährigen Quirl des Leittriebes durchgeführte Nadel-Probenahme an der Fichte erfolgte parzellenweise von insgesamt 6 Bäumen der herrschenden Kronenschicht. Die Nadeln wurden in zwei Mischproben je Parzelle bearbeitet. Das Probenmaterial muß als gering bezeichnet werden. Von den ertragskundlichen Parametern wurde der Brusthöhendurchmesser auf ganzer Fläche erfaßt, während bei der ergänzenden Höhenmessung repräsentative (Reihen)-Aufnahmeverfahren zur Anwendung kamen. Eine erste Bearbeitung der ertragskundlichen Ergebnisse ist 1971 im Rahmen einer Diplomarbeit an der Forstlichen Fakultät von H. J. MÜLLER erfolgt.

4.32.331 Ergebnisse der Bodenanalysen

Bestimmt wurden der $pH(CaCl_2)$ -Wert, die Gehalte an C, N und Gesamt-P sowie das C/N-Verhältnis in jeweils 2 bzw. 3 Entnahmetiefen.

Die Analysenwerte einschließlich der Ergebnisse ihrer statistischen Verrechnung sind, getrennt für die Teilversuche 2 a bis 2 c, in den Tabellen 78, 79 und 80 zusammengefaßt.

Für den mit Mengen zwischen 40 und 200 dz/ha Kalkmergel abgedüngten Versuchsteil 2 a wurde eine gesicherte Anhebung der Bodenreaktion in der Auflageschicht von nahezu einer pH-Stufe (auf der stärksten Ca-Variante) festgestellt. Deutlich ist die düngungsabhängige Staffelung der pH-Werte erkennbar, wobei gleich an dieser Stelle, im Vorgriff auf die folgende Besprechung der ertragskundlichen Werte, auf die gute Übereinstimmung der beiden NULL-Parzellen 38 a und 43 a hingewiesen sei. Der gleiche Düngungseffekt in der Auflageschicht kann für den mit zusätzlichen 12 dz/ha Rhenania-Phosphat abgedüngten Versuchsteil 2 b festgestellt werden. Offenbar haben jedoch die mit der P-Düngung mitverabreichten 500 kg CaO/ha keinerlei Wirkung ausgeübt (Parzelle 43 b und 38 b). Ebenso wenig konnte ein diesbezüglicher Effekt des Algier-Phosphats (15 % CaCO_3) im Versuchsteil 2 c beobachtet werden.

Hinsichtlich der Kohlenstoff-Gehalte wurden keinerlei düngungsabhängige Veränderungen beobachtet. Die auf allen Teilversuchen bei gut 20 % liegenden Gehalte an organischer Substanz ($\text{C \% x } 1.72$) im A_n -Horizont können als Hinweis für die anmoorigen Humusverhältnisse im Oberboden dieses Standortes gelten.

Das im Vergleich zu den reinen Ca- und P-Varianten infolge der kombinierten P- Ca- Düngung auf dem Versuchsteil 2 b in der Auflageschicht sichtbar verengte C/N-Verhältnis von 30:1 (2 a, c) auf rund 25:1 (2 b) ist ein sicherer Hinweis auf die infolge der kombinierten P- Ca- Düngung angeregte Mobilisierung vorhandener Stickstoff-Vorräte. Die Beurteilung der N-Versorgung reicht von gut (höhere P-Ca-Variante) bis mäßig.

Die erhoffte Verbesserung der P-Versorgung konnte gesichert nur im Versuchsteil 2 c durch die deutlich höheren Werte auf den P-Varianten nachgewiesen werden. Vergleicht man die drei Teilversuche hinsichtlich der in der Auflageschicht festgestellten durchschnittlichen Gesamt-Phosphor-Gehalte, so erkennt man die deutlich höheren Werte auf den mit P gedüngten Versuchsteilen 2b und 2 c.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß mit Hilfe bodenanalytischer Methoden die Auswirkungen der in den Jahren 1950 bis 1952 teils getrennt, teils kombiniert durchgeführten P- und Ca-Düngung auch nach 20 Jahren Versuchsdauer noch nachgewiesen werden konnten. Festgestellt wurde eine gesicherte Anhebung der Bodenreaktion als Folge einer steigenden Kalkmergel-Düngung, wobei die zusätzlich durchgeführte P-Düngung diese Wirkung noch erhöht hat. Der Stickstoff-Gehalt in der organischen Substanz sowie die errechneten C/N-Quotienten deuten auf eine deutliche Anregung der N-Mobilisierung hin, und zwar als Folge der kombinierten P-Ca-Düngung. Ein Nachweis der alleinigen P-Düngung konnte allerdings nur für das im Versuchsteil 2 c ausgebrachte Algier-Phosphat erbracht werden.

4.32.332 Ergebnisse der Nadelanalysen

In der Absicht, einen möglichen P-Effekt der zusätzlichen Rhena-Phosphat-Düngung (2 b) nachzuweisen, wurden die Analysen-Ergebnisse der beiden Versuchsteile 2 a und 2 b gemeinsam, die des Versuchsteils 2 c getrennt für sich verrechnet. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 81 und 82 wiedergegeben.

Tabelle 81

Kulturdüngungsversuche -GARTOW 2 a/b- zu Fichte, Pappel, Roterle, (Birke); nadelanalytische Daten;
 Probenahme Jan./Febr. 1971; hier: F I C H T E

	Versuch 2 a					Versuch 2 b					F - Test				
	NULL	Ca ₃	Ca ₅	Ca ₇	Ca ₁₁	P ₄ Ca ₁	P ₄ Ca ₃	P ₄ Ca ₅	P ₄ Ca ₇	P ₄ Ca ₁₁	P=	Ca=	s	v ₁₀	
	P.38, 43	P.42	P.41	P.40	P.39	P.38, 43	P.42	P.41	P.40	P.39	Dünger	Dünger	I.A. "Fehler"	"Fehler"	
Asche(%Tr.S.)	4.981										n.s.	n.s.	n.s.	1.010	20.3
N %	1.385	1.655	1.520	1.560	1.400	1.473	1.395	1.240	1.400	1.540	n.s.	n.s.	*	0.103	7.1
P %	0.155	0.160	0.137	0.190	0.162	0.200	0.147	0.204	0.227	0.233	**	*	n.s.	0.023	12.6
K %					0.763						n.s.	n.s.	n.s.	0.084	11.0
Ca %					0.663						n.s.	n.s.	n.s.	0.099	14.9
Mg %			0.122					0.158			***	n.s.	n.s.	0.018	12.5
Na %	0.005	0.009	0.010	0.006	0.003	0.009	0.007	0.008	0.009	0.010	**	n.s.	***	0.001	14.0
Mn %					0.018						n.s.	n.s.	n.s.	0.003	17.2
Fe %			0.012					0.018			*	n.s.	n.s.	0.006	37.5
Al %					0.008						n.s.	n.s.	n.s.	0.004	45.8

Gesicherte Abhängigkeiten von der P-Düngung bestehen offenbar bei den Spiegelwerten für Phosphor, Magnesium, Natrium und Eisen, und zwar dahingehend, daß diese Elemente durch die zusätzliche P-Düngung offensichtlich in verstärktem Umfange aufgenommen worden sind. Diese Beobachtung gilt hinsichtlich des Magnesiums auch für den Versuchsteil 2 c.

Anhand der Spiegelwerte ist der Einfluß der P-Düngung deutlich erkennbar, wenn auch einige Parzellen, möglicherweise als Folge von Fehlern bei der Probenahme (unterständige Fichten), hinsichtlich ihrer extrem niedrigen Werte Rätsel aufgeben. Zugleich besteht auf dem Versuchsteil 2 b ein deutlicher Ca-Düngungseffekt, der sich in parallel zu den Kalkmergelgaben ansteigenden P-Werten niederschlägt. Im Versuchsteil 2 c konnten demgegenüber, mit Ausnahme der auf den PA-Varianten gesichert höheren Mg-Spiegelwerte, keinerlei Düngungseffekte nachgewiesen werden. Als Ursache dafür muß die sowohl quantitativ als auch qualitativ wohl unzureichende Probenahme vermutet werden, da die hohen Streuungen auf den einzelnen Düngungsvarianten eine Absicherung der für den Aschegehalt (4.28 / 5.37 / 5.39 %) sowie für Stickstoff (1.39 / 1.43 / 1.49 %), Phosphor (0.16 / 0.19 / 0.26 %) und Calcium (0.52 / 0.68 / 0.62 %) bestehenden deutlichen Differenzen zwischen ungedüngt und den steigenden PA-Varianten mit statistischen Mitteln nicht zulassen.

Tabelle 82								
Kulturdüngungsversuch -GARTOW 2 c- zu Fichte, Pappel, Roterle, (Birke); nadelanalytische Daten; Probenahme Jan./Febr. 1974; hier: F I C H T E								
	NULL	P _{2(1)Ca}	P _{2Ca}	F-Test	s		v%	
	P.38S	P.37N	P.37S	Düngg.	Düngg.	Proben.	Düngg.	Proben.
Asche (%Tr.S.)		5.008		n.s.	0.599	0.298	12.0	6.0
N %		1.433		n.s.		0.178		12.4
P %		0.202		n.s.	0.048	0.034	23.9	16.8
K %		0.761		n.s.	0.004	0.026	0.6	3.4
Ca %		0.605		n.s.	0.064	0.073	10.6	12.1
Mg %	0.094	0.161	0.179	**	0.045	0.008	30.8	5.4
Na %		0.077		n.s.	0.002	0.002	24.9	35.1
Mn %		0.018		n.s.		0.002		9.4
Fe %		0.012		n.s.	0.002	0.001	16.2	10.6
Al %		0.013		n.s.		0.005		35.0

Tabelle 83

FA. GARTOW (Elbe), Betr. Bez. Wirl, Uabt. 82 b, Kulturldungsversuch 2 (a/b); Darstellung der Baumartenanteile anhand der Stammzahl- und Grundflächenwerte je Hektar zum Zeitpunkt der Versuchsaufnahme 1970/71

Stammzahl/ha

Versuch 2 a

Baumarten	1950	P. 43/ NULL		P. 42/k.K. 40		P. 41/k.K. 80		P. 40/ k.K. 120		P. 39/k.K. 200		P. 38/ NULL	
	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Fichte	87	3423	70	4084	63	4835	63	4685	64	5305	67	4925	77
Birke	-	360	7	420	6	601	8	511	7	997	13	300	5
Strobe	-	781	16	931	14	871	11	781	11	804	10	781	12
Roterle	9	30	-	240	4	150	2	360	5	322	4	240	4
Kiefer	-	330	7	781	12	1231	16	961	13	547	7	150	2
Pappel	4	-	-	1	-	1	-	3	-	1	-	-	-
Sa.:	100	4924	100	6457	100	7689	100	7301	100	7976	100	6396	100

Versuch 2 b

Baumarten	1950	P. 43/PR 12 - Lup.		P. 42/PR 12 k.K. 40 Lup.		P. 41/PR 12 k.K. 80 Lup.		P. 40/PR 12 k.K. 120 Lup.		P. 39/PR 12 k.K. 200 Lup.		P. 38/PR 12 - Lup.	
	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Fichte	87	3915	73	3307	74	3677	83	4286	82	4101	78	3846	69
Birke	-	714	13	185	4	238	5	291	5	423	8	1067	19
Strobe	-	344	6	556	12	265	6	317	6	450	9	273	5
Roterle	9	370	7	423	10	238	5	344	7	265	5	347	6
Kiefer	-	53	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pappel	4	1	-	6	-	13	-	12	-	9	-	1	-
Sa.:	100	5397	100	4477	100	4431	100	5250	100	5248	100	5534	100

Grundfläche, m²/ha

Versuch 2 a

Baumarten	P. 43/ NULL		P. 42/k.K. 40		P. 41/k.K. 80		P. 40/k.K. 120		P. 39/k.K. 200		P. 38/ NULL	
	G	%	G	%	G	%	G	%	G	%	G	%
Fichte	4.0	27	5.4	24	6.2	25	8.3	34	13.5	49	7.4	46
Birke	1.7	11	5.1	23	4.1	17	2.8	11	3.7	13	1.4	9
Strobe	6.1	41	5.1	23	3.5	14	3.3	13	4.4	16	6.4	40
Roterle	0.1	1	1.1	5	0.7	3	2.2	9	1.7	6	0.4	3
Kiefer	2.8	19	5.8	25	10.2	41	8.0	32	4.1	15	0.4	3
Pappel	-	-	0.02	-	0.01	-	0.1	-	0.01	-	-	-
Sa.:	14.7	100	22.5	100	24.7	100	24.6	100	27.4	100	16.0	100

Versuch 2 b

Baumarten	P. 43/PR 12 - Lup.		P. 42/PR 12 k.K. 40 Lup.		P. 41/PR 12 k.K. 80 Lup.		P. 40/PR 12 k.K. 120 Lup.		P. 39/PR 12 k.K. 200 Lup.		P. 38/PR 12 - Lup.	
	G	%	G	%	G	%	G	%	G	%	G	%
Fichte	21.7	63	14.4	52	14.0	63	13.3	57	14.2	60	15.6	55
Birke	5.0	15	1.3	5	1.5	7	3.3	14	2.6	11	8.7	30
Strobe	2.1	6	3.9	14	1.2	5	1.0	4	1.7	7	1.6	5
Roterle	4.6	13	8.1	29	5.0	22	5.2	23	4.8	20	2.6	9
Kiefer	1.0	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pappel	0.01	-	0.14	-	0.5	2	0.4	2	0.4	2	0.1	-
Sa.:	34.4	100	27.8	100	22.2	100	23.1	100	23.7	100	28.6	100

Die allgemeine Ernährungssituation für die Fichte kann, mit Ausnahme einer auf einigen Parzellen der Teilversuche 2 a (Parz. 38, 39, 43) und 2 b (Parz. 41) nur ausreichenden N-Versorgung, für die übrigen analysierten Elemente als voll ausreichend bis sehr gut bezeichnet werden. Anhand der ertragskundlichen Aufnahmeergebnisse wird zu prüfen sein, inwieweit sich diese günstige Versorgungslage auf die Wuchsleistungen der einzelnen Baumarten ausgewirkt hat.

4.32.333 Ergebnisse der ertragskundlichen Aufnahme

Die Ergebnisse der ertragskundlichen Berechnungen für die sechs Mischbaumarten des vorliegenden Versuchs liegen in einem großen Zahlenmaterial vor, dessen uneingeschränkte Darstellung im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht möglich war. Sie sind deshalb auch nur zum Teil und dann nur baumartenweise getrennt statistisch verrechnet worden. Dabei ist ausschließlich auf die Herleitung und Absicherung möglicher Düngungseffekte bei den einzelnen Baumarten abgehoben worden, ohne Berücksichtigung der sich aus der Mischbestockung ergebenden vielfältigen Einflüsse und Wechselbeziehungen innerhalb der Bestände. Die wichtigsten Ergebnisse werden im folgenden anhand einiger Tabellen beschrieben.

Eine Verstellung von den baumartenspezifischen Reaktionen auf unterschiedliche Düngungsmaßnahmen innerhalb eines Mischbestandes vermittelt die nebenseitige Zusammenstellung (Tabelle 83). In dieser sind, getrennt nach den beiden Teilversuchen 2 a und 2 b, die absoluten und relativen Baumartenanteile an der jeweiligen Gesamtstammzahl- bzw. -grundflächenhaltung zusammengestellt.

Betrachtet man die Verhältnisse bei den S t a m m z a h l e n, so ist die dominierende Rolle der Fichte, entsprechend ihrem 87-%igen Anteil zum Zeitpunkt der Begründung, auf allen Düngungsvarianten unübersehbar. Darüberhinaus kann festgestellt werden, daß die eindeutig höheren Fichtenanteile auf den kombiniert gedüngten P-Ca-Parzellen vorliegen, wobei ein positiver Einfluß der gestaffelten Kalkung andeutungsweise erkennbar ist. Die im Versuchsteil 2 a nach der Fichte am zweitstärksten vertretenen Baumarten sind die Kiefer und die Strobe, die offenbar beide

auf die steigenden Kalkmergelgaben mit einem relativen Anteilsschwund reagiert haben. Auffallend sind die unterschiedlichen Anteile dieser Baumarten auf den NULL-Varianten. Hier erweist sich die Strobe als die weitaus vitalere von beiden. Für beide Baumarten ist eine erhebliche Reduzierung ihrer Anteile auf den kombinierten P-Ca-Parzellen festzustellen. Die Kiefer tritt hier überhaupt nicht in Erscheinung, wohl eine Folge erschwerter Anflugbedingung

Umgekehrt und wiederum ähnlich, wenn auch erheblich stärker als die Fichte, haben auf diesem Versuchsteil die übrigen Baumarten Birke, Roterle und Pappel reagiert, deren Anteile auf den mit P gedüngten Parzellen beträchtlich größer sind. Bei der Birke macht sich dieser P-Düngungseffekt nur auf den ausschließlich mit Rhenania-Phosphat gedüngten Parzellen 43 b und 38 b bemerkbar.

Der geringe Aussagewert derartiger Stammzahlanalysen bei Mischbeständen des vorliegenden Alters wird jedoch deutlich, wenn man vergleichsweise die entsprechenden Anteile an der Gesam Grundflächennhaltung betrachtet. Die hierbei mitberücksichtigten Brusthöhendurchmesser- und Höhenwerte geben die tatsächlichen Wuchsverhältnisse eines Bestandes sowie der einzelnen Baumarten genauer und im Hinblick auf die Bestandesleistung exakter wieder.

Für die Fichte ergibt sich danach nurmehr auf den P-Ca-Varianten (2 b) eine deutliche Überlegenheit, ohne Unterschiede hinsichtlich der gestaffelten Kalkmergelgaben. Demgegenüber treten auf den NULL und mit geringen Mengen Kalkmergel (40 / 80 dz/ha) gedüngten Varianten des Teilversuchs 2 a teils die Strobe und die Kiefer, teils die Birke als gleichstarke Konkurrenz zur Fichte auf, wobei hinsichtlich der Ca-Steigerung teilweise gegenläufige Reaktionen beobachtet werden können. Die Fichte scheint auf die gesteigerten Kalkmergelgaben, trotz des erstaunlich hohen relativen Anteils auf der Parzelle 38 a, mit einer deutlichen Zunahme sowohl der absoluten Grundflächenwerte als auch ihres relativen Anteils reagiert zu haben. Demgegenüber ist bei Birke, Strobe und Kiefer eher ein Rückgang der Grundflächenwerte festzustellen.

Tabelle 84								
Kulturdüngungsversuch -GARTOW 2 a- zu Fichte, Pappel, Roterle; ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme Sept. 1970; hier: F I C H T E								
	NULL P.38	NULL P.43	Ca ₃ P.42	Ca ₅ P.41	Ca ₇ P.40	Ca ₁₁ P.39	F-Test	s
HM(m)	4,65	4,05	4,60	4,65	5,15	6,45	**	0,782
DM(cm)	4,35	3,85	4,15	4,05	4,75	5,70	*	0,615
G(m ² /ha)	7,40	3,95	5,40	6,20	8,30	13,50	***	3,280
V _s (VfmS/ha m.R.)	(27,80)	(13,55)	(19,15)	(24,80)	(31,65)	(59,10)	***	15,590
D U N C A N - T E S T								
HM(m)	P.39	P.40	P.41	P.38	P.42	P.43		
	6,45	5,15	4,65	4,65	4,60	4,05		
4,05	***	*	n.s.	n.s.	n.s.	-		
4,60	**	n.s.	n.s.	n.s.	-	-		
4,65	**	n.s.	n.s.	-	-	-		
4,65	**	n.s.	-	-	-	-		
5,15	*	-	-	-	-	-		
6,45	-	-	-	-	-	-		
DM(cm)	P.39	P.40	P.38	P.42	P.41	P.43		
	5,70	4,75	4,35	4,15	4,05	3,85		
3,85	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-		
4,05	**	n.s.	n.s.	n.s.	-	-		
4,15	**	n.s.	n.s.	-	-	-		
4,35	*	n.s.	-	-	-	-		
4,75	*	-	-	-	-	-		
5,70	-	-	-	-	-	-		
G(m ² /ha)	P.39	P.40	P.38	P.41	P.42	P.43		
	13,50	8,30	7,40	6,20	5,40	3,95		
3,95	***	**	**	*	*	-		
5,40	***	*	*	n.s.	-	-		
6,20	***	*	n.s.	-	-	-		
7,40	***	n.s.	-	-	-	-		
8,30	***	-	-	-	-	-		
13,50	-	-	-	-	-	-		
V _s (VfmS/ha m.R.)	P.39	P.40	P.38	P.41	P.42	P.43		
	(59,10)	(31,65)	(27,80)	(24,80)	(19,15)	(13,55)		
(13,55)	***	**	*	n.s.	n.s.	-		
(19,15)	***	*	n.s.	n.s.	-	-		
(24,80)	***	n.s.	n.s.	-	-	-		
(27,80)	***	n.s.	-	-	-	-		
(31,65)	***	-	-	-	-	-		
(59,10)	-	-	-	-	-	-		

Hingewiesen sei noch auf den starken Roterlen-Anteil von 20 bis nahezu 30 % sowie auf die erhebliche Zunahme des Pappel-Anteils auf den kombinierten P-Ca-Parzellen. Daß dieses in erster Linie auf die kombinierte P-Ca-Düngung zurückgeführt werden muß, zeigt der Vergleich mit den vergleichsweise geringen Werten auf den ausschließlich mit P gedüngten Parzellen 38 und 43 b.

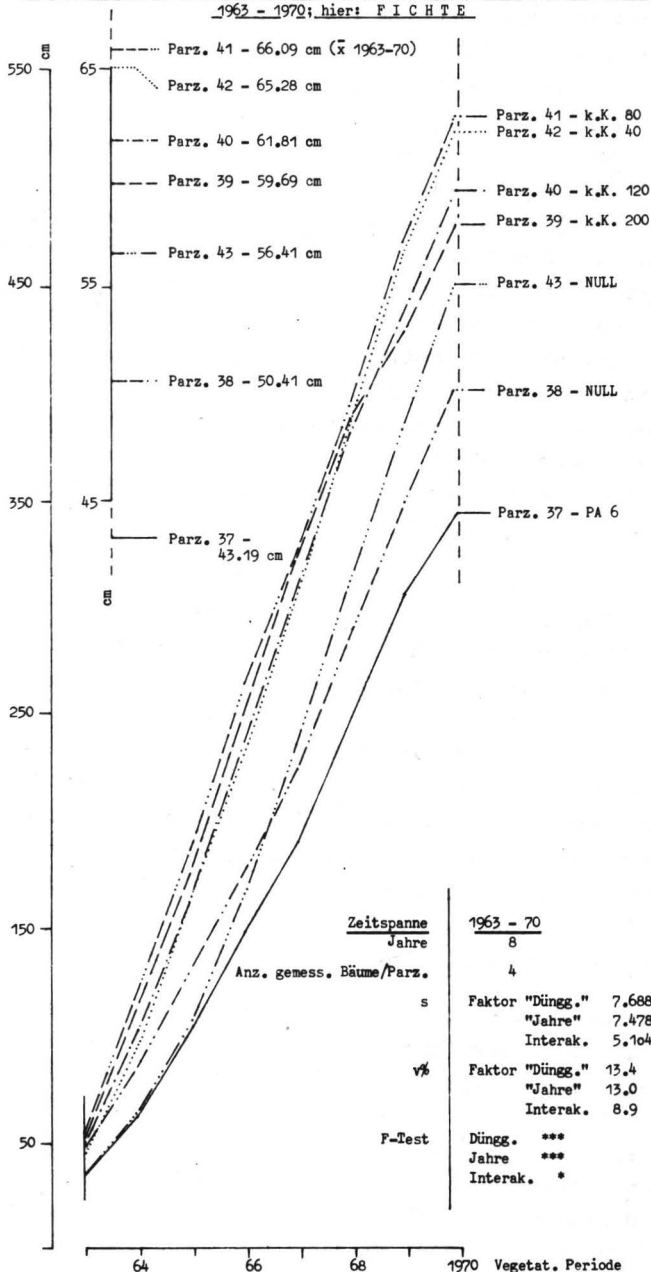
Zusammenfassend und im Hinblick auf die folgende Besprechung der ertragskundlichen Ergebnisse einiger Baumarten kann festgestellt werden, daß die Fichte auf beiden Versuchsteilen zwar stammzahlmäßig immer noch die dominierende Baumart, auf den reinen Kalkmergel-Varianten jedoch zum größten Teil in den Unterstand zurückgedrängt worden ist und bestandessozioologisch hier, zusammen mit der Birke und den beiden Kiefernarten, eine nur mittragende Rolle spielt. Auf den P-Ca-Varianten ist sie demgegenüber die beherrschende Baumart. Der hier zu beobachtende relativ starke Anteil der Roterle zwischen 20 und 30 % dürfte sich waldbaulich-ertragskundlich weniger stark auswirken als die wenigen Pappeln, die einen Großteil der Versuchsfläche überschirmen.

Die Meßergebnisse für die Fichte auf der Kalksteigerungsreihe 2 a sind in der Tabelle 84 zusammengefaßt. Trotz der erheblich voneinander abweichenden Werte der beiden NULL-Parzellen -die Werte der Parzelle 38 liegen im Bereich der Ca₄- bzw. k.K. 80-Variante- ist über alle Größen eine gesicherte Leistungsverbesserung mit zunehmender Kalkung erkennbar. Die im DUNCAN-Test gegeneinander abgesicherten Parzellenwerte zeigen eine durchgehende Überlegenheit der Fichte auf den Parzellen 39 und 40. Die durch 200 dz/ha Kalkmergel bewirkte Leistungssteigerung beträgt, bezogen auf die NULL-Variante 43 a, für HM 59, DM 48, G 242 und für V_g 336 %; auf die Parzelle 38 a bezogen immer noch entsprechende 39, 31,82 und 113 %. Diese Mehrleistung muß, insbesondere im vorliegenden Fall, u.a. auch als Folge der gleichzeitig zu beobachtenden Rückläufigkeit der Anteile von Birke, Strobe und Kiefer gewertet werden.

Zusätzlich zu den in der Tabelle 84 dargestellten Größen wurden an jeweils vier Fichten je Parzelle des Teilversuchs 2 a die jährlichen Höhenzuwachswerte (Jahrestrieblängen), rücklaufend

Darstellung 14

Kulturdüngungsversuch -GARTOW 2a- zu Fichte, Pappel und Roterle; Versuchsanlage 1950;
Wachstumskurve und durchschnittliche jährliche Jahrestrieblängen für den Zeitraum von
1963 - 1970; hier: F I C H T E



bis zum Jahre 1963, erfaßt. Die Ergebnisse sind nebenseitig als Wachstumskurven für den Zeitraum von 1963 bis 1970 für insgesamt 6 Düngungs-Varianten (7 Parzellen) dargestellt. Die durchschnittlich jährlichen Höhenzuwachsleistungen liegen im Bereich zwischen 43.19 cm (Parz. 37, PA 6) und 66.09 cm (Parz. 41, k.K. 80). Abweichend vom Ergebnis der Höhenmessungen (HM) wurden die größeren Jahrestrieblängen auf den Varianten k.K. 80 und k.K. 40 festgestellt. Die Erklärung hierfür kann zum einen in der unzulässig kleinen Anzahl der Probestämme, zum anderen in deren unterschiedlicher soziologischer Stellung innerhalb des Bestandes liegen. Infolge der Inhomogenität der Bestände, der geringen Parzellengrößen und in dem Benützen, notwendige Eingriffe in das Bestandesgefüge auf ein unbedingt erforderliches Maß zu beschränken, ist auf ein aufwendigeres Probenahmeverfahren verzichtet worden. Die NULL-Varianten liegen jedoch auch hier gesichert unter den Ca-Varianten, wobei überraschenderweise die Parzelle 38 a geringere Werte aufweist, als die Parzelle 43 a.

In der Tabelle 86 sind die Aufnahmeergebnisse für die Birke des Versuchsteils 2 a dargestellt. Aus der Spalte "F-Test" geht hervor, daß die Birke nur uneinheitlich auf die gestaffelte Kalkung reagiert hat. Die relativ günstigsten Bedingungen findet diese Baumart offensichtlich auf der schwächsten Ca-Variante, wobei der Tatsache, daß auf dieser Variante Fichte, Strobe und Kiefer in annähernd gleichen und nicht übermäßig starken Anteilen vertreten sind, eine gewisse Bedeutung beigemessen werden muß. Offensichtlich ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt auf dieser Variante hinsichtlich der Baumartenzusammensetzung ein Gleichgewichtszustand eingetreten, in dem die vier Baumarten Fichte, Birke, Strobe und Kiefer gute Wuchsbedingungen vorfinden.

Die gegenwärtige Wuchssituation auf der Kalksteigerungsreihe 2 a läßt sich somit wie folgt darstellen: Während die Fichte hier nur einen Teil ihres insgesamt überwiegenden Stammzahlpotentials (63 bis 77 %) in stärkere Durchmesserklassen und somit in bestandesbildend relevante Dimensionen hat einbringen können, sind Birke, Strobe und Kiefer zwar in relativ geringen, jedoch durchweg stärkeren und bestandessoziologisch beherrschenden Exemplaren vertreten. Roterle und Pappel weisen nur verschwindend geringe

	NULL P.43a	P ₄ Ca ₁ P.43	P ₄ Ca ₁ P.38	P ₄ Ca ₃ P.42	P ₄ Ca ₅ P.41	P ₄ Ca ₇ P.40	P ₄ Ca ₁₀ P.39	F-Test	s	v%
N/ha	3414	3916	3837	3307	3677	4286	4101	n.s.	268.766	7.1
HM(m)	4.05	8.25	6.90	8.35	7.20	6.45	7.20	***	1.412	20.4
HO(m)	8.25	12.55	13.15	12.30	11.60	10.45	10.25	n.s.	1.362	12.1
DM(cm)	3.85	8.35	7.20	7.45	7.00	6.30	6.65	***	1.373	20.5
DO(cm)	8.25	15.25	13.75	14.05	12.90	11.75	13.10	n.s.	1.765	13.9
G(m ² /ha)	3.95	21.70	15.55	14.40	13.95	13.25	14.20	***	5.079	36.7
V (Vfms/ha m.R.) _s	(13.55)	(110.10)	(74.50)	(75.55)	(64.75)	(56.10)	(63.35)	***	28.040	42.9
DUNCAN - TEST										
N/ha	P.40 4286	P.39 4101	P.43 3916	P.38 3837	P.41 3677	P.43a 3414	P.42 3307			
3307	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-			
3414	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-				
3677	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-					
3837	n.s.	n.s.	n.s.	-						
3916	n.s.	n.s.	-							
4101	n.s.	-								
4286	-									
HM(m)	P.42 8.35	P.43 8.25	P.41 7.20	P.39 7.20	P.38 6.90	P.40 6.45	P.43a 4.05			
4.05	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-			
6.45	*	*	n.s.	n.s.	n.s.	-				
6.90	*	*	n.s.	n.s.	-					
7.20	*	*	n.s.	-						
7.20	*	*	-							
8.25	n.s.	-								
8.35	-									
HO(m)	P.38 13.15	P.43 12.55	P.42 12.30	P.41 11.60	P.40 10.45	P.39 10.25	P.43a 8.25			
8.25	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-			
10.25	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-				
10.45	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-					
11.60	n.s.	n.s.	n.s.	-						
12.30	n.s.	n.s.	-							
12.55	n.s.	-								
13.15	-									
DM(cm)	P.43 8.35	P.42 7.45	P.38 7.20	P.41 7.00	P.39 6.65	P.40 6.30	P.43a 3.85			
3.85	***	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-			
6.30	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-				
6.65	**	n.s.	n.s.	n.s.	-					
7.00	*	n.s.	n.s.	-						
7.20	*	n.s.	-							
7.45	n.s.	-								
8.35	-									
DO(cm)	P.43 15.25	P.42 14.05	P.38 13.75	P.39 13.10	P.41 12.90	P.40 11.75	P.43a 8.25			
8.25	*	*	*	n.s.	n.s.	n.s.	-			
11.75	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-				
12.90	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-					
13.10	n.s.	n.s.	n.s.	-						
13.75	n.s.	n.s.	-							
14.05	n.s.	-								
15.25	-									
G(m ² /ha)	P.43 21.70	P.38 15.55	P.42 14.40	P.39 14.20	P.41 13.95	P.40 13.25	P.43a 3.95			
3.95	***	***	***	***	***	***	-			
13.25	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-				
13.95	**	n.s.	n.s.	n.s.	-					
14.20	**	n.s.	n.s.	-						
14.40	**	n.s.	-							
15.55	**	-								
21.70	-									

Anteile auf. Die Kalkmergeldüngung hat sich für die Fichte gesichert positiv, für die beiden Kiefernarten jedoch offensichtlich negativ ausgewirkt.

Für den kombiniert mit Kalkmergel und Rhenania-Phosphat gedüngten Versuchsteil 2 b wurde bereits eine erhebliche Wuchsverbesserung von Fichte, Roterle und Pappel, demgegenüber ein deutliches Nachlassen der beiden Kiefernarten und eine beträchtliche Wachsförderung bei der Birke auf den nur mit P gedüngten Parzellen festgestellt. In der Tabelle 85 sind die Meßergebnisse für die Fichte auf diesem Versuchsteil dargestellt.

Da in erster Linie die Relationen innerhalb der P-Ca-Reihe (Effekt der Kalkmergelsteigerung), erst dann der Vergleich der kombinierten P-Ca- mit der reinen P-Reihe und zuletzt die Mehrleistungen gegenüber ungedüngt interessierten, wurde der statistischen Verrechnung der Meßergebnisse die NULL-Parzelle 43 a zugrunde gelegt.

Die besten Wuchsleistungen erreicht die Fichte auf den beiden P-Varianten 38 und 43, dessen Ergebnisse im Gegensatz zu früheren Beobachtungen relativ nahe beieinanderliegen. Von den P-Ca-Varianten erreicht nur die mit der geringsten Kalkmergelgabe abgedüngte Parzelle 42 annähernd vergleichbare Werte, während im Gefolge der verstärkten Ca-Gaben ein deutliches Nachlassen der Fichtenleistung zu beobachten ist. Diese negative Reaktion der Fichte als Folge der steigenden Ca-Komponente bei gleichzeitiger P-Düngung wurde auch an einem anderen Beispiel deutlich. Vergleicht man die entsprechenden Brusthöhendurchmesser- (DM) und Höhenwerte (HM) der Fichte auf den beiden Versuchsteilen 2 a und 2 b (Parz. 42 bis 38), so drückt sich der in Abhängigkeit von den steigenden Ca-Gaben zu beobachtende Rückgang der relativen Mehrleistung der Fichte auf den P-Ca-Varianten wie folgt aus: HM: +82 %, +55 %, +25 %, +12 %; DM: +80 %, +73 %, +33 %, +17 %. Dieser Effekt muß als direkte Folge der kombinierten P-Ca-Düngung angesehen werden, da ein entsprechend starkes Aufkommen anderer Baumarten als Folge der steigenden Ca-Gaben nicht festgestellt werden konnte. Die Fichte reagiert auf dem vorliegenden Standort offensichtlich dann mit Leistungseinbußen, wenn zu einer gestaffelten Kalkmergel-Düngung

(40 bis 200 dz/ha) eine zusätzliche P-Düngung in der Größenordnung von 12 dz/ha Rhenania-Phosphat erfolgt. Dabei muß in dieser Düngerkombination die P-Düngung als Ursache des Leistungsrückganges angenommen werden, da eine ausschließliche Düngung mit Kalkmergel bzw. mit Rhenania-Phosphat keine derartigen Reaktionen bewirkt hat.

Erstaunlich ähnlich hat ebenfalls die Birke reagiert, was bereits anhand der relativen Grundflächenanteile dargestellt werden konnte. In der Tabelle 87 sind die Ergebnisse einer gemeinsamen Verrechnung der Birkendaten aus den beiden Versuchsteilen 2 a und 2 b dargestellt.

Tabelle 86

Kulturdüngungsversuch -GARTOW 2a- zu Fichte, Pappel, Roterle, (Birke); ertragskundliche Daten;
Versuchsaufnahme Sept. 1970; hier: B I R K E

	NULL	NULL	Ca ₃	Ca ₅	Ca ₇	Ca ₁₀			
	P.38	P.43	P.42	P.41	P.40	P.39	F-Test	s	v%
N/ha	300	359	420	599	509	1000	n.s.	202.769	35.5
NM(m)	9.40	9.25	11.40	10.05	9.65	8.80	n.s.	0.841	8.5
HO(m)	10.45	10.30	12.45	11.45	11.55	10.95	n.s.	0.618	5.4
DM(cm)	8.25	7.65	13.30	9.35	8.45	6.95	n.s.	2.164	23.5
DO(gm)	10.60	10.40	17.35	13.55	13.95	12.00	n.s.	2.051	15.2
G(m ² /ha)	1.35	1.65	5.10	4.10	2.75	3.70	n.s.	0.822	24.0

Für die Höhenwerte (HM) konnte eine gesicherte Mehrleistung als Folge der zusätzlichen P-Düngung nachgewiesen werden. Aus den Grundflächenwerten geht eindeutig hervor, daß die besten Ergebnisse auf den nur mit P gedüngten Varianten erzielt wurden. Wenn

Tabelle 87

Kulturdüngungsversuche -GARTOW 2 a/b- zu Fichte, Pappel, Roterle, (Birke); ertragskundliche Daten;
Versuchsaufnahme Sept. 1970; hier: B I R K E

		NULL	NULL	KK40	KK80	KK120	KK200	F - Test			s			v%		
		P.38	P.43	P.42	P.41	P.40	P.39	P	Ca	PXCa	P	Ca	PXCa	P	Ca	PXCa
N/ha	NULL PR12+Lup.	300 890	359 714	420 185	599 238	509 291	1000 423	n.s.	n.s.	*	99.147	134.300	269.916	20.3	27.5	55.3
HM(m)	NULL PR12+Lup.	9.85 11.87						**	n.s.	n.s.	1.383		0.996	12.7		9.2
G(m ² /ha)	NULL PR12+Lup.	1.35 8.65	1.65 5.00	5.10 1.34	4.10 1.50	2.75 3.30	3.70 2.55	n.s.	n.s.	*			2.233			68.4

auch für den Versuchsteil 2 a eine gut sichtbare Leistungsverbesserung durch die Kalkung festgestellt werden kann, so ist der Trendumschwung zwischen den Varianten k.K. 40 und k.K. 80 unübersehbar.

Für den aus drei Versuchsgliedern bestehenden Teilversuch 2 c zu Algier-Phosphat (4 bzw. 6 dz/ha) wurden einige Meßgrößen für die Fichte, die Roterle und die Birke in den Tabellen 88, 89 und 90 aufgeführt.

Tabellen 88, 89, 90

Kulturdüngungsversuch -GARTOW 2c- zu Fichte, Pappel, Roterle, (Birke); ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme Sept. 1970; hier: F I C H T E

	NULL	P ₂₍₁₎ Ca ₁	P ₂ Ca ₁			
	P.38S	P.37N	P.37S	F-Test	s	v%
HM(m)	4.65	8.20	8.15	**	2.027	29.0
DM(gm)	4.35	8.00	7.90	**	2.070	30.7
G(m ² /ha)	7.40	18.35	17.40	**	6.003	41.7
V (VfmS/ha m.R.)	(27.80)	(92.00)	(82.80)	**	34.375	50.9

Kulturdüngungsversuch -GARTOW 2c- zu Fichte, Pappel, Roterle, (Birke); ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme Sept. 1970; hier: R O T E R L E

	NULL	P ₂₍₁₎ Ca ₁	P ₂ Ca ₁			
	P.38S	P.37N	P.37S	F-Test	s	v%
HM(m)	5.35	9.80	8.90	*	2.264	28.2
DM(gm)	4.15	8.35	10.60	*	3.176	41.3
G(m ² /ha)	0.40	2.55	2.35	n.s.	1.019	57.7

Kulturdüngungsversuch -GARTOW 2c- zu Fichte, Pappel, Roterle, (Birke); ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme Sept. 1970; hier: B I R K E

	NULL	P ₂₍₁₎ Ca ₁	P ₂ Ca ₁			
	P.38S	P.37N	P.37S	F-Test	s	v%
N/ha	300	1137	710	n.s.	391.350	54.7
G(m ² /ha)	1.35	5.50	3.10	n.s.	1.935	58.3

Für die Fichte und für die Roterle liegt ein gesicherter positiver Düngungseffekt des Algier-Phosphats vor, was insbesondere anhand der HM- und DM-Werte nachgewiesen werden konnte. Es sei jedoch auch hier darauf hingewiesen, daß bei den drei Baumarten ein geringer Leistungsabfall auf der stärkeren P-Variante festzustellen ist.

4.32.34 Zusammenfassung der Versuchsergebnisse von Versuch GARTOW -2- (a-c)

Im Frühjahr 1950 wurde auf einem grundwasserbeeinflussten Tal-sand im FA.Gartow (Elbe) ein Kulturdüngungsversuch zu Fichte (87 %), mit einzeln beigemischten (13 %) Roterlen, Pappeln, Stroben und Douglasien angelegt. Gedüngt wurde im Zuge der Versuchsbegründung mit gestaffelten Gaben von Kalkmergel (40 bis 200 dz/ha), teils ausschließlich, teils in Kombination mit Rhenania-Phosphat (12 dz/ha) und einer Aussaat von Dauerlupine. Auf einem Teil des Versuchs wurden vergleichsweise 4 bzw. 6 dz/ha Algier-Phosphat ausgebracht. Über die Versuchsentwicklung bis Ende der 50er Jahre ist vom Versuchsansteller wiederholt berichtet worden.

Als Ergebnis einer im Jahre 1956 durchgeführten floristischen Aufnahme wurde festgestellt, daß sich auf den nicht gedüngten Varianten, 5 Jahre nach erfolgtem Vollumbruch, die ursprüngliche Artenkombination nahezu vollzählig wieder eingefunden hatte. Auf den einzelnen Düngungsvarianten wurde demgegenüber eine Anreicherung mit anspruchsvolleren Arten festgestellt, und zwar zunehmend in der Reihenfolge von der einfachen Kalkung über die reine P-Düngung bis hin zur kombinierten P-Ca-Lupinen-Düngung.

Erste ertragskundliche Messungen wurden in den Jahren 1952 bis 1959 an nahezu allen Baumarten durchgeführt. Dabei ergab sich, daß die Pappel und die Roterle am stärksten auf die kombinierte P-Ca-Düngung reagiert hatten, während die Fichte auf der Kalksteigerungsreihe eine deutliche, von den gestaffelten Ca-Gaben abhängige Wuchsverbesserung aufwies. Die kombinierte P-Ca-Düngung bewirkte demgegenüber bei dieser Baumart einen mit zunehmenden Kalkgaben deutlichen Leistungsrückgang, u.a. auch als Folge zunehmenden Konkurrenzdruckes von Seiten der Pappel und der Roterle.

In Zuge einer umfassenden Versuchsaufnahme in den Jahren 1970/71 wurden die wichtigsten ertragskundlichen Größen aller Baumarten aufgenommen. Darüberhinaus erfolgte eine parzellenweise Boden- und Nadelprobenentnahme, letztere nur von der Hauptbaumart Fichte. Festgestellt wurde nach nunmehr 20-jähriger Laufzeit des Versuchs eine von der Kalkmergeldüngung direkt abhängige gesicherte Anhebung der Bodenreaktion auf der Variante mit der höchsten Kalkgabe um nahezu eine pH-Stufe, wobei die zusätzliche Düngung mit Rhenania-Phosphat diesen Effekt offenbar noch verstärkt hat (2 b). Weiter wurde auf den kombinierten P-Ca-Varianten ein engeres C/N-Verhältnis der Streu sowie auf dem Versuchsteil 2 c als Folge der Algier-Phosphat-Düngung ein erhöhter P-Gehalt im Boden nachgewiesen. Nach den Nadelanalysen-Ergebnissen hat die zusätzliche P-Düngung auf dem Versuchsteil 2 b zu einer gesicherten Mehraufnahme von P, Mg, Fe und Na durch die Fichte geführt. Eine direkte Auswirkung der zum Teil erheblichen Kalkmergeldüngung auf den Ca-Gehalt der Fichtennadeln konnte nicht nachgewiesen werden.

Bei der Interpretation der ertragskundlichen Ergebnisse mußten die in einem Mischbestand herrschenden besonderen Bedingungen und Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen Baumarten berücksichtigt werden. Dieses wurde erschwert durch eine im Laufe der Versuchsentwicklung erfolgte, zum Teil düngungsabhängige Umschichtung in der Baumartenzusammensetzung. Von den 1950 in unterschiedlichen Mengen begründeten fünf Baumarten Fichte, Rot-erle, Pappel, Strobe und Douglasie wurde die Douglasie zum Zeitpunkt der Aufnahme nicht mehr vorgefunden. Dafür sind die Birke und die Kiefer zum Teil in erheblichen Mengen eingeflogen und bestimmen das Bestandesbild teilweise stark mit.

Beurteilt man das Gewicht der einzelnen Baumarten aufgrund ihres Anteils an der gegenwärtigen Gesamtgrundfläche, so kann für die Kalkreihe (2 a), mit mehr oder minder starken Abweichungen von Düngungsvariante zu Düngungsvariante, ein nahezu gleichwertiges Nebeneinander von Fichte, Birke, Strobe und Kiefer beobachtet werden. Während der Fichtenanteil eine deutliche positive Abhängigkeit von den einzelnen Kalkstufen erkennen läßt, haben die übrigen Baumarten eher umgekehrt reagiert.

Ein stark verändertes Bild bietet der Versuchsteil 2 b mit der kombinierten P-Ca-Lupinen-Düngung. Während Birke, Strobe und Kiefer anteilmäßig deutlich zurückfallen, dominieren auf den P-Ca-Varianten die Fichte (52 - 63 %) und die Roterle (20 - 29 %). Auch der Anteil der insgesamt nur in sehr wenigen Exemplaren vorhandenen Pappel beträgt auf diesem Versuchsteil ein Vielfaches von dem auf den Ca-Varianten.

Zu den einzelnen Baumarten wurde ferner festgestellt, daß die Fichte auf den kombinierten P-Ca-Varianten, im Gegensatz zu ihrem Verhalten auf der Kalkreihe, auf eine Erhöhung der Ca-Komponente mit einem deutlichen Leistungsabfall reagiert. Ganz ähnlich verhält sich die Birke. Die Düngung mit Algier-Phosphat im Versuchsteil 2 c hat bei Fichte, Roterle und Birke deutliche Leistungsverbesserungen bewirkt.

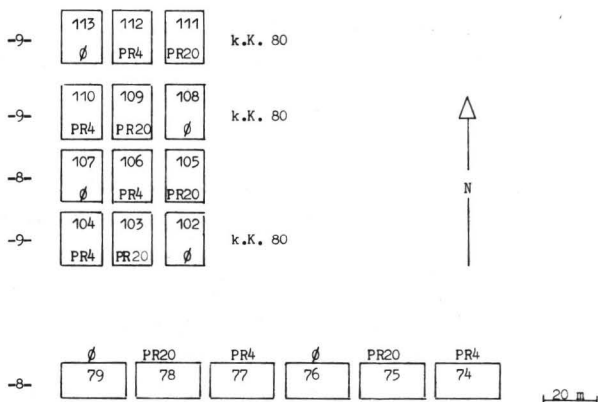
Mit dem vorliegenden Versuch konnten somit nicht nur die Möglichkeiten einer Leistungsverbesserung einiger Baumarten durch eine P- bzw./und Ca-Düngung nachgewiesen werden. Als ebenfalls wesentliches Ergebnis muß die Erfahrung gewertet werden, daß die mineralische Düngung von Mischbeständen, im vorliegenden Fall bei gleichzeitiger Unterlassung von Pflegeeingriffen, baumartenspezifische Reaktionen bewirkt, die in ihren komplexen Auswirkungen noch weitgehend unbekannt sind und die hinsichtlich des Wirtschaftszieles nicht immer als erwünscht angesehen werden können.

4.32.4 Kulturdüngungsversuche -GARTOW 3 und 9-

Die gemeinsam mit der Versuchsreihe 2 und annähernd zu den gleichen Baumarten angelegten Kulturdüngungsversuche 8 und 9 können nach Anlage und Fragestellung als ein Versuch betrachtet werden. Die Versuchsergebnisse wurden dementsprechend ausgewertet.

4.32.41 Versuchsbegründung und -anlage

Eine eingehende Standortsbeschreibung ist bereits an anderer Stelle erfolgt. Die wichtigsten Versuchsdaten sind einschließlich der Lageskizze im folgenden aufgeführt.



VERSUCH: GARTOW 8 und 9

VERSUCHSTYP: Rhenania-Phosphat-Steigerungsversuch (8), kombiniert mit einer Kalkmergelgrunddüngung (9)

LAGE: FA. GARTOW, Betr. Bez. Wir1, Uabt. 82 b

VERSUCHSANSTELLER: Nieders. Forstl. Versuchsring (JUNACK)

GEOLOGIE: Talsand des Elbeurstromtales

HÖHE ÜBER NN: 20 m (Gartow)

BODENART UND -TYP: Humusreicher bis anmooriger Feinsand, Gley

WASSERVERSORGUNG: Grundwasserstand 0,5 - 1,5 m u. GOF

JAHR DER VERSUCHSANLAGE: 1950

KULTURVORBEREITUNG, BEGRÜNDUNGSART: Brandrodung, Scheibenschälplflug, Vollumbruch, Eggen, Pflanzung

BAUMARTEN (% DER GESAMTSTAMMZAHL): Fichte 90 %, Pappel einschl. Roterle (8) bzw. Strobe, Douglasie und Roteiche (9)

PFLANZGUT UND -VERBAND: Fichte 4j.v. Sämlinge, 1,2 x 1,0 m, Roterle 2j.v. Sämlinge, 5 x 5 m, Pappel 5 x 5 m, Strobe

VORBESTAND: 120 Jahre Wildbrache, davor landw. genutzt. (Roteiche und Douglasie in geringen Mengen)

DÜNGUNGSVARIANTEN: Versuch 8: NULL, PR 4, PR 20, Versuch 9: wie Versuch 8 einschließlich k.K. 80

WIEDERHOLUNGEN: 3-fach

PARZELLENGRÖSSEN: 300 m²

LITERATUR: JUNACK (1953, 1960, 1961, 1966, 1970), THEMLITZ 1956

Beide Einzelversuche sind vom Versuchstyp her einfache Phosphat-Steigerungsversuche mit 3-facher Wiederholung von jeweils 3 Versuchsgliedern. Sie unterscheiden sich dadurch, daß Versuch 9 auf ganzer Fläche, einschließlich der ursprünglich vorgesehenen NULL-Parzellen, mit 80 dz/ha Kalkmergel abgedüngt worden ist.

Abweichend von der Baumartenmischung in der Versuchsreihe 2 wurde im Versuch 9 statt Roterle in "geringen Mengen" Strobe, Douglasie und Roteiche ausgepflanzt.

Das Versuchsziel galt der Frage, welche Zuwachsreaktionen sich auf dem vorliegenden Standort bei den Baumarten Fichte, Pappel, Roterle, Strobe, Douglasie und Roteiche durch gestaffelte Gaben von Rhenania-Phosphat, mit und ohne Kalkung, erzielen lassen.

4.32.42 Versuchsentwicklung und Ergebnisse früherer Aufnahmen

Die ersten ertragskundlichen Aufnahmen haben sich auf Höhenmessungen beschränkt. Sie sind von 1952 bis 1959 nahezu jährlich an Fichte, Pappel, Roterle, Strobe und Birke durchgeführt worden. Die Ergebnisse sollen zusammenfassend kurz wiedergegeben werden.

In der Tabelle 91 sind die durchschnittlichen F i c h t e n - h ö h e n , wie sie von 1952 bis 1959 in Abständen von zwei Jahren ermittelt worden sind, als absolute cm-Werte und relativ zu den unbehandelten Kontroll- bzw. Kalk-Varianten (Versuch 9) angeführt.

Tabelle 91		Kulturdüngungsversuche GARTOW 8 und 9; Ergebnisse von Höhenmessungen an F I C H T E in den Jahren 1952 bis 1959 (aus Versuchsakten)														
Düngungsvar.		1952			1954			1956			1958			1959		
		cm	%	%	cm	%	%	cm	%	%	cm	%	%	cm	%	%
Versuch 8	NULL	54	100	100	63	100	100	89	100	100	91	100	100	145	100	100
	PR 4	88	163	100	112	176	100	181	203	100	260	286	100	411	284	100
	PR 20	93	172	100	137	217	100	246	276	100	302	332	100	416	287	100
Versuch 9	k.K. 80	72	133	133	106	168	168	128	143	143	198	217	217	173	119	119
	PR 4 k.K. 80	76	140	86	117	185	104	222	249	122	286	314	110	350	241	85
	PR 20 k.K. 80	93	172	100	138	219	101	233	261	94	335	368	110	402	277	96

Der Umstand, daß bereits 1956, also nach 6jähriger Versuchsdauer, auf den NULL-Parzellen alle Pappeln abgestorben waren, verringert aufgrund mangelnder Vergleichsmöglichkeiten die Aussagekraft der Meßergebnisse aus den Jahren 1956 und 1958. Im Versuch Nr. 9 wurden nur 1958 Messungen durchgeführt.

Aus der Tabelle 92 ist die überaus starke Reaktion der Pappel auf die Düngung ersichtlich, sowohl was die gestaffelte P-Düngung des Versuchs 8 als auch die kombinierte P-Ca-Düngung des Versuchs 9 anbetrifft. Auffallend ist die zu diesem Zeitpunkt noch verhältnismäßig geringe Mehrleistung als Folge der um das 5-fache gesteigerten P-Düngung bei gleichzeitiger Kalkung (Versuch 9, 1958; Spalten 10 und 12).

Zum Wuchsverhalten der R o t e r l e im Versuch 8 berichtet JUNACK (1966), daß sich 1956 die Höhendifferenz zwischen der NULL- und der PR 4-Variante auf 2,4 m vergrößert hatte. Bereits zwei Jahre danach waren die Roterlen auf den ungedüngten Parzellen abgestorben. Über die im gleichen Jahr beobachteten Wuchsrelationen zwischen den beiden P-Varianten geben die folgenden Zahlen eine Vorstellung (nach JUNACK, 1966).

	Höhe		Durchmesser in 1.3 m Baumhöhe	
	m	%	cm	%
PR 4	4.44	100	4.6	100
PR 20	6.08	137	9.8	213

Auffallend ist die erheblich stärkere Reaktion im Durchmesser- als im Höhenzuwachs.

Die Ergebnisse von Höhenmessungen an der S t r o b e im Jahre 1958 ergaben auf der PR 4-Variante eine Mehrleistung gegenüber ungedüngt von 136 cm bzw. 85 %. Die 5-fache P-Menge verbesserte die Wuchsleistung nur auf 152 cm bzw. 95 %. Dies ist ein weiterer Hinweis dafür, daß die Strobe auf dem vorliegenden Standort mit rd. 100 kg P_2O_5 ausreichend versorgt ist und größere P-Mengen nur zum Teil in Wuchsennergie umzusetzen vermag.

Die in den Versuchen GARTOW 5, 6, 7 und 10 beobachteten Wuchsrelationen zwischen B i r k e und Kiefer konnten hier, in der Mischung von Birke mit Fichte, in ähnlichem Ausmaß beobachtet werden. Von JUNACK (1960) wurde bereits im Jahr der Versuchsanlage (1950) ein vermehrtes Anfliegen von Birken auf "den gedüngten Parzellen" festgestellt. Die Ergebnisse der im September 1959 erstmals durchgeführten Höhenmessungen und des flächenbezogenen Auszählens der Birke sind in der Tabelle 93 zusammengefaßt.

Ähnlich wie in der Mischung mit der Kiefer zeigt die Birke auf den mit P gedüngten Varianten nicht nur ein verstärktes Ankommen, sondern im Vergleich zu der Fichte zugleich die deutlich besseren Höhenwerte. Ein zusätzlicher Effekt der Kalkung ist

Tabelle 93							
Kulturdüngungsversuche -GARTOW 8/9-; Ergebnisse der Höhen- und Stammzahlmessungen an der B I R K E sowie einer vergleichenden Höhenmessung an der F I C H T E aus dem Jahre 1959; (aus Versuchsakten)							
Düngungsvar.	B i r k e				Fichte		
	Höhe		Anzahl		Höhe		
	cm	%	n/m ²	%	cm		
Versuch 8 NULL	227	100	0.30	100	145	100	
PR 4	412	182	0.52	173	411	283	
PR 20	428	189	0.44	146	416	287	
Versuch 9 - + k.K.80	281	124	0.30	100	173	119	
PR 4 + k.K.80	405	178	0.57	190	350	241	
PR 20+ k.K.80	465	205	0.44	147	402	277	

auch hier kaum festzustellen. Demgegenüber deutet ein Vergleich der Birkenwerte mit denen der Fichte in den beiden letzten Spalten darauf hin, daß die Fichte im Gegensatz zur Kiefer durch die P-Düngung relativ stärker gefördert worden ist als die Birke.

4.32.43 Ergebnisse der Versuchsaufnahme 1970/71

Zeitpunkt und Verfahren der Boden- und Nadelprobenahme sowie der ertragskundlichen Meßarbeiten entsprechen weitgehend denen des Versuchs GARTOW 2 und können dort nachgelesen werden.

4.32.431 Bodenkundliche Ergebnisse

Die Ergebnisse der Bodenanalysen sind in der Tabelle 94 zusammengestellt.

In der Absicht, nicht nur die möglichen Auswirkungen der reinen Kalkung mit denen der kombinierten P-Ca-Düngung, sondern alle fünf gedüngten Varianten mit ungedüngt zu vergleichen, wurden die Analysenergebnisse gemeinsam verrechnet.

Tabelle 94

Kulturdüngungsversuche -GARTOW 8/9- zu Fichte, Pappel, Roterle, Kiefer, Strobe, (Birke); bodenkundliche Daten; Probenahme November 1970

Tiefen cm		Versuch 8			Versuch 9			F-Test	Vers.8	Vers.9	Vers.8	Vers.9
		NULI	P ₂ Ca ₁	P ₆ Ca ₁	Ca ₅	P ₂ Ca ₅	P ₆ Ca ₅		s			v%
		P.76, 79,107	P.74, 77,106	P.75, 73,105	P.102, 108,113	P.104, 110,112	P.103 109,111					
pH(CaCl ₂)	Aufl. 0-36 14-67		3.92 3.79 4.25			4.10 3.82 4.21		n.s. n.s. n.s.	0.101 0.033	0.043	2.6 0.9	1.0
C(%Tr.S.)	Aufl. 0-36 14-67		41.16 14.83			39.07 12.98		n.s. n.s.				
N(%Tr.S.)	Aufl. 0-36 14-67		1.68 0.92 0.02			1.59 0.82 0.02		n.s. n.s. n.s.	0.114		6.8	
C/N	Aufl. 0-36 14-67		24.58 16.11			24.69 15.84		n.s. n.s.	1.214		4.9	
P+(mg/100g)	Aufl. 0-36 14-67	84.69 43.73 6.27	87.26 43.73 6.27	127.44	93.74	89.46 39.27 7.41	135.16	* n.s. n.s.	22.047 3.363 0.464	23.622	22.1 7.7 7.4	22.3

Bis auf eine gesicherte Erhöhung der P-Gehalte in der Auf-
lageschicht, deutlicher noch nachgewiesen anhand der ent-
sprechenden Spiegelwerte in den Fichtennadeln, konnten ge-
sicherte Auswirkungen der 20 Jahre zurückliegenden Düngung
nicht festgestellt werden. Nur andeutungsweise ist eine
ph-Wert-Erhöhung in den beiden obersten Entnahmetiefen auf
den PR 4-Varianten des Versuchs 9 erkennbar, worin mögli-
cherweise eine noch bestehende schwache Auswirkung der im
Frühjahr 1950 ausgebrachten 80 dz/ha Kalkmergel gesehen
werden kann. Darauf deuten ebenfalls die bei einem Vergleich
der P-Gehalte beider Versuche deutlich höheren Werte in dem
zusätzlich mit Kalkmergel gedüngten Versuch 9 hin. Die gering-
fügig niedrigeren Gehalte an organischer Substanz in der Auf-
lageschicht von Versuch 9 deuten auf die hier offensichtlich
angeregten Mineralisationsvorgänge hin. Mit Gehalten zwischen
25.50 % (8) und 22.32 % (9) organischer Substanz im obersten
Mineralbodenhorizont (Mächtigkeit infolge des Vollumbruchs

stark schwankend) sind auch hier die anmoorigen Oberbodenverhältnisse gut gekennzeichnet.

Trotz der relativ geringen N-Gehalte kann die Stickstoff-Versorgung aufgrund des engen C/N-Verhältnisses als voll ausreichend bezeichnet werden.

Zusammenfassend läßt sich aus den Ergebnissen der Bodenanalysen der Schluß ziehen, daß Auswirkungen einer vor 20 Jahren durchgeführten P-Ca-Düngung mit Rhenania-Phosphat (4 bzw. 20 dz/ha) und Kalkmergel (80 dz/ha), unter den vorliegenden Standorts- und Bestockungsverhältnissen, heute kaum mehr feststellbar sind. Neben einer geringfügigen Anhebung der Bodenreaktion wurden Anzeichen einer Beschleunigung der Umsetzungsvorgänge und gesichert höhere Gesamt-P-Gehalte in der Auflage-schicht der entsprechenden Varianten festgestellt.

4.32.432 Ergebnisse der Nadelanalysen

Analysiert worden sind ausschließlich Nadelproben von der Fichte. Die Analysenergebnisse von beiden Versuchen sind in der Tabelle 95 zusammengestellt.

Tabelle 95											
Kulturlüdingsversuche -GARTOW 8/9- zu Fichte, Pappel, Roterle, Kiefer, Strobe, Birke; nadelanalytische Daten; Probenahme Jan./Febr. 1971; hier: F I C H T E											
	Versuch 8			Versuch 9			F - Test				
	NULL	P ₂ Ca ₁	P ₆ Ca ₁	Ca ₅	P ₂ Ca ₅	P ₆ Ca ₅					
	P. 76, 79,107	P. 74, 77,106	P. 75 78,105	P. 102, 108,113	P. 104, 110,112	P. 103, 109,111	Ca- Düngg.	P- Düngg.	I.A.	s	%
Asche (‰Tr.S.)			4,851				n.s.	n.s.	n.s.	0,060	12,3
N %	1,553	1,433	1,440	1,570	1,353	1,416	n.s.	*	n.s.	0,104	7,1
P %	0,164	0,151	0,214	0,157	0,162	0,238	n.s.	***	n.s.	0,022	12,3
K %			0,713				n.s.	n.s.	n.s.	0,062	8,7
Ca %			0,703				n.s.	n.s.	n.s.	0,156	22,3
Mg %	0,108	0,130	0,164	0,134	0,138	0,168	n.s.	**	n.s.	0,018	12,8
Na %			0,011				n.s.	n.s.	n.s.	0,004	35,2
Mn %			0,023				n.s.	n.s.	n.s.	0,009	40,5
Fe %		0,013			0,015		*	n.s.	n.s.	0,002	14,9
Al %	0,009	0,010	0,008	0,008	0,010	0,007	n.s.	*	n.s.	0,002	18,5

Die mit Ausnahme der P-Gehalte aus den Bodenanalysergebnissen eher andeutungsweise erkennbaren Auswirkungen der Düngungsmaßnahmen lassen sich anhand der Spiegelwerte in den Fichtennadeln weitaus deutlicher nachweisen. Dieses trifft insbesondere für die P-Stufen beider Versuche zu, und zwar als direkte Folge der Düngung für die P-Gehalte, darüber hinaus jedoch auch für die Gehalte an N, Mg, Fe und Al, dieses möglicherweise aufgrund entsprechender Zusammensetzung der ausgebrachten Dünger oder mehr indirekt als Folge ernährungsphysiologischer Vorgänge in den Pflanzen. Die für die Fichte auf allen Varianten insgesamt gute N-Versorgung weist deutliche Abstriche auf den zusätzlich mit Rhenania-Phosphat gedüngten Varianten auf. Demgegenüber ist eine deutliche positive Bindung der Gehalte an Phosphor und Magnesium an die einzelnen P-Stufen erkennbar. Zugleich ist eine Verstärkung dieses Trends durch die zusätzliche Kalkmergel-Düngung festzustellen. Beide Elemente liegen in voll ausreichenden Mengen vor.

Ähnliche Abhängigkeiten hinsichtlich der Ca-Düngung gelten für die Fe-Gehalte.

Die anhand der Parzellenwerte festgestellte erheblich bessere Ca-Versorgung auf den mit Kalkmergel gedüngten Varianten konnte statistisch nicht abgesichert werden. Ebenso wie die Ca-Gehalte weisen auch die K-Gehalte auf eine sehr gute Versorgung der Fichte mit diesem Nährstoff hin.

Die Ernährungssituation der Fichte im Bereich der beiden Versuche muß in Anbetracht der boden- und nadelanalytischen Befunde als ausgesprochen günstig bezeichnet werden, und zwar auch auf den ungedüngten Kontroll-Parzellen. Dennoch haben die P- und die Ca-Düngung, insbesondere wenn sie kombiniert wurden, eine nachhaltige und noch heute nachwirkende Standortverbesserung bewirkt.

4.32.433 Ergebnisse der ertragskundlichen Aufnahmearbeiten

Die Anlageschemata beider Versuche und die sich daraus ableitenden unterschiedlichen Parzellengrößen innerhalb des Versuchs 8 machten Voruntersuchungen im Hinblick auf Randeinflüsse notwendig,

bevor mit den Auswertungsarbeiten der ertragskundlichen Versuchsergebnisse begonnen werden konnte.

Da die südlich der Versuchsreihe 2 gelegenen Parzellen 74 bis 79 des Versuchs 8 -im Gegensatz zu den übrigen Parzellen des gleichen Versuchs sowie der Parzellen des Versuchs 9, die durch 3 m breite ungedüngte Streifen voneinander getrennt sind- keinerlei Zwischenabstände aufweisen, mußte hinsichtlich der Versuchsergebnisse mit Randeffekten gerechnet werden. Um dieses nachprüfen und im gegebenen Fall eine entsprechende Bereinigung der betroffenen Parzellen durchführen zu können, wurden für die Parzellen 74 bis 79 die Brusthöhendurchmesser einer konstanten Anzahl von Fichten (7) der Randreihen 1, 2, 12 und 13 sowie vergleichsweise der in der Mitte der Parzellen liegenden Reihen 7 und 8 einer varianzanalytischen Verrechnung unterzogen.

Als Ergebnis wurden neben hochsignifikanten Unterschieden zwischen den drei Düngungsvarianten gesicherte Differenzen zwischen den drei Doppelreihen, und zwar im Sinne bestehender Einflüsse von Seiten der Nachbarparzellen, festgestellt. Um diese Einflüsse bei der Auswertung der Ergebnisse weitestgehend auszuschalten, wurden die erste und die letzte Reihe sowie ein entsprechend breiter Randstreifen an den Nord- und Südkanten der Parzellen von der Auswertung ausgenommen. Von einer angesichts des Versuchsaufbaus sicherlich gerechtfertigten Herausnahme jeweils zweier Doppelreihen sowie eines 2 m breiten Streifens am Anfang und Ende der Parzellen wurde, im Hinblick auf die dann zu klein gewordenen Parzellen, jedoch abgesehen.

Im einleitenden Abschnitt zur Versuchsanlage wurde darauf hingewiesen, daß die Versuche 8 und 9 zur gleichen Zeit und, mit geringfügigen Abweichungen, zu den gleichen Baumarten wie die Versuchsreihe 2 angelegt worden sind. Es erscheint deshalb auch hier sinnvoll, vor einer weitergehenden Erörterung der Wachstumsleistung der Einzelbaumarten deren spezifisches Verhalten auf den einzelnen Düngungsvarianten darzustellen. Dieses soll, wie bei der Versuchsreihe 2, anhand der jeweiligen Stammzahl- und Grundflächenanteile geschehen. Die absoluten und relativen Baumartenanteile für die 6 Baumarten sind in der Tabelle 96 dargestellt.

Dazu seien einige Bemerkungen vorausgeschickt. Wie bereits eingangs bemerkt, ist im Versuch 9 die Roterle nicht ausgepflanzt worden. Ihr Fehlen hier ist also nicht als Totalausfall zu deuten. Die Tatsache, daß auf einigen Parzellen gewisse Baumarten gar nicht vorgefunden wurden, beeinträchtigt den Aussagewert der Ergebnisse, insbesondere dann, wenn die Werte einer Düngungsvariante nur von einer Parzelle kommen (z.B. Strobe, Versuch 9). Auffallend sind die nicht immer schlüssig zu erklärenden, teilweise erheblichen Streuungen innerhalb der ein-

Tabelle 96

Kulturlandungsversuche -GARTOW 8 und 9; Darstellung der Baumartenanteile anhand der Stammzahl- und Grundflächenwerte je Hektar zum Zeitpunkt der Versuchsaufnahme 1970/71;

Stammzahl/ha															
Versuch 8		Fichte		Roterle		Pappel		Birke		Kiefer		Strobe		Insgesamt:	
Düngg.Var.	Parz.	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
NULL	76	6033		83		83		372		785		702			
	79	5785		83				744		826		785			
	107	4769						2598		249					
		5529	67	83	1	83	1	1238	15	620	7	744	9	8297	100
PR 4	74	5909		289				2562		41		579			
	77	5455		372		83		950		124		455			
	106	3701				83		2313							
		5021	63	331	4	83	1	1942	24	83	1	517	7	7977	100
PR 20	75	4876		331		124		1860		41		372			
	78	4132		207		372		661		83		248			
	105	3381				41		2064							
		4129	64	269	4	179	3	1528	23	62	1	310	5	6477	100
Versuch 9															
k.K. 80	102	4235						2100		427					
	108	4199				71		1601		107					
	113	3381				36		996		107		569			
		3938	62			54	1	1566	25	214	3	569	9	6341	100
k.K. 80 PR 4	104	3986				36		1601							
	110	4164				214		1637							
	112	3203				427		961				498			
		3784	64			226	4	1400	24			498	8	5908	100
k.K. 80 PR 20	103	2883				178		961							
	109	3594				178		1673							
	111	3060				391		463				391			
		3179	66			249	5	1032	21			391	8	4851	100
Grundfläche m ² /ha															
Versuch 8		Fichte		Roterle		Pappel		Birke		Kiefer		Strobe		Insgesamt:	
Düngg.Var.	Parz.	m ²	%	m ²	%	m ²	%	m ²	%	m ²	%	m ²	%	m ²	%
NULL	76	5.10		0.09		1.85		2.26		8.60		4.90			
	79	4.20		0.20				2.69		8.00		5.40			
	107	11.30						6.50		2.30					
		6.87	27	0.15	1	1.85	7	5.31	21	6.30	24	5.20	20	25.68	100
PR 4	74	14.10		0.80				4.17		0.60		5.20			
	77	14.50		2.20		0.42		1.57		1.40		2.60			
	106	14.10				1.10		9.89							
		14.23	52	1.50	5	0.76	3	6.01	22	1.00	4	3.90	14	27.40	100
PR 20	75	16.30		5.80		0.53		4.53		0.40		4.20			
	78	15.60		6.20		5.47		2.20		0.09		0.80			
	105	11.50				8.98		6.80							
		14.47	42	6.00	18	5.82	17	5.21	15	0.25	1	2.50	7	34.25	100
Versuch 9															
k.K. 80	102	8.70						10.70		4.50					
	108	12.50				3.10		7.70		0.50					
	113	13.10				0.80		6.00		1.20		6.00			
		11.43	39			2.00	7	8.10	27	2.10	7	6.00	20	29.63	100
k.K. 80 PR 4	104	18.20				0.40		6.30							
	110	15.80				2.70		8.50							
	112	13.10				14.40		3.40				2.50			
		15.70	52			5.80	20	6.10	20			2.50	8	30.10	100
k.K. 80 PR 20	103	13.50				3.80		5.80							
	109	12.70				3.20		7.50							
	111	13.80				14.30		3.60				1.10			
		13.33	49			7.10	26	5.60	21			1.10	4	27.13	100

zelnen Düngungsvarianten. Aus diesem Grunde wurde auch auf eine prozentuelle Aufschlüsselung der Parzellenwerte verzichtet.

Dem Verfasser erschien dennoch das durch die relativen Baumartenanteile in Abhängigkeit von der jeweiligen Düngungsvariante gewonnene Bild vom unterschiedlichen Verhalten der 6 Baumarten aussagefähig genug, um es einer baumartenweisen Besprechung der ertragskundlichen Versuchsergebnisse in der dargestellten Form voranzustellen. Zudem werden sehr enge Beziehungen zu den entsprechenden Ergebnissen der Versuchsreihe 2 deutlich.

Bereits zu Versuch 2 war festgestellt worden, daß die *F i c h t e* auf allen Düngungsvarianten nach der Stammzahl zwar die dominierende Baumart war, hinsichtlich der anteiligen Grundflächenwerte jedoch nicht nur eine erheblich geringere Bedeutung, sondern zugleich eine deutliche düngungsabhängige Differenzierung aufwies. Gleiches gilt auch für die Versuche 8 und 9. Auffallend ist die Konstanz der Stammzahlanteile zwischen 62 und 67 % auf allen Düngungsvarianten. Angesichts der Grundflächenanteile wird jedoch deutlich, daß die stammzahlmäßig beherrschende Stellung der Fichte bei der Grundfläche um rund 15 bis 25 % reduziert ist. Dieses gilt insbesondere für die NULL-Variante, wo die Fichte zum Zeitpunkt der Aufnahme vorwiegend im Unterstand vorgefunden wurde.

Die auf die P-Düngung am deutlichsten reagierende Baumart ist offensichtlich die *R o t e r l e*, deren Verhalten auf den P-Ca-Varianten allerdings wegen ihres dortigen Fehlens nicht verfolgt werden konnte. Da zudem auf den drei Parzellen 105, 106 und 107 keine Roterlen gefunden wurden, kann vermutet werden, daß auf dem gesamten Block, bestehend aus dem Versuch 9 einschließlich der o.a. drei Parzellen des Versuchs 8, die Roterle nicht ausgepflanzt worden ist.

Ähnlich stark hat die *P a p p e l* reagiert, wobei bei dieser Baumart die Bedeutung der zusätzlichen Kalkung besonders deutlich ins Auge fällt. Der starke Anteil von Roterle und Pappel an der Gesamt-Grundflächenhaltung auf der PR-20-Variante ist sicherlich mit eine der Erklärungen dafür, warum die Fichte hier um 10 % schwächer vertreten ist als auf der PR-4-Variante.

Die Reaktion der B i r k e auf die P-Düngung ist ausschließlich im Vergleich der NULL-Variante mit den übrigen Düngungsvarianten erkennbar, und zwar nur bei den Stammzahlen. Ihr Anteil beträgt, mit Ausnahme der PR-20-Variante, auf der die Birke offensichtlich ebenso wie die Fichte unter dem verstärkten Aufkommen von Roterle und Pappel gelitten hat, sowohl hinsichtlich der Gesamtstammzahl- wie auch der -grundflächenhaltung 20 bis 25 %.

Wie bereits bei anderen Versuchen beobachtet, ist das Verhalten der beiden K i e f e r n a r t e n gekennzeichnet von einem besonders bei den Grundflächenwerten starkem Vorkommen auf den NULL- bzw. Ca-Varianten. Die zusätzliche P-Düngung dagegen bewirkt in Mischbeständen der vorliegenden Art bei der Kiefer und bei der Strobe einen deutlichen Anteilsschwund als Folge des zunehmenden Konkurrenzdruckes von Seiten anderer, auf die P-Düngung stärker reagierender (Laub)-Baumarten.

Anhand der relativen Anteile der besprochenen 6 Baumarten an der Gesamtstammzahl- bzw. -grundflächenhaltung auf den verschiedenen Düngungsvarianten wurde versucht, die unterschiedlichen Reaktionen der beteiligten Baumarten unter dem Einfluß von Düngungsmaßnahmen und den Bedingungen eines Mischbestandes darzustellen. Danach haben auf die ausschließliche P-Düngung, insbesondere auf die stärkeren Gaben, Roterle und Pappel am stärksten durch Erhöhung ihrer anteiligen Grundflächenwerte reagiert. Die Pappel zeigt darüberhinaus eine starke Reaktion auf die zusätzliche Ca-Düngung. Bei der Fichte ist, trotz eines durchgehend gleichbleibenden Stammzahlanteils von rd. 65 %, ein nur sehr geringer Grundflächenwert auf der NULL-Variante feststellbar. Die Birke verhält sich hinsichtlich ihrer Stammzahlanteile ähnlich wie die Fichte, ansonsten indifferent. Die Tendenz in Richtung abnehmender Grundflächenanteile mit steigender P-Düngung ist zu beobachten. Kiefer und Strobe zeigen demgegenüber eine deutliche negative Reaktion auf die gesteigerte P-Düngung.

Kulturungsversuche -GARTOW 8/9- zu Fichte, Pappel, Roterle, Kiefer, Strobe, Birke; ertragskundliche Daten;
Versuchsaufnahme Oktober 1970; hier: F I C H T E

	Versuch 8			Versuch 9					
	NULL	P ₂ Ca ₁	P ₆ Ca ₁	Ca ₅	P ₂ Ca ₅	P ₆ Ca ₅			
	P. 76, 79,107	P. 74, 77,106	P. 75, 78,105	P. 102, 108,113	P. 104, 110,112	P. 103, 109,111	F-Test	s	v%
N/ha	5529	5022	4130	3938	3784	3179	*	757.990	17.8
HM(m)	4.50	6.77	6.87	6.87	7.63	7.47	**	1.023	15.3
HO(m)	10.40	12.27	12.00	12.50	12.80	13.80	n.s.	0.711	5.8
DM(cm)	3.93	6.10	6.67	6.07	7.23	7.33	**	1.154	18.6
DO(gm)	10.33	13.30	15.67	13.53	14.83	13.97	n.s.	1.490	11.0
G(m ² /ha)	6.87	14.23	14.47	11.43	15.70	13.33	**	2.863	22.6
V _s (VfmS/ha m.R.)	(29.10)	(68.83)	(67.70)	(55.40)	(79.87)	(68.90)	**	15.915	25.8

D U N C A N - T E S T

N/ha	5529	5022	4130	3938	3784	3179
P ₆ Ca ₅	3179	**	*	n.s.	n.s.	n.s.
P ₂ Ca ₅	3784	*	n.s.	n.s.	n.s.	-
Ca ₅	3938	*	n.s.	n.s.	-	-
P ₆ Ca ₁	4130	*	n.s.	-	-	-
P ₂ Ca ₁	5022	n.s.	-	-	-	-
NULL	5529	-	-	-	-	-

HM(m)	7.63	7.47	6.87	6.87	6.77	4.50
NULL	4.50	**	**	**	**	-
P ₆ Ca ₁	6.77	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-
P ₂ Ca ₁	6.87	n.s.	n.s.	n.s.	-	-
Ca ₅	6.87	n.s.	n.s.	-	-	-
P ₆ Ca ₅	7.47	n.s.	-	-	-	-
P ₂ Ca ₅	7.63	-	-	-	-	-

HO(m)	13.80	12.80	12.50	12.27	12.00	10.40
NULL	10.40	*	n.s.	n.s.	n.s.	-
P ₆ Ca ₁	12.00	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-
P ₂ Ca ₁	12.27	n.s.	n.s.	n.s.	-	-
Ca ₅	12.50	n.s.	n.s.	-	-	-
P ₆ Ca ₅	12.80	n.s.	-	-	-	-
P ₂ Ca ₅	13.80	-	-	-	-	-

DM(cm)	7.33	7.25	6.67	6.10	6.07	3.93
NULL	3.93	***	***	**	**	-
Ca ₅	6.07	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-
P ₂ Ca ₅	6.10	n.s.	n.s.	n.s.	-	-
P ₆ Ca ₁	6.67	n.s.	n.s.	-	-	-
P ₆ Ca ₅	7.25	n.s.	-	-	-	-
P ₂ Ca ₁	7.33	-	-	-	-	-

DO(gm)	15.67	14.83	13.97	13.53	13.30	10.33
NULL	10.33	**	*	*	n.s.	n.s.
P ₆ Ca ₁	13.30	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-
Ca ₅	13.53	n.s.	n.s.	n.s.	-	-
P ₆ Ca ₅	13.97	n.s.	n.s.	-	-	-
P ₂ Ca ₅	14.83	n.s.	-	-	-	-
P ₂ Ca ₁	15.67	-	-	-	-	-

G(m ² /ha)	15.70	14.47	14.23	13.33	11.43	6.87
NULL	6.87	**	**	**	*	-
Ca ₅	11.43	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-
P ₆ Ca ₅	13.33	n.s.	n.s.	n.s.	-	-
P ₂ Ca ₅	14.23	n.s.	n.s.	-	-	-
P ₆ Ca ₁	14.47	n.s.	-	-	-	-
P ₂ Ca ₁	15.70	-	-	-	-	-

V_s (VfmS/ha m.R.) (79.87) (68.90) (68.83) (67.70) (55.40) (29.10)

NULL	(29.10)	**	**	**	**	*	-
Ca ₅	(55.40)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	-	-
P ₆ Ca ₁	(67.70)	n.s.	n.s.	n.s.	-	-	-
P ₂ Ca ₁	(68.83)	n.s.	n.s.	-	-	-	-
P ₆ Ca ₅	(68.90)	n.s.	-	-	-	-	-
P ₂ Ca ₅	(79.87)	-	-	-	-	-	-

Die ertragskundlichen Ergebnisse beider Versuche für die Fichte sind in der Tabelle 97 zusammengestellt. Da, wie bereits gezeigt, die Fichte auf allen Düngungsvarianten einen relativ gleichbleibenden Anteil an der Gesamtstammzahl von rd. 65 % aufweist, entspricht die in der Tabelle 97 für die Fichte dargestellte Stammzahlentwicklung auch in etwa derjenigen der Gesamtstammzahl des Mischbestandes. Die Stammzahlreduktion von der NULL-Variante auf die am stärksten gedüngte P-Ca-Variante beträgt 42 %.

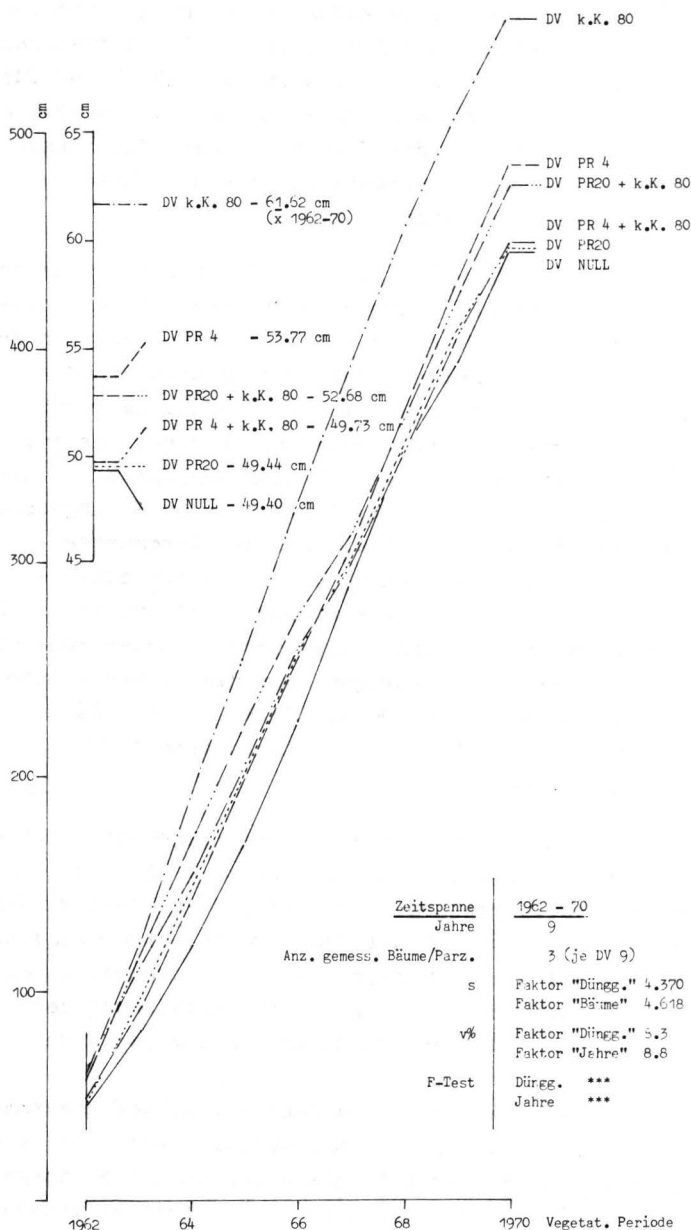
Bei den Höhenwerten (HM, HO) fallen die im Vergleich zur stärksten P-Variante ungewöhnlich guten Ergebnisse auf der Ca-Variante auf, letztlich ein Hinweis auf die starke Reaktion der Fichte nach einer Ca-Zufuhr auf dem vorliegenden Standort. Dennoch ist die durch die zusätzlich zur P-Düngung verabreichte Kalkung erzielte Mehrleistung nur gering, was aus den relativen HM-Werten für die 6 Düngungsvarianten hervorgeht: 100 %, 150 %, 153 %, 153 %, 170 % und 166 %. Abgeschwächt wird dieses Ergebnis auch durch die bei den Durchmesser-, Grundflächen- und Volumenwerten sichtbaren Reaktionen zwischen diesen beiden Varianten. Die Ca-Variante liegt zumeist im Bereich der schwächeren P-Variante oder noch darunter. Die diesbezüglichen Mehrleistungen betragen, auf die NULL-Variante bezogen, für die Grundfläche 100 %, 207 %, 211 %, 166 %, 229 %, 194 % und für die Schaftholzvolumenwerte 100 %, 236 %, 233 %, 190 %, 275 % und 237 %.

Über alle ertragskundlichen Größen hinweg liegen die Ergebnisse auf den Düngungsvarianten signifikant über denen der ungedüngten Kontrollparzellen. Die besten Ergebnisse wurden erwartungsgemäß auf den kombinierten P-Ca-Varianten erzielt. Dabei dominiert bei den Grundflächen- und Volumenwerten die Variante mit der schwächeren P-Gabe, eine Auswirkung der geringeren Stammzahl auf der stärksten Düngungsvariante.

An der Fichte wurden darüberhinaus Jahrestrieblängenmessungen, rücklaufend bis zum Jahre 1962, durchgeführt. Die Ergebnisse sind in der Darstellung 15 als Wachstumskurven dargestellt. Auf jeder Düngungsvariante wurden 9 Bäume vermessen.

Darstellung 15

Kulturdüngungsversuche -GARTOW 8/9- zu Fichte, Roterle und Pappel; Versuchsanlage 1950;
Wachstumskurve und durchschnittliche jährliche Jahrestrieblängen für den Zeitraum von 1962
bis 1970; hier: F I C H T E



An dem insgesamt wenig aufschlußreichen Ergebnis, welches auf die quantitativ unzureichende Probenahme zurückgeführt werden muß, ist das unerwartete gute Abschneiden der Fichte auf den Ca-Varianten, welches bereits andeutungsweise bei den Höhenwerten festgestellt werden konnte (Tab. 97), erwähnenswert. Eine weitergehende Interpretation der Wachstumskurven soll im Hinblick auf die relativ unsicheren Ausgangsdaten unterbleiben. Auch hier hatte es erhebliche Schwierigkeiten bereitet solche Fichten für die Messungen zu finden, die dem Bestand ohne allzu große Lücken zu hinterlassen entnommen werden konnten und in ihrem Höhenwachstum nicht von Pappeln oder Birken beeinflusst waren. Das Ergebnis der Jahrestrieblängenmessungen deutet darauf hin, daß die unter diesen Bedingungen erfolgte Probenahme unzureichend gewesen ist.

Für die nur im Versuch 8 ausgepflanzte R o t e r l e wurde bereits anhand ihrer Grundflächenanteile eine überaus starke Reaktion auf die Rhenania-Phosphat-Düngung festgestellt. Die in der Tabelle 98 zusammengefaßten ertragskundlichen Meßergebnisse unterstreichen diese Feststellung

Dabei ist es besonders die relativ größere Leistungssteigerung von der schwächeren zur stärkeren P-Variante, die darauf hindeutet, daß die Roterle auf den vorliegenden Standorten auch erhebliche P-Mengen ($500 \text{ kg/ha P}_{2}\text{O}_{5}$) in Wuchsennergie umzusetzen vermag, und zwar auch unter den Bedingungen eines Mischbestandes. Diese Leistungssteigerungen als Folge der stärkeren P-Gabe betragen im Vergleich zur NULL-Variante für die Höhenwerte zwischen 152 (HM) und 165 % (HO), für die Durchmesserwerte zwischen 370 (DM) und 492 % (DO) und liegen bei der Grundflächenhaltung beim 40-fachen (!) der ungedüngten Variante.

Die Meßergebnisse der auf den P-Ca-Varianten des Versuchs 9 nicht vorgefundenen K i e f e r wurden nur für die drei Varianten NULL, PR 4 und PR 20 statistisch verrechnet (Tabelle 99). Im Gegensatz zur Roterle hat die Kiefer auf die

Tabellen 98, 99, 100, 101						
Kulturdüngungsversuch -GARTOW 8- zu Fichte, Pappel, Roterle, Kiefer, Strobe und Birke; ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme Okt. 1970; hier: R O T E R L E						
	NULL	P ₂ Ca ₁	P ₆ Ca ₁			
	P.76,79 107	P.74,77 106	P.75,78 105	F-Test	s	v%
N/ha	83	331	269	n.s.	121,451	53,4
HM(m)	7,20	8,80	10,95	*	1,799	20,0
HO(m)	6,90	9,60	11,35	*	2,176	23,4
DM(cm)	4,65	7,40	17,20	*	6,399	65,6
DO(gm)	4,25	9,80	20,90	*	8,328	71,5
G(m ² /ha)	0,15	1,50	6,00	**	3,036	119,2

Kulturdüngungsversuch -GARTOW 8- zu Fichte, Pappel, Roterle, Kiefer, Strobe und Birke; ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme Okt. 1970; hier: K I E F E R						
	NULL	P ₂ Ca ₁	P ₆ Ca ₁			
	P.76,79 107	P.74,77 106	P.75,78 105	F-Test	s	v%
N/ha	620	83	62	***	422,448	133,4
HM(m)	8,80	9,20	7,20	n.s.	0,594	7,1
HO(m)	10,15	8,65	6,40	n.s.	1,769	21,1
DM(cm)	11,45	13,05	7,40	n.s.	1,954	18,4
DO(gm)	18,10	11,05	5,30	*	6,210	54,1
G(m ² /ha)	6,30	1,00	0,25	***	4,438	139,5
V (VfmS/ha m.R.)	(36,65)	(4,55)	(1,00)	***	19,593	139,3

Kulturdüngungsversuch -GARTOW 8- zu Fichte, Pappel, Roterle, Kiefer, Strobe und Birke; ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme Okt. 1970; hier: S T R O B E						
	NULL	P ₂ Ca ₁	P ₆ Ca ₁			
	P.76,79 107	P.74,77 106	P.75,78 105	F-Test	s	v%
N/ha	744	517	310	*	209,465	40,0
HO(m)	10,75	10,15	9,95	n.s.	-	-
DO(gm)	15,55	13,50	13,00	n.s.	-	-
G(m ² /ha)	5,15	3,90	2,50	n.s.	0,458	11,9
V (VfmS/ha m.R.)	(24,20)	(18,20)	(12,10)	n.s.	-	-

Kulturdüngungsversuch -GARTOW 9- zu Fichte, Pappel, Roterle, Kiefer, Strobe und Birke; ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme Okt. 1970; hier: B I R K E						
	NULL	P ₂ Ca ₁	P ₆ Ca ₁			
	P.76,79 107	P.74,77 106	P.75,78 105	F-Test	s	v%
N/ha	1566	1400	1032	n.s.	128,980	9,7
HM(m)	10,13	10,07	11,70	n.s.	0,699	6,6
HO(m)	12,17	12,60	14,50	n.s.	0,968	7,4
G(m ² /ha)	8,13	6,07	5,63	n.s.	0,061	0,9

gestaffelte P-Düngung mit einem gesicherten Leistungsrückgang reagiert, was sowohl mit der für diese Baumart zu hohen P-Zufuhr als auch als Folge der dabei zugleich stärker einsetzenden Konkurrenz anderer Baumarten, hier in erster Linie von Roterle und Pappel, erklärt werden muß. Auch deutet die Reduktion der Stammzahlen von ungedüngt zu den P-Varianten auf nahezu 1/10 auf möglicherweise ungünstigere Keimbedingungen auf den P-Varianten oder zu starke Konkurrenz durch andere Baumarten in der frühesten Jugendphase hin.

Das Verhalten der *S t r o b e* ähnelt dem der Kiefer, wenn es im vorliegenden Fall auch nicht so stark ausgeprägt ist (Tabelle 100). Der Strobenanteil an der Gesamt-Grundfläche beträgt auf der starken P-Variante immer noch 7 %, während derjenige der Kiefer bereits auf 1 % gesunken ist.

Relativ indifferent ist das Verhalten der *B i r k e*, was insbesondere aus der gegenläufigen Tendenz der HO- und der G-Werte deutlich wird (Tabelle 101). Offenbar ist die um nahezu ein Drittel verminderte Stammzahl auf der starken P-Variante die Hauptursache für die auf kanpp 70 % von ungedüngt gesunkene Grundflächenhaltung. Die Parzellenwerte streuen zum Teil stark und lassen die Möglichkeit offen, daß auf einigen Parzellen nicht aktenkundig gemachte Pflegeeingriffe erfolgt sind (Pflegeeingriffe vom Versuchsansteller nachträglich bestätigt).

4.32.44 Zusammenfassung der Aufnahmeergebnisse der Versuche GARTOW 8 und 9.

Die Ergebnisse der im Jahre 1950 in direkter Nachbarschaft der Versuchsreihe 2 zu annähernd der gleichen Baumartenkombination angelegten Kulturdüngungsversuche 8 und 9 haben die in Abschnitt 4.32.3 beschriebenen Erfahrungen aus dem Versuch 2 bestätigt. Die für beide Versuchskomplexe geltende Fragestellung, ob das Wachstum von Fichte, Roterle, Pappel sowie einiger weiterer Baumarten auf einem anmoorigen Sandstandort durch eine Düngung mit Rhenania-Phosphat und bzw. oder Kalkmergel zu verbessern ist, kann, unter Berücksichtigung der durch die Mischbestandsform gegebenen besonderen

Verhältnisse und deren Einflüsse auf die Versuchsergebnisse, mit ja beantwortet werden. Die Versuchsergebnisse seien im einzelnen wie folgt zusammengefaßt.

Die ersten vom Versuchsansteller zwischen 1952 und 1959 nahezu jährlich durchgeführten ertragskundlichen Messungen an allen 6 Baumarten ergaben durchgehend gute Wuchsverbesserungen nach der Düngung mit Rhenania-Phosphat, wobei die um das 5-fache auf annähernd 500 kg/ha P_2O_5 erhöhte P-Menge bei Fichte, Birke, Strobe und Kiefer eine nur unwesentliche zusätzliche Wirkung erkennen ließ. Deutlicher reagierten darauf jedoch die Roterle und die Pappel. Eine zusätzliche Kalkmergeldüngung (80 dz/ha) hat darüberhinaus bei der Pappel zu einem weiteren deutlichen Zuwachseffekt geführt.

In den Jahren 1970/71 wurden die Versuche im Rahmen der vorliegenden Arbeit erneut aufgenommen. Ergänzend zu einer umfassenden ertragskundlichen Aufnahme wurden außerdem Boden- und Nadelproben, letztere nur von der Fichte, entnommen und auf die wichtigsten Nährelemente hin analysiert.

Als Ergebnis der Bodenanalysen wurde eine geringfügige Anhebung der Bodenreaktion als Folge der Kalkmergeldüngung sowie eine durch die Rhenania-Phosphat-Düngung bewirkte gesicherte Verbesserung des P-Angebots festgestellt. Darüberhinaus hat die zusätzliche Kalkung zu einer insgesamt besseren P-Versorgung geführt.

Noch deutlicher fielen die Ergebnisse der Nadelanalysen (Fichten) aus. Trotz einer für alle untersuchten Nährelemente geltenden voll ausreichenden bis sehr guten Versorgungslage wurden deutliche Auswirkungen der P- und der Ca-Düngung festgestellt. Neben einer gesicherten Erhöhung der Spiegelwerte für P und Mg, und zwar sowohl als Folge der P- wie der Ca-Düngung, wurde hinsichtlich der Gehalte an N und Al eine negative und an Fe eine positive Reaktion auf die Kalkdüngung beobachtet.

Bei der Interpretation der ertragskundlichen Meßergebnisse, insbesondere der einzelnen Baumarten, mußte den besonderen Verhältnissen von Mischbeständen Rechnung getragen werden. Zusammenfassend lassen sich die 6 Baumarten aufgrund ihres Verhaltens drei Gruppen zuordnen.

Die deutlich stärkste Reaktion auf die P-Düngung konnte bei der Roterle und bei der Pappel beobachtet werden. Darüberhinaus wurde für die Pappel eine weitere Steigerung der Wuchsleistung durch die zusätzliche Kalkung festgestellt.

Bei der Fichte wurden zwar die besseren Ergebnisse auf den kombiniert mit P und Ca gedüngten Varianten ermittelt, die Mehrleistungen gegenüber der reinen P-Variante waren in der Regel doch nur gering.

Weitaus weniger deutlich fielen die Ergebnisse zur Birke aus, die, mit Ausnahme der NULL-Variante, auf allen Düngungsvarianten mit annähernd 25 % der Gesamtstammzahl vertreten ist. Geringfügige P-abhängige Verbesserungen bei den Brusthöhen-, durchmesser- und Höhenwerten konnten die mit zunehmender P-Düngung abfallenden Grundflächen- und Volumenleistungen aufgrund geringerer Stammzahlen auf den entsprechenden Varianten nicht ausgleichen.

Im Gegensatz zu diesen Baumarten haben die Kiefer und die Strobe negativ auf die P-Düngung reagiert. Sicherlich als Folge verminderter Konkurrenz durch andere Baumarten wurden die besten Wuchsleistungen auf der NULL- bzw. der reinen Ca-Variante festgestellt.

4.33 Zusammenfassung der Ergebnisse von Kulturdüngungsversuchen zu Fichte und Sitka-Fichte

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden 6 Kulturdüngungsversuche zu Fichte und Sitka-Fichte aufgenommen und ausgewertet. Beide Baumarten waren teils im Reinbestand, teils im Mischbestand mit anderen Baumarten begründet worden. Drei der Versuche liegen im Emsland, drei weitere im FA. Gartow (Elbe), dem östlichsten Teil Niedersachsens. Im einzelnen handelt es sich um die Versuche EMEN I, ENGDEN-Schulte-Südhoff und ENGDEN-Theißing im Emsland sowie um die Versuche 2, 8 und 9 in der UAbt. 82 b des Forstamtes GARTOW.

Der Versuch, die Wuchsleistungen einer oder mehrerer Baumarten miteinander zu vergleichen, stößt insbesondere bei Mischbeständen auf Schwierigkeiten. Problematisch ist es besonders dann, wenn die Zusammensetzung der Mischbestände als Folge der Begründung oder der zeitlichen Entwicklung Unterschiede hinsichtlich der Baumarten und ihrer jeweiligen Mischungsanteile aufweisen. Dieses trifft für den Großteil der bearbeiteten Versuche zu.

Aufgenommen wurden in den Jahren 1970/71 ein Reinbestandsversuch zu Sitka-Fichte (EMEN I) sowie 5 Mischbestandsversuche zur Hauptbaumart Fichte mit den folgenden Baumartenkombinationen: Sitka-Fichte-Strobe-Kiefer (ENGDEN-Schulte-Südhoff), Fichte-Birke-Kiefer (ENGDEN-Theißing) und Fichte-Roterle-Pappel-Strobe-Kiefer-Birke (GARTOW 2, 8 und 9). Die zusammenfassende Beschreibung der Versuchsergebnisse wird sich angesichts dieser Mischungsverhältnisse darauf beschränken müssen, das Wuchsverhalten der Fichte unter verschiedenen Bedingungen, u.a. auch der unterschiedlichen Düngungsmaßnahmen, ganz besonders aber im Hinblick auf ihre Entwicklung innerhalb der Mischbestände darzustellen.

Die lokalen Standortbedingungen im Bereich der 6 Versuche sind im Rahmen einer zusammenfassenden Betrachtung ähnlich und durchaus vergleichbar. Geologisches

Ausgangsmaterial sind für alle 6 Versuche Talsande jungdiluvialen Ursprungs. Neben nicht untersuchten aber möglicherweise bestehenden Unterschieden im Silikatgehalt der Sande bestehen ebenfalls Unterschiede in der Tiefe des anstehenden Grundwassers (0.8 - 2.0 m u.GOF bei den Emsländer Versuchen, 0.5 - 1.5 m u. GOF in Gartow). Grundwasseranalysen sind im Zuge der Auswertungsarbeiten nicht erfolgt.

Die Versuche unterscheiden sich darüberhinaus nicht nur in den jeweiligen Baumartenkombinationen, sondern auch und z.T. erheblich durch die Auswahl der zur Ausbringung gelangten Mineraldünger. Während die drei Gartow'er Versuche in dieser Hinsicht gut vergleichbar sind -in ihnen ist ausschließlich mit vergleichbaren Mengen Rhenania-Phosphat und Kalkmergel gedüngt worden, teilweise (G 2b) in Kombination mit Lupineneinsaat- weisen die Emsländer Versuche, nicht nur hinsichtlich des Zeitpunkts der Düngung sondern auch was die Menge und die Art der ausgebrachten Nährstoffe anbetrifft, erhebliche Unterschiede auf. Für vergleichende Betrachtungen muß an dieser Stelle auf die entsprechenden Reinnährstofftabellen (E 1, E 3) verwiesen werden.

In diesem Zusammenhang sei zugleich auf das Problem der wechselnden Nährstoffgehalte einzelner Mineraldünger hingewiesen. Im Jahre 1959 sind einige im Emsland zur Ausbringung gelangte Mineraldünger analysiert worden. Daraus ergaben sich z.T. erhebliche Abweichungen von den beispielsweise heute üblichen Gehaltsnormen. Auf die sich daraus für die Beurteilung der Versuchsergebnisse ergebenden Unsicherheiten wurde an anderer Stelle bereits hingewiesen (4.21.41).

Die Altersunterschiede zwischen den 6 Versuchen betragen zum Zeitpunkt der Versuchsaufnahme 1970/71 bis zu 9 Jahre. Mit 20 Jahren (Anlage Frühjahr 1950) waren die Gartow'er Versuche die Ältesten, die jüngsten Versuche waren EMEN 1 (12) und ENGDEN-Theißing (11). Diese Unterschiede spielen jedoch keine wesentliche Rolle, weil, wie bereits dargelegt, ein Leistungsvergleich von Versuch zu Versuch nach Baumarten weder beabsichtigt noch möglich war.

Für den Nachweis der durch die Düngung beeinflussten Ernährungssituation wurden von allen Versuchen B o d e n - und N a d e l p r o b e n entnommen, letztere i.d.R. nur von der Fichte. Nur in 2 Fällen sind Nadeln von der Sitka-Fichte (E 1) und von der Strobe (E 3) analysiert worden. Auf allen Versuchsflächen wurde eine stark bis sehr stark saure Bodenreaktion innerhalb des relativ engen Bereichs von pH-(CaCl₂) 3 - 4 festgestellt. Dieses Ergebnis entspricht den für Waldböden im nordwestdeutschen Pleistozän unter Nadelholz geltenden Erfahrungswerten. Außerdem wurden 11 bis 20 Jahre nach der Düngung eine gesicherte Verringerung der Wasserstoffionenkonzentration um 1/2 bis 1 pH-Stufe in ENGDEM (E 3, 40 dz/ha Kalkmergel einschließlich Thomasmehl und Kalkammonsalpeter) sowie auf der Versuchsreihe 2 in GARTOW (40 bis 200 dz/ha Kalkmergel, mit und ohne Rhenania-Phosphat) festgestellt.

Hinsichtlich der Gehalte an organischer Substanz (C-Gehalte in der obersten Mineralbodentiefe bei 12 bis 15 % in Gartow, vergleichsweise 2 bis 5 % im Emsland) sowie an Stickstoff (Gartow 1.4 bis 1.7 %, Emsland 0.6 bis 1.0 % in der Auflage-schicht) erwiesen sich die Ernährungsverhältnisse in Gartow als günstiger. Als Ursache hierfür sei auf die Anmoorigkeit der dortigen Standorte hingewiesen. Auffallend geringe Werte wurden in EMEN 1 unter Sitke-Fichte festgestellt.

Zwangsläufig wurden in Gartow auch erheblich günstigere C/N-Quotienten errechnet. Sie betragen in der Auflageschicht zwischen 25 und 30, wobei die kombinierte P-Ca-Düngung aus Rhenania-Phosphat und Kalkmergel auf dem Versuchsteil G 2b eine signifikante Verengung bewirkt hatte. In den Emsland-Versuchen lagen die C/N-Werte demgegenüber im Bereich von 37 (E 1) und 41 (E 3).

Die P-Gehalte in der Auflageschicht liegen in Gartow ebenfalls deutlich über denen der Emsländer Versuche (GARTOW: 73 - 135, EMSLAND: 45 - 58 mg/ 100 g Boden). Eine gesicherte Erhöhung der P-Gehalte als Folge der Rhenania-Phosphat-Düngung wurde bei den Versuchen G 8 und G 9 sowie nach der Algier-Phosphat-Düngung in Versuch G 2c ermittelt. In EMEN 1

hat der auf den Parzellen 3 und 4 ausgebrachte Hüttenkalk ebenfalls eine gesicherte Erhöhung der P-Werte bewirkt. Dieses muß u.a. als Folge eines entsprechend hohen P-Gehaltes des Hüttenkalks, im Gegensatz zum Kalkmergel, erklärt werden.

Die Überlegenheit der in den Gartow'er Versuchen festgestellten Ernährungsbedingungen geht auch aus den Ergebnissen der N a d e l a n a l y s e n hervor. Hinsichtlich der Stickstoffversorgung wurden nur in ENGDEN-Theißing deutliche Mangelsymptome festgestellt (1.1 % N), in GARTOW sowie in ENGDEN-Schulte-Südhoff liegen die entsprechenden Spiegelwerte zwischen 1.2 (G 2b) und 1.7 % (G 2a). Sie lassen auf ein teilweise sehr gutes N-Angebot schließen. Gut bis sehr gut ist auch die Versorgung mit den Nährstoffen P, K, Ca und Mg, wobei wiederum in ENGDEN-Theißing die relativ geringsten Werte festgestellt wurden. Möglicherweise ist das geringe Alter der Fichte auf diesem Versuch eine der Ursachen für dieses Ergebnis.

Düngungseffekte wurden in EMEN 1 bei der Sitka-Fichte als Folge der Hüttenkalk-Ausbringung für die Nährstoffe P (0.12 bis 0.16 %) und Mg (0.08 bis 0.10 %) sowie in den Versuchen G 2, 8 und 9 festgestellt. In Gartow hat die Düngung mit Rhenania-Phosphat (4, 12, 20 dz/ha) eine gesicherte Anhebung der Spiegelwerte zur Folge gehabt. Dieser Effekt ist durch die Kalkmergeldüngung noch verstärkt worden.

Insgesamt wurden deutlich bessere Ernährungsverhältnisse bei den Gartow'er Versuchen festgestellt. Die durch die Düngung erzielten Verbesserungen müssen auf die Ausbringung der beiden Kalkdünger Hüttenkalk (E 1) und Kalkmergel sowie der P-Dünger Rhenania- (G 2, 8, 9) und Algier-Phosphat (G 2) zurückgeführt werden. Während die Nährstoff-Gehalte in den Sitka-Nadeln (E 1) im Rahmen der für die Fichte geltenden Grenzwerte lagen, wies die Strobe (E 3) Elementgehalte auf, die erheblich über den vergleichbaren Spiegelwerten für die Kiefer lagen.

Betrachtet man abschließend die W u c h s l e i s t u n g e n der Fichte sowie der anderen Mischbaumarten auf den verschiedenen Düngungsvarianten, so kann im Vorgriff auf die Einzelergebnisse festgestellt werden, daß alle Baumarten auf die Düngung deutlich reagiert haben. Diese Reaktionen können bei den meisten Versuchen sinnvoll jedoch nur als Wachstumsvorgänge innerhalb von Mischbeständen gedeutet und verstanden werden.

Zum Kulturdüngungsversuch EMEN 1, Teilversuch zu S i t k a - F i c h t e , wurde festgestellt, daß auf den zusätzlich zur Volldüngung mit 40 dz/ha Hüttenkalk abgedüngten Varianten Mehrleistungen beim Brusthöhendurchmesser- und Höhenzuwachs zwischen 25 und 30 % erzielt wurden, und zwar im Vergleich mit den entsprechenden Kalkmergel-Varianten.

Die F i c h t e , nahezu immer als anteilsmäßig dominierende Baumart begründet (E 4 - 100 %, G 2, 8 und 9 - 90 %, Ausnahme E 3, 33 %), hat ihre stammzahlmäßig beherrschende Stellung, wenn auch mit Einbußen, bis zur Versuchsaufnahme 1970/71 i.d.R. behaupten können (E 4 - 65 bis 93 %; G 2 - 69 bis 83 %; G 8/9 - 62 bis 67 %). Demgegenüber ist ihr Anteil an der Gesamtgrundfläche auf allen Versuchen stark reduziert (E 3 - 26 bis 35 %; G 2 - 24 bis 63 %; G 8/9 - 27 bis 52 %). Dabei ist sie auf den NULL- bzw. Ca-Varianten vornehmlich von der Strobe und der Kiefer verdrängt worden. In Gartow waren es auf den P-Varianten die Roterle und auf den P-Ca-Varianten die Pappel, die von der Düngung verhältnismäßig stärker gefördert worden sind. Eine Zunahme des Birkenanteils auf Kosten der Fichte konnte zwar in den meisten Fällen beobachtet werden, doch bei weitem nicht in dem starken Ausmaß wie in der Konkurrenz mit der Kiefer in den diesbezüglichen Kiefernversuchen (4.23).

Von den Mischbaumarten wurden bereits die S t r o b e und die K i e f e r erwähnt. Beide Baumarten haben in den Versuchen, wo sie in ausreichender Zahl anfliegen konnten oder aber in Anteilen mitbegründet worden sind, und sicherlich als Folge einer vergleichsweise geringen Konkurrenz durch andere Baumarten vorzugsweise auf den NULL- und Ca-Varianten eine bemerkenswerte Vitalität entwickelt.

Bei den beigemischten Laubbaumarten ist in den Gartow'er Versuchen eine sehr starke Reaktion der R o t e r l e auf die Düngung mit Rhenania-Phosphat beobachtet worden. Die P a p p e l reagierte zwar ebenfalls deutlich auf die P-Düngung, zeigte jedoch auf den P-Ca-Varianten (Kalkmergel) ein noch erheblich verbessertes Wachstum.

Das Ankommen und die Wuchsleistungen der B i r k e sind sowohl im Emsland (E 4) wie in Gartow (G 2, 8 und 9) durch die Düngung erheblich gefördert worden. Beispielsweise betrug der Anteil der Birken unter 1.3 m Höhe im Versuch ENGDEN-TheiBing auf der NULL-Variante noch 55 %, demgegenüber auf der Kalkmergel-Variante (40 dz/ha) nunmehr 15 %. Auf den Volldünger-Varianten wurden demgegenüber keinerlei Birken unter 1.3 m Höhe vorgefunden. In Gartow wurden besonders starke Birkenanteile auf den mit Rhenania-Phosphat gedüngten Parzellen festgestellt.

4.4 KULTURDÜNGUNGSVERSUCHE ZU J A P A N . L Ä R C H E

Von den zu Japan. Lärche ausgewerteten Kulturdüngungsversuchen sind, mit Ausnahme des in Abschnitt 4.5 beschriebenen Baumartenversuchs GARTOW 11 a/b, zwei als Reinbestandsversuche aufgefaßt und ausgewertet worden, und zwar die entsprechenden Teilversuche von EMEN 1 und ENGDN-Schulte-Südhoff. Der zu Japan. Lärche angelegte Teilversuch von ENGDN-Theißing wies zum Zeitpunkt der Versuchsaufnahme einen erheblichen Birkenanteil auf. Er ist deshalb in Abschnitt 4.42.1 als Mischbestandsversuch beschrieben worden.

Die drei Versuche liegen^{*} alle im westlichen Emsland. Sie sind, einschließlich einiger Angaben zur Versuchsanlage, in der Übersicht 5 zusammengestellt.

Übersicht 5 Begründungsart	Örtl. Lage	Versuchsbezeichn.	Abk.	Jahr d. Anlage	ausgebrachte Mineraldünger	Bemerkungen
Reinbestandsversuche zu Japan. Lärche	FA. Meppen FA. Nordhorn	EMEN 1 ENGDN (Schulte-Südhoff)	E 1 E 3	1959 1954	KAS, PT, KMG, HK, k.K., Cu, Lup. KAS, PT, KCl, k.K., Cu, Lup.	Teilversuch Teilversuch
Mischbestandsversuche zur Hauptbaumart Jap. Lärche	FA. Nordhorn	ENGDN (Theißing)	E 4	1959	KAS, PT, KMG, k.K., Lup.	Teilversuch

Die zukünftigen Anteile beider Lärchenarten im Staatswald des niedersächsischen Tieflandes sind von OTTO (1972) dargestellt worden. Danach soll die mit Japan. Lärche heute noch bestockte Fläche von 3.340 ha zukünftig auf rd. die Hälfte (1.663 ha) reduziert werden. Diese Empfehlung ist nach OTTO (1972) weniger vom Zwang ökologischer Notwendigkeiten geprägt als vielmehr das Ergebnis nüchterner Leistungsvergleiche zwischen der Japan. Lärche und den ihr auf vielen Standorten von der Wachstumsleistung her überlegenen Baumarten Fichte, Tanne und Douglasie.

Die Schwerpunkte eines allmählichen Abbaus bestehender Anteile der Japan. Lärche sind die westlichen Wuchsbezirke. Nur auf den über Lauenburger Tonen lagernden Geschiebelehmdecken der Wesermünder Geest sowie auf vergleichbaren Standorten der Ems-Hase-Hunte- und Oldenburgisch-Ostfriesischen Geest einschließlich der Leda-Moorniederung werden der Japan. Lärche auch weiterhin vergleichsweise geringe Flächenanteile zugeordnet bleiben.

Demgegenüber soll der Flächenanteil der Europ. Lärche von 580 ha auf nahezu das 7-fache (3.894 ha) angehoben werden, vornehmlich auf den sowohl klimatisch wie auch standörtlich der Europ. Lärche besonders zusagenden Flottsandstandorten der Wuchsbezirke Ost-, Süd- und Hohe-Heide.

4.41 Reinbestandsversuche zu Japan. Lärche

4.41.1 Teilversuch EMEN 1

Beschrieben wird der zur Japan. Lärche angelegte südliche Versuchsteil mit den Parzellen 1, 2, 5, 6, 9 und 10 (s. Lage-skizze!).

4.41.11 Versuchsbegründung und -anlage

Parz. 1 u. 2:

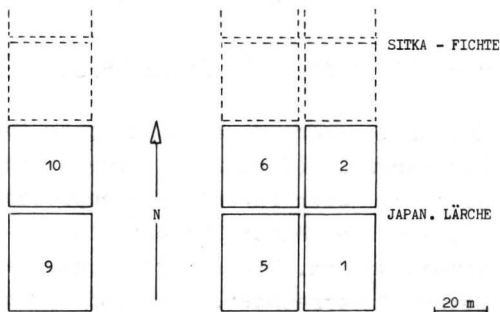
3 dz/ha Kalkammonsalpeter
5 dz/ha Thomasmehl
7 dz/ha Kalimagnesia
40 dz/ha Hüttenkalk
1,5 " Bitterlupine
0,05 " Dauerlupine

Parz. 5, 6, 9 u. 10:

2 dz/ha Kalkammonsalpeter
5 dz/ha Thomasmehl
7 dz/ha Kalimagnesia
40 dz/ha Kalkmergel
1,5 " Bitterlupine
0,05 " Dauerlupine

Parz. 2, 6 u. 10:

zusätzl. 10 dz/ha Kupferschlackenmehl



Angaben zur Versuchsanlage können in Abschnitt 4.31.1 (Reinbestandsversuch zu Sitka-Fichte) nachgelesen werden. Dazu sei noch ergänzt, daß die Japan. Lärche auf den 6 südlichen Parzellen im Frühjahr 1959 als 2-j.v. Sämling im Verband 1.3 x 1.5 m ausgepflanzt wurde. Die Düngungsvarianten wurden in der o.a. Teilskizze nochmals dargestellt.

4.41.12 Versuchsentwicklung und frühere Ergebnisse

Erste Versuchsaufnahmen beschränkten sich auf eine Höhenmessung im Jahre 1967 und auf die Analyse von Bodenproben im Frühjahr 1968. Die Analysenergebnisse werden in Abschnitt 4.41.131 beschrieben.

Die Ergebnisse der nach einem nicht näher beschriebenen Verfahren ermittelten durchschnittlichen Lärchenhöhen ergaben keinerlei Anhaltspunkte für die Überlegenheit von einer der vier Düngungsvarianten. Die innerhalb der vier u.a. mit Kalkmergel abgedüngten Parzellen 5, 6, 9 und 10 geringfügig besseren Höhenwerte auf den beiden westlichen Parzellen 9 und 10 wurden vom Versuchsansteller auf den hier höher anstehenden Grundwasserspiegel zurückgeführt (1.5 m u. GOF gegenüber 2.4 m auf dem östlichen Versuchsteil).

Die Lärchen hatten damals im Alter 10 Höhen zwischen 4,78 m (Parzelle 5) und 5.92 m (Parzelle 9) erreicht.

4.41.13 Ergebnisse der Versuchsaufnahme 1971

Zusätzlich zur ertragskundlichen Aufnahme beider Baumarten des Versuchs (Stammzahl, Brusthöhendurchmesser, Baumhöhe) sind von jeder Parzelle Bodenproben aus der Auflageschicht und aus zwei Mineralbodentiefen (0-20 und 20-40 cm) entnommen worden. Die Analysenergebnisse wurden nach Baumarten getrennt verrechnet. Eine Nadelprobenahme ist ausschließlich von der Sitka-Fichte (4.31.132) erfolgt.

Bei der Beschreibung des Versuchsteils zur Sitka-Fichte (4.31.1) wurde anhand der Reinnährstofftabelle auf die hinsichtlich der Nährstoffausbringung letztlich nicht eindeutig zu definierenden Düngungsvarianten hingewiesen, da sich die exakte Zusammensetzung der seinerzeit ausgebrachten Mineraldünger (Hüttenkalk) nicht mehr mit Sicherheit herleiten ließ.

4.41.131 Ergebnisse der Bodenanalysen

Laut Aufzeichnung in den Versuchsakten sind im Frühjahr 1968 auf der Versuchsfläche Bodenproben aus Tiefen von 0-10 und 10-20 cm entnommen worden. Ermittelt wurden die Bodenreaktion ($\text{pH-H}_2\text{O/KCl}$) sowie die Gehalte an P_2O_5 , Na, K, Ca, Mg und Mn. Nach den Analysenergebnissen wurden auf den Hüttenkalk-Varianten grundsätzlich die höheren Werte (pH und Elementgehalte) festgestellt.

Die Analysenergebnisse aus dem Jahre 1971 sind einschließlich einiger Daten ihrer statistischen Verrechnung in der Tabelle 102 zusammengestellt.

Auswirkungen der Düngung konnten nur anhand der P-Gehalte festgestellt werden, und zwar in gleichem Maße über alle Entnahmetiefen. Die signifikant höheren Werte auf den Parzellen 1 und 2 können nur mit der Wirkung des auf diesen Parzellen ausgebrachten Hüttenkalks erklärt werden. Um wieviel sich die darüberhinaus durch die Hüttenkalkzufuhr insgesamt ausgebrachte Menge an P_2O_5 erhöht haben könnte, kann aus der Reinnährstofftabelle in Abschn. 4.31.11 (Tabelle 56) entnommen werden.

Vergleicht man die Analysenergebnisse beider Versuchsteile miteinander (für Sitka-Fichte s. Tab. 57!), so fällt zunächst einmal die gute Übereinstimmung der mittleren pH-Werte sowie der Gehalte an C und N auf. Hinsichtlich

Tabelle 102

Kulturdüngungsversuch -EMEN 1- zu Japan.Lärche und Sitka-Fichte; bodenkundliche Daten; Probenahme Aug. 1971; hier: JAPAN . L Ä R C H E

Tiefen cm	N P K wie P.1 Ca ₃ (2) Mg ₂ (3) zusätzl. Cu, Co		N P K wie P.5/9 Ca ₃ Mg ₂ (3) zusätzlich Cu, Co		F-Test		s		v%	
	P.1	P.2	P.5/9	P.6/10	Düngg. Tiefen		Düngg. Tiefen		Düngg. Tiefen	
pH(CaCl ₂) Auf1. 0-20 20-40		3.89			n.s.	n.s.	0.183		4.7	
C(%Tr.S.) Auf1. 0-20		16.98 3.17			n.s.	*	9.503		94.3	
N(%Tr.S.) Auf1. 0-20 20-40		0.58 0.08 0.09			n.s.	***	0.281		113.2	
C/N Auf1. 0-20		26.44 41.33			n.s.	*	10.020		29.6	
Pt(mg/100g)Auf1. 0-20 20-40	53.48 25.71 21.59	55.93 24.92 18.25	38.66 15.84 12.36	51.46 12.86 10.90	*	***	5.894 19.099	20.3	66.8	

der C/N-Quotienten wurden die geringeren Werte unter Japan. Lärche festgestellt (26.44/41.33 : 29.05/43.14; für Auflage- schicht/Mineralbodentiefe 0-20 cm). Dieses überrascht ange- sichts des allgemein sehr weiten C/N-Verhältnisses der Lärchen- streu und muß als Effekt eines im vorliegenden Fall nicht aus- reichend differenzierten Probenahmenverfahrens interpretiert werden, bei dem der unterschiedliche Zersetzungsgrad der Auflageschicht (0-Horizont) unter Sitka-Fichte und Lärche nicht genügend berücksichtigt worden ist. Ein ähnliches Er- gebnis wurde bereits beim Versuch ENG DEN-Schulte-Südhoff (4.32.1) beobachtet.

Bei den P-Gehalten liegen insofern Unterschiede zwischen den beiden Versuchsteilen vor, als die bereits festgestellte Überlegenheit der Gehalte auf den Sitka-Parzellen nur für die Auflageschicht zutrifft. Bei den entsprechenden Werten im Mineralboden dominieren eindeutig die Lärchen-Parzellen.

4.41.132 Nährstoffanalysen an den Lärchennadeln sind nicht erfolgt.

4.41.133 Ergebnisse der ertragskundlichen Aufnahme

Errechnet wurden die arithmetischen Höhen- und Brusthöhen-durchmessermittelwerte sowie die Grundflächenwerte je Hektar, in der Tabelle 103 entsprechend als HOE $\bar{x}$, BHD $\bar{x}$ und G aufgeführt.

Tabelle 103 Kulturdüngungsversuch -EMEN 1- zu Sitka-Fichte, Japan.Lärche; ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme August 1971; hier: J A P A N . L Ä R C H E							
	N ₁ P ₁ K ₂ (3) Ca ₃ Mg ₂ (3)	N ₁ P ₁ K ₂ (3) Ca ₃ Mg ₂ (3) Cu	N ₁ P ₁ K ₂ (3) Ca ₃ Mg ₁	N ₁ P ₁ K ₂ (3) Ca ₃ Mg ₁ Cu			
	P. 1	P. 2	P.5/9	P.6/10	F-Test	s	v%
HOE $\bar{x}$ (m)	7.69	8.27	7.40	7.42	*	-	-
BHD $\bar{x}$ (cm)	7.24	7.78	6.94	6.76	n.s.	0.372	5.2
G(m ² /ha)	18.68	20.66	17.83	17.77	n.s.	0.377	13.0

Die Differenzierung zwischen den Hüttenkalk- (Parz. 1 und 2) und Kalkmergel-Varianten zugunsten der ersteren ist, trotz einer Mehrleistung von nur 8 (HOE) bis 11 % (G), deutlich erkennbar. Auffallend ist zudem die Überlegenheit von Parzelle 2 gegenüber Parzelle 1, was u.U. auf die zusätzliche Düngung mit 10 dz/ha Kupferschlackenmehl auf der Parzelle 2 zurückgeführt werden könnte. Bei den Kalkmergel-Varianten besteht allerdings ein diesbezüglich umgekehrter Effekt.

Eine definitive Beurteilung der Düngungsmaßnahmen für die beiden Baumarten ist wegen des Fehlens einer vergleichbaren NULL-Variante nicht möglich.

4.41.14 Zusammenfassung der Ergebnisse für den Teilversuch EMEN 1 zu Japan. Lärche

Im Frühjahr 1959 wurde unweit Meppen im Emsland auf einem mäßig grundwasserfernen Talsand ein Kulturdüngungsversuch zu Sitka-Fichte und Japan. Lärche angelegt. Beide Baumarten wurden im Reinbestand begründet. Die Versuchsergebnisse zu Sitka-Fichte wurden bereits in Abschnitt 4.31.1 beschrieben.

Gedüngt wurde in den Jahren 1958 bis 1960 mit den Nährstoffen N, P, K, Ca und Mg in Form handelsüblicher Mineraldünger (KAS, PT, KMG, k.K) sowie auf einigen Varianten mit Kupferschlackenmehl.

Bodenanalysenergebnisse aus dem Jahre 1968 ergaben deutlich günstigere Ernährungsverhältnisse auf den mit Hüttenkalk gedüngten Parzellen. Demgegenüber konnten aus den Ergebnissen einer 1967 durchgeführten ersten Höhenmessung an der Japan. Lärche keinerlei Hinweise für die Überlegenheit einer der vier Düngungsvarianten gewonnen werden.

Im Herbst 1971 wurde der Versuch nochmals aufgenommen. Neben ertragskundlichen Messungen erfolgten zusätzlich eine Boden- und Nadelprobeentnahme, letztere nur von der Sitka-Fichte.

Hinsichtlich der Nährstoffversorgung auf den Lärchen-Parzellen wurde eine signifikante Erhöhung der P-Gehalte auf den o.a. mit Hüttenkalk gedüngten Varianten festgestellt, was auch auf entsprechende P-Gehalte in diesem Kalkdünger hindeutet. Darüberhinaus wurde auf der ganzen Versuchsfläche ein extremer Stickstoffmangel festgestellt, der sich in sehr geringen N-Gehalten und in einem entsprechend weiten C/N-Verhältnis in der obersten Mineralbodenschicht widerspiegelt (0.08 % N und C/N 42.33 : 1).

Ein Vergleich der Analysenergebnisse beider Versuchsteile (Sitka-Fichte, Japan. Lärche) ergab Hinweise dafür, daß die Ernährungsverhältnisse auf den Lärchenparzellen möglicherweise geringfügig besser sind als unter der Sitka-Fichte, wenn auch Fehler bei der Probenahme nicht ausgeschlossen werden können. Die geringfügig höheren Gehalte an C, N und Gesamt-P auf den Lärchenparzellen im obersten Mineralbodenbereich sind möglicherweise auch eine Frage intensiverer Verlagerungsvorgänge unter Lärche als unter (Sitka)-Fichte.

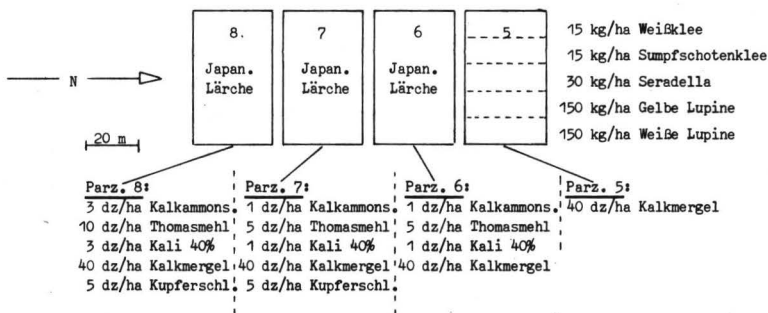
Anhand der arithmetischen Brusthöhendurchmesser- und Höhenmittelwerte wurde eine rd. 10 %-ige Mehrleistung der Japan. Lärche auf den u.a. mit Hüttenkalk gedüngten Parzellen festgestellt.

4.41.2 Kulturdüngungsversuch ENG DEN-Schulte-Südhoff, Teilversuch zu Japan. Lärche

Mit der Beschreibung der Versuchsergebnisse zur Japan. Lärche wird der Bericht über den Kulturdüngungsversuch ENG DEN-Schulte-Südhoff abgeschlossen. Über die Kiefern wurde in Abschnitt 4.21.2 und über den Mischbestand aus Fichte, Sitka-Fichte, Strobe und Kiefer in Abschnitt 4.32.1 berichtet.

4.41.21 Versuchsbegründung und -anlage

Nähere Angaben zur Versuchsanlage können in Abschnitt 4.21.21 nachgelesen werden. Zum besseren Verständnis der folgenden Ausführungen sind die vier Lärchen-Parzellen mit den auf den einzelnen Varianten insgesamt zur Ausbringung gelangten Düngermengen dargestellt.



4.41.22 Versuchsentwicklung und Ergebnisse früherer Messungen

Über die Entwicklung der in der Lageskizze aufgeführten Leguminosen wurde in Abschnitt 4.21.22 berichtet.

Ertragskundliche Aufnahmen sind als Höhenmessungen in den Jahren 1959 und 1960 und von 1956 bis 1961 als Jahreshöhenzuwachsmessungen

gen durchgeführt worden. Letztere wurden 1959 und 1963 auf 10-cm-Stufen Geländehöhe wiederholt, und zwar in der Absicht, die Ursachen der besonders bei der Japan. Lärche beobachteten kleinflächig wechselnden Wuchsunterschiede zu klären.

In Tabelle 104 sind die jährlichen Höhenzuwachsleistungen der Japan. Lärche auf den einzelnen Düngungsvarianten in den Jahren von 1956 bis 1961 dargestellt.

Tabelle 104				
Kulturdüngungsversuch ENGDEN - Schulte-Südhoff, Teilversuch zu JAPAN. LÄRCHEN; jährliche Höhenzuwachsleistung (in cm) während der Jahre von 1956 bis 1961; (aus Versuchsakten)				
	Ca ₃	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃ Cu	N ₁ P ₂ K ₂ Ca ₃ Cu
	Parz. 5	Parz. 6	Parz. 7	Parz. 8
1956	21.0	33.0	-	48.7
1957	33.0	56.0	64.0	68.0
1958	68.2	83.6	83.8	89.9
1959	33.5	46.5	53.6	65.8
1960	55.6	57.3	61.3	61.8
1961	65.0	83.9	92.0	96.7
1956-61*	46.1 100 %	60.1 130 %	70.9 154 %	71.8 156 %
* arithmetische Mittelwerte, nicht gewogen				

Die Meßwerte wurden den Versuchsakten unverändert entnommen. Da es sich um nicht gewogene arithmetische Mittelwerte der einzelnen Jahre handelt, müssen sie mit Vorbehalt interpretiert werden.

Angesichts der Tabellenwerte wird deutlich, daß die Japan. Lärche über den gesamten Meßzeitraum hinweg deutlich auf die steigende Düngung reagiert hat. Die erkennbare Zuwachsdepression in der extrem trockenen Vegetationsperiode 1959, ausgeprägter noch bei der Sitka-Fichte (4.32.1), ist ein Hinweis für den Feuchtebedarf dieser beiden Baumarten.

Die Ergebnisse der 1959 auf 10-cm-Geländestufen durchgeführten Höhenzuwachsmessungen sind in der Tabelle 105 zusammengefaßt.

Tabelle 105																
Kulturdüngungsversuch ENG DEN- Schulte-Südhoff, Teilversuch zu J A P A N . L Ä R C H E ; Darstellung einer im Jahre 1959 auf 10-cm-Stufen Geländehöhe durchgeführten Jahreshöhenzuwuchsmessung (in cm); mit Angabe der gemessenen Baumzahl je Höhenlinie (aus Versuchsakten);																
Höhenschichtlinien (m)	9.7		9.8		9.9		10.0		10.1		10.2		10.3		$\bar{x}$ %	
	cm	n	cm	n	cm	n	cm	n	cm	n	cm	n	cm	n		
P. 5 Ca ₃	19.7	37	34.8	218	36.5	85	44.7	29	46.8	17	52.2	13			39.0	100
P. 6 N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃			44.8	257	40.7	151	43.4	59	41.2	54	43.8	34			42.8	110
P. 7 N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃ Cu			44.2	139	52.5	499									48.4	124
P. 8 N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃ Cu			51.0	93	56.4	131	54.0	146	63.8	100	65.4	112	65.2	55	59.3	152
x	19.7		43.7		46.5		47.3		50.6		53.8		65.2			

Zum Aufnahmeverfahren selbst gibt der Versuchsansteller an, daß "die Höhentriebe sämtlicher Individuen aus der Vegetationsperiode 1959 bis zu einer Entfernung von ca. 1 m nach jeder Seite der Höhenlinie erfasst" wurden.

Berücksichtigt man erstens, daß die einzelnen Höhenlinien auf den vier Lärchenparzellen nur unvollständig repräsentiert sind, zweitens das hinsichtlich der einzelnen Höhenlinien quantitativ stark schwankende Meßmaterial und drittens, daß die Ergebnisse auf der Parzelle 6 dem allgemeinen Trend nur teilweise entsprechen, so ist dennoch eine deutliche Steigerung der Jahrestrieblängen mit zunehmender Geländehöhe erkennbar. Dieser Trend wird deutlicher noch angesichts der Mittelwerte über die vier Düngungsvarianten. Trotzdem bleiben die Relationen zwischen den vier Parzellen im Sinne der gesteigerten Düngergaben bestehen, wie aus den beiden vertikalen Spalten ($\bar{x}$ und %) rechts in der Tabelle hervorgeht.

Das Ergebnis der Höhenzuwuchsmessung in Abhängigkeit von der Geländehöhe gibt somit nicht nur eine Vorstellung von den düngungsabhängigen Wuchsleistungen der Japan. Lärche, sondern zeigt zugleich, daß die Auswirkungen der Düngungsmaßnahmen die vorliegenden Standortsunterschiede deutlich überlagert haben.

Die Ergebnisse der in den Jahren 1959 und 1960 durchgeführten Höhenmessungen an der Japan. Lärche wurden in der Tabelle 106 zusammengefaßt.

Tabelle 106 Kulturdüngungsversuch ENG DEN - Schulte-Südhoff, Teilversuch zu J A P A N . L Ä R C H E ; Darstellung der mittl. Lärchenhöhen nach Abschluß der Veg. Periode in den Jahren 1959 und 1960 (nach Versuchsakten)									
	Ca ₃		N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃		N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃ Cu		N ₁ P ₂ K ₂ Ca ₃ Cu		
	Parz. 5		Parz. 6		Parz. 7		Parz. 8		
	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	
Höhe 1959 (cm)	168	100	238	141	262	156	289	172	
Höhe 1960 (cm)	223	100	295	132	324	145	351	157	
Höhenzuwachs - Veg.Per. 1960 in % zu Höhe 1959 und in cm	55	33	57	24	62	24	62	22	

Die Tabellenwerte sagen kaum etwas über das Wuchsverhalten der Japan. Lärche während des Trockenjahres 1959 aus. Dennoch fällt auf, daß im darauffolgenden Jahr eine um so schwächere Höhenwuchsleistung erbracht wurde, je intensiver die Düngung auf den einzelnen Parzellen gewesen ist. Möglicherweise haben sich noch 1960 Trockenschäden des Jahres 1959 ausgewirkt, von denen die Japan. Lärche auf den stärker gedüngten Varianten offensichtlich schwerer betroffen gewesen sein muß. Demnach hätte die Japan. Lärche das Trockenjahr 1959 nach einer Vollaufdüngung schlechter überwunden als auf den mit Kalkmergel gedüngten Varianten.

4.41.23 Ergebnisse der Versuchsaufnahme 1971

Ausmaß und Methodik der Versuchsaufnahme im Spätsommer/ Herbst 1971 wurden bereits an anderer Stelle beschrieben. Im Zuge der Aufnahmearbeiten wurden zusätzlich zu den ertragskundlichen Messungen Boden- sowie Nadelproben, letztere von Kiefer, Fichte und Strobe, entnommen.

4.41.231 Ergebnisse der Bodenanalysen

Eine erste Beschreibung der Analysenergebnisse für den Gesamtversuch ist anhand der Tabelle 15 in Abschnitt 4.21.231 erfolgt. Danach stellt sich die Ernährungssituation auf den Lärchenparzellen wie folgt dar.

Die auf den einzelnen Düngungsvarianten insgesamt zugeführten CaO-Mengen von 2.016 bis 2.558 kg/ha haben eine sehr deutliche Anhebung der pH-Werte im oberen Mineralbodenbereich (bis 40 cm) bewirkt. Dieses wurde ebenfalls auf den vier Lärchenparzellen beobachtet. In der Reihenfolge der vier Düngungsvarianten wurde ein Anstieg der pH(CaCl_2)-Werte von 3.20 auf 3.52 (0 bis 20 cm) bzw. von 2.88 auf 3.20 (20 bis 40 cm) festgestellt. Die durchschnittliche Wasserstoffionenkonzentration in der Auflageschicht der Lärchen-(pH 3.13) und der Mischbestandsparzellen (pH 3.19) lag beträchtlich höher als auf den Kiefernparzellen (pH 3.66).

Angesichts der im Vergleich mit den Kiefern-Varianten sehr hohen C-Gehalte in der Auflageschicht auf den Lärchen- und Mischbestandsparzellen ist der Schluß erlaubt, daß die Mischstreu von Fichte, Sitka-Fichte, Strobe und Kiefer (letztere angefliegen, s. 4.32.1!), bei Außerachtlassung der Humusform, insgesamt gesehen als nahezu ebenso ungünstig zu beurteilen ist wie die reine Lärchenstreu. Die diesbezüglichen C-Gehalte in der Auflageschicht liegen für die drei Baumartenkombinationen bei 24.65 (Kiefer), 34.77 (Mischbestand) und 36.62 % d.TM (Japan. Lärche). Mit einem durchschnittlichen Gehalt an organischer Substanz in der obersten Mineralbodentiefe (0-20 cm) von annähernd 6 % können die Verhältnisse im Oberboden der Versuchsfläche als mäßig bis stark humos angesprochen werden.

Auf den Lärchenparzellen wurden auch die vergleichsweise höheren N-Gehalte (1.18 %) festgestellt. Bei C/N-Quotienten zwischen 31.28 (Kiefer) und 40.76 (Mischbestand) muß die N-Versorgung auf der Versuchsfläche als insgesamt mangelhaft eingestuft werden.

Auch die P-Versorgung ist auf den Lärchenparzellen besser als unter den anderen Baumarten. Dabei ist hier eine Erhöhung der P-Gehalte parallel zu den einzelnen Düngungsstufen (0, 75, 75, 150 kg P_2O_5 /ha) zu beobachten. In der Auflageschicht liegt diese Erhöhung im Bereich von 45 bis 73, im oberen Mineralbodenbereich zwischen 8.77 und 10.99 mg/100 g Boden. Der mittlere C/P-Quotient in der Auflageschicht aller Lärchenparzellen liegt mit 670.39 in der Mitte zwischen den Vergleichswerten der Kiefern- (533.71) und der Mischbestandsparzellen (788.19).

Insgesamt vermitteln die Ergebnisse der Bodenanalysen auf den Lärchenparzellen den Eindruck, daß die Düngung bei dieser Baumart eine erhebliche Steigerung der Substanzproduktion, u.a. auch der der Assimilationsorgane, bewirkt hat, deren Streu jedoch aufgrund der immer noch ungünstigen Bodenreaktion eine nur unzureichende Umsetzung erfährt. Die Folge ist eine erhebliche Anreicherung von organischer Substanz in der Auflageschicht, die aufgrund der vergleichsweise höheren N- und P-Gehalte in den Lärchennadeln dementsprechend hohe Mengen dieser Nährstoffe bindet.

4.41.232 Eine Nadelprobenentnahme ist auf den Lärchenparzellen nicht erfolgt.

4.41.233 Ergebnisse der ertragskundlichen Aufnahme

Eine Zusammenstellung der ertragskundlichen Meßergebnisse einschließlich ihrer statistischen Verrechnung für die Japan. Lärche ist in der Tabelle 107 erfolgt. Bei der Interpretation der Tabellenwerte ist zu berücksichtigen, daß der Kulturdüngungsversuch ENGDEN-Schulte-Südhoff keinerlei unbehandelte Kontrollparzellen aufweist. Auf allen Düngungsvarianten muß von einer Grunddüngung mit annähernd 2.000 kg CaO/ha, überwiegend als Kalkmergel ausgebracht, ausgegangen werden. Die Beurteilung der Wuchsleistung der Japan. Lärche muß sich deshalb an den Steigerungsstufen für N (22 auf 66 kg/ha N), P_2O_5 (75 auf 150 kg/ha P_2O_5), K_2O (40 auf 120 kg K_2O) und CaO (2000 auf 2500 kg/ha CaO) orientieren (siehe Reinnährstoff-tabelle in Abschnitt 4.21.2!).

Tabelle 107

Kulturdüngungsversuch -ENG DEN (Schulte-Südhoff)- zu Kiefer, Japan.Lärche, Fichte, Sitka-Fichte, Strobe; ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme Aug. 1971; J A P A N . L Ä R C H E

	Ca ₃	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃ Cu ₁	N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃ Cu ₂	F-Test	s	v%
N/ha	3817	3802	3716	4155	n.s.	108,957	2.8
HO(m)	10.32	12.42	12.02	12.72	***	1.068	9.0
DO(cm)	13.34	14.90	14.64	15.28	***	0.754	5.2
DM(gm)	7.36	8.64	8.66	8.89	***	0.659	7.9
G(m ² /ha)	16.32	22.31	22.08	25.69	**	3.574	16.6
V _s (VfmS/ha m.R.)	(74.68)	(120.64)	(109.42)	(141.38)	***	26.718	24.0
D U N C A N - T E S T							
HO(m)	P.8 12.72	P.6 12.42	P.7 12.02	P.5 10.32			
10.32	***	***	***	-			
12.02	***	*	-				
12.42	n.s.	-					
12.72	-						
DO(cm)	P.8 15.28	P.6 14.90	P.7 14.64	P.5 13.34			
13.34	**	*	*	-			
14.64	n.s.	n.s.	-				
14.90	n.s.	-					
15.28	-						
DM(cm)	P.8 8.89	P.7 8.66	P.6 8.64	P.5 7.36			
7.36	***	***	***	-			
8.64	n.s.	n.s.	-				
8.66	n.s.	-					
8.89	-						
G(m ² /ha)	P.8 25.69	P.6 22.31	P.7 22.08	P.5 16.32			
16.32	***	n.s.	n.s.	-			
22.08	n.s.	n.s.	-				
22.31	n.s.	-					
25.69	-						
V _s (VfmS/ha m.R.)	P.8 (141.38)	P.6 (120.64)	P.7 (109.42)	P.5 (74.68)			
(74.68)	***	**	**	-			
(109.42)	*	n.s.	-				
(120.64)	n.s.	-					
(141.38)	-						

Mit Ausnahme einer hinsichtlich der einzelnen Düngungsvarianten nur wenig differenzierten Stammzahlhaltung kann aus den Tabellenwerten eine über alle ertragskundlichen Größen hinweg erkennbare hochsignifikante Überlegenheit der Volldünger-Varianten gegenüber der ausschließlich gekalkten Parzelle 5 entnommen werden.

Die Zusammenstellung der im DUNCAN-Test gegeneinander abgesicherten Parzellenwerte macht deutlich, daß die überlegene Wuchsleistung auf der gesteigerten Volldünger-Variante (Parz.8), die schwächste auf der Ca-Variante (Parzelle 5) erzielt wurde. Die auf die Ca-Variante bezogene relative Leistungssteigerung liegt zwischen 15 (D_0) und 89 % (V_g). Zwischen den innerhalb dieses Bereichs liegenden einfachen Volldünger-Varianten (Parzelle 6 und 7) konnte hinsichtlich der auf der Parzelle 7 zusätzlich ausgebrachten Kupferschlacke keinerlei Düngungseffekt festgestellt werden. Die Mehrleistungen auf diesen beiden Varianten gegenüber der Parzelle 5 liegen bei den Brusthöhen-durchmesser- und Höhenwerten zwischen 10 und 20 % , bei der Grundfläche bei 35 und beim Schaftholzvolumen zwischen 47 und 62 %, wobei die überlegene Wuchsleistung nahezu immer auf der Parzelle 6 festgestellt wurde.

Für die mineralische Düngung der Japan. Lärche auf dem vorliegenden Standort kann aus diesen Ergebnissen gefolgert werden, daß die gesteigerte Volldüngung eine Mehrleistung insbesondere bei den direkt flächenbezogenen Ertragsgrößen bewirkt hat (20 bis 40 %), die diesen Aufwand zumindest aus waldbaulich-ertragskundlicher Sicht rechtfertigt.

4.41.24 Zusammenfassung der Ergebnisse vom Teilversuch ENGDN-Schulte-Südhoff zu Japan. Lärche

In den Abschnitten 4.21.2 (Kiefer) und 4.32.1 (Mischbestand zu Fichte, Sitka-Fichte, Strobe und Kiefer) ist bereits über Teilaspekte des Versuchs berichtet worden. Im folgenden sollen die Ergebnisse des Teilversuchs zur Japan. Lärche zusammenfassend wiedergegeben werden.

Der Versuch wurde im Jahre 1953 unweit von Nordhorn (Emsland) auf einem grundwassernahen Talsand zu mehreren Baumarten angelegt. Zusätzlich zu einer ganzflächigen Düngung mit 40 dz/ha Kalkmergel wurden, je nach Düngungsvariante, unterschiedliche Mengen an Thomasmehl (5 bzw. 10 dz/ha), 40 %igem Kali (1 bzw. 3 dz/ha), Kalkammonsalpeter (1 bzw. 3 dz/ha) und teilweise Kupferschlacke (5 dz/ha) ausgebracht.

Die Ergebnisse einer im Zuge der Versuchsanlage durchgeführten Prüfung mehrerer Leguminosenarten wurden in Abschnitt 4.21.2 beschrieben. Sie wurden bei der Bewertung der Versuchsergebnisse aus dem Jahre 1971 nicht berücksichtigt.

Aus den Ergebnissen früherer Höhen- und Jahreshöhenzuwachsmessungen wurde ersichtlich, daß die Japan. Lärche auf die gesteigerte Volldüngung überaus empfindlich reagiert hat. Dieser positive Düngungseffekt überlagerte deutlich kleinflächige Standortsunterschiede, die aufgrund einer weiteren Versuchsaufnahme als Unterschiede in der Geländehöhe erkannt wurden. Dabei wurde festgestellt, daß nahezu alle Baumarten des Versuchs auf diese Höhenunterschiede mit einer deutlichen positiv korrelierten Steigerung der Höhenwuchsleistung reagiert haben.

Die Frage nach der Ernährungssituation auf den vier Lärchenparzellen konnte anhand der Analysenergebnisse von Bodenuntersuchungen nur unbefriedigend beantwortet werden. Neben der im oberen Mineralbodenbereich (0-20 cm) festgestellten gesicherten Abhängigkeit ansteigender pH-Werte von der gestaffelten Ca-Düngung wurden keinerlei Düngungseffekte festgestellt. Die im Vergleich zu den Kiefern- und den Mischbestandsparzellen vergleichsweise höheren N- und P-Gehalte in der Lärchenstreu müssen auf die in den Lärchennadeln allgemein höheren Gehalte an N und P zurückgeführt werden. Dennoch scheint die Düngung insbesondere bei der Japan. Lärche eine erhebliche Erhöhung der Assimilationsmasse bewirkt zu haben, deren Streu jedoch aufgrund einer zu saueren Bodenreaktion nur unzureichend umgesetzt werden kann.

Ertragskundliche Messungen aus dem Jahr 1971 ergaben gesicherte Mehrleistungen auf den Volldüngungs-Varianten, verglichen mit der Ca-Variante. Diese betrugen im Mittel für die Brusthöhendurchmesser- und Höhenentwicklung zwischen 10 und 23 %, für die Grundflächenwerte 35 bis 57 und für die Schaftholzvolumenleistung 47 bis 89 %. Dabei hat die hinsichtlich der Nährstoffe N, P und K um das 2- bzw. 3-fache gesteigerte Volldüngung eine nochmalige Leistungssteigerung um 20 (Grundfläche) bis 40 % (Schaftholzvolumen) bewirkt.

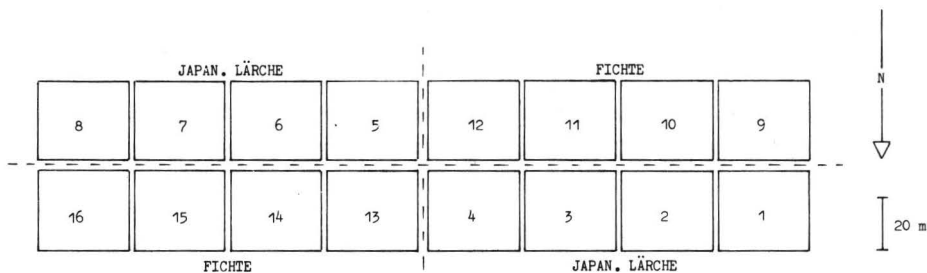
4.42 Mischbestandsversuche zu J a p a n . L ä r c h e

4.42.1 Versuch ENGDEN-Theißing, Teilversuch zu Japan. Lärche

Der Versuch ist in Teilen bereits in Abschnitt 4.32.2 (Mischbestandsversuch zu Fichte) dargestellt und beschrieben worden. Im folgenden wird über die Entwicklung des Versuchsteils zu Japan. Lärche berichtet.

4.42.11 Versuchsbegründung und -anlage

Nähere Angaben zur Versuchsanlage können in Abschnitt 4.32.21 nachgelesen werden. Zum besseren Verständnis der im folgenden Abschnitt beschriebenen Versuchsergebnisse ist die Lageskizze des Gesamtversuchs nochmals dargestellt.



Parz. 1,5,9 u. 13 - Vollumbruch
 Parz. 2,6,10 u. 14 - Vollumbruch
 40 dz/ha Kalkmergel
 Parz. 3,7,11 u. 15 - Vollumbruch
 1 dz/ha Kalkammonsalpeter
 3 dz/ha Thomasmehl
 1 dz/ha Kalimagnesia
 40 dz/ha Kalkmergel

Parz. 4,8,12 u. 16 - Vollumbruch
 3 dz/ha Kalkammonsalpeter
 10 dz/ha Thomasmehl
 3 dz/ha Kalimagnesia
 40 dz/ha Kalkmergel

4.42.12 Versuchsentwicklung und Ergebnisse früherer Aufnahmen

Über die Entwicklung der 1959/60 auf ganzer Versuchsfläche ausgesäten Gelben Bitterlupine wurde in Abschnitt 4.32.2 berichtet. Bei der Besprechung der Versuchsergebnisse

aus dem Jahre 1971 ist davon ausgegangen worden, daß direkte Auswirkungen der Lupinenaussaat nicht mehr vorliegen.

Die ersten ertragskundlichen Aufnahmen der Versuchsansteller beschränkten sich auf zwei im Oktober 1967 und im Mai 1970 durchgeführte Höhenmessungen an der Fichte und an der Japan. Lärche. Die Ergebnisse für die Japan. Lärche sind in der Tabelle 108 zusammengestellt.

Tabelle 108 Kulturdüngungsversuch ENGDN-Theißing; Höhenmessungen an der JAPAN.- LÄRCHEN in den Jahren 1967 und 1970 (aus Versuchsakte)									
		NULL		Ca ₃		N ₁ P ₁ K ₁ Ca ₃ Mg ₁		N ₁ P ₂ K ₁ Ca ₃ Mg ₁	
		P. 1	P. 5	P. 2	P. 6	P. 3	P. 7	P. 4	P. 8
Okt. 1967	m	2.08	1.98	2.64	2.27	3.28	2.95	2.98	3.09
(alle Pflanzen		2.03		2.46		3.12		3.04	
je Parzelle)	%	100		121		154		150	
Mai 1970	m	3.49	3.31	3.74	4.47	4.49	4.25	4.25	4.69
(200 Pflanzen		3.40		4.10		4.38		4.47	
je Parzelle)	%	100		121		129		131	

Die Herleitung der relativen Zuwachssteigerungen zwischen den einzelnen Düngungsvarianten auf der Basis der arithmetischen Mittelwerte beider Wiederholungen dürfte für die Messungen von 1970 unbedenklich, für die aus dem Jahre 1967 nur dann zulässig sein, wenn seinerzeit je Parzelle die gleiche Anzahl von Bäumen gemessen worden ist. Darüber lagen in den Versuchsakten jedoch keinerlei Angaben vor.

Die Tabellenwerte zeigen, daß zum Zeitpunkt der Messungen ein deutlicher Zuwachseffekt sowohl von der ausschließlichen Kalkung (21 %) als auch von der Volldüngung ausgegangen war, wenn sich auch die um nahezu auf das 3-fache gesteigerte N-P-K-Düngung (Parzelle 4/8) nicht ausgewirkt hat.

Darüberhinaus wird deutlich, daß der noch 1967 festgestellte Zuwachseffekt der Volldüngung von mehr als 30 % im Jahre 1970 auf knapp 10 % zurückgegangen war. Es wiederholt sich auch hier die Beobachtung, daß die Japan. Lärche zwischenzeitlichen Trockenperioden (Jahr 1969) nach einer Volldüngung offensichtlich stärker ausgesetzt ist als in ungedüngtem oder ausschließlich gekalktem Zustand.

Beobachtungen zur Entwicklung der auf der gesamten Versuchsfläche unterschiedlich stark angeflogenen Birke lagen bis zur Versuchsaufnahme 1971 nicht vor.

4.42.13 Ergebnisse der Versuchsaufnahme 1971

Die Verfahren, nach denen die verschiedenen Aufnahmearbeiten im Jahre 1971 durchgeführt worden sind, wurden bereits in Abschnitt 4.32.23 beschrieben. Zu den ertragskundlichen Meßarbeiten sei ergänzt, daß eine Totalaufnahme aus zeitlichen und arbeitstechnischen Gründen nur auf den Fichten- und auf der Lärchen-Parzelle Nr. 1 durchgeführt werden konnte. Die übrigen Lärchen-Parzellen sind nach einem reihenweisen Repräsentationsverfahren aufgenommen worden. Dieses ist auf den Parzellen 2, 3, 5 und 6 auf jeweils vier und auf den Parzellen 4, 7 und 8 auf drei Doppelreihen erfolgt. Dieser Umstand muß im Hinblick auf die qualitative Absicherung der Ergebnisse mit berücksichtigt werden.

4.42.131 Ergebnisse der Bodenanalysen

Die einschließlich der Ergebnisse ihrer varianzanalytischen Verrechnung tabellarisch in Abschnitt 4.32.231 für den Gesamtversuch zusammengefaßten Analysenwerte wurden bereits beschrieben. Die Wiedergabe der insgesamt wenig aussagekräftigen Ergebnisse kann kurz gefaßt werden.

Die stark saure Bodenreaktion in der Auflageschicht liegt im Bereich von $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$ 3.29 (Parzellen 11/15, Fichte) und 3.79 (Parzellen 4/8, Fichte). Sie bleibt entgegen bisheriger

Beobachtungen bis in eine Tiefe von 60 cm relativ konstant (Flächendurchschnitt pH 3.51). Auswirkungen der Kalkmergeldüngung konnten nicht festgestellt werden.

Hinsichtlich der C- und N-Gehalte wurden erwartungsgemäß geringfügig günstigere Werte auf den Fichtenparzellen vorgefunden. Der durchschnittliche C/N-Quotient in der Auflage-schicht der Versuchsfläche liegt bei 31 und kann als Hinweis für eine insgesamt unzureichende N-Versorgung betrachtet werden. Als mögliche Ursache für das unbefriedigende Ergebnis der Bodenanalysen kann vermutet werden, daß aufgrund des erst 13 Jahre zurückliegenden 60 cm tiefen Vollumbruchs auf der Versuchsfläche immer noch relativ inhomogene Bodenverhältnisse, insbesondere hinsichtlich der vertikalen Schichtung, vorliegen, deren auf engem Raum stark streuende Parameter mit dem angewandten Probenahmeverfahren zwar erfaßt, jedoch nicht abgesichert werden konnten.

4.42.132 An den Lärchennadeln sind keinerlei nadelanalytische Untersuchungen durchgeführt worden.

4.42.133 Ergebnisse der ertragskundlichen Messungen.

Die zum Zeitpunkt der Versuchsaufnahme im Jahre 1971 auf den ursprünglich zu reiner Fichte und Japan. Lärche angelegten Versuchsteilen festgestellten Mischungsverhältnisse waren gekennzeichnet durch unterschiedlich starke Anteile an eingeflogener Birke und Kiefer. Über die Stärke des Auftretens sowie über die Wuchsleistungen dieser beiden M i s c h b a u m a r t e n , in Abhängigkeit von der Mischung mit einer der beiden Hauptbaumarten und von den vier Düngungsvarianten, ist in Abschnitt 4.32.233 bereits berichtet worden. Die Ergebnisse können zusammenfassend wie folgt wiedergegeben werden.

Es wurde festgestellt, daß die Birke in erheblich größeren Anteilen auf den Fichtenparzellen vertreten war, und zwar

auf den vier Düngungsvarianten mit entsprechenden 19, 6, 32 und 35 % der Gesamtstammzahl. Die entsprechenden Birkenanteile betrugen demgegenüber auf den Lärchenparzellen nur 6, 11, 12 und 13 %. Dabei sei auf die vom allgemeinen Trend abweichenden Verhältnisse auf der Ca-Variante des Fichtenversuchsteils hingewiesen (6%). Die K i e f e r wurde als Mischbaumart ausschließlich auf den NULL- und Ca-Varianten festgestellt, und zwar zu beiden Hauptbaumarten mit einem durchschnittlichen Anteil von annähernd 1 %. Sie ist ertragskundlich nicht weiter bearbeitet worden.

Was die Wuchsleistungen der B i r k e anbetrifft, konnten gesicherte Abhängigkeiten von der jeweiligen Baumartenmischung und den einzelnen Düngungsvarianten nachgewiesen werden. So betrug der Anteil der Birke unter 1.3 m Höhe in der Mischung mit der Fichte auf den NULL- und Ca-Varianten noch 55 bzw. 15 %, während auf den entsprechenden Volldünger-Varianten sowie auf allen Lärchenparzellen Birken unter 1.3 m Höhe nicht festgestellt wurden. Die Ergebnisse der statistischen Verrechnung einiger ertragskundlicher Größen aller Birken über 1.3 m Höhe sind in der Tabelle 73(Abschnitt 4.32.233) tabellarisch zusammengefaßt. Danach wurde einerseits eine hochsignifikante Überlegenheit des Birkenvorkommens auf den vollgedüngten Fichtenparzellen festgestellt, hinsichtlich der Wuchsleistungen erwiesen sich jedoch die Birken auf den Lärchenparzellen als signifikant überlegen. Insgesamt hat die Birke, sowohl in der Mischung mit der Fichte als auch mit der Japan. Lärche, gesichert positiv auf die einzelnen Düngungsstufen reagiert, mit der Einschränkung, daß in der Mischung mit der Fichte die schwächsten Leistungen stets auf der Ca-Variante und nicht auf der NULL-Variante beobachtet wurden.

Möglicherweise sind die besseren Wuchsleistungen der Birke auf den Lärchenparzellen auf die Tatsache zurückzuführen, daß sie in der Mischung mit einer ausgesprochenen Lichtbaumart bessere Bedingungen vorgefunden hat.

Tabelle 109

Kulturdüngungsversuch -ENGDEN (Theißing)- zu Fichte, Japan.Lärche, (Birke);
ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme Aug. 1971; hier: J A P A N . L Ä R C H E

	NULL	Ca ₃	N P K _{1 1 1} Ca ₃ Mg ₁	N P K _{1 1 1} Ca ₃ Mg ₁			
	P.1/5	P.2/6	P.3/7	P.4/8	F-Test	s	v%
N/ha	4384	4142	4283	4147	n.s.	8.129	0.2
HM(m)	4.45	5.33	5.38	5.48	**	0.440	8.5
HO(m)	5.68	6.75	6.48	6.58	**	0.449	7.0
DM(cm)	4.03	4.98	4.78	4.85	*	0.379	8.1
DO(gm)	7.35	8.95	8.20	8.30	*	0.581	7.1
G(m ² /ha)	5.56	8.15	7.72	7.69	*	0.988	13.6
D U N C A N - T E S T							
HM(m)	P.4/8	P.3/7	P.2/6	P.1/5			
	5.48	5.38	5.33	4.45			
4.45	**	**	n.s.	-			
5.33	n.s.	n.s.	-				
5.38	n.s.	-					
5.48	-						
HO(m)	P.2/6	P.4/8	P.3/7	P.1/5			
	6.75	6.58	6.48	5.68			
5.68	***	***	n.s.	-			
6.48	n.s.	n.s.	-				
6.58	n.s.	-					
6.75	-						
DM(cm)	P.2/6	P.4/8	P.3/7	P.1/5			
	4.98	4.85	4.78	4.03			
4.03	**	*	*	-			
4.78	n.s.	n.s.	-				
4.85	n.s.	-					
4.98	-						
DO(cm)	P.2/6	P.4/8	P.3/7	P.1/5			
	8.95	8.30	8.20	7.35			
7.35	**	n.s.	n.s.	↓			
8.20	n.s.	n.s.	-				
8.30	n.s.	-					
8.95	-						
G(m ² /ha)	P.2/6	P.3/7	P.4/8	P.1/5			
	8.15	7.72	7.69	5.56			
5.56	*	*	*	-			
7.69	n.s.	n.s.	-				
7.72	n.s.	-					
8.15	-						

Die ertragskundlichen Aufnahmeergebnisse für die Japan. Lärche sind in der Tabelle 109 dargestellt.

Als auffallendstes Ergebnis muß festgestellt werden, daß wider Erwarten die besten Wuchsleistungen auf der Ca-Variante erzielt wurden. Eine Erklärung hierfür mag die relativ stärkere Reaktion der Birke auf die gesteigerte Nährstoffzufuhr sein, d.h. die Tatsache eines verstärkten Konkurrenzdruckes von Seiten der Birke. Die relative Mehrleistung der Birke auf der starken Volldünger-Variante, verglichen mit den entsprechenden Ergebnissen auf der Ca-Variante, betrug zwischen 56 (H0) und 126 % (DM). Der entsprechende Leistungsabfall bei der Japan. Lärche schwankt zwischen + 3 % (HM) und - 9 % (D0, G).

Ein Vergleich der entsprechenden Lärchen- und Birkenparameter läßt jedoch die Vermutung einer ernsthaften Konkurrenz durch die Birke wenig realistisch erscheinen. Vielmehr wird auf dem vorliegenden Standort der wuchsbegrenzende Faktor für die Japan. Lärche der relativ tiefe Grundwasserspiegel sein. Das für die Japan. Lärche insgesamt schwache Wasserangebot, insbesondere zu Zeiten verminderten Niederschlags, kann auch mit einer verbesserten Nährstoffzufuhr nicht kompensiert werden (LOUEN 1973).

4.42.14 Zusammenfassung der Ergebnisse zum Teilversuch ENGDEN-Theißing zu Japan. Lärche

Zur ergänzenden Information wird auf Abschnitt 4.32.24 (Zusammenfassung der Versuchsergebnisse zum Versuchsteil Fichte) verwiesen.

Der Kulturdüngungsversuch ist in den Jahren von 1958 bis 1961 auf einem grundwasserfernen Talsand unweit von Nordhorn (Emsland) zu den Baumarten Fichte und Japan. Lärche angelegt worden. Die ausgebrachten Mineraldünger waren Kalkmergel (40 dz/ha), gesteigerte Gaben Thomasphosphat (3/10 dz/ha),

Kalimagnesia (1/3 d /ha) und Kalkammonsalpeter (1/3 dz/ha).
Zuvor war die gesamte Versuchsfläche voll umgebrochen und
mit Gelber Bitterlupine eingesät worden.

Die im ersten Versuch der Trockenheit des Jahres 1959 zum
Opfer gefallene Lupine wurde im darauffolgenden Jahr neu
ausgesät und entwickelte sich auf den Volldünger-Varianten
zufriedenstellend.

Die Ergebnisse von Höhenmessungen aus den Jahren 1967 und
1970 ließen eine deutliche Reaktion der Japan. Lärche so-
wohl auf die Kalkung als auch auf die Volldüngung erkennen.
Auf der mit der dreifachen Menge an N, P, K und Mg gedüngten
Variante wurde demgegenüber eine wesentliche Mehrleistung
nicht festgestellt. Die auffallende Zuwachsdepression auf
den Volldünger-Varianten im Jahre 1970 läßt erkennen, daß
die stark gedüngte Japan. Lärche auf dem vorliegenden Stand-
ort zwischenzeitlichen Trockenperioden mehr ausgesetzt ist
als in ungedüngtem oder nur gekalktem Zustand.

Anläßlich der Versuchsaufnahme im Jahre 1971 wurden zusätzlich
zu einer umfangreichen ertragskundlichen Erhebung sowohl Nadel-
(Fichte) als auch Bodenproben für Nährstoffanalysen entnommen.
Anhand der insgesamt unbefriedigenden Ergebnisse der Boden-
analysen und unter Berücksichtigung der in den Fichtennadeln
festgestellten Nährstoffgehalte wurde eine unzureichende N-
und P-Versorgung, jedoch ein ausreichendes Angebot an K und
Ca festgestellt.

Die Auswertung der ertragskundlichen Meßergebnisse für die Auf-
nahme auf den Lärchenparzellen ließ neben geringen Kiefern-
anteilen (1 %) auf den NULL- und Ca-Varianten z.T. erhebliche,
mit den Düngungsstufen ansteigende Birkenanteile zwischen 6
und 13 % erkennen. Die varianzanalytische Verrechnung aller
Birken über 1.3 m Höhe (auf den NULL- und Ca-Parzellen des
Versuchsteils zu Fichte war ein 55- bzw. 15 %-iger Anteil
von Birken unter 1.3 m Höhe festgestellt worden) ergab einer-
seits gesichert höhere Birkenanteile auf den Volldünger-Vari-

anten des Versuchsteils zu Fichte, andererseits aber erheblich überlegene Wuchsleistungen der Birke auf den Lärchenparzellen. Im Gegensatz zur deutlichen Reaktion der Fichte auf die einzelnen Düngungsstufen konnten anhand der Lärchendaten zwar gesicherte Mehrleistungen auf den Düngungsvarianten im Vergleich zu "ungedüngt" nachgewiesen werden, wider Erwarten erwies sich jedoch die einfache Kalkung vor den beiden Volldünger-Varianten als die wirkungsvollere Düngungsmaßnahme. Die Mehrleistungen der Japan. Lärche auf den gedüngten Parzellen lagen im Bereich zwischen 15 (H0) und 45 % (G).

Angesichts dieser Ergebnisse kann festgestellt werden, daß sich von den beiden Hauptbaumarten des Versuchs, nach 10-jähriger Versuchsdauer, die Fichte als die reaktionsfreudigere hinsichtlich ihrer Wuchsleistung im Vergleich mit der Japan. Lärche, ganz besonders auf den NULL- und Ca-Parzellen jedoch als deutlich unterlegene Baumart erwiesen hat. Dieses wird dann ganz besonders deutlich, wenn man die Wuchsleistung der Fichte auf der NULL-, der Ca- und der gesteigerten Volldünger-Variante, dargestellt an den fünf Parametern HM, H0, DM, DO und G, gleich 100 setzt und mit derjenigen der Japan. Lärche vergleicht. Für die letztere ergeben sich dann die folgenden Bezugswerte: HM: 176/141/123; H0: 128/154/109; DM: 165/193/97; DO 126/165/108; G 421/445/103.

Aus den Zahlen geht die Überlegenheit der Lärche auf der NULL- und der Ca-Variante sowie die überaus deutliche Reaktion der Fichte auf die starke Volldüngung hervor (4.32.233).

4.43 Zusammenfassung der Versuchsergebnisse zu Japan. Lärche

Von den im Rahmen der ausgewerteten Kulturdüngungsversuche bearbeiteten Baumarten nimmt die Japan. Lärche hinter der Kiefer und der Fichte anteilmäßig den dritten Platz ein, wenn man von der ausschließlich angeflogenen und als Mischbaumart in vielen Versuchen unterschiedlich stark (Gartow) vertretenen Birke absieht. Die Japan. Lärche wurde im Reinbestand auf Teilflächen der Versuche EMEN 1, ENGDEN-Schulte-Südhoff und ENGDEN-Theißing, in GARTOW demgegenüber als Mischbaumart, und zwar mit einem 30 %-igen Anteil, teils mit der Stieleiche, teils mit der Roterle, begründet. Bei der zusammenfassenden Besprechung der Versuchsergebnisse zu Japan. Lärche ist der erst in Abschnitt 4.51 im einzelnen beschriebene Versuch GARTOW 11 mit berücksichtigt. Über das Wuchsverhalten der in geringen Mengen in den Kiefern-Versuchen GARTOW 5, 6, 7 und 10 vertretenen beiden Lärchenarten wurde in den diesbezüglichen Abschnitten berichtet.

Zwischen den vier Versuchen zu Japan. Lärche bestehen Unterschiede im Versuchsalter und in Art und Ausmaß der zur Ausbringung gelangten Mineraldünger. Der jüngste Versuch ist ENGDEN-Theißing mit einem Bestandesalter zum Zeitpunkt der Versuchsaufnahme im Jahre 1971 von 12 Jahren. Es folgen EMEN 1 (14 Jahre), ENGDEN-Schulte-Südhoff (18 Jahre) und GARTOW 11 (20 Jahre). Zur Düngung sei als gemeinsames Merkmal aller Versuche festgehalten, daß diese immer mit der Aussaat unterschiedlicher Leguminosen kombiniert gewesen ist. Vergleicht man die Emsländer Versuche zu Japan. Lärche mit denen in Gartow hinsichtlich der Düngemaßnahmen, so fällt auf, daß im Emsland mit allen Hauptnährstoffen (N, P, K, Ca, Mg) gedüngt worden ist, während im Gartow zumeist nur Rhodania-Phosphat und Kalkmergel zur Ausbringung gelangt sind. Zwischen den Emsländer Versuchen bestehen darüberhinaus erhebliche Unterschiede hinsichtlich der Düngermengen.

Da es für die Interpretation der Versuchsergebnisse von erheblicher Bedeutung ist, sei darauf hingewiesen, daß allein der Versuch ENGDEM-Theißing eine Null-Variante aufweist, für die Ergebnisse der restlichen drei Versuche Vergleichswerte unbehandelter Kontrollflächen also fehlen. Es können deshalb im folgenden nur die relativen Unterschiede zwischen den gedüngten Varianten festgestellt und beschrieben werden.

Die standörtlichen Verhältnisse der vier Versuche sind gut vergleichbar. Geologisches Ausgangsmaterial sind in allen Fällen Talsande mit Grundwassereinfluß. Die im Vergleich zu den Emsländer Verhältnissen hinsichtlich der Jahresniederschläge geringfügig benachteiligte Lärche in Gartow dürfte jedoch in der Lage sein, die bestehende Niederschlagsdifferenz aus dem in der Abt. 123 sehr hoch anstehenden Grundwasser auszugleichen.

Im Rahmen der Versuchsaufnahme 1970/71 wurden zusätzlich zu ertragskundlichen Messungen Boden- und Nadelproben entnommen und analysiert, letztere aus arbeits-technischen und Zeitgründen ausschließlich in GARTOW 11, und zwar von beiden Lärchenarten. Von allen Versuchen liegen darüberhinaus Ergebnisse früherer Aufnahmen vor, vorwiegend ertragskundlicher Art. Im folgenden wird die Entwicklung der vier zur Japan. Lärche angelegten Versuche sowie die Ergebnisse der Versuchsaufnahme 1970/71 zusammenfassend wiedergegeben.

Die Ergebnisse der bodenanalytischen Untersuchungen aus dem Jahre 1971 haben insgesamt nur geringe Anhaltspunkte dafür geliefert, daß die vor 10 bis 20 Jahren durchgeführten Düngungsmaßnahmen noch heute in irgend einer Weise wirksam sind. Als mögliche Ursache hierfür kämen ein unzureichendes Probenahmeverfahren, der Einfluß des teilweise sehr hoch anstehenden Grundwassers (E 3, G 11) oder die relativ lange Zeitspanne zwischen Düngung und Versuchsaufnahme in Frage. Mit Sicherheit ist jedoch die Hauptursache für dies unbefriedigende Ergebnis in dem Fehlen von unbehandelten

Vergleichsflächen zu suchen, die eine einwandfreie Herleitung eines möglicherweise noch nachweisbaren Düngungseffektes im Boden mit Hilfe mathematisch-statistischer Methoden nicht zuließ.

Die bei einigen der Versuche (E 3, E 4, G 11) beobachtete signifikante Verbesserung der Bodenreaktion um 0.3 - 0.7 pH (CaCl_2) dürfte kaum auf eine Steigerung der CaO-Zufuhr allein zurückzuführen sein -mit Ausnahme von EMEN 1 (1680 - 2217 kg/ha) ist diese im Vergleich zur Gesamtzufuhr an CaO relativ gering (E 3 - 2016 - 2558 kg/ha, E 4 - 2020 - 2516 kg/ha, G 11 - 4272 - 4512 kg/ha CaO)- sondern eine Folge der allgemein verbesserten Ernährungssituation sein.

Während die von Versuch zu Versuch in einem sehr weiten Rahmen streuenden N-Gehalte (Auflageschicht, E 1 - 0.58, G 11 - 1.32 % d.Tr.S.) in keinem einzigen Fall eine nachweisbare Veränderung durch die Düngung aufwiesen, konnte in GARTOW 11 zumindestens eine signifikante Verengung der mittleren C/N-Verhältnisswerte in der Auflageschicht von 32 über 28 auf 24 als Folge der steigenden P_2O_5 -(162 - 324) und CaO-Zufuhr (4272 - 4512 kg/ha) festgestellt werden. Die entsprechenden mittleren C/N-Quotienten in E 1, E 3 und E 4 lagen bei 26, 32 und 31.

Ebenfalls extrem weit ist der Schwankungsbereich der C-Gehalte innerhalb der vier Versuche. Sie liegen in der Auflage zwischen 17 (E 1) und 37.90 % d.Tr.S. (G 11, Japan. Lärche). Ein deutlicher Abbau der organischen Substanz als Reaktion auf die Düngung infolge Zunahme der Laubstreu (Eiche) wurde nur GARTOW 11 vermerkt (43.18 - 41.80 - 28.73%).

Auch die P-Düngung hat auf den hinsichtlich der P-Versorgung allgemein als arm eingeschätzten Standorten keinerlei direkte Auswirkungen gezeigt. Ausschließlich in EMEN 1 konnte eine signifikante Verbesserung der Gesamt-P-Gehalte als Folge einer Hüttenkalk-Düngung festgestellt werden. Unter Zugrundelegung eines möglichen P_2O_5 -Gehaltes des damals ausgebrachten Hüttenkalkes von annähernd 6 % (s. Abschn. 4.21.4!) betrug dort

die ausgebrachte Menge an P_2O_5 320 kg/ha, im Gegensatz zu 75 kg/ha P_2O_5 auf den mit Kalkmergel gedüngten Varianten, wo die P-Zufuhr ausschließlich in Form von 5 dz/ha Thomas-Phosphat erfolgt war. Insgesamt weisen die Pt-Gehalte einen Schwankungsbereich von 38.66 (E 1, Parz. 5/9) bis 110 mg/100 g Boden (G 11, Japan. Lärche/Stieleiche) auf. Dabei scheint eine bessere P-Versorgung an höher anstehendes Grundwasser gebunden zu sein.

N a d e l a n a l y s e n sind ausschließlich in GARTOW 11, und zwar von beiden Lärchenarten durchgeführt worden. Der anhand der Bodenanalysenergebnisse festgestellte Düngungseffekt hinsichtlich der N- und P-Versorgung wurde durch die Nadelanalysenergebnisse bestätigt. Darüberhinaus wurde eine düngungsabhängige (P) Anhebung der Gehalte an Asche sowie an K und Al beobachtet. Zum Vergleich der beiden Lärchenarten sei erwähnt, daß die Japan. Lärche die höheren Gehalte an N, P, K und Mn, die Europ. Lärche an Na, Mg, Fe sowie an Asche aufwies.

Trotz der insgesamt unbefriedigenden Analysenergebnisse wurde in allen Versuchen eine deutlich düngungsabhängige Steigerung der W u c h s l e i s t u n g e n der Japan. Lärche festgestellt. Diese lag im Mittel aller Messungen auf den vier Versuchen zwischen 10 und 70 %, i.d.R. bezogen auf die Ca-Variante, und kann deshalb als Effekt der zusätzlichen "Volldüngung" interpretiert werden.

Im einzelnen lag dieser Effekt in EMEN 1 (Alter 14) zwischen 8 (Höhe) und 11 % (Grundfläche), möglicherweise als Folge der durch den Hüttenkalk, im Gegensatz zu den Kalkmergelvarianten, zusätzlich ausgebrachten P- und Mg-Mengen (s. Reinnährstofftabelle!). In ENGDEN-Schulte-Südhoff wurden bereits im Alter 1-6 (1956-1961) Steigerungen der jährlichen Höhenwuchsleistungen zwischen 30 und 56 % festgestellt. Bis zur Aufnahme im Jahre 1971 hatte sich dieser Düngungseffekt bei der Volumenleistung auf maximal 98 % erhöht, und zwar im Vergleich der stärksten Volldünger mit der Ca-Variante (2016 kg/ha CaO).

Im Alter 8/9 durchgeführte Höhenmessungen in ENGDEN-Theißing ergaben Mehrleistungen im Vergleich zu ungedüngt zwischen 21 und 50 %. Diese Relationen hatten sich bis zur Aufnahme im Jahre 1971 stark verschoben, offensichtlich bewirkt durch die auf den einzelnen Varianten unterschiedlich stark eingeflogene Birke, und zwar zu Gunsten der Ca-Variante, auf der die Japan. Lärche die besten Wuchsleistungen erkennen ließ. Der relative Birkenanteil auf den vier Düngungsvarianten betrug zum Zeitpunkt der Aufnahme 6, 11, 12 und 13 %.

Die Wuchsleistungen der Japan. Lärche in GARTOW 11 sind durch die dort herrschenden Mischbestandesbedingungen erheblich beeinflusst worden (s. Abschn. 4.51.1!). An dieser Stelle sei jedoch festgehalten, daß von den beiden Lärchenarten die Japan. Lärche das überlegene Wachstum gezeigt hat, während sich die Europ. Lärche im Hinblick auf die mit steigender P-Düngung zunehmende Konkurrenz der beiden Eichenarten als standfester erwiesen hat.

4.5 KULTURDÜNGUNGSVERSUCH ZU MISCHBESTÄNDEN AUS E I C H E (STIEL- UND ROTEICHE) UND L Ä R C H E (JAPAN. UND EUROP. LÄRCHE)

Die im folgenden abschließend zu Abschnitt 4 beschriebene Gartower Versuchsreihe 11 weist im Vergleich zu den übrigen Versuchen dieser Arbeit einige Besonderheiten hinsichtlich der Baumartenmischungen auf. Es erschien deshalb sinnvoll, den Versuch getrennt für sich zu beschreiben.

Die beiden Teilversuche (a/b) stellen echte Mischbestandsbegründungen zu Eiche und Lärche dar. Jede der beiden Laubbaumarten tritt als Mischung (70 % Eiche, 30 % Lärche) mit einer der beiden Nadelbaumarten auf. Zu den vier möglichen Mischungsformen wurden jeweils drei Düngungsvarianten angelegt.

Zusätzliche im Laufe der Versuchsentwicklung angeflogene Baumarten wurden anlässlich der Versuchsaufnahme im Jahre 1970 in nennenswerten Mengen nicht vorgefunden.

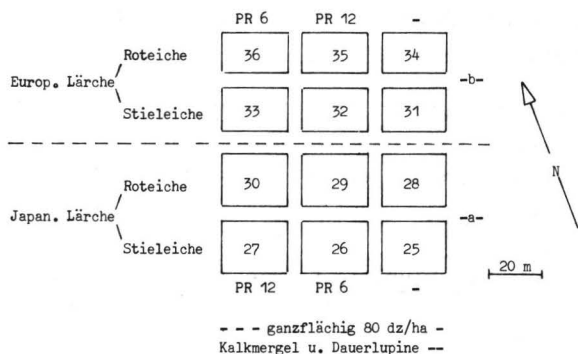
4.51 Mischbestandsversuche zu E i c h e und L ä r c h e

4.51.1 Versuch -GARTOW 11 a/b-

Im Teilversuch 11 a wurde die Japan. Lärche, im Teilversuch 11 b die Europ. Lärche mit den beiden Eichenarten, letztere jeweils getrennt, begründet. Auf mögliche Auswirkungen des nordwestlich des Versuchsteils 11 a verlaufenden Vorfluters wird in Abschn. 4.51.131 eingegangen werden.

4.51.11 Versuchsbegründung und -anlage

Angaben zur Versuchsanlage können der Lageskizze und der darauf folgenden Zusammenstellung entnommen werden. Jede der vier Baumartenkombinationen stellt den Typ eines Phosphat-Steigerungsversuchs dar, bei gleichzeitiger ganzflächiger Kalkung und Aussaat von Dauerlupine.



VERSUCH: GARTOW 11 a und b

VERSUCHSTYP: Baumartenversuch, Düngung: Phosphatsteigerung, komb. mit ganzflächiger Kalkung und Lupineneinsatz

LAGE: FA. Gartow, Retr. Bez. Rucksmoor, Abt. 123 d

VERSUCHSANSTELLER: Nieders. Forstl. Versuchsring (JUNACK)

GEOLOGIE: Talsand des Elbeurstromtales

HÖHE ÜBER NN: 20 m (Gartow)

BODENART UND -TYP: humusreicher bis anmooriger Feinsand, Anmoor-Gley

WASSERVERSORGUNG: Grundwasserstand 0,50 - 1,20 m u. GOF

JAHR DER VERSUCHSANLAGE: 1950/52

KULTURVORBEREITUNG, BEGRÜNDUNGSART: Scheibenschälflug, Vollumbruch (30 cm tief), Kalkung, Eintellern, P-Düngung,

BAUMARTEN (% DER GESAMTSTAMMZAHL): Stiel- und Roteiche (70 %), Europ. und Japan. Lärche (30 %) (Pflanzung

PFLANZGUT UND -VERBAND: Stieleiche, 5j.v., 1,2 x 0,5 m; Roteiche, 2j., 1,2 x 0,5 m; Europ.Lärche, 2j., 1,2 x 1,2m;

VORBESTAND: 120 Jahre Wildbrache, moorige Unlandfläche (Japan.Lärche, 2j. Sämlinge, 1,2 x 1,2 m

DÜNGUNGSVARIANTEN: k.K. 80 + Lupine; (PR 6/12) k.K.80 + Lupine

WIEDERHOLUNGEN: keine ²

PARZELLENGRÖSSEN: 500 m

LITERATUR: JUNACK (1966)

Im Zuge der Kulturvorbereitung im Herbst 1950 mußte in der seit 1830 als Wildeinstandsgebiet forstlich nicht bewirtschafteten und als moorige Unlandfläche ausgeschiedenen Abt. 123 der Revierförsterei Rucksmoor die Grasnarbe mit dem Scheibenschälflug beseitigt werden. Anschließend wurde die Fläche ca. 30 cm tief umgebrochen. Nach Eingatterung der Versuchsfläche erfolgte im Frühjahr 1952 das Ausbringen der mineralischen Dünger und unmittelbar danach die Aussaat der

Dauerlupine. Die ganzflächigen Düngungsmaßnahmen schlossen von vornherein eine spätere Aussparung unbehandelter Kontrollflächen aus.

Die in Anbetracht der Größe der Versuchsanlage relativ zahlreichen Baumartenkombinationen verhinderten darüberhinaus eine Anlage von Wiederholungen der einzelnen Düngungsvarianten.

4.51.12 Versuchsentwicklung und Ergebnisse früherer Aufnahmen

Über die Entwicklung der D a u e r l u p i n e berichtet JUNACK (1966) lediglich, daß diese auf allen Düngungsvarianten gut aufgelaufen sei, daß sie jedoch auf den nicht mit P gedüngten Varianten bald zu kümmern begonnen habe und schließlich ganz eingegangen sei. Ihre Entwicklung auf den P-Varianten sei demgegenüber "üppig" gewesen.

Ertragskundliche Aufnahmen sind in den Jahren 1952, 1954, 1955, 1956 und 1957 an allen Baumarten als H ö h e n m e s s u n g e n erfolgt.

T r i e b l ä n g e n m e s s u n g e n an der Japan. Lärche für die Vegetationsperiode 1952 führten bereits zu deutlichen Hinweisen auf eine positive Reaktion auf die zusätzliche P-Zufuhr. Während der durchschnittliche Jahreshöhenzuwachs auf der Ca-Variante bei 35.5 cm (100 %) lag, wurden auf der PR-6-Ca-Variante bereits 47.5 cm (133 %) und auf der PR-12-Ca-Variante 52.0 cm (146 %) gemessen. JUNACK (1966) schreibt dazu ergänzend, daß die Japan. Lärche auf den P-Ca-Varianten erheblich mehr unter Frostschäden (Frühfrost im Oktober 1952) gelitten habe als auf den nur gekalkten Parzellen, wo sie zu diesem Zeitpunkt ihr Wachstum bereits abgeschlossen hatte.

Während im Herbst 1956 je Baumart und Parzelle Messungen an 20 Bäumen durchgeführt worden sind, sind die Angaben für das Jahr 1958 unklar. Genannt werden einmal 15 Messungen je Parzelle und Baumart (in 2 Reihen jede zweite Pflanze), ein anderes Mal eine Totalaufmessung aller Lärchen in zwei Reihen.

Der Mangel an unbehandelten Vergleichsflächen und an Wiederholungen der einzelnen Düngungsvarianten ließ eine statistische Verrechnung der frühen Meßdaten nicht zu. Die Interpretation der Ergebnisse der Höhenmessungen muß deshalb mit den nötigen Vorbehalten erfolgen. Um für die einzelnen Baumarten zu relativen Vergleichswerten zwischen den drei Düngungsvarianten zu gelangen, wurde aus den Höhenwerten der betreffenden Baumart in den beiden möglichen Mischungsformen ein arithmetischer Mittelwert gebildet, der den relativen Vergleichswerten (%) zugrunde gelegt wurde. Bezugsbasis ist jeweils die Kalk-Variante.

Unter Berücksichtigung der geschilderten Einschränkungen sollen die in den Tabellen 110 und 111 zusammengefaßten Meßergebnisse auf folgende Fragestellungen hin untersucht werden:

1. Wuchsrelationen zwischen den jeweiligen Mischbaumarten (Eiche/Lärche) im Bestand
2. Einfluß der Düngung auf diese Wuchsrelationen
3. Reaktion der einzelnen Baumarten auf die zusätzliche P-Düngung und ihre Steigerung.

Zu Punkt 1 wurde festgestellt, daß die beiden Lärchenarten ein überlegenes Höhenwachstum nur in der Mischung mit der nicht so vitalen Stieleiche aufweisen. Dieses geht deutlich aus den überwiegend mit einem negativen Vorzeichen (Abfall der Höhenleistung der Lärchen von der Mischung mit Stieleiche zur Mischung mit Roteiche) versehenen Prozentwerten der Spalten 5, 7, 9, 11, 13 und 15 der Tabelle 110 ("Lärchen") hervor. demgegenüber scheint die in der Jugend schnellwüchsere und, wie später noch aufgezeigt werden wird, auf die Düngung deutlicher reagierende Roteiche einen stärkeren Konkurrenzdruck auf die beiden beigemischten Nadelbaumarten auszuüben.

Die Stieleiche erreicht mit Ausnahme der Ca-Variante in den Jahren 1954 und 1956 die besseren Höhenwerte in der Mischung mit der Japan. Lärche, während die Roteiche aufgrund eines vergleichsweise ähnlichen Wuchsverhaltens in der Jugend wie die Japan. Lärche in dieser eindeutig die stärkere Konkurrenz hat und in der Mischung mit ihr überwiegend geringere Werte aufweist als die Europ.Lärche (s. Tabelle 111, "Eichen!").

Tabelle 110/111

Kulturlüngungsversuch GARTOW 11(a/b); Höhenmessungen der Jahre 1954, 1956 und 1957; hier: L Ä R C H E N
(aus Versuchsakten)

Parz.	Düngungsvarianten	Mischbaumarten	1954				1956				1957			
			J.Lärche		E.Lärche		J.Lärche		E.Lärche		J.Lärche		E.Lärche	
			cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
25	k.K.80+Lup.	Stieleiche	235		-18		259		- 9		338		-42	
28	k.K.80+Lup.	Roteiche	217				250				296			
			226	100			255	100			322	100		
26	k.K.80+Lup. PR 6	Stieleiche	251		-17		298		- 9		348		-11	
29	k.K.80+Lup. PR 6	Roteiche	234				289				337			
			243	106			294	115			341	106		
27	k.K.80+Lup. PR12	Stieleiche	237		-23		275		+20		394		-10	
30	k.K.80+Lup. PR12	Roteiche	214				295				384			
			226	100			285	112			388	120		
31	k.K.80+Lup.	Stieleiche			228	- 1			232	-46			233	+38
34	k.K.80+Lup.	Roteiche			227				186				271	
					228	100			209	100			252	100
33	k.K.80+Lup. PR 6	Stieleiche			263				273	+ 8			360	-107
36	k.K.80+Lup. PR 6	Roteiche			213	-50			281				253	
					238	104			277	133			304	121
32	k.K.80+Lup. PR12	Stieleiche			258	-23			263	-49			295	-45
35	k.K.80+Lup. PR12	Roteiche			235				214				240	
					247	108			239	114			266	106

hier: E I C H E N

Parz.	Düngungsvarianten	Mischbaumarten	1954				1956				1957			
			St.Eiche		R.Eiche		St.Eiche		R.Eiche		St.Eiche		R.Eiche	
			cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
25	k.K.80+Lup.	Japan.Lärche	192		+ 9		228		+ 3		246		-22	
31	k.K.80+Lup.	Europ.Lärche	211				231				224			
			202	100			230	100			237	100		
26	k.K.80+Lup. PR 6	Japan.Lärche	246		-22		287		-24		324		- 5	
33	k.K.80+Lup. PR 6	Europ.Lärche	224				263				319			
			235	116			275	120			322	136		
27	k.K.80+Lup. PR12	Japan.Lärche	245		-21		289		- 4		323		-19	
32	k.K.80+Lup. PR12	Europ.Lärche	224				285				304			
			235	116			287	125			313	132		
28	k.K.80+Lup.	Japan.Lärche			138	+65			180	+58			240	+27
34	k.K.80+Lup.	Europ.Lärche			203				238				267	
					171	100			209	100			256	100
29	k.K.80+Lup. PR 6	Japan.Lärche			228	+ 9			284	+44			343	-18
35	k.K.80+Lup. PR 6	Europ.Lärche			237				328				325	
					233	136			306	146			332	130
30	k.K.80+Lup. PR12	Japan.Lärche			250	+ 1			290	+19			377	+16
36	k.K.80+Lup. PR12	Europ.Lärche			251				309				393	
					251	147			300	144			385	150

Aus den geschilderten Tendenzen wird deutlich, daß eine Mischung aus zwei sich in der Jugendentwicklung ähnlich verhaltender Baumarten infolge verstärkter Konkurrenz mit Einbußen in der Höhenentwicklung von einer der beteiligten Baumarten verbunden sein kann.

Die unter Punkt 2 gestellte Frage, ob die gestaffelte zusätzliche P-Düngung einen erkennbaren Einfluß auf die oben geschilderten Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Baumarten ausübt, muß aufgrund der vorliegenden Ergebnisse, vielleicht mit Ausnahme der Mischungen mit der Roteiche, verneint werden. Nur die von der beigemischten Lärchenart abhängige unterschiedliche Höhenentwicklung der Roteiche scheint sich -mit einer einzigen Ausnahme (Parzellen 29/35, 1957)- mit zunehmender P-Düngung anzugleichen, und zwar besonders deutlich in der Mischung mit der Japan. Lärche (s. Tab. 111, "Eichen" Spalten 7, 11 und 15!). Dieses könnte entweder die Folge einer stärkeren Begünstigung der Japan. Lärche gegenüber der Roteiche durch die P-Düngung oder aber eine im Vergleich zu den beiden Lärchenarten überproportionale Begünstigung der Roteiche sein. Dabei würde der stark zunehmende Konkurrenzdruck von Seiten der Roteiche gegenüber den beiden Lärchenarten deren unterschiedliches bestandessoziologisches Verhalten nivellieren.

Ein weiterer Hinweis für die mögliche Richtigkeit dieser Erklärung könnte aus der Beantwortung der unter Punkt 3 gestellten Frage hervorgehen. Von allen vier Baumarten zeigt die Roteiche nämlich die mit Abstand stärkste Reaktion auf die zusätzliche P-Düngung, wobei die Erhöhung der P-Zufuhr um das Doppelte eine Steigerung der Höhenwuchsleistung zwischen 30 und 50 % zu bewirken scheint. Eine ebenfalls deutliche wenn auch nicht ganz so starke Reaktion ist bei der Stieleiche zu beobachten (16 bis 36 %).

Demgegenüber haben die beiden Lärchenarten auf die Erhöhung der P-Zufuhr nicht nur allgemein schwächer, sondern in vielen Fällen sogar mit einer relativen Leistungsabnahme als Folge

des verstärkten Konkurrenzdruckes von Seiten der Laubbaumarten reagiert. Die P-abhängigen Mehrleistungen erreichen bei der Japan. Lärche bis zu 20 %, bei der Europ. Lärche zwischen 4 und 33 %.

Aufgrund dieser ersten Meßergebnisse konnte JUNACK (1966) nach knapp 6-jähriger Versuchsdauer feststellen, daß "die P-Düngung das Wuchsverhältnis zwischen Eiche und Lärche deutlich zu Gunsten des Laubholzes verschoben" hatte.

4.51.13 Ergebnisse der Versuchsaufnahme aus dem Jahre 1970

Auf den 12 Parzellen des Versuchs erfolgte im Herbst 1970 eine eingehende ertragskundliche Aufnahme aller Baumarten. Darüberhinaus wurden Boden- und Nadelproben entnommen.

Gemessen wurden die Brusthöhendurchmesser aller Bäume je Parzelle. Für die Darstellung der Bestandeshöhenkurve wurden je Parzelle und Baumart 30 bis 50 Höhen optisch mit dem Höhenmesser von BLUME-LEISS ermittelt. Dieses geschah i.d.R. auf drei repräsentativen Doppelreihen. Die Bodenprobenahme erfolgte aus zwei Profilen je Parzelle von der Auflageschicht und drei Mineralbodenhorizonten, und zwar als Gewichts- bzw. Mischproben. In Ergänzung dazu wurden Nadelproben von den beiden Lärchenarten entnommen.

4.51.131 Ergebnisse der Bodenanalysen

Die Analysenwerte sind, zusammen mit den Ergebnissen ihrer statistischen Verrechnung, in der Tabelle 112 zusammengestellt. Die Reihenfolge innerhalb des Faktors "Baumart" (Lärche vor Eiche) erfolgte willkürlich und ist nicht Ausdruck einer Wertung im Zusammenhang mit den Bodendaten. Der Aufbau der Tabelle beinhaltet den Versuch, möglichst alle aus den Analysenwerten erkennbaren Tendenzen und Schlußfolgerungen mit einem vertretbaren Aufwand an Einzeldaten übersichtlich darzustellen.

Tabelle 112

Kulturdüngungsversuche -GARTOW 11a/b- zu Stiel- und Roteiche, Europ. Lärche und Japan. Lärche; bodenkundliche Daten ; Probenahme September 1970

Tiefen cm		J A P A N . L Ä R C H E						E U R O P . L Ä R C H E						F - T e s t			Prüfung von A, B u. C nach SÄTTERTHWAITE			s			v%		
		Ca ₅		P ₂ Ca ₅		P ₄ Ca ₅		Ca ₅		P ₂ Ca ₅		P ₄ Ca ₅													
		StEi	REi	StEi	REi	StEi	REi	StEi	REi	StEi	REi	StEi	REi	A	B(A)	C(AB)	AXB	AXC	AXBXC	A	B(A)	C(AB)	A	B(A)	C(AB)
pH(CaCl ₂)	Aufl.	3.51		4.04		4.20		3.75		3.88		3.77		n.s.	n.s.	**	n.s.	**	n.s.	0.057		0.236	1.5		6.1
	0-38 14-59		3.91				3.63		3.81			3.91		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0.115	0.279		2.9		6.9
C(%Tr.S.)	Aufl.	43.18		41.80		28.73		41.75		31.10		36.48		n.s.	n.s.	**	n.s.	**	n.s.						
	0-38 14-59						16.70							n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.						
N(%Tr.S.)	Aufl.	1.32		1.48		1.16		1.49		1.13		1.40		n.s.	n.s.	**	n.s.	***	n.s.	0.091		0.178	6.9		13.4
	0-38 14-59						0.74 0.02							n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.						
C/N	Aufl.	32.83		28.27		24.89		28.08		27.39		26.10		n.s.	n.s.	**	n.s.	**	n.s.	0.555		2.931	2.0		10.5
	0-38 14-59			23.28						21.89				**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0.919	0.279	0.056	4.1	1.2	0.3
Pt(mg/100g)	Aufl.	90.69	77.96	109.54	91.94	103.96	74.35	113.41	103.39	92.90	72.06	81.90	9309	n.s.	n.s.	**	n.s.	(**)	(*)	7.278		11.657	7.9		12.7
	0-38 14-59						66.67 8.19							n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.						

Erläuterungen: Faktoren: A - Lärchen -

B - Eichen -

C - Düngungsvarianten -

A₁ - Japan.LärcheA₂ - Europ.LärcheB₁ - StieleicheB₂ - RoteicheC₁ - Ca₅C₂ - P₂Ca₅C₃ - P₄Ca₅

Der neben den Auswirkungen der Düngung häufig erkennbare Einfluß des Faktors "Baumart" macht es notwendig, bei der Besprechung der Tabellenwerte die waldbaulich-ertragskundliche Situation auf den einzelnen Varianten zu berücksichtigen.

Die durchschnittliche Bodenreaktion im Bereich aller Entnahmetiefen liegt zwischen pH (CaCl_2) 3.51 und 4.47 und kann als stark bis sehr stark sauer bezeichnet werden. In der Auflageschicht ist nicht nur eine gesicherte Erhöhung der pH-Werte mit Zunahme der Düngungsintensität erkennbar - die im übrigen nicht allein auf die relativ geringe Steigerung der CaO -Zufuhr von 4032 auf 4512 kg/ha zurückgeführt werden kann - sondern zugleich eine diesbezüglich erheblich stärkere Reaktion auf den mit Japan. Lärche bestockten Parzellen. Insgesamt liegt auf den Parzellen mit der Mischbaumart Japan. Lärche eine offensichtlich geringfügig schwächere Wasserstoffionenkonzentration vor als auf den Parzellen mit der Europ. Lärche. Diese Beobachtung gilt für die Auflageschicht und für die Mineralbodentiefe im Bereich zwischen 14 und 59 cm. Dazu sei ergänzt, daß der Anteil der Japan. Lärche an den jeweiligen Mischungen, sowohl hinsichtlich der Stammzahl als auch was die Grundflächen- und Volumenleistung anbetrifft, i.d.R. größer ist als die vergleichbaren Anteile der Europ. Lärche.

Der Gehalt an organischer Substanz (C-Gehalt in % d.Tr. Subst. $\times 1.72$) in der Auflageschicht nimmt mit zunehmender Düngung erheblich ab, was auf die Aktivierung der Umsetzungsvorgänge infolge der Düngung zurückgeführt werden kann. Auffallend ist der hohe C-Gehalt im A_h -Horizont, der auf die hier vorliegenden stark anmoorigen Bodenverhältnisse hindeutet.

Die auf den einzelnen Düngungsvarianten erheblich voneinander abweichenden Stickstoffwerte lassen kein eindeutiges Bild erkennen. Demgegenüber kommt eine Beurteilung der Auswirkungen der P-Ca-Düngung, u.a. auf die N-Versorgung anhand der C/N-Quotienten, zu einem deutlicheren Ergebnis. Letztere lassen nicht nur mit steigender Düngungsintensität deutlich engere Werte erkennen, sondern liegen zudem auf den mit Japan. Lärche gemischten

Varianten gesichert niedriger als auf den vergleichbaren Parzellen mit Europ. Lärche. Auf den P-Varianten kann die N-Versorgung allgemein als ausreichend bezeichnet werden.

Anhand der für alle Varianten einzeln aufgeführten durchschnittlichen Gesamt - P h o s p h o r - Gehalte kann gefolgert werden, daß ein Nachweis der auf den stärkeren P-Varianten erheblichen Zufuhr von P_2O_5 insgesamt nur unbefriedigend gelungen ist. Der Schwankungsbereich in der Auflage-schicht liegt zwischen 72.06 (ELä/REi/ P_2Ca_5) und 113.41 mg/100 g Boden (ELä/StEi/ Ca_4). Hinsichtlich der Baumartenkombination wurden Anzeichen einer geringfügig besseren P-Versorgung auf den mit Stieleiche gemischten Varianten festgestellt. Direkte Auswirkungen der P-Ca-Düngung liegen andeutungsweise vor in der Baumartenmischung Japan. Lärche / Stieleiche -Anstieg der P-Gehalte mit zunehmender P-Zufuhr- und in der Mischung Europ. Lärche / Stieleiche, wo allerdings eine deutliche Verringerung der P-Gehalte mit steigender P-Zufuhr erkennbar ist. Die P-Versorgung auf der Versuchsfläche ist gekennzeichnet durch sehr niedrige P-Gehalte im humusarmen Unterboden bei gleichzeitig recht hohen P-Gehalten im anmoorigen Oberboden. Die Tatsache, daß die kombinierte P-Ca-Düngung durch eine Verbesserung der Bodenreaktion sowie der N-Versorgung (C/N-Verhältnis) insgesamt eine Verbesserung des bodenbiologischen Bodenzustandes bewirkt hat, läßt den Schluß zu, daß damit zugleich auch ein verstärktes Einbeziehen des bei ungünstigen Bodenverhältnissen größtenteils in organischer Bindung festgelegten P-Vorrates erreicht worden ist.

Zusammenfassend kann zu den Ergebnissen der Bodenanalysen festgestellt werden, daß Auswirkungen der mineralischen Düngung und solche von Seiten der verschiedenen Baumartenkombinationen nachgewiesen werden konnten, was u.a. auch aus den entsprechenden Spalten der Tabelle 112 (statistische Verrechnung der Bodendaten) hervorgeht. Signifikant düngungsabhängig ist die deutliche Verbesserung der Bodenreaktion, die anhand der abnehmenden C-Gehalte erkennbare Aktivierung der Umsetzungsvorgänge und die erheblich engeren C/N-Verhältnisse auf den stark

gedüngten Varianten. Was die vier Baumartenmischungen und deren indirekte Einflußnahme auf die Bodenverhältnisse anbetrifft, so scheinen auf den mit der Japan. Lärche bestockten Varianten nicht nur die insgesamt besseren Bodenverhältnisse vorzuliegen, sondern auch die ausgeprägteren Reaktionen auf die P-Ca-Düngung erfolgt zu sein. Eine Überprüfung dieser Ergebnisse erfolgt im folgenden Abschnitt anhand der in den Nadeln der beiden Lärchenarten analysierten Elementgehalte.

4.51. 132 Ergebnisse der Nadelanalysen

Von den vier Baumarten des Versuchs sind nur die beiden Lärchenarten nadelanalytisch untersucht worden. Die Probenahme erfolgte im ersten Drittel Oktober des Jahres 1970, und zwar pazellenweise von jeweils 4 Lärchen mit freier Kronenstellung. Die Lärchen befanden sich zum Zeitpunkt der Probenahme im Stadium der Blattverfärbung.

Die Analysenergebnisse sind in der Tabelle 113 zusammengefaßt.

Tabelle 113 Kulturdüngungsversuch -GARTOW 11 a/b-; Nährelementkonzentrationen in den LÄRCHEN-Nadeln; Probenahme 1970												
	Asche	N	P	Na	K	Ca	Mg	Mn			Fe	Al
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Europ. LÄRCH	6,752	1,153	0,256	0,061	0,438		0,273	0,012	0,012	0,013	0,015	
	*	***	***	***	***	0,623	***	***	***	***	**	0,013
Japan. LÄRCH	6,040	1,526	0,393	0,026	0,648		0,191	0,040	0,032	0,047	0,013	
									(Rbi)	(StBi)		
Rot-EICHE	6,400	1,329	0,329	0,043	0,476	0,680		0,022			0,014	0,012
Stiel-EICHE					***	***	0,232	***				*
					0,610	0,566		0,030				0,014
-	5,491	1,304	0,296	0,284	0,500							0,011
PR 6	6,755	1,423	0,286	0,421	0,591	0,623	0,232	0,026			0,014	0,012
PR 12	6,943	1,262	0,212	0,472	0,537							0,015
	***	*	***	***								***

In der obersten waagerechten Spalte sind die analysierten Elemente aufgeführt. Die linke senkrechte Spalte enthält von oben nach unten die beiden untersuchten Lärchen, darunter die Faktoren "Mischbaumart EICHE" (Rot- und Stieleiche) und "Düngung" (hier nur die PR-Steigerungsstufen

angeführt). Die Gehalte sind in % der Trockensubstanz angegeben. Gesicherte Unterschiede zwischen Einzelwerten bzw. Wertegruppierungen sind durch Sternchen, einem Signifikanzniveau von $P = 0.1$ (***), 1.0 (**) und 5.0 (*) entsprechend, dargestellt.

Ein Blick auf die Werte in der Spalte "LÄRCHEN" zeigt, daß zwischen den beiden L ä r c h e n a r t e n teilweise erhebliche, i.d.R. hochsignifikante U n t e r s c h i e d e hinsichtlich der Nährelementgehalte ihrer Nadeln vorliegen. Dabei dominiert keinesfalls immer nur die gleiche Baumart.

Während die Europ. Lärche die höheren Gehalte an Asche sowie an Na, Mg und Fe aufweist, wurden in den Nadeln der Japan. Lärche die höheren Werte für N, P, K und Mn festgestellt. Hinsichtlich des Angebots an den wichtigsten Nährelementen kann, in Ermangelung von Richtwerten für die Europ. Lärche, für die Japan. Lärche festgestellt werden, daß die P-Versorgung allgemein voll ausreichend, das N- und K-Angebot demgegenüber eher mangelhaft ist.

Der vorwiegend über die Streu wirksam werdende Einfluß der beigemischten E i c h e n a r t e n auf die Spiegelwerte der beiden Lärchen ist aus der Spalte "EICHE" ersichtlich. Ein solcher Einfluß liegt offenbar für die Elemente K, Ca, Mn und Al vor. Die Beimischung von Stieleiche hat offensichtlich eine Erhöhung der Gehalte an K, Mn und Al, eine solche von Roteiche eine Erhöhung der Ca-Gehalte bewirkt.

Trotz des offensichtlich bestehenden Einflusses der jeweiligen Mischbaumart auf die Nährstoffversorgung der Lärchen hat die kombinierte P-Ca-Düngung -angesichts der Analyseergebnisse vornehmlich die gesteigerte P-Düngung- erhebliche Veränderungen hinsichtlich der Elementgehalte bewirkt. Sowohl für den Asche-Gehalt als auch für die Gehalte an N (nur bis zur PR-6-Stufe), P (Japan. Lärche), K (nur bis zur PR-6-Stufe) und Al wurden, mit den o.a. Einschränkungen, eine Erhöhung festgestellt. Auffallend sind die parallel zur P-Zufuhr deutlich abfallenden P-Gehalte in den Nadeln der Europ. Lärche.

Die anhand der bodenanalytischen Untersuchungsergebnisse festgestellte Überlegenheit der mit Japan. Lärche bestockten Varianten hinsichtlich der Bodenreaktion sowie der Gehalte an C und N in der Auflageschicht ist durch die Ergebnisse der an den Nadeln der beiden Lärchenarten durchgeführten Elementanalysen bestätigt worden. Ein weiterer Unterschied zwischen den beiden Lärchenarten besteht in der erheblich lebhafteren Reaktion der Japan. Lärche auf die mineralische Düngung, insbesondere auf die P-Zufuhr.

Wegen der vielschichtigen Einflußnahme von Düngungsmaßnahmen und unterschiedlichen Baumartenkombinationen auf die Ergebnisse ist ein direkter Zusammenhang zwischen boden- und nadelanalytischem Befund nur schwer nachweisbar. Für einen engen Zusammenhang spricht der zeitweise sehr hohe Grundwasserstand und die dadurch begünstigten Verlagerungsvorgänge. Ursache der insgesamt höheren C- und N-Gehalte auf den Varianten mit Japan. Lärche könnte, im Vorgriff auf die im folgenden Abschnitt beschriebenen waldbaulich-ertragskundlichen Ergebnisse, der mit zunehmender P-Zufuhr relativ stärkere Laubholz- bzw. Eichenanteil auf den entsprechenden Parzellen und damit die günstigere Zusammensetzung der Streu sein. Was die im Vergleich zur Europ. Lärche bessere Versorgung der Japan. Lärche mit N, P und K anbetrifft, so dürfte dieses in erster Linie auf baumartenspezifische Unterschiede zurückzuführen sein.

4.51.133 Ergebnisse der ertragskundlichen Aufnahme

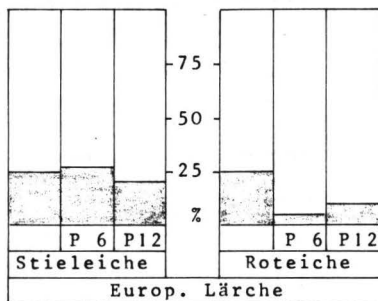
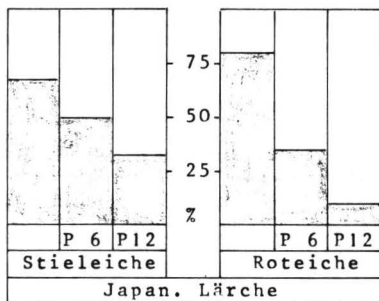
Die Darstellung der waldbaulich-ertragskundlichen Situation auf den einzelnen Varianten zum Zeitpunkt der Versuchsaufnahme im Jahre 1970 erfolgt am augenfälligsten anhand der relativen Baumartenanteile, und zwar für die Größen Stammzahl, Grundfläche und Schaftholzvolumen. Die entsprechenden Aufnahmeergebnisse sind in der Darstellung 16 sowie ergänzend dazu in der Tabelle 114 zusammengestellt.

Der getönte untere Teil innerhalb der Säulen stellt den jeweiligen Lärchenanteil, der weiße obere Teil den entsprechenden Eichenanteil in % der Gesamtbestockung dar. Die

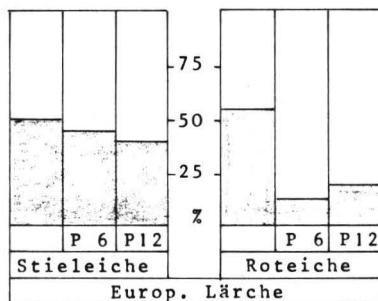
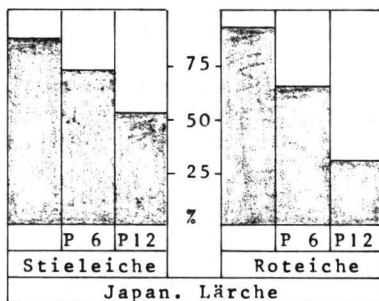
Darstellung 16

Kulturdüngungsversuch GARTOW 11 a/b; Darstellung der relativen Baumartenanteile in vier Mischbeständen aus Eiche und Lärche und ihre Änderung in Abhängigkeit von einer gestaffelten Phosphat-Düngung

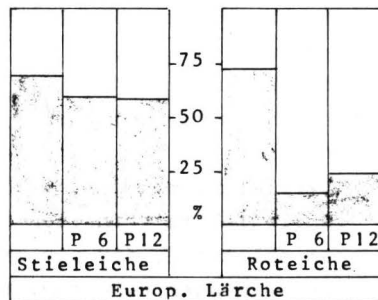
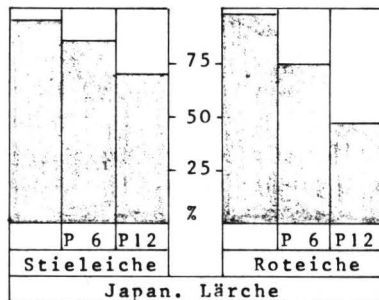
Stammzahl:



Grundfläche:



Schaftholz-
volumen:



□ Stiel- bzw. Roteiche

■ Japan. Lärche

□ Stiel- bzw. Roteiche

■ Europ. Lärche

Erläuterungen: P 6/12 - Rhenaniaphosphat, 6 bzw. 12 dz/ha auf allen Varianten zusätzlich:

Vollumbruch
80 dz/ha Kalkmergel
Dauerlupine

drei Düngungsvarianten sind nur durch die gesteigerte P-Zufuhr dargestellt. Das Zahlenverhältnis von Lärche zu Eiche zum Zeitpunkt der Versuchsanlage im Jahre 1952 kann mit annähernd 30 : 70 angegeben werden.

Tabelle 114

Kulturdüngungsversuche GARTOW 11 a/b- zu Stiel- und Roteiche, Europ. und Japan. Lärche; Darstellung der jeweiligen Baumartenanteile am Beispiel der Gesamtstammzahl sowie der Gesamtgrundflächen- und -sachtholzvolu- menleistung zum Zeitpunkt der Versuchsaufnahme im Jahre 1970

Parzellen	Baumarten	Stammzahl (n/ha)						Grundfläche (m ² /ha)						Sachtholzvolumen (fm/ha)					
		-		PR 6		PR 12		-		PR 6		PR 12		-		PR 6		PR 12	
		n	%	n	%	n	%	m ²	%	m ²	%	m ²	%	fm	%	fm	%	fm	%
25,26,27	Japan. Lärche	2532	68	1525	50	1085	32	24.2	87	16.6	72	11.6	53	175.1	96	122.9	84	84.9	71
	Stieleiche	1189	32	1550	50	2355	68	3.5	13	6.6	28	10.2	47	7.3	4	22.8	16	35.4	29
		3721	100	3045	100	3440	100	27.7	100	23.2	100	21.8	100	182.4	100	145.7	100	120.3	100
28,29,30	Japan. Lärche	3075	79	1189	35	543	10	27.1	92	14.2	64	7.0	31	187.7	97	98.1	76	49.4	48
	Roteiche	827	21	2196	65	4987	90	2.2	8	8.0	36	15.8	69	6.4	3	31.5	24	53.8	52
		3902	100	3385	100	5530	100	29.3	100	22.2	100	22.8	100	194.1	100	129.6	100	103.2	100
31,33,32	Europ. Lärche	1433	25	1164	27	985	21	13.1	50	10.7	46	9.4	41	67.1	71	58.2	60	53.9	59
	Stieleiche	4328	75	3104	73	3731	79	13.2	50	12.6	54	13.4	59	27.4	29	39.6	40	37.9	41
		5761	100	4268	100	4716	100	26.3	100	23.3	100	22.8	100	94.5	100	97.8	100	91.8	100
34,36,35	Europ. Lärche	1473	26	465	6	504	9	13.8	56	3.1	12	4.2	19	71.9	73	14.2	16	22.4	25
	Roteiche	4225	74	6977	94	5271	91	10.7	44	22.8	88	18.3	81	27.3	27	77.2	84	66.2	75
		5698	100	7442	100	5775	100	24.5	100	25.9	100	22.5	100	99.2	100	91.4	100	88.6	100

Vergleicht man das durch die getönten unteren Säulenabschnitte dargestellte Verhalten der beiden Lärchenarten miteinander, so fällt auf, daß die relativen Anteile der Japan. Lärche mit ansteigender P-Düngung erheblich deutlicher abnehmen als dies bei der Europ. Lärche der Fall ist. Darüberhinaus besteht ein sichtbarer Unterschied darin, mit welcher Eichenart die Lärche in der Mischung auftritt. Die Roteiche hat ganz eindeutig stärker auf die gesteigerte P-Düngung reagiert als die Stieleiche. Entsprechend deutlicher ausgeprägt ist die Verdrängung der Lärche in der Mischung mit dieser Eichenart.

Dieses gilt offenbar für beide Lärchenarten, wenn auch mit der Einschränkung, daß sich die Europ. Lärche, insbesondere in der Mischung mit der Roteiche, auf den stärksten P-Varianten den Eichen gegenüber offensichtlich besser behauptet hat als die Japan. Lärche. Die entsprechenden absoluten und relativen Meßergebnisse können aus der Tabelle 114 entnommen werden.

Charakterisiert man die baumartenspezifische Reaktion auf die Steigerung der P-Zufuhr innerhalb der vier Mischungen zusammenfassend, so kann mit JUNACK (1966) festgestellt werden, daß die Eichen grundsätzlich stärker von der P-Düngung gefördert worden sind als die Lärchen. Unterschiede innerhalb der Baumarten bestehen ebenfalls, und zwar bei den Eichenarten zugunsten der auf die P-Düngung erheblich stärker reagierenden Roteiche, bei den Lärchenarten offenbar in Form eines Sich-besser-Behauptens der Europ. Lärche gegenüber den Eichenarten.

Hinsichtlich der Wuchsleistungen interessierten in erster Linie die addierten Gesamtgrundflächen- und -volumenleistungen je Düngungsvariante und Baumartenkombination.

Die geringeren Stammzahlen wurden immer auf den Varianten mit Japan. Lärche, und zwar in der Mischung mit der Stieleiche festgestellt. Die innerhalb der einzelnen Mischungen zu beobachtende gegenläufige Entwicklung der Stammzahlentwicklung in Abhängigkeit von der P-Düngung ist bereits anhand der Darstellung 16 erläutert worden. Eine Folge der geringen Stammzahlen, insbesondere auf den P-Varianten, ist die insgesamt unterlegene Grundflächenleistung der Kombination Japan. Lärche/Stieleiche, während die relativ besseren Ergebnisse von den Mischungen der Europ. Lärche mit den beiden Eichenarten erzielt wurden. Deutlich macht sich der Einfluß der raschen Jugendentwicklung der Roteiche, auch in der Mischung mit der Japan. Lärche, bemerkbar.

Tabelle 115

Kulturdüngungsversuche -GARTOW 11 a/b- zu Stiel- und Roteiche, Europ. und Japan. Lärche;
ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme Sept. 1970; hier: J A P A N . L Ä R C H E

		J A P A N . L Ä R C H E						F-Test Dünge.	s	v%		
		Baumart		Ca ₅		Ca ₅ P ₂					Ca ₅ P ₄	
		Düngung		25	28	26	29				27	30
		Parzellen		StEl	REl	StEl	REl				StEl	REl
Mischbaumart		StEl	REl	StEl	REl	StEl	REl					
N/ha		2532	3075	1525	1189	1085	543	*	999.547	60.3		
		2804		1357		814						
DM(cm)		11.0	10.6	11.8	12.3	11.7	12.8	n.s.	0.695	3.1		
		10.78		12.02		12.07						
G(m ² /ha)		24.2	27.1	16.6	14.2	11.6	7.0	*	8.082	48.2		
		25.79		15.55		10.07						
V _S (VfmS/ha m.R.)		(175.1)	(187.7)	(122.9)	(98.1)	(84.9)	(49.4)	*	56.187	47.0		
		(182.01)		(112.04)		(73.06)						
D U N C A N - T E S T		Ca ₅		Ca ₅ P ₂		Ca ₅ P ₄						
		2804		1357		814						
N/ha	814	**		n.s.		-						
	1357	**		-								
	2804	-										
G(m ² /ha)		Ca ₅		Ca ₅ P ₂		Ca ₅ P ₄						
		25.79		15.55		10.07						
	10.07	**		n.s.		-						
	15.55	*		-								
	25.79	-										
V _S (VfmS/ha m.R.)		Ca ₅		Ca ₅ P ₂		Ca ₅ P ₄						
		(182.01)		(112.04)		(73.06)						
	(73.06)	**		n.s.		-						
	(112.04)	*		-								
	(182.01)	-										

Bei den Schaftholzvolumenwerten haben sich jedoch die Mischungen mit der Japan. Lärche durchgesetzt, und zwar auf den P-Varianten erstaunlicherweise die Mischungen mit der Stieleiche v o r denen mit der Roteiche. Auf dieses Ergebnis wurde jedoch bereits bei der Besprechung der Tabellen 110/111 (4.51.12) näher eingegangen.

Tabellen 116, 117, 118

Kulturdüngungsversuche -GARTOW 11a/b- zu Stiel- und Roteiche, Europ. und Japan. Lärche;
ertragskundliche Daten; Versuchsaufnahme Sept. 1970;

EUROPÄISCHE LÄRCH E										F-Test Düngg. s v%		
Baumart		Ca ₅ P ₄		Ca ₅ P ₂		Ca ₅ P ₄						
Düngung		31 34		33 36		32 35						
Parzellen		StEi REi		StEi REi		StEi REi						
Mischbaumart		StEi REi		StEi REi		StEi REi						
HM(m)	11.6 12.0		12.4 12.1		12.7 12.8		* 0.452 3.7					
		11.80		12.32		12.73						
DUNCAN - TEST		Ca ₅ P ₄		Ca ₅ P ₂		Ca ₅						
		12.73		12.32		11.80						
11.80		*		n.s.		-						
12.32		n.s.		-		-						
12.73		-		-		-						

		STIELEICHE							
Baumart		Ca ₅ P ₂		Ca ₅ P ₄		Ca ₅ P ₄			
Düngung		25 ₅ 31 ₄		26 ₅ 33 ₄		27 ₅ 32 ₄		F-Test	
Parzellen		JLä ELä		JLä ELä		JLä ELä		Düngg. s v%	
Mischbaumart		JLä ELä		JLä ELä		JLä ELä			
DM(cm)		6.1 6.2 6.18		7.4 7.2 7.27		7.4 6.8 7.03		*	0.586 8.6
DUNCAN - TEST		Ca ₅ P ₂ 7.27		Ca ₅ P ₄ 7.03		Ca ₅ 6.18			
6.18		*		n.s.		-			
7.03		n.s.		-		-			
7.27		-		-		-			

		ROTEICHE							
Baumart		Ca ₅ P ₂		Ca ₅ P ₄		Ca ₅ P ₅			
Düngung		28 ₅ 34 ₄		29 ₅ 36 ₄		30 ₅ 35 ₄		F-Test	
Parzellen		JLä ELä		JLä ELä		JLä ELä		Düngg. s v%	
Mischbaumart		JLä ELä		JLä ELä		JLä ELä			
DM(cm)		5.9	5.7	6.8	6.5	6.4	6.6	*	0.438 6.9
		5.73		6.57		6.50			
DUNCAN - TEST		Ca ₅ P ₂		Ca ₅ P ₄		Ca ₅			
		6.57		6.50		5.73			
	5.73	*		*		-			
	6.50	n.s.		-		-			
	6.57	-		-		-			

Ergänzend zu den Angaben in der Tabelle 114 wurden einige ertragskundliche Größen der vier Baumarten, einschließlich der Ergebnisse ihrer statistischen Verrechnung, in den Tabellen 115 bis 118 zusammengestellt. Bei den Daten für die J a p a n L ä r c h e (Tab. 115) fällt auf, daß trotz der Rückläufigkeit der stammzahlabhängigen Größen Grundfläche und Schaftholzvolumen mit steigender P-Düngung eine statistisch zwar nicht abzusichernde, dennoch aber erkennbare Verbesserung der Brusthöhendurchmesserleistung (DM) und somit ein positiver P-Düngungseffekt vorliegt. Das gleiche trifft für die Höhe des Kreisflächenmittelstammes (HM) bei der E u r o p . L ä r c h e zu (Tab. 116).

Demgegenüber ist die Reaktion der beiden E i c h e n a r t e n auf die P-Zufuhr, hier am Brusthöhendurchmesser des Kreisflächenmittelstammes (DM) dargestellt, erheblich stärker, wenn auch die nochmalige Steigerung der P-Zufuhr von 6 auf 12 dz/ha Rhenania-Phosphat keinerlei Mehrzuwachs bewirkt hat.

4.51.14 Zusammenfassung der Versuchsergebnisse zu GARTOW 11 a/b

Im Frühjahr 1950 wurden auf einem seit 1830 unbewirtschafteten anmoorigen Talsand ein Kulturdüngungsversuch zu Mischbeständen aus Eiche und Lärche angelegt. Die Düngung der vier möglichen Baumartenkombinationen -Japan. Lärche/Stieleiche, Japan. Lärche/Roteiche, Europ. Lärche/Stieleiche, Europ. Lärche/ Roteiche- erfolgte 1952, und zwar ganzflächig mit 80 dz/ha Kalkmergel und Dauerlupine. Darüberhinaus wurde zu jeder Baumartenkombination ein P-Steigerungsversuch mit Rhenania-Phosphat (6 bzw. 12 dz/ha) angelegt.

Die Dauerlupine entwickelte sich nur auf den P-Varianten befriedigend.

Höhenmessungen an allen vier Baumarten in den Jahren von 1952 bis 1957 führten zu dem Ergebnis, daß die zusätzliche P-Düngung in erster Linie die beiden Eichenarten gefördert hatte. Besonders stark war die Reaktion der Roteiche, was wiederum relativ bessere Wuchsleistungen der Mischungen mit der Stieleiche zur Folge hatte.

Der Versuch wurde im Herbst 1970 erneut aufgenommen. Neben ertragskundlichen Messungen an allen vier Baumarten wurden Bodenproben und Nadelproben, letztere von den beiden Lärchenarten, entnommen und auch auf Elementgehalte analysiert.

Die Bodenanalysenergebnisse lassen erkennen, daß sich sowohl die kombinierte P-Ca-Düngung, direkt oder indirekt über eine Förderung der Laubbaumarten, als auch die jeweilige Baumartenzusammenstellung auf die Bodenverhältnisse ausgewirkt haben. In Abhängigkeit von der Düngung wurden eine signifikante Verbesserung der Bodenreaktion, eine Verringerung der C-Gehalte in der Auflageschicht und eine Verengung der C/N-Verhältnisswerte festgestellt. Darüberhinaus wiesen die Mischungen mit Japan. Lärche i.d.R. geringfügig bessere Bodenverhältnisse auf als die vergleichbaren Varianten mit Europ. Lärche.

Die Nadelanalysenergebnisse ergaben eine Überlegenheit der Japan. Lärche hinsichtlich der Elemente N, P, K und Mn, während die Europ. Lärche die höheren Gehalte an Asche, Na, Mg und Fe aufwies. Ein möglicher Einfluß der beigemischten Eichenarten macht sich bei den Elementen K, Mn und Al (höhere Gehalte in der Mischung mit der Stieleiche) und Ca (höhere Gehalte in der Mischung mit der Roteiche) bemerkbar. Ein deutlicher positiver P-Düngungseffekt wurde für den Aschegehalt und die Elemente N, P, K und Al festgestellt, mit der Einschränkung, daß die Europ. Lärche signifikant geringere P-Gehalte mit zunehmender P-Düngung aufwies. Hinsichtlich der Nährstoffversorgung wurde für die Japan. Lärche ein ausreichendes Angebot an P, dagegen ein nur schwaches Angebot an N und K festgestellt.

Die ertragskundlichen Meßergebnisse haben die aus den Messungen der Jahre 1952 bis 1957 gezogenen Schlußfolgerungen weitgehend bestätigt. Die zusätzlich zur Kalkung erfolgte gesteigerte P-Zufuhr hat die Eichen relativ stärker gefördert als die Lärchen, wobei im Einzelfall die Roteiche vor der Stieleiche und die Japan. Lärche vor der Europ. Lärche einzustufen sind. Hinsichtlich der Gesamtvolumenleistung dominieren die

Mischungen der Japan. Lärche vor denen der Europ. Lärche, wobei die absolut besten Werte von der Baumartenkombination Japan. Lärche/Stieleiche erreicht wurden. Offensichtlich ist bei diesen beiden Baumarten das Verhältnis von gegenseitiger Konkurrenz zur baumartenspezifisch unterschiedlichen Fähigkeit, den Wuchsraum auszunutzen, günstiger als bei der Kombination Japan. Lärche/Roteiche, die, allein für sich betrachtet, die stärkere Reaktion auf die Düngung erbracht hat.

5 DISKUSSION DER VERSUCHSERGEBNISSE

In den vorangegangenen Abschnitten sind mehrere, im niedersächsischen Tiefland zwischen 1950 und 1960 zu verschiedenen Baumarten angelegte Kulturdüngungsversuche dargestellt sowie deren Entwicklungen und die Ergebnisse aus einer umfassenden Versuchsaufnahme in den Jahren 1970/71 baumartenweise beschrieben worden. Die Vielzahl der bearbeiteten Versuche (22), die Breite des zur Anwendung gelangten Aufnahmeverfahrens sowie die als sinnvoll erachtete eingehende Darstellung der bisherigen Versuchsentwicklungen haben den Umfang der vorliegenden Arbeit mitbestimmt. Der damit verbundenen Gefahr mangelnder Übersichtlichkeit wurde durch eine streng schematische Gliederung des Stoffes sowie durch zusammenfassende Kapitel zu den einzelnen Hauptbaumarten und Mischungsformen zu begegnen versucht. Die vielen Tabellen, Übersichten und Darstellungen sind deshalb in die Arbeit mitaufgenommen worden, um das umfangreiche Zahlenmaterial der Öffentlichkeit sowie einer weitergehenden Benutzung zugänglich zu machen.

Zu den im einzelnen bereits beschriebenen Aufnahmeverfahren seien aufgrund der vorliegenden Versuchsergebnisse einige kritische Anmerkungen gemacht. Vergleicht man bei einzelnen Versuchen den Aussagewert der Nadel- und Bodenanalysenergebnisse sowie die der ertragskundlichen Messungen miteinander, wird deutlich, daß der Nachweis von Düngungseffekten am eindrucksvollsten anhand der ertragskundlichen Meßergebnisse erbracht werden konnte. Dabei seien die in den Mischkulturen liegenden erhöhten Schwierigkeiten beim Zuordnen von Düngungseffekten zu den einzelnen Baumarten vorerst unberücksichtigt. Seltener waren stichhaltige Ergebnisse bei den Nadelanalysen, noch seltener bei den Bodenanalysen. Die Gründe hierfür müssen zuerst bei der Qualität der Nadel- bzw. Bodenprobenahme gesucht werden. Offensichtlich ist in vielen Fällen die Nadelprobenahme an einer zu geringen Anzahl von Probebäumen erfolgt. Dabei sei zugleich auf die in vielen Mischbestandsversuchen erheblich erschwerte Probenahme aufgrund besonderer Bestandesverhältnisse (geringe Stammzahlen, deformierte Kronen) hingewiesen. Ähnliches gilt für die Entnahme und Anzahl der

Bodenproben, die angesichts der auf allen Versuchen durchgeführten Bodenvorbereitungsmaßnahmen (Vollumbruch, Waldpflugstreifen) und der dadurch verursachten Störung der natürlichen horizontalen Bodenschichtung zum Teil ebenfalls nicht häufig genug erfolgt ist. Demgegenüber ist es mit Hilfe der teils nach einem repräsentativen, teils nach einem Totalaufnahmeverfahren auf Probeflächen durchgeführten waldbaulich-ertragskundlichen Versuchsaufnahme in der Regel gelungen, auch bei Vorliegen mehr oder minder schwerer Anlagemängel einzelner Versuche, die Auswirkungen der Düngungsmaßnahmen auf die Baumarten bzw. die Bestände genügend sicher nachzuweisen. Der Entscheidung für ein vom Aufwand und von der Sicherheit seiner Ergebnisse her geeignetes Kontrollverfahren nach Kulturdüngungen sollten deshalb folgenden Überlegungen zugrunde gelegt werden:

Eine im Hinblick auf brauchbare Ergebnisse mit einem erheblichen Aufwand belastete Nadelprobenahme ist nur dann sinnvoll, wenn der zu kontrollierende Bestand die umfangreiche Probenahme ohne allzu große technische Schwierigkeiten zuläßt. Dies ist gewöhnlich eine Frage des Bestandesalters. Entsprechende Verfahren in Altbeständen müssen noch entwickelt werden. Das zur Nadelanalyse Gesagte gilt ganz besonders angesichts neuester Forschungsergebnisse (FIEDLER, LEUBE, HÖHNE; 1973), nach denen die Ergebnisse von Nadelanalysen wegen zahlreicher, in ihrer Bedeutung noch nicht restlos geklärter Faktoren, die sich auf die Elementgehalte in den Blattorganen auswirken, nurmehr vorsichtig beurteilt werden müssen.

Eine Bodenprobenahme wird dort, wo bodenvorbereitende Maßnahmen erfolgt sind, am rationellsten nach einem netzförmigen Repräsentativ-Verfahren, und zwar mit einem Bodenbohrer (z.B. Athanasias) gewichtsmäßig durchgeführt. Den sichersten Nachweis der Bestandesreaktion erbringt jedoch eine mit einem vertretbaren Aufwand (GUSSONE, 1966) durchführbare ertragskundliche Versuchsaufnahme. Eine Kombination der drei Verfahren ist insbesondere dann sinnvoll, wenn weitergehende Aufschlüsse über Auswirkungen der Düngung auf den Standort und die allgemeine Ernährungssituation interessieren.

Bei den meisten Versuchen liegen die insgesamt ausgebrachten Düngermengen im Rahmen heute gültiger Empfehlungen zur Walddüngung (GUSSONE, REHFUESS, ULRICH, 1972; ULRICH, 1974). Wo diese Mengen seinerzeit zum Teil erheblich und in der Absicht überschritten worden sind, um die Grenzen möglicher Zuwachsstei-gerungen zu ertasten, wurden unterschiedliche Reaktionen im Boden und in den Beständen beobachtet. Der für die beiden in ausgewählten Niederungen zu Kiefer angelegten Versuche EMEN 2 und HÜNTEL 3 deutlich nachgewiesene chronische N-Mangel konnte auch nach einer je nach Behandlungsvariante verabreichten Düngung mit Kalkammonsalpeter, Stickstoffphosphat oder Voll-dünger, in Dosierungen zwischen 295 und 345 (E 1) bzw. 460 kg/ha N (E 5), ausgebracht im Anschluß an die Kulturbegründung wäh-rend eines Zeitraumes von 6 bis 7 Jahren, nicht beseitigt wer-den. Möglicherweise war die zugleich mit verabreichte P- und Ca-Düngung (maximal 1400 kg/ha CaO als Hüttenkalk, 230 bis 370 kg/ha P_2O_5 in Form verschiedener P-Dünger) auf den hinsichtlich der bodenbiologischen Aktivität extrem untätigen Standorten nicht ausreichend genug.

Die bei einigen Gartower Versuchen zu Kiefer und Fichte durch-geführte Steigerung der P - D ü n g u n g von 4 bzw. 6 auf 12 und 20 dz/ha Rhenaniaphosphat (bis zu 540 kg/ha P_2O_5) hat allgemein eine nur unwesentliche Wuchsverbesserung bewirkt, auch im Fall einer gleichzeitigen Kalkgrunddüngung mit 80 dz/ha Kalkmergel. Bei den Versuchen G 6/7 wurden sowohl bei der Haupt-baumart Kiefer wie auch bei der nachträglich und auf einigen Düngungsvarianten in erheblichen Mengen eingeflogenen Birke auf den starken P-Varianten nur geringfügig bessere, zum Teil aber auch schwächere Höhen- und Durchmesserleistungen als auf den schwachen P-Varianten festgestellt. In gleichem Maße wurde das Ankommen der Birke von der gesteigerten P-Düngung relativ wen-iger gefördert als von der P-Düngung überhaupt. Hier wurden aller-dings erhebliche Streuungen von Parzelle zu Parzelle beobachtet (G 6/7). Ähnliche Reaktionen konnten in den beiden Versuchen G 8 und 9 zu Fichte festgestellt werden. Die einzigen Baumarten, die auf den grundwassernahen Talsanden in Gartow deutlich auf die P-Steigerung reagiert haben, waren die Roterle und die Pappel. Wenn also eine P-Zufuhr auf diesen Standorten wegen des zumeist

vorherrschenden P-Mangels (JUNACK, 1966; ULRICH, 1968) und einer nahezu auszuschließenden Tiefenverlagerung des Phosphats auch kaum zu stark ausfallen kann, wird die Entscheidung über die richtigen Düngermengen in erster Linie von wirtschaftlichen Überlegungen, darüberhinaus jedoch von der Einschätzung der Gefahr einer übermäßigen Förderung unerwünschter Mischbaumarten (auf den Gartower Talsanden vornehmlich der Birke)abhängig gemacht werden müssen.

Mit 80 (G 6/9, 11) bis zu 200 dz/ha Kalkmergel (G 2) sind in Gartow ungewöhnlich hohe C a - D ü n g u n g e n erfolgt. Sie entsprechen in der stärksten Dosierung einer CaO-Menge/ha bis zu 100 dz bzw. 10.000 kg. In der Versuchsreihe G 2 a erwies sich die ausschließliche Ca-Steigerung von 40 auf 200 dz/ha Kalkmergel für die beigemischten Pappeln und Roterlen als unzureichend. Die Pappel starb sogar auf allen Varianten wenige Jahre nach der Versuchsbeginn ab. Erst die kombinierte P-Ca-Düngung einschließlich Lupinenaussaat (G 2 b) führte zu deutlichen, bis heute andauernden Mehrleistungen beider Baumarten. Dieses Ergebnis entspricht dem Bedarf von Roterle und Pappel nach einer ausgewogenen und nicht zu geringen Mehrnährstoffdüngung (GUSSONE, 1965; BAULE und FRICKER, 1967).

Die Auswirkungen hoher Kalkgaben auf die Fichte konnten in den Versuchsreihen G 2 a und 2 b beobachtet werden. Die ausschließliche Düngung mit gesteigerten Gaben von Kalkmergel bewirkte bei dieser Baumart bereits wenige Jahre nach der Kultur deutliche positive Reaktionen, die allerdings von JUNACK (1961, 1966) hinsichtlich der Gesamtwuchsleistung als insgesamt immer noch schwach bezeichnet wurden. Dennoch zeigte die Fichte auch 1970/71 auf den starken Ca-Varianten (120 bzw. 200 dz/ha k.K.) das überlegene Wachstum. Ein Vergleich mit den hinsichtlich der Wuchsleistungen hoch überlegenen Fichten auf der benachbarten P-Ca-Lupinenreihe (G 2 b) bestätigt zum einen die Beobachtungen JUNACK's, gibt jedoch auch Anlaß zu der Vermutung, daß der überwiegende Teil des in der Versuchsreihe 2 a als Kalkmergel zugeführten Kalks unter dem Einfluß des hoch anstehenden Grundwassers der Tiefenverlagerung unterlegen ist und somit eine einseitige Überdüngung im eigentlichen Sinne

stattgefunden hat (ULRICH, 1970). Daß mit den hohen Ca-Gaben dennoch relativ bessere Wuchsleistungen erzielt worden sind, dürfte dem von der zugeführten Ca-Menge bewirkten und unterschiedlich lange andauernde Mobilisierungseffekt des beträchtlichen Humuskapitals im mineralischen Oberboden dieser Standorte zuzuschreiben sein. Eine effektivere Einschleusung des Kalks in den Nährstoffkreislauf wurde jedoch erst bei gleichzeitiger P- und N-Zufuhr (Leguminosen) auf der Versuchsreihe 2 b erreicht, wenn auch die Fichte hier um so schwächer auf die kombinierte PCa-Düngung reagiert hat, je höher die Ca-Gaben waren (s. ertragskundliche Ergebnisse !).

Die mit den unterschiedlichen Düngungsmaßnahmen beabsichtigte **B e h e b u n g** typischer **S t a n d o r t s s c h w ä c h e n** sowie nachhaltige **V e r b e s s e r u n g** der **E r n ä h r u n g s b e d i n g u n g e n** für die nachfolgenden Kulturen sind angesichts der boden- und nadelanalytischen Ergebnisse nur teilweise erreicht worden oder aber im Hinblick auf ihre positiven Ergebnisse im Laufe der Versuchsentwicklung wieder abgeklungen. Ein Beispiel dafür ist der in mehr oder weniger **allen** emsländer Versuchen heute (noch oder wieder) zu beobachtende N-Mangel, erkennbar an den relativ ungünstigen C/N-Quotienten in der humosen Auflageschicht (zumeist beträchtlich über 30:1). Wenn dieser Befund auch nicht immer mit einer in einigen Versuchen durch die Nadelspiegelwerte ausgewiesenen ausreichenden N-Versorgung in Einklang zu bringen ist (E 3, E 6), bleibt doch die Feststellung, daß eine während weniger Jahre nach der Kultur erfolgte Volldüngung im Sinne einer Düngung mit den wichtigsten Nährstoffen (N, P, K, Ca und Mg) auf den betreffenden Standorten nicht ausreicht, um eine hinsichtlich der N-Versorgung nachhaltige Verbesserung der Ernährungsbedingungen zu bewirken. In der zwischen 7 (E 5) und 17 Jahren (E 3) dauernden Zeitspanne seit Abschluß der letzten Düngungsmaßnahme hat sich der an der ungünstigen Humusform (rohhumusartiger Moder bis typischer Rohhumus) erkennbare bodenbiologische Zustand dieser Standorte in einer für Kieferndickungen dieses Alters (13 bis 21 Jahre) nicht ungewöhnlichen Weise verschlechtert (ULRICH, 1968, 1971). Dieses würde zugleich auch ertragskundliche Einbußen bedeuten, wenn nicht nachfolgende

Düngungsmaßnahmen in Betracht gezogen werden. Dieser Entwicklung widerspricht auch nicht die noch heute in nahezu allen Versuchen zu beobachtende positive Zuwachsreaktion der Kiefer, da über deren Verlauf während der letzten Jahre sowie über relative Ertragseinbußen keinerlei Angaben vorliegen.

Anders liegen die Verhältnisse in Gartow, wo der bodenbiologische Zustand in der Unterabteilung 82 b - die vergleichsweise große Grundwasserferne des Standorts im Versuch G 6/11 ist eher mit den emsländer Verhältnissen vergleichbar - unter anderem als Folge früherer landwirtschaftlicher Nutzung (bis 1830), jahrzehntelanger Brachlage mit Strauch- und Krautvegetation (1830 - 1950) sowie eines je nach Düngungsvariante wechselnden Anteils von beigemischten Laubbaumarten erheblich besser zu beurteilen ist. Hier wurde eine allgemein ausreichende N-Versorgung festgestellt, deren äußeres Erscheinungsbild ein mächtiger, über 30 cm starker, stark humoser bis anmooriger A_n -Horizont ist. Unter diesen Umständen hat sich auch eine Düngung mit P und Ca, kombiniert mit Lupineneinsaat, als voll ausreichend erwiesen. Diese mit kleinen Unterschieden für alle in Gartow aufgenommenen Baumarten geltende Feststellung muß allerdings für die Kiefer dahingehend eingeschränkt werden, daß die von der Lupine ausgehenden Gefahren einer Verdämmung der Kultur in den ersten Jahren und einer daraus abzuleitenden Disposition für die Schütte eine Aussaat der Lupine einige Jahre nach der Kultur für geboten erscheinen lassen (JUNACK, 1966).

Die hinsichtlich der N-Versorgung zu Kiefer getroffenen Feststellungen gelten annähernd in gleichem Maße auch für die Fichtenversuche. Da jedoch nur ein Fichtenreinebestandsversuch (E 4) mit darüberhinaus weniger deutlichen Ergebnissen bearbeitet worden ist, sind die Verhältnisse bei dieser Baumart etwas weniger eindeutig.

Als häufigstes Düngungsergebnis konnte über alle Versuche hinweg eine Verbesserung der nahezu in allen Fällen als stark sauer anzusprechenden Bodenreaktion sowie der P-Versorgung nachgewiesen werden. Dieses entspricht dem auch aufgrund früherer Untersuchungen festgestellten erheblichen Bedarf dieser Standorte an Kalk und Phosphat. Die Verbesserung der Bodenreaktion kann da-

bei jedoch nicht nur als Folge ausschließlicher Kalkzufuhr interpretiert werden, wie aus der Aufstellung über die je Versuch insgesamt ausgebrachten Kalkmengen in der Tabelle 7 (Abschnitt 3.4) entnommen werden kann. Beispielsweise muß die signifikante pH-Erhöhung in ENGDEN-Schulte-Südhoff und in GARTOW 11 als das Ergebnis einer durch die gesamte Düngungsmaßnahme verursachten Verbesserung der bodenbiologischen Situation gewertet werden und nicht als Folge einer 6 (G 11) bis 27 %igen Steigerung (E 3) der Ca-Zufuhr. Deutlich wird in diesem Zusammenhang auch die Bedeutung der bodenbiologischen Ausgangssituation für reine Kalkungsmaßnahmen, und zwar im Vergleich der Versuche G 2 und G 6/11. Aufgrund der ungünstigen Ausgangslage in G 6/11 wurde trotz erheblicher Ca-Zufuhr (3600 bis 5400 kg/ha CaO als Hüttenkalk) und einer dadurch erzielten Verbesserung der Bodenreaktion um rd. 0,3 pH auf knapp 4 praktisch keine Wuchssteigerung bei der Kiefer bewirkt, ganz im Gegensatz zur deutlichen Reaktion der Fichte auf die gestaffelte Kalkmergel-Düngung in G 2 a, oder, um bei einem derartigen Vergleich bei einer Baumart zu bleiben, zur Reaktion der Kiefer auf den Ca-Varianten in G 5.

Ein wirklicher P-Mangel konnte aufgrund der Nadelspiegelwerte (nach WEHRMANN, bei GUSSONE, 1964) nur bei der Fichte in ENGDEN-Theibing (E 4) nachgewiesen werden. Dennoch hat die in Dosierungen zwischen 45 und 540 kg/ha P_2O_5 erfolgte P-Düngung in Gartow überwiegend mit Rhenania-Phosphat, zum Teil auch mit Algier-Phosphat und Thomasmehl erfolgt, im Emsland mit unterschiedlichen P-Düngern (s. Tab. 6, Abschn. 3.31 !)- häufig und bei allen Baumarten zu signifikanten Erhöhungen der P-Gehalte sowohl im Boden wie in den Assimilationsorganen geführt. Dieses dürfte weitgehend die Folge der heute noch bestehenden Überlegenheit der im Kulturstadium gedüngten Bestände sein und die Bedeutung der P-Düngung als echte Boden- bzw. Vorratsdüngung (ULRICH, 1972) unter Beweis gestellt haben.

Die ebenfalls an den Grenzwerten von WEHRMANN orientierte Einschätzung der Versorgung mit Kalium und Magnesium ergab nur bei einigen Fichtenversuchen (E 1, E 3, E 4) Hinweise für eine schwache Mg-Versorgung. Eine Verbesserung der Mg-Versorgung für die Fichte und Kiefer wurde insbesondere in Gartow als Folge einer

kombinierten Rhenania-Phosphat/Kalkmergel-Düngung beobachtet (G2, 6/7/8), aber auch in EMEN 1 (Sitka-Fichte, s. REEMTSMA, 1964!) nach einer Düngung mit Hüttenkalk zu Volldüngung. Der für das ostdeutsche Tiefland wiederholt festgestellte K-Mangel insbesondere bei der Kiefer (s. Abschn. 0 !) konnte anhand der bearbeiteten Versuche für die hiesigen Verhältnisse nicht nachgewiesen werden.

Es wurde erwähnt, daß die Auswirkungen der Düngungsmaßnahmen am deutlichsten anhand der Wuch s r e a k t i o n e n der Einzelbäume bzw. der Bestände nachgewiesen werden konnten. Dieses gilt vornehmlich für die Reinbestandsversuche, wenn auch die Brusthöhendurchmesser- und Höhenentwicklung der Hauptbaumarten in den Mischbestandsversuchen zumeist ebenfalls deutlich positive Düngungseffekte aufwiesen. Auf die besonderen Bedingungen in sowie baumartenspezifischen Reaktionen von Mischbeständen nach Düngungsmaßnahmen wird im folgenden noch eingegangen werden. Zuvor seien jedoch einige ertragskundliche Meßergebnisse besprochen.

Insgesamt sind fünf Kulturdüngungsversuche zu reiner K i e f e r ausgewertet worden. Störende Einflüsse miteingebrachter oder unerwünschter Mischbaumarten haben die Versuchsentwicklung hier also nicht beeinträchtigt. Mit Ausnahme des Teilversuchs GARTOW 6/11, für den als Folge einer alleinigen Düngung mit 80 bzw. 120 dz/ha Hüttenkalk nach 21 Jahren nur ein statistisch allerdings nicht abzusichernder Mehrzuwachs zwischen 2 (Höhe) und 10 % (BHD) nachgewiesen werden konnte und auf dessen grundsätzlich verfehlte Düngungskonzeption bereits JUNACK (1966) hinweist - Nichtberücksichtigung des P- und Ca-Bedarfs des Standortes - liegen die übrigen vier Versuche alle im Emsland (E 2, 3, 5 und 6). Grundsätzlich ist überall mit allen Hauptnährstoffen gedüngt worden (Ausnahme E 3, kein Magnesium!), wenn auch erhebliche Unterschiede hinsichtlich Ausbringungsart (Ausbringung in einem bzw. während 6 Jahre), Kombination der Nährstoffe und Dosierung bestehen.

Die 1970/71 ermittelte Überlegenheit der gedüngten Kiefern im Alter zwischen 14 (E 2) und 17 Jahren (E 6) lag, unter Außerachtlassung der zwischen den Versuchen bestehenden Unterschiede hinsichtlich der Düngungsmaßnahmen, zwischen 13 bis 15 (E 3)

und zwischen 17 bis 44 % (E 5) bei der Höhenleistung, zwischen 16 bis 29 (E 3) und 25 bis 68 % (E 5) bei den Brusthöhendurchmessern, bei 28 bis 67 (E 5) und 37 bis 31 % (E 2) bei der Kreisfläche sowie für die Schaftholzvolumenleistung zwischen 10 und 26 (E 3) und 57 bis 138 % (E 2). Die größeren Düngungserfolge wurden übereinstimmend bei den in ausgewählten Niederungen angelegten Versuchen HÜNTEL 3 (E 5) und EMEN 2 (E 2) festgestellt, Versuche, deren Standorte durch das Fehlen von Grundwassereinfluß und durch einen zum Teil extremen Mangel an organischer Substanz und damit vor allem an Stickstoff gekennzeichnet sind (WANDT und GRUMMER; 1967). Entsprechend hoch waren die in diesen Versuchen während eines Zeitraums von 6 (E 2) bis 8 Jahren (E 5) zugeführten Mengen an N (300 - 460 kg/ha), P_2O_5 (220 - 420 kg/ha) und K_2O (170 - 430 kg/ha), verglichen mit den Versuchen E 3 und E 6. Vergleichsweise gering waren die ausgebrachten Kalkmengen. Sie lagen zwischen 160 und 1400 kg/ha CaO . Die Ursachen der vergleichsweise geringen Düngungserfolge in E 3 und E 6 -einschränkend muß hierzu darauf hingewiesen werden, daß der Düngungserfolg in ENGDEM-Schulte-Südhoff mangels NULL-Flächen nur auf der Basis der Ca-Variante (40 dz/ha Kalkmergel) hergeleitet werden konnte - dürften u.a. in der geringen N-Zufuhr (maximal 102 dz/ha) und besonders in E 3 in der Aussaat der verschiedenen Gründüngungspflanzen zu suchen sein, die zumindestens auf der starken Volldüngervariante der Grund für die starke Reduzierung der Kiefernstammzahlen gewesen sein dürfte (JOHN, 1973). Die im Zuge des Emslandaufforstungsprogramms gemachten Erfahrungen zur Schüttelegefährdung der Kiefer durch die Lupine sind allerdings nicht eindeutig und zum Teil widersprechend (BARELMANN, 1963; BEHRNDT, 1963; WANDT und GRUMMER, 1967).

Ein Vergleich früherer Meßergebnisse mit den Befunden von 1971 zeigt, daß die Zuwachsrelationen zwischen gedüngten und ungedüngten Kiefern im großen und ganzen auch noch heute unverändert bestehen.

Die Entwicklung der vorwiegend mit P und Ca gedüngten Kiefern auf den grundwassernahen Talsanden Gartows kann demgegenüber nur mit Einschränkungen beurteilt werden. Zu stark und vielschichtig sind die Einflüsse der Mischbaumarten, vornehmlich der nach-

träglich eingeflogenen Birke. Die bereits von JUNACK (1953, 1961, 1966) unmittelbar im Anschluß an die Kultur beobachtete Entwicklung einer unverhältnismäßig starken Förderung der Laubbaumarten durch die P-Düngung hat sich unbeeinflusst bis zur Aufnahme 1970/71 fortgesetzt. Dennoch konnten für die Kiefer Zuwachsmehrleistungen bis zu 44 % bei der Höhen- und 43 % bei der Durchmesserleistung (jeweils G 5, Volldüngervariante) nachgewiesen werden. Die Steigerung der Rhenania-Phosphat-Düngung von 4 auf 20 dz/ha in G 6/7 bzw. von 6 auf 12 dz/ha in G 10 erwies sich in der Regel für die Kiefer als irrelevant oder gar als für zu hoch, womit die Erfahrungen von JUNACK (1966) auch nach rund 20jähriger Laufzeit der Versuche ebenso bestätigt wurden wie die darauf aufbauenden Düngungsempfehlungen (Düngungsmodell 3) von GUSSONE, REHFUESS und ULRICH (1972).

Im Vergleich mit den Ergebnissen der ertragskundlichen Messungen von 1956/57 (G 5) und 1960 (G 6/7) scheint sich der Vorsprung der Kiefern auf den Düngungsvarianten gegenüber ungedüngt geringfügig verringert zu haben.

Dermit einigen der im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Versuche von den Versuchsanstellern (E 1, E 6) u.a. beabsichtigte Vergleich der Düngerwirkung von Hüttenkalk und Kalkmergel kann für die Sitka-Fichte in EMEN 1 als zugunsten des Hüttenkalks ausgefallen beurteilt werden. Die statistisch gesicherten Mehrleistungen der Sitka-Fichte in der Durchmesser- und Höhenleistung auf den HK-Varianten von 15 bis 24 % können dabei sowohl auf die im Hüttenkalk vermuteten Beimengungen an P und Mg (KAPPEN, 1950; s. auch Abschn. 4.21.4 !) als auch auf die außerdem geringfügig höhere N-Zufuhr auf den HK-Varianten, verglichen mit den k.K.-Varianten (69 gegenüber 46 kg/ha N), zurückgeführt werden. (Die im Kiefernversuch KLEIN STAVERN (E 6) ebenfalls festgestellte Überlegenheit der HK-Variante gegenüber der k.K.-Variante ist zwar eindeutig (s. Abschn. 4.21.433 !), war jedoch statistisch nicht abzusichern.) Die Bedeutung der Spätfrostgefahr als wuchsbegrenzender Faktor für die Sitka-Fichte, vor allem im südlichen Teil des Emslandes (BARELMANN, 1963), wird angesichts der Wuchsleistungen dieser Baumart sowohl in EMEN 1 als auch in ENGDEM-Theißing deutlich.

Bei den vier (E 4, G 2, 8 und 9), allesamt auf Talsanden angelegten Kulturdüngungsversuchen zu F i c h t e muß deutlich unterschieden werden zwischen ENGDEN-Theißing und den drei Gartow Versuchen. Die durch die Düngungsmaßnahmen erzielten relativen Mehrleistungen liegen besonders in Gartow erheblich über den vergleichbaren Reaktionen der Kiefer, mit dem Unterschied, daß bei der Fichte ein starkes Absinken des in den ersten Jahren nach der Kultur (JUNACK, 1961, 1966) beobachteten Düngungseffektes zu verzeichnen ist. Beispielsweise betrug der relative Höhenmehrzuwachs der Fichte auf den gedüngten Varianten der Versuchsreihe G 2-b (Rhenania-Phosphat einschließlich Kalkmergel und Lupine) in der Reihenfolge der Jahre 1952, 1954, 1956 und 1958 34 bis 76 %, 150 bis 205 %, 200 bis 235 % und 288 bis 344 % (JUNACK, 1966). Zum Zeitpunkt der Versuchsaufnahme 1970/71 lag er nurmehr zwischen 59 und 106 (HM) bzw. 64 und 117 % (DM) und damit auf der Höhe der Jahre 1952. Bei einem 1971 festgestellten relativ konstanten Stammzahlanteil der Fichte in dieser Versuchsreihe von 74 bis 83 %, einem gleichzeitigen Grundflächenanteil aber von nur 52 bis 63 %, müssen die Veränderungen in der Baumartenzusammensetzung ebenfalls mit als Ursache für die nach 20 Jahren Laufzeit des Versuchs erheblich reduzierte Düngerwirkung angesehen werden.

Der 1970/71 in Gartow ermittelte durchschnittliche relative Wuchsvorsprung der gedüngten Fichten betrug nach einfacher Kalkmergel-Düngung (40 bis 200 dz/ha) im Vergleich zur NULL-Variante 14 bis 59 % (G 2 a) bei der Höhen- und 8 bis 55 % (G 2 a, 8) bei der Durchmesserleistung, auf den reinen P-Varianten (4 bis 20 dz/ha Rhenania-Phosphat, 4/6 dz/ha Algier-Phosphat) 50 bis 76 (G 2 c, 8) bzw. 55 bis 83 % (G 2 c, 8) und auf den kombinierten PCa-Varianten 59 bis 106 (G 2 b) bzw. 64 bis 117 % (G 2 b). Diese für eine grobe Orientierung gemachten Angaben müssen jedoch einschränkend unter Berücksichtigung einer gleichzeitig düngungsbedingten Reduktion des Fichtenanteils am Gesamtbestand auf minimal 24 bis 49 % (Kalksteigerungsreihe G 2 a, Grundfläche) gesehen werden.

Die Reaktion der erst 10jährigen (1971) Fichte in ENGDEN-Theißing lag in vergleichbarer Höhe wie die der Fichten in GARTOW, mit der Einschränkung allerdings, daß die 40 dz/ha Kalkmergel

hinsichtlich der Durchmesser- und Höhenleistung keinerlei nennenswerte Zuwachsverbesserung bewirkt haben. Ursachen dieses im Vergleich zu den Gartower Ergebnissen unbefriedigenden Kalkungserfolges sind die hinsichtlich Vorrat und Beschaffenheit der organischen Substanz sehr unterschiedlichen Standorte. So liegt der C-Gehalt in der obersten Mineralbodentiefe in ENG DEN-Theißing zwischen 3 und 5 %, in GARTOW aber bei 13 %. Es hat sich also auch hier wieder gezeigt, daß bei Vorliegen bodenbiologisch ungünstiger Verhältnisse eine ausschließliche Kalkungsmaßnahme unzureichend ist, demgegenüber aber bei einer bereits besseren Ausgangslage keinesfalls überflüssig ist, sondern eine effektive Anregung des Ca-Kreislaufs mit seinen positiven Auswirkungen auf den Boden bewirkt (ULRICH, 1968). In ENG DEN-Theißing bedurfte es deshalb auch erst einer zusätzlichen NPKMg-Zufuhr, um eine sichtbare Wuchsverbesserung bei der Fichte zu erzielen.

Zu J a p a n. L ä r c h e sind 4 Versuche auf Talsand ausgewertet worden. Davon liegen drei im Emsland (E 1, E 3, E 4), einer in Gartow (G 11). Die Versuche waren zum Zeitpunkt der Versuchsaufnahme 10- (E 4) bis 20jährig (G 11). In EMEN 1 wurde eine um 8 (Höhe) bis 11 % (Grundfläche) überlegene Wirkung der Voll-düngung mit Hüttenkalk im Vergleich zu der mit Kalkmergel festgestellt, ein Ergebnis, durchaus vergleichbar mit dem Befund zur Sitka-Fichte im nördlichen Teil des gleichen Versuchs. Eine Herleitung des Düngungseffektes im Vergleich zu ungedüngt war bei der bestehenden Versuchsanlage nicht möglich. Die von SEIBT und WITTICH (1965) im Versuch Oerrel-Lintzel festgestellte Bedeutung einer guten P-Versorgung für die Japan.Lärche läßt vermuten, daß die Überlegenheit der HK-Varianten in EMEN 1 auf die durch den Hüttenkalk möglicherweise in erheblichen Mengen zugeführten P-Anteile (320 gegenüber 80 kg/ha P_2O_5) zurückgeführt werden können. Darauf wurde bereits an anderer Stelle eingegangen. Zu ähnlichen Ergebnissen kam WANDT (1973), wobei besonders hohe P-Spiegelwerte in den Lärchennadeln auf den HK-Varianten auffielen. Darüberhinaus hat die Japan.Lärche in E 1 sicherlich auch auf die auf den HK-Varianten erfolgte stärkere N-Zufuhr reagiert (WITTICH, 1958). In ENG DEN-Theißing dominierten demgegenüber die Lärchen auf der reinen Ca-Variante (40 dz/ha Kalkmergel), mit Mehrleistungen um 20 % gegenüber den zusätzlich vollgedüngten Lärchen.

Die zusätzlich zur Grundkalkung (40 dz/ha Kalkmergel) in ENGDEN-Schulte-Südhoff gegebene Volldüngung (N- 22 bis 66 kg/ha, P_2O_5 - 75 bis 150 kg/ha, K_2O - 40 bis 120 kg/ha) bewirkte bei der Japan.Lärche einen Mehrzuwachs zwischen 15 (D0) und 83 % (Schaftholz-volumenleistung). Dabei ist, im Vergleich zu früheren ertrags-kundlichen Aufnahmen (1956 bis 1961, 2 bis 7jährig), ein deut-licher Rückgang der Überlegenheit der Volldüngervarianten zu vermerken.

In den mit Kalkmergel (80 dz/ha), gestaffelten Gaben Rhenania-Phosphat (6 bzw. 12 dz/ha) und Dauerlupine gedüngten Mischbe-ständen aus Eiche (Stiel- und Roteiche) und Lärche (Europ. und Japan.Lärche) in GARTOW 11 wurde hinsichtlich der Gesamtvolumen-leistung eine Überlegenheit der Kombination Japan.Lärche/Stiel-eiche festgestellt. Dabei erwies sich die Japan.Lärche den bei-den durch die gesteigerte P-Zufuhr überproportional stärker ge-förderten Eichenarten gegenüber als weniger widerstandsfähig als die Europ.Lärche. Was die exakten durch die Düngung bewirkten Zuwachsmehrleistungen der vier Baumarten anbetrifft, so muß an dieser Stelle auf die in den entsprechenden Abschnitten zum Versuch G 11 gemachten Ausführungen verwiesen werden. Speziell bei diesem Versuch ist eine Trennung der durch die Mischbe-stockung einerseits und durch die Düngungsmaßnahmen andererseits verursachten Einwirkungen auf das Wuchsverhalten der einzelnen Baumarten besonders schwierig.

Ohne auf das Wuchsverhalten der in den Versuchen sonst noch in geringen Mengen vorgefundenen Mischbaumarten eingehen zu wollen -dazu wird auf die entsprechenden Abschnitte zu den Einzelversu-chen verwiesen- soll abschließend auf die Problematik der baum-artenweisen B e w e r t u n g g e d ü n g t e r M i s c h b e s t ä n d e eingegangen werden.

Bei den im Rahmen der vorliegenden Arbeit ausgewerteten Versuchen muß dazu unterschieden werden zwischen bereits zu Mischkulturen angelegten Versuchen und solchen, die sich infolge von Düngungs-maßnahmen durch Anfliegen anderer Baumarten und deren Duldung zu Mischbeständen entwickelt haben. Der Nachweis möglicher Dün-gungseffekte ist im letzteren Fall durch das Vorhandensein der Mischbaumart (en) bereits teilweise erbracht, die Problematik

einer getrennten Bewertung des u.a. durch die Düngung beeinflussten Wachstumsverhaltens aller in einem Mischbestand vertretenen Baumarten wirft jedoch erhebliche Schwierigkeiten auf. Deshalb sollten auch alle in dieser Arbeit gemachten Angaben zu eingetroffenen oder ausgebliebenen Düngungserfolgen bei Baumarten in Mischbeständen mit den nötigen Vorbehalten zur Kenntnis genommen und interpretiert werden.

Die von ASSMANN (1961) angeführten Charakteristika von Mischbeständen -das unterschiedliche Lichtbedürfnis und der unterschiedliche Wachstumsrhythmus der beteiligten Baumarten, die Erschließung und Ausnutzung verschiedener Wurzelhorizonte, die Unterschiede in der Streu und die in ihren Auswirkungen nur wenig geklärten Einwirkungen der einzelnen Baumarten aufeinander sowie die erhöhte Stabilität von Mischbeständen hinsichtlich Schadenseinwirkungen aller Art- diese Vorteile gegenüber Reinbeständen sind vielfältiger Art und geben eine Vorstellung von den möglichen und sehr vielschichtigen Reaktionen beispielsweise auf Düngungsmaßnahmen. Die Zahl entsprechender Untersuchungen sind bislang gering und auch nicht Ziel der vorliegenden Arbeit gewesen.

Aufschlußreiche diesbezügliche Ergebnisse haben die ersten Auswertungsarbeiten von JUNACK (1966) ergeben. Anhand der in den vorangegangenen Abschnitten beschriebenen Versuchsergebnisse soll nachgeprüft werden, wie weit die seinerzeit von JUNACK getroffenen Feststellungen, hauptsächlich zu den teilweise auch vom Verfasser bearbeiteten Gartower Versuchen in den Abt. 82 und 123, bestätigt werden können.

JUNACK (1966) stellt u.a. fest, daß "durch die Düngung die anspruchsvollere Holzart stärker als die weniger anspruchsvolle gefördert wird". Diese hauptsächlich in den Mischkulturen der Abteilungen 82 und 123 in Gartow gemachten Erfahrungen können anhand der vorliegenden Aufnahmeergebnisse aus den Jahren 1970/71 nur bestätigt werden. In allen Kiefernversuchen mit wesentlichen Anteilen anderer Baumarten wurde beispielsweise ein relativ überlegenes Wachstum der Kiefer auf den NULL-Varianten festgestellt (G 5, 6, 7 und 10). Dieses unterstreicht die Überlegenheit der Kiefer in diesen Mischungen ohne Düngung. Ähnliche Beobach-

tungen machten GUSSONE und WANDT (1969) in einer Mischkultur aus Japan.Lärche, Fichte, Douglasie, Sitka-Fichte, Traubenkirsche, Strobe und eingeflogener Kiefer in einer ausgewehten Niederung im Emsland nach einer Düngung mit Lupine, Thomasmehl und Kalkammonsalpeter. Gute Wuchsleistungen der Kiefer wurden dort darüberhinaus auch auf den PK-Varianten beobachtet. Das in ENGDEN-Schulte-Südhoff beobachtete entgegengesetzte Verhalten von Kiefer und Strobe bei ansteigenden Düngergaben (Kiefer fällt ab, Strobe partizipiert stärker) läßt die Frage nach den Nährstoffansprüchen beider Baumarten aufkommen. Ein Vergleich der Elementspiegelwerte in den Nadeln beider Kiefernarten weist die Strobe als die wesentlich anspruchsvollere Baumart aus. Deutlicher noch waren die Reaktionen der einzelnen Baumarten in den Gartower Fichten-Versuchen (G 2, 8 und 9). Während die ausschließliche Kalkung neben der Fichte vor allem die Roterle und teilweise (bis 80 dz/ha k.K.) die Kiefer gefördert, demgegenüber aber Anteilsrückgänge von Birke und Strobe bewirkt hat, führte die zusätzliche P-Düngung zu erheblichen Zuwachsstörungen bei Fichte, Roterle und Pappel. Kiefer, Birke und Strobe wiesen demgegenüber deutliche Rückgänge auf. Das gleiche Bild bot sich bei den Versuchen G 8 und 9. Auch in GARTOW 11 sind es eindeutig die Eichen (siehe Darstellung 6!), die mit zunehmenden P-Gaben die Lärchen deutlich zurückgedrängt haben. Dabei hat sich die Mischung von Stieleiche und Europ. Lärche als am stabilsten und der gesteigerten P-Zufuhr gegenüber als am wenigsten beeinflussbar erwiesen, während die Mischung aus Roteiche und Japan. Lärche sehr stark düngungsabhängig im o.a. Sinne reagiert hat.

Die von JUNACK (1966) angeführten Ausnahmen zu seiner generellen Beobachtung, die Düngung fördere prinzipiell die anspruchsvollere Baumart, können dahingehend ergänzt werden, daß in Gartow, Unterabteilung 82 b, die reine P-Zufuhr das Verhältnis von Kiefer zu Birke teils stark (G 6, 10), eine kombinierte PCa-Düngung (Rhenania-Phosphat und Kalk bzw. Thomasmehl und Hüttenkalk) teilweise sogar sehr stark zugunsten der Birke (G 5, 6) beeinflusst hat. Die zur Mischung Europ.Lärche/Roteiche erfolgte kombinierte PCa-Düngung bewirkte zwar einen relativ starken Anstieg des Eichenanteils auf den PR 6-Varianten, demgegenüber aber einen deut-

lichen relativen Anstieg des Lärchenanteils auf den PR 12-Varianten (s. Darstellung 16!). Im Versuch GARTOW 5 wurde darüberhinaus eine sehr deutliche Förderung der eingeflogenen Birke durch die Hüttenkalkdüngung (40 dz/ha) beobachtet (s. Darstellung 11 !).

Bei den Emsländer Versuchen konnten mit wenigen Ausnahmen (E 3, 4) Beobachtungen zu eingeflogenen Mischbaumarten kaum gemacht werden, möglicherweise als Folge kompromißloserer Pflegeeingriffe als in Gartow. Birkenanteile im Fichtenversuchsteil von ENGDN-Theißing zwischen 30 und 35 % auf den Volldünger-Varianten, bei entsprechenden 12 % auf den vergleichbaren Lärchenparzellen, lassen jedoch ebenfalls erkennen, daß die Gartower Erfahrungen zwar typisch für die dortigen Standorte und die erfolgten Düngungsmaßnahmen sind, in abgewandelter Form jedoch überall gemacht werden können (s. GUSSONE, REHFUESS, ULRICH; 1972; Düngungsmodell 3 !). Das starke Auftreten der nachträglich eingeflogenen Kiefer auf der Ca-Variante im Mischbestandsversuchsteil ENGDN-Schulte-Südhoff ist eine Parallele zu den diesbezüglichen Beobachtungen in Gartow.

Die in einigen der bearbeiteten Versuche gemachten Erfahrungen im Zusammenhang mit der Düngung von Mischbeständen bzw. den durch die Düngung eröffneten Möglichkeiten einer Einflußnahme auf Kulturen in Richtung einer vielfältigeren Bestandeszusetzung müssen unter dem Aspekt der für Mischbestände besonders attraktiven Vorteile gesehen werden. Einige dieser Vorteile wurden bereits aufgeführt.

Ergänzt werden sollten sie vielleicht durch einen Hinweis auf die Vorzüge, die jeden gesunden Mischbestand auszeichnen und die diese Waldform besonders geeignet erscheinen lassen, die zahlreichen unter dem Schlagwort der Landeskultur zusammengefaßten Anforderungen der Allgemeinheit an den Wald auf eine befriedigende und nachhaltige Weise zu erfüllen.

6 AUSSAGEWERT DER VERSUCHSERGEBNISSE FÜR DAS NIEDERSÄCHSISCHE TIEFLAND

Der Wert der vorgelegten Versuchsergebnisse kann zum einen in der Vielzahl der bearbeiteten Versuche und damit in der guten Vergleichsmöglichkeit von Reaktionen vergleichbar angelegter und gedüngter Baumarten und Baumartenmischungen gesehen werden -Vorteile, wie sie in weit größerem Maße, da eine beträchtlich größere Anzahl von Versuchen betreffend, die Arbeiten von WIEDEMANN (1932) und JUNACK (1966) auszeichnen- zum anderen liegt er in der Komplexität einer umfassenden Versuchsaufnahme, die trotz mancher aufgezeigter Mängel einen guten Einblick in die Wechselbeziehungen zwischen Boden und Pflanze ermöglicht hat. Dennoch haben diese Ergebnisse ihre Gültigkeit vornehmlich auf bestimmten Standorten des niedersächsischen pleistozänen Flachlandes, für die sie als Entscheidungshilfen für zukünftige Düngungsmaßnahmen gedacht sind. Um welche Standorte es sich dabei handelt und welche Flächenanteile von der Gesamtwaldfläche des niedersächsischen pleistozänen Tieflandes von diesen Standortstypen eingenommen werden, soll im folgenden dargelegt werden.

Die Mehrzahl der bearbeiteten Versuche liegt auf Talsanden mit Grundwassereinfluß. Nur zwei Versuche im Emsland (EMEN 2 und HÜNTEL 3) sind in sogenannten ausgewehten Niederungen angelegt worden. Einer überschlägigen Berechnung der durch die Versuche annähernd repräsentierten Flächenanteile wurden deshalb vereinfachend die von der niedersächsischen Standortskartierung (OTTO, 1972) ausgeschiedenen Standortstypengruppen "Ärmere Sande" des Höhenpleistozäns sowie "Talsande" des Talpleistozäns zugrunde gelegt.

Danach wurden für die niedersächsischen L a n d e s f o r -
s t e n im pleistozänen Flachland (100 %) ausgewiesen:

Höhenpleistozän, Ärmere Sande	25.100 ha (20 %)
Talpleistozän, Talsande	27.600 ha (21 %)
insgesamt innerhalb der Landesforsten	52.700 ha (41 %)

Aufgrund von persönlichen Mitteilungen der Herren Oberlandforstmeister G. BOSSE, Forstabteilung der Landwirtschaftskammer Hannover und H. WANDT, Forstabteilung der Landwirtschaftskammer Weser-Ems, können die im privaten, gemeinschaftlichen, körperschaftlichen und kirchlichen Besitz befindlichen und von den Landwirtschaftskammern betreuten Waldflächen des niedersächsischen Tieflandes nach Standortstypengruppen wie folgt aufgegliedert werden:

LWK H a n n o v e r :

Gesamtwaldfläche im pleistozänen Tiefland rd. 315.000 ha (100 %), davon

Geschiebelehm (einschl. Geschiebemergel und Tone)	47.300 ha	{ 15 %}
Mittlere Sande	94.500 ha	{ 30 %}
Arme Sande	126.000 ha	{ 40 %}
Talsande (einschl. Moore u. Auen)	47.200 ha	{ 15 %}
<u>insgesamt also</u>	<u>315.000 ha</u>	<u>{ 100 %}</u>

Im Zusammenhang mit den bearbeiteten Versuchen interessieren jedoch davon vorrangig die

Armen Sande	126.000 ha
<u>Talsande</u>	<u>47.200 ha</u>
<u>insgesamt also</u>	<u>173.200 ha.</u>

LWK W e s e r - E m s :

Gesamte betreute Waldfläche 117.000 ha (100 %), davon liegen im pleistozänen Flachland annähernd 97.000 ha. Die Gesamtwaldfläche gliedert sich wie folgt auf:

Geschiebelehme	23.400 ha	{ 20 %}
Mittlere Sande	11.700 ha	{ 10 %}
Ärmere Sande	35.100 ha	{ 30 %}
Talsande	46.800 ha	{ 40 %}
<u>insgesamt</u>	<u>117.000 ha</u>	<u>{ 100 %}</u>

Davon interessieren im Zusammenhang mit den bearbeiteten Versuchen die

Ärmeren Sande	35.100 ha
<u>Talsande</u>	<u>46.800 ha</u>
<u>also insgesamt</u>	<u>81.900 ha.</u>

Die Addition der im Bereich des niedersächsischen Tieflandes auf die beiden Standortstypengruppen "Ärmere Sande" und "Talsande" entfallenden Waldflächen ergibt demnach:

Landesforsten	52.700 ha	{ 17 %}
Betreuungswald LWK Hannover	173.200 ha	{ 56 %}
Betreuungswald LWK. Weser-Ems	81.900 ha	{ 27 %}
insgesamt also	307.800 ha	{ 100 %}

Dieses ist, geht man von einer Holzbodenfläche des Landes Niedersachsen von rd. 944.000 ha aus (Ergebnisse der Forsterhebung 1961; Hannover 1968), ein Drittel der Waldfläche des Landes, für die die zitierten Versuchsergebnisse, unter Berücksichtigung divergierender Klimaverhältnisse, direkt Gültigkeit besitzen. Auch ULRICH (1974) geht in seiner Düngungsplanung für die Landesforsten im niedersächsischen Tiefland hinsichtlich der beiden Standortstypengruppen "Ärmere Sande" und "Talsande" von vergleichbaren Flächengrößen aus, weitet diese jedoch hinsichtlich der Düngungswürdigkeit auch auf andere Standortstypengruppen aus und kommt somit zu noch erheblich größeren Flächen, allerdings nur für den niedersächsischen Staatswald.

Aus den Zahlen werden neben den absoluten Flächengrößen die relativen Anteile der im Landesbesitz befindlichen und von den Landwirtschaftskammern betreuten Waldflächen geringerer Standortqualität deutlich. Angesichts dieser, im Bereich leistungsfähigerer Standortstypengruppen sicherlich zugunsten der Landesforsten verschobenen Relationen erscheint es allerdings fraglich, ob der besonders für das Flachland für die fernere Zukunft prophezeite Wandel des Landschaftsbildes aufgrund einer vielgestaltigeren Forstwirtschaft (OTTO, 1974) überhaupt sichtbar werden wird, wenn die aus den Ergebnissen der Standortskartierung im Staatswald Niedersachsens gewonnenen Erkenntnisse nicht auch im Nichtstaatswald in irgendeiner Weise Grundlage der längerfristigen Wirtschaftsplanung werden. Denn, wie gezeigt wurde, gerade die noch überwiegend mit Kiefer bestockten geringerwertigen Standorte im nördlichen Bereich Niedersachsens sind nur zu einem sehr geringen Teil (17 %) im Landesbesitz und somit in ihrer Masse, trotz einer durch die Sturmschäden der Jahre

1972/73 beschleunigten Entwicklung, vorerst, teils aufgrund fehlender Standortserkundung, teils aber auch aus privatwirtschaftlichen Gründen, nicht für eine waldbaulich-ökologisch und ertragskundlich fundierte Umwandlung vorgesehen. Was deshalb nottut ist ein den aus vielerlei Gründen anders gelagerten Verhältnissen im Nichtstaatswald angepaßter Übersetzungsschlüssel, mit dessen Hilfe das im Staatswald mit Erfolg angewandte Standortskartierungsverfahren auf die Verhältnisse im Nichtstaatswald übertragen werden kann, u.a. als Grundlage einer auch hier auf großen Flächen sinnvoll erscheinenden Walddüngung.

Für den Bereich der Kulturdüngung im weiteren Sinne (GUSSONE, 1970) konnten aufgrund der Ergebnisse der in den vorangegangenen Abschnitten beschriebenen Versuche gute bis sehr gute Erfolge nach Düngungsmaßnahmen nachgewiesen werden. Ebenso wurden die in der neueren Literatur vorliegenden Empfehlungen zur Kulturdüngung im nordwestdeutschen Raum (GUSSONE, REHFUESS, ULRICH, 1972) weitestgehend bestätigt.

7 ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit sind die Entwicklungen sowie die auf einer gemeinsamen Versuchsaufnahme von 1970/71 basierenden Ergebnisse von 14 Kulturdüngungsversuchen zu verschiedenen Baumarten beschrieben worden. Alle Versuche liegen im niedersächsischen pleistozänen Tiefland.

Die Anregung zu der für viele Versuche erneuten Bearbeitung kam von seiten der Versuchsansteller. Sie wurde von den Instituten für Bodenkunde und für Waldbau der Forstlichen Fakultät in Göttingen aufgegriffen. Das Land Niedersachsen finanzierte die Aufnahme- und Auswertungsarbeiten.

Ziel der Arbeit war die zusammenfassende Darstellung der für ein regional und standörtlich überschaubares Gebiet vorliegenden Erfahrungen zur Kulturdüngung.

Bei der Beschreibung der Versuche und ihrer Ergebnisse wurde nach Baumarten sowie nach Rein- und Mischbestandsversuchen getrennt verfahren.

Es wurden die folgenden Ergebnisse erzielt:

1. Die mit der Düngung bei allen Versuchen im Vordergrund gestandene Absicht einer Verbesserung unzureichender Standortbedingungen hat zwar grundsätzlich und ohne Ausnahme zu deutlichen Wachstumsverbesserungen der betroffenen Baumarten geführt. Dennoch wurde eine nachhaltige Verbesserung chronischer Standortsschwächen, beispielsweise des krassen N-Mangels in den ausgeweideten Niederungen des Emslandes, aber auch auf den dortigen Talsanden, nicht erreicht. Demgegenüber haben sich die untersuchten grundwassernahen Cartower Talsande hinsichtlich des Nährstoffangebotes für die dort geprüften Baumarten als günstiger erwiesen als aufgrund früherer Untersuchungen erwartet werden konnte.

2. Angesichts der in Pkt. 1 dargelegten Erfahrungen sollten die Düngungsempfehlungen von GUSSONE, REHFUESS, und ULRICH (1972) dahingehend ergänzt werden, daß in Kiefernkulturen auf Standorten mit extremem Stickstoffmangel im Interesse einer gleichbleibend ausreichenden N-Versorgung einschließlichs entsprechender Zuwachseleistungen Nachdüngungen mit Stickstoff im Abstand von 5 bis 10

Jahren unumgänglich sind.

3. In den durchweg in üblichen Dosierungen voll-gedüngten Emsländer Versuchen zu reiner K i e f e r wurde, 7 bis 20 Jahre nach Abschluß der Düngungsmaßnahmen, zumeist ein deutlicher N-Mangel festgestellt. Auswirkungen der Düngung waren relativ häufig eine Erhöhung des P-Angebots sowie eine Verbesserung der Bodenreaktion. Die insgesamt höher als die vergleichbaren emsländer Standorte einzustufenden grundwassernahen Talsande Gartow's bieten der Kiefer eine allgemein gute Versorgung mit allem Nährstoffen. Eine starke Förderung erfuhr hier die Birke durch die P-Ca-Düngung. Dadurch wurde eine ertragskundliche Beurteilung der Versuche erheblich erschwert. Insgesamt wurden jedoch auf allen Kiefernversuchen eine durch die Düngung bewirkte deutliche Wuchsverbesserung nachgewiesen.

4. Für die ausschließlich in Mischbeständen bearbeitete F i c h t e konnte in insgesamt fünf Versuchen nur in einem Fall eine unzureichende N-Versorgung festgestellt werden. Auch bei dieser Baumart wirkten sich die standörtlichen Vorzüge der gartower Talsande sichtbar aus, obwohl in allen Versuchen gute Wuchsreaktionen auf die Düngung festgestellt werden konnten.

5. Während eine allgemeine Beurteilung der Ernährungssituation der J a p a n . L ä r c h e aufgrund erheblicher Anlagemängel nahezu aller Lärchenversuche und weitgehend unterbliebener Nadelanalysen an dieser Baumart kaum möglich ist, kann zu ihrer Wuchsleistung festgestellt werden, daß die zusätzlich zur vorherrschenden Kalkgrunddüngung durchgeführte P- bzw. Volldüngung erhebliche Mehrleistungen bewirkt hat.

6. Von den zahlreichen und in den verschiedenen Versuchen teils mitausgepflanzten, teils im Laufe der Versuchsentwicklung angeflogenen und von der Düngung unterschiedlich stark geförderten M i s c h b a u m a r t e n verdient die B i r k e besondere Beachtung. Ihre starke Förderung durch die P-Düngung auf den grundwassernahen Talsanden in Gartow, Folgen einer zu flachen Einarbeitung der Dünger in den Boden und unterlassener Pflegemaßnahmen, ist ein ernstzunehmender Faktor jeglicher Düngungsplanung auf vergleichbaren Standorten. Eine ähnlich starke Reak-

tion auf eine P-Zufuhr wurde bei R o t e r l e und P a p p e l beobachtet, bei letzterer stärker noch nach PCa-Düngungen. Dort wo die K i e f e r und die S t r o b e als angeflogene Mischbaumarten auftraten, bewiesen sie im Vergleich zur Volldüngung eine besondere Vitalität auf den NULL- und Ca-Varianten. Die Überlegenheit der Strobe in einer Mischung mit Fichte, Sitka-Fichte und Kiefer wurde auf einem Talsand im Emsland nach Volldüngung deutlich. In Mischbeständen aus E i c h e und L ä r c h e bewirkte eine zusätzlich zur ganzflächigen Kalkgrunddüngung erfolgte P-Zufuhr eine erheblich stärkere Förderung der Eichen.

8 Zusammenstellung der Tabellen

Tabelle 1	Klimawerte, Bereich niedersächsisches Pleistozän	Seite 15
2	Bestockungsaufbau im niedersächsischen pleistozänen Flachland	20
3	Klimawerte einiger Wuchsbereiche (LN, EH, LM)	28
4	Niederschlagsverhältnisse im FA. GARTOW	28
5	Klimawerte Emsland	34
6	Häufigkeit der Düngung mit einzelnen Nährstoffen im EMSLAND und in GARTOW	46
7	Summe der insgesamt ausgebrachten Nährstoffmengen (kg/ha) in den einzelnen Versuchen	57
8	EMEN 2, zeitlicher Ablauf und Ausmaß der Düngung	63
9	EMEN 2, bodenkundliche Daten	66
10	EMEN 2, nadelanalytische Daten Kiefer	68
11	EMEN 2, ertragskundliche Daten Kiefer	69
12	ENGDEN (Schulte-Südhoff) Reinnährstofftabelle	76
13	ENGDEN (Schulte-Südhoff) Höhenmessung Kiefer, 1956 - 1961	79
14	ENGDEN (Schulte-Südhoff) Jahrestrieblängen zu Kiefer 1959	81
15	ENGDEN (Schulte-Südhoff), bodenkundliche Daten	82
16	ENGDEN (Schulte-Südhoff), nadelanalytische Daten Kiefer	84
17	ENGDEN (Schulte-Südhoff), ertragskundliche Daten Kiefer	86
18	HÜNTEL 3, zeitlicher Ablauf und Ausmaß der Düngung	92
19	HÜNTEL 3, ertragskundliche Messungen 1959 - 1964 zu Kiefer	94
20	HÜNTEL 3, bodenkundliche Daten	96
21	HÜNTEL 3, nadelanalytische Daten Kiefer	98
22	HÜNTEL 3, ertragskundliche Daten Kiefer	99
23	KLEIN STAVERN, zeitlicher Ablauf und Ausmaß der Düngung	105
24	KLEIN STAVERN, Oberhöhenmessungen Kiefer 1957 - 1961	106
25	KLEIN STAVERN, Jahrestrieblängen Kiefer 1958 - 1961	107
26	KLEIN STAVERN, bodenkundliche Daten	109
27	KLEIN STAVERN, nadelanalytische Daten Kiefer	110
28	KLEIN STAVERN, ertragskundliche Daten Kiefer	112
29	GARTOW 6/11, bodenkundliche Daten	120
30	GARTOW 6/11, nadelanalytische Daten Kiefer	121
31	GARTOW 6/11, ertragskundliche Daten Kiefer	122
32	GARTOW 5, ertragskundliche Messungen Kiefer 1956/57	129
33	GARTOW 5, bodenkundliche Daten	131
34	GARTOW 5, nadelanalytische Daten Kiefer	132
35	GARTOW 5, ertragskundliche Daten Kiefer	134
36	GARTOW 5, ertragskundliche Daten Birke	138
37	GARTOW 5, ertragskundliche Daten Japan-Lärche	139
38	GARTOW 5, ertragskundliche Daten Strobe	139
39	GARTOW 5, ertragskundl. Summenwerte über die Baumarten Kiefer, Strobe, Jap. Lärche, Birke	139
40	GARTOW 6/7, bodenkundliche Daten	144
41	GARTOW 6/7, nadelanalytische Daten Kiefer	147
42	GARTOW 6/7, nadelanalytische Daten Kiefer	147
43	GARTOW 6/7, Baumartenanteile	149
44	GARTOW 6/7, ertragskundliche Daten Kiefer	151
45	GARTOW 6/7, ertragskundliche Daten Birke	152
46	GARTOW 6/7, ertragskundliche Summenwerte Kiefer und Birke	153
47	GARTOW 6/7, ertragskundliche Meßergebnisse für Strobe, Japan-Lärche, Fichte und Aspe	154
48	GARTOW 10, bodenkundliche Daten	158
49	GARTOW 10, nadelanalytische Daten Kiefer	162
50	GARTOW 10, ertragskundliche Daten Kiefer	161
51	GARTOW 10, ertragskundliche Daten Birke	162
52	GARTOW 10, ertragskundliche Daten Japan-Lärche	166
53	GARTOW 10, ertragskundliche Daten Roterle	166
54	GARTOW 10, ertragskundliche Daten Fichte	168
55	GARTOW 10, ertragskundliche Daten Kiefer, Fichte, Strobe, Europ. Lärche, Roterle, Birke	168
56	EMEN 1, zeitlicher Ablauf und Ausmaß der Düngung	183
57	EMEN 1, bodenkundliche Daten	185
58	EMEN 1, nadelanalytische Daten Sitka-Fichte	187
59	EMEN 1, ertragskundliche Daten Sitka-Fichte	188
60	ENGDEN-(Schulte-Südhoff), jährlicher Höhenzuwachs 1958/59 Fichte, Sitka-Fichte, Strobe	193
61	ENGDEN-(Schulte-Südhoff), nadelanalytische Daten Fichte	196
62	Baumartenweise Anteile an Gesamtstammzahl- und grundflächenhaltung	198
63	ENGDEN-(Schulte-Südhoff) ertragskundliche Daten Kiefer	200
64	ENGDEN-(Schulte-Südhoff) ertragskundliche Daten Fichte	200
65	ENGDEN-(Schulte-Südhoff) ertragskundliche Daten Sitka-Fichte	200
66	ENGDEN-(Schulte-Südhoff) ertragskundliche Daten Strobe	200

1	67	ENG DEN-(Schulte-Südhoff), Summenwerte über die Baumarten Fichte, Sitka-Fichte, Strobe	Seite 202
	68	ENG DEN-Theißing, Höhenmessungen an der Fichte 1967 und 1970	207
	69	ENG DEN-Theißing, bodenkundliche Daten	208
	70	ENG DEN-Theißing, nadelanalytische Daten Fichte	211
	71	ENG DEN-Theißing, ertragskundliche Daten Fichte	214
	72	ENG DEN-Theißing, Anteile der Fichte an Pflanzen unter 1,3 m Gesamthöhe	215
	73	ENG DEN-Theißing, ertragskundliche Daten Birke	216
	74	ENG DEN-Theißing, Anteile von Birke und Kiefer an der Gesamtstammzahl	217
	75	GARTOW 2, Höhenmessungen an der Fichte 1952 bis 1958	224
	76	GARTOW 2, Höhen- und Brusthöhendurchmesser-Messungen an der Pappel 1954 bis 1958	226
	77	GARTOW 2, Höhenmessungen an der Roterle 1952 bis 1959	226
	78	GARTOW 2 a, bodenkundliche Daten	228
	79	GARTOW 2 b, bodenkundliche Daten	228
	80	GARTOW 2 c, bodenkundliche Daten	228
	81	GARTOW 2 a/b, nadelanalytische Daten Fichte	230
	82	GARTOW 2 c, nadelanalytische Daten Fichte	231
	83	GARTOW 2 a/b, Baumartenanteile anhand der Stammzahl- und Grundflächenwerte/ha	232
	84	GARTOW 2 a, ertragskundliche Daten Fichte	235
	85	GARTOW 2 b, ertragskundliche Daten Fichte	239
	86	GARTOW 2 a, ertragskundliche Daten Birke	241
	87	GARTOW 2 a/b, ertragskundliche Daten Birke	241
	88	GARTOW 2 c, ertragskundliche Daten Fichte	242
	89	GARTOW 2 c, ertragskundliche Daten Roterle	242
	90	GARTOW 2 c, ertragskundliche Daten Birke	242
	91	GARTOW 8/9, Höhenmessungen an Fichte 1952 bis 1959	247
	92	GARTOW 8/9, Höhen- und Brusthöhendurchmesser-Messungen an der Pappel 1952 bis 1958	248
	93	GARTOW 8/9, Höhen- und Stammzahlmessungen an Birke, vergleichende Messung an Fichte 1959	250
	94	GARTOW 8/9, bodenkundliche Daten	251
	95	GARTOW 8/9, nadelanalytische Daten Fichte	252
	96	GARTOW 8/9, Baumartenanteile anhand der Stammzahl- und Grundflächenwerte/ha	255
	97	GARTOW 8/9, ertragskundliche Daten Fichte	258
	98	GARTOW 8, ertragskundliche Daten Roterle	262
	99	GARTOW 8, ertragskundliche Daten Kiefer	262
	100	GARTOW 8, ertragskundliche Daten Strobe	262
	101	GARTOW 9, ertragskundliche Daten Birke	262
	102	EMEN 1, bodenkundliche Daten	276
	103	EMEN 1, ertragskundliche Daten Japan.Lärche	277
	104	ENG DEN-(Schulte-Südhoff), jährliche Höhenzuwachsleistung Japan.Lärche 1956 bis 1961	281
	105	ENG DEN-(Schulte-Südhoff), Jahreshöhenzuwachsleistung Japan.Lärche 1959	282
	106	ENG DEN-(Schulte-Südhoff), mittl. Lärchenhöhen n. Abschluß der Veg. Periode 1959 und 1960	283
	107	ENG DEN-(Schulte-Südhoff), ertragskundliche Daten Japan.Lärche	286
	108	ENG DEN-Theißing, Höhenmessungen an der Japan.Lärche 1967 und 1970	291
	109	ENG DEN-Theißing, ertragskundliche Daten Japan.Lärche	295
110/111	GARTOW 11 a/b, Höhenmessungen der Jahre 1954, 1956 und 1957 an Lärchen und Eichen	308	
	112	GARTOW 11 a/b, bodenkundliche Daten	311
	113	GARTOW 11 a/b, Nährelementkonzentrationen in den Lärchen-Nadeln	314
	114	GARTOW 11 a/b, Baumartenanteile am Beispiel d. Gesamtstammzahl sowie der Gesamtgrundflächen- und -schaftholzleistung	318
	115	GARTOW 11 a/b, ertragskundliche Daten Japan.Lärche	320
	116	GARTOW 11 a/b, ertragskundliche Daten Europ.Lärche	321
	117	GARTOW 11 a/b, ertragskundliche Daten Stieleiche	321
	118	GARTOW 11 a/b, ertragskundliche Daten Roteiche	321

Zusammenstellung der Übersichten

Übersicht	1	Übersicht über die Kulturdüngungsversuche im FA. GARTOW	Seite	24
	2	Übersicht über die Kulturdüngungsversuche in den FÄ. NORDHORN und MEPPEN		30
	3	Übersicht über die bearbeiteten Versuche zu Kiefer		61
	4	Übersicht über die bearbeiteten Versuche zu Fichte einschl. Sitka-Fichte		180
	5	Übersicht über die bearbeiteten Versuche zu Japan.Lärche		272

Zusammenstellung der Darstellungen

Darstellung	1	Darstellung der in den Düngungsversuchen im EMSLAND und in GARTOW vertretenen Baumarten	22
	2	Schematische Darstellung der Versuchsanlagen im FA. GARTOW	39
	3	Schematische Darstellung der Versuchsanlagen im FA. GARTOW	40
	4	Schematische Darstellung der Versuchsanlagen im EMSLAND	41
	5	EMEN 2, ausgebrachte Nährstoffmengen kg/ha, 1958 - 63	64
	6	EMEN 2, Wachstumskurve zu Kiefer	71
	7	ENGDEN (Schulte-Südhoff), Jahrestrieblängen der Kiefer, 1959	80
	8	HÜNTEL 3, ausgebrachte Nährstoffmengen kg/ha	93
	9	HÜNTEL 3, Wachstumskurve zu Kiefer	101
	10	KLEIN STAVERN, Wachstumskurve zu Kiefer	114
	11	GARTOW 5, Baumartenanteile bei Stammzahl und Grundfläche	135
	12	GARTOW 5, Wachstumskurve zu Kiefer	136
	13	GARTOW 10, Wachstumskurve zu Kiefer	164
	14	GARTOW 2 a, Wachstumskurve zu Fichte	237
	15	GARTOW 8/9, Wachstumskurve zu Fichte	260
	16	GARTOW 11 a/b Baumartenanteile in vier Mischbeständen aus Eiche und Lärche	317

9 LITERATURNACHWEIS

AFJZ Allgemeine Forst- und Jagdzeitung
AFZ Allgemeine Forstzeitschrift
BLV Bayerischer Landwirtschaftsverlag
FA Forstarchiv
FC Forstwissenschaftliches Centralblatt
FuH Der Forst- und Holzwirt
Aff Archiv für Forstwesen

ALBERT, R.: Welche Erfahrungen liegen bis jetzt über den Einfluß künstlicher Düngung und Bodenbearbeitung im forstlichen Großbetriebe vor? In welcher Weise und nach welcher Richtung hin sind Versuche hierfür fernerhin anzustellen? Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, 27, 1905, 3, S. 140

ASSMANN, E.: -Waldertragskunde-
BVL, 1961

BARELMANN, H.: Bodenbearbeitung, Düngung und Baumartenwahl bei der Ödlandaufforstung im Emslanderschließungsgebiet.
AFZ, 18, 1963, 42

BAULE, H.: Stand und Entwicklung der Forstdüngung in Skandinavien.
AFZ, 1970, 1/2

- 40 Jahre Erfahrungen mit Kalidüngung der Kiefer
FuH, 1971, 19, S. 378

- Bericht über den Kieferndüngungsversuch bei Poddebiße bei Lodz sowie über forstliche Forschungs- und Züchtungsarbeiten in Puczniew bei Posen
FuH, 26, 1971, 19 u. 20

BAULE, H., und FRICKER, C.: Die Düngung von Waldbäumen
BVL, München-Basel-Wien, 1967

BECKER-DILLINGEN, J.: Die Ernährung des Waldes
Verlags Gesellschaft für Ackerbau, Berlin, 1936

BEHRENDT, G.: Über den Anbau von Nadelbaumarten in der küstennahen Zone Nordwestdeutschlands
AFZ, 1963, 42

- Krankheiten der Erstkulturen; AFZ, 18, 1963, Nr. 42

BERGEL, D.: Untersuchungen über Randwirkungen in Versuchsflächen im Jungbestandsstadium; FA 44, 1973, H. 11

BONNEMANN, A.: -Waldbauliche Terminologie-
Schriftenreihe der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen Nr. 40, 1967

BRÜNING, D.: Forstdüngung
Neumann Verlag, Radebeul, 1959

- BRÜNING, D.: Kalidüngungsversuche in der Volksrepublik Polen (Diskussionsbemerkungen) Tagungsbericht, 1970 Ernährung und Düngung von Koniferen im Mittelgebirge und im Hügelland
- DENGLER, A.: Waldbau auf ökologischer Grundlage Berlin, 1929 (1971) Verlag Paul Parey
- DITTMAR, O.: Eine mathematisch-statistische Auswertung zweier Düngungsversuchsreihen auf armen Talsanden des nordostdeutschen Diluviums Aff, 2, 1953, H.6, S. 552
- EHRENBERG, P.: Kritische Gedanken über Forstdüngungsversuche Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, 43, 1911, S. 174
- Ergebnisse der Forsterhebung 1961, Betriebsverzeichnisse bei der Forstwirtschaft in Niedersachsen, 1960, Niedersächsisches Landesverwaltungsamt - Statistik - Hannover, 1963
- FIEDLER, H. J., HÖHNE, H., und LEUBE, F.: Ergebnisse von Düngungsversuchen zu Kiefernkulturen in der Lausitz (I) Aff, 19, 1970, H.9/10
- FIEDLER, H. J., LEUBE, F., und HÖHNE, H.: Ergebnisse von Düngungsversuchen zu Kiefernkulturen in der Lausitz (III.), Beiträge für die Forstwirtschaft, 7, 1973, 3, S. 102
- Forstliche Standortsaufnahme - Arbeitskreis für Standortskartierung in der Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung 1966, Landwirtschaftsverlag GmbH, Hiltrup
- FRANZ, F.: Elektronische Datenverarbeitung in der Forstwirtschaft - Voraussetzungen, Einsatzmöglichkeiten und Aussagegrenzen FC, 87, 1968, 5, S. 257
- Geologischer Jahresbericht - Zur Geologie des Emslandes Hannover, 1960, Beiheft No 37
- GÖRGES, H.: Forstliche Wuchsbezirke in Niedersachsen Neues Archiv für Niedersachsen, Bd. 18, H.1, Göttingen 1969
- van GOOR, C.P.: Kriterien zur Feststellung des Düngungsbedürfnisses in der Forstwirtschaft. Walddüngung. Internationales Kali-Institut, Bern, 1967, S. 55
- GRAF, J.: Pflanzenbestimmungsbuch J.F. Lehmann's Verlag, München, 1957
- GRAHLE, H.O.: in: Zur Geologie des Emslandes, Beiheft Nr. 37 Hannover 1960
- Grundlagen der Forstwirtschaft, M.H. Schaper-Verlag, Hannover 1959

GUSSONE, H.A.: Ergebnisse eines Düngungsversuchs zu Kiefern auf nährstoffarmem Boden Norddeutschlands
AFJZ, 134, 1963, 2, S. 45

- Faustzahlen für Düngung im Walde
BLV Verlag, München-Basel-Wien, 1964
- Die weitere Entwicklung des Düngungsversuchs Boitzenhagen. Berichte Ve congrès mondial des fertilisants, Zürich, 1964, Nr. 11, S. 1
- Die Düngung der Pappel, Landw. Zeitschrift der Nordrheinprovinz, Nr. 46 u. 47, 1965
- Aufmessungsverfahren in jungen Kiefernbeständen, dargestellt an den Ergebnissen des Düngungsversuchs Gades-Ehra, AFJZ, 137, 1966, 12, S. 269
- Generelle Kulturdüngung: ja oder nein?
FuH, 1968, 5, S. 91

GUSSONE, H.A., und WANDT, H.: Beobachtungen über die Wirkung von Dauerlupine und Mineraldüngern bei Nadelbaumkulturen im Emsland, Bericht IUFRO-Kongreß, Prag, 1969

GUSSONE, H.A.: Unterschiede zwischen Kulturdüngung und Jungwuchsdüngung. FuH, 25, 1970, S. 165

- 3. Bericht über den Düngungsversuch Boitzenhagen
AFJZ, 143, 1972, 3/4

GUSSONE, H.A., REHFUESS, K.E. und B. ULRICH: Entwicklungstendenzen der Forstdüngung,
AFJZ, 143, 1972, 3/4, S. 41

GUSSONE, H.A.: Über forstliche Düngungsversuche mit spezieller Zielsetzung für den Waldbau des nordwestdeutschen Flachlandes, Habilitationsschrift für das Fach Waldbau der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen 1974, Schriftenreihe der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen, Band 46

Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung,
Band II, 1968

HAUSSER, K. und Mitarbeiter: Empfehlungen für das Planen, Anlegen, Behandeln und Auswerten forstlicher Düngungsversuche. AFJZ, 140, 1969, 6, S. 121

HEINSDORF, D.: Der Einfluß von N-, P-, K-, Mg-Düngung auf Ernährung und Wachstum von Kiefern kulturen auf unterschiedlichen Standorten Mittelbrandenburgs, Tagungsbericht der Arbeitsgemeinschaft Forstdüngung 1963 Nr. 66, Dresden

- Untersuchungen über die Wirkung mineralischer Düngung auf das Wachstum und den Ernährungszustand von Kiefern kulturen auf Sandböden im nordostdeutschen Tiefland, AfF, Bd. 15, 1966, H. 11/12

- HEINSDORF, D.: Der Einfluß unterschiedlicher Bodenbearbeitung auf die Feinwurzelentwicklung einer 3jährigen Kiefernkultur auf einem nährstoffarmen Sandstandort
Aff, Bd. 18, 1969, H 9/10
- HEINSDORF, D. und H.H. KRAUS: Ergebnisse von Düngungsversuchen zu Androscoggin-Pappeln auf einem ziemlich nährstoffarmen Sandboden im Bezirk Potsdam; AFZ, 19, 1970, H. 5, S. 555
- HEMPLE und BAULE, H.: Walddüngung und Wiederaufforstung der Waldböden in Polen; AFZ, 26, 1971, 18, S. 372
- HOLSTENER-JØRGENSEN, H.: Düngung der Fichte und Japan-Lärche im dänischen Heidegebiet - ein qualitativer Versuch
Tagungsbericht Nr. 66, Tagung Arbeitsgemeinschaft Forstdüngung in Dresden 1963
- Et gødningsforsøg i en stagnerende grankultur i Nørlund plantage, Randbøl statsskovdistrikt Dansk Skovforenings Tidsskrift, 54, 1969, S. 234-240
 - Afgrødeanalyser i Pyntegrønt bevoksninger af Nobilis - Dansk Skovforenings Tidsskrift 54, S. 166-171, 1969
- HOLSTENER-JØRGENSEN, H. und J. LUNDBERG: Gødningsforsøg i skove og plantager, Hedeselskabets Tidsskrift No 3, 1970
- HOLSTENER-JØRGENSEN, H. und B. GREEN: Et gødningsforsøg i en rødgrankultur i Hønning plantage
Det Forstliche Forsøgsvæsen i Danmark, No 255, Bd. 32, H. 4 1971
- JOHN, W.: Der Gründüngungs- und Holzartenversuch Engden- eine waldbaulich-ertragskundliche und bodenkundliche Auswertung
Diplomarbeit an der Forstl. Fakultät Göttingen 1973
(nicht veröffentlicht)
- JUNACK, H.: Erste Ergebnisse von Düngungsversuchen im Gräfl. von Bernstorff'schen FA. Gartow; FuH, 8, 1953, 10, S. 1
- Möglichkeiten und Erfolgsaussichten der Kiefernwirtschaft im küstenfernen Diluvium Niedersachsens; FuH, 1959, 2 u. 4
 - Frohwüchsige Kulturen durch sachgemäße Forstdüngung, 1961
 - Ein erfolgreicher Düngungsversuch mit Algierphosphat
FuH, 16, 1961, H. 18, S. 390
 - Möglichkeiten und Ertragsaussichten eines Ersatzes der Kiefer durch andere Holzarten auf Talsanden im atlantisch-kontinentalen Übergangsklima im Gräfl. v. Bernstorff'schen FA. Gartow; FuH, 1963, H. 18, S. 314
 - Waldbauliche und betriebswirtschaftliche Gesichtspunkte für und wider einen Ersatz der Kiefer durch andere Holzarten
FuH, 1963, H. 19, S. 385

- JUNACK, H.: Ergebnisse von Kulturdüngungsversuchen des Forstlichen Versuchsringes Niedersachsen
Aus dem Walde 1966, Heft 11
- Forstliche Produktionssteigerung durch Düngung in Niedersachsen
AFZ, 25/1970, 33-34, S. 694-696
 - Vor- und Nachteile einer zweistufigen Kiefernwirtschaft
AFZ, 25, 1970, 21
- JÜTTNER, O.: 70 Jahre Heideaufforstung -
Veröffentlichungen der Akademie für Raumforschung
und Landesplanung, Band 27, Verlag Walter Dorn,
Bremen-Horn 1954
- KAPPEN, H.: Die Hochhofenschlacke (Hüttenkalk) als Mittel
zur Vorbereitung des Bodens und zur Steigerung der
Ernten
Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, 1950
- Kartieranleitung - Arbeitsgemeinschaft Bodenkunde - heraus-
gegeben von der Bundesanstalt für Bodenforschung und
den Geologischen Landesämtern der Bundesrepublik
Deutschland, 1971
- KENNEL, R.: Ertragskundliche Ergebnisse neuer Düngungsversuche
in Kiefern-, Fichten- und Buchenbeständen Bayerns
FC, 86/1967, 1, S. 1-68
- Die Auswertung eines Praxisdüngungsversuchs als ein-
faches Beispiel integrierter Datenverarbeitung in der
Forstwissenschaft
FC, 87, 1968, 5, S. 257
 - Die Konstruktion von Ertragstafeln mit Hilfe von
Durchmesserverteilungen und Einheitshöhenkurven
FC, 90, 1971, 2, S. 117
- KREUTZER, K.: Über den Einfluß der Streunutzung auf den
Stickstoffhaushalt von Kiefernbeständen (*Pinus
silvestris* L.)
FC, 91, 1972, 4, S. 263
- LAATSCH, W.: Bodenfruchtbarkeit und Nadelholzanbau
1963, BLV München-Basel-Wien
- LEIBUNDGUT, H.: Empfehlungen für die Baumklassenbildung
und Methodik bei Versuchen über die Wirkung von
Waldpflegemaßnahmen
Mitteilungen IUFRO 1956, S. 92 - Sektion 23
- KRAUS, H.H.: Untersuchungen über die Melioration degradierter
Sandböden im nordostdeutschen Tiefland - I-VI;
AfF 1964, 12; 1965, 2,3,5,7,8

- LIEBENEINER, C.: Kulturdüngungsversuche zu Kiefer im FA. Gartow der Gräfl. von Bernstorff'schen Forstverwaltung - Eine waldbaulich -ertragskundliche u. bodenkdl. Auswertung. Diplomarbeit an der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen-1972, nicht veröffentlicht
- LOUEN, F.J.: Der Düngungsversuch TheiBing-Engden (Emsland) Diplomarbeit an der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen 1973 (nicht veröffentlicht)
- MATERNA, J.: Ernährungsprobleme in Kiefernbeständen Tagungsbericht No.75, Intern. Symposium "aktuelle Probleme der Kiefernwirtschaft" des Instituts für Forstwissenschaft Eberswalde 1964
- van der MEIDEN, H.A.: Kalibemesting bij populier Kali No 59, 1964, S. 295, Amsterdam (AFZ, 1965, 16/17)
- MÜLLER, H.-J.: Kulturdüngungsversuch zu Fichte (Pappel und Roterle) im FA. Gartow der Gräfl. von Bernstorff'schen Forstverwaltung. Diplomarbeit an der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen 1971
- MYLIUS, A.: Kulturdüngungsversuche zu Kiefer im FA. Gartow der Gräfl. von Bernstorff'schen Forstverwaltung Diplomarbeit an der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen 1973 (nicht veröffentlicht)
- ODUM, E.: Ökologie, 1967, BLV, München-Basel-Wien,
- OTTO, H.-J.: Die Ergebnisse der Standortskartierung im pleistozänen Flachland Niedersachsens - Grundlagen waldbaulicher Leitvorstellungen. Dissertation, Göttingen 1972
- Nach dem Sturm - ökologisch bestimmter Waldbau - FuH, 29, 1974, H 1
- PERINA, V.: Die Bedeutung der Fichte in Kiefernbeständen des Kiefern-Eichenwaldtyps; (Tschechisch!) Zusammenfassung FU 16, 1973, 4, S. 310
- REEMTSMA, J.-B.: Untersuchungen an Fichte und anderen Nadelbaumarten über den Nährstoffgehalt der lebenden Nadeljährgänge und der Streu. Dissertation, Göttingen 1964
- REHFUESS, K.E.: Einige Entwicklungslinien und Aufgaben der forstökologischen Forschung in Süddeutschland FC, 90, 1971, 6, S. 349
- SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL: Lehrbuch der Bodenkunde Ferdinand Enke Verlag Stuttgart, 1970

- SCHIRMER, H.: Klima-Windrose von Dannenberg/Niedersachsen
Mitteilungen des deutschen Wetterdienstes, 4, 1961, 27
- SCHMIDT, A.: Gedanken zur elektronischen Auswertung von
Versuchsflächenaufnahmen
FC, 85, 1966, 5/6, S. 178
- Der rechnerische Ausgleich von Bestandeshöhenkurven
FC, 86, 1967, 6, S. 370
- SCHÖNAMSGRUBER, A.: Neuere Untersuchungen über die Kalidüngung
von Pappeln in Holland
AFZ, 20, 1965, 16/17, S. 260
- SCHWAPPACH, A.: Forstdüngung
Neudammer forstliche Belehrungshefte, 1914,
Verlag J. Neumann
- SCHWERDTFEGER, F.: Waldkrankheiten. 3. Auflage, 1970,
Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin
- SEIBT, G., und W. WITTICH: Ergebnisse langfristiger Düngungs-
versuche im Gebiet des nordwestdeutschen Diluviums
und ihre Folgerungen für die Praxis. Schriftenreihe
der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen
Band 27/28, 1965
- SEIBT, G., W. KNIGGE, J.B. REEMTSMA, und B. ULRICH: Unter-
suchungen über den Einfluß verschiedener Düngungs-
maßnahmen auf Ertragsleistung, Holzeigenschaften, na-
delanalytische Merkmale und Bodenzustand des Fichten-
bestandes im Düngungsversuch Oerrel-Lintzel
AFJZ, 139, 1968, H. 3,
- THEMLITZ, R.: Der Einfluß einer Phosphatdüngung auf den Nähr-
stoffgehalt der Nadeln bzw. Blätter verschiedener
Holzpflanzen auf gleichem Standort und die Eignung
des Thomasphosphates zur Manganversorgung von Nadel-
sämlingen - Die Phosphorsäure - 16, 1956, 1/2, S. 92
- THEMLITZ, R. und A. LAUENSTEIN: Beitrag zur Hüttenkalkanwen-
dung in der Forstwirtschaft
AFJZ, 140, 1969, 1, 13
- ULRICH, B.: Bodenbearbeitung und Düngung unter dem Gesichts-
punkt der Waldernährung
AFZ, Nr. 31, 1968
- Die Reaktion von Calciumcarbonat bei der Einarbeitung
von Kalkmergel in stark versauerte Waldböden mit Auf-
lagehumus
AFJZ, 141, 1970, 1, S. 9
- Grundsätzliches zur Forstdüngung
FuH, 20, 1971, 22, S. 433

- ULRICH, B.: Ein standörtliches Entscheidungsmodell für die Planung der Phosphatdüngung in Waldbeständen
Die Phosphorsäure, Band 29, 1972, Folge 2/3, S. 220-236
- Standörtliche Grundlagen einer Düngungsplanung im niedersächsischen Tiefland
FuH, 29, 1974, H. 2
- VIRO, P.J.: Fertilisation of Birch
Communicationes Instituti Forestalis Fenniae-
81. 4, Helsinki 1974
- WANDT, H.: Aktennotizen aus den einzelnen Versuchen
- Düngung schlechtwüchsiger Kiefernkulturen mit Voll-
dünger. Landwirtschaftsblatt Weser-Ems, 1961, 1
- Die Standortverhältnisse des Emslandes
AFZ, 1963, 42, S. 646
- WANDT, H. und H. BARELMANN: Düngungsversuche im Emsland
AFZ, 42, 1963, S. 664
- WANDT, H. und GRUMMER, H.J.: Die Wehsande des Emslandes und
Möglichkeiten ihrer Melioration
FuH, 22, 1967, Nr. 14
- WANDT, H.: Erfahrungen in der Anwendung von Hüttenkalk bei der
Forstdüngung
Hüttenkalk-Mitteilungen, 40. Folge, Juli, 1973
- WEHRMANN, J.: Die Beurteilung der Stickstoffernährung von
Fichten- und Kiefernbeständen
AFZ, 18, 1963, S. 502
- WIEDEMANN, E.: Der gegenwärtige Stand der forstlichen Düngung
Arbeiten der DLG, 1932, H. 385
- WITTICH, W.: Bodenkundliche und pflanzenphysiologische Grund-
lagen der mineralischen Düngung im Walde und Möglich-
keiten für die Ermittlung des Nährstoffbedarfs
AFZ, 13, 1958, 10, S. 121
- Auswertung eines forstlichen Düngungsversuches auf
einem Standort mit für weite Gebiete Deutschlands
typischem Nährstoffhaushalt
Ruhr-Stickstoff AG - Bochum, 1958
- Überblicke über Grundlagen und Aussichten der forstli-
chen Düngung ; Separatdruck aus: Bericht über das
Kolloquium für Forstdüngung; Jyväskylä/Finnland, 1967
Intern. Kali-Inst., Bern/Schweiz

