

GÖTTINGER
BODENKUNDLICHE
BERICHTE

48

1977

JSSN 0 340 - 4 153

Im Selbstverlag der Anstalten für
Bodenkunde der Universität Göttingen

Herausgeber: B. Meyer und B. Ulrich

Schriftleitung: P. Hugenroth

Bestellungen über:

Institut für Bodenkunde, Göttingen, von Siebold-Str. 4

Institut für Bodenkunde und Waldernährung

Göttingen, Büsgenweg 2

oder den Buchhandel (Gewährung von Wiederverkäufer-Rabatt)

Selbstkostenpreis

DM

GÖTTINGER
BODENKUNDLICHE
BERICHTE

48

1977

JSSN 0 340 - 4 153

INHALT

Aldag, R., S. A. Ibrahim u. B. Meyer 1977:

Vorausdüngung von Sommerweizen durch N-Gaben zur
Vor-Zwischenfrucht Raps.

Zweijährige Freilandversuche auf mitteldeutscher Löss-
parabraunerde mit Nitrat- und Ammonium-Dünger-N.

Mitteilung I : Erträge und pflanzliche N-Entzüge

Seiten 1 - 75

Aldag, R., S. A. Ibrahim u. B. Meyer 1977 :

Vorausdüngung von Sommerweizen durch N-Gaben zur
Vor-Zwischenfrucht Raps.

Zweijährige Freilandversuche auf mitteldeutscher Löss-
parabraunerde mit Nitrat- und Ammonium-Dünger-N.

Mitteilung II : Mengen-Zeitgang der N-Fractionen im
Boden (Vergleich : Bewuchs/Brache)

Seiten 77 - 235

Die Arbeiten wurden mit Mitteln der Deutschen Forschungsge-
meinschaft gefördert.

Aldag, R.,
S.A. Ibrahim u.
B. Meyer

VORAUSDÜNGUNG VON SOMMERWEIZEN DURCH N-GABEN ZUR VOR-ZWISCHENFRUCHT RAPS

Zweijährige Freilandversuche auf mitteldeutscher Löß-
parabraunerde mit Nitrat- und Ammonium-Dünger-N

Mitteilgn. I: Erträge und pflanzliche N-Entzüge

**Göttinger Bodenkundliche Berichte 48, 1 – 75
(1977)**

G L I E D E R U N G

	Seite
1. <u>EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG</u>	5
2. <u>MATERIAL UND VERSUCHSDURCHFÜHRUNG</u>	8
2.1. Boden	8
2.2. Beschreibung der Versuchsanlage und des Versuchsplans	8
2.2.1. Beschreibung der Versuchsanlage	8
2.2.2. Versuchsplan und Bezeichnung der Varianten	10
2.3. Düngungsplan für das Versuchsjahr 1974/1975	13
2.4. Probenahme-, Saat- und Ernte-Termine im Versuchsjahr 1974/1975	14
2.5. Düngungsplan für das Versuchsjahr 1975/1976	16
2.6. Probenahme-, Saat- und Ernte-Termine im Versuchsjahr 1975/1976	16
2.7. Allgemeine Angaben zur Versuchsdurchführung	18
2.7.1. Aussaat	18
2.7.2. Ackerbauliche Maßnahmen	18
2.7.3. Erntetechniken	19
2.7.4. Dünger-Nährlösungen	19
2.7.5. Statistische Auswertung	20
3. <u>ERGEBNISSE UND DISKUSSION</u>	21
3.1. Pflanzenenerträge und pflanzliche Stickstoff-Entzüge für die Versuchsjahre 1974/1975 und 1975/1976	21
3.1.1. Pflanzenenerträge für das Versuchsjahr 1974/1975	21
3.1.1.1. Raps	21
3.1.1.2. Sommerweizen	27
3.1.2. Pflanzenenerträge für das Versuchsjahr 1975/1976	40
3.1.2.1. Raps	40
3.1.2.2. Sommerweizen	47
3.1.3. Vergleich der Erträge für Raps und Sommerweizen in beiden Vegetationsperioden	57

	Seite
3.1.3.1. Vergleich der Raps- erträge	57
3.1.3.2. Vergleich der Erträge für Sommerweizen	58
4. <u>ZUSAMMENFASSUNG</u>	61
5. <u>LITERATURVERZEICHNIS</u>	63
6. <u>TABELLENANHANG</u>	69

1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Der größte Teil des Stickstoffs im Boden (etwa 95 %) liegt im Humus in organischer Bindung vor (BREMNER 1967).

Während der Vegetationsperiode wird der organisch gebundene Stickstoff durch die Mikroorganismen teilweise in pflanzenverfügbare mineralische N-Verbindungen (Nitrat-N, austauschbares Ammonium) umgesetzt. Der Anteil des insgesamt während einer Vegetationsperiode mineralisierbaren Boden-Stickstoffs beträgt nach älteren Angaben (BREMNER 1965) etwa 1-3 % des Gesamtstickstoffs, was jedoch nicht heißt, daß dieser Anteil auch den Pflanzen zur Verfügung steht. Ein Teil des mineralisierten austauschbaren Ammoniums (Ama) kann unter bestimmten Bedingungen in den Zwischenschichten einiger Dreischichttonminerale fixiert werden; andere Anteile werden biologisch fixiert, denitrifiziert oder auch in den Untergrund verlagert.

Neuere Untersuchungen haben jedoch gezeigt, (ALDAG 1975, ALDAG et al., 1976), daß bei Bebrütungsversuchen unter aeroben Bedingungen gegebenenfalls bis zu 15 % und mehr des insgesamt im Boden vorhandenen Stickstoffs mineralisiert werden können. ALDAG et al., (1976) weisen darauf hin, daß die ermittelten Mineralisationsraten allein noch keine Auskunft darüber geben, wie groß der Anteil des Gesamtstickstoffs ist, der zumindest einmal während der Bebrütungsphase metabolisiert wurde, d.h. aus der einen Bindungsform in eine andere überführt worden ist. Aufgrund dieser Untersuchungen muß davon ausgegangen werden, daß die Gesamtumsetzungsraten des Stickstoffs im Boden weitaus größer sind als allgemein angenommen wird. Zur Zeit wird sowohl in der Forschung als auch in der landwirtschaftlichen Praxis die Frage nach der Kennzeichnung des Stickstoffzustandes bzw. nach der Bestimmung der

Stickstoff-Verfügbarkeit der Ackerböden lebhaft erörtert (SCHARPF u. WEHRMANN 1975). Die Frage, in welchem Ausmaß der mineralische Stickstoffgehalt der Ackerböden im zeitigen Frühjahr (Mitte Februar bis Mitte März) einen schlüssigen und zutreffenden Parameter darstellt, der zur Düngerbedarfsprognose herangezogen werden kann, muß in der Zukunft noch geklärt werden.

Wenn der aufzuwendende Dünger-Stickstoff optimal bemessen werden soll, dann muß in diesem Zusammenhang noch einmal darauf hingewiesen werden, daß der bodenbürtige Stickstoff, der von den Pflanzen als Nährstoff aufgenommen wird, nicht nur aus dem mineralischen Stickstoff stammt, der zu Beginn der Vegetationsperiode bereits im Boden vorliegt, sondern sich auch aus den Bodenreserven rekrutiert, die während der Vegetationsperiode mineralisiert werden.

Die zahlreichen Untersuchungen (BARTHOLOMEW et al., 1950, ALLISON 1966, CARTER et al., 1967, KUNDLER 1970, FLEIGE et al., 1971 b, WESTERMAN et al., 1972, RAUHE et al., 1973, JOHNSON u. KURTZ 1974, KNAPPE et al., 1974, HAUNOLD u. ZVARA 1975, Mba-CHIBOGU et al., 1975), die sich mit der Ausnutzung des Dünger-Stickstoffs durch die höheren Pflanzen mit Hilfe der ¹⁵N-Techniken befassen, zeigen sehr überzeugend, daß Düngerausnutzungsraten zwischen 40-60 % unter natürlichen Bedingungen schon als optimal angesehen werden können. Der Dünger-Stickstoff, der sich aus der Differenz zur Ausnützungsrate im Boden berechnen oder auch messen läßt, ist nach der Düngung größtenteils in organische Bindung überführt worden.

Auch dieser Hinweis deutet an, wie problematisch allein die Bestimmung des pflanzenverfügbaren mineralischen Stickstoffs zu Vegetationsbeginn bleiben muß, wenn keine geeigneten Methoden erarbeitet sind, die eine zufriedenstellende Beziehung zwischen der zum Zeitpunkt der Bestimmung ermittelten mineralischen N-Menge des Bodens und der später

während der Vegetationsperiode tatsächlich mineralisierten N-Menge erkennen lassen.

Die optimale Höhe der N-Düngung wird unter vergleichbaren Boden- und Klimabedingungen sehr stark durch die Vorfrucht und ihre Düngung beeinflusst. Eine naheliegende Erklärung dafür besteht darin, das die verschiedenen Vorfrüchte unterschiedliche Mengen an anorganischem Stickstoff (unmittelbar pflanzenaufnehmbar) und an leicht mineralisierbarem organisch gebundenem Stickstoff (potentiell pflanzenaufnehmbar) im Boden zurücklassen (EAGLE, 1966; ANSORGE et al., 1967; EBERT u. KOBOLD, 1973; EHRENFORDT u. RÖNSCH, 1973). Der direkte Nachweis dieser Unterschiede wurde jedoch bis zu Beginn der hier zitierten Untersuchungen im Jahre 1967 nur in wenigen Fällen (NÖMMIK, 1966) überzeugend erbracht.

In der Mitteilung I soll berichtet werden, in welchem Ausmaß die Trockensubstanzerträge und die pflanzlichen Stickstoffentzüge des Rapses und des Sommerweizens von der ungedüngten bzw. von der mit Nitrat-N oder Ammonium-N gedüngten Zwischenfrucht Raps beeinflusst wurden.

Dabei wird ferner zu prüfen sein, wie Trockensubstanzbildung und pflanzlicher N-Entzug in Abhängigkeit von der Vegetationszeit verlaufen und welche Beziehungen zwischen den beiden gemessenen Größen bestehen.

2. MATERIAL und VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

2.1. Boden

Die Versuche wurden mit dem Boden der Löß-Parabraunerde aus Rosdorf bei Göttingen durchgeführt. Dieser Boden ist repräsentativ für große Teile des Ackerbaugebietes in Südniedersachsen.

Der Boden wurde den oberen 10 cm des Ap-Horizontes (Ackerstandort Rosdorf bei Göttingen, Versuchsflächen des Instituts für Bodenkunde) entnommen, luftgetrocknet und durch Siebe (2 mm) von größeren Steinen und Pflanzenresten gereinigt.

Die wichtigsten Kenndaten des Bodens sind in den Tabellen (1) und (2) angegeben.

2.2. Beschreibung der Versuchsanlage und des Versuchsplans

2.2.1. Beschreibung der Versuchsanlage

Nach sorgfältiger Überlegung aller Vor- und Nachteile, die für oder gegen die Durchführung des Versuches auf dem Versuchsfeld in Rosdorf bei Göttingen (ca. 10 km vom Institut für Bodenkunde entfernt) sprachen, wurde entschieden, den "Feldversuch" mit der in Rosdorf anstehenden Parabraunerde im Garten des Instituts für Bodenkunde (vor der Westfront des Institutsgebäudes) anzulegen.

Ursprünglich war vorgesehen, 10 Versuchspartzellen von je 2 m^2 Größe im Freiland anzulegen. Um allzu starke Streuungen der Analysenwerte zu vermeiden, sollten pro Probenahme von jeder Parzelle 2 Bohrstockproben entnommen werden. Dieses Vorgehen erschien uns schließlich doch zu gewagt, da mit der Zeit jede Parzelle mit zu vielen Probenahme-Stellen übersät

Tabelle 1: Parabraunerde Rosdorf, Mengenanteile der Korngrößenklassen in % der carbonat- und humus-freien Trockensubstanz, Porung, Wassergehalt des Bodens und Dichte
(nach RICHTER 1974)

Tiefe	Korngrößenklassen									Porung				Wasser Gehalt in 80° C %	Dichte troocken
in cm	Sand ϕ μ m			Schluff ϕ in μ m				Ton		grob	mitt.	fein	%		
	> 200	200-63	Σ	63-36	36-20	20-6	6-2	Σ	ϕ μ m						
10	2,0	7,50	9,5	23,30	31,60	14,80	5,6	75,3	15,2	8,80	25,20	7,50	41,50	9,51	1,55

Tabelle 2: Parabraunerde Rosdorf, CaCO_3 %, pH, KAK in m Val/100 g Boden, C %, Gesamt-N %, C/N Verhältnis (Nach RICHTER, 1974).

Tiefe in cm	CaCO ₃ % Tr.S.	pH		KAK m Val/ 100 g			KAK je 1 g. Ton	KAK mVal/100 g Boden					C %	Gesamt N %	C/N Verhältnis
		in CaCl ₂	in Ca- Acetat	Humus	Ton	Σ		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺			
10	0	6,2	6,74	3,8	6,7	10,5	44	7,0	0,5	0,9	0,3	1,8	1,0	0,11	9:1

sein würde. Das hätte ferner vor allem auch die Ergebnisse des 2. Versuchsjahres beeinflussen müssen.

Aus diesem Grunde wurde im Garten des Instituts für Bodenkunde bereits im September 1974 eine Versuchsfläche von ca. 20-22 m² bis zu einer Tiefe von 30-35 cm abgegraben. In diese Versuchsfläche wurden dann zweimal je 10 Versuchsvarianten, die aus jeweils 24 Einzelgefäßen bestehen, hineingesetzt. Die Anordnung des Gesamtversuches ist in der Abbildung (1) dargestellt.

Jedes Einzelgefäß besteht aus einem PVC-Rohr mit einem Volumen von 5,3 Liter. (Höhe 30 cm, Durchmesser 15 cm). Sämtliche Gefäße wurden mit 6,5 kg Boden(Löss-Parabraunerde, Rosdorf), gefüllt und leicht angestampft, um etwa natürliche Bodendichte zu erhalten. Der Boden war vorher sorgfältig gesiebt und aus einem Haufen dreimal umgesetzt worden (bessere Durchmischung, Gleichmäßigkeit).

Auch die Zwischenräume der gesamten Anlage wurden mit dem gleichem gesiebttem Bodenmaterial angefüllt. Den nötigen Bodenschluß stellte man durch Einschlämmen mit Wasser her.

Im Verlaufe der Vegetationsperiode (Hauptfrucht Sommerweizen 1975) mußte die gesamte Anlage aus gegebenem Anlaß mit einem Vogelnetz und entsprechender Sicherung versehen werden. In den Abbildungen (1a) und (1b) sind die Anordnung einer Versuchsvariante (1a) und die gesamte Anlage (1b), Frühjahr 1975 abgebildet.

2.2.2. Versuchsplan und Bezeichnung der Varianten

Auf der Versuchsfläche wurden 20 Parzellen angelegt, wobei jede Parzelle aus je 24 Einzelgefäßen besteht. Die Gesamtanlage des Versuches ist in der Abbildung (1) dargestellt.

Aus versuchstechnischen Gründen und der besseren Übersicht halber ist jedes Einzelgefäß mit einer Zahl gekennzeichnet

1 2 3 4	25 26 27 28	49 50 51 52	73 74 75 76	97 98 99 100
5 6 7 8	29 30 31 32	53 54 55 56	77 78 79 80	101 102 103 104
9 10 11 12	33 34 35 36	57 58 59 60	81 82 83 84	105 106 107 108
13 14 15 16	37 38 39 40	61 62 63 64	85 86 87 88	109 110 111 112
17 18 19 20	41 42 43 44	65 66 67 68	89 90 91 92	113 114 115 116
21 22 23 24	45 46 47 48	69 70 71 72	93 94 95 96	117 118 119 120
B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅

121 122 123 124	145 146 147 148	169 170 171 172	193 194 195 196	217 218 219 220
125 126 127 128	149 150 151 152	173 174 175 176	197 198 199 200	221 222 223 224
129 130 131 132	153 154 155 156	177 178 179 180	201 202 203 204	225 226 227 228
133 134 135 136	157 158 159 160	181 182 183 184	205 206 207 208	229 230 231 232
137 138 139 140	161 162 163 164	185 186 187 188	209 210 211 212	233 234 235 236
141 142 143 144	165 166 167 168	189 190 191 192	213 214 215 216	237 238 239 240
B ₃	B ₄	B ₅	B ₁	B ₂

VARIANTEN MIT BEPFLANZUNG

241 242 243 244	265 266 267 268	289 290 291 292	313 314 315 316	337 338 339 340
245 246 247 248	269 270 271 272	293 294 295 296	317 318 319 320	341 342 343 344
249 250 251 252	273 274 275 276	297 298 299 300	321 322 323 324	345 346 347 348
253 254 255 256	277 278 279 280	301 302 303 304	325 326 327 328	349 350 351 352
257 258 259 260	281 282 283 284	305 306 307 308	329 330 331 332	353 354 355 356
261 262 263 264	285 286 287 288	309 310 311 312	333 334 335 336	357 358 359 360
UB ₁	UB ₂	UB ₃	UB ₄	UB ₅

361 362 363 364	385 386 387 388	409 410 411 412	433 434 435 436	457 458 459 460
365 366 367 368	389 390 391 392	413 414 415 416	437 438 439 440	461 462 463 464
369 370 371 372	393 394 395 396	417 418 419 420	441 442 443 444	465 466 467 468
373 374 375 376	397 398 399 400	421 422 423 424	445 446 447 448	469 470 471 472
377 378 379 380	401 402 403 404	425 426 427 428	449 450 451 452	473 474 475 476
381 382 383 384	405 406 407 408	429 430 431 432	453 454 455 456	477 478 479 480
UB ₃	UB ₄	UB ₅	UB ₁	UB ₂

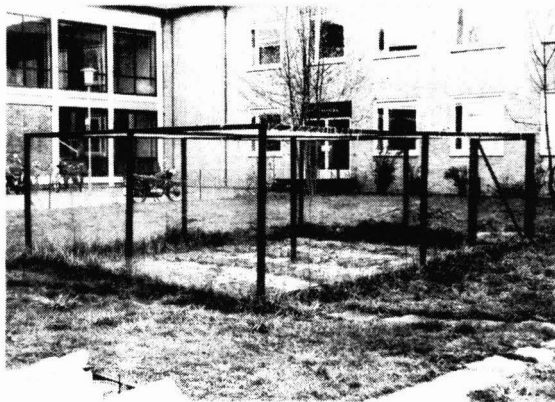
VARIANTEN OHNE BEPFLANZUNG

ABR. 1 ZUSAMMENSTELLUNG, ANORDNUNG UND NUMMERIERUNG DER VERSUCHSGEFÄSSE DES
FELDVERSUCHES FÜR DIE VEGETATIONSZEITEN 1974/1975 UND 1975/1976.

Abb. 1a : Anordnung einer Versuchsvariante,
bestehend aus 24 Einzelgefäßen



Abb. 1b : Ansicht der Gesamt-Anlage im Frühjahr 1975



worden. Die Zusammenstellung der Gefäße und die Anordnung der Wiederholungen ist der Abbildung (1) zu entnehmen. Die Signaturen haben folgende Bedeutung:

B bedeutet: alle Gefäße mit Zwischenfrucht Raps und Hauptfrucht Sommerweizen bewachsen.

B₁ : keine Stickstoff-Düngung zur Zwischen- und Hauptfrucht.

B₂ : Zur Zwischenfrucht: keine Stickstoff-Düngung.
Zur Hauptfrucht : Stickstoff-Düngung in Form von Nitrat (entspr. 160 kg N/ha).

B₃ : Zur Zwischenfrucht: keine Stickstoff-Düngung
Zur Hauptfrucht : N-Düngung in Form von Ammonium (entspr. 160 kg N/ha).

B₄ : Zur Zwischenfrucht: N-Düngung in Form von Nitrat (entspr. 100 kg N/ha).
Zur Hauptfrucht : N-Düngung in Form von Nitrat (entspr. 160 kg N/ha).

B₅ : Zur Zwischenfrucht: N-Düngung in Form von Ammonium (entspr. 100 kg N/ha).
Zur Hauptfrucht : N-Düngung in Form von Ammonium (entspr. 160 kg N/ha).

UB bedeutet: Brache, das ganze Jahr über unbewachsen.

Die N-Düngung wurde auf den Varianten UB₁, UB₂, UB₃, UB₄, und UB₅ genauso wie auf den entsprechenden bewachsenen Varianten durchgeführt.

2.3. Düngungsplan für das Versuchsjahr 1974/1975

Die Grunddüngung mit Kalium und Phosphorsäure erfolgte in Form einer Nährlösung (insgesamt 100 ml pro Gefäß), wobei die Salze KH_2PO_4 und KCl verwendet wurden. Jedes Gefäß wurde mit Kalium und Phosphor, entsprechend einer Menge von 100 kg K_2O und 100 kg P_2O_5 pro ha abgedüngt.

Die Stickstoff-Düngung erfolgte ebenfalls in Form einer Nähr-
lösung, wobei für die Ammonium-Düngung NH_4Cl und für die
Nitrat-Düngung $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ verwendet wurden. Einzel-
heiten der Düngung, betreffs Termine und Verteilung für
das Jahr 1974/1975 sind der Tabelle (3) zu entnehmen.
Es sei darauf hingewiesen, daß die Stickstoff-Düngung zur
Hauptfrucht im Versuchsjahr 1974/1975 auf nur zwei Termine
am 23.4.75 und am 11.6.1975 verteilt wurde.

2.4. Probenahme-, Saat- und Ernte-Termine im Versuchsjahr 1974/1975

Im folgenden sind die Bodenproben-, Saat- und Ernte-Termine
in zeitlicher Reihenfolge angegeben.

13.9.1974 Raps aussäen

9.11.1974 1. Bodenprobe entnehmen

10.12.1974 2. Bodenprobe "

8.1.1975 3. Bodenprobe "

20.2.1975 Raps ernten

26.2.1975 Trockensubstanz des Rapses auf jedem Gefäß in
den Boden wieder einarbeiten.

1.4.1975 Weizen aussäen

22.4.1975 4. Bodenprobe entnehmen

30.4.1975 5. Bodenprobe "

14.5.1975 6. Bodenprobe "

27.5.1975 7. Bodenprobe "

10.6.1975 8. Bodenprobe "

20.6.1975 9. Bodenprobe "

1.7.1975 10. Bodenprobe "

14.7.1975 11. Bodenprobe "

5.8.1975 12. Bodenprobe "

5.8.1975 Weizen ernten

8.8.1975 Raps aussäen

19.9.1975 13. Bodenprobe "

Tabelle 3: Düngungsplan für das Versuchsjahr 1974/9175

Bezeichnung	B ₁	UB ₁	B ₂	UB ₂	B ₃	UB ₃	B ₄	UB ₄	B ₅	UB ₅
Stickstoff-Düngung im Herbst 1974 zu Raps										
Düngerform	-	-	-	-	-	-	NI		AMa	
Aufwandmenge (kg/ha)	-	-	-	-	-	-	100		100	
am 3.10.74										
Grunddüngung im Frühjahr 1975 zu Sommerweizen										
Düngerform	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O
Aufwandmenge (kg/ha)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
am 21.3.75										
Stickstoff-Düngung im Frühjahr 1975 zu Sommerweizen										
Düngerform	-		NI		AMa		NI		AMa	
Aufwandmenge (kg/ha)	-		100		100		100		100	
am 23.4.1975										
Aufwandmenge (kg/ha)	-		60		60		60		60	
am 11.6.75										

Erläuterungen: NI = Nitrat-N ; AMa = Ammonium-N

2.5. Düngungsplan für das Versuchsjahr 1975/1976

Die Grunddüngung wurde in der gleichen Weise wie im Versuchsjahr 1974/1975 durchgeführt und alle Gefäße entsprechend einer Aufwandmenge von 100 kg P_2O_5 und 100 kg K_2O pro ha abgedüngt.

Die Stickstoff-Düngung und deren Verteilung geht aus der Tabelle (4) hervor.

2.6. Probenahme-, Saat- und Ernte-Termine im Versuchsjahr 1975/1976

Im folgenden sind die Bodenprobe-, Saat- und Ernte-Termine in zeitlicher Reihenfolge aufgeführt.

- | | |
|------------|--|
| 16.10.1975 | 1. Bodenprobe entnehmen |
| 17.11.1975 | 2. Bodenprobe " |
| 15. 1.1976 | 3. Bodenprobe " |
| 4. 2.1976 | Raps ernten |
| 23. 2.1976 | 4. Bodenprobe entnehmen |
| 14. 3.1976 | Trockensubstanz des Rapses auf jedem Gefäß
in den Boden wieder einarbeiten. |
| 31. 3.1976 | 5. Bodenprobe entnehmen |
| 1. 4.1976 | Weizen aussäen |
| 4. 5.1976 | 6. Bodenprobe entnehmen |
| 19. 5.1976 | 7. Bodenprobe " |
| 1. 6.1976 | 8. Bodenprobe " |
| 11. 6.1976 | 9. Bodenprobe " |
| 25. 6.1976 | 10. Bodenprobe " |
| 14. 7.1976 | 11. Bodenprobe " |
| 5. 8.1976 | Weizen ernten |
| 9. 8.1976 | 12. Bodenprobe entnehmen |
| 12. 8.1976 | Raps aussäen |
| 6. 9.1976 | Raps mit Stickstoff düngen (100 kg N/ha) |
| 10.10.1976 | 13. Bodenprobe entnehmen |

Tabelle 4: Düngungsplan für das Versuchsjahr 1975/1976

Bezeichnung	B ₁ UB ₁	B ₂ UB ₂	B ₃ UB ₃	B ₄ UB ₄	B ₅ UB ₅
Stickstoff-Düngung im Herbst 1975 zu Raps					
Düngerform	-	-	-	NI	AMa
Aufwandmenge (kg/ha) am 19.9.1975	-	-	-	100	100
Grunddüngung im Frühjahr 1976 zu Sommerweizen					
Düngerform	P ₂ O ₅ K ₂ O	P ₂ O ₅ K ₂ O	P ₂ O ₅ K ₂ O	P ₂ O ₅ K ₂ O	P ₂ O ₅ K ₂ O
Aufwandmenge (kg/ha) am 1.4.1976	100 100	100 100	100 100	100 100	100 100
Stickstoff-Düngung im Frühjahr 1976 zu Sommerweizen					
Düngerform	-	NI	AMa	NI	AMa
Aufwandmengen (kg/ha) am 26.4.1976	-	50	50	50	50
Aufwandmengen (kg/ha) am 20.5.1976	-	50	50	50	50
Aufwandmengen (kg/ha) am 18.6.1976	-	60	60	60	60

Erläuterungen: NI = Nitrat-N ; AMa = Ammonium - N

2.7. Allgemeine Angaben zur Versuchsdurchführung

2.7.1. Aussaat

Raps: Als Zwischenfrucht säte man zu den angegebenen Terminen jeweils ca. 100 Raps-Samen pro Gefäß aus (Sorte:Lihoraps)
Im allgemeinen konnte ein gutes Auflaufen erzielt werden.

Weizen: Als Hauptfrucht wurde Sommerweizen der Sorte Kolibri ausgesät, wobei jeweils 25 Körner mit einer Schablone pro Gefäß ausgelegt wurden.
Im Durchschnitt wurde eine Keimung von 90 % beobachtet.
Einzelne Gefäße, die eine schlechtere Auflauftrate zu verzeichnen hatten, wurden nicht zu Ertragsermittlungen herangezogen.

2.7.2. Ackerbauliche Maßnahmen

Während der beiden Vegetationsperioden wurde das Unkraut von den Gefäßen und den umgebenden Flächen regelmäßig von Hand entfernt.

Nach der Bestimmung der Trockensubstanz des Rapses und nach Entnahme einer Stichprobe für jede Versuchsvariante arbeitete man das getrocknete Pflanzenmaterial auf jedem Versuchsgefäß mit einem groben Spatel zu den angegebenen Terminen (siehe Abschnitte 2.4. und 2.6.) oberflächlich ein (bis zur Tiefe von ca. 8 cm).

Während der zweiten Vegetationsperiode im Herbst 1975 war der Raps sehr stark mit einer zweiten Generation von Larven der Kohlrübenblattwespe (*Athalia rosae* L.) befallen. Mit Hilfe einer Spritzung (*Diptrix*) konnte größerer Fraß-

schaden vermieden werden.

Wegen der großen Trockenheit im Sommer 1976 wurden alle Gefäße am 25. Juni zum ersten Mal und dann in Abständen von ca. 4-5 Tagen jeweils mit etwa 10 mm dest. Wasser begossen. Die letzte Beregnung erfolgte 14 Tage vor der Weizenernte.

2.7.3. Erntetechniken

Raps: Die Pflanzen wurden kurz über dem Boden, gefäßweise abgeschnitten, im Trockenschrank bei 105°C getrocknet und anschließend die Trockensubstanz ermittelt. Die Werte aller Gefäße wurden statistisch verrechnet. Bei der N-Bestimmung der einzelnen Varianten wurden Stichproben für jede Variante erstellt. In der ersten Vegetationsperiode (1975) waren es für jede Variante 5 und in der zweiten Vegetationsperiode (1976) jeweils 10 Proben.

Weizen: Die Trockensubstanz des Weizens wurde während der einzelnen Probenahme-Termine nur insgesamt erfaßt. Zum Zeitpunkt der Totreife, als alle Versuchsgefäße abgerutet wurden, wurde der Ertrag für Stroh und Korn getrennt ermittelt.

2.7.4. Dünger-Nährlösungen

Stickstoff-Düngerlösung

Einer N-Düngung von 100 kg N/ha entspricht 1 mg N pro 1 cm² Oberfläche bei unserer Versuchsanstellung.

NH₄-Dünger: 67,512 g NH₄Cl in 10 Liter Wasser lösen, dann sind 176,71 mg N in 100 ml enthalten (100 ml Lösung pro Gefäß entspricht dann einer Düngung von 100 kg N/ha).

NO₃-Dünger: 149,04 g Ca (NO₃)₂ · 4 H₂O in 10 Liter Wasser lösen. (100 ml Lösung pro Gefäß entsprechen einer Düngung von 100 kg N/ha)

P- und K-Dünger-Lösung: Eine Nährlösung herstellen, so daß in 100 ml die entsprechende Nährstoffkonzentration für ein Gefäß enthalten ist (100 kg K_2O /ha und 100 kg P_2O_5 /ha).

Die Lösung: Dazu 169,339 g KH_2PO_4 + 47,027 g KCl in 50 l Wasser lösen.

2.7.5. Statistische Auswertung

Die Trockensubstanzerträge wurden nach dem Programm Nr. 11 (Einfache Varianzanalyse) und die Korrelationsrechnungen nach dem Programm Nr. 9 (Regression, Korrelation mit 2 Variablen x y) statistisch verrechnet; die Programme sind im Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung weitgehend von Prof. Kobabe erstellt worden.

Die Korrelationsrechnungen zu Abschnitt 3.1. wurden mit der UNIVAC-Anlage Nr. 1108 (Standard Programm LIPR, DRZ) nach GEBHARDT (Deutsches Rechenzentrum Darmstadt, Anlage Göttingen) durchgeführt. Technische Durchführung von M. Yildirim, Göttingen.

* Herrn Prof. Kobabe sei für die freundliche Beratung bei der Durchführung der Rechenoperationen herzlich gedankt.

3. ERGEBNISSE und DISKUSSION

3.1. Pflanzenerträge und pflanzliche Stickstoff-Entzüge für die Versuchsjahre 1974/1975 und 1975/1976

3.1.1. Pflanzenerträge für das Versuchsjahr 1974/1975

3.1.1.1. Raps

Die angebaute Zwischenfrucht Raps (Lihoraps) entwickelte sich im Herbst 1974 außerordentlich üppig, so daß zunächst kaum Unterschiede zwischen den ungedüngten und gedüngten Varianten zu erkennen waren. Wegen fehlender Nachtfroste im Winter 1974/1975 mußte der Raps am 20.2.1975 schließlich abgeschnitten werden .

Aus anbautechnischen Gründen wurde der Raps (Sproßmaterial) geerntet, bei 105°C getrocknet und gewogen. Am 26.2.1975 wurde die Trockensubstanz auf das entsprechende Ursprungsgefäß in gemahlener Form zurückgebracht und mit einem Spatel bis zu einer Tiefe von etwa 10 cm in den Oberboden eingearbeitet. Durch diese Maßnahme konnte eine gute Übersicht darüber erhalten werden, wie sich die Zwischenfrucht auf den einzelnen Varianten entwickelt hatte.

In der Vegetationsperiode 1974/1975 sind die Varianten B₁, B₂ und B₃ als eine Variante zu betrachten, da der Raps auf diesen Varianten jeweils nicht mit Stickstoff gedüngt wurde. In der Tabelle (5) sind die Trockensubstanz-Erträge und die pflanzlichen Stickstoff-Entzüge für die einzelnen Varianten angegeben. In den Abbildungen (2) und (3) sind die Beziehungen zwischen dem jeweiligen Probenahmetermin einerseits und der gebildeten Trockensubstanz und dem pflanzlichen Stickstoff-Entzug pro Gefäß andererseits graphisch dargestellt.

Tabelle 5: Trockensubstanz-Erträge und pflanzliche Stickstoff-Entzüge für die Zwischenfrucht Raps während der Vegetationsperiode 1974/1975

Probenahme-Termin Varianten	9.11.74	10.12.74	8.1.75	Ernte 20.2.75
Trockensubstanz-Erträge g/Gefäß				
B ₁ , B ₂ , B ₃ (ungedüngt)	2,23	2,50	3,00	4,058
B ₄ (NO ₃ ⁻ -N Dünger)	2,86	2,99	3,62	4,746
B ₅ (NH ₄ ⁺ -N Dünger)	3,05	3,30	3,83	4,760
N - Entzüge mg N/Gefäß				
B ₁ , B ₂ , B ₃ (ungedüngt)	86,19	107,38	120,30	149,82
B ₄ (NO ₃ ⁻ -N Dünger)	123,27	141,43	162,00	210,21
B ₅ (NH ₄ ⁺ -N Dünger)	138,78	161,37	178,86	218,11

Aus Tabelle (5) und Abbildung (2) geht hervor, daß die Trockensubstanz-Erträge auf allen Varianten mit der Zeit zunehmen.

Die Erträge am 20.2.1975 (Erntetermin) entsprechen dem Mittelwert, der aus 45 Wiederholungen errechnet wurde.

Die Beziehung zwischen Probenahme-Termin und Trockensubstanz-Ertrag pro Gefäß ist bei allen Varianten bei der Grenzdifferenz von 5 % gesichert ($r = 0,96$ und größer).

Analog zur Zunahme der Trockensubstanz bei fortschreitender Entwicklung steigen auch die pflanzlichen Stickstoff-Entzüge mit zunehmender Versuchszeit kontinuierlich an (Tab. 5).

Diese Beziehung (siehe Abb. 3) ist hoch signifikant bei der

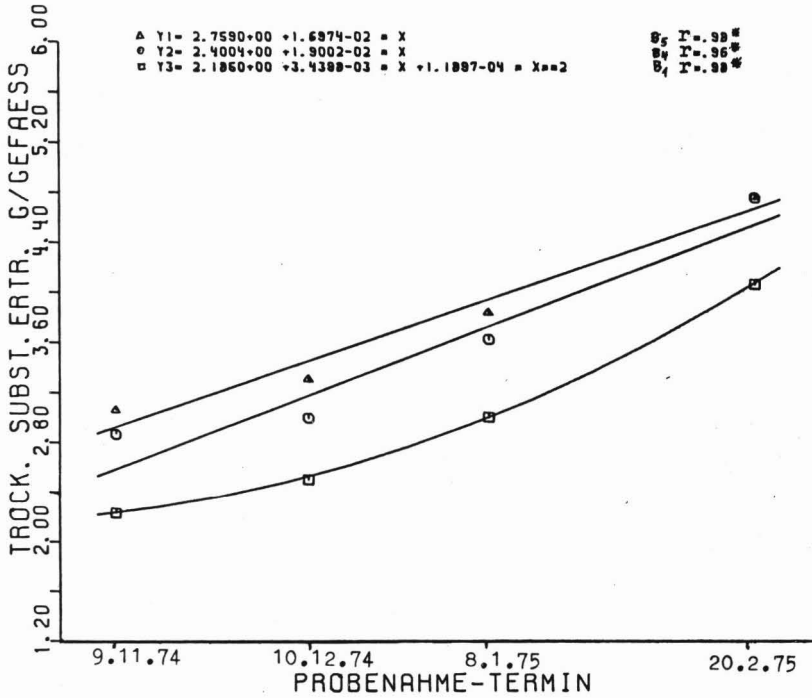


Abb. 2: Zwischenfrucht Raps Vegetationsperiode 1974/1975
 Beziehung zwischen Probenahme-Termin und den
 Trockensubstanz-Erträgen

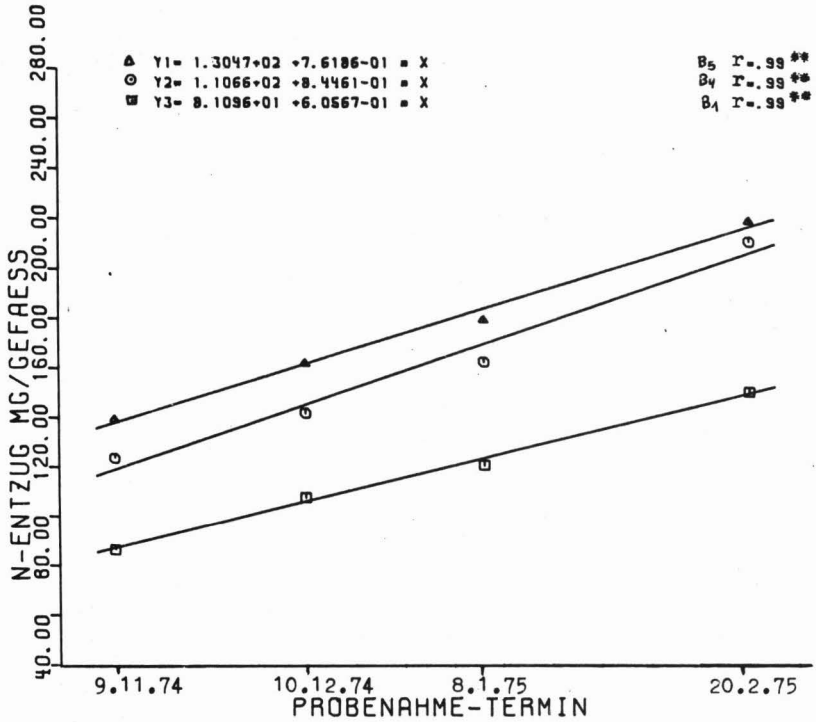


Abb. 3: Zwischenfrucht Raps, Vegetationsperiode 1974/1975
 Beziehung zwischen Probenahme-Termin und pflanz-
 lichen N-Entzügen

Grenzdifferenz von 1 % gesichert.

In der Abbildung (4) ist die Beziehung zwischen dem Trockensubstanz - Ertrag und dem pflanzlichen N-Entzug pro Gefäß graphisch dargestellt. Diese Beziehung ist bei den Varianten B_4 und B_5 hoch signifikant (bei GD von 1 %) und bei der Variante B_1 signifikant (bei der GD von 5 %) gesichert.

Der statistischen Auswertung der Trockenmasse-Erträge und der pflanzlichen N-Entzüge in Tabelle (6) (siehe auch Anhang Tab. 11) ist zu entnehmen, daß auf den mit Nitrat (B_4 -Variante) bzw. mit Ammonium (B_5 -Variante) gedüngten Parzellen im Vergleich zu den ungedüngten Varianten (B_1 , B_2 und B_3) ein hoch signifikanter Mehrertrag sowohl beim Trockensubstanz-Ertrag als auch beim Gesamt-Stickstoff-Entzug pro Versuchsgefäß erzielt wurde.

Tabelle 6: Zwischenfrucht Raps, Vegetationsperiode 1974/75 statistische Auswertung der Trockensubstanz-Erträge und der pflanzlichen N-Entzüge für die Versuchsvarianten

Varianten	B_1, B_2, B_3 B_4	B_1, B_2, B_3 B_5	B_4 B_5
Trockensubstanz- Erträge g/Gefäß	**	**	-
N-Entzüge mg / Gefäß	**	**	-

- kein signifikanter Unterschied

* signifikanter Unterschied bei der GD von 5 %

** signifikanter Unterschied bei der GD von 1 %

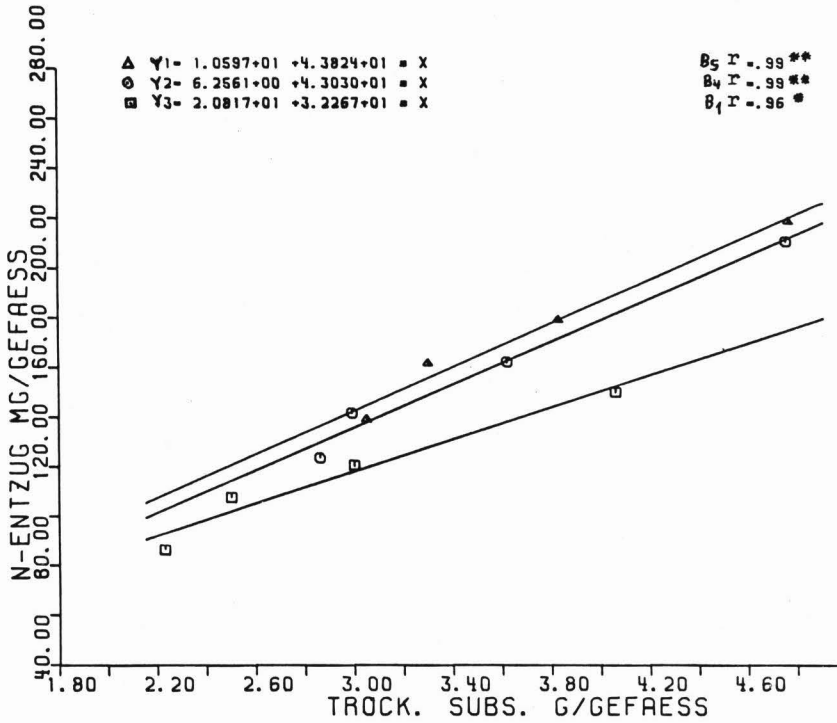


Abb. 4: Zwischenfrucht Raps, Vegetationsperiode 1974/1975
 Beziehung zwischen Trockensubstanz-Erträgen und pflanz-
 lichen N-Entzügen

Dieser hoch signifikante Unterschied war zu erwarten, und die Mehrererträge lassen sich zwanglos auf die durchgeführte Stickstoff-Düngung zurückführen. Beim Vergleich der Varianten B₄ und B₅ (siehe Tab. 6) sind keine signifikanten Unterschiede festzustellen.

3.1.1.2. SOMMERWEIZEN

Für die zeitlich richtige Verteilung der Düngergaben ist die Frage der Nährstoffaufnahme durch die Pflanze während der Vegetationsperiode (zeitlicher Verlauf) sowie deren Abhängigkeit von verschiedenen Dünger-Formen von besonderer Wichtigkeit.

In den vorliegenden Versuchen interessiert insbesondere der Zusammenhang zwischen dem Verlauf der Trockensubstanzbildung und den N-Entzügen bei verschiedenen Stickstoff-Dünger-Formen in Abhängigkeit von der Zwischenfrucht-Behandlung, da die Trockensubstanzbildung deutlich vom Faktor "Düngung" beeinflusst wird.

Zu jedem Probenahme-Termin wurden die Weizenpflanzen (von Vegetationsbeginn bis zur Ernte) unmittelbar über der Bodenoberfläche abgeschnitten, bei 105°C getrocknet, fein gemahlen, gewogen und dann wurden der Stickstoffgehalt in der Pflanzensubstanz bestimmt.

Der Verlauf der Trockensubstanzbildung im Weizen zeichnet sich im Jahre 1975 (Tabelle 7 u. Abbildung 5) bei allen Varianten durch einen kontinuierlichen Anstieg aus, der etwa zum Zeitpunkt der Gelbreife sein Maximum (14.7.75) erreicht.

Tabelle 7: Sommerweizen, Trockensubstanz-Erträge und pflanzliche N-Entzüge während der Vegetationsperiode 1975

Probenahme- Varianten	Termin	30.4.	14.5.	27.5.	10.6.	20.6.	1.7.	14.7.	5.8.
Trockensubstanz-Erträge g/Gefäß									
B ₁		0,7	1,0	4,2	11,1	14,7	20,2	22,3	21,8
B ₂		0,7	1,3	7,4	18,2	25,5	34,4	38,9	32,1
B ₃		0,6	1,9	7,7	17,5	32,2	42,0	44,0	30,0
B ₄		0,7	2,7	9,8	20,1	31,0	38,0	38,2	27,4
B ₅		0,6	3,5	9,5	18,6	30,3	39,7	47,7	35,1
pflanzliche N-Entzüge mg N / Gefäß									
B ₁		22,5	40,2	77,2	162,4	205,8	280,8	272,1	215,2
B ₂		36,4	65,0	173,2	294,8	395,3	457,5	494,0	297,2
B ₃		31,9	90,7	196,8	288,8	487,9	571,2	457,6	289,6
B ₄		32,7	131,2	239,6	343,7	505,3	504,7	485,1	316,4
B ₅		30,1	163,8	249,4	310,6	457,5	512,1	567,6	363,5

In allen gedüngten Varianten ist ein steilerer Anstieg der Trockensubstanzbildung gegenüber der ungedüngten Variante B₁ zu beobachten. Charakteristisch für den Verlauf der Trockensubstanzbildung ist der geringe Unterschied zwischen den Varianten zu Beginn der Vegetationsperiode, während mit fortschreitendem Wachstum eine deutlichere Differenzierung der Trockensubstanzerträge eintritt (siehe Abb. 5).

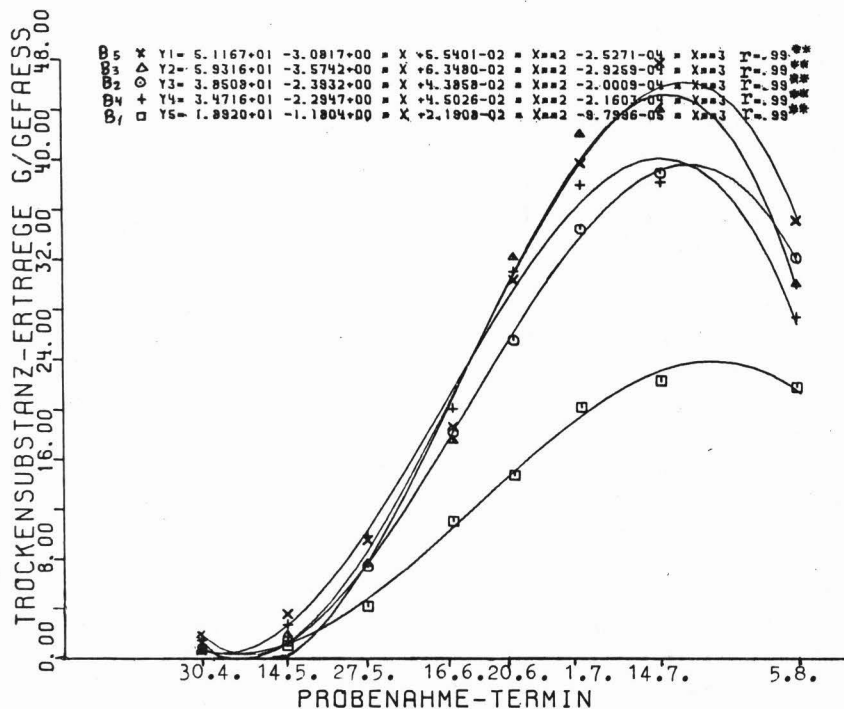


Abb. 5: Sommerweizen, Vegetationsperiode 1975
Beziehung zwischen Probenahme-Termin und
Trockensubstanz-Ertrag

Betrachtet man die Menge der gebildeten Trockensubstanz zum Zeitpunkt der Gelbreife (am 14.7.75), dann zeigt sich, daß die beiden Varianten B_5 und B_3 den höchsten Ertrag erbracht haben. Dann folgen die beiden Varianten B_2 und B_4 mit etwa 38 g / Gefäß. Daraus wird ersichtlich, daß die beiden mit Ammonium-Dünger behandelten Varianten B_3 und B_5 zu diesem Zeitpunkt den mit NO_3 -Dünger behandelten Varianten B_2 und B_4 deutlich überlegen sind. Zur Vollreife (5.8.75) ist bei allen Varianten, im Vergleich zum Zeitpunkt der Gelbreife, ein deutlicher Abfall im Trockensubstanz-Ertrag zu verzeichnen (siehe Abb. 5).

SOMMER u. MERTZ (1974), die zahlreiche Gramineen hinsichtlich ihrer Reaktion auf reine Ammonium- oder Nitrat-Dünger prüften, stellten ebenfalls fest, daß die Getreidearten vom Beginn ihrer Entwicklung an positiver auf eine Ammonium- als auf eine Nitrat-Düngung reagierten. Über Trockensubstanz- und Stickstoff-Verluste nach der Gelbreife liegen in der Literatur unterschiedliche Ergebnisse vor. In Arbeiten von PRIMOST (1961 u. 1965) BOATWRIGHT u. HAAS (1961) Mc NEAL et al., (1966) und von BRAUN (1972) sind ähnliche Verminderungen der Pflanzentrockensubstanz und damit auch der Stickstoff-Entzüge gegen Ende der Vegetationsperiode wie bei dieser Untersuchung festgestellt worden. Als Ursache wird der Verlust von ganzen Pflanzen bzw. Pflanzenteilen angegeben. Bei anderen Autoren (BREDEMANN 1945 und TENAKA et al., 1964) wird insbesondere der Verlust an Stickstoff durch N-Auswaschung aus den Blättern und durch Rückwanderung von Stickstoff durch die Wurzeln in den Boden erklärt.

Für unsere Versuche bleibt festzustellen, daß sich im Verlauf der Vegetation bei allen gedüngten Varianten gegen Ende der Vegetationsperiode eine zunehmende Differenzierung hinsichtlich des Trockensubstanzertrages pro Gefäß vollzog (siehe Abb. 5). Dazu ist ferner festzustellen, daß bei allen Varianten die Beziehung zwischen Probenahme-Termin

und Trockensubstanz-Ertrag pro Gefäß hoch signifikant (bei einer GD von 1 %) gesichert ist.

Der pflanzliche Stickstoff-Entzug des Weizens

Im folgenden soll der Verlauf der pflanzlichen N-Entzüge in Abhängigkeit von der Zeit und der Stickstoff-Dünger-Form betrachtet werden. Im Jahre 1975 nahm der N-Entzug des Weizens pro Gefäß (Tab. 7 und Abb. 6) während der Vegetationsperiode in allen Varianten, analog dem Ansteigen der Trockensubstanz, zu. Diese Beziehung ist bei allen Varianten hoch signifikant (bei einer GD von 1 %) gesichert.

Auch hier haben die Varianten B_5 und B_3 den höchsten pflanzlichen N-Entzug im Stadium der Gelbreife am 14.7.1975 erreicht. Die Varianten B_4 und B_2 liegen wieder deutlich abgesetzt darunter, dann folgt die Variante B_1 .

Schon aus dem Verlauf der Kurven in den Abbildungen (5 u. 6) deutet sich eine enge Beziehung zwischen Trockensubstanz-Ertrag und pflanzlichem N-Entzug pro Gefäß an. Die Beziehung ist in der Abbildung (7) graphisch dargestellt und zeigt, daß sie bei der Grenzdifferenz von 1 % hoch signifikant gesichert ist.

In den Arbeiten von EIK und HANWAY (1966) sowie HANWAY (1962a), wird eine enge Beziehung zwischen der Trockensubstanz-Menge der Gesamtpflanzen und dem Blattflächenindex nachgewiesen. Die Verknüpfung der Beziehung zwischen N-Aufnahme und Trockensubstanz-Entwicklung einerseits und Blattflächenentwicklung und Trockensubstanz-Zunahme andererseits könnte zu dem theoretischen Schluß führen, daß die N-Aufnahme doch, wie von PFEIFER et al., (1921) angegeben, parallel zur Trockensubstanzbildung verläuft. Diese Beziehung zwischen Trockensubstanzertrag und pflanzlichen N-Entzug haben PRIMOST (1961); BOATWRIGHT u. HAAS (1961) und BRAUN (1972) ebenfalls bestätigt.

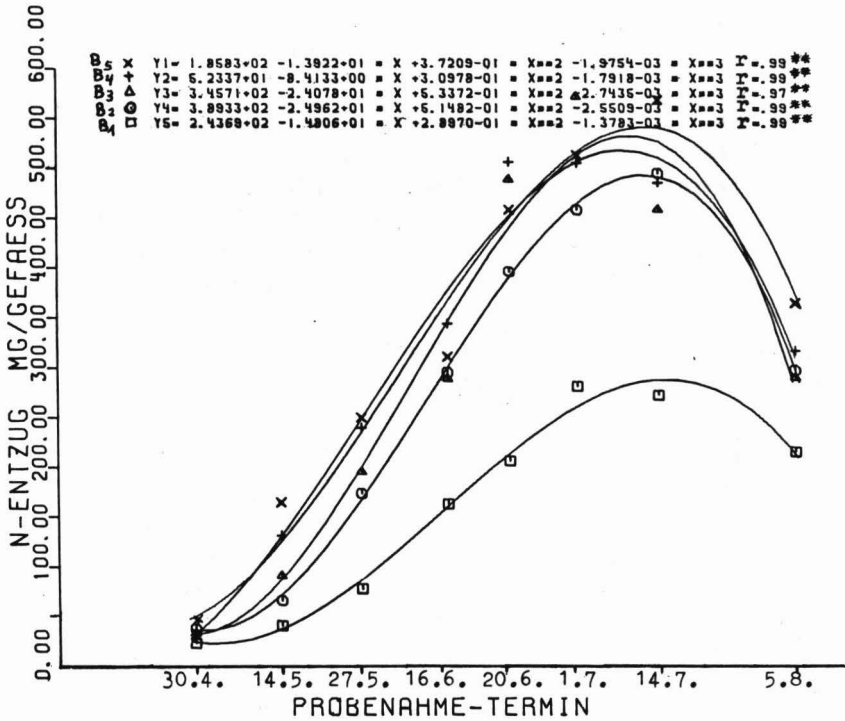


Abb. 6 : Sommerweizen, Vegetationsperiode 1975
Beziehung zwischen Probenahme-Termin und
pflanzlichem N-Entzug

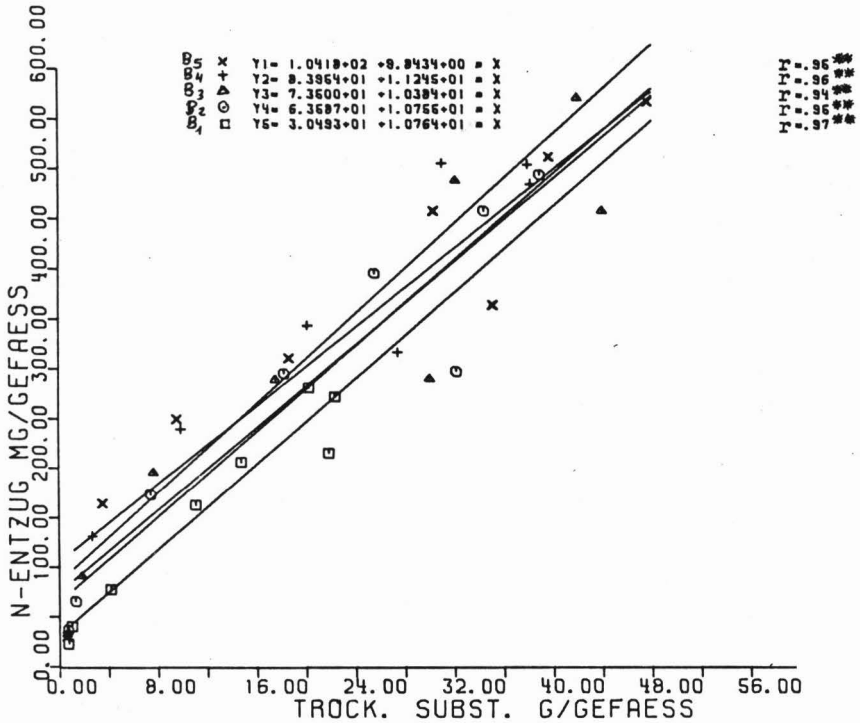


Abb. 7: Sommerweizen, Vegetationsperiode 1975
Beziehung zwischen Trockensubstanz-Ertrag und
pflanzlichem N-Entzug

Der N-Gehalt des Weizens

Die N-Gehalte des Weizens (g N/100 g Trockensubstanz) sind zu Beginn der Vegetationsperiode (Tab. 8 u. Abb. 8) am höchsten und nehmen bis zum 14.7.1975 stetig ab. Der hohe N-Gehalt zu Beginn der Vegetationsperiode wurde auch in Versuchen von TIKHOVA u. ADERIKHIN (1959) und PRIMOST (1961) gefunden. Das geringfügige Ansteigen des N-Gehaltes zu Beginn der reproduktiven Phase (ab 14.7.1975; Abb. 6) stimmt mit Befunden anderer Autoren überein (PRIMOST, (1961); BOATWRIGHT und HAAS, (1961), JUNG u. MLE-FOULY (1966); Mc NEAL et al., (1966) und Mc NEAL et al., (1968). Dieses Phänomen ist damit zu erklären, daß gegen Ende der Vegetationsperiode der Stickstoff teilweise aus den Blättern und Halmen abgezogen und in den Körnern akkumuliert wird, ein Teil der Blätter abfällt und bei der Tотреife des Getreides nicht mehr mit erfaßt wird.

Tabelle 8: N-Gehalt des Sommerweizens während der Vegetationsperiode 1975 (N in % der Tr.S.)

Probenahme- Termin Varian- ten	30.4.	14.5.	27.5.	10.6.	20.6.	1.7.	14.7.	5.8.
B ₁	4,6	4,0	1,9	1,5	1,4	1,4	1,2	1,6
B ₂	5,2	5,0	2,3	1,6	1,6	1,3	1,3	1,5
B ₃	5,3	4,9	2,6	1,7	1,5	1,4	1,0	1,4
B ₄	5,0	4,9	2,4	1,7	1,6	1,3	1,3	1,6
B ₅	5,0	4,7	2,5	1,7	1,5	1,3	1,2	1,6

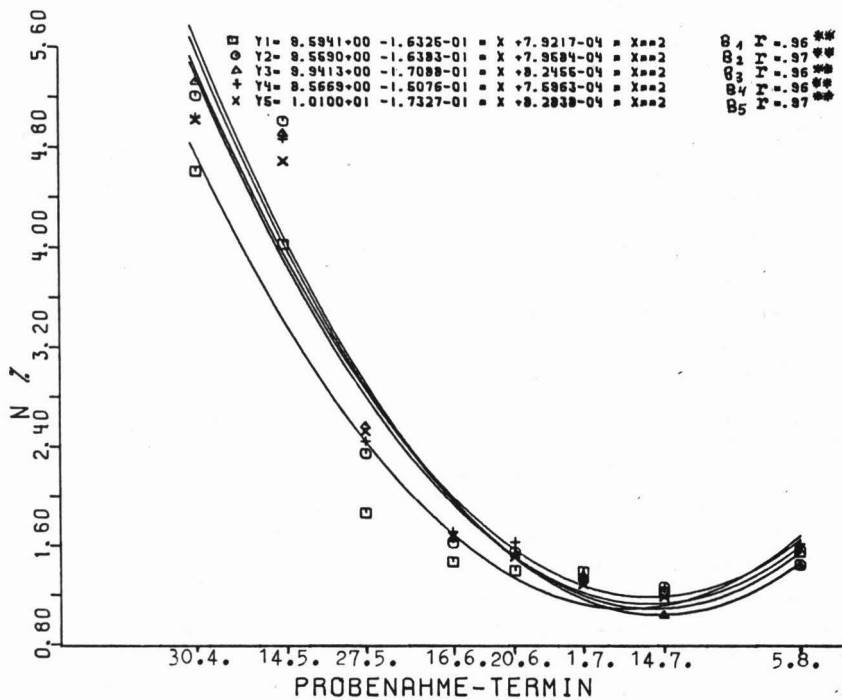


Abb. 8: Sommerweizen, Vegetationsperiode 1975
N % (g N/100 g Tr.S.) in Abhängigkeit von
der Zeit

Die Beziehung zwischen N-Gehalt und Probenahme-Termin ist ebenfalls hoch signifikant (bei einer GD von 1 %) gesichert. Die überwiegend entwicklungsbedingte Abnahme des N-Gehaltes mit der Zeit (Abb. 8) bei Weizen ist bekannt, wie BOATWRIGHT und HAAS (1961), PRIMOST (1961), HANWAY (1962b), Mc NEAL et al., (1968), HUNDT et al., (1972), BRAUN (1972) und MÜLLER und GARZ (1975) ebenfalls ermittelten.

Weizen-Erträge

In der Tabelle (9) sind die Durchschnittserträge aller Gefäße, wie sie zum Zeitpunkt der Ernte ermittelt wurden, aufgeführt. Aus den Erträgen der Tabelle (9) (siehe auch Anhang, Tab.13, 14) ist abzulesen, daß bei allen zur Hauptfrucht (Sommerweizen) gedüngten Varianten (B_2 , B_3 , B_4 und B_5) im Vergleich zur ungedüngten Variante B_1 beim Trockensubstanzertrag für das Stroh sowie für das Korn signifikant gesicherte Mehrerträge erzielt wurden (bei einer GD von 1 %). Der pflanzliche N-Entzug insgesamt (mg N/Gefäß) war sowohl beim Korn, als auch beim Stroh hoch signifikant bei der Grenzdifferenz von 1 % gesichert. SCHLESIER, (1932), zitiert nach BRAUN (1972) konnte bei einem ganz ähnlich angelegten Feldversuch bei der nicht mit Stickstoff gedüngten Variante geringere pflanzliche Stickstoff-Entzüge und Trockensubstanz-Erträge pro Flächeneinheit beobachten als bei den Versuchsgliedern mit Stickstoff-Düngung. In der Tabelle (10) (siehe auch Anhang, Tab.13,14) sind die Ergebnisse der statistischen Verrechnung der Ertragszahlen aufgeführt. Daraus ist zu entnehmen, daß bei den Varianten B_2 und B_3 , bei denen die Zwischenfrucht nicht zusätzlich mit Stickstoff gedüngt wurde, die unterschiedliche N-Dünger-Form (Nitrat oder Ammonium) zur Hauptfrucht sich sowohl beim Trockensubstanz-Ertrag, als auch beim pflanzlichen N-Entzug nicht signifikant unterschiedlich auswirkte.

Tabelle 9: Sommerweizen, Vegetationsperiode 1975, Trockensubstanz-Erträge und pflanzliche N-Entzüge insgesamt

Varianten	Anzahl der Gefäße	Trockensubstanz				pflanzliche N-Entzüge		
		Gesamt	Korn	Stroh	Gesamt	Korn	Stroh	Gesamt
		g/Variante	g/Gefäß	g/Gefäß	g/Gefäß	mg/Gefäß	mg/Gefäß	mg/Gefäß
B ₁	38	874,2	5,82	17,2	23,0	141,1	64,1	205,2
B ₂	37	1189,8	6,84*	25,3*	32,2*	176,3*	129,9*	306,2*
B ₃	37	1086,4	6,52*	22,8*	29,5*	168,9*	131,3*	300,2*
B ₄	36	1052,2	6,54*	22,7*	29,2*	174,2*	123,2*	297,4*
B ₅	36	1180,8	6,69*	26,1*	32,8*	181,0*	163,2*	344,2*

- kein signifikanter Unterschied

* signifikanter Unterschied bei der GD von 5 %

** signifikanter Unterschied bei der GD von 1 %

Tabelle 10: Sommerweizen, Vegetationsperiode 1975, statistische Auswertung der Trockensubstanz-Erträge und der pflanzlichen N-Entzüge für die Versuchsvarianten

Varianten	B ₂ B ₃	B ₂ B ₄	B ₃ B ₅	B ₄ B ₅
Trockensubstanz-Erträge				
Korn	-	-	-	-
Stroh	-	-	*	*
Gesamt-T.R.S.	-	-	**	*
pflanzliche N-Entzüge				
Korn	-	-	-	-
Stroh	-	-	*	**
Gesamt-N-Entzüge	-	-	**	**

- kein signifikanter Unterschied

* signifikanter Unterschied bei der GD von 5 %

** signifikanter Unterschied bei der GD von 1 %

Auch beim Vergleich der Varianten B₂ und B₄ (gleiche N-Dünger-Form als Nitrat-N zur Hauptfrucht, Zwischenfrucht nur Variante B₄ mit NO₃ gedüngt) ergeben sich keine gesicherten Unterschiede.

Hingegen ergeben sich bei den Varianten, die allein mit NH₄-N gedüngt wurden, interessante Aspekte. Wenn man die Varianten B₃ und B₅ miteinander vergleicht, dann stellt man fest, daß bei der Variante B₅ der Strohertrag und der Gesamt-Trockensubstanz-Ertrag (Korn und Stroh) signifikant höher

sind, als bei der Variante B₃. KÜRTEN und TROST (1974) haben ebenfalls in 12-jährigen Untersuchungen gefunden, daß der Sommerweizen, der auf Parzellen mit Gründüngung (Raps + N-Düngung) stand, in fast allen Versuchsjahren deutliche Mehrerträge erbrachte. Ferner haben sie festgestellt, daß eine richtig durchgeführte Strohdüngung auch bei mehrjähriger Anwendung keine nachteiligen Folgen für die Fruchtbarkeit des leichten Bodens hatte, was auch darin zum Ausdruck kam, daß die Kohlenstoff- und N-Gehalte des Bodens konstant blieben.

Zu ähnlichen Befunden kamen KÖHNLEIN u. VETTER, (1963) und ANSORGE, (1966) in mehrjährigen Versuchen mit Getreide auf anderen Standorten. DEBRUCK, (1970) hat festgestellt, daß selbst eine erhöhte N-Düngung vielfach nicht den Leistungsschwund extremer Getreidefruchtfolgen zu verhindern vermag. Aus diesem Grunde sollten als weitere Verbesserungsmaßnahme ein konsequenter Zwischenfruchtbau als Gründüngung angestrebt werden. Die damit erzielbaren beachtlichen Mehrerträge werden allerdings durch witterungsbedingte Faktoren mit einer gewissen Unsicherheit belastet. DEBRUCK (1966) findet außerdem, daß man bei ausreichendem Massenwuchs der Gründüngungspflanzen über eine Komplexwirkung mit der mineralischen N-Düngung vielfach Höchsterträge erzielt, die den durch den erhöhten Halmbruchbefall entstandenen Ertragschaden kompensieren und sogar überdecken können.

Der Vergleich der Varianten B₄ (NO₃-Düngung) und B₅ (NH₄-Düngung) gestattet eine Aussage zur Wirkung der angewendeten N-Dünger-Form unter sonst gleichen Voraussetzungen. Hier konnte ein hoch signifikanter Mehrertrag bei der Variante B₅ für die Trockensubstanz des Stroh, für die Gesamt-Trockensubstanz beim pflanzlichen N-Entzug des Stroh und beim pflanzlichen N-Entzug insgesamt (Stroh und Korn) im Vergleich zur Variante B₄ festgestellt werden (siehe Tab. 10).

SOMMER u. MERTZ, (1974) haben gefunden, daß bei Gerste, Roggen und Mais die Erträge durch eine Stickstoff-Düngung mit NH₄-N im Vergleich zu einer Düngung mit NO₃-N zwischen 10-42 % erhöht waren. Sie haben ferner gefunden, daß NH₄-N im Vergleich zu NO₃-N von allen Versuchspflanzen als Stickstoffquelle gut aufgenommen wurde.

3.1.2. Pflanzenerträge für das Versuchsjahr 1975/1976

3.1.2.1. Raps

In dieser Vegetationsperiode konnte man die Unterschiede, die in erster Linie auf die N-Düngung zurückzuführen sind, im Gegensatz zur Vegetationsperiode 1974/1975 auch äußerlich gut erkennen. In der Tabelle (11) sind die Trockensubstanz-erträge und die pflanzlichen Stickstoff-Entzüge des Rapses für die Vegetationsperiode 1975/1976 in Abhängigkeit von der Zeit und von der Düngung für die einzelnen Varianten aufgeführt.

Die Tabelle (11) zeigt, daß mit fortschreitender Zeit die Trockensubstanz-Erträge aller Varianten ebenso wie die pflanzlichen N-Entzüge zunehmen. Aus den Abbildungen (9) u. (10) geht hervor, daß der Raps auf den Varianten, die mit Nitrat zur Zwischen- und Hauptfrucht (B_4) bzw. nur zur Hauptfrucht (B_2) abgedüngt wurden, jeweils höhere Erträge und auch pflanzliche N-Entzüge erbrachte, als die korrespondierenden Varianten, die mit NH_4 - N gedüngt wurden.

Tabelle 11: Zwischenfrucht Raps, Trockensubstanz-Erträge und pflanzliche Stickstoff-Entzüge während der Vegetationsperiode 1975/1976

Probenahme- Varianten	Termin	19.9.75	16.10.75	17.11.75	15.1.76	4.2.76
Trockensubstanz-Erträge (g/Gefäß)						
B ₁		1,7	1,8	1,9	2,0	2,0
B ₂		2,1	2,6	3,0	3,2	3,5
B ₃		1,9	2,3	2,6	2,8	2,8
B ₄		2,9	5,0	6,1	6,9	7,4
B ₅		2,8	4,4	5,5	6,3	6,7
pflanzliche N-Entzüge (mg N/Gefäß)						
B ₁		36,7	44,2	64,7	73,1	78,4
B ₂		56,64	91,4	124,3	127,0	152,6
B ₃		51,1	72,6	98,3	95,7	116,1
B ₄		60,6	193,9	210,1	289,8	334,1
B ₅		64,3	174,2	183,9	227,6	302,9

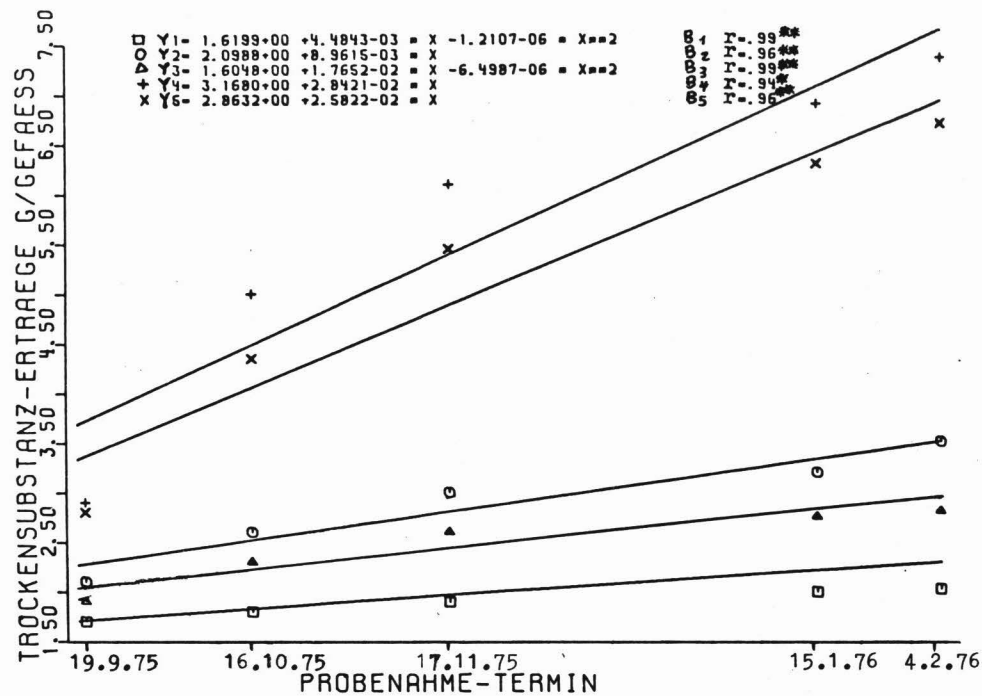


Abb. 9: Zwischenfrucht Raps, Vegetationsperiode 1975/1976,
Beziehung zwischen Probenahme-Termin und den Trockensubstanz-Erträgen

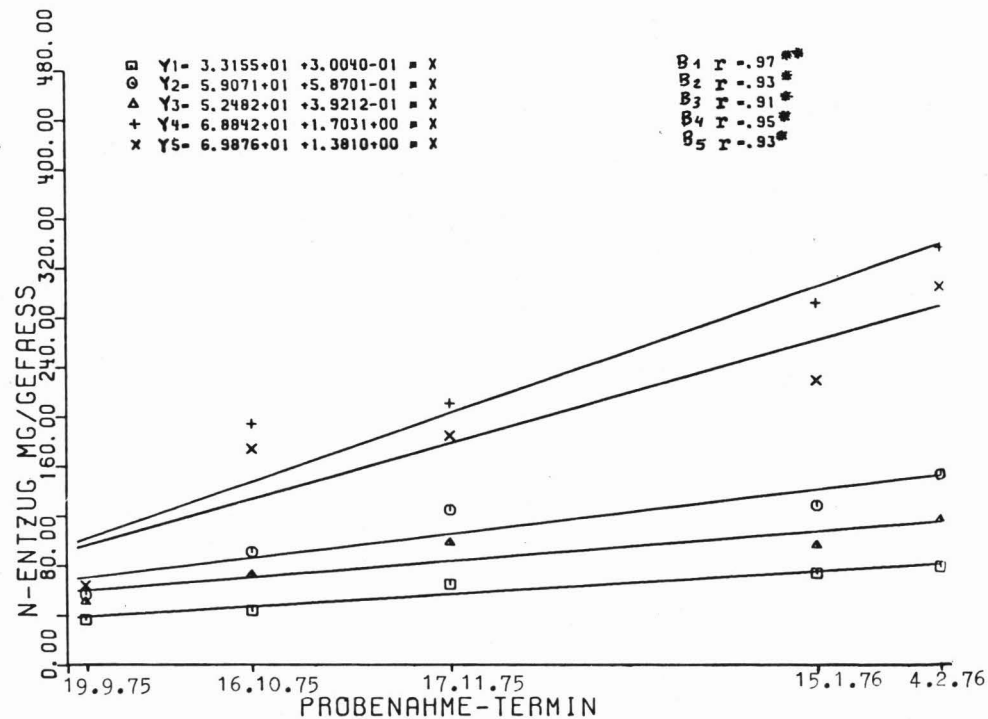


Abb. 10: Zwischenfrucht Raps, Vegetationsperiode 1975/1976
Beziehung zwischen Probenahme-Termin und pflanzlichen N-Entzügen

Dieser Befund ließe sich insofern für die Varianten B₄ und B₅, die zur Zwischenfrucht unmittelbar mit Nitrat und Ammonium gedüngt wurden, erklären, als SOMMER und MERTZ, (1974) festgestellt haben, daß die Entwicklung des Rapses bei einer Ernährung mit reinem NH₄-Dünger im Gegensatz zu einer Ernährung mit reinem Nitrat-Dünger stark gehemmt wurde.

Aus den Darstellungen in den Abbildungen (9) u. (10) geht ferner hervor, daß zwischen dem Probenahme-Termin einerseits und dem Trockensubstanz-Ertrag bzw. dem pflanzlichen N-Entzug andererseits signifikante bis hoch signifikante Beziehungen bestehen.

Daraus leitet sich ferner ab (Abb. 11), daß auch die Beziehung zwischen Trockensubstanz-Ertrag und pflanzlichen N-Entzug bei allen Varianten hoch signifikant ist.

In der Tabelle(12) sind die Trockensubstanz-Erträge und pflanzlichen N-Entzüge des geernteten Rapses (am 4.2.76) aufgeführt, wie sie zum Zeitpunkt der Ernte ermittelt wurden.

Tabelle 12: Zwischenfrucht Raps, Vegetationsperiode 1975/1976
Trockensubstanz-Erträge und pflanzliche N-Entzüge

Vari- anten	Anzahl der Gefäße	Trockensubstanz (g/Variante)	Trockensubstanz (g/Gefäß)	pflanzlicher N-Entzug (mg/Gefäß)
B ₁	34	68,85	2,03	76,81
B ₂	33	115,70	3,51 **	151,59 **
B ₃	33	92,60	2,81	115,99
B ₄	32	233,45	7,30 **	330,17 **
B ₅	32	214,25	6,70 **	304,95 **

- kein signifikanter Unterschied
- * signifikanter Unterschied bei der GD von 5 %
- ** signifikanter Unterschied bei der GD von 1 %

Aus der Tabelle (12) (siehe auch Anhang Tab.12) geht hervor, daß sich der Einfluß der Ammonium-Düngung (nur auf Variante B₅) und der Nitrat-Düngung (Varianten B₂ und B₄) im Vergleich zu der ungedüngten Variante (B₁) durch einen hoch signifikanten Mehrertrag sowohl bei der Trockensubstanz als auch beim pflanzlichen N-Entzug auswirkte.

Der statistische Vergleich der verschiedenen Varianten miteinander ist in der Tabelle (13) aufgeführt (siehe auch Anhang, Tab.12).

Tabelle 13: Zwischenfrucht Raps, Vegetationsperiode 1975/1976.
Statistische Auswertung der Trockensubstanz-
Erträge und der pflanzlichen N-Entzüge für die
Versuchsvarianten

Varianten	B ₂	B ₂	B ₃	B ₄
	B ₃	B ₄	B ₅	B ₅
Trockensubstanz-Erträge g/Gefäß	-	**	**	-
pflanzlicher N-Entzug mg / Gefäß	-	**	**	-

- kein signifikanter Unterschied

* signifikanter Unterschied bei der GD von 5 %

** signifikanter Unterschied bei der GD von 1 %

Beim Vergleich der Varianten B₂ und B₄ sind die Mehrerträge bei der Variante B₄ sowohl für die Trockensubstanz als auch für den pflanzlichen N-Entzug bei der GD von 1 % hoch signifikant gesichert.

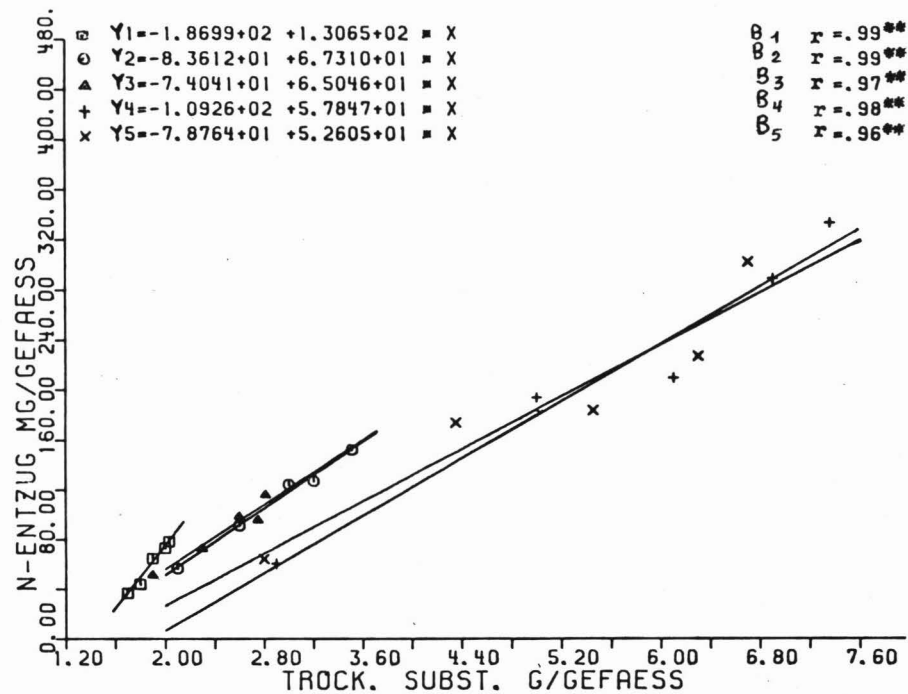


Abb. 11: Zwischenfrucht Raps, Vegetationsperiode 1975/1976
 Beziehung zwischen Trockensubstanz-Erträgen und pflanzlichen N-Entzügen

Beim Vergleich der Variante B_5 mit der Variante B_3 sind die Trockensubstanz-Erträge und die pflanzlichen N-Entzüge in der Variante B_5 jeweils hoch signifikant (GD von 1 %) größer, als in der Variante B_3 . Die große Differenz zwischen den beiden Varianten B_4 und B_5 einerseits, und den beiden Varianten B_2 und B_3 andererseits ist zweifellos auf die erfolgte Düngung zur Zwischenfrucht zurückzuführen.

Beim Vergleich der Trockensubstanz-Erträge und der pflanzlichen N-Entzüge der Varianten B_2 und B_3 bestehen keine signifikanten Unterschiede. Allerdings waren die Trockensubstanz-Erträge und die pflanzlichen N-Entzüge auf der Variante B_2 größer als auf der Variante B_3 und auf der Variante B_4 größer als auf der Variante B_5 . (siehe Tab. 12,13)

Aus welchem Grunde die Variante B_2 im Vergleich zu der Variante B_3 einen höheren Trockensubstanz-Ertrag und pflanzlichen N-Entzug erbracht hat, kann sicherlich nicht allein mit einer Nitrat-Verträglichkeit und einer Ammonium-Unverträglichkeit erklärt werden, da diese Varianten unmittelbar zu Raps überhaupt nicht gedüngt wurden.

In der Vegetationsperiode 1975/1976 haben die Varianten B_2 und B_4 (gedüngt mit Nitrat-N) höhere Trockensubstanz-Erträge bzw. pflanzliche N-Entzüge als die Varianten B_3 und B_5 (gedüngt mit Ammonium-N) (siehe Tab. 12) erbracht. SOMMER und MERTZ, (1974) haben festgestellt, daß Raps durch eine Ernährung mit Stickstoff in der NH_4 -Form gegenüber einer entsprechenden Ernährung in der Nitrat-Form im Ertrag um 8,6 % gesenkt wurde.

3.1.2.2. Sommerweizen

Die ermittelten Werte der Trockensubstanz-Erträge und die pflanzlichen N-Entzüge des Sommerweizens für die Vegetationsperiode 1976 in Abhängigkeit von der Zeit sind in der Tabelle (14) aufgeführt und in den Abbildungen (12)u.(13) graphisch dargestellt.

Tabelle 14: Sommerweizen, Trockensubstanz-Erträge und pflanzliche N-Entzüge während der Vegetationsperiode 1976

Probenahme- Varian- termin	4.5.76	19.5.76	1.6.76	11.6.76	25.6.76	14.7.76	5.8.76
Trockensubstanz-Erträge g/Gefäß							
B ₁	0,8	2,5	5,8	8,5	13,4	18,6	18,9
B ₂	0,9	3,4	9,0	16,5	32,7	40,1	31,4
B ₃	0,8	3,1	7,6	12,6	25,0	30,6	24,9
B ₄	0,9	4,0	9,2	15,4	32,2	34,5	34,6
B ₅	1,1	3,8	9,9	13,4	28,4	38,3	34,5
pflanzliche N-Entzüge mg N/Gefäß							
B ₁	31,3	77,0	103,9	161,8	237,5	191,7	184,9
B ₂	47,8	106,5	239,4	330,3	522,5	558,3	400,1
B ₃	43,0	87,2	203,2	230,2	457,1	356,8	305,7
B ₄	48,7	165,2	253,1	327,7	574,7	520,4	464,9
B ₅	64,4	146,5	259,2	343,8	511,9	469,5	468,1

Daraus geht hervor, daß die Trockensubstanzbildung in Abhängigkeit von der Zeit 1976 ähnlich wie 1975 verlaufen ist.

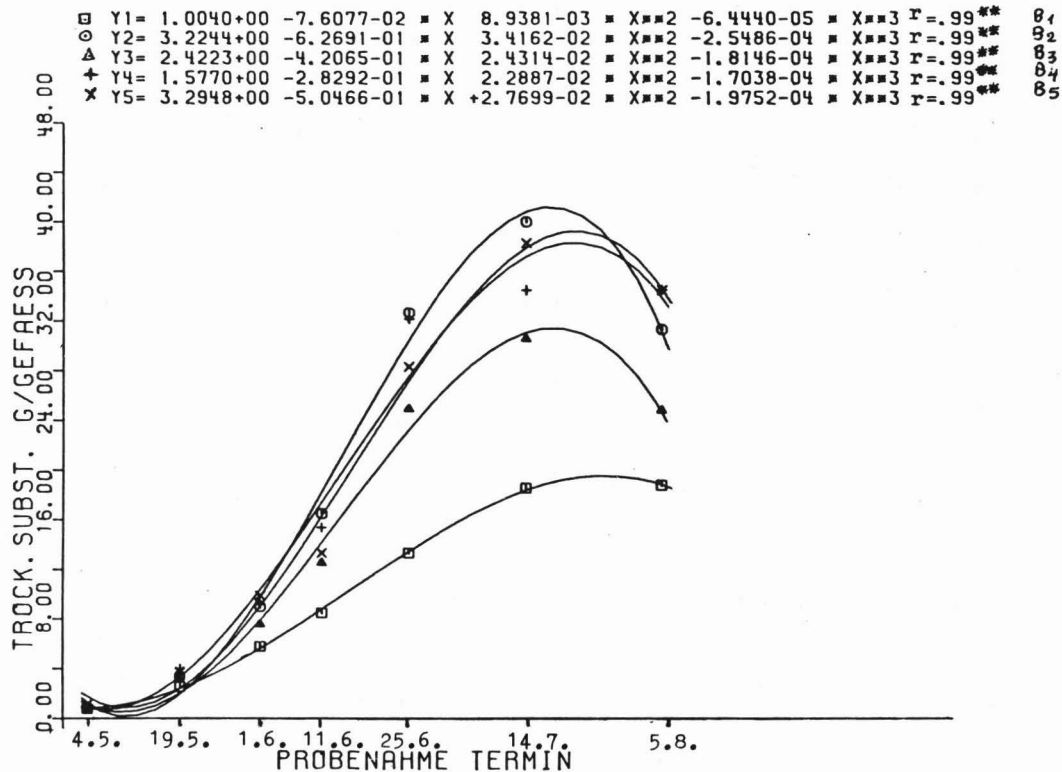


Abb. 12: Sommerweizen, Vegetationsperiode 1976,
 Beziehung zwischen Probenahme-Termin und Trockensubstanz-Erträgen

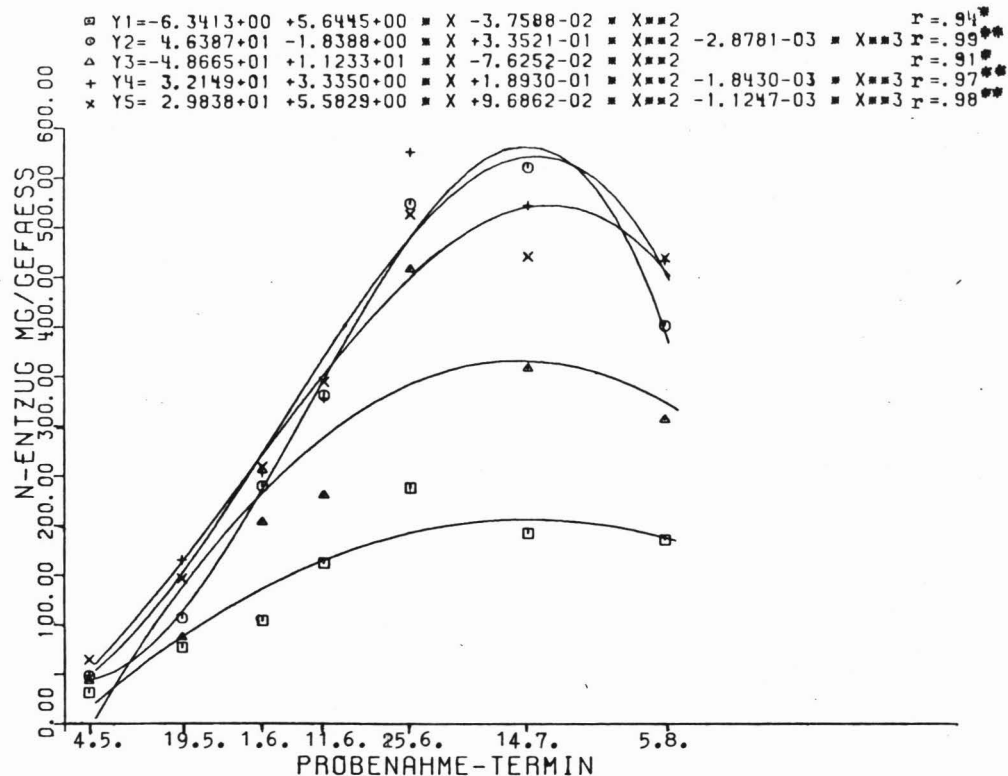


Abb. 13: Sommerweizen, Vegetationsperiode 1976,
 Beziehung zwischen Probenahme-Termin und pflanzlichem N-Entzug

Das Maximum der Trockensubstanzbildung liegt wiederum um den Zeitpunkt der Gelbreife bei allen Varianten am 14.7.76, danach tritt eine leichte Verminderung bis zum Ernte-Termin ein.

Aus der Abbildung (12) geht hervor, daß im Gegensatz zum Jahre 1975 an Stelle der Variante B₃ die Varianten B₂ und B₅ die höchsten Erträge erbracht haben. Dann folgen die beiden Varianten B₄ und B₃ und schließlich die ungedüngte Variante B₁. Aus der Abbildung (12) geht ferner hervor, daß zwischen dem Trockensubstanz-Ertrag und dem Probenahme-Termin bei allen Varianten eine hoch signifikante Beziehung besteht.

Analog dem Anstieg der Trockensubstanz steigen auch die pflanzlichen N-Entzüge mit der Zeit pro Gefäß an. (siehe Abbildung 13 u. Tabelle 14). Im allgemeinen ist 1976 die gleiche Tendenz für den pflanzlichen N-Entzug wie 1975 festzustellen. Auch die Beziehung zwischen dem pflanzlichen N-Entzug und dem Probenahme-Termin ist bei allen Varianten signifikant.

Die Beziehung zwischen dem pflanzlichen N-Entzug und dem Trockensubstanz-Ertrag ist in der Abbildung (14) dargestellt. Bei allen Varianten ergibt sich zwischen beiden Parametern eine signifikante Beziehung.

Der N-Gehalt des Weizens

Der N-Gehalt des Weizens (g N/100 g Trockensubstanz) nimmt bis zum 14.7.76 (Gelbreife) in allen Varianten ab, (Tabelle 15 u. Abbildung 15), danach folgt wieder der schon im Vorjahr beobachtete leichte Anstieg des N-Gehaltes bis zum Ernte-Termin (5.8.1976).

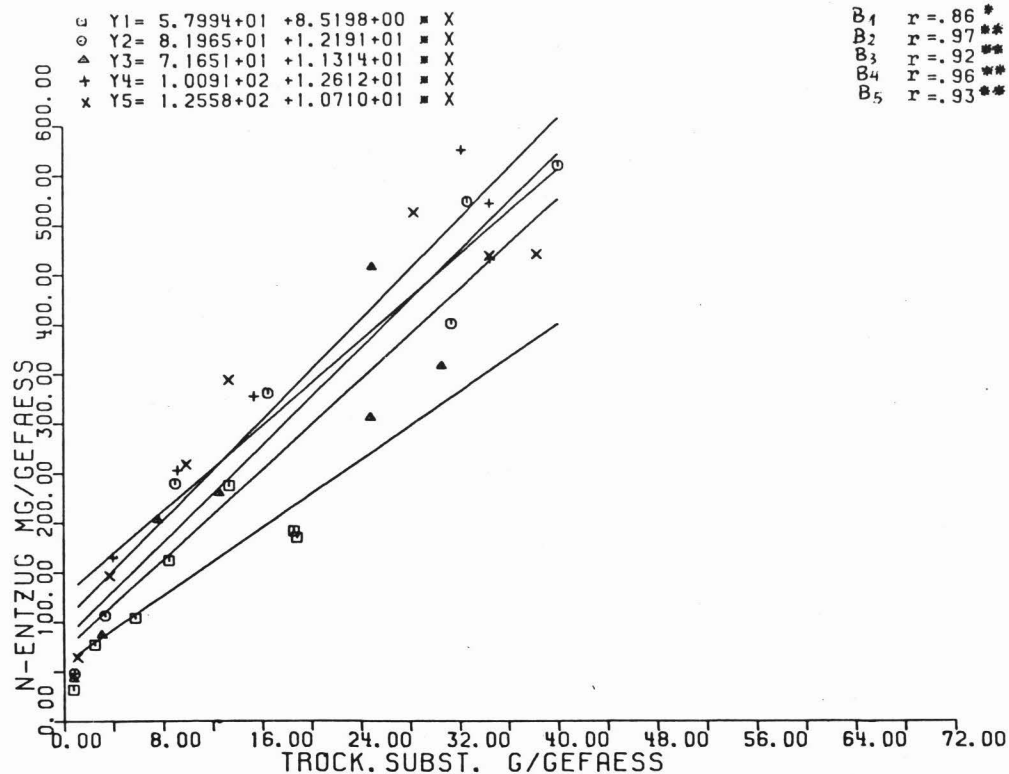


Abb. 14: Sommerweizen, Vegetationsperiode 1976
 Beziehung zwischen Trockensubstanz-Erträgen und pflanzlichen
 N-Entzügen

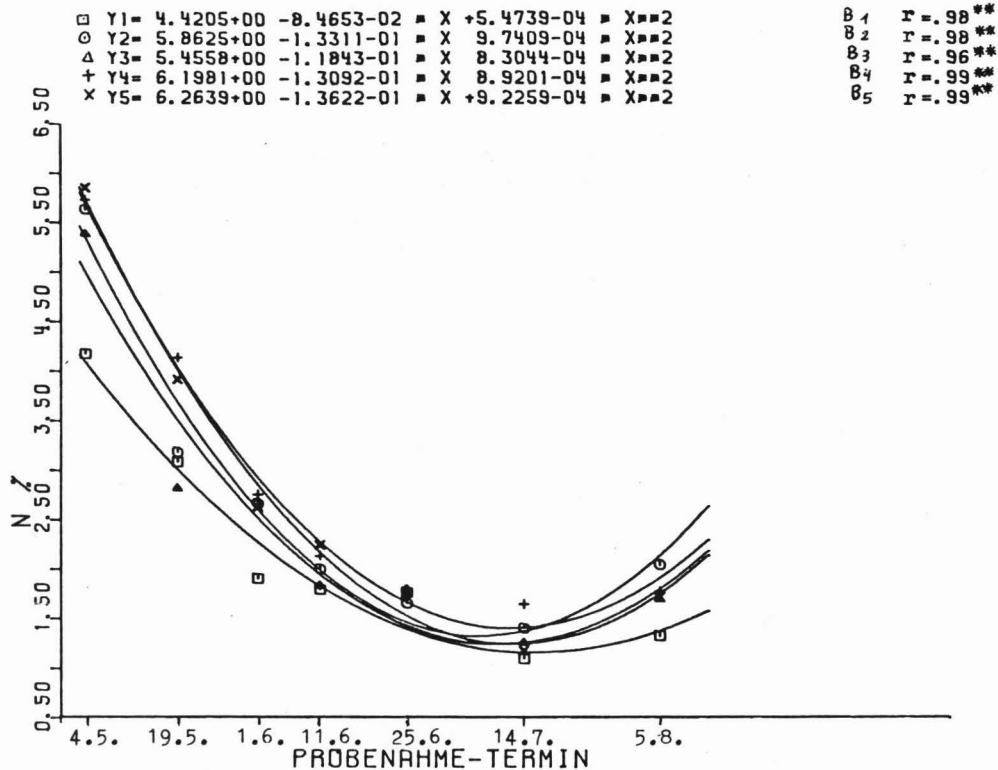


Abb. 15: Sommerweizen , Vegetationsperiode 1976
 N % (g N/100 g Tr.S) in Abhängigkeit von der Zeit

Tabelle 15: N-Gehalte des Sommerweizens, während der Vegetationsperiode 1976, (N-Gehalt in % der Tr.S.)

Probenahme- Termin Vari- anten	4.5.76	19.5.76	1.6.76	11.6.76	25.6.76	14.7.76	5.8.76
B ₁	4,2	3,1	1,9	1,8	17,6	1,1	1,3
B ₂	5,6	3,2	2,7	2,0	1,7	1,4	2,0
B ₃	5,4	2,8	2,7	1,8	1,8	1,3	1,7
B ₄	5,7	4,1	2,8	2,1	1,7	1,6	1,8
B ₅	5,9	3,9	2,6	2,2	1,8	1,2	1,7

Besonders zu erwähnen ist die Tatsache, daß der N-Gehalt bei den einzelnen Varianten im Gegensatz zum Jahre 1975 (siehe Abbildung 8) über die ganze Vegetationsperiode hinweg stärker differenziert ist. Hier hat sich offensichtlich die unterschiedliche Behandlung der einzelnen Varianten deutlicher ausgewirkt. Der hohe N-Gehalt in den B₂- und B₄-Varianten könnte mit einer besonders guten Ausnutzung des Nitrat-Dünger-N zusammen hängen, was offensichtlich auf die ausgeprägte trockene Witterung des Jahres 1976 zurückgeführt werden kann.

Weizen-Erträge 1976

In der Tabelle (16) sind die Trockensubstanz-Erträge, Ernte-Erträge und die pflanzlichen N-Entzüge des Sommerweizens für das Jahr 1976 aufgeführt. Aus der Tabelle (16) (siehe auch Anhang Tab. 15) wird ersichtlich, daß bei allen gedüngten Varianten im Vergleich zur ungedüngten Variante (B₁) beim Korn und Stroh die Erträge bzw. die pflanzlichen N-Entzüge hoch signifikant bei der GD von 1 % gesichert sind.

Tabelle 16: Sommerweizen, Vegetationsperiode 1976, Trockensubstanz-Erträge
und pflanzliche N-Entzüge

Varianten	Anzahl der Gefäße	Trockensubstanz-Erträge				pflanzliche N-Entzüge		
		Gesamt-Trockensubstanz g/Variante	Korn g/Gefäß	Stroh g/Gefäß	Gesamt-Trockensubstanz g/Gefäß	Korn mg/Gefäß	Stroh mg/Gefäß	Gesamt-N-Entzug mg/Gefäß
B ₁	25	441,0	6,0	11,7	17,6	138,7	44,5	183,2
B ₂	25	755,6	10,2**	20,0**	30,2**	293,1**	101,0**	394,1**
B ₃	25	710,4	9,7**	18,7**	28,4**	266,5**	90,4**	356,9**
B ₄	24	763,9	10,5**	21,3**	31,8**	329,6**	131,7**	461,3**
B ₅	24	834,9	12,2**	22,6**	34,8**	355,0**	111,2**	466,2**

- kein signifikanter Unterschied

* signifikanter Unterschied bei der GD von 5 %

** signifikanter Unterschied bei der GD von 1 %

In der Tabelle (17) (siehe auch Anhang Tab.15,16) sind die Ergebnisse der statistischen Verrechnung der Ertragszahlen aufgeführt.

Tabelle 17: Sommerweizen, Vegetationsperiode 1976, statistische Auswertung der Trockensubstanz-Erträge und der pflanzlichen N-Entzüge für die Versuchsvarianten

Varianten	B ₂ B ₃	B ₂ B ₄	B ₃ B ₅	B ₄ B ₅
Trockensubstanz-Erträge				
Korn	-	-	*	-
Stroh	-	-	**	-
Gesamt	-	-	**	-
pflanzliche N-Entzüge				
Korn	-	-	**	-
Stroh	-	**	**	**
Gesamt	-	**	**	-

Beim Vergleich der Varianten miteinander ergibt sich folgendes:

Laut Tabelle (17) bestehen zwischen den Varianten B₂ und B₃ keine Unterschiede, wie es auch im Jahre 1975 festgestellt wurde.

Beim Vergleich der Varianten B₂ und B₄ ergeben sich keine gesicherten Unterschiede beim Trockensubstanz-Ertrag, aber beim pflanzlichen N-Entzug hat die Variante B₄ auch im Gegensatz zu 1975 sowohl beim Stroh, als auch beim Gesamt-N-Entzug bei der GD von 1 % mehr Stickstoff entzogen als die

Variante B₂. Damit wird deutlich, daß in der zweiten Vegetationsperiode sich offensichtlich die Nitrat-Düngung zur Zwischenfrucht Raps (B₄-Variante) jetzt auch bei der Hauptfrucht Sommerweizen bemerkbar macht, ein Phänomen, das sich in der ersten Vegetationsperiode noch nicht einstellte.

Beim Vergleich der Varianten B₃ und B₅ ergibt sich, daß beim Kornertrag auf der Variante B₅ signifikant gesicherte Mehrerträge erzielt wurden (bei der GD von 5 %).

Der Strohertrag, der Gesamtertrag, sowie die pflanzlichen N-Entzüge beim Korn, Stroh und insgesamt, sind auf der Variante B₅ hoch signifikant größer (Tab. 17) als auf der Variante B₃. Damit zeigt sich, daß die Zwischenfrucht-Wirkung des mit Ammonium gedüngten Rapses (Variante B₅), die sich im Jahre 1975 beim Vergleich der Varianten B₃ und B₅ lediglich beim Gesamt-Stickstoff-Entzug und beim Gesamt-Trockensubstanz-Ertrag andeutete, sich im zweiten Versuchsjahr noch deutlicher vor allen Dingen auch im Kornertrag manifestierte.

Beim Vergleich der zwei Varianten B₄ und B₅ ist lediglich beim pflanzlichen N-Entzug des Strohs ein hoch signifikant gesicherter, größerer N-Entzug zugunsten der Variante B₅ festzustellen (bei der GD von 1 %). Damit ergibt sich auch beim Vergleich dieser Varianten, daß die Überlegenheit der Variante B₅ gegenüber der Variante B₄ im Jahre 1975 im zweiten Versuchsjahr 1976 dadurch kompensiert wird, daß die Erträge auf der Variante B₄ aufgrund der Nachwirkung des mit Nitrat-N gedüngten Rapses aus dem ersten Versuchsjahr offensichtlich stärker gestiegen sind.

3.1.3. Vergleich der Erträge für Raps und Sommerweizen in beiden Vegetationsperioden

3.1.3.1. Vergleich der Rapsrerträge

Die Ergebnisse des statistischen Vergleichs betreffs Trockensubstanz-Erträge und pflanzliche N-Entzüge zwischen den Versuchsjahren 1975 und 1976 für Raps sind in verkürzter Form in der Tabelle (18) (siehe auch Anhang, Tab. 17) aufgeführt.

Tabelle 18: Zwischenfrucht Raps, Vegetationsperiode 1974/75 und 1975/76, statistische Auswertung der Trockensubstanz-Erträge und pflanzlichen N-Entzüge

Varianten 1974/75 Varianten 1975/76	B ₁ B ₁	B ₄ B ₄	B ₅ B ₅
Trockensubstanz- Erträge	**	**	**
pflanzliche N- Entzüge	**	**	**

- kein signifikanter Unterschied

* signifikanter Unterschied bei der GD von 5 %

** signifikanter Unterschied bei der GD von 1 %

Daraus ist zu entnehmen, daß die Trockensubstanz-Erträge und die pflanzlichen N-Entzüge auf den ungedüngten Varianten 1975 signifikant höher liegen, als 1976. Dieser Befund

ist damit zu erklären, daß im zweiten Jahr hinsichtlich der N-Mineralisierung offensichtlich schon eine gewisse Erschöpfung auf diesen Varianten eingetreten ist, zumal hier mit der ersten Sommerweizen-Ernte teilweise beträchtliche N-Mengen entzogen worden sind.

Hingegen wirkt bei den Varianten B₄ und B₅ die entsprechende Stickstoff-Düngung zur Zwischenfrucht aus dem Jahre 1974/75 insofern offensichtlich noch nach, als die Trockensubstanz-Erträge und pflanzlichen N-Entzüge im Jahre 1975/76 hoch signifikant höher liegen, als 1974/1975 (bei der GD von 1 %).

3.1.3.2. Vergleich der Erträge für Sommerweizen

Die Ergebnisse des statistischen Vergleichs betreffs Trockensubstanz-Erträge und pflanzlicher N-Entzüge zwischen den beiden Versuchsjahren 1975 und 1976 für den Sommerweizen sind in der Tabelle (19) (siehe auch Anhang, Tab.18,19,20) in verkürzter Form aufgeführt.

Tabelle 19: Sommerweizen, Vegetationsperioden 1975 und 1976, statistische Auswertung der Trockensubstanz-Erträge und pflanzlichen N-Entzüge

Variante 1975 Variante 1976	B ₁ B ₁	B ₂ B ₂	B ₃ B ₃	B ₄ B ₄	B ₅ B ₅
Trockensubstanz-Erträge					
Stroh	**	**	**	-	**
Korn	-	**	**	**	**
Gesamt TRS.	**	-	-	-	-
pflanzliche N-Entzüge					
Stroh	*	**	**	-	**
Korn	-	**	**	**	**
Gesamt N-Entzüge	-	**	**	**	**

- kein signifikanter Unterschied

* signifikanter Unterschied bei der GD von 5 %

** signifikanter Unterschied bei der GD von 1 %

Die Nullvariante (B_1) erbrachte mit Ausnahme des Kornertrages im Jahre 1975 einen signifikanten, höheren Trockensubstanz-Ertrag und pflanzlichen N-Entzug im Stroh als 1976. Dieser Befund kann mit einer partiellen Erschöpfung hinsichtlich des Bodenstickstoffs erklärt werden.

Auf der Variante B_2 wurde 1975 zwar ein höherer Strohertrag und pflanzlicher N-Entzug durch das Stroh registriert (bei der GD von 1 %), dafür war 1976 der Kornertrag und der Gesamt-N-Entzug im Korn und insgesamt höher (bei der GD von 1 %) als 1975.

Die Variante B_3 verhält sich bei diesem Vergleich genauso wie die Variante B_2 . Das läßt darauf schließen, daß insgesamt die Ausnutzung des mineralisch gedüngten Stickstoffs durch den Weizen im Jahre 1976 aufgrund der drei geteilten Düngergaben besser war als 1975. Dieser Befund ist in der Literatur vielfach bestätigt worden (PRIMOST (1961), SEIBERTH und FISCHBECK (1970), STURM und JUNG (1972), MÜLLER und GARZ (1975) und KRATZSCH (1976).

Auch die Varianten B_4 und B_5 verhalten sich bei diesem Vergleich ähnlich wie die Varianten B_2 und B_3 . Allerdings könnte hier zusätzlich die Düngung zur Zwischenfrucht Raps nachgewirkt haben. Allgemein läßt sich feststellen, daß im Jahre 1976 die Kornerträge bei allen Varianten (siehe Tab. (19)) signifikant (bei der GD von 1 %) größer sind als 1975; das trifft ferner auch für den pflanzlichen N-Entzug insgesamt und den N-Entzug im Korn mit Ausnahme auf der Variante B_1 zu.

Dieses Ergebnis spricht einmal dafür, daß generell im Jahre 1976 aufgrund der besonderen Witterungsverhältnisse (anhaltend trocken, Versuch bei Bedarf beregnet) eine gute Ausnutzung des mineralisch gedüngten Stickstoffs unabhängig von der Düngerform erzielt wurde. Zum anderen könnte die Wirkung auf die Zwischenfruchtbehandlung zurückgeführt werden.

Allerdings liegen dafür keine Versuchsergebnisse vor, weil die entsprechende Versuchsvariante (Sommerweizen ohne Zwischenfrucht) nicht im Versuch mit eingeplant war.

Schließlich dürfte sich auch die Dreiteilung der N-Düngung im Jahre 1976 (die N-Düngung 1975 erfolgte in 2 Gaben) darauf positiv ausgewirkt haben.

4. ZUSAMMENFASSUNG

Die Untersuchungen befassen sich mit der Verteilung des anorganisch und organisch gebundenen Stickstoffs in einer Löß-Parabraunerde und seiner Metabolik unter Sommerweizen und Brache in einem Feldversuch während zweier Vegetationsperioden.

Der Feldversuch ist so angelegt, daß bei jedem Probenahme-Termin nicht nur der Boden auf seine N-Fractionen analysiert wurde, sondern auch der auf diesem Boden gewachsene Pflanzenbestand zu Ertragsermittlungen (Trockensubstanz-Erträge, pflanzliche N-Entzüge) herangezogen wurde.

In der Mitteilung I wurde besonders überprüft, welchen Einfluß eine mit unterschiedlichen Düngerformen ($\text{NO}_3\text{-N}$ bzw. $\text{NH}_4\text{-N}$) gedüngte Zwischenfrucht Raps auf den Ertrag und die pflanzlichen Stickstoff-Entzüge des Sommerweizens ausübt.

Die Trockensubstanzbildung bei Raps und Sommerweizen wurde unabhängig von der applizierten N-Düngerform zu jedem Zeitpunkt der Entwicklung während beider Vegetationsperioden durch die N-Düngung signifikant positiv beeinflusst.

Die Beziehung zwischen den Trockensubstanz-Erträgen und den pflanzlichen N-Entzügen bei Raps und Sommerweizen ist während beider Vegetationsperioden signifikant bis hoch signifikant gesichert.

Die Trockensubstanz-Erträge und pflanzlichen N-Entzüge beim Sommerweizen erreichen ihr Maximum zwischen dem Stadium der Milch- und Gelbreife während beider Vegetationsperioden.

Beim Vergleich der Varianten untereinander kann festgestellt werden, daß auf den B_4 - und B_5 -Varianten beim Sommerweizen höhere Trockensubstanz-Erträge und pflanzliche N-Entzüge erzielt wurden, als auf den korrespondierenden B_2 - und B_3 -Varianten. Dieser Unterschied ist im zweiten Vegetationsjahr deutlicher ausgeprägt als im ersten Vegetationsjahr.

Beim Vergleich der unterschiedlichen Düngerformen er-

geben sich beim Trockensubstanz-Ertrag und pflanzlichen N-Entzug des Weizens während beider Vegetationsperioden zwischen den B₂- und B₃-Varianten keine signifikanten Unterschiede, obwohl besonders während der zweiten Vegetationsperiode die B₂-Variante höhere Erträge lieferte. Beim Vergleich der B₄- und B₅-Varianten miteinander erbringt die B₅-Variante während der ersten Vegetationsperiode einen signifikant höheren Trockensubstanz-Ertrag und einen hoch signifikant größeren pflanzlichen N-Entzug. Dieser Unterschied stellt sich während der zweiten Vegetationsperiode nicht wieder ein. Die B₄-Variante zeichnet sich hier durch einen hoch signifikanten größeren pflanzlichen N-Entzug beim Stroh aus.

Die unterschiedliche Düngerform hat sich auf die Zwischenfrucht Raps in der Weise ausgewirkt, daß besonders im zweiten Vegetationsjahr 1975/1976 sich die Nitrat-Düngung auf der B₄-Variante im Vergleich zu der mit Ammonium gedüngten B₅-Variante hinsichtlich des Trockensubstanz-Ertrages und des pflanzlichen N-Entzuges positiver auswirkt. Allerdings sind die Unterschiede statistisch nicht gesichert.

Beim Vergleich der Erträge zwischen den beiden Vegetationsperioden läßt sich feststellen, daß beim Raps auf allen Varianten mit Ausnahme der B₁-Variante sämtliche Trockensubstanz-Erträge und pflanzlichen N-Entzüge im zweiten Vegetationsjahr hoch signifikant größer sind als im ersten Vegetationsjahr. Beim Weizen sind die Kornerträge und pflanzlichen N-Entzüge insgesamt auf den Varianten B₂, B₃, B₄ und B₅ im zweiten Vegetationsjahr hoch signifikant größer als im ersten Versuchsjahr.

5. LITERATURVERZEICHNIS

ALDAG, R., 1975:

Verfügbarkeit des Stickstoffs in Ackerböden.
Bestimmungsprobleme aus der Sicht der Umverteilung
der Stickstoff-Bindungsformen durch Bebrütung
Landwirtsch. Forschung Sonderheft 32/I 91-99 (1975)

ALDAG, R., H.J. DREWS u. B. MEYER, 1976:

Die Umverteilung des Stickstoffs in verschiedene
N-Fraktionen von Ackerböden durch Bebrütung in
Abhängigkeit von der zugesetzten Kohlenstoffquelle.
Landwirtsch. Forschung Sonderheft 33 (1976) (im Druck)

ALLISON, E.E., 1966:

The fate of nitrogen applied to soils
Advances of Agronomy 18, 219-258 (1966)

ANSORGE, H., 1966:

Ergebnisse von 8-jährigen Versuchen zur Überprüfung
verschiedener organischer Düngemittel, insbesondere
der Strohdüngung auf unterschiedlichen Standorten
Albrecht-Thaer-Archiv 10, 1139-1147 (1966)

ANSORGE, H., M. SCHNEE u. R. JAUERT, 1967:

Beziehung zwischen Vorfrucht und Düngung zu Ge-
treide
Albrecht-Thaer-Archiv 11, 163-169 (1967)

BARTHOLOMEW, W.V., L.B. NELSON u. C.H. WERKMAN, 1950:

The use of nitrogen ¹⁵N in field studies with oats
Agronomy Journal 42, 100-103 (1950)

BOATWRIGHT, G.O., H.J. HAAS, 1961:

Development and composition of spring wheat as
influenced by nitrogen and phosphorous fertilization
Agronomy Journal 53, 33-36 (1961)

BRAUN, H., 1972:

Untersuchungen zur Aufnahme und zur Verwertung von
Stickstoff durch Getreidebestände unter besonderer
Berücksichtigung von Standort- und Sortenunter-
schieden
Diss. Bonn 1972

BREDEMANN, G., 1945:

Untersuchungen über die Nährstoffaufnahme und den
Nährstoffbedarf des Hanfes (Cannabis Sativa)
Z. Bodenkunde u. Pflanzenernähr. 36, 167-204 (1945)

BREMNER, J.M., 1965:

Nitrogen availability indexes
In: methods of soil analysis. ed. Black, 'C.A., No.9
Agron. Ser., Amer. Soc. Agron. Inc. 2, 1324-1347 (1965)

BREMNER, J.M., 1967:

Nitrogen compounds
Soil biochemistry, ed. by Mc LAREN, A.D. and
PETERSON, G.H. Marcel DEKKER, Inc. New York, 19-66 (1967)

CARTER, J.N., O.L. BENNET u. R.W. PEARSON, 1967:

Recovery of fertilizer nitrogen under field
conditions using nitrogen-¹⁵
Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 31, 50-56 (1967)

DEBRUCK, J., 1966:

Untersuchungen über die Wirkung von Strohdüngung,
Gründüngung und Stickstoffdüngung auf Fußkrank-
heiten und Ertragsbildung bei Getreide
Z. Acker- u. Pflanzenbau 123, 75-105 (1966)

DEBRUCK, J., 1970:

Experimentelle Ergebnisse zur Gestaltung getreide-
reicher Fruchtfolgen
Z. Acker- u. Pflanzenbau 131, 181-200 (1970)

EAGLE, D.J., 1966:

Soil nitrogen analysis and their relation to
nitrogen responses in winter wheat
J. Sci. Food Agric. 17, 365-370 (1966)

EBERT, D. u. F. KOBOLD, 1973:

Ein Beitrag zur Wechselwirkung zwischen Vorfrucht
und Stickstoffdüngung bei Sommergerste
Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkunde
17, 249-434 (1973)

EHRENPFORDT, V. u. H. RÖNSCH, 1973:

Steuerungen von Fruchtfolgewirkungen durch den
Einsatz der Stickstoffdüngung als Intensivierungs-
maßnahme
Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkunde 17,
435-440 (1973)

EIR, K. and J.J. HANWAY, 1966:

Leaf area in relation to yield corn grains
Agronomy Journal, 58, 16-18 (1966)

FLEIGE, H., B. MEYER u. H. SCHOLZ, 1971 b:

Bilanz und Umwandlung der Bindungsformen von Boden-
und Dünger-Stickstoff (¹⁵N) in einer Acker-Parabraun-
erde aus Löss
Göttinger Bodenkundl. Berichte 18, 39-86 (1971)

HANWAY, J.J., 1962 a:

Corn growth and composition in relation to soil fertility: I. growth of different plant parts and relation between leaf weight and grain yield
Agronomy Journal 54, 145-148 (1962)

HANWAY, J.J., 1962 b:

Corn growth and composition in relation to soil fertility: III percentages of N, P and K indifferent plant parts in relation to stage of growth
Agronomy Journal 54, 222-229 (1962)

HAUNOLD, E. u. J. ZVARA, 1975:

Verlagerung von markiertem Düngerstickstoff in Bodensäulen
Die Bodenkultur 26, 221-232 (1975)

HUNDT, L., P. NEUBERT, H.P. VIELEMEYER, H. ANSORGE, H. GÖRLITZ, O. HAGEMANN u. R. JAUERT, 1972:

Beziehungen zwischen dem N-Gehalt in Getreidepflanzen während der Vegetation und dem Ertrag als Grundlage für die Aufstellung von N-Grenzwertbereichen
Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkunde 16, 819-826 (1972)

JOHNSON, J.W. u. L.T. KURTZ, 1974:

A technique for reducing ^{15}N required for field experiments with labeled nitrogen fertilizer
Soil Sci. 117, 315-317 (1974)

JUNG, J. u. M. EL-FOULY, 1966:

Der Einfluß von Chlorocholinchlorid (CCC) auf den Gehalt des Weizens an Chlorophyll, Karotin sowie N, P, K und Mg im Verlauf des Wachstums
Landwirtsch. Forschg. 19, 29-34 (1966)

KNAPPE, S., K. RAUHE, M. SPITZL u. W. DRAUSCHKE, 1974:

Ertragsbildung und Ausnutzung von Dünger- und Bodenstickstoff auf Parzellen des Dauerdüngungsversuches "Ewiger Roggenbau" Halle nach Düngung mit ^{15}N -markiertem Harnstoff
Arch. Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde 18, 3-14 (1974)

KÖHNLEIN, J. u. H. VETTER, 1963:

Ergebnisse 10-jähriger Feldversuche mit Stroh- und Stallmistdüngung auf Parabraunerde und Heidepodsol
Z. Acker- u. Pflanzenbau 117, 379-394 (1963)

KRATZSCH, G., 1976:

Ergebnisse zur Verteilung der Stickstoffgaben bei Getreide
Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenk. 20, 187-200 (1976)

KÜRTE, P.W. u. H. TROST, 1974:

Wirkung zwölfjähriger unterschiedlicher organischer
Düngung in einer getreidereichen Fruchtfolge auf
Sandboden
Landwirtsch. Forschg. 30/II 153-166 (1974)

KUNDLER, P., 1970:

Ausnutzung, Festlegung und Verluste von Düngemittel-Stickstoff
Albrecht-Thaer-Archiv 14, 191-210 (1970)

Mba-CHIBOGU, C., B. MEYER u. P. NARAIN, 1975:

Boden- und Dünger (^{15}N)-Stickstoff in Ackerparabraunerden aus LÖB: Jahresbilanz und Umverteilung auf verschiedene N-Bindungsformen in Abhängigkeit vom Bewuchs, N-Düngungsform und Zusatz von Nitrifikationshemmern
Göttinger Bodenkundl. Ber. 34, 1-67 (1975)

Mc NEAL, F.H., M.A. BERG u. C.A. WATSON, 1966:

Nitrogen and dry matter in fire spring wheat varieties at successive stages of development
Agronomy Journal 58, 605-608 (1966)

Mc NEAL, F.H., G.O. BOATWRIGHT, M.A. BERG u. C.A. WATSON, 1968:

Nitrogen in plant parts of seven spring wheat varieties at successive stages of development
Crop Science 8, 535-537 (1968)

MÜLLER, S. u. J. GARZ, 1975:

Untersuchungen über die Pflanzenanalyse als Grundlage der Bemessung zusätzlicher Stickstoffgaben zu Winterweizen
Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenk. 19, 39-48 (1975)

NÖMMIK, H., 1966:

The residual effects of nitrogen fertilizers in relation to the quantities of mineral nitrogen recovered in the soil profile
Acta Agric. Scand. 16, 163-178 (1966)

PFEIFER, Th., A. RIPPEL u. Ch. PHOTENHAUER, 1921:

Über den Verlauf der Nährstoffaufnahme und Stoff-
erzeugung bei Gersten- bzw. Bohnenpflanzen
Journal f. Landw. 69, 137-163 (1921)

PRIMOST, E., 1961:

Die Nährstoffaufnahme von Weizen und Roggen während der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung
Die Bodenkultur A 12, 123-163 (1961)

PRIMOST, E., 1965:

Die Düngung im Getreidebau A. Weizen im:
Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung
Springer Verlag Wien - New York III S. 174-238 (1965)

RAUHE, K., F. FICHTNER, E. FICHTNER, E. KNAPPE u. W. DRAUSCHKE
1973:

Quantifizierung der Wirkung organischer und mineralischer Stickstoffdünger auf Pflanzen und Boden unter besonderer Berücksichtigung ^{15}N -markierter tierischer Exkremente
Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkunde 17,
907-916 (1973)

RICHTER, W., 1974:

Vergleichende Untersuchungen des Wasserhaushaltes und Untersuchungen der Wasserdynamik in einem repräsentativen Parabraunerde-Areal mit mächtiger Lössdecke
Diss. Landw. Fakultät der Universität Göttingen, (1974)

SCHARPF, H.C. u. J. WEHRMANN, 1975:

Die Bedeutung des Mineralstickstoffvorrates des Bodens zu Vegetationsbeginn für die Bemessung der N-Düngung zu Winterweizen
Landw. Forsch. Sonderheft 32/I, 100-114 (1975)

SCHLESIER, W., 1932:

Die Nährstoffaufnahme bei Sommerfrüchten
Kuhn Arch. 30, 141-161 (1932)
zit.: (BRAUN, H., 1972)

SEIBERTH, W. u. G. FISCHBECK, 1970:

Sortenbedingte Differenzen im Nitratspiegel der Ackerkrume unter Winterweizen und im Verlauf der Stickstoffspeicherung in der oberirdischen Pflanzensubstanz. (Vergleich der Sorten Anda und Carsten VIII in zwei Vegetationsjahren)
Z. Acker- u. Pflanzenbau 131, 159-172 (1970)

SOMMER, K. u. M. MERTZ, 1974:

Wachstum, Ertrag und Mineralstoffaufnahme von Pflanzen beeinflusst durch Ammonium oder Nitrat
Landwirtsch. Forsch. 27, 8-30 (1974)

STURM, H. u. J. JUNG, 1972:

Nährstoffumsatz und Eiweißertrag bei Futtergetreide in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung
Landwirtsch. Forsch. Sonderh. 28/II, 264-272 (1972)

TENAKA, A. and S.A. NAVASERO, 1964:

Verluste von Stickstoff aus der Reispflanze durch Regen oder Tau
Soil Sci. Plant Nutrit. 10, 36-39 (1964)

TIKHOVA, E.P. u. T.G. ADERIKHIN, 1959:

Dynamics of nutrient substances in soil and their uptake by corn during the vegetative period
Soviet Soil Sci. 3, 361-368 (1959)

WESTERMAN, R.L., L.T. KURTZ and R.D. HAUCK, 1972:

Recovery of ^{15}N -labeled fertilizers in field experiments
Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 36, 82-86 (1972)

6. TABELLENANHANG

Tabelle 11: Raps 1974/1975, statistische Auswertung der Trockensubstanz-Erträge und der pflanzlichen N-Entzüge für die Versuchsvarianten

	B ₁ B ₂ B ₃	B ₄	B ₅	GD %	
				5 %	1 %
Trockensubstanz g/Gefäß	4,058	4,746**	4,760**	0,303	0,403
N-Ertrag mg/Gefäß	149,818	210,212**	218,108**	36,288	37,074

* signifikanter Unterschied bei der GD von 5 %
 ** signifikanter Unterschied bei der GD von 1 %

Tabelle 12: Raps 1975/1976, statistische Auswertung der Trockensubstanz-Erträge und der pflanzlichen N-Entzüge für die Versuchsvarianten

	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	GD %	
						5 %	1 %
Trockensub- stanz g/Gefäß	2,03	3,495**	2,81	7,30**	6,70**	0,945	1,263
N-Ertrag mg/Gefäß	76,81	151,59**	115,99	330,2**	304,9**	43,51	58,153

* signifikanter Unterschied bei der GD von 5 %
 ** signifikanter Unterschied bei der GD von 1 %

Tabelle 13 : Weizen 1975, statistische Auswertung der Trockensubstanz-Erträge und pflanzlichen N-Entzüge für Korn und Stroh (jeweils Mittelwert aus 7 Proben)

	Stroh					GD %		Körner					GD %	
	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	5 %	1 %	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	5 %	1 %
Trockensubstanz g/Gefäß	17,22	25,39**	22,84**	22,79**	26,23**	3,30	4,49	5,81	6,89**	6,55*	6,58*	6,72*	0,74	1,02
N-Ertrag mg/Gefäß	63,79	130,11**	131,66**	123,33**	163,11**	23,80	32,35	140,25	177,12*	169,57*	174,92*	181,78*	15,53	21,11

Tabelle 14: Weizen 1975, statistische Auswertung der Trockensubstanz-Erträge und pflanzliche N-Entzüge insgesamt (Angaben in mg N / Gefäß)

	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	GD %	
						5 %	1 %
Trockensubstanz g/Gefäß	23,03	32,28**	29,39**	29,37**	32,95**	3,16	4,30
N-Ertrag mg/Gefäß	204,04	307,24**	301,24**	298,25**	344,89**	26,70	36,29

* signifikanter Unterschied bei der GD von 5 %

** signifikanter Unterschied bei der GD von 1 %

Tabelle 15:

Weizen 1976, statistische Auswertung der Trockensubstanz-Erträge
und pflanzlichen N-Entzüge für Korn und Stroh
(jeweils Mittelwert aus 7 Proben)

	Stroh					GD %		Körner					GD %	
	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	5 %	1 %	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	5 %	1 %
Trockensub- stanz g/Gefäß	11,67	20,04**	18,68**	21,31*	22,60**	2,58	3,51	6,03	10,16*	9,67**	10,36**	12,02**	1,83	2,48
N-Ertrag mg/Gefäß	44,61	99,32**	90,03**	131,57**	110,16*	12,48	16,96	140,30	287,02**	262,93**	323,90**	349,38**	43,39	58,98

Tabelle 16:

Weizen 1976, statistische Auswertung der Trockensubstanz-Erträge
und pflanzlichen N-Entzüge insgesamt
(Angaben in mg N / Gefäß)

	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	GD %	
						5 %	1 %
Trockensubstanz g/Gefäß	17,70	30,20**	28,35**	31,52**	34,47**	4,23	5,75
N-Ertrag mg/Gefäß	184,91	386,34**	352,95**	455,47**	459,54**	49,52	67,31

* signifikanter Unterschied bei der GD von 5 %

** signifikanter Unterschied bei der GD von 1 %

Tabelle 17 : Zwischenfrucht Raps, statistische Auswertung der Trockensubstanz-Erträge und pflanzlichen N-Entzüge für die Varianten B₁, B₄ und B₅; Vergleich der Vegetationsperioden 1974/75 und 1975/76

	B ₁ 1975	B ₁ 1976	GD %		B ₄ 1975	B ₄ 1976	GD %		B ₅ 1975	B ₅ 1976	GD %	
			5 %	1 %			5 %	1 %			5 %	1 %
Trockensub- stanz g/Gefäß	4,08*	2,03	0,324	0,430	4,59	7,30**	0,704	0,935	4,68	6,70**	0,76	1,01
N-Ertrag mg/Gefäß	149,82*	76,81	12,88	17,13	210,21	330,17**	34,57	46,154	218,11	304,95*	34,06	45,30

* signifikanter Unterschied bei der GD von 5 %

** signifikanter Unterschied bei der GD von 1 %

Tabelle 18 :

Sommerweizen, statistische Auswertung der Trockensubstanz-Erträge und pflanzlichen N-Entzüge für das Weizenstroh;
Vergleich der Vegetationsperioden 1975 und 1976 (alle Varianten)

	S t r o h											
Varianten	B ₁		B ₂		B ₃		B ₄		B ₅		GD %	
Versuchsjahr	1975	1976	1975	1976	1975	1976	1975	1976	1975	1976	5 %	1 %
Trockensubstanz g/Gefäß	17,22 ^{**}	12,24	25,39 ^{**}	20,08	22,84 ^{**}	18,68	22,79	21,31	26,23 [*]	22,60	3,01	4,03
N-Ertrag mg/Gefäß	63,79 [*]	44,61	130,11 [*]	99,32	131,66 [*]	90,02	123,33	131,57	163,11 [*]	110,16	18,21	24,43

* signifikanter Unterschied bei der GD von 5 %

** signifikanter Unterschied bei der GD von 1 %

Tabelle 19:

Sommerweizen, statistische Auswertung der Trockensubstanz-Erträge und pflanzliche N-Entzüge für das Weizenkorn;
Vergleich der Vegetationsperioden 1975 und 1976. (alle Varianten)

K ö r n e r												
Varianten	B ₁		B ₂		B ₃		B ₄		B ₅		GD %	
Versuchsjahr	1975	1976	1975	1976	1975	1976	1975	1976	1975	1976	5 %	1 %
Trockensubstanz g/Gefäß	5,80	6,03	6,89	10,16*	6,55	9,67*	6,58	10,36*	6,72	12,02**	1,35	1,81
N-Ertrag mg/Gefäß	140,25	140,30	177,12	287,02**	169,57	262,93*	174,92	323,90*	181,78	349,38**	31,96	42,88

* signifikanter Unterschied bei der GD von 5 %

** signifikanter Unterschied bei der GD von 1 %

Tabelle 20:

Sommerweizen, statistische Auswertung der Trockensubstanz-Erträge
und pflanzlichen N-Entzüge insgesamt;
Vergleich der Vegetationsperioden 1975 und 1976 (alle Varianten)

	B ₁		B ₂		B ₃		B ₄		B ₅		GD %	
	1975	1976	1975	1976	1975	1976	1975	1976	1975	1976	5 %	1 %
Trockensubstanz g/Gefäß	23,03**	17,70	32,28	30,20	29,39	28,35	29,37	31,52	32,95	34,47	3,61	4,90
N-Ertrag mg/Gefäß	204,04	184,91	307,24	386,34**	301,23	352,95**	298,25	455,47**	344,89	459,54**	37,81	50,72

* signifikanter Unterschied bei der GD von 5 %

** signifikanter Unterschied bei der GD von 1 %

Aldag, R.,
S.A. Ibrahim u.
B. Meyer

VORAUSDÜNGUNG VON SOMMERWEIZEN DURCH N-GABEN ZUR VOR-ZWISCHENFRUCHT RAPS

Zweijährige Freilandversuche auf mitteldeutscher Löß-
parabraunerde mit Nitrat- und Ammonium-Dünger-N

Mitteilgn. II: Mengen-Zeitgang der N-Fractionen im Boden
(Vergleich: Bewuchs/Brache)

**Göttinger Bodenkundliche Berichte 48, 77–235
(1977)**

G L I E D E R U N G

	Seite
1. <u>EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG</u>	82
2. <u>METHODEN</u>	85
2.1. Technik der Bodenprobe-Entnahme	85
2.2. Gesamt-N-Bestimmung	86
2.3. Bestimmung von Ammonium-N (austauschbar) und Nitrat-N	86
2.4. Fixiertes Ammonium (AM_f)	87
2.5. Gesamt-Kohlenstoff-Bestimmung im Boden	88
2.6. Bestimmung des org. geb. Stickstoffs im salzsauren Hydrolysat des Bodens	88
2.6.1. Hydrolyseverfahren	89
2.6.2. Gesamt-N-Bestimmung des Hydrolysats	89
2.6.3. Bestimmung der Aminosäuren	89
2.6.4. Angaben zur N-Fraktionierung	92
2.6.5. Statistische Auswertungen	92
3. <u>ERGEBNISSE UND DISKUSSION</u>	94
3.1. Ergebnisse zum Zeitgang der Mengen des N_t und zur Fraktionierung des Stickstoffs (mineralisch und organisch gebunden) im Boden	94
3.1.1. Zeitgang der Mengen des Gesamt-Stickstoffs (N_t) im Boden in allen Versuchsvarianten während der beiden Vegetationsperioden	97
3.1.1.1. Zeitgang der Mengen des Gesamt-Stickstoffs im Boden in allen bewachsenen Varianten	97
3.1.1.2. Zeitgang der Mengen des Gesamt-Stickstoffs im Boden in allen unbepflanzten Varianten	103
3.1.1.3. Statistische Verrechnung der N-Gehalte und der N-Mengen im Boden für alle bepflanzten und unbepflanzten Varianten	108

3.1.2. Zeitgang der Mengen des Nitrat-N (NI) und des austauschbaren Ammoniums (AMa) im Boden in allen Versuchsvarianten während der beiden Vegetationsperioden	113
3.1.2.1. Zeitgang der Mengen des Nitrat-N(NI) und des austauschbaren Ammoniums (AMa) im Boden auf den bepflanzten Varianten	113
3.1.2.2. Zeitgang der Mengen des NI und des AMa im Boden für alle unbepflanzten Varianten	120
3.1.2.3. Statistische Verrechnung der NI- und AMa-Gehalte und der NI- und AMa-Mengen in allen Versuchsvarianten	130
3.1.2.3.1. NI-Gehalte und -Mengen	130
3.1.2.3.2. AMa-Gehalte und -Mengen	133
3.1.3. Zeitgang der Mengen des fixierten Ammoniums (AMf) im Boden in allen Versuchsvarianten während der beiden Vegetationsperioden	135
3.1.4. Zeitgang der Mengen des organisch gebundenen Stickstoffs im Boden	138
3.1.4.1. Zeitgang der Mengen des nicht hydrolysierbaren organisch gebundenen Stickstoffs (nHy) im Boden	138
3.1.4.2. Zeitgang der Mengen des organisch gebundenen Stickstoffs (NoHy) im Boden-Hydrolysat während der beiden Vegetationsperioden	145
3.1.4.2.1. Zeitgang der Mengen des Aminosäurestickstoffs insgesamt (IAS) im Boden-Hydrolysat während der beiden Vegetationsperioden	156

3.1.4.2.2.	Veränderung der ADe-Gehalte und der ADe-Mengen im Boden-Hydrolysat während der beiden Vegetationsperioden	162
3.1.4.2.3.	Veränderung der ADp-Gehalte und der ADp-Mengen im Boden-Hydrolysat während der beiden Vegetationsperioden	167
3.1.4.2.4.	Veränderung der IAZ-Gehalte und der IAZ-Mengen im Boden-Hydrolysat während der beiden Vegetationsperioden	172
3.1.4.2.5.	Veränderung der HyR-Gehalte und der HyR-Mengen im Boden-Hydrolysat während der beiden Vegetationsperioden	177
3.1.5.	Ct-Gehalte und C_t/N_t -Relationen im Boden während der beiden Vegetationsperioden	182
3.1.6.	Zusammenfassende Diskussion zur Metabolik des organisch gebundenen Stickstoffs im Boden und seine Beziehung zum pflanzlichen N-Entzug	185
3.2.	Zur Berechnung der Dünger-N-Ausnutzung auf den bewachsenen Varianten für beide Vegetationsperioden	202
3.2.1.	Berechnungen zur Ausnutzung des Dünger-N durch die Zwischenfrucht Raps für beide Vegetationsperioden	202
3.2.2.	Berechnungen zur Ausnutzung des Dünger-N durch die Hauptfrucht Sommerweizen für beide Vegetationsperioden	205

	Seite
4. <u>ZUSAMMENFASSUNG</u>	211
4.1. Verteilung und Metabolik des Stickstoffs im Boden	211
4.2. Berechnungen zur Dünger-N-Ausnutzung	214
5. <u>LITERATURVERZEICHNIS</u>	215
6. <u>TABELLENANHANG</u>	225

1. EINLEITUNG und PROBLEMSTELLUNG

Wenn man das Stickstoff-Mineralisierungspotential von Ackerböden näher und genauer charakterisieren will, dann müssen Untersuchungen durchgeführt werden, die

1. die Verteilung und Metabolik des anorganisch und organisch gebundenen Stickstoffs im Boden in Abhängigkeit von der Vegetationszeit zu messen gestatten, und
2. die Beziehungen zum Trockensubstanzertrag und pflanzlichen N-Entzug der auf dem betreffenden Boden angebauten Frucht herzustellen erlauben.

Neben anderen Arbeiten (STANFORD et al., 1973; STANFORD et al., 1974; STANFORD u. EPSTEIN, 1974) zu dieser Frage haben STANFORD; LEGG u. SMITH, (1973) eine Arbeit veröffentlicht, die sich mit dem Stickstoff-Mineralisierungspotential von Böden und der Aufnahme von markiertem und nicht markiertem Dünger-Stickstoff (^{15}N) durch Sudangras unter Gewächshausbedingungen befaßt. Sie konnten dort eine sehr gute Korrelation zwischen der Menge an Stickstoff, die zu Beginn des Versuches im Boden bereits in mineralischer Form vorhanden war plus der Menge an Stickstoff, die während der Vegetationsperiode noch mineralisiert wurde, einerseits und andererseits der Menge an Bodenstickstoff erhalten, die dem Boden von der Gesamtpflanze (Sproß und Wurzel) entzogen worden war.

Dieser Befund berechtigt wiederum zu der Annahme, daß bessere Methoden zur Bestimmung des pflanzenverfügbaren plus mineralisierbaren Stickstoffs im Boden unter Zuhilfenahme vorhandener Klimadaten auch eine sichere Prognose zur Ermittlung des N-Düngerbedarfs unter Feldbedingungen ermöglichen.

Vor diesem Hintergrund ist das erste wesentliche Ziel dieser Untersuchungen darin zu sehen, die heute kaum mehr ausreichen - den methodischen Voraussetzungen bei der Bestimmung des

pflanzenverfügbaren Stickstoffs im Ackerböden zu verbessern. Es gilt vor allem, den in organischer Form vorliegenden Stickstoff genauer zu erfassen.

Das methodische Vorgehen zu dieser Frage stützt sich im wesentlichen auf die Fraktionierungsmethoden von ALDAG (1974), die sich insbesondere mit der Aufgliederung des organisch gebundenen Stickstoffs im Boden-Hydrolysat befassen. Vor allem sollte geklärt werden, in welchem Umfange die Stickstoff-Fraktionien echtes Amid-N (ADe) und Pseudo-Amid-N (ADp) als Parameter bei der Bestimmung der N-Verfügbarkeit berücksichtigt werden können.

Unter den zahlreichen, die Effektivität der Stickstoff-Düngung beeinflussenden Faktoren spielt nach neueren Untersuchungen (BORNHAK u. RAUHE, 1970; und FÜHR u. BREMNER, 1964 a,b) der Gehalt des Bodens an organischer Substanz und damit gleichlaufend die Menge an organisch gebundenem Stickstoff eine nicht zu unterschätzende Rolle. So konnten BORNHAK und RAUHE, (1970) eine bessere Ausnutzung mineralischer Stickstoffgaben durch die Pflanzen und niedrigere N-Verluste in den Böden feststellen, die ständig mit ausreichenden Mengen an organischer Substanz versorgt wurden. Dem gegenüber vertreten FÜHR und BREMNER (1964 a,b) die Meinung, daß die organische Substanz über Reaktionen mit Nitriten vor allem an den Stickstoff-Verlusten beteiligt sei.

Im Institut für Bodenkunde sind seit etwa 7 Jahren Untersuchungen, Bebrütungs-, Gefäß-, Lysimeter- und Feld-Versuche zur Bilanz des Dünger-Stickstoffs und zur Stickstoff-Fraktionierung im Ap-Horizont von Parabraunerden wie auch in tieferen Horizonten unternommen worden (Mba-CHIBOGU et al., 1975; FREDE et al., 1975 a,b; FLEIGE, 1975; SCHEFFER u. FREDE, 1975; GEBHARDT, 1975; FLEIGE et al., 1971 a,b; ALDAG, 1975; ALDAG et al., 1976).

Die seinerzeit begonnenen Arbeiten hatten das Ziel, einen geeigneten experimentellen Zugang zu dieser Problematik zu finden, um auf dieser Grundlage zu einer Präzisierung der quantitativen Beziehung zwischen den Vorfrüchten und

der N-Versorgung der Nachfrüchte zu kommen und möglicherweise die Ergebnisse der chemischen Bodenuntersuchung unmittelbar für die Bemessung der N-Düngung zu nutzen.

Das zweite Anliegen, das in diesem Zusammenhang hiermit untersucht werden soll, war die Frage, ob mit Hilfe von Zwischenfruchtbau (mit und ohne N-Düngung) eine Humusanreicherung im Boden (mehr Wurzelmasse und organische Substanz) erreicht und damit eine besonders hohe Speicherfracht von Amid-N (A_{De}) und anderen leicht mineralisierbaren N-Verbindungen im Boden für das folgende Frühjahr bereitgehalten werden kann.

In der Mitteilung II sollten dazu vor allem folgende Fragen geklärt werden:

1. Welchen Einfluß übt die Zwischenfrucht Raps in Abhängigkeit von der N-Düngung und von der N-Dünger-Form auf die Stickstoff-Metabolik im Boden aus?
2. Wie verändert sich die N-Metabolik auf bepflanzten Parzellen und auf den Brache-Parzellen im Boden?
3. Wie wirken sich die unter 1-2 genannten Faktoren auf die N-Metabolik in verschiedenen Bodentiefen aus?
4. Läßt sich aufgrund der Versuchsanstellung auf den bewachsenen Varianten mit Hilfe der Zwischenfrucht Raps eine höhere Ausnutzung des Dünger-Stickstoffs erzielen?

Die genannten Versuchsfragen lassen nur dann schlüssige Antworten zu, wenn die Arbeiten in einem Feldversuch durchgeführt werden und wenn während der Vegetationsperiode möglichst kontinuierlich in kurzen Zeitintervallen sowohl Boden- wie auch Pflanzenproben entnommen werden.

Bevor die Ergebnisse mitgeteilt werden, soll das methodische Vorgehen insbesondere zur N-Fraktionierung besprochen werden.

2. METHODEN

2.1. Technik der Bodenprobe-Entnahme

Voraussetzung zur Gewinnung reproduzierbarer Daten ist die Abgrenzung der Versuchsflächen, eine sorgfältige Entnahme und Behandlung der Bodenproben, sowie die Herstellung homogener Mischproben des Bodenmaterials zur Analyse. Dazu wurde bei der Probenentnahme jeweils der Inhalt des ganzen Gefäßes und gegebenenfalls die darauf wachsende Zwischen- oder Hauptfrucht verwendet, um homogene Mischproben für die Analyse herzustellen. Bereits CARTER et al. (1967) wiesen in ihren Untersuchungen nach, daß es unerläßlich ist, bei Gefäßversuchen den Gesamtboden zu entnehmen, um reproduzierbare Ergebnisse zu bekommen. Dieses erklärt sich aus dem Sachverhalt, daß es einerseits bei Feldversuchen nicht gelingt, den Dünger-N gleichmäßig auf die Bodenoberfläche zu verteilen, und andererseits die im Boden auftretenden Konzentrationsunterschiede infolge der Wasserbewegung voll berücksichtigen zu können. Die Infiltration nach heftigen Niederschlägen erfolgt nur z.T. in einer breiten diffusen Front, z.T. wird diese Front weit überholt durch Wasser, das in spannungsfreien Hohlräumen z.B. Regenwurmgingen, schnell nach unten abgeleitet wird (EHLERS, 1975).

Ein weiterer Vorteil bei unserer Versuchsanordnung ist darin zu sehen, daß mögliche Verfälschungen bei der Düngerapplikation durch seitliche Ab- oder Minwärtsbewegung, wie sie bei flächenhafter Anlage im Freiland nicht zu vermeiden sind, hier nahezu ausgeschlossen werden können, weil jedes Versuchsgefäß die genau definierte Düngermenge erhalten hat.

Bei den Entnahme-Terminen wurde der Boden nach Schichten getrennt aus den Gefäßen entnommen.

In der ersten Vegetationsperiode (1974/1975) erfolgte eine Unterteilung in zwei Schichten von jeweils 12 cm Mächtigkeit. In der zweiten Vegetationsperiode (1975/1976) erfolgte eine Unterteilung in zwei Schichten von 8 cm Mächtigkeit für den Oberboden und 16 cm für den Unterboden.

Alle Bodenproben wurden nach der Entnahme mit der Hand zerkleinert und bei einer Temperatur von ca. 20°C im Keller des Instituts an der Luft getrocknet. Die Schichtdicke betrug in der Regel 1-2 cm.

Nach 10-14 Tagen ist der Boden lufttrocken, man zerkleinert, erforderlichenfalls mit einem Backenbrecher, siebt mit einer Schlagkreuzmühle (1 mm) ab und entnimmt eine Mischprobe mit Hilfe eines Probenteilers. Die Bestimmung des $\text{NO}_3\text{-N}$ und $\text{NH}_4\text{(a)-N}$ erfolgte im Versuchsjahr 1975/1976 an feuchten Proben, um eventuell eintretende Verluste zu vermeiden.

2.2. Gesamt-N-Bestimmung

Der Gesamt-N des Bodens wurde nach KJELDAHL in Anlehnung an FLEIGE; MEYER und SCHOLZ, (1971 a) bestimmt.

Aufschluß: 1g Boden in einen 250 ml Kjeldahl-Aufschlußkolben füllen. Dazu 3,5 ml konzentrierte Phenolschwefelsäure pipettieren. Nach 15 Minuten ca. 0,5 g Natriumthiosulfat und nach weiteren 15 Minuten ca. 0,5 g Selen-Reaktionsgemisch, ca. 0,5 g Kaliumsulfat und 3,5 ml konzentrierte Schwefelsäure zugeben.

Anschließend erfolgt der heiße Aufschluß für die Dauer von ca. 60-90 Minuten. Nach dem Abkühlen mit destilliertem Wasser verdünnen und das Gemisch in den Destillations-Rundkolben einfüllen. Nach Zugabe von ca. 40 ml gesättigter Natronlauge (40 % ig) Destillation beginnen, bis ca. 200 ml in die Vorlage destilliert sind. Als Vorlage dienen 25 ml einer 4 % igen Borsäure.

Titration: Die Titration erfolgt mit 0,01 n Schwefelsäure.

2.3. Bestimmung von Ammonium-N (austauschbar) und Nitrat-N

Während der ersten Vegetationsperiode 1974/1975

20 g lufttrockenen Boden einwiegen und mit 200 ml 2 n KCl-Lösung 1 Stunde lang schütteln (Schüttelmaschine). Anschließend die Proben durch Weißbandfilter filtrieren, je 50 ml des Filtrats in Destillations-Rundkolben geben und

mit einer Spatelspitze MgO etwa 30 Minuten lang destillieren (die Proben nicht nach Zeit, sondern nach Volumen destillieren, in diesem Fall 200 ml). Als Vorlage dienen wiederum 25 ml einer 4 % igen Borsäure.

Nachdem $\text{NH}_4(\text{a})$ destilliert ist, in den Destillationskolben noch ca. eine Spatelspitze Dewarda-Legierung zugeben und in eine neue Borsäure-Vorlage destillieren.

In der zweiten Vegetationsperiode 1975/1976

Methode wie 1974/1975 angewendet, mit der Ausnahme, daß anstelle des lufttrockenen Bodens feuchter Boden, unmittelbar nach der Probenahme geschüttelt wurde.

Zur Berechnung des Wassergehaltes gleichzeitig je zwei Bodenproben in feuchtem Zustand (20 g) wiegen, anschließend nach Lufttrocknung nochmals wiegen.

2.4. Fixiertes Ammonium (AM_f)

1 g Boden in ein 150 ml Becherglas einwiegen. 20 ml KObri-Lösung pipettieren. Anschließend das Becherglas schwenken und mit einem Urgals abdecken und 2 Stunden stehenlassen. Dann 60 ml destilliertes Wasser zur Boden-KObri-Mischung hinzugeben und 5-6 Minuten stark kochen.

Nachdem sich der Boden abgesetzt hat, die überstehende Lösung abdekantieren. Den Bodensatz dann mit 80 ml 0,5 n KCl in einen 250 ml Zentrifugenbecher spülen. Nun ca. 20 Minuten bei 1000 x G zentrifugieren. Danach überstehende Lösung abdekantieren und das Zentrifugieren mit KCl-Lösung einmal wiederholen.

Aufschluß mit konz. H_2SO_4 : Nach dem Abdekantieren der überstehenden Lösung den Boden mit destilliertem Wasser in einen 250 ml-Kjeldahl-Aufschlußkolben überführen und dort mit 7 ml konzentrierter H_2SO_4 und ca. 0,5 g Kaliumsulfat versetzen. Nach dem Abdampfen des Wassers 30 Minuten aufschließen. Die kalte Bodenschwefelsäure-Mischung durch

den Seitenhals in den bereits an die Mikrokjeldahl-Apparatur angeschlossenen Destillations-Rundkolben einfüllen. Nach Zugabe von ca. 40 ml. gesättigter Natronlauge (40 %) die Destillation beginnen.

Destillation und Titration wie üblich durchführen.

2.5. Gesamt-Kohlenstoff-Bestimmung im Boden

Der Kohlenstoff wird mittels des Gasanalysengerätes der Firma Wösthoff bestimmt. Pro Analyse jeweils 1 g Boden abwiegen.

Alle vorhergegangenen Bestimmungen mit 2 Wiederholungen durchführen.

2.6. Bestimmung des org. geb. Stickstoffs im salzsauren Hydrolysat des Bodens

Große Anteile des organisch gebundenen Stickstoffs im Boden liegen als Aminosäuren in gebundener Form in Proteinen, Oligopeptiden, Peptiden und Peptoliden vor.

Aus dieser Bindung können die Aminosäuren, mit Hilfe der salzsauren Hydrolyse freigesetzt werden.

Sämtliche hier genannten Verbindungen können mit Hilfe der Ionenaustausch-Chromatographie einwandfrei quantifiziert werden.

2.6.1. Hydrolyseverfahren

4 g Boden in einen 50 ml Rundkolben mit 20 ml 6 N HCl füllen und 24 Stunden, unter Rückfluß hydrolysieren. Die Bodenproben der ersten Vegetationsperiode wurden 24 Std., die der zweiten Vegetationsperiode nur 6 Std. hydrolysiert, da sich herausstellte, daß während einer Hydrolysedauer von 24 Stunden nicht wesentlich mehr Aminosäure-N und Ammonium-N freigesetzt wird (ALDAG, mündliche Mitteilung). Nach dem Abkühlen die Proben durch Blaubandfilter in einen 100 ml Meßkolben filtrieren. Mit destilliertem Wasser bis zur Marke auffüllen.

An einem Aliquot der Hydrolysatlösung, Aminosäuren, Aminosucker und Ammonium mit automatischen Aminosäure-Analysator bestimmen.

2.6.2. Gesamt-N-Bestimmung des Hydrolysates

Aus dem Meßkolben 25 ml des Hydrolysates in einen 250 ml Kjeldahl-Aufschlußkolben pipettieren. Dazu 7 ml konzentrierte H_2SO_4 pipettieren und mit 0,5 g Selen-Reaktionsgemisch versetzen. Der Aufschluß dauert ca. 60 Minuten.

Dann wie üblich destillieren und titrieren.

2.6.3. Bestimmung der Aminosäuren

Die Trennung der Aminosäuren im Hydrolysat erfolgt nach dem Prinzip der Ionenaustausch-Chromatographie.

Die quantitative Bestimmung der ninhydrinpositiven Substanzen (Aminosäuren, Aminosucker, Ammoniak) im Hydrolysat erfolgt mit Hilfe eines automatischen Aminosäure-Analysators (BO 201 LKB-Instrument GmbH München).

Programm und Verfahren wurden in der Weise modifiziert, daß neben den proteinogenen Aminosäuren auch die Aminosucker Glukosamin und Galaktosamin einwandfrei im Einsäulen-

verfahren quantitativ erfaßt werden können (schrittweise Elution mit einem Lithiumcitrat- und drei Na-Citrat-Puffern unterschiedlicher Ionenkonzentration und steigender pH-Werte, (ALDAG unveröffentlicht).

Die einzelnen Puffer-Lösungen für einen Ansatz von je 20 Litern setzen sich wie folgt zusammen:

1.) Puffer A: pH 3.04, Normalität: 0,3 N

563,8 g Lithiumcitrat, ca. 350 ml HCl (37 % ig), 400 ml Thiodiglycol, 20 g Na₂ - EDTA, und 2 ml Pentachlorphenol in 20 Liter lösen und pH-Wert einstellen.

2.) Puffer B: pH 3.65, Normalität: 0,2 N

392 g Natriumcitrat, 220 ml 37 % ige HCl, 100 ml Thidiglycol, 2 ml Caprylsäure, 2 ml Pentachlorphenol und 350,4 g NaCl lösen.

3.) Puffer C: pH 4.52, Normalität: 0,8 N

686 g Natriumcitrat, 584 g NaCl, 202 ml HCl (37 % ig), 2 ml Caprylsäure, 2 ml Pentachlorphenol.

4.) Puffer D: pH 6.45 Normalität: 1,2

392 g Natriumcitrat, 800 g Natriumhydroxid, 1660 ml HCl (37 % ig), 2 ml Caprylsäure und 2 ml Pentachlorphenol.

5.) NaOH: Normalität: 0,4 N

320 g Natriumhydroxid und 20 g Na₂-EDTA in 20 Liter lösen.

Das Ninhydrin-Reagenz für einen Ansatz von je 5 Litern

setzen sich wie folgt zusammen

3750 ml Äthylenglycolmonomethyläther in eine 5 l-Flasche geben, 100 g Ninhydrin und 1250 ml Natriumacetat-Puffer (4 N, pH 5,51) unter Stickstoffatmosphäre hinzugeben. Man läßt dann solange Stickstoff durchblasen und rühren,

bis sich das Ninhydrin vollständig gelöst hat.
Anschließend die Lösung durch ein Weißbandfilter mit Hilfe einer Wasserstrahlpumpe filtrieren und 2 g Zinn II-Chlorid zugeben. Die Ninhydrin-Lösung in die lichtundurchlässige Flasche füllen und ständig Stickstoff durchblasen, bis die Atmosphäre über dem Reagenz völlig luftfrei ist.

Probeaufnahme

Aus dem Hydrolysat (4 g Boden in 100 ml) 500 µl entnehmen mit 1 ml Li-Citrat-Puffer (pH 2) + 50 µl Norleucin (= 125 n Mol) verdünnen und mit Hilfe einer Injektionsspritze in die Probenschleife des Probenaufgebers geben. Die zeitliche Reihenfolge der Elution der bedeutendsten im Boden vorkommenden, einzelnen Aminosäuren und Aminosucker ist in der Tabelle (1) angegeben.

Tabelle 1 : Reihenfolge der Aminosäuren und Aminosucker, wie sie mit dem Aminosäure-Analysator getrennt und analysiert wurden

Nr.	Aminosäure u. Aminosucker	Abkürzung	MG
1	Asparaginsäure	Asp.	133
2	Threonin	Thr.	119
3	Serin	Ser.	105
4	Glutaminsäure	Glu.	147
5	Prolin	Pro.	115
6	Glycin	Gly.	75
7	Alanin	Ala.	89
8	Valin	Val.	117
9	Isoleucin	Ileu.	131
10	Leucin	Leu.	131
11	Tyrosin	Tyr.	181
12	Phenylalanin	Phe.	165

Fortsetzung Tabelle 1:

Nr.	Aminosäure u. Amino-zucker	Abkürzung	MG
13	Glukosamin	Glu.	179
14	Galaktosamin	Gal.	179
15	Lysin	Lys.	146
16	Histidin	His.	155
17	Arginin	Arg.	174

2.6.4. Angaben zur N-Fraktionierung

In der Tabelle 2 sind die einzelnen Stickstoff-Frak-ti-onen aufgeführt, wie sie zur Bestimmung und Fraktionierung herangezogen wurden. In der Tabelle (2) ist im einzelnen angegeben, nach welcher Methode der in dieser Fraktion befindliche Stickstoff berechnet und bestimmt wurde.

2.6.5. Statistische Auswertung

Die Bodenuntersuchungen für die einzelnen N-Frak-ti-onen wurden nach dem Programm Nr. 18 (3-Faktoriellen Vers.), und die Korrelationsberechnungen nach dem Programm Nr. 9 (Regression, Korrelation mit 2 Variablen xy).statistisch verrechnet; die Programme sind im Institut für Pflanzen-bau und Pflanzenzüchtung weitgehend von Prof. Kobabe erstellt worden.

Tabelle 2 : Aufstellung einzelner N-Fractionen des Bodens wie sie in dieser Arbeit bestimmt und berechnet wurden

Stickstoff-Fractionen	Zeile	Methode, Bestimmung, Berechnung
NI	a	Einzelbestimmung, Kjeldahl
AMa	b	" "
AMf	c	" "
AM hy	d	Aminosäure-Analysator
AM hy-(AM _a +AM _f)	e	Berechnung Zeile (d) - Zeile (b+c)
AS s,n	f	I Ionenaustausch-Chromatographie Bestimmung an aliquotem Volumen des Gesamthydrolysates mit dem Aminosäure-Analysator.
AS b	g	
ΣAS	h	
ΣAZ	i	
ADe	j	Berechnung: ADe = (ASP+Glu) x 0,5 (ALDAG et al. 1973)
ADp	k	Berechnung: (Zeile (e) - Zeile (j)) laut Ableitung
HyR	l	Berechnung: Zeile (m) - Zeile (h+i+d)
Hy	m	saure Hydrolyse, Kjeldahl
n Hy	n	Berechnung: Zeile (P) - Zeile (m)
Asp + Glu	o	Aminosäure-Analysator
Nt	p	Einzelbestimmung, Kjeldahl

3. ERGEBNISSE und DISKUSSION

3.1. Ergebnisse zum Zeitgang der Mengen des N_t und zur Fraktionierung des Stickstoffs (mineralisch und organisch gebunden) im Boden.

Nachdem im Abschnitt 3.1. der Mitteilung I sowohl die Trockensubstanz-Erträge und pflanzlichen Stickstoff-Entzüge für die einzelnen Varianten zum Erntezeitpunkt, als auch in Abhängigkeit von der Zeit (Entwicklung während der Vegetationsperiode) mitgeteilt sind, sollen im folgenden die Versuchsergebnisse zur Stickstoff-Fraktionierung im Boden dargestellt werden.

Wie im Abschnitt 2 im einzelnen erläutert, sind zu jedem Probenahme-Termin die Böden nach den angegebenen Horizont-Tiefen unterteilt entsprechend aufgearbeitet worden. An einer Mischprobe wurde jeweils die komplette Stickstoff-Fraktionierung durchgeführt.

Die Ergebnisse dieser umfangreichen, analytischen Arbeiten sind in den Tabellen 1-10 (siehe Tabellenanhang Seite 225) einzeln aufgeführt. Die Zahlen in diesen Tabellen geben den Gehalt an Stickstoff in den einzelnen aufgeführten N-Fraktionen in ug N/g Boden (ppm) zu den verschiedenen Probenahme-Terminen über den gesamten Versuchszeitraum (2 Vegetationsperioden) an. Die in jeder Fraktionszeile übereinander stehenden Zahlen geben den N-Gehalt im Oberboden und Unterboden an. Dabei ist zu beachten, daß der Oberboden und der Unterboden für den Zeitraum vom 9.11.1974 bis zum 19.9.1975 jeweils gleich mächtige Bodenhorizonte von je 12 cm Tiefe umfaßte. Ferner ist darauf hinzuweisen, daß für diesen Zeitraum die Varianten B₁ und UB₁ (ungedüngte Varianten) nicht in zwei Horizonte unterteilt worden sind. Während der zweiten Vegetationsperiode vom 16.10.1975 bis zum 10.10.1976 wurden die Gefäße bei der Probenahme nach folgendem Muster in zwei Horizonte unterteilt:

Oberboden : 0- 8 cm

Unterboden: 8-24 cm

Lediglich während der Probenahme am 16.10. 1975 wurde für

die Varianten B₁ und UB₁ (ungedüngte Varianten) diese Unterteilung in Ober- und Unterboden nicht vorgenommen. Aus Platzgründen und der besseren Übersicht halber sind im folgenden die in den Tabellen(1-10) des Anhanges benutzten Abkürzungen für die einzeln aufgeführten N-Fractionen näher erklärt:

NI	= Nitrat-N
AMa	= Ammonium-N, austauschbar
AM _f	= Ammonium-N, mineralisch fixiert
AM hy	= Σ Ammonium im Hydrolysat = AMa + AM _f + AD _e + AD _p
AM hy - (AMa + AM _f)	= AD _e + AD _p
AS s,n	= Aminosäure - N, sauer, neutral
AS b	= Aminosäure-N, basisch
Σ AS	= Summe des Aminosäure-N insgesamt
Σ AZ	= Summe des Aminozyucker-N insgesamt
AD _e	= echtes Amid-N
AD _p	= Pseudo-Amid-N
HyR	= Hydrolysat-Rest-N = Hy - (AM hy + Σ AS + Σ AZ)
Hy	= Hydrolysat-Gesamt-N
n Hy	= nicht hydrolysierbares, vorwiegend heterocycl. geb. N
Asp + Glu	= Asparaginsäure + Glutaminsäure-N
N _t	= Gesamt-N
No Hy	= organisch gebundener Stickstoff im Hydrolysat insgesamt = (Σ AS + Σ AZ + AD _e + AD _p + HyR)

Es sei ferner darauf verwiesen, daß gemäß den im Abschnitt 5 näher erläuterten Analysenvorschriften selbstverständlich alle proteinogenen Aminosäuren und die beiden Aminozyucker Glukosamin und Galaktosamin als Einzelkomponenten erfaßt worden sind. Die Ergebnisse dieser Analysen liegen registriert im Archiv des Instituts für Bodenkunde vor und können dort bei Bedarf eingesehen werden (Es handelt sich im einzelnen um 712 Bodenhydrolysat-Analysen).

In den Tabellen Nr. 1-10 (siehe Tabellenanhang, Seite 225 ist lediglich der Stickstoff der sauren und neutralen Aminosäuren, der basischen Aminosäuren insgesamt und der

Aminozucker insgesamt nach Fraktionen unterteilt aufgeführt. Der besseren Übersicht halber sollen die Ergebnisse zunächst für die Varianten "bewachsen" und "unbewachsen" getrennt dargestellt und erörtert werden.

Um die Zusammenhänge zwischen den Weizenerträgen bzw. den pflanzlichen N-Entzügen einerseits und der Veränderung der N-Mengen in den einzelnen N-Fractionen des Bodens andererseits darstellen zu können, werden im folgenden die N-Mengen in mg N/ Gefäß angegeben.

3.1.1. Zeitgang der Mengen des Gesamt-Stickstoffs (Nt)
in allen Versuchsvarianten während der beiden
Vegetationsperioden

3.1.1.1. Zeitgang der Mengen des Gesamt-Stickstoffs im
Boden in allen bewachsenen Varianten

Der besseren Übersicht halber sind die Ergebnisse in zwei Abbildungen Abb.(1)u.(2) dargestellt, wobei jeweils die Varianten zur Kontrolle (B_1) miteinander verglichen werden, die mit der gleichen Dünger-Form abgedüngt wurden.

In der Abbildung (1) ist der Zeitgang der Mengen des Gesamtstickstoffs in mg N / Gefäß während der beiden Vegetationsperioden für die Varianten B_1 (ungedüngte Variante), B_2 und B_4 (mit Nitrat-N gedüngt) angegeben.

Auf der Abszisse sind ferner alle Bodenprobe-Entnahme-Termine durch vertikale Striche markiert. Die Zahlen über den vertikalen Strichen markieren den betreffenden Tag des Monats, über dem sich der vertikale Strich befindet. Das Symbol R kennzeichnet die Zwischenfrucht Raps; die darunter befindliche Zahl gibt den Tag an, an dem die Trockensubstanz des Rapses in den Oberboden der Versuchsgefäße wieder eingebracht wurde (siehe auch Mittlg. I Seite 18).

Das Symbol D kennzeichnet die jeweils ausgeführte Stickstoff-Düngung. Die Zeitpunkte der Düngungstermine stehen in der gleichen Zeile, in der sich auch die betreffende Angabe für das Einbringen der Raps-Trockensubstanz befindet.

Die Zahlenangaben unmittelbar unter dem Buchstaben D entsprechen mg Dünger-N pro Gefäß. Die Symbole D_3 und D_7 repräsentieren die jeweils durchgeführte N-Düngung zur Zwischenfrucht Raps.

Laut Versuchsplan(Mittlg.I Tab.3u.4 Seite 15,17)ist also in der Abbildung (1) beispielsweise nur die Variante B_4 zur Zwischenfrucht mit NO_3 -N abgedüngt worden, wobei zu berücksichtigen ist, daß

177 mg N = 100kg N/ha
106 mg N = 60kg N/ha
88 mg N = 50kg N/ha

entsprechen.

Zum besseren Verständnis der Diskussion sind in der Mitte der Abbildung (1) noch einmal in Kurzform die pflanzlichen N-Entzüge für die Versuchsvarianten zum Ernte-Termin zusammengestellt (siehe auch Mittlg. I Tab. 5,9,12 und 16).

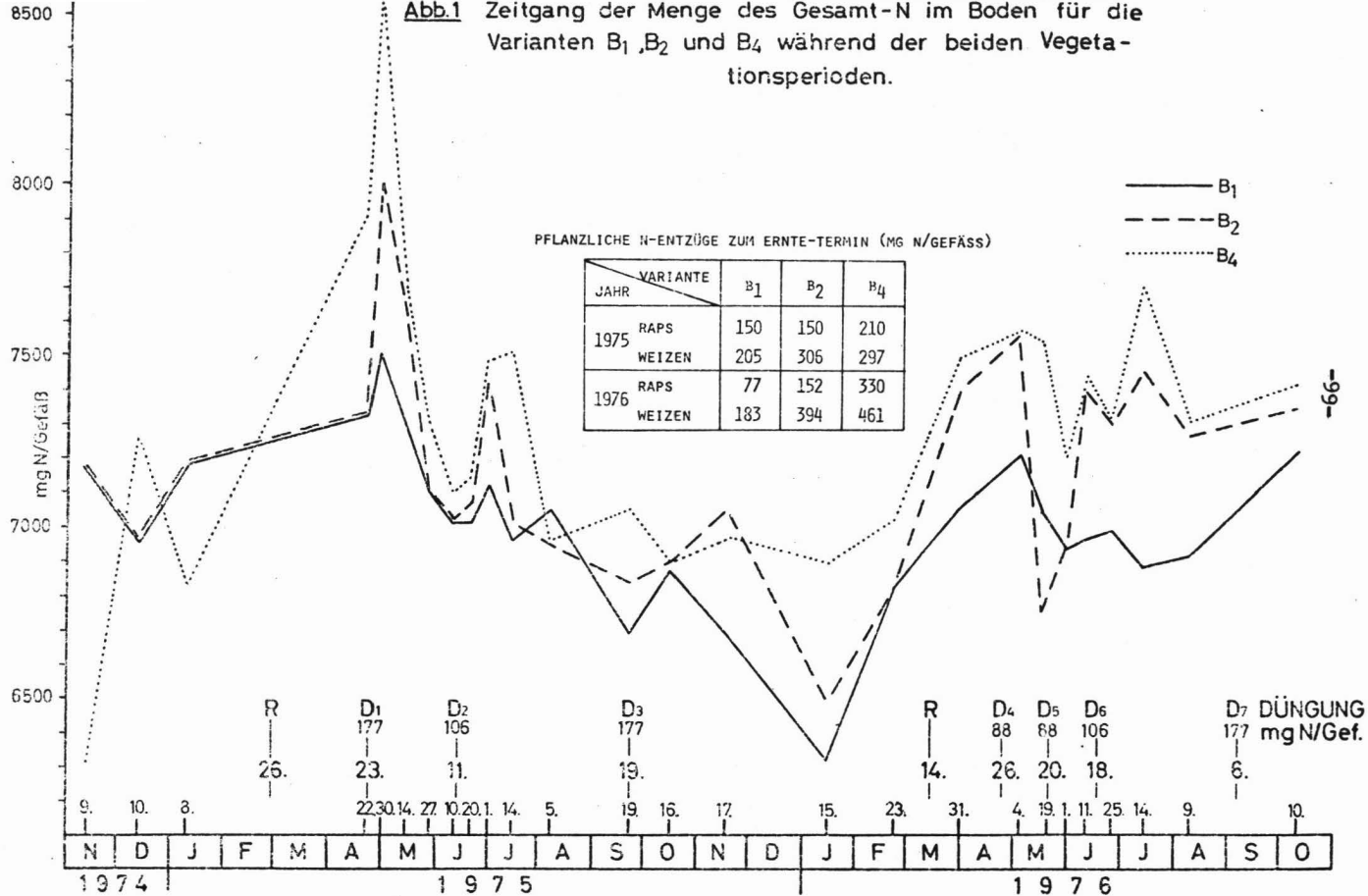
In der Tabelle (3) sind die Werte für die Gesamt-N-Mengen im Boden aller bewachsenen Varianten angegeben.

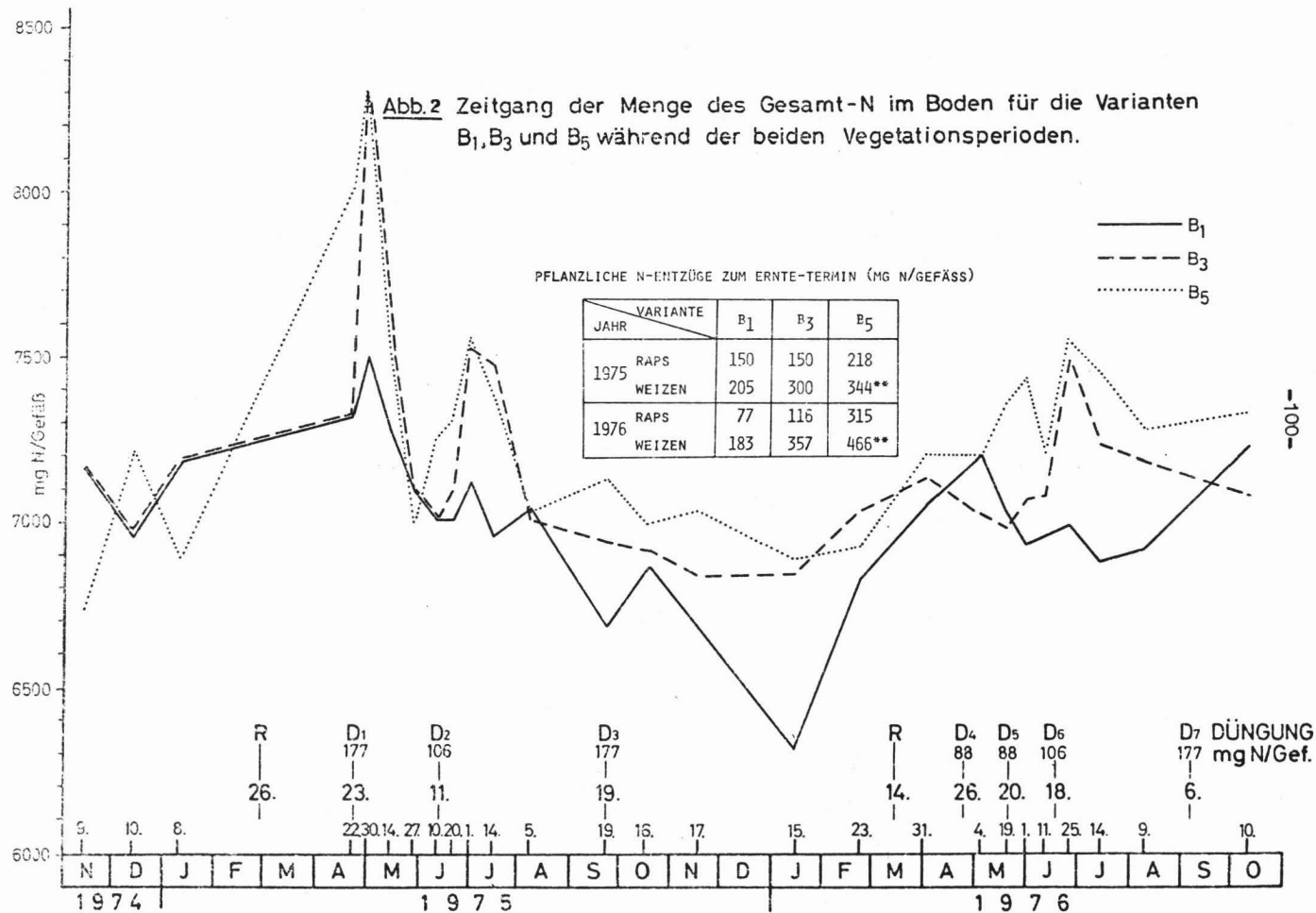
Aus der Abbildung (1) läßt sich erkennen, daß selbst die Gesamt-Stickstoff-Menge im Boden in Abhängigkeit von der Zeit sehr starken Schwankungen unterliegt, wobei im allgemeinen davon ausgegangen werden kann, daß die ungedüngte Variante B₁ die niedrigsten und die Variante B₄ (Zwischenfrucht und Hauptfrucht mit Nitrat-N- gedüngt) die höchsten N-Mengen pro Gefäß aufweist. Zwischen den beiden Varianten liegt die Variante B₂ (nur Hauptfrucht mit NO₃-N gedüngt). Die erste starke Mengen-Zunahme am 30.4.1975 im Boden auf den Varianten B₂ und B₄ resultiert aus der auf die Gefäße am 26.2.1975 eingearbeiteten Trockensubstanz des Rapses und aus der Stickstoff-Düngung am 23.4.1975. Es ist sehr deutlich zu erkennen, daß die Gefäße der Variante B₄ die größte N-Menge enthalten und damit auch die Stickstoff-Düngung zur Zwischenfrucht Raps vom 19.9.1974 (in der Abb. 1 nicht dargestellt) sich in der Weise manifestiert, daß offensichtlich zu Vegetationsbeginn des Sommerweizens dieser Stickstoff nunmehr in organischer Bindungsform im Boden vorliegt und damit zusätzlich zur Mineralisierung bereit steht. Die Zunahme der N-Menge auf der Variante B₁ (ungedüngt) entspricht etwa der Gesamt-N-Menge der Raps - Trockensubstanz von 150 mg N/Gefäß, die bei der Raps-Ernte am 20.2.1975 gemessen und am 26.2.1975 in den Boden der Gefäße wieder eingearbeitet wurde.

Warum bei den Varianten B₂ und B₄ die Gesamt-N-Menge weit über das Maß der applizierten N-Düngung vom 22. zum 30.4.1975 ansteigt, kann hier nicht schlüssig beantwortet werden.

Analysenfehler sind nahezu auszuschließen, da diese Zunahmen auch z.B. bei der Fraktion Hydrolysat-Gesamt-N (Hy) und auch

Abb.1 Zeitgang der Menge des Gesamt-N im Boden für die Varianten B₁, B₂ und B₄ während der beiden Vegetationsperioden.





bei der N-Fraktion (No Hy= org. geb.N im Hydrolysat, Abb. 12, Seite 147)auftreten, wie später noch zu zeigen sein wird. Es soll hier aber auch betont werden, daß der entsprechende Fehlerbereich, der bei der Gesamt-N-Bestimmung nach KJELDAHL $\pm 3 \%$ beträgt, auf dieser Abbildung ca. 200 mg N pro Gefäß ausmacht.

Die starke Abnahme der N-Mengen vom 30.4.1975 bis zum zweiten Düngungs-Termin am 11.6.1975 (siehe Abb. 1) kann zwanglos mit dem zunehmenden pflanzlichen N-Entzug des Sommerweizens (Siehe Mittlg.I Abb.6 u.Tab.7) und den starken Niederschlägen Anfang Mai 1975 (Auswaschung von NO_3) erklärt werden.(siehe Abb.9 Seite 128). Somit ist die Zunahme der N-Mengen am 1.7.1975 mit der vorher durchgeführten N-Düngung auf den Varianten B_2 und B_4 zu erklären.

Die im Vergleich zur zugeführten Dünger-N-Menge weit größere Zunahme der Gesamt-N-Menge im Boden könnte auf einen Priming-Effekt (WESTERMAN u. KURTZ 1973, SÖRENSEN 1974, LAURA 1974) in Verbindung mit zunehmendem Rücktransport von Stickstoff aus den Pflanzen in den Boden gegen Ende der Vegetationsperiode zurückzuführen sein, ein Phänomen, das auch BREDEMANN (1945) und TENAKA u. NAVASERO (1964) beobachteten.

Nach der Ernte des Sommerweizens (5.8.1975) kann die weitere Abnahme der N-Mengen mit dem zunehmenden pflanzlichen N-Entzug durch die Zwischenfrucht Raps erklärt werden, die auf der Variante B_1 (ungedüngt) besonders stark ist. (am 15.1.1976). Die starke Zunahme der N-Mengen bis zum 31.3.1976 entstammt wiederum der Raps-Trockensubstanz, die am 14.3.1976 in den Boden der Gefäße eingearbeitet wurde.

Das weitere Ansteigen bis zum 4.5.1976 auf den Varianten B_2 und B_4 kann auf die durchgeführte N-Düngung am 26.4.1976 (88 mg N/Gefäß) zurückgeführt werden. Die erneute Abnahme der Gesamt-N-Mengen bis zum 1.6.1976 ist mit dem gleichzeitig steigenden N-Entzug durch den Sommerweizen zu erklären. Das Ansteigen der N-Mengen zum 14.7.1976 scheint den gleichen Gesetzmäßigkeiten wie im Jahre 1975 zu folgen.

Tabelle 3: N-Mengen insgesamt im Boden für alle bewachsenen Varianten während der beiden Vegetationsperioden (Angaben in mg N/Gefäß)

Probenahme- Termin	Varianten				
	B ₁	B ₂	B ₄	B ₃	B ₅
9.11.1974	7169,5	7169,5	6305,0	7169,5	6734,0
10.12.	6961,5	6961,5	7260,5	6961,5	7215,0
8. 1.1975	7189,0	7189,0	6825,0	7189,0	6890,0
22. 4.	7325,5	7325,5	7917,6	7325,5	8008,0
30. 4.	7507,5	8008,0	8658,0	8316,8	8281,0
14. 5.	7280,0	7621,3	7712,3	7520,5	7507,5
27. 5.	7098,0	7098,0	7189,0	7098,0	6997,3
10. 6.	7007,0	7020,0	7098,0	7007,0	7257,3
20. 6.	7007,0	7065,5	7143,5	7098,0	7315,8
1. 7.	7124,0	7416,5	7484,8	7533,3	7553,0
14. 7.	6961,5	7007,0	7507,5	7484,8	7371,0
5. 8.	7052,5	6938,8	6964,8	7007,0	7029,8
19. 9.	6688,5	6838,0	7052,5	6942,0	7133,8
16.10.1975	6870,5	6899,5	6901,1	6916,3	7001,1
17.11.	6690,7	7050,4	6968,3	6838,3	7035,5
15. 1.1976	6322,6	6489,3	6892,5	6853,4	6886,0
23. 2.	6825,4	6825,4	7020,4	7037,9	6931,5
31. 3.	7052,9	7399,3	7492,8	7137,4	7202,3
4. 5.	7204,2	7553,0	7568,2	7022,2	7204,8
19. 5.	7035,2	6757,8	7535,7	6974,5	7353,7
1. 6.	6931,2	6961,5	7204,2	7067,7	7431,7
11. 6.	6963,7	7392,7	7431,7	7080,7	7204,2
25. 6.	6991,8	7295,2	7310,3	7492,3	7537,8
14. 7.	6887,8	7446,8	7689,5	7234,5	7451,2
9. 8.	6913,8	7258,3	7308,2	7186,8	7280,0
10.10.1976	7219,7	7340,8	7417,3	7083,1	7326,3

In der Abbildung (2) ist der Zeitgang der Mengen des Gesamt-N im Boden für die Varianten B_1 , B_3 und B_5 dargestellt. Die entsprechenden Einzelwerte sind in der Tabelle (3) angegeben.

Im allgemeinen unterscheidet sich der N-Mengengang der Varianten B_3 und B_5 im Vergleich zur Variante B_1 nicht wesentlich von dem der Varianten B_2 und B_4 , so daß auf eine detaillierte Diskussion dieser Kurven verzichtet werden kann. Es muß aber betont werden, daß die Unterschiede zwischen den Varianten B_3 und B_5 weniger deutlich sind, als die Unterschiede zwischen den Varianten B_2 und B_4 . (Man vergleiche dazu beispielsweise die N-Mengen am 30.4.75 in den Abbildungen (1) und (2).

3.1.1.2. Zeitgang der Mengen des Gesamt-Stickstoffs im Boden in allen unbepflanzten Varianten

Die Analysendaten dieser Untersuchungen sind in der Tabelle (4) registriert, der zeitliche Verlauf in den Abbildungen (3) und (4) angegeben. In der Abbildung (3) sind wieder die Varianten UB_2 und UB_4 mit der Variante UB_1 zu vergleichen.

Auf diesen Gefäßen ist weder Zwischenfrucht noch Hauptfrucht angebaut worden, obwohl die N-Düngung genauso wie auf den bepflanzten Varianten durchgeführt wurde.

Zunächst ist festzustellen (siehe Abb. 3), daß auf allen Varianten UB_1 , UB_2 und UB_4 die Gesamt-N - Mengen niedriger liegen, als auf den bewachsenen Varianten B_1 , B_2 und B_4 (siehe auch Abb. 1). PFAFF (1949), (1958) und OWENS (1960) haben festgestellt, daß die Pflanzendecke aufgrund ihres hohen Wasserentzuges einen großen Einfluß auf den Sickerwasseranfall und damit auf die Stickstoffeinwaschung in den Boden hat.

Es fällt aber auf, daß die Schwankungen weit über das Maß hinaus gehen, als es z.B. der zugeführten NO_3 -Düngung am 23.4.1975 von 176 mg N/Gefäß für die Varianten UB_2 und UB_4 entspräche.

Tabelle 4: N-Mengen insgesamt im Boden für alle unbepflanzten Varianten während der beiden Vegetationsperioden (Angaben in mg N/Gefäß)

Probenahme-Termin	Varianten				
	UB ₁	UB ₂	UB ₄	UB ₃	UB ₅
9.11.1974	6506,5	6506,5	6441,5	6506,5	6532,5
10.12.	6961,5	6961,5	6734,0	6961,5	6916,0
8. 1.1975	6825,0	6825,0	6870,5	6825,0	7098,0
22. 4.	7325,5	7325,5	7416,5	7325,5	7735,0
30. 4.	7917,0	8008,0	7780,5	7871,5	7848,7
14. 5.	6981,0	7406,8	7280,0	7432,8	7293,0
27. 5.	6916,0	7169,5	7042,7	7029,8	7280,0
10. 6.	6916,0	6942,0	6906,3	6760,0	6825,0
20. 6.	6779,5	7234,5	7280,0	6929,0	7020,0
1. 7.	6675,5	7644,0	7211,7	7429,5	7189,0
14. 7.	6688,5	7248,3	6938,7	6916,0	7234,5
5. 8.	6942,0	6756,8	6984,3	6779,5	6964,7
19. 9.	6643,0	6860,8	6769,7	6870,5	6847,7
16.10.1975	6592,0	6734,0	6976,6	6567,2	6889,7
17.11.	6569,3	6649,5	7067,6	6888,3	7005,1
15. 1.1976	6253,0	6322,5	6552,2	6337,8	6370,0
23. 2.	6474,1	6580,3	6263,9	6322,4	6445,9
31. 3.	6461,1	6664,8	6504,4	6491,5	6628,2
4. 5.	6734,6	7357,2	6506,8	6476,4	6536,9
19. 5.	6417,9	6643,1	6519,4	6734,5	6491,6
1. 6.	6643,5	6764,5	6415,6	6506,9	7380,7
11. 6.	6233,6	6688,7	6580,3	6732,1	7469,7
25. 6.	6400,5	6901,4	6764,7	6916,5	6764,9
14. 7.	6320,4	7114,1	6840,7	6946,9	6855,9
9. 8.	6506,6	6688,9	6838,4	6636,6	6990,2
10.10.1976	6309,4	6673,5	6521,7	6536,9	6870,8

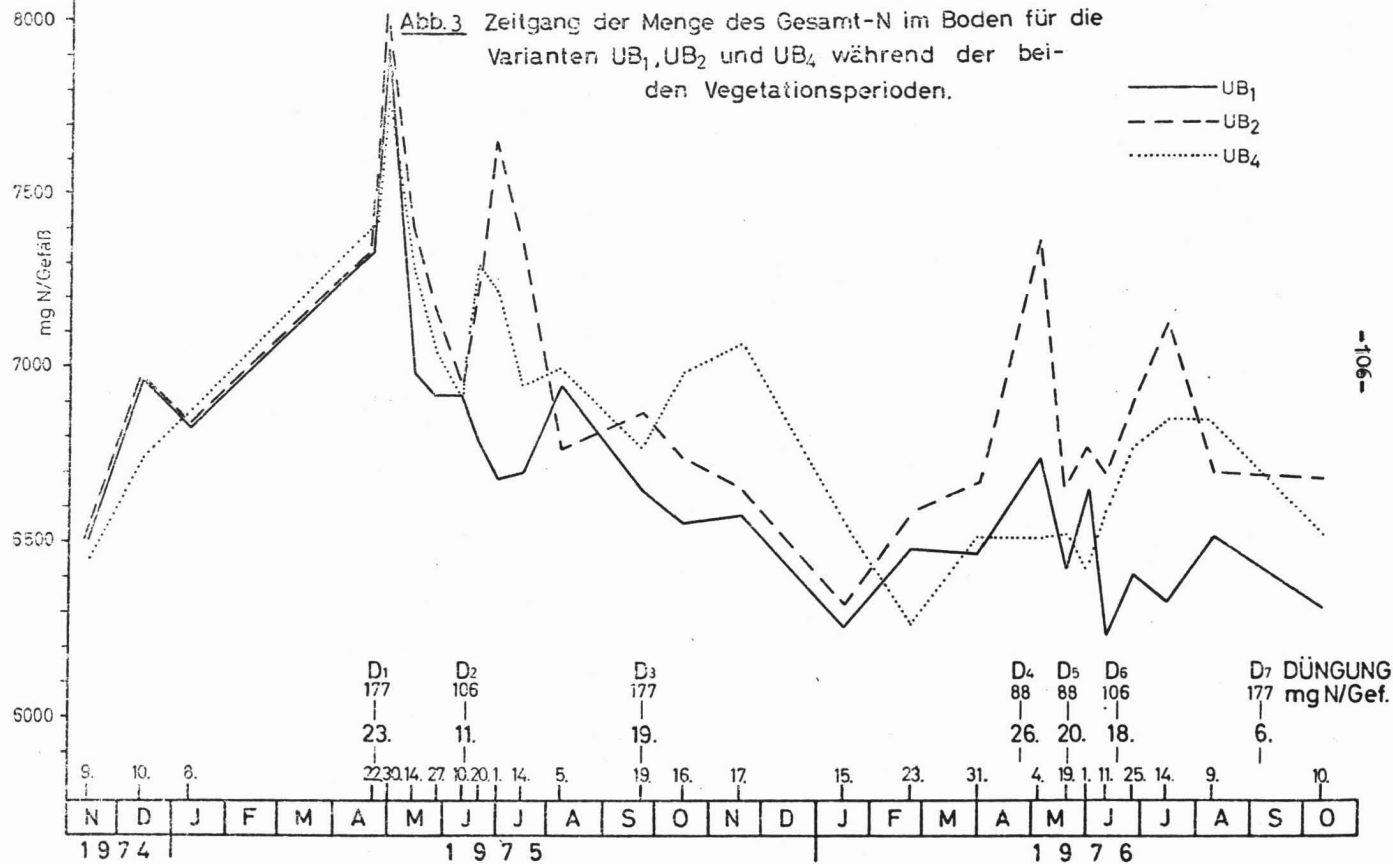
Analog zum Verlauf der bewachsenen Varianten nehmen die Gesamt-N-Mengen in allen drei Varianten während der Vegetationsperiode 1975 ab, obwohl hier kein Pflanzenentzug dafür angeführt werden kann. Es ist allerdings bemerkenswert, daß auch auf den unbewachsenen Varianten die Düngungs-Termine während der Vegetationsperiode 1975 und 1976 sich durch deutliche "peaks" manifestieren. (siehe z.B. 30.4.75, 20.6.75, 4.5.76 usw.).

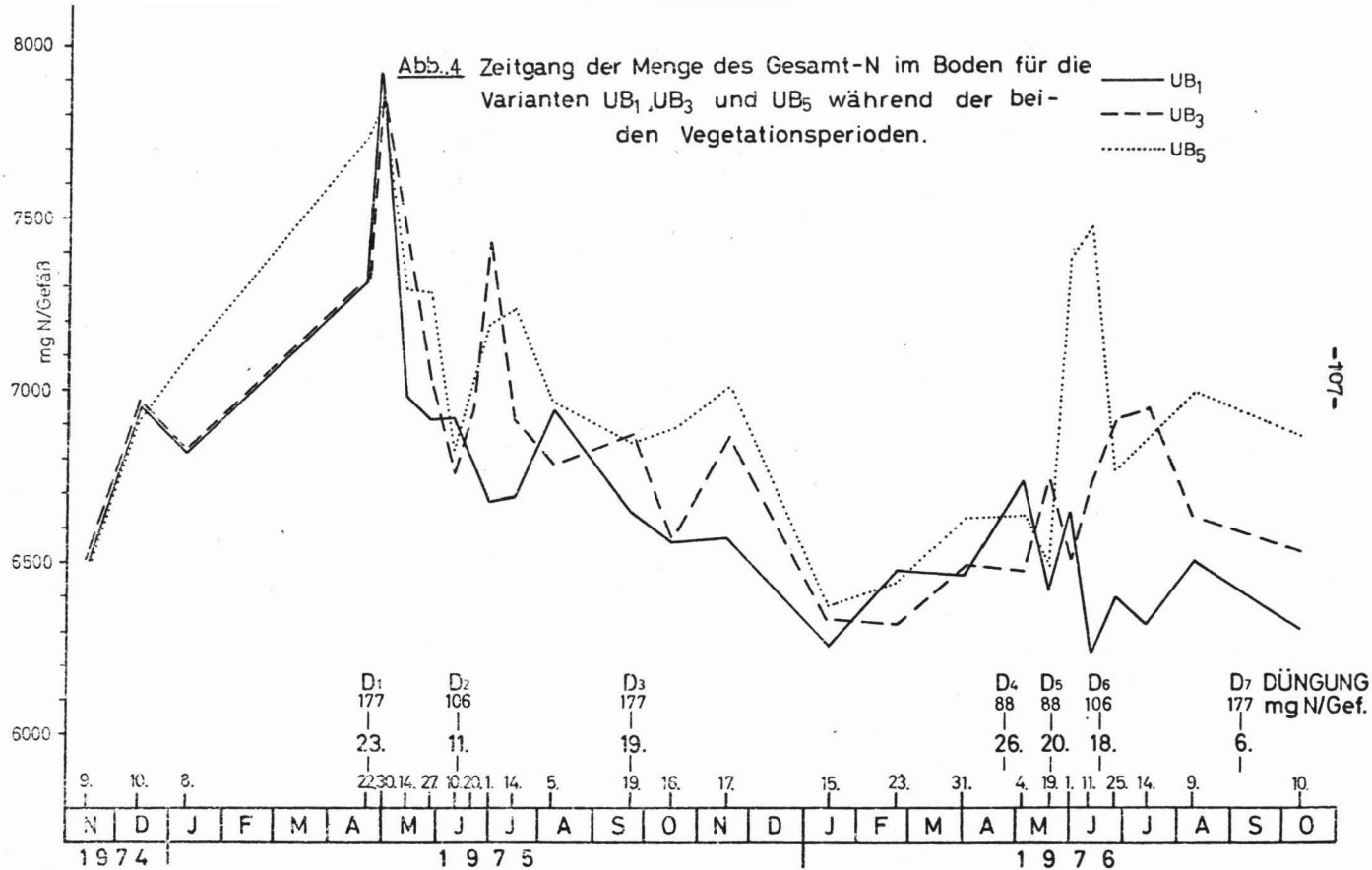
Für die Abnahme der N-Mengen ab 30.4.1975 bis zum 10.6.1975 und am 15.1.1976 können teilweise die starken Niederschläge in dieser Zeit (Auswaschung) (siehe Abb. 9 und 10) und gleichzeitig eintretende Verluste durch Denitrifikation, die bei hoher Wassersättigung des Bodens plötzlich und intensiv abläuft, verantwortlich gemacht werden. Die in unseren Versuchen gefundenen Ergebnisse stimmen weitgehend mit Untersuchungen von VÖMEL (1974) überein. Auch OWENS (1960) fand an acht Lehm Böden mittlere N-Verluste von 33 % des zugesetzten Ammoniumsulfat-Stickstoffs durch Denitrifikation. FLEIGE, MEYER und SCHOLZ (1971a) nennen auf einer Parabraunerde sogar solche von 50 % des Dünger-Stickstoffs.

Aus der Abbildung (3) ist ersichtlich, daß auf der UB_2 - Variante die N-Mengen im allgemeinen größer als auf der Variante UB_4 sind. Dieser Befund könnte damit erklärt werden, daß bei der Denitrifikation des Dünger-Nitrats zusätzlich bodenbürtiger Stickstoff in verstärktem Maße mineralisiert wird, weil auch bei der Denitrifikation organisch gebundener Kohlenstoff als Energieträger verbraucht wird.

WEIGER und KREUTZER, (1975) haben gefunden, daß auf den praxisüblich gedüngten Parzellen 27 kg N/ha und auf den hoch gedüngten 55 kg N/ha mehr ausgewaschen wurden als auf den ungedüngten Varianten.

Es könnte sein, daß durch die Nitrat-Düngung zusätzlich kurzzeitig ein "Priming-Effekt" aufgetreten ist, der zu einer stärkeren Mineralisierung und Nitrifikation von org. geb. Stickstoff geführt hat, und daß daran anschließend der Nitrat-





Stickstoff ausgewaschen worden ist.

In der Abbildung (4) ist der Zeitgang der Mengen des Gesamtstickstoffs für die Varianten UB₃ und UB₅ im Vergleich zur Variante UB₁ dargestellt. Der Verlauf ähnelt dem Mengengang der Varianten UB₂ und UB₄ (siehe Abb. 3) mit der Ausnahme, daß während der zweiten Vegetationsperiode 1976 die N-Mengen auf der Variante UB₅ deutlich größer als auf der Variante UB₃ sind. Dieses Verhältnis ist bei den Varianten UB₄ und UB₂ im Versuchsjahr 1976 gerade umgekehrt gegeben.

3.1.1.3. Statistische Verrechnung der N-Gehalte und der N-Mengen im Boden für alle bepflanzten und unbepflanzten Varianten

Bisher wurde der Mengengang des Gesamtstickstoffs auf den bewachsenen und unbewachsenen Varianten (siehe 3.1.1.1. und 3.1.1.2.) in seiner Schwankung und Abhängigkeit von der Vegetationszeit jeweils für das gesamte Gefäß betrachtet. Nunmehr soll geprüft werden, ob in Abhängigkeit von der Bodentiefe, von der Bepflanzung, von der N-Düngerform und von der Zwischenfrucht (nur auf den bepflanzten Varianten) für die Gesamt-Stickstoff-Menge und den Gesamt-N-Gehalt sich charakteristische Unterschiede erkennen lassen.

Zu diesem Zweck wurde eine Varianzanalyse (3-faktorieller Versuch) sowohl für die N-Gehalte ($\mu\text{g N/1g Boden}$) wie auch für die N-Mengen (mg N/Gefäß) bei den einzelnen Versuchsgliedern jeweils einer Vegetationsperiode durchgeführt.

Dabei ist zu beachten, daß jeweils die Einzelwerte eines jeden Probenahme-Termins (also für eine Vegetationsperiode 13 Werte) in das Programm eingegeben wurden und somit einen Durchschnittswert für die gesamte Vegetationsperiode darstellen.

In der Tabelle (5) sind die Daten der statistischen Verrechnung für die N-Gehalte und die N-Mengen aufgeführt.

Während der Vegetationsperiode 1974/1975 ist der N-Gehalt lediglich auf den Varianten B_2 und B_5 in der Oberschicht signifikant höher, als in der Unterschicht.

In den Oberschichten der unbepflanzten Varianten sind während der Vegetationsperiode 1974/1975 keine signifikanten Unterschiede zwischen Ober- und Unterschicht beim N-Gehalt zu erkennen. In allen gedüngten Varianten- ob bepflanzt oder unbepflanzt- ist der N-Gehalt in den Oberschichten höher als in den Oberschichten der ungedüngten Varianten (B_1 und UB_1). Diese Unterschiede sind bei den Varianten B_2 und B_3 bei 5 % und bei den Varianten B_4 und B_5 bei 1 % gesichert. In den UB-Varianten UB_3 und UB_4 sind die Unterschiede bei 5 %, bei den Varianten UB_2 und UB_5 bei 1 % gesichert.

Vergleicht man die Varianten B_4 und B_2 miteinander, dann liegt der N-Gehalt in der B_4 -Variante sowohl in der Ober- wie in der Unterschicht signifikant höher als in der B_2 -Variante. Auch beim Vergleich der Varianten B_3 und B_5 zeigt sich, daß in der Oberschicht der Variante B_5 der N-Gehalt signifikant höher liegt als in der B_3 -Variante. Hier zeigen sich die B_4 - und B_5 - Varianten den B_2 - und B_3 -Varianten offensichtlich deswegen überlegen, weil hier die Raps-Zwischenfrucht mit Nitrat- und Ammonium-Stickstoff gedüngt wurde. Dieser Befund bleibt auch bestehen, wenn anstelle der N-Gehalte die Gesamt-Stickstoff-Mengen (mg N/Gefäß) statistisch verrechnet werden (siehe Tab. 5, B_4 - und B_5 -Varianten in der Vegetationsperiode 1974/1975). Damit gibt sich der Effekt Vorfrucht + Stickstoff-Düngung gegenüber der Variante Vorfrucht ohne N-Düngung bereits im ersten Versuchsjahr 1974/1975 deutlich zu erkennen.

Damit hat sich die Behandlung der Varianten B_4 und B_5 nicht nur positiv auf die Trockensubstanz - Erträge und pflanzlichen N-Entzüge des Sommerweizens ausgewirkt, sondern auch zu einer Erhöhung der Gesamt N - Mengen im Oberboden beigetragen.

Einen ähnlichen Befund haben KÜRTEN und TROST, (1974); KÖHNLEIN und VETTER, (1963) und ANSORGE, (1966) registriert, indem sich die Wirkung Vorfrucht und Düngung an verschiedenen Standorten nicht nur auf die Erträge positiv auswirkte, sondern sich auch im Gleichbleiben der Kohlenstoff- und Stickstoff-Gehalte des Bodens ausdrückte. EAGLE, (1966); ANSORGE et al. (1967); EBERT und KOBOLD, (1973); und EHRENPFOEDT und RÖNSCH, (1973) haben festgestellt, daß die verschiedenen Vorfrüchte unterschiedliche Mengen an anorganischem N (unmittelbar pflanzenaufnehmbar) und leicht mineralisierbarem organisch-gebundenem -N (potentiell pflanzenaufnehmbar) im Boden zurücklassen.

Vergleich der Dünger-Formen

Vergleicht man die Varianten B₂ und B₃ sowie die Varianten B₄ und B₅ (Vergleich der unterschiedlichen Dünger-Formen) hinsichtlich der N-Gehalte und der N-Mengen/Gefäß miteinander, so haben sich keine signifikanten Unterschiede herauskristallisiert. Das läuft wiederum mit den Erträgen bei den entsprechenden Varianten parallel (Siehe Mittlg.I Tab.10,17) mit Ausnahme der Variante B₅ im ersten Versuchsjahr 1974/1975). In der Vegetationsperiode 1975/1976 verstärkt sich die bereits für die Vegetationsperiode 1974/1975 abzeichnende Tendenz, daß die N-Gehalte auf den gedüngten Varianten in der Oberschicht höher sind als in der Unterschicht. Diese Unterschiede sind bei der GD von 1 % gesichert (siehe Tab. 5). Das dürfte teilweise bei den bewachsenen Varianten auf die Bearbeitungsmaßnahmen zurückzuführen sein, indem die Raps-Trockensubstanz der Zwischenfrucht jeweils nur flach in den Oberboden der Gefäße eingearbeitet wurde. FLEIGE, (1975) hat ebenfalls festgestellt, daß es in den unbearbeiteten im Vergleich zu den bearbeiteten Ackerböden zu einer deutlichen Anreicherung von Gesamtstickstoff in den oberflächennahen Bodenschichten gegenüber den tieferen Schichten kommt.

Auf den unbewachsenen Varianten liegen die N-Gehalte in den Oberschichten ebenfalls höher als in den Unterschichten (siehe Tab. 5). Ein Teil des Düngerstickstoffs auf den gedüngten Brache-Varianten ist sicherlich durch die Mikroflora des Bodens in organische Bindung überführt worden und somit dem Oberboden erhalten geblieben. PFAFF, (1963) hat festgestellt, daß mit den Niederschlägen an dem Standort Limburger Hof ca. 35 kg N/ha und Jahr dem Boden zugeführt werden.

Wenn man die bepflanzten Varianten mit den unbepflanzten Varianten in den einzelnen Vegetationsperioden hinsichtlich der N-Mengen miteinander vergleicht (siehe Tab. 5), dann stellt man fest, daß die N-Mengen in den bewachsenen Varianten jeweils größer sind als in den unbepflanzten Varianten, wobei die Variante B₄ (Vegetationsperiode 1974/1975) etwa 300 mg N/Gefäß mehr enthält als die UB₄-Variante. Dieser Unterschied ist bei der GD von 5 % gesichert.

Diese Unterschiede zwischen den bepflanzten und unbepflanzten Varianten verstärken sich in der zweiten Vegetationsperiode, so daß zwischen allen vergleichbaren Varianten bei den N-Mengen hoch signifikante Unterschiede bestehen (bei der GD von 1 %). Dieser Vergleich zeigt nunmehr, daß auf den UB-Varianten offensichtlich doch stärkere Stickstoff-Verluste eingetreten sind, die durch Auswaschung und Denitrifikation von NO₃-N erklärt werden können.

Dieser Befund wird auch durch die Ergebnisse der nachfolgend genannten Autoren, die sich insbesondere mit dieser Frage befaßten, voll bestätigt. GLIEMEROTH (1958), FLEIGE et al., (1971b), FLEIGE und CAPELLE (1974), JUNG et al., (1974), FREDE et al., (1975 a,b) und WEIGER und KREUTZER (1975).

Tabelle 5: Daten der statistischen Verrechnung für die N-Gehalte und die Gesamt-N-Mengen im Boden - Hydrolysat für beide Vegetationsperioden

N-Gehalte 1974/1975 (Angaben in $\mu\text{g N} / 1 \text{ g Boden}$)

B ₁		B ₂		B ₃		B ₄		B ₅		UB ₁		UB ₂		UB ₃		UB ₄		UB ₅		GD %	
0	U	0	U	0	U	0	U	0	U	0	U	0	U	0	U	0	U	0	U	5%	1%
1092	1092	1121*	1097	1124	1119	1145	1132	1155*	1116	1071	1071	1118	1100	1098	1085	1097	1088	1116	1096	23,3	30,6
1092		1109*		1121,5*		1138,5*		1135,5*		1071		1109*		1091,5*		1092,5*		1106*		16,4	21,6

N-Gehalte 1975/1976 (Angaben in $\mu\text{g N} / 1 \text{ g Boden}$)

1142*	1019	1201*	1040	1180*	1041	1264*	1047	1252*	1038	1040*	976	1112*	1004	1070*	994	1055	1008	1131*	1008	48,8	64,2
1080,5		1120,5*		1110,5		1155,5*		1145,0*		1008		1058*		1032		1031,5		1069,5*		34,5	45,4

N-Mengen 1974/1975 und 1975/1976 (Angaben in mg N/Gefäß)

1975 / 1975					1975 / 1976					1974 / 1975					1975 / 1976					GD %	
B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	UB ₁	UB ₂	UB ₃	UB ₄	UB ₅	UB ₁	UB ₂	UB ₃	UB ₄	UB ₅	5%	1%
7100	7207	7290	7401*	7379*	6969	7111	7070	7277*	7210*	6964	7207*	7094	7101	7188	6464	6759*	6628	6653	6819*	236	313

* signifikanter Unterschied bei der GD von 5 %
 ** signifikanter Unterschied bei der GD von 1 %

0 = Oberschicht
 U = Unterschicht

3.1.2. Zeitgang der Mengen des Nitrat-N (NI) und des austauschbaren Ammoniums (AMa) im Boden in allen Versuchsvarianten während der beiden Vegetationsperioden

Der Nitrat-N (NI) wird bekanntlich, im Gegensatz zum austauschbaren Ammonium (AMa) vom Boden-Austauscher nicht sorbiert und kann aus diesem Grunde bei hohen Niederschlagsraten in den Unterboden eingewaschen oder auch unter ungünstigen Bedingungen denitrifiziert werden; so können über die N-Form des Nitrats größere Stickstoff-Verluste im Boden auftreten (STEWART et al., 1958 und LOW u. ARMITAGE 1970).

Im folgenden soll nun der Zeitgang des NI und des AMa während der beiden Vegetationsperioden 1974/1975 und 1975/1976 besprochen werden.

Diese Betrachtung ist hier von besonderem Interesse, weil über die Veränderung des NI und des AMa im Verlauf der Vegetationsperiode wichtige Aussagen, zumindest zur Mineralisation des bodenbürtigen Stickstoffs, zur Nitrifikation und zur Immobilisierung des Dünger-N getroffen werden können.

3.1.2.1. Zeitgang der Mengen des Nitrat-N (NI) und des austauschbaren Ammoniums (AMa) im Boden auf den bepflanzen Varianten

In den Tabellen (6) und (7) sind die Angaben für die NI- und AMa-Mengen im Boden für alle bepflanzen Varianten während der beiden Vegetationsperioden 1974/1975 und 1975/1976 angegeben.

In der Abbildung (5) ist der Zeitgang der Mengen des NI (obere Hälfte) und des AMa (untere Hälfte) für die Varianten B₁, B₂ und B₄ während der beiden Vegetationsperioden in mg N/Gefäß aufgetragen.

Ganz allgemein ist daraus zu entnehmen, daß die NI-Mengen

während der Vegetationsperiode des Sommerweizens- also jener Zeit, in der auf Grund der klimatischen Voraussetzungen die größten Umsetzungen der organischen Substanz im Boden stattfinden, den stärksten Schwankungen unterworfen sind. Dies trifft in geringerem Umfange auch für das AMA zu.

Das starke Ansteigen der NI-Mengen am 30.4.1975 kann mit der kurz vorher durchgeführten NI-Düngung erklärt werden. Die Abnahme der NI-Mengen nach dem 30.4.1975 und auch nach dem 4.5.1976 fällt mit der Phase des verstärkt einsetzenden Stickstoff-Entzuges durch den Sommerweizen zusammen(siehe Mittlg. I, Tab.7 und 14). Dieser Befund ist in der Literatur vielfach bestätigt worden (SCHENDEL 1953, KUSUETSOWA 1955, BAUMANN und MAAß 1957, HARMSSEN 1959 und SEIBERTH et al., 1970). Im Verlauf der Vegetation des Sommerweizens können Änderungen der NI-Konzentration im Boden eintreten; das Niveau bleibt aber insgesamt niedrig (SEIBERTH und FISCHBEK 1970). Erst mit beginnender Getreidereife ist wieder mit steigenden Werten zu rechnen, weil dann die N-Aufnahme durch die Pflanzen verringert ist (BAUMANN und SCHENDEL 1952, KUSUETSOWA 1955 und SEIBERTH und FISCHBEK 1970).

Insbesondere sei darauf hingewiesen, daß trotz der Nitrat-Düngung (177 mg N/Gefäß) zu Raps auf der B₄-Variante am 19.9.1975 an den nachfolgenden Probenahme-Terminen im Oktober und November 1975 nur geringe Mengen an NI im Boden nachgewiesen werden konnten. Dieser Befund deutet auf die gute Ausnutzung des NI durch die Zwischenfrucht Raps hin, was später bei der Berechnung der Dünger-Ausnutzung noch zu zeigen sein wird (siehe Abschnitt 3.2. Seite 202).

Allgemein kann man feststellen, daß die Schwankungen der NI- und auch der AMA-Mengen ähnlich wie die Schwankungen der Gesamt-N-Mengen auf den betreffenden Varianten oszillieren. Die Korrelationsberechnungen zwischen den NI- und den AMA-Mengen einerseits und den Gesamt-N-Mengen andererseits haben in der Regel eine positive Beziehung ergeben, die besonders in der Vegetationsperiode 1974/1975 für das NI auf allen gedüngten Varianten hoch signifikant war(siehe Tab.8).

Tabelle 6: NI-Mengen im Boden auf den bepflanzten Varianten während der beiden Vegetationsperioden (Angaben in mg N/Gefäß)

Probenahme-Termin	Varianten				
	B ₁	B ₂	B ₄	B ₃	B ₅
9.11.1974	Sp.	Sp.	Sp.	Sp.	26,0
10.12.	Sp.	Sp.	52,0	Sp.	Sp.
8. 1.1975	Sp.	Sp.	Sp.	Sp.	26,0
22. 4.	91,0	91,0	65,0	91,0	65,0
30. 4.	84,5	133,3	126,8	91,0	94,3
14. 5.	45,5	91,0	74,8	48,8	52,0
27. 5.	26,0	35,8	13,0	19,5	19,5
10. 6.	13,0	6,5	9,8	16,3	6,5
20. 6.	26,0	35,8	42,3	48,8	26,0
1. 7.	52,0	48,8	42,3	42,3	32,5
14. 7.	45,5	Sp.	32,5	26,0	22,8
5. 8.	58,5	19,5	Sp.	Sp.	Sp.
19. 9.	Sp.	Sp.	48,8	26,0	Sp.
16.10.1975	Sp.	Sp.	Sp.	Sp.	Sp.
17.11.	6,5	17,3	43,3	26,0	36,9
19. 1.1976	Sp.	Sp.	13,0	Sp.	19,5
23. 2.	6,5	6,5	32,5	2,2	19,5
31. 3.	43,3	41,2	32,5	26,0	26,0
4. 5.	84,5	21,7	197,2	39,0	36,8
19. 5.	Sp.	13,0	45,5	6,5	13,0
1. 6.	Sp.	Sp.	Sp.	6,5	Sp.
11. 6.	Sp.	Sp.	Sp.	Sp.	Sp.
25. 6.	Sp.	26,0	71,5	Sp.	Sp.
14. 7.	2,2	34,7	145,2	49,8	26,0
9. 8.	Sp.	Sp.	30,3	19,5	8,7
10.10.	Sp.	Sp.	Sp.	Sp.	Sp.

Sp. = Spuren

Tabelle 7: AMA-Mengen im Boden auf den bepflanzten Varianten während der beiden Vegetationsperioden
(Angaben in mg N/Gefäß)

Probenahme- Termin	Varianten				
	B ₁	B ₂	B ₄	B ₃	B ₅
9.11.1974	19,5	19,5	45,5	19,5	58,5
10.12.	52,0	52,0	26,0	52,0	32,5
8. 1.1975	52,0	52,0	32,5	52,0	52,0
22. 4.	84,5	84,5	52,0	84,5	52,0
30. 4.	91,0	61,8	48,8	136,5	48,8
14. 5.	52,0	45,5	42,3	35,8	74,8
27. 5.	13,0	9,8	29,3	26,0	13,0
10. 6.	26,0	13,0	19,5	13,0	13,0
20. 6.	26,0	39,0	45,5	55,3	32,5
1. 7.	39,0	71,5	26,0	32,5	29,3
14. 7.	39,0	Sp.	16,3	9,8	3,3
5. 8.	13,7	68,3	32,5	39,0	68,3
19. 9.	Sp.	Sp.	6,5	9,8	9,8
16.10.1975	6,5	4,3	Sp.	15,2	Sp.
17.11.	19,5	15,2	13,0	26,0	8,7
19. 1.1976	19,5	26,0	Sp.	28,2	19,5
23. 2.	Sp.	Sp.	2,2	2,2	6,5
31. 3.	45,5	47,7	41,2	47,7	47,6
4. 5.	32,5	Sp.	49,8	130,0	84,5
19. 5.	Sp.	6,5	17,3	15,2	49,8
1. 6.	Sp.	Sp.	Sp.	15,2	67,2
11. 6.	Sp.	Sp.	Sp.	Sp.	4,3
25. 6.	Sp.	Sp.	Sp.	65,0	80,2
14. 7.	10,8	13,0	26,0	60,7	114,8
9. 8.	Sp.	Sp.	6,5	15,2	6,5
10.10.	6,5	41,2	Sp.	10,9	10,9

Sp. = Spuren

Abb.5 Zeitgang der Mengen an Nitrat-N(NI) und an austauschbarem Ammonium-N(AMa) im Boden für die Varianten B₁, B₂ und B₄ während der beiden Vegetationsperioden.

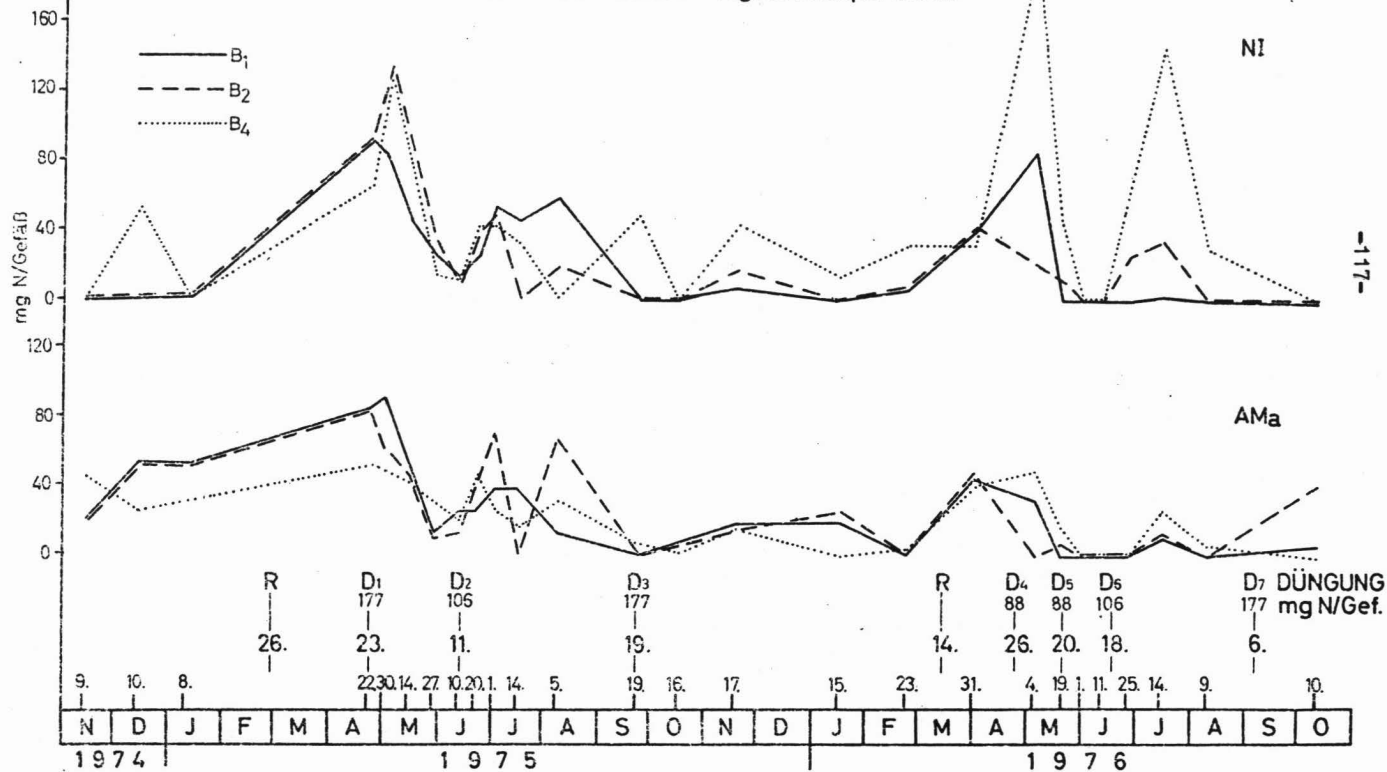


Tabelle 8 : Korrelationskoeffizienten (r) zwischen NI- und AMA-Mengen einerseits und der Gesamt-N-Menge im Boden andererseits für alle be-pflanzten Varianten während der beiden Vegetationsperioden

Vari- anten	1974 / 1975		1975 / 1976	
	NI	AMa	NI	AMa
B ₁	0,63*	0,780*	0,408	0,025
B ₂	0,88*	0,477	0,488	0,072
B ₃	0,69*	0,680*	0,097	0,267
B ₄	0,894*	0,298	0,550*	0,590*
B ₅	0,807*	0,097	0,329	0,666**

* signifikant bei der GD von 5 %

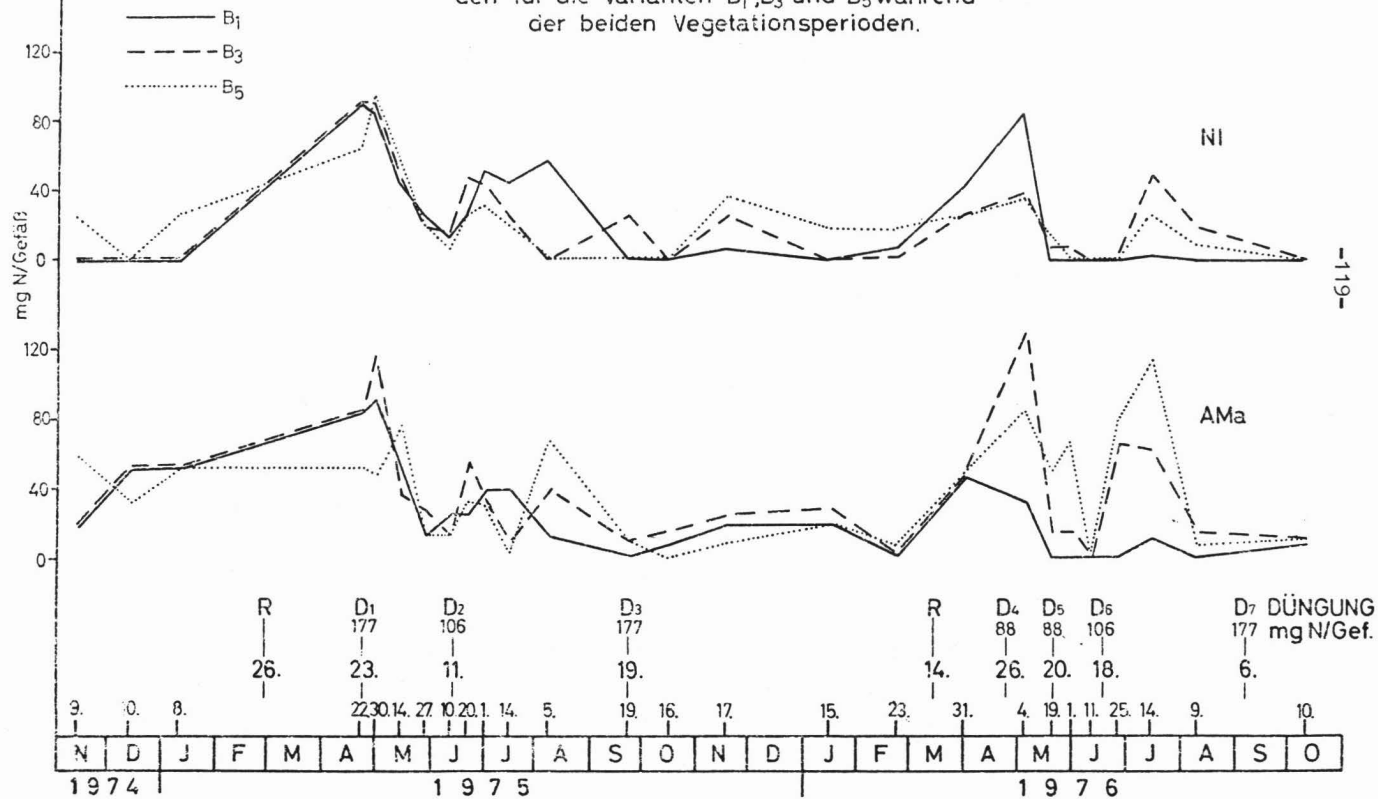
** signifikant bei der GD von 1 %

Auch andere Autoren (RHEINWALD 1933 und SCHEFFER und ULRICH, 1960) haben zwischen der Gesamt-N-Menge und der Nitratentwicklung im Boden eine positive Korrelation gefunden.

Der Zeitgang der NI- und AMa-Mengen für die Varianten B₁, B₃ und B₅ ist in der Abbildung (6) aufgezeichnet, die Einzel-daten findet man in den Tabellen (6) und (7).

Die Schwankungen der NI- und AMa-Mengen treten in etwa zu den gleichen Zeitpunkten auf, wie sie schon bei den Varianten B₂ und B₄ beschrieben worden sind. Lediglich die absoluten NI-Mengen sind bei den Varianten B₃ und B₅ besonders in der zweiten Vegetationsperiode 1975/1976 niedriger als bei den Varianten B₂ und B₄. Hingegen liegen die absoluten AMa-Mengen bei den Varianten B₃ und B₅ besonders auch in der zweiten Vegetationsperiode höher als bei den Varianten B₂

Abb. 6 Zeitgang der Mengen an Nitrat-N (NI) und an austauschbarem Ammonium-N (AMa) im Boden für die Varianten B₁, B₃ und B₅ während der beiden Vegetationsperioden.



und B_4 (siehe Abb. 5 und 6). Beide Phänomene sind darauf zurückzuführen, daß die Varianten B_2 und B_4 mit Nitrat-N und die Varianten B_3 und B_5 mit NH_4 -N gedüngt worden sind.

3.1.2.2. Zeitgang der Mengen des NI und des AMA im Boden für alle unbepflanzten Varianten

In den Tabellen (9) und (10) sind die N-Mengen für das NI- und das AMA in den unbepflanzten Varianten angegeben. Abbildung (7) zeigt den Zeitgang der Mengen des NI und des AMA für die Varianten UB_1 , UB_2 und UB_4 auf. Daraus geht hervor, daß die jahreszeitliche Dynamik der Nitratenentwicklung auf den unbepflanzten Varianten ganz anders als auf den bepflanzten Varianten verläuft. Die entscheidenden Faktoren, die dafür verantwortlich zu machen sind, sind die Bodentemperatur (MAß 1956, FENN u. KISSEL 1974 und STANFORD et al., 1975) und der Luft- und Wasser-Gehalt des Bodens, da sie die Oxidations- und Reduktions-Vorgänge wesentlich beeinflussen.

Aus der Abbildung (7) wird deutlich ersichtlich, daß es im Gegensatz zu den korrespondierenden bepflanzten Varianten (siehe Abb. 5) auf den Brache-Varianten zu einer stärkeren Nitratanreicherung kommt, ein Befund, der auch von KUSUETSOWA (1955), und BAUMANN (1956) gemessen wurde. Besonders fällt auf, daß die NI-Mengen auf den Varianten UB_2 und UB_4 am Ende der Vegetationsperiode 1975/1976 besonders groß sind. Diese Tatsache dürfte darauf zurückzuführen sein, daß das Sommerhalbjahr 1976 ungewöhnlich trocken war und deshalb Verluste durch Einwaschung von NI-Mengen in den Untergrund oder gar durch Denitrifikation nahezu auszuschließen sind.

Die AMA-Mengen auf den Varianten UB_3 und UB_5 sind im Vergleich zu den korrespondierenden bepflanzten Varianten dagegen nur geringfügig größer.

Tabelle 9: NI-Menge im Boden auf den unbepflanzten Varianten
während der beiden Vegetationsperioden
(Angaben in mg N/Gefäß)

Probenahme- Termin	Varianten				
	UB ₁	UB ₂	UB ₄	UB ₃	UB ₅
9.11.1974	Sp.	Sp.	Sp.	Sp.	45,5
10.12.	Sp.	Sp.	Sp.	Sp.	Sp.
8. 1.1975	Sp.	Sp.	Sp.	Sp.	Sp.
22. 4.	52,0	52,0	110,5	52,0	110,5
30. 4.	97,5	81,3	120,3	61,8	94,3
14. 5.	91,0	78,0	68,3	58,5	78,0
27. 5.	26,0	45,5	61,8	65,0	39,0
10. 6.	26,0	58,5	42,3	37,8	61,8
20. 6.	65,0	84,5	113,8	78,0	71,5
1. 7.	26,0	149,5	78,0	159,3	78,0
14. 7.	Sp.	55,3	126,8	16,3	100,8
5. 8.	Sp.	19,5	87,8	42,3	52,0
19. 9.	26,0	123,5	100,8	78,0	117,0
16.10.1975	6,5	75,5	125,6	62,8	97,5
17.11.	54,1	106,2	99,6	129,9	158,1
19. 1.1976	2,2	Sp.	Sp.	Sp.	19,5
23. 2.	28,2	19,5	2,2	13,0	Sp.
31. 3.	19,5	10,8	15,2	15,2	2,2
4. 5.	Sp.	128,0	84,6	49,8	28,2
19. 5.	Sp.	10,9	108,5	Sp.	Sp.
1. 6.	Sp.	86,7	147,4	62,8	13,0
11. 6.	Sp.	69,4	75,9	6,5	17,4
25. 6.	Sp.	216,9	184,3	112,7	67,2
14. 7.	49,9	212,5	145,3	162,7	232,0
9. 8.	Sp.	175,6	153,9	80,2	110,6
10.10.	Sp.	244,8	242,5	106,1	277,2

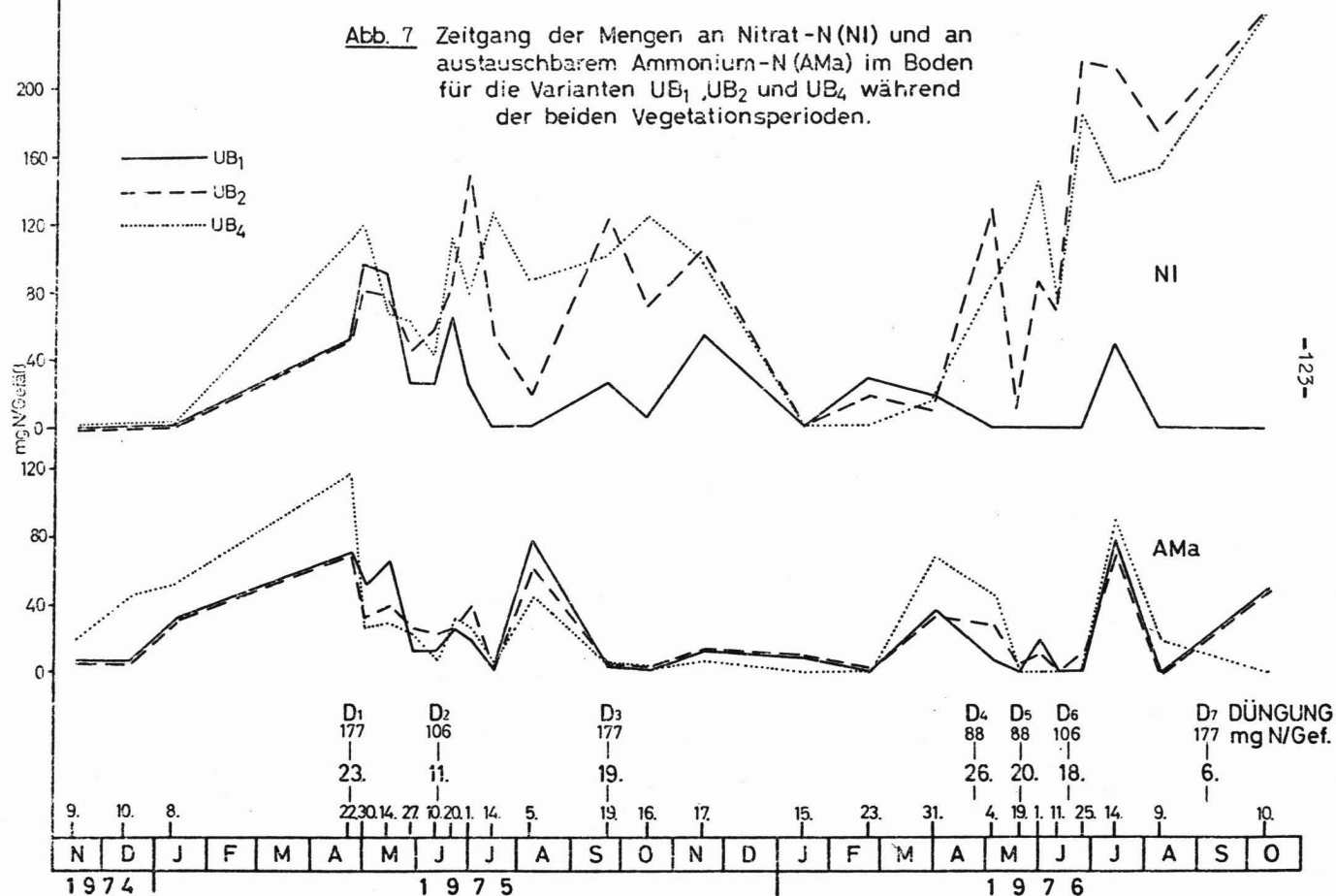
Sp. = Spuren

Tabelle 10: AMA-Mengen im Boden auf den unbepflanzten Varianten während der beiden Vegetationsperioden
(Angaben in mg N/Gefäß)

Probenahme- Termin	Varianten				
	UB ₁	UB ₂	UB ₄	UB ₃	UB ₅
9.11.1974	6,5	6,5	19,5	6,5	45,5
10.12.	6,5	6,5	45,5	6,5	26,0
8. 1.1975	32,5	32,5	52,0	32,5	52,0
22. 4.	71,5	71,5	117,0	71,5	143,0
30. 4.	52,0	32,5	26,0	29,3	52,0
14. 5.	65,0	39,0	29,3	29,3	29,3
27. 5.	13,0	26,0	22,3	19,5	19,5
10. 6.	13,0	22,3	6,5	16,3	22,8
20. 6.	26,0	26,0	32,5	61,8	26,0
1. 7.	19,5	39,0	26,0	48,8	45,6
14. 7.	Sp.	Sp.	6,5	6,5	32,5
5. 8.	78,0	61,8	45,5	26,0	52,0
19. 9.	Sp.	3,3	3,3	16,3	6,5
16.10.1975	Sp.	Sp.	2,2	Sp.	56,3
17.11.	13,0	10,8	6,5	10,8	17,3
19. 1.1976	8,6	8,6	Sp.	Sp.	13,0
23. 2.	Sp.	Sp.	Sp.	15,2	Sp.
31. 3.	36,8	32,5	67,2	52,0	62,9
4. 5.	6,5	28,2	47,7	93,3	110,6
19. 5.	Sp.	4,3	Sp.	6,5	43,4
1. 6.	19,5	10,9	Sp.	106,3	93,3
11. 6.	Sp.	Sp.	Sp.	23,9	58,6
25. 6.	Sp.	13,0	Sp.	60,7	26,0
14. 7.	78,0	71,5	91,0	112,7	62,9
9. 8.	Sp.	Sp.	19,5	21,7	28,2
10.10.	49,9	47,7	Sp.	34,7	30,4

Sp. = Spuren

Abb. 7 Zeitgang der Mengen an Nitrat-N (NI) und an austauschbarem Ammonium-N (AMa) im Boden für die Varianten UB₁, UB₂ und UB₄ während der beiden Vegetationsperioden.



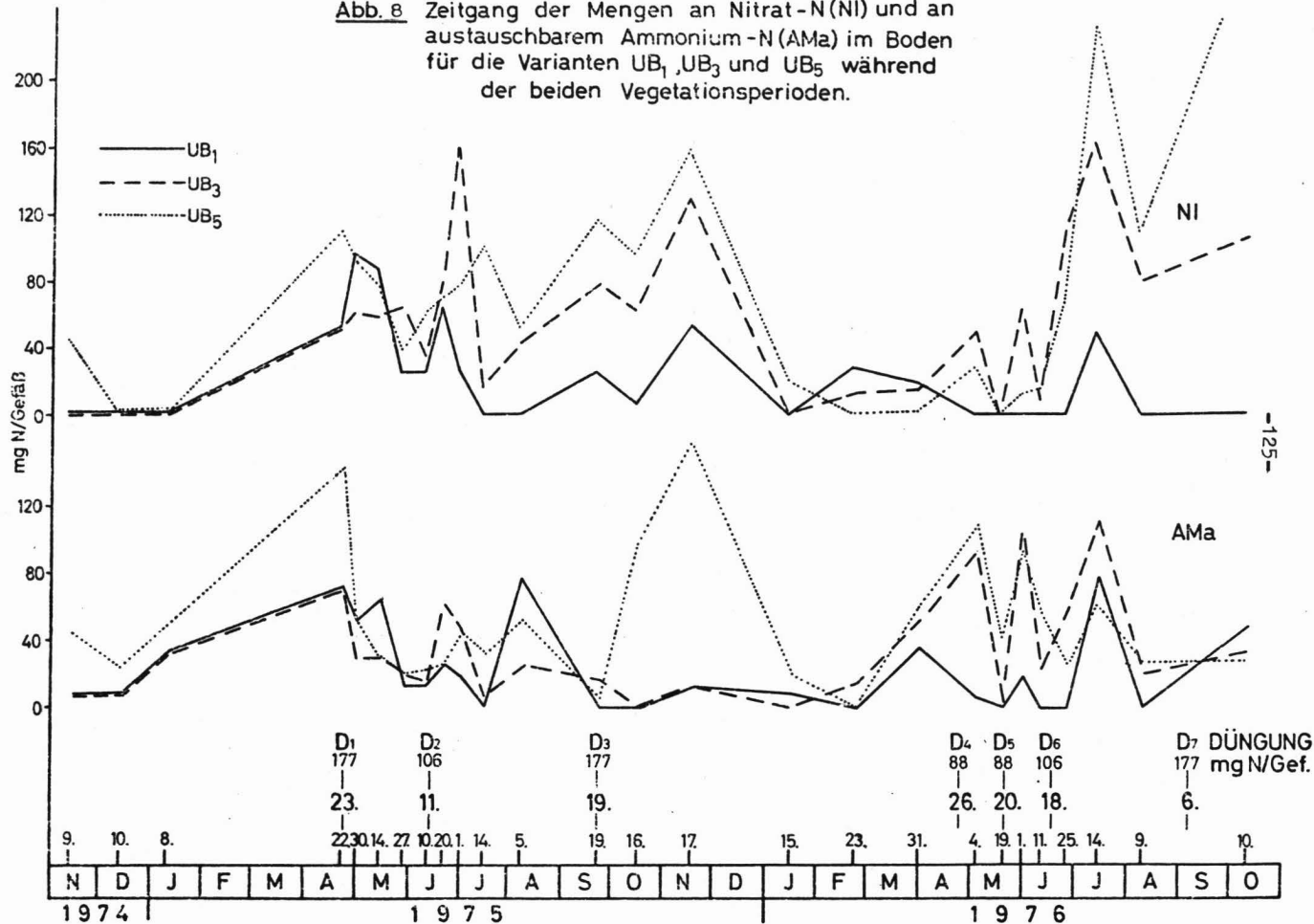
In der Abbildung (8) ist der Zeitgang für die NI- und AMA-Mengen der Varianten UB₁, UB₃ und UB₅ aufgetragen. Dort liegen die NI- und AMA-Mengen zu allen Probenahme-Terminen während der beiden Vegetationsperioden ebenfalls deutlich höher als in den korrespondierenden bepflanzten Varianten (siehe Abb. 6).

SCHEFFER und FREDE (1975) haben festgestellt, daß die N-Verluste in unbepflanzten Parzellen wesentlich geringer waren als unter Bepflanzung. Sie haben ferner gefunden, daß nach Abzug der pflanzlichen N-Entzüge (Zuckerrüben) die Verluste auf der bewachsenen Parzelle noch um 78 kg N/ha höher sind als auf der unbewachsenen Parzelle.

Die wesentlich geringeren N-Verluste auf den unbepflanzten Varianten im Vergleich zu denen auf den bepflanzten Parzellen sind zunächst durch Denitrifikation und organische N-Bindung des mineralischen N im Boden zu erklären.

Die Varianten UB₃ und UB₅ (Abb. 8) enthalten zu den vergleichbaren Terminen fast die gleich großen NI-Mengen, wie die Varianten UB₂ und UB₄, die mit Nitrat gedüngt worden sind. Daraus läßt sich folgern, daß das gedüngte AMA nahezu komplett nitrifiziert worden ist. Der Wechsel von Bodenfeuchte und Austrocknung wird in der Literatur allgemein als stimulierend für die Nitrifikation angesehen (BAUMANN und MAAB 1957, CORNFELD 1964, HARADA und HAYASHI 1968 und HADAS et al., 1975). HERZOG et al., (1969) sehen als Begründung dafür den "Zwischentrocknungseffekt", der zur Freisetzung von zuvor gebundenen Kohlenhydrat-Verbindungen führt. Es ist bekannt, daß der Nitratgehalt im Boden einerseits entscheidend von der N-Düngung, andererseits vom Bewuchs bestimmt und beeinflußt wird (SIERERTH und FISCHBEK, 1970 und BRAUN, 1972). Unter Bewuchs kommt es im Gegensatz zur Schwarzbrache nur zu einer geringen NI-Anreicherung im Boden. Bei den AMA-Mengen fällt noch der besonders hohe Wert auf, der am 17.11.1975 auf der UB₅-Variante gemessen wurde. Diese AMA-Menge dürfte größtenteils dem Ammonium-

Abb. 8 Zeitgang der Mengen an Nitrat-N(NI) und an austauschbarem Ammonium-N(AMa) im Boden für die Varianten UB₁, UB₃ und UB₅ während der beiden Vegetationsperioden.



Dünger entstammen, der am 19.9.1975 auf diese Variante ausgebracht wurde.

Die Beziehung zwischen den NI- und AMa-Mengen einerseits und den Gesamt-N-Mengen andererseits ist auch auf den unbepflanzten Varianten positiv, wie z.B. aus der Tabelle (11) zu ersehen ist.

Tabelle 11: Korrelationskoeffizienten (r) zwischen NI- und AMa-Mengen einerseits und Gesamt-N-Mengen im Boden andererseits für alle unbepflanzten Varianten während der Vegetationsperiode 1974/1975

Varianten	1974 / 1975	
	NI	AMa
UB ₁	0,648*	0,230
UB ₂	0,592	0,516
UB ₃	0,519	0,656*
UB ₄	0,663*	0,384
UB ₅	0,410	0,190

* signifikant bei der GD von 5 %

** signifikant bei der GD von 1 %

Die Beziehung zwischen NI und Gesamt-N im Boden ist auf den Varianten UB₂ und UB₄ (mit Nitrat gedüngt) sogar signifikant bei der GD von 5 %.

Die Metabolik und insbesondere die Verlagerung des Nitrat-Stickstoffs aus dem Oberboden wird entscheidend von klimatischen Faktoren beeinflusst, insbesondere durch die aus den Niederschlagsmengen und der Verteilung innerhalb eines Jahres resultierenden Sickerwasserabflüsse. Dabei wird das Ausmaß der NO₃-Verlagerung bzw. der N-Auswaschungsverluste in

erster Linie von Art und Dauer des Bewuchses, von der Bodenart und den Bodeneigenschaften sowie von Höhe, Zeitpunkt und Form der N-Düngung bestimmt.

Um die engen Beziehungen und Abhängigkeiten der oben genannten Parameter zu den täglich registrierten Niederschlagsmengen und Temperaturen zu demonstrieren, sind in den Abbildungen (9) und (10) die Niederschläge und Temperaturen für die beiden Vegetationsperioden 1974/1975 und 1975/1976 zusammengestellt worden.

Die ausgezogene Linie im Bereich der Bodentemperatur der Abbildungen (9) und (10) gibt die Durchschnittstemperatur des Bodens in 12 cm Tiefe für das angegebene Vegetationsjahr an.

Sinn und Zweck dieser Diskussion kann nicht sein, beispielsweise alle registrierten Veränderungen der NI-Mengen im Boden anhand der Niederschlagsereignisse über den gesamten Versuchszeitraum zu beschreiben. Als Beispiel sei die starke Abnahme der NI-Mengen ab 30.4.1975 und ab Ende Dezember 1975 auf allen bepflanzten und unbepflanzten Varianten angeführt (siehe Abb. 5-8). Diese starke Abnahme fällt mit den sehr großen Niederschlagsmengen in den angesprochenen Zeiträumen zusammen (siehe Abb. 9 und 10).

BAUMANN und MAAß (1957), PAAUW (1962, 1972) und CAMPBELL et al., (1973) haben festgestellt, daß die Nitratverlagerung im Boden vorwiegend abhängig ist von der Niederschlagsmenge. WETZELAAR (1962) konnte bei Nitrat-Düngung ebenfalls eine signifikante Korrelation ($r = 0,946$) zwischen NI-Verlagerung und Niederschlagsmenge nachweisen.

Die in unseren Versuchen gefundenen Ergebnisse stimmen weitgehend mit Untersuchungen von WICHTMANN (1974) überein, der festgestellt hat, daß in den Meßtiefen 10 bis 30 cm und 40 cm sowie in einem Lysimeterversuch eine starke Abnahme der NO_3 -Konzentration Ende April/Anfang Mai erfolgte. Sie wird mit einem Maximum des Stickstoffs-Entzuges durch Winterweizen erklärt.

Abb. 9 Tägliche bzw. monatliche Niederschlagsmengen (mm)
und Bodentemperaturen in 12 cm und 50 cm Tiefe
während der Vegetationsperiode 1974/1975.

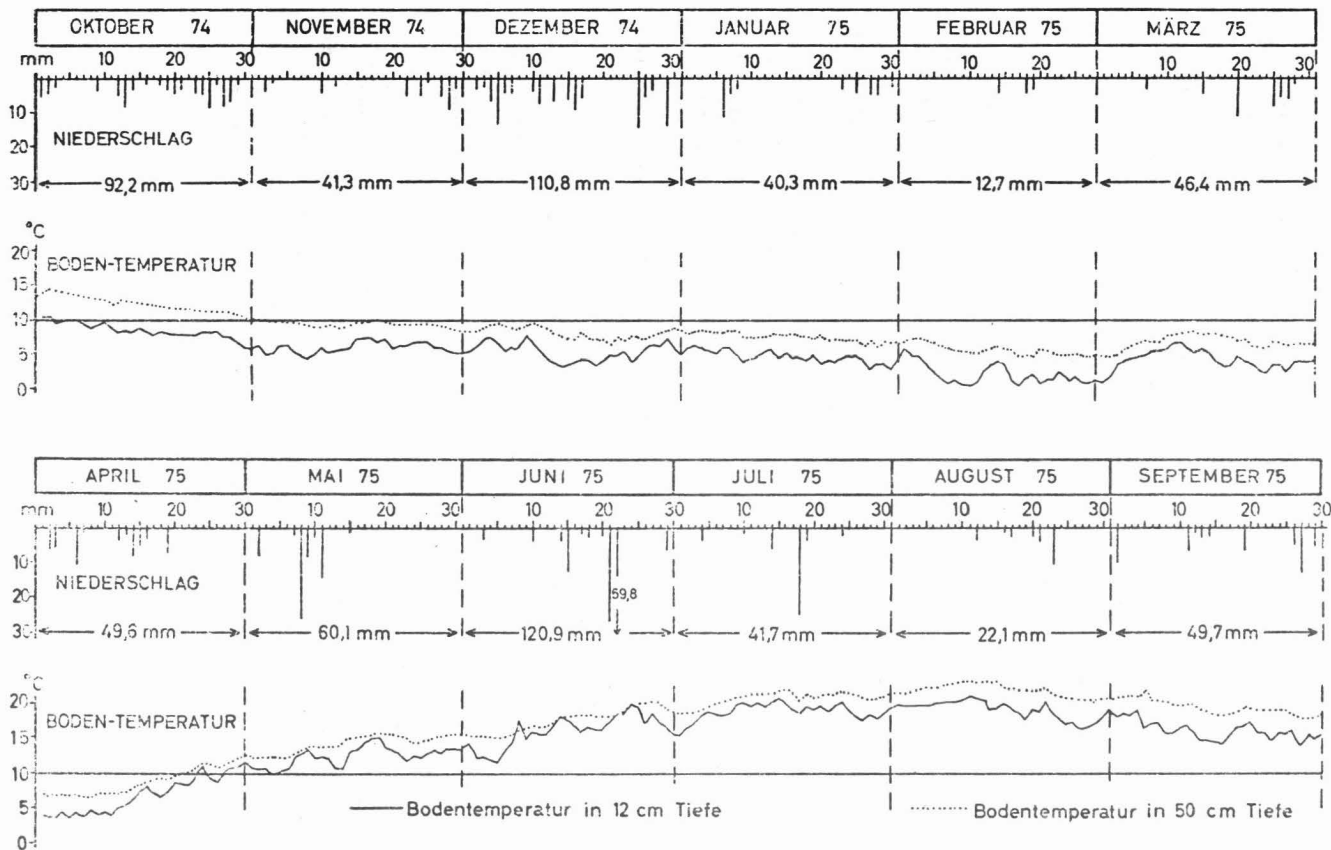
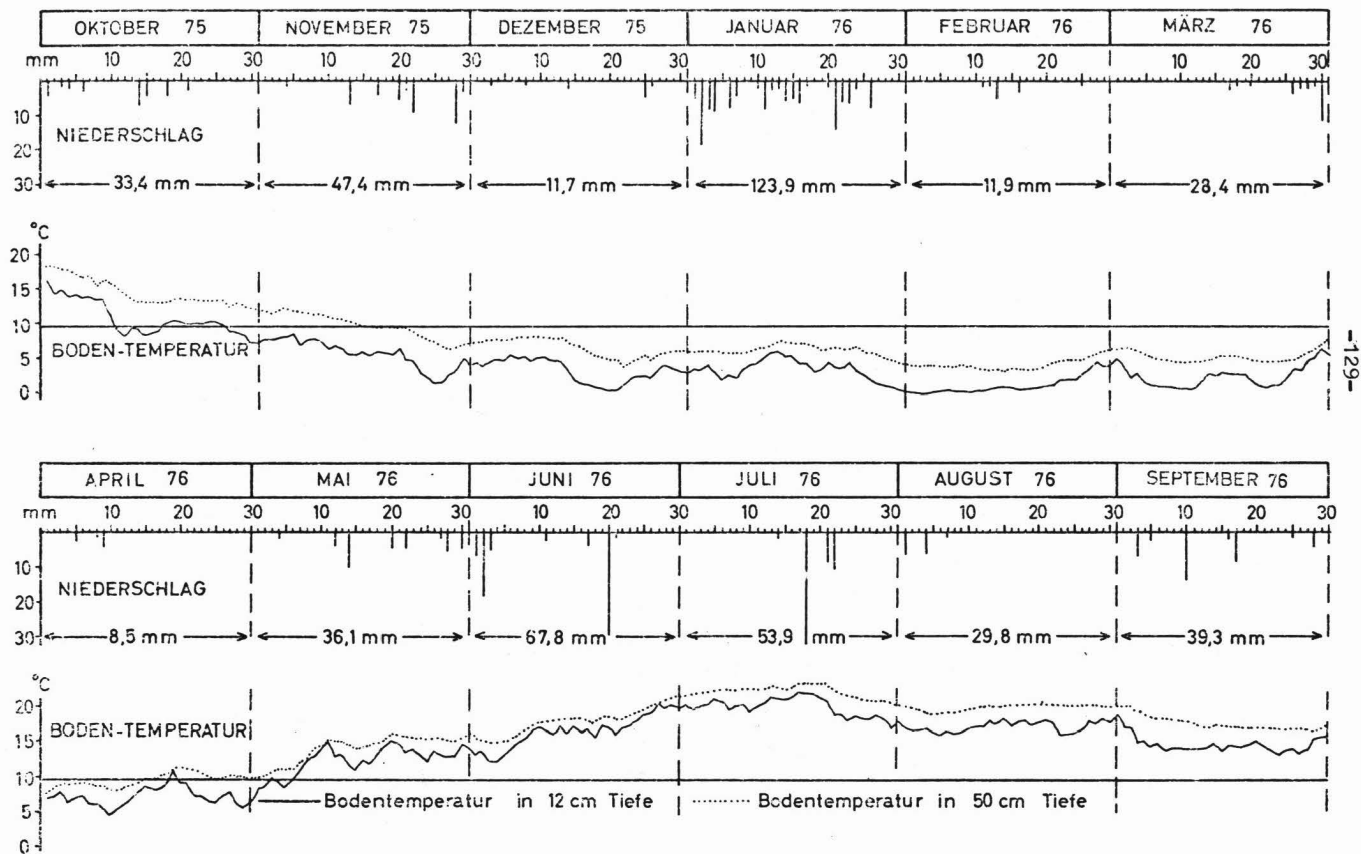


Abb. 10 Tägliche bzw. monatliche Niederschlagsmengen (mm)
und Bodentemperaturen in 12 cm und 50 cm Tiefe
während der Vegetationsperiode 1975/1976



3.1.2.3. Statistische Verrechnung der NI- und AMa-Gehalte und der NI- und AMa-Mengen in allen Versuchsvarianten

In diesem Abschnitt sollen die NI- und AMa-Gehalte bzw. die NI- und AMa-Mengen in Abhängigkeit von den Versuchsparametern besprochen werden. Die Untersuchungsergebnisse sind in den Tabellen (12) und (13) festgehalten. Um die Diskussion zu vereinfachen, sollen die Gehalte bzw. Mengen für NI und AMa getrennt behandelt werden.

3.1.2.3.1. NI-Gehalte und -Mengen

Die Daten der im folgenden zu behandelnden Untersuchungsergebnisse bezüglich der NI-Gehalte und der NI-Mengen sind in der Tabelle (12) aufgeführt.

In der ersten Vegetationsperiode 1974/1975 ergab sich auf allen bepflanzten Varianten kein signifikanter Unterschied zwischen den jeweiligen Ober- und Unterschichten.

In den unbepflanzten Varianten des gleichen Zeitraumes trat in den UB₂- und UB₃- Varianten in den Oberschichten ein höherer N-Gehalt als in den Unterschichten auf.

In der zweiten Vegetationsperiode 1975/1976 trat bei den bepflanzten Varianten lediglich in der Oberschicht der B₄-Variante ein höherer N-Gehalt auf. In den unbepflanzten Varianten dieses Versuchs-Abschnittes war in den UB₂-, UB₄-, und UB₅-Varianten ein höherer N-Gehalt als in den jeweiligen Unterschichten zu verzeichnen. Betrachtet man den N-Gehalt für das ganze Gefäß (Ober- und Unterboden), dann ist auf den bepflanzten Varianten mit Ausnahme der B₄-Variante in der Vegetationsperiode 1975/1976 kein signifikanter Unterschied festzustellen. Im Gegensatz dazu traten bei allen gedüngten unbepflanzten Varianten in beiden Vegetationsperioden

Tabelle 12: Daten der statistischen Verrechnung für die NI-Gehalte und die NI-Mengen im Boden für beide Vegetationsperioden
NI -Gehalte 1974/1975 (Angaben in $\mu\text{g N} / 1 \text{ g Boden}$)

B ₁		B ₂		B ₃		B ₄		B ₅		UB ₁		UB ₂		UB ₃		UB ₄		UB ₅		GD %	
O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	5%	1%
5,7	5,7	5,5	6,3	5,4	5,1	7,0	6,0	4,1	4,8	5,3	5,3	12,0*	7,2	10,3	6,3	13,2	10,2	11,2	9,4	3,6	4,79
5,70		5,90		5,25		6,50		4,45		5,30		9,6**		8,3*		11,7*		10,3**		2,57	3,3

NI-Gehalte 1975/1976 (Angaben in $\mu\text{g N} / 1 \text{ g Boden}$)

2,3	1,6	3,5	1,3	3,8	1,5	14,0*	4,8	5,3	0,9	2,3	1,9	25,6*	8,5	11,8	7,5	25,8*	9,1	16,5*	6,1	8,4	11,1
1,95		2,4		2,65		9,4		3,1		2,1		17,05		9,65		17,45		11,3*		5,96	7,84

NI-Mengen 1974/1975 und 1975/1976 (Angaben in mg N/Gefäß)

1974 / 1975					1975 / 1976					1974 / 1975					1975 / 1976					GD %	
B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	UB ₁	UB ₂	UB ₃	UB ₄	UB ₅	UB ₁	UB ₂	UB ₃	UB ₄	UB ₅	5%	1%
36,8	38,5	34,1	40,0	28,7	11,9	13,4	14,6	46,9*	15,5	34,1	62,3	53,9	75,9*	66,9	13,4	92,3*	58,0	95,2*	46,2*	33,8	44,4

* signifikanter Unterschied bei der GD von 5 %
** signifikanter Unterschied bei der GD von 1 %

O = Oberschicht
U = Unterschicht

höhere N-Gehalte als in der Kontroll-Variante (UB_1) auf.

Bei einem Vergleich der NI-Gehalte auf den Varianten B_2 und B_4 bzw. UB_2 und UB_4 zeigt sich kein signifikanter Unterschied bis auf B_4 in der zweiten Vegetationsperiode 1975/1976. In dieser Versuchsvariante war der NI-Gehalt wesentlich höher als in der B_2 -Variante (bei der GD von 5 %).

Dieses Versuchsergebnis wird durch die statistische Verrechnung der NI-Mengen bestätigt. Wie Tabelle (12) zeigt, weist die B_4 -Variante im zweiten Versuchsjahr 1975/1976 eine wesentlich höhere NI-Menge auf, als die B_2 -Variante. Dieser Unterschied ist bei der GD von 5 % gesichert. In den unbepflanzten Varianten der beiden Versuchsjahre trat zwar in der UB_4 -Variante eine höhere NI-Menge auf als in der UB_2 -Variante; dieser Unterschied ist jedoch nicht signifikant.

Sämtliche unbepflanzten gedüngten Varianten der Vegetationsperiode 1975/1976 enthalten höhere NI-Mengen als die UB_1 -Variante.

Vergleicht man die Wirkung der Bepflanzung auf den NI-Gehalt und die NI-Menge mit den brach liegenden Varianten, dann zeigt sich sehr deutlich, daß in beiden Vegetationsperioden der NI-Gehalt bzw. die NI-Menge auf den bepflanzten Varianten mit Ausnahme der Kontroll-Varianten (B_1 und UB_1) geringer ist. Dieser Unterschied ist im zweiten Vegetationsjahr 1975/1976 signifikant bis hoch signifikant gesichert (siehe Tab. 29). Diese statistische Verrechnung bestätigt damit in sehr eindrucksvoller Art den in den Abschnitten 3.1.2.1. und 3.1.2.2. beschriebenen und aufgezeigten Unterschied.

3.1.2.3.2. AMa-Gehalte und - Mengen

Die Daten für diesen Abschnitt sind in der Tabelle (13) angegeben. Daraus ist ersichtlich, daß sich in der ersten Vegetationsperiode 1974/1975 sowohl in den bepflanzten, als auch in den unbepflanzten Varianten in der Unter- und Oberschicht der Gefäße keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich des AMa-Gehaltes ergeben haben.

In der zweiten Vegetationsperiode weisen die Varianten B₃, B₅, UB₃ und UB₅ (alle Varianten, die mit AMa gedüngt wurden) in den Oberschichten einen höheren AMa-Gehalt auf als die dazu gehörenden Unterschichten. Der Unterschied ist bei der Grenzdifferenz von 1 % gesichert. Hinsichtlich des Gesamt-AMa-Gehaltes pro Gefäß zeigten sich in der ersten Vegetationsperiode keine signifikanten Unterschiede zwischen den B₃- und B₅-Varianten zur Kontroll-Variante B₁; ebenso nicht zwischen den UB₃- und UB₅-Varianten zur Kontroll-Variante UB₁.

Im Gegensatz dazu enthalten die Versuchsvarianten B₃ und B₅ bzw. UB₃ und UB₅ in der zweiten Vegetationsperiode 1975/1976 einen wesentlich höheren AMa-Gehalt als ihre Vergleichsvarianten B₁ bzw. UB₁ (bei der GD von 1 % gesichert). Das gleiche Ergebnis zeigt sich auch bei der Betrachtung der AMa-Mengen (siehe Tab. 13).

Vergleich: bepflanzte und unbepflanzte

Während in der ersten Versuchsperiode der AMa-Gehalt und die AMa-Menge nur in den Varianten UB₄ und UB₅ (unbepflanzte) höher ist als in den vergleichbaren bepflanzten Varianten B₄ und B₅, stellt sich in dem zweiten Versuchsjahr bei sämtlichen unbepflanzten Varianten ein höherer AMa-Gehalt bzw. eine höhere AMa-Menge ein als in den bepflanzten Varianten. Die jeweiligen Differenzen sind jedoch nicht so groß, daß sie als signifikant bezeichnet werden können.

Tabelle 13: Daten der statistischen Verrechnung für die AMa-Gehalte und AMa-Mengen im Boden für beide Vegetationsperioden

AMa-Gehalte 1974/1975 (Angaben in $\mu\text{g N} / 1 \text{ g Boden}$)

B ₁		B ₂		B ₃		B ₄		B ₅		UB ₁		UB ₂		UB ₃		UB ₄		UB ₅		GD %	
O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	5%	1%
7,8	7,8	6,3	6,5	7,6	6,4	5,1	4,6	5,5	5,5	4,8	4,8	5,2	4,1	5,0	4,3	4,8	5,8	7,3	5,7	2,42	3,18
7,80		6,40		7,00		4,85		5,50		4,80		4,65		4,65		5,30		6,50		1,71	2,51

AMa-Gehalte 1975/1976 (Angaben in $\mu\text{g N} / 1 \text{ g Boden}$)

2,2	1,5	2,0	1,2	9,8*	3,2	2,8	1,6	13,7**	2,6	2,3	2,0	3,1	1,9	12,3*	3,5	3,7	2,7	16,8*	2,6	4,67	6,15
1,85		1,60		6,50*		2,20		8,15*		2,15		2,5		7,90**		3,2		9,7**		3,3	4,35

AMa-Mengen 1974/1975 und 1975/1976 (Angaben in mg N/Gefäß)

1974 / 1975					1975 / 1976					1974 / 1975					1975 / 1976					GD %	
B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	UB ₁	UB ₂	UB ₃	UB ₄	UB ₅	UB ₁	UB ₂	UB ₃	UB ₄	UB ₅	5%	1%
50,9	41,4	45,5	31,4	35,8	11,2	9,4	35,0*	13,0	40,8*	31,4	30,1	30,3	34,4	42,3	13,5	15,0	41,9**	19,5	47,7**	19,8	26,1

* signifikanter Unterschied bei der GD von 5 %

** signifikanter Unterschied bei der GD von 1 %

O = Oberschicht

U = Unterschicht

3.1.3. Zeitgang der Mengen des fixierten Ammoniums (AM_f)
im Boden in allen Versuchsvarianten während der
beiden Versuchsperioden

In den Tabellen Nr.(1-10) des Tabellenanhangs, (Seite 225) sind die Angaben der AM_f -Gehalte ($\mu\text{g N} / 1 \text{ g Boden}$) für alle Versuchsvarianten bzw. für alle Ober- und Unterschichten während der beiden Vegetationsperioden angegeben.

Die statistische Verrechnung der Daten für die AM_f -Gehalte bzw. - Mengen ist in der Tabelle (14) aufgeführt. Daraus geht hervor, daß die Fraktion des mineralisch fixierten Ammoniums (AM_f) sich bei allen Versuchsvarianten über die Versuchszeit hinweg sowohl hinsichtlich der AM_f -Gehalte als auch hinsichtlich der AM_f -Mengen kaum verändert.

Aus der Tabelle (14) ist ersichtlich, daß auch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Ober- und Unterschichten bei allen Varianten bestehen. Damit hat sich gezeigt, daß die Versuchs-Parameter bepflanzt- unbepflanzt, Ober- und Unterboden, gedüngt- ungedüngt, unterschiedliche Dünger-Form, Zwischenfrucht gedüngt und ungedüngt keinen nennenswerten Einfluß auf diese N-Fraktion ausübten. Unsere Ergebnisse bestätigten damit erneut die von FLEIGE, MEYER und SCHOLZ (1971b) und von Mba- CHIBOGU et al., (1975) an einer ähnlichen Löß- Parabraunerde erhaltenen Befunde. Wenn, im Gegensatz zu der von uns gefundenen Mengen-Konstanz der Fraktion AM_f , MEYER und SCHEFFER (1970) festgestellt haben, daß die AM_f -Fraktion in einem ähnlichen Boden während des Sommers beträchtlichen Abnahmen und Wiederauffüllungen unterlag, so kann das teilweise damit begründet werden, daß MEYER und SCHEFFER (1970) mit Boden-Material arbeiteten, das größere Mengen eines Bt-Horizontes (Tiefumbruch) enthielt.

Wir hingegen haben mit einem einheitlichen sorgfältig gemischten Bodenmaterial des Ap-Horizontes einer Löss-Parabraunerde gearbeitet.

Auch KEENEY und BREMNER haben bereits 1964 festgestellt, daß eine Bepflanzung sich deutlich durch eine Abnahme des Stickstoffs in allen N-Fractionen des Bodens mit Ausnahme der AM_f -Fraktion auswirkte. Der Zeitgang der AM_f -Mengen und deren Konstanz ist außerdem am Beispiel der B_5 -Variante in der Abbildung (11) auf Seite (140) dargestellt.

Tabelle 14 : Daten der statistischen Verrechnung für die AM_F -Gehalte und für die AM_F -Mengen im Boden - Hydrolysat für beide Vegetationsperioden

AM_F -Gehalte 1974/1975 (Angaben in μg N / 1 g Boden)

B_1		B_2		B_3		B_4		B_5		UB_1		UB_2		UB_3		UB_4		UB_5		GD %	
O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	5%	1%
118	118	123	121	123	120	119	117	127	123	116	116	117	115	121	119	123	122	121	117	10,3	13,5
118		122		121,5		118,0		125,0		116,0		116,0		120,0		122,5		119,0		7,25	9,55

AM_F -Gehalte 1975/1976 (Angaben in μg N/ 1 g Boden)

98,3	99,6	102	104	109	104	101	101	104	104	100	102	102	101	102	100	99,1	93,9	105	99,3	7,84	10,3
98,95		103,0		106,5		101,0		104,0		101,0		101,5		101,0		96,5		102,2		5,54	7,29

AM_F -Mengen 1974/1975 und 1975/1976 (Angaben in mg N/Gefäß)

1975 / 1974					1975 / 1976					1974 / 1975					1975 / 1976					GD %	
B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	UB_1	UB_2	UB_3	UB_4	UB_5	UB_1	UB_2	UB_3	UB_4	UB_5	5%	1%
764	793	791	765	812	645	669	684	656	675	757	754	778	822	774	659	657	653	622	658	68,3	89,9

* signifikanter Unterschied bei der GD von 5 %
 ** signifikanter Unterschied bei der GD von 1 %

O = Oberschicht
 U = Unterschicht

3.1.4. Zeitgang der Mengen des organisch gebundenen Stickstoffs im Boden

Nachdem in den Abschnitten 3.1.1., 3.1.2. und 3.1.3. der Zeitgang der Mengen des Gesamtstickstoffs und des mineralisch vorliegenden Stickstoffs (NI, AMa + AM_f) im Boden sowie deren Veränderungen in Abhängigkeit von der Versuchsdurchführung und der Vegetationsperiode im einzelnen besprochen worden sind, sollen jetzt die N-Fractionen ausführlich behandelt werden, in denen der Stickstoff im Boden in organischer Bindung vorliegt.

Aufgrund der im experimentellen Teil näher erläuterten Analysenvorschrift ist der organisch gebundene Stickstoff entweder hydrolysierbar oder nicht hydrolysierbar. Der nicht hydrolysierbare organisch gebundene Stickstoff wird auch als heterozyklisch gebunden bezeichnet und ist in den Tabellen und Abbildungen mit der Abkürzung nHy belegt worden.

3.1.4.1. Zeitgang der Mengen des nicht hydrolysierbaren organisch gebundenen Stickstoffs (nHy) im Boden

Der Zeitgang der Mengen des nicht hydrolysierbaren, heterozyklischen, organisch gebundenen Stickstoffs (nHy) soll nicht für alle Varianten abgebildet werden. Als Beispiel für den Zeitgang der Mengen des nHy ist in der Abbildung (11) der Zeitgang des nHy für die Variante B₅ abgebildet. Die Zu- bzw. Abnahme der nHy-Mengen ist an dem senkrecht schraffierten Feld im Verlaufe der beiden Vegetationsperioden recht deutlich zu erkennen.

Im Verlaufe der Vegetationsperiode 1975 (Sommerweizen) nehmen die nHy-Mengen deutlich zu, während parallel dazu die Mengen des organisch gebundenen Stickstoffs im Hydrolysat

(Summe aus $\Sigma AS, \Sigma AZ, ADe + ADp + HyR = NoHy$) abnehmen.

Mit der Ab- bzw. Zunahme des organisch gebundenen Stickstoffs im Hydrolysat annähernd parallel verläuft auch die Ab- bzw. Zunahme des Aminosäure - N (ΣAS), der in der Abbildung (11) durch den Verlauf der untersten Kurve charakterisiert ist. Auf diese Zusammenhänge wird später noch besonders einzugehen sein. Das punktiert gekennzeichnete Feld gibt den Zeitgang der Mengen des insgesamt im Boden vorhandenen, mineralischen Stickstoffs ($AMA + NI + AM_F$) an, wobei der größte Anteil von dem AM_F (siehe auch Abschnitt 3.1.3.) beansprucht wird.

Aus der Abbildung (11) geht ferner hervor, daß die nHy-Mengen während der Vegetation, vor allen Dingen nach der durchgeführten Mineraldüngung, (siehe z.B. 19.9.1975, 19.5.1976 und 18.6.1976) den größten Schwankungen unterliegen.

Der Zeitgang der nHy-Mengen der übrigen Varianten soll hier nicht abgebildet werden; die Angaben der nHy-Gehalte ($\mu g \text{ nHy} / 1 \text{ g Boden}$) sind in den Tabellen (1-10, Tabellen-Anhang Seite 225) enthalten.

Schließlich kann aus der Abbildung (11) geschlossen werden, daß offensichtlich eine starke, negative Korrelation zwischen den nHy-Mengen einerseits und den Mengen des organisch gebundenen Stickstoffs im Hydrolysat andererseits (NoHy) besteht.

Diese Beziehung ist für alle Varianten getrennt nach Vegetationsjahren nach einem Programm für einfache, lineare Korrelation und Regression (Programm Nr. 9, siehe experimenteller Teil) berechnet worden.

Das Ergebnis dieser statistischen Berechnung ist in der Tabelle (15) zusammengefaßt.

Abb. 11 Zeitgang der Mengen des N_t und des $n\text{ Hy}$ im Boden und der Mengen der N-Fractionen $No\text{ Hy}$ und ΣAS im Boden-Hydrolysat für die Variante B_5 während der beiden Vegetationsperioden.

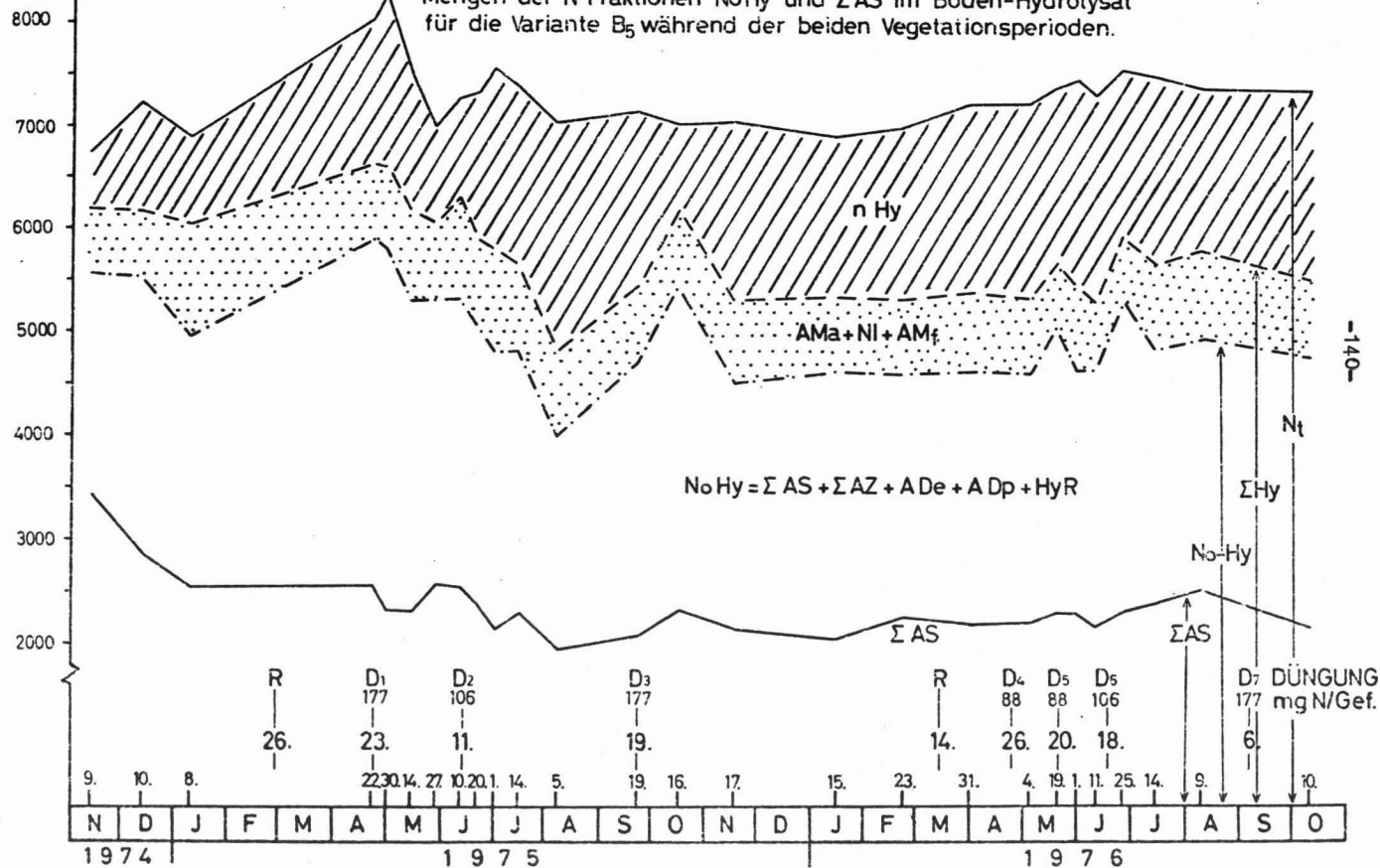


Tabelle 15: Korrelationskoeffizienten (r) zwischen den nHy-Mengen im Boden und den Mengen des organisch gebundenen Stickstoffs im Boden-Hydrolysat (NoHy)

Versuchs- jahr Varianten	1974/75	1975/76	Versuchs- jahr Varianten	1974/75	1975/76
B ₁	-0,901*	-0,311	UB ₁	-0,775	-0,313
B ₂	-0,798*	-0,139	UB ₂	-0,681*	-0,949*
B ₃	-0,803*	-0,685*	UB ₃	-0,730*	-0,844*
B ₄	-0,431	-0,386	UB ₄	-0,703*	-0,717*
B ₅	-0,624*	-0,735*	UB ₅	-0,660*	-0,617*

* signifikant bei der GD von 5 %

** signifikant bei der GD von 1 %

Aus der Tabelle (15) geht hervor, daß auf den bewachsenen Varianten im Jahre 1974/1975 mit Ausnahme der Varianten B₄ diese Beziehung signifikant bis hoch signifikant negativ ist.

Während der Vegetationsperiode 1975/1976 dagegen bleibt diese deutliche negative Korrelation zwar auf allen Varianten bestehen, sie ist aber nur noch auf den mit Ammonium gedüngten Varianten (B₃ und B₅) hoch signifikant gesichert. Daraus kann bereits hier gefolgert werden, daß offensichtlich die Ammonium-Düngung unter Bewuchs stärker in die Metabolik des organisch gebundenen N im Boden eingreift als die Nitrat-Düngung.

Ganz anders liegen die Verhältnisse auf den unbewachsenen Varianten in beiden Vegetationsperioden. Hier bleibt diese starke, negative Korrelation mit Ausnahme der UB₁-Variante in der Vegetationsperiode 1975/1976 bei allen anderen

Varianten bestehen. Dieser Befund läßt vermuten, daß die Mineralisierung des organisch gebundenen Stickstoffs im Boden auf den unbewachsenen Varianten schwächer ausgeprägt war, weil einerseits kein pflanzlicher N-Entzug und andererseits keine Neubildung von organischer Masse im Boden (Trockensubstanz Raps und organische Wurzelmasse der Hauptfrucht) erfolgte.

Prüft man dagegen den Einfluß unserer bekannten Versuchsparameter (Verteilung in Bodenschichten, Bepflanzung, Dünger-Form, Zwischenfrucht gedüngt und ungedüngt) auf die nHy-Mengen und die nHy-Gehalte, dann ergibt die statistische Verrechnung (siehe Tabelle 16) folgende Auskunft:

Verteilung in Ober- und Unterboden

Bei den nHy-Gehalten ergibt sich für das erste Versuchsjahr 1974/1975, daß sich nur auf der B₅-Variante im Oberboden ein signifikant höherer nHy-Gehalt als im Unterboden gebildet hat.

Im zweiten Versuchsjahr sind die nHy-Gehalte im Oberboden der Varianten B₂, B₄, B₅ und UB₅ signifikant größer als im Unterboden.

Vergleich der Varianten

Im ersten Versuchsjahr 1974/1975 sind die nHy-Gehalte pro Gefäß im Vergleich zur Null-Variante nur auf den Varianten B₅ und UB₅ und im zweiten Versuchsjahr nur auf der UB₅-Variante signifikant größer. Dieses Ergebnis bestätigt unsere oben getroffene Aussage, daß sich die NH_4^+ -Düngung besonders stark auf die Metabolik des organisch gebundenen Stickstoffs im Boden auswirkt.

Vergleich: bepflanzt - nicht bepflanzt

Hinsichtlich des Parameters bepflanzt - unbepflanzt unterscheiden sich die Varianten im Versuchsjahr 1974/1975 im

nHy-Gehalt und in der nHy-Menge mit Ausnahme der Variante B_4 nicht signifikant voneinander, obwohl allgemein die nHy-Gehalte auf den unbewachsenen Varianten etwas höher liegen als auf den bewachsenen Varianten. Im Vegetationsjahr 1975/1976 dagegen sind die nHy-Gehalte und nHy-Mengen auf den Varianten B_1 , B_3 und B_4 höher als auf den korrespondierenden unbewachsenen Varianten. Lediglich die Varianten UB_2 und UB_5 weisen signifikant höhere nHy-Mengen pro Gefäß auf als die korrespondierenden bewachsenen Varianten.

Wenn man die nHy-Mengen auf den bewachsenen Varianten der beiden Vegetationsjahre miteinander vergleicht, dann sind die nHy-Mengen auf allen Varianten in der zweiten Vegetationsperiode 1975/1976 signifikant höher als im Jahre 1974/1975. Ein entsprechender Vergleich der unbewachsenen Varianten ergibt einen ähnlichen Trend der Zunahme im zweiten Vegetationsjahr. Dabei sind aber die nHy-Mengen nur auf den Varianten UB_2 , UB_4 und UB_5 signifikant höher als im ersten Vegetationsjahr.

Tabelle 16: Daten der statistischen Verrechnung für n Hy-Gehalte und die n Hy-Mengen im Boden für beide Vegetationsperioden

nHy- Gehalte 1974/1975 (Angaben in $\mu\text{g N} / 1 \text{ g Boden}$)

B ₁		B ₂		B ₃		B ₄		B ₅		UB ₁		UB ₂		UB ₃		UB ₄		UB ₅		GD %	
O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	5%	1%
187	179	200	194	197	200	207	211	235	192	190	190	205	195	200	200	207	202	219	218	36,5	48,0
183,0		197,0		198,5		209,0		213,5*		190,0		200,0		200,0		204,5		218,5*		25,8	33,9

nHy -Gehalte 1975/1976 (Angaben in $\mu\text{g N} / 1 \text{ g Boden}$)

296	253	292*	234	294	254	318*	253	300*	245	257	228	284	252	264	240	246	266	319*	254	45,7	60,2
274,5		263		274		285,5		272,5		242,5		268,0		252,0		256		286,5**		32,3	42,6

nHy -Mengen 1974/1975 und 1975/1976 (Angaben in mg N/Gefäß)

1974 / 1975					1975 / 1976					1974 / 1975					1975 / 1976					GD %	
B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	UB ₁	UB ₂	UB ₃	UB ₄	UB ₅	UB ₁	UB ₂	UB ₃	UB ₄	UB ₅	5%	1%
1218	1279	1291	1361	1386	1735	1649	1738	1788	1713	1659	1300	1298	1330	1422	1717	1707	1610	1687	1792	349	459

* signifikanter Unterschied bei der GD von 5 %

** signifikanter Unterschied bei der GD von 1 %

O = Oberschicht

U = Unterschicht

3.1.4.2. Zeitgang der Mengen und Veränderung der Gehalte
des organisch gebundenen Stickstoffs (NoHy) im
Boden-Hydrolysat während der beiden Vegetations-
perioden

Wenn im folgenden zunächst der Zeitgang der Mengen des organisch gebundenen Stickstoffs im Boden-Hydrolysat angesprochen werden soll, dann sind in dieser Sammel-Fraktion gemäß Analysenvorschrift (siehe experimenteller Teil, Seite 93) die N-Fractionen ΣAS (Aminosäuren-N insgesamt), ΣAZ (Aminozucker-N insgesamt), ADe (echter Amid-N), ADp (Pseudo-Amid-N) und HyR (Hydrolysat-Rest-N) enthalten. Diese N-Fraktion soll für die bewachsenen und unbewachsenen Varianten getrennt besprochen werden.

Zeitgang der Mengen des NoHy im Boden-Hydrolysat für alle
bewachsenen Varianten:

In den Abbildungen (12) und (13) ist der Zeitgang der Mengen des organisch gebundenen Stickstoffs im Boden-Hydrolysat (NoHy) für die Varianten B₁, B₂ und B₄ (Abb. 12) und für die Varianten B₁, B₃ und B₅ (Abb. 13) dargestellt. Die Daten der NoHy - Mengen (mg N/Gefäß) sind in der Tabelle (34) aufgeführt.

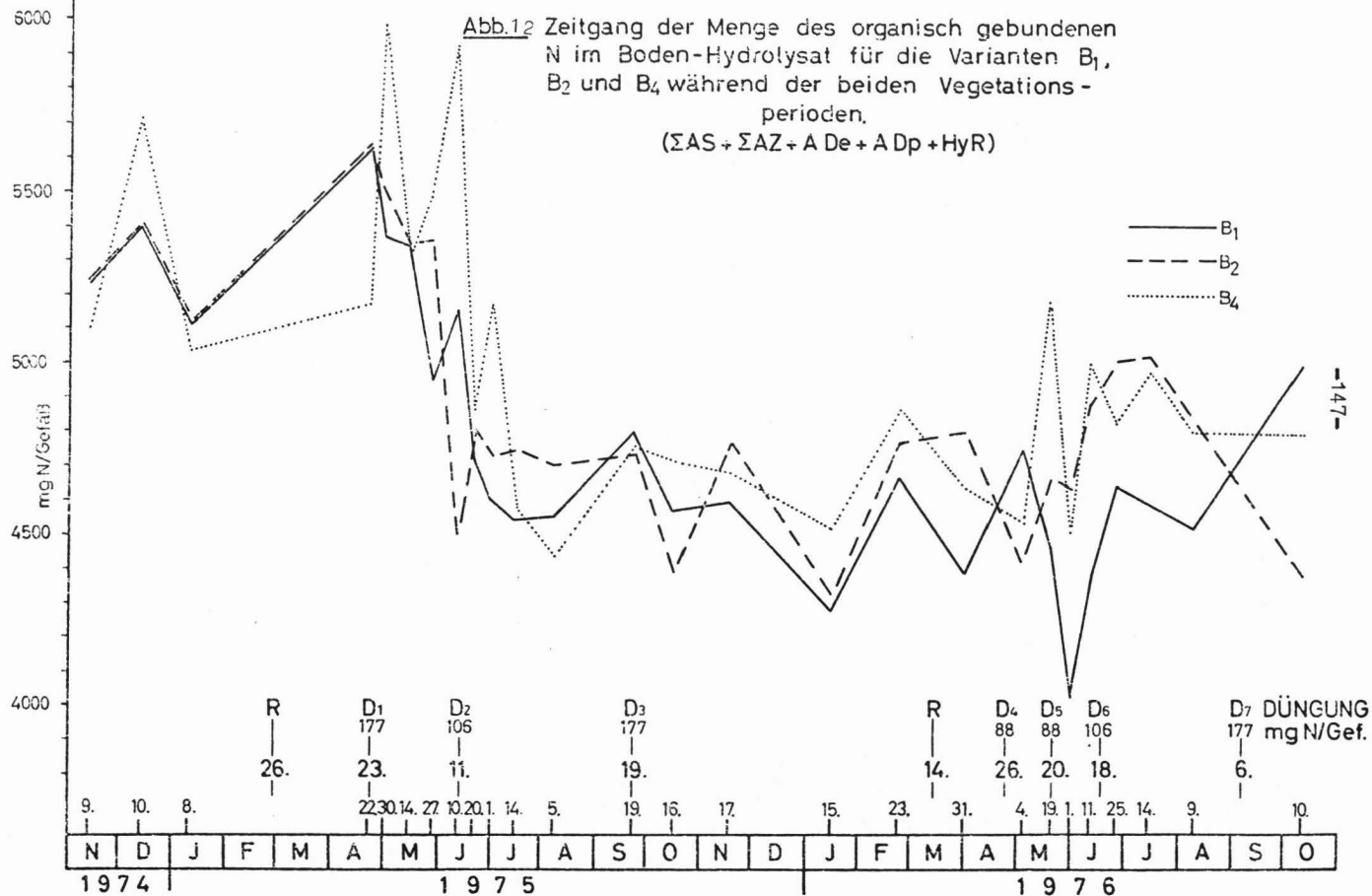
Analog zu den Abnahmen der Gesamt-N-Mengen auf den bewachsenen Varianten (siehe Abb. 1u.2) nimmt auch der insgesamt-hydrolystierbare, organisch gebundene Stickstoff (NoHy) während der ersten Vegetationsperiode im Sommer 1975 auf allen Varianten besonders stark ab und pendelt sich etwa auf eine NoHy-Menge von ca. 4.500 bis 5000 mg pro Gefäß ein.

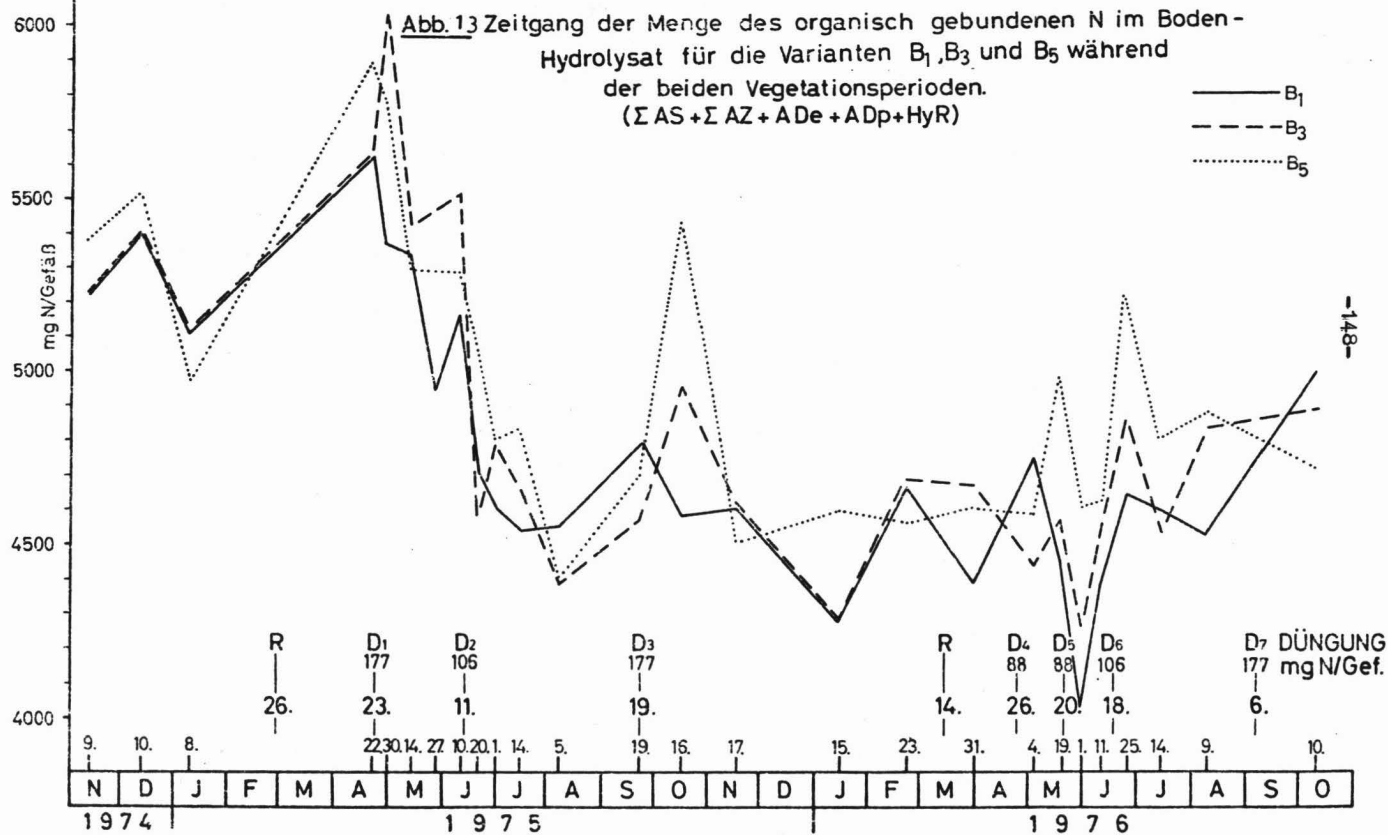
Im Sommerhalbjahr 1975 machen sich die Düngungstermine D₁, D₂ und D₃ durch ein starkes Ansteigen der NoHy-Mengen bemerkbar, wobei sich die NO₃-Düngung in dieser Hinsicht offensichtlich stärker auswirkt als die Ammonium-Düngung.

Tabelle 17: Organisch gebundener N im Boden-Hydrolysat (NoHy) für alle bewachsenen Varianten während der beiden Vegetationsperioden

(Angaben in mg N / Gefäß)

Probenahme- Termin	Varianten				
	B ₁	B ₂	B ₄	B ₃	B ₅
9.11.1974	5232,5	5232,5	5096,0	5232,5	5382,0
10.12.	5408,0	5408,0	5707,0	5408,0	5518,5
8. 1.1975	5115,5	5115,5	5044,0	5115,5	4972,5
22. 4.	5629,0	5629,0	5180,5	5629,0	5889,0
30. 4.	5369,0	5502,3	5980,0	6028,8	5775,3
14. 5.	5343,0	5352,8	5307,3	5421,0	5294,3
27. 5.	4946,5	5362,5	5512,0	5466,5	5287,8
10. 6.	5161,0	4491,5	5918,3	5515,3	5287,8
20. 6.	4706,0	4803,5	4858,8	4585,8	5073,3
1. 7.	4602,0	4728,8	5174,0	4790,5	4806,8
14. 7.	4537,0	4751,5	4566,3	4670,3	4836,0
5. 8.	4550,0	4696,3	4439,5	4387,5	4004,0
19. 9.	4797,0	4732,0	4748,3	4572,8	4700,0
16.10.	4569,5	4884,0	4710,6	4951,0	5425,4
17.11.	4597,8	4766,6	4673,9	4615,1	4498,4
15. 1.1976	4279,4	4322,8	4513,5	4277,2	4595,9
23. 2.	4667,2	4762,4	4862,2	4682,3	4558,8
31. 3.	4385,3	4797,2	4637,0	4667,5	4595,9
4. 5.	4745,0	4914,0	4532,7	4435,2	4586,8
19. 5.	4452,5	4664,8	5167,5	4563,0	4983,3
1. 6.	4014,8	4636,7	4502,3	4261,8	4604,2
11. 6.	4385,3	4877,2	5002,8	4545,7	4619,3
25. 6.	4641,0	5000,7	4823,0	4864,2	5213,0
14. 7.	4597,7	5015,8	4963,8	4524,0	4799,2
9. 8.	4519,7	4825,2	4801,3	4833,8	4875,0
10.10.	4990,4	4381,2	4793,5	4888,1	4721,9





Die NH_4 -Düngung zu Raps am 19.9.1975 hat eine besonders große Zunahme der NoHy-Mengen auf der B_5 - Variante bewirkt. Wie zu erwarten, liegen die NoHy-Mengen auf der B_1 -Variante im allgemeinen unter den Werten der gedüngten Varianten.

Die Tatsache, daß die Schwankungen der NoHy-Mengen in der zweiten Vegetationsperiode 1975/1976 weniger deutlich ausgeprägt sind, läßt sich mit der gleichmäßigeren Verteilung der Mineraldüngung zu Sommerweizen auf 3 Düngungs-Termine (D_4 , D_5 und D_6) erklären. Die besonders starke Abnahme der NoHy-Mengen ab 1.6.1976 auf allen Varianten, insbesondere auf den B_1 - und B_3 - Varianten, ist mit dem starken pflanzlichen N-Entzug (Siehe Mittlg. I, Abb. 13) durch Sommerweizen zu erklären. Allgemein kann aus dem Zeitgang der NoHy-Menge in den Abbildungen (12) und (13) gefolgert werden, daß zur Ernährung des Sommerweizens offensichtlich große Mengen des bodenbürtigen organisch gebundenen Stickstoffs mineralisiert worden sind.

Zeitgang der Mengen des NoHy im Boden-Hydrolysat für alle unbepflanzten Varianten

Der Zeitgang der Mengen des NoHy im Boden für alle unbewachsenen Varianten ist in den Abbildungen (14) und (15) dargestellt, die Daten der NoHy-Mengen sind in der Tabelle (18) aufgeführt.

Allgemein ist auch bei diesen Varianten eine starke Abnahme der NoHy-Mengen während der ersten Vegetationsperiode 1974/1975 zu beobachten.

Im Vergleich zu den bewachsenen Varianten sind die absoluten Schwankungen der NoHy-Mengen von Probenahme- zu Probenahme-Termin viel größer. Besonders auffallend ist die deutliche Abnahme der NoHy-Mengen am 4.5.1976.

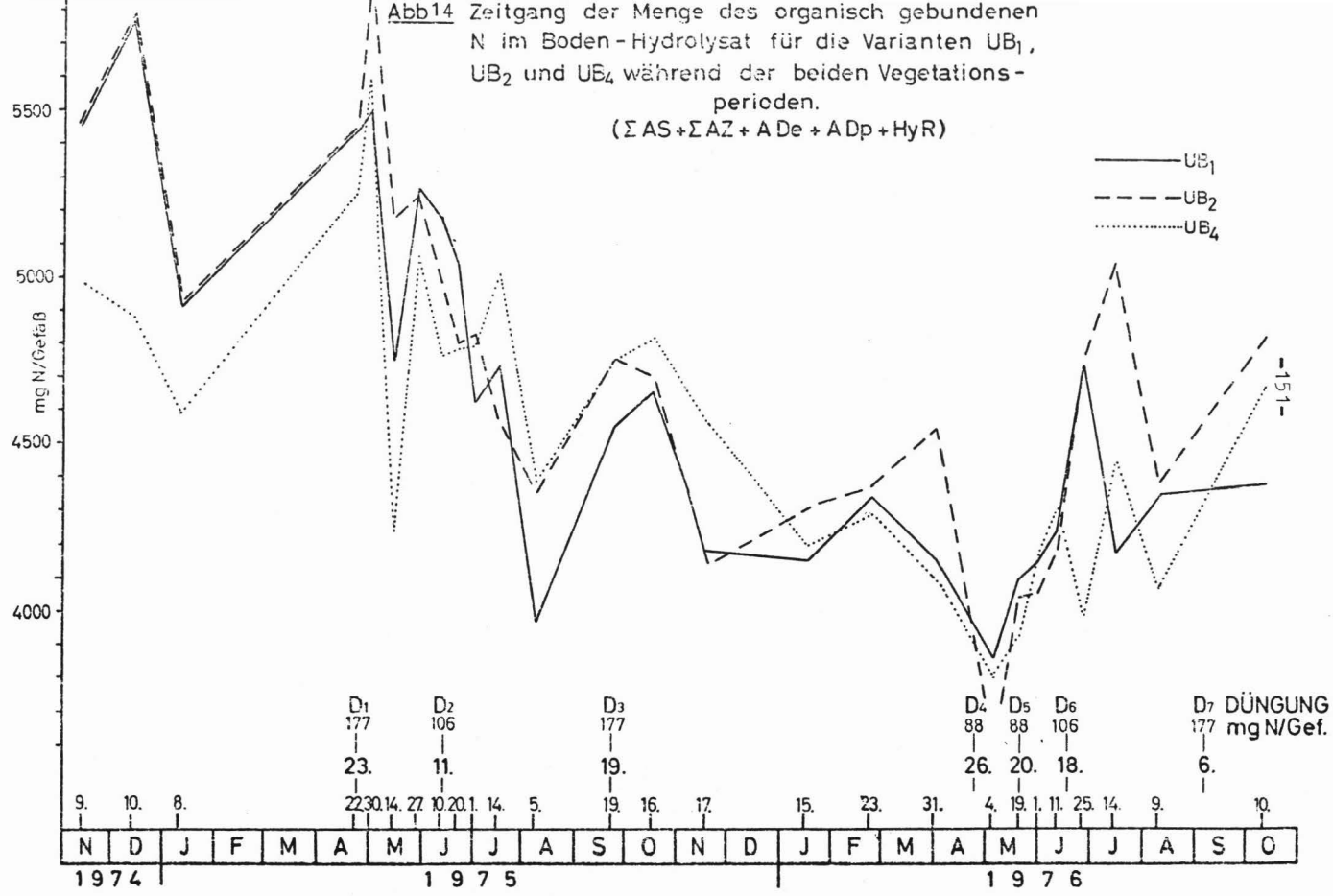
Diese starke Abnahme der NoHy-Mengen im Boden-Hydrolysat ist nicht von einer Abnahme der Gesamt N-Mengen auf den

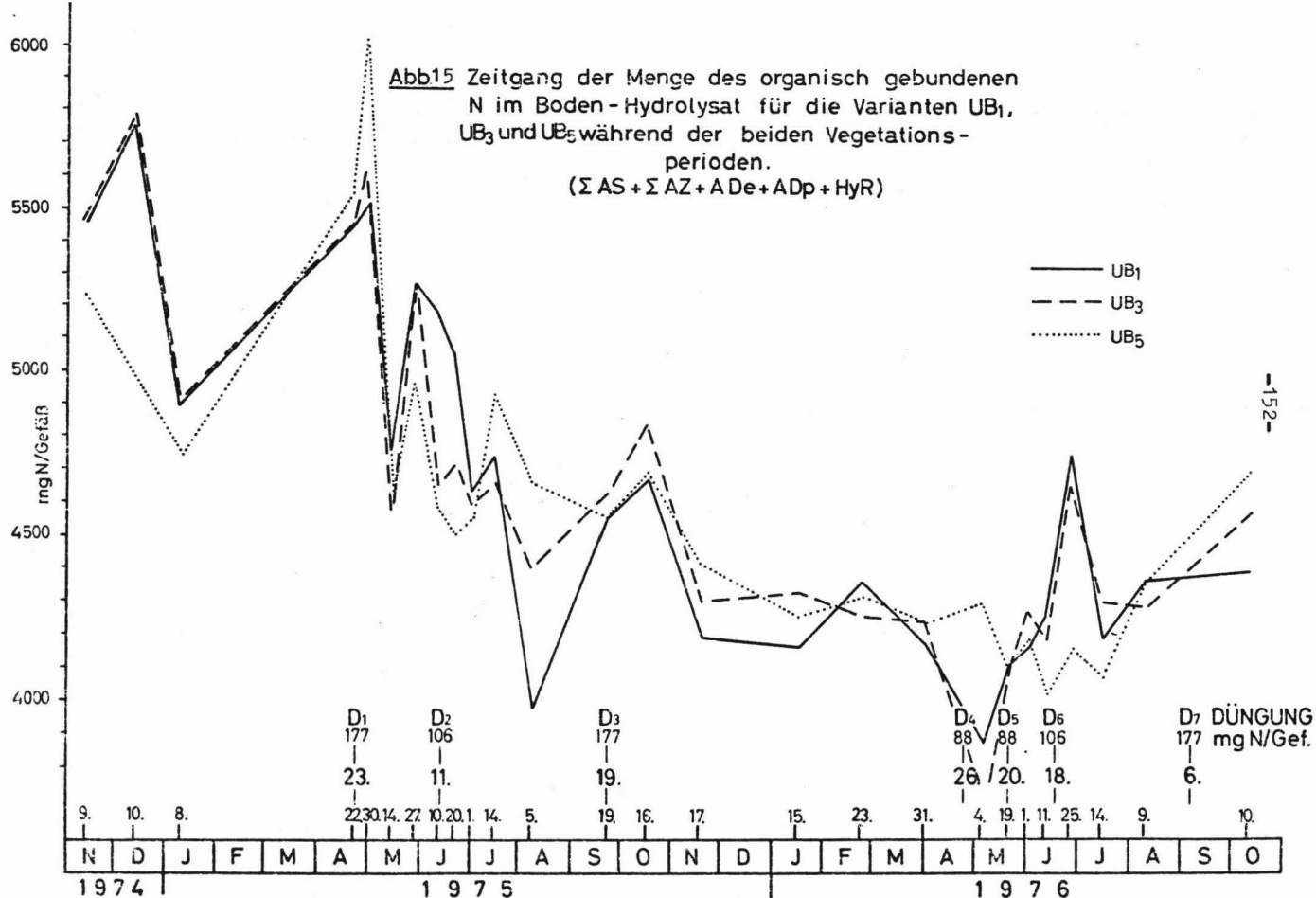
Tabelle 18: Organisch gebundener N im Boden-Hydrolysat für alle unbewachsenen Varianten während der beiden Vegetationsperioden

(Angaben in mg N / Gefäß)

Probenahme-Termin	Varianten				
	UB ₁	UB ₂	UB ₄	UB ₃	UB ₅
9.11.1974	5460,0	5460,0	4985,5	5460,0	5232,5
10.12.	5772,0	5772,0	4868,5	5772,0	4979,0
8. 1.1975	4907,5	4907,5	4589,0	4907,5	4738,5
22. 4.	5434,0	5434,0	5252,0	5434,0	5544,5
30. 4.	5499,0	5895,5	5593,3	5625,3	6022,3
14. 5.	4751,5	5183,8	4241,3	4582,5	4611,8
27. 5.	5265,0	5242,3	5063,5	5248,8	4962,8
10. 6.	5174,0	4771,0	4793,8	4647,5	4579,3
20. 6.	5037,5	4197,0	4797,0	4715,8	4501,3
1. 7.	4621,5	4826,2	4732,0	4592,3	4550,0
14. 7.	4732,0	4572,8	5008,3	4654,0	4923,8
5. 8.	3971,5	4351,7	4374,5	4397,3	4657,3
19. 9.	4543,5	4748,3	4751,5	4624,8	4543,5
16.10.	4660,5	4705,9	4816,3	4833,9	4680,2
17.11.	4181,7	4140,6	4554,4	4290,0	4402,6
15. 1.1976	4153,8	4309,7	4197,0	4318,3	4248,9
23. 2.	4350,9	4365,9	4292,2	4244,6	4305,3
31. 3.	4162,2	4539,8	4099,4	4225,1	4218,5
4. 5.	3861,0	3206,7	3807,1	3516,8	4287,1
19. 5.	4092,9	4043,1	3928,4	4101,6	4097,2
1. 6.	4151,4	4060,2	4185,9	4261,8	4164,3
11. 6.	4246,8	4186,1	4311,6	4177,3	4008,7
25. 6.	4732,0	4749,7	3985,1	4641,3	4145,2
14. 7.	4175,5	5042,1	4450,7	4285,8	4058,4
9. 8.	4352,9	4381,2	4069,2	4272,9	4337,8
10.10.	4379,1	4821,3	4671,4	4545,6	4671,3

Abb 14 Zeitgang der Menge des organisch gebundenen N im Boden-Hydrolysat für die Varianten UB₁, UB₂ und UB₄ während der beiden Vegetationsperioden.
($\Sigma AS + \Sigma AZ + ADe + ADp + HyR$)





Gefäßen begleitet. Ferner bleibt festzuhalten, daß die Gesamt-NoHy-Mengen auf den bewachsenen Varianten (siehe Abbildungen 27 u. 28) während der zweiten Vegetationsperiode um ca. 400 - 500 mg / Gefäß höher liegen als auf den unbewachsenen Varianten (siehe Abbildungen 14 u. 15).

Die Ergebnisse der statistischen Verrechnung der NoHy-Gehalte und der NoHy-Mengen im Boden-Hydrolysat für beide Vegetationsperioden sind in der Tabelle (19) zusammengestellt.

Wirkung auf Ober- und Unterboden

Im ersten Vegetationsjahr sind auf allen Varianten keine signifikanten Unterschiede zwischen Ober - und Unterschicht festzustellen. Im zweiten Vegetationsjahr dagegen sind auf allen Varianten außer auf der UB₃-Variante die NoHy-Gehalte in der Oberschicht signifikant bis hoch signifikant größer als in der vergleichbaren Unterschicht.

Vergleicht man die NoHy-Gehalte im Oberboden der zur Zwischenfrucht mit Stickstoff gedüngten Varianten B₅ und B₄ mit den vergleichbaren ungedüngten Varianten B₃ und B₂, dann weist allein die B₅-Variante einen hoch signifikant höheren NoHy-Gehalt auf als die B₃-Variante.

Wirkung der Düngung allgemein

Die Stickstoff-Düngung hat sich im ersten Vegetationsjahr auf die NoHy-Gehalte und auf die NoHy-Mengen (siehe Tabelle 19) pro Gefäß nur auf der B₄-Variante signifikant positiv ausgewirkt.

Im zweiten Vegetationsjahr 1975/1976 verstärkt sich die Wirkung der Düngung in der Weise, daß die NoHy-Gehalte und NoHy-Mengen in den bewachsenen Varianten B₂, B₄ und B₅ signifikant bis hoch signifikant größer sind als in der Kontrollvariante B₁. Auch die beiden vergleichbaren Varianten

B₅ und B₃ unterschieden sich im NoHy-Gehalt hoch signifikant voneinander.

Vergleich bepflanzte - unbepflanzte

Im ersten Versuchsjahr 1974/1975 sind die NoHy-Gehalte auf den bewachsenen Varianten größer als auf den unbewachsenen Varianten.

Die Tendenz verstärkt sich in der zweiten Vegetationsperiode 1975/1976, so daß die NoHy-Gehalte auf allen bewachsenen Varianten im Vergleich zu den unbewachsenen Varianten hoch signifikant höher liegen.

Vergleich der Vegetationsjahre

Beim Vergleich der beiden Vegetationsperioden hinsichtlich der NoHy-Mengen ergibt sich sowohl beim Vergleich der bewachsenen als auch der unbewachsenen Varianten untereinander, daß die NoHy-Mengen im ersten Versuchsjahr 1974/1975 signifikant bis hoch signifikant höher sind als in der zweiten Vegetationsperiode 1975/1976.

Vergleicht man dagegen jeweils die NoHy-Mengen der bewachsenen und der unbewachsenen Varianten während derselben Vegetationsperiode miteinander, dann liegen die NoHy-Mengen auf den bewachsenen Varianten in der ersten Vegetationsperiode im allgemeinen höher und in der zweiten Vegetationsperiode auf den Varianten B₂, B₄ und B₅ signifikant höher als auf den unbewachsenen Varianten (siehe Tabelle 19).

Tab. 19: Daten der statistischen Verrechnung für die No Hy-Gehalte und für die No Hy-Mengen im Boden-Hydrolysat für beide Vegetationsperioden

No Hy-Gehalte 1974/75 (Angaben in $\mu\text{g N/1 g Boden}$)

B ₁		B ₂		B ₃		B ₄		B ₅		UB ₁		UB ₂		UB ₃		UB ₄		UB ₅		GD %	
O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	5%	1%
771	771	785	768	793	787	808	794	785	791	766	764	762	772	762	756	745	743	757	746	34,8	45,8
771,0		776,5		790,0		801,0*		788,0		765,0		767,0		759,0		744,0		751,5		24,6	32,4

No Hy-Gehalte 1975/76 (Angaben in $\mu\text{g N/1 g Boden}$)

738**	667	813*	699	766*	679	828*	686	829*	688	680*	641	697*	646	679	644	679*	636	678*	641	36,9	48,6
702,5		756**		722,5		757**		758,5**		660,5		671,5		661,5		657,5		659,5		26,1	34,4

No Hy-Mengen 1974/75 und 1975/76 (Angaben in mg N/Gefäß)

1974 / 1975					1975 / 1976					1974 / 1975					1975 / 1976					GD %	
B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	UB ₁	UB ₂	UB ₃	UB ₄	UB ₅	UB ₁	UB ₂	UB ₃	UB ₄	UB ₅	5%	1%
5014	5048	5133	5278*	5120	4488	4789*	4602	4766*	4780*	4976	4988	4934	4836	4885	4250	4311	4264	4225	4264	264	351

* signifikanter Unterschied bei der GD von 5 %

** signifikanter Unterschied bei der GD von 1 %

O = Oberschicht

U = Unterschicht

Nachdem wir im Abschnitt 3.1.4.1. den organisch gebundenen, nicht hydrolysierbaren Stickstoff insgesamt (nHy) und in Abschnitt 3.1.4.2. den organisch gebundenen hydrolysierbaren Stickstoff (NoHy) als Einzel-Fractionen hinsichtlich des Zeitganges der Mengen für die verschiedenen Varianten besprochen haben, interessiert nunmehr insbesondere die Frage, in welchem Umfange die einzelnen Stickstoff-Fractionen im Hydrolysat, in denen der Stickstoff in organischer Bindung vorliegt, an den Mengen - Veränderungen der NoHy-Fraktion beteiligt sind. Im folgenden soll zunächst nur die statistische Verrechnung für die einzelnen analytisch sehr genau erfaßten Stickstoff-Fractionen im Hydrolysat vorgestellt werden.

3.1.4.2.1. Zeitgang der Mengen des Aminosäure-Stickstoffs insgesamt (Σ AS) im Boden-Hydrolysat während der beiden Vegetationsperioden

Der größte Anteil des insgesamt hydrolysierbaren organisch gebundenen N liegt als Aminosäure-N vor.

In der Tabelle (20) sind die verrechneten Daten des Aminosäure-N insgesamt (Σ AS) für alle Varianten während der beiden Vegetationsperioden aufgeführt.

Die Σ AS-Mengen für die einzelnen Probenahme-Termine der bewachsenen und unbewachsenen Varianten sind in den Tabellen (21) und (22) angegeben.

Vergleich: Ober - und Unterboden

Während der Vegetationsperiode 1974/1975 haben sich keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Σ AS-Gehalte zwischen Ober- und Unterboden herausgebildet.

In der zweiten Vegetationsperiode dagegen ist in allen Oberböden der bepflanzten Varianten der Σ AS-Gehalt hoch signifikant höher als im Unterboden. Auf den unbepflanzten Vari-

Tabelle 20: Daten der statistischen Verrechnung für die Σ AS-Gehalte und die Σ AS-Mengen im Boden-Hydrolysat für beide Vegetationsperioden

Σ AS-Gehalte 1974/1975 (Angaben in $\mu\text{g N} / 1 \text{ g Boden}$)

ZAS-Geniale 1974/1975 (Angaben in kg N/1 g Boden)																						
B ₁		B ₂		B ₃		B ₄		B ₅		UB ₁		UB ₂		UB ₃		UB ₄		UB ₅		GD %		
O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	5%	1%	
361	361	373	355	366	352	358	356	372	362	353	353	364	348	357	346	363	352	367	360	22,6	29,7	
361,0		364,0		359		357		367		353		356		351,5		357,5		363,5		16,0		21,0

Σ AS-Gehalte 1975/1976 (Angaben in $\mu\text{g N} / 1 \text{ g Boden}$)

355	307	378	312	361	306	378	319	402	320	294	285	300	291	289	286	294	287	311	293	20,2	26,2
331		345		333,5		348,5		361*		339,5		295,5		287,5		290,5		302,0		14,3 18,8	

Σ AS-Mengen 1974/1975 und 1975/1976 (Angaben in mg N/Gefäß)

1974 / 1975					1975 / 1976					1974 / 1975					1975 / 1976					GD %	
B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	UB ₁	UB ₂	UB ₃	UB ₄	UB ₅	UB ₁	UB ₂	UB ₃	UB ₄	UB ₅	5%	1%
2347	2364	2304	2346	2385	2099	2171	2109	2203	2256	2293	2315	2285	2325	2361	1853	1910	1884	1878	1942	145	191

* signifikanter Unterschied bei der GD von 5 %
 ** signifikanter Unterschied bei der GD von 1 %

O = Oberschicht
 U = Unterschicht

Tabelle 21: Menge des Σ AS-Stickstoffs im Boden-Hydrolysat für alle bewachsenen Varianten während der beiden Vegetationsperioden

(Angaben in mg N / Gefäß)

Probenahme-Termin	Varianten				
	B ₁	B ₂	B ₄	B ₃	B ₅
9.11.1974	2723,5	2723,5	3204,5	2723,5	3432,0
10.12.	2665,0	2665,0	2840,5	2665,0	2866,5
8. 1.1975	2320,5	2320,5	2340,0	2320,5	2541,5
22. 4.	2541,5	2541,5	2047,5	2541,5	2567,5
30. 4.	2418,0	2430,3	2453,8	1989,0	2323,8
14. 5.	2307,5	2268,5	2229,5	2141,8	2317,3
27. 5.	2528,5	2437,5	2535,0	2463,5	2580,5
10. 6.	2359,5	2197,0	2528,5	2522,0	2544,8
20. 6.	2398,5	2291,3	2405,0	2278,3	2385,5
1. 7.	2301,0	2340,0	2197,0	2307,5	2151,5
14. 7.	2015,0	2353,0	2252,3	2138,5	2304,3
5. 8.	2138,5	2122,3	2093,0	2050,8	1959,8
19. 9.	2164,5	2398,5	2232,8	2229,5	2073,5
16.10.	2177,5	2210,2	2127,7	2188,3	2257,8
17.11.	2136,3	2054,1	2277,3	2037,0	2145,1
15. 1.1976	2032,3	2032,4	2067,2	2058,4	2041,2
23. 2.	2147,4	2259,9	2273,1	2364,0	2253,5
31. 3.	2233,9	2166,8	2199,5	2134,4	2199,3
4. 5.	2134,2	2216,5	1937,0	1945,7	2223,0
19. 5.	2121,2	2060,5	2340,0	2106,0	2292,3
1. 6.	1902,3	1960,8	1991,2	1872,0	2288,0
11. 6.	2056,2	2327,0	2103,8	2062,7	2147,2
25. 6.	1958,7	2138,5	2212,2	2171,0	2324,8
14. 7.	2119,0	2294,5	2329,2	2140,7	2383,3
9. 8.	2173,2	2344,3	2576,2	2233,8	2511,2
10.10.	2171,1	2119,1	2041,2	2045,3	2227,7

Tabelle 22 : Menge des Σ AS-Stickstoffs im Boden-Hydrolysat für alle unbewachsenen Varianten während der beiden Vegetationsperioden

(Angaben in mg N / Gefäß)

Probenahme-Termin	Varianten				
	UB ₁	UB ₂	UB ₄	UB ₃	UB ₅
9.11.1974	3009,5	3009,5	2795,0	3009,5	2678,0
10.12.	2827,5	2827,5	2723,5	2827,5	2944,5
8. 1.1975	2704,0	2704,0	3029,0	2704,0	3334,5
22. 4.	2190,5	2190,5	2541,5	2190,5	2574,0
30. 4.	2424,5	2431,0	2242,5	2502,5	2421,3
14. 5.	2177,5	2028,0	1852,5	2197,0	2096,3
27. 5.	2502,5	2323,8	2424,5	2349,8	2236,0
10. 6.	2125,5	2349,8	2366,0	2158,0	2093,0
20. 6.	2288,0	2359,5	2385,5	2314,0	2297,7
1. 7.	2099,5	2278,3	2128,7	1998,8	2102,7
14. 7.	2145,0	2037,8	2089,7	2141,8	1985,7
5. 8.	1995,5	2109,3	2164,5	1998,8	2226,3
19. 9.	2034,5	2138,5	1953,3	2031,3	2015,0
16.10.	1950,0	2145,0	2088,4	1930,6	2166,7
17.11.	1796,2	1878,5	1976,0	1804,8	1973,9
15. 1.1976	1672,6	1679,2	1848,3	1902,4	1956,6
23. 2.	1950,1	1999,9	1939,3	1915,4	1891,5
31. 3.	1976,1	1982,4	1867,7	1930,5	2017,3
4. 5.	1607,9	1642,3	1874,1	1687,9	1941,4
19. 5.	1817,9	1952,3	1720,3	1826,5	1761,5
1. 6.	1781,0	1902,3	1809,2	1791,8	2025,9
11. 6.	1928,3	1850,4	1841,7	1926,2	1826,6
25. 6.	1941,5	1969,6	1802,7	1956,6	1798,4
14. 7.	1926,3	2056,2	2093,1	2008,5	2069,3
9. 8.	1893,7	1861,3	1677,1	1921,9	1876,4
10.10.	1954,3	1586,0	1739,9	1709,5	1742,0

anten haben sich wiederum keine signifikanten Unterschiede zwischen Ober - und Unterboden ergeben.

Zwischen den Varianten B_5 und B_3 besteht im Oberboden ein hoch signifikanter Unterschied im ΣAS -Gehalt zugunsten der Variante B_5 .

Wirkung der Dünger-Form:

Die Stickstoff-Düngung zur Zwischenfrucht Raps wirkte sich erst im zweiten Vegetationsjahr auf den Varianten B_4 und B_5 im ΣAS -Gehalt in der Weise positiv aus, daß auf den Varianten B_4 und B_5 der ΣAS -Gehalt pro Gefäß signifikant bis hoch signifikant höher lag als auf der Kontrollvariante (B_1). Außerdem sind der ΣAS -Gehalt pro Gefäß wie auch die ΣAS -Mengen pro Gefäß signifikant höher als auf der B_3 -Variante. Was den Vergleich der ΣAS -Mengen zwischen den beiden Vegetationsperioden angeht, so verhalten sich die ΣAS -Mengen ähnlich wie die NoHy-Mengen (siehe Abschnitt 3.1.4.2.).

Die berechneten Korrelationskoeffizienten zwischen den NoHy-Mengen und den ΣAS -Mengen (siehe Tab. 23) haben ergeben, daß diese Beziehung bis auf die Ausnahme der Variante UB_1 im Jahre 1974/1975 positiv ist und auf den bewachsenen Varianten im Vegetationsjahr 1974/1975 für B_1 , B_2 , und B_5 und im Vegetationsjahr 1975/1976 für die B_2 - und B_3 -Varianten sich als signifikant herausgestellt hat. Auf den unbepflanzten Varianten war eine gesicherte Beziehung nur auf der B_3 -Variante im Versuchsjahr 1974/1975 und auf den B_1 - und B_3 -Varianten im Versuchsjahr 1975/1976 gegeben. Damit haben sich in diesen Versuchen die von FLEIGE und BAEUMER(1974) mitgeteilten Ergebnisse bestätigt, daß eine minimale Bodenbearbeitung in relativ kurzer Zeit eine Anreicherung von organisch gebundenem Stickstoff insbesondere von Amino-Stickstoff im Oberboden bewirkt.

Tabelle 23: Korrelationskoeffizienten (r) zwischen den Σ AS-Mengen und den NoHy-Mengen im Boden-Hydrolysat

Versuchs- jahr Varianten	1974/75	1975/76	Versuchs- jahr Varianten	1974/75	1975/76
B ₁	0,68 ^{**}	0,530	UB ₁	-0,045	0,70 ^{**}
B ₂	0,63 [*]	0,59 ⁰	UB ₂	0,472	0,427
B ₃	0,276	0,60 ⁴	UB ₃	0,73 [*]	0,444
B ₄	0,335	0,534	UB ₄	0,217	0,54 [*]
B ₅	0,56 [*]	0,423	UB ₅	0,280	0,161

* signifikanter Unterschied bei der GD von 5%

** signifikanter Unterschied bei der GD von 1%

3.1.4.2.2. Veränderung der Gehalte des echten Amid-Stickstoffs (Ade) und der Ade-Mengen im Boden-Hydrolysat während der beiden Vegetationsperioden

Die Ade-Mengen und deren Veränderung in Abhängigkeit von der Zeit sind für die bewachsenen und unbewachsenen Varianten in den Tabellen (24) und (25) aufgeführt. Daraus geht hervor, daß die N-Mengen dieser Fraktion nur einen Bruchteil der Σ AS-Fraktion oder der NoHy-Fraktion ausmachen. Aus diesem Grunde soll auf die bildliche Darstellung in Form eines Zeitganges der Mengen verzichtet werden. Hier soll lediglich die statistische Verechnung der Ade-Gehalte und der Ade-Mengen in Abhängigkeit von den Versuchsfragen erörtert werden. Die Angaben dazu findet man in der Tabelle (26).

Beim Vergleich der Daten in den Tabellen (26) und (20) sieht man, daß bei der Verrechnung der Ade-Gehalte und der Ade-Mengen sich nahezu die gleichen Unterschiede für die einzelnen Versuchsfragen ergeben wie bei der Verrechnung der Werte für die Σ AS-Gehalte und der Σ AS-Mengen. Diese enge Beziehung hätte sich zwangsläufig ergeben müssen, wenn man nur die Σ AS-Gehalte und die Σ AS-Mengen der beiden Aminosäuren Asparaginsäure und Glutaminsäure für diesen Vergleich herangezogen hätte.

Dieser Zusammenhang besteht, weil bekanntlich nach Analysenvorschrift (siehe experimenteller Teil, Seite 93) der echteAmid-Stickstoff direkt aus den Gehalten an Asparaginsäure und Glutaminsäure im Hydrolysat berechnet wird (ALDAG, 1974).

Aus der Tabelle (44) geht nun aber hervor, daß in den meisten Fällen eine enge Beziehung zwischen dem echten Amid-Stickstoff (Ade) und dem Aminosäure-Stickstoff insgesamt besteht. Daraus ist zu folgern, daß offensichtlich die Mengen-Veränderung der beiden Aminosäuren Asparaginsäure und Glutaminsäure mit der Mengen-Veränderung aller proteino-

Tabelle 24: Mengen des echten Amid-Stickstoffs (Ade) im Boden-Hydrolysat für alle bewachsenen Varianten während der beiden Vegetationsperioden

(Angaben in mg N / Gefäß)

Probenahme-Termin	Varianten				
	B ₁	B ₂	B ₄	B ₃	B ₅
9.11.1974	221,0	221,0	253,5	221,0	227,5
10.12.	234,0	234,0	227,5	234,0	214,5
8. 1.1975	195,0	195,0	188,5	195,0	162,5
22. 4.	214,5	214,5	208,0	214,5	195,0
30. 4.	221,0	204,8	217,8	208,0	214,5
14. 5.	195,0	208,0	201,5	191,8	208,0
27. 5.	240,5	237,3	253,5	230,8	234,0
10. 6.	240,5	217,8	237,3	237,3	230,8
20. 6.	240,5	227,5	240,5	227,5	240,8
1. 7.	227,5	230,8	204,8	214,5	204,8
14. 7.	175,5	224,3	217,8	211,3	224,3
5. 8.	201,5	292,5	208,0	237,3	178,8
19. 9.	221,0	224,3	211,3	214,5	208,0
16.10.	208,0	201,5	197,2	197,2	210,2
17.11.	208,0	203,7	231,0	192,9	216,7
15. 1.1976	212,3	210,2	214,5	208,0	208,0
23. 2.	210,2	229,7	231,0	249,2	231,8
31. 3.	214,5	214,5	216,7	212,4	221,0
4. 5.	223,2	229,7	197,2	199,3	221,0
19. 5.	214,5	210,2	231,8	210,2	223,2
1. 6.	192,8	197,2	208,0	188,5	221,0
11. 6.	218,3	234,0	229,7	229,7	227,5
25. 6.	195,0	216,7	227,5	216,7	234,0
14. 7.	221,0	238,3	251,3	227,5	247,0
9. 8.	216,7	253,5	262,2	247,0	247,0
10.10.	218,9	208,0	221,0	201,5	216,7

Tabelle 25: Mengen des echten Amid-Stickstoffs (ADe) im Boden-Hydrolysat für alle unbewachsenen Varianten während der beiden Vegetationsperioden

(Angaben in mg N / Gefäß)

Probenahme-Termin	Varianten				
	UB ₁	UB ₂	UB ₄	UB ₃	UB ₅
9.11.1974	240,5	240,5	214,5	240,5	208,5
10.12.	227,5	227,5	208,0	227,5	240,5
8. 1.1975	260,0	260,0	234,0	260,0	260,0
22. 4.	195,0	195,0	234,0	195,0	201,5
30. 4.	201,5	214,5	208,0	191,8	208,5
14. 5.	188,5	191,8	246,3	188,5	172,3
27. 5.	221,0	214,5	227,5	230,8	221,0
10. 6.	208,0	227,5	214,5	211,3	198,3
20. 6.	221,0	227,3	224,3	224,3	221,0
1. 7.	188,5	217,8	195,0	185,3	198,3
14. 7.	221,0	198,3	117,0	211,3	201,5
5. 8.	208,0	201,5	195,0	188,5	214,5
19. 9.	201,5	201,5	191,8	191,8	195,0
16.10.	182,0	214,5	201,5	166,3	210,2
17.11.	179,8	190,7	205,8	190,7	199,3
15. 1.1976	171,2	182,0	188,5	197,1	205,8
23. 2.	195,0	208,0	197,2	192,8	188,5
31. 3.	199,3	203,7	192,8	192,8	210,2
4. 5.	164,7	169,0	197,2	164,7	199,3
19. 5.	184,2	201,5	171,2	187,3	179,8
1. 6.	184,2	199,3	186,3	188,5	218,9
11. 6.	197,2	188,5	188,5	197,2	184,2
25. 6.	210,2	212,3	190,7	212,4	181,2
14. 7.	199,3	205,8	227,5	203,7	227,5
9. 8.	195,0	188,5	166,8	184,2	177,7
10.10.	218,9	179,8	199,3	184,2	182,6

Tab. 26: Daten der statistischen Verrechnung der ADe-Gehalte und der ADe-Mengen im Boden-Hydrolysat für beide Vegetationsperioden

ADe-Gehalte 1974/75 (Angaben in $\mu\text{g N/1 g Boden}$)

B ₁		B ₂		B ₃		B ₄		B ₅		UB ₁		UB ₂		UB ₃		UB ₄		UB ₅		GD %	
0	U	0	U	0	U	0	U	0	U	0	U	0	U	0	U	0	U	0	U	5%	1%
33,4	33,4	35,8	33,7	34,5	32,5	34,4	32,7	32,4	32,1	32,6	32,6	33,9	32,1	32,3	31,9	32,0	31,7	32,3	32,7	2,48	3,27
33,4		34,75		33,50		33,55		32,25		32,60		33,00		32,10		31,85		32,5		1,76	2,31

ADe-Gehalte 1975/76 (Angaben in $\mu\text{g N/ 1 g Boden}$)

36,**	30,8	37,*	32,0	37,**	30,8	39,**	32,3	39,**	32,3	30,2	28,4	31,3	29,8	30,7	28,8	30,5	29,3	32,1	29,8	2,30	3,02
33,4		34,75		34,20		35,8**		36,0**		29,30		30,55		29,75		29,90		30,95*		1,62	2,14

ADe-Mengen 1974/75 und 1975/76 (Angaben in mg N/Gefäß)

1974 / 1975					1975 / 1976					1974 / 1975					1975 / 1976					GD %	
B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	UB ₁	UB ₂	UB ₃	UB ₄	UB ₅	UB ₁	UB ₂	UB ₃	UB ₄	UB ₅	5%	1%
217	226	218	218	201	211	220	215	225	226	212	215	209	120	211	189	197	189	193	200	15,8	20,8

* signifikanter Unterschied bei der GD von 5 %
 ** signifikanter Unterschied bei der GD von 1 %

0 = Oberschicht
 U = Unterschicht

genen Aminosäuren im Boden parallel verläuft.

Tabelle 27: Korrelationskoeffizienten (r) zwischen Σ AS-Mengen und ADe-Mengen im Boden-Hydrolysat für beide Vegetationsperioden

Versuchs- jahr Varianten	1974/75	1975/76	Versuchs- jahr Varianten	1974/75	1975/76
B ₁	0,58*	0,685**	UB ₁	0,739**	0,830**
B ₂	0,239	0,859**	UB ₂	0,834**	0,927**
B ₃	0,377	0,771**	UB ₃	0,751**	0,571*
B ₄	0,704**	0,146	UB ₄	0,673*	0,832**
B ₅	0,308	0,797**	UB ₅	0,810**	0,865**

* signifikant bei der GD von 5 %

** signifikant bei der GD von 1 %

Die relativ schwache Beziehung (negativ) auf der Variante B₂ im Versuchsjahr 1974/1975 und auf der Variante B₄ im Versuchsjahr 1975/1976 könnte mit dem besonders starken pflanzlichen N-Entzug auf diesen Varianten (Siehe Mittlg.I, Tab. 9) erklärt werden.

3.1.4.2.3. Veränderung der Gehalte des Pseudo-Amid-Stickstoffs (ADp) und der ADp-Mengen im Boden-Hydrolysat während der beiden Vegetationsperioden

Zur Charakterisierung des ADp-Stickstoffs sei noch einmal daran erinnert, daß diese Stickstoff-Fraktion durch Differenz-Rechnung ermittelt wird und somit Amid-N enthält, derwie es der Name auch ausdrückt- nicht einer bestimmten Stoffgruppe bezüglich seiner Herkunft zugeordnet werden (ALDAG, 1974) kann.

Nach neueren Untersuchungen (ALDAG, 1977) ist davon auszugehen, daß der ADp-Stickstoff im Boden (also vor der hydrolytischen Behandlung) vorwiegend in "Phenolischen Aminosäure-Additionsprodukten" vorliegt.

Frühere Untersuchungen von HAIDER et al., (1965), und von PIPER u. POSNER (1972) stützen diese Befunde.

Mit ziemlicher Sicherheit ist davon auszugehen, daß der ADp-Stickstoff durch die salzsaure Hydrolyse aus Stoffgruppen der organischen Substanz des Bodens freigesetzt wird, die mit der Amidgruppe des Asparagins oder Glutamins beispielsweise kaum etwas gemein haben. Andere Untersuchungen an Sauer-Braunerden des Göttinger Waldes und an kalkhaltigen Auenlehmen des oberen Medjerda-Tales in Tunesien in unserem Labor, die sich mit der Verteilung und Fraktionierung des fixierten Ammoniums (AM_f) und des nicht hydrolysierbaren, organisch gebundenen Stickstoffs befassen, haben gezeigt, daß sich der ADp-Stickstoff vorzugsweise aus der HyR-Fraktion rekrutiert, wenn der Gesamt-Boden vor dem Hydrolyse-Aufschluß einer Flußsäure-Behandlung unterzogen wird (ALDAG, 1977 persönliche Mitteilung).

Die ADp-Mengen und deren Veränderung in Abhängigkeit von der Zeit und für die bewachsenen und unbewachsenen Varianten sind in den Tabellen (28) und (29) aufgeführt. Die statistische Verrechnung der ADp-Gehalte und der ADp-Mengen ist in der

Tabelle 28 : Veränderung der Mengen des Pseudo Amid-N (ADp) im Boden-Hydrolysat für alle bewachsenen Varianten während der beiden Vegetationsperioden

(Angaben in mg N / Gefäß)

Probenahme-Termin	Varianten				
	B ₁	B ₂	B ₄	B ₃	B ₅
9.11.1974	695,5	695,5	585,0	695,5	526,5
10.12.	500,5	500,5	760,5	500,5	832,0
8. 1.1975	318,5	318,5	427,0	318,5	539,5
22. 4.	383,5	383,5	1118,0	383,5	624,0
30. 4.	65,0	149,5	468,0	292,5	568,8
14. 5.	689,0	503,8	419,3	484,3	325,0
27. 5.	663,0	607,8	802,8	672,8	689,0
10. 6.	481,0	399,8	1462,5	815,8	741,0
20. 6.	650,0	409,5	494,0	406,3	620,8
1. 7.	533,0	542,8	676,0	507,0	458,3
14. 7.	630,5	643,5	1033,5	682,5	819,0
5. 8.	812,5	494,0	617,5	643,5	474,5
19. 9.	487,5	581,8	416,0	399,8	429,0
16.10.	669,5	461,5	364,0	515,6	580,7
17.11.	423,5	493,9	340,3	405,1	385,7
15. 1.1976	338,0	331,6	335,9	455,0	266,5
23. 2.	344,6	385,7	459,4	602,2	342,3
31. 3.	684,8	375,0	390,0	613,0	439,8
4. 5.	498,3	541,7	576,3	314,2	877,5
19. 5.	385,7	431,2	459,3	509,2	515,7
1. 6.	177,7	156,0	845,0	117,0	654,3
11. 6.	355,3	498,3	446,3	361,8	543,8
25. 6.	465,8	407,3	424,7	327,2	634,8
14. 7.	346,7	398,7	552,5	292,5	515,7
9. 8.	351,0	502,7	433,3	331,5	578,5
10.10.	686,8	227,4	223,2	320,6	119,2

Tabelle 29: Veränderung der Mengen des Pseudo Amid-N (ADp) im Boden - Hydrolysat für alle unbewachsenen Varianten während der beiden Vegetationsperioden

(Angaben in mg N / Gefäß)

Probenahme-Termin	Varianten				
	UB ₁	UB ₂	UB ₄	UB ₃	UB ₅
9.11.1974	721,5	721,5	676,0	721,5	708,5
10.12.	780,0	780,0	520,0	780,6	695,5
8. 1.1975	513,5	513,5	344,0	513,5	468,0
22. 4.	84,5	84,5	201,5	84,5	130,0
30. 4.	461,5	503,8	389,8	627,3	331,5
14. 5.	572,0	208,0	146,3	315,3	373,7
27. 5.	884,0	757,3	432,3	705,3	685,7
10. 6.	481,0	685,8	630,0	546,0	487,5
20. 6.	507,0	568,8	432,3	435,5	536,3
1. 7.	871,0	555,8	731,3	490,8	646,7
14. 7.	682,5	637,0	741,0	656,5	689,0
5. 8.	286,0	760,5	588,3	549,3	494,0
19. 9.	383,5	591,5	676,0	620,8	737,7
16.10.	448,5	858,0	944,5	747,6	710,8
17.11.	322,9	379,2	552,5	418,1	474,5
15. 1.1976	255,7	598,3	366,2	450,7	464,9
23. 2.	225,7	310,0	609,0	353,2	322,9
31. 3.	329,2	342,3	413,8	422,4	409,4
4. 5.	552,5	385,7	396,4	418,4	502,7
19. 5.	333,7	322,9	355,3	379,3	455,1
1. 6.	348,8	357,4	357,4	333,5	283,7
11. 6.	630,4	452,8	418,1	455,0	513,5
25. 6.	604,5	619,7	463,5	411,7	407,5
14. 7.	390,0	787,5	472,4	413,9	498,0
9. 8.	221,0	127,9	138,7	270,8	208,0
10.10.	281,5	17,3	67,2	164,6	84,5

Tab. 30: Daten der statistischen Verrechnung für die AD_p -Gehalte und die AD_p -Mengen im Boden-Hydrolysat für beide Vegetationsperioden

AD_p -Gehalte 1974/75 (Angaben in $\mu g N / 1 g$ Boden)

B ₁		B ₂		B ₃		B ₄		B ₅		UB ₁		UB ₂		UB ₃		UB ₄		UB ₅		GD %		
O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	
79,7	79,7	75,8	66,1	73,4	83,2	110	109	88,5	94,1	83,4	83,4	90,8	79,6	85,8	76,3	78,6	71,3	80,3	80,7	23,7	31,2	
79,7		70,95		78,3		109,25**		91,3		83,4		85,2		81,05		74,95		80,5		16,7		22,0

AD_p -Gehalte 1975/76 (Angaben in $\mu g N / 1 g$ Boden)

74,0	59,4	72,7	59,5	57,8	64,3	69,1	73,7	82,2	80,8	61,2	59,7	79,6	66,8	68,0	63,6	72,3	71,3	73,7	66,1	20,1	26,5	
66,70		66,10		61,05		71,40		81,5		60,45		73,20		65,80		71,80		69,9		14,2		18,7

AD_p -Mengen 1974/75 und 1975/76 (Angaben in $mg N / Gefäß$)

1974 / 1975					1975 / 1976					1974 / 1975					1975 / 1976					GD %	
B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	UB_1	UB_2	UB_3	UB_4	UB_5	UB_1	UB_2	UB_3	UB_4	UB_5	5%	1%
518	461	509	710	593	420	415	404	469	528	542	554	527	487	523	389	462	423	466	446	129	170

* signifikanter Unterschied bei der GD von 5 %

** signifikanter Unterschied bei der GD von 1 %

O = Oberschicht

U = Unterschicht

Tabelle (30) angegeben.

Allgemein ist dazu festzustellen, daß in Abhängigkeit von den Versuchs-Varianten nur in wenigen Fällen statistisch gesicherte Unterschiede ermittelt werden konnten.

In diesem Zusammenhang sollen nur diese gesicherten Unterschiede erwähnt werden.

Im ersten Versuchsjahr 1974/1975 waren der ADp-Gehalt und die ADp-Mengen pro Gefäß lediglich auf der B₄-Variante hoch signifikant größer als auf den B₁- und B₂-Varianten. Es sollte noch besonders darauf hingewiesen werden, daß sich im Versuchsjahr 1975/1976 im Gegensatz zu den ADe-Gehalten und den ADe-Mengen (siehe Tabelle 26) die ADp-Gehalte und die ADp-Mengen auf allen Varianten im Oberboden im Vergleich zum Unterboden nicht signifikant erhöht haben.

In der Tabelle (31) sind die Korrelationskoeffizienten (r) der Beziehung zwischen den ADp-Mengen und den Σ AS-Mengen im Boden-Hydrolysat angeführt. Daraus geht hervor, daß sich die ADp-Mengen offensichtlich in ihrer Beziehung zu den Σ AS-Mengen ganz anders verhalten als beispielsweise die ADe-Mengen (siehe auch Tabelle 27). Auf den Zeitgang der ADp-Mengen werden wir später (siehe Abschnitt 3.1.6.) noch zu sprechen kommen.

Tabelle 31: Korrelationskoeffizienten (r) zwischen den Σ AS-Mengen und den ADp-Mengen im Boden-Hydrolysat für beide Vegetationsperioden

Versuchs- jahr Varianten	1974/75	1975/76	Versuchs- jahr Varianten	1974/75	1975/76
B ₁	-0,134	0,65*	UB ₁	0,405	-0,022
B ₂	0,240	0,59*	UB ₂	0,280	0,56*
B ₃	0,327	0,64*	UB ₃	0,425	0,394
B ₄	-0,009	-0,185	UB ₄	-0,103	0,77*
B ₅	0,324	0,361	UB ₅	-0,149	0,59*

* signifikant bei der GD von 5 %

** signifikant bei der GD von 1 %

3.1.4.2.4. Veränderung der Aminosucker-N (Σ AZ) - Gehalte und Σ AZ-Mengen im Boden-Hydrolysat während der beiden Vegetationsperioden

Der Aminosucker-Stickstoff beträgt etwa 5-8% des N_t im Boden (ALDAG 1975), und die Mengen-Veränderung während der Vegetationsperiode unterliegt im allgemeinen nur einer geringeren Schwankung. Die Σ AZ-Mengen und deren Veränderung in Abhängigkeit von der Zeit für die bewachsenen und für die unbewachsenen Varianten sind in den Tabellen (32) und (33) angeführt. Die statistische Verrechnung der AZ-Gehalte und der AZ-Mengen im Boden-Hydrolysat ist für beide Vegetationsperioden in der Tabelle (34) enthalten.

Vergleich Σ AZ-Gehalte im Ober- und Unterboden

In der ersten Vegetationsperiode 1974/1975 bestehen auf allen Varianten sowohl für die Σ AZ-Gehalte zwischen Ober- und Unterboden wie auch für die Σ AZ-Gehalte pro Gefäß keine signifikanten Unterschiede. In der zweiten Vegetationsperiode 1975/1976 sind die Σ AZ-Gehalte im Oberboden auf allen bewachsenen Varianten mit Ausnahme der B_4 -Variante signifikant bis hoch signifikant größer als im Unterboden.

Vergleich der Σ AZ-Mengen zwischen der Vegetationsperioden

Die Σ AZ-Mengen sind auf allen Varianten im Versuchsjahr 1975/1976 hoch signifikant größer als auf den vergleichbaren Varianten des Versuchsjahres 1974/1975 (siehe Tab. 34).

Die vergleichbaren bewachsenen und unbewachsenen Varianten im gleichen Vegetationsjahr unterschieden sich sowohl 1974/1975 als auch 1975/1976 nicht voneinander. Die Berechnung der Korrelationskoeffizienten (r) für die Beziehung

Tabelle 32: Aminosucker-Mengen insgesamt (Σ AZ) im Boden-Hydrolysat für alle bewachsenen Varianten während der beiden Vegetationsperioden

(Angaben in mg N / Gefäß)

Probenahme-Termin	Varianten				
	B ₁	B ₂	B ₄	B ₃	B ₅
9.11.1974	221,0	221,0	214,5	221,0	396,5
10.12.	182,0	182,0	292,5	182,0	247,0
8. 1.1975	195,0	195,0	214,5	195,0	266,5
22. 4.	240,5	240,5	195,0	240,5	182,0
30. 4.	240,5	208,0	224,3	217,8	211,3
14. 5.	201,5	149,5	136,5	156,0	178,8
27. 5.	227,5	243,8	273,0	263,3	253,5
10. 6.	240,5	227,5	247,0	256,8	250,3
20. 6.	227,5	227,5	247,0	240,5	237,3
1. 7.	247,0	243,8	247,0	211,3	198,3
14. 7.	240,5	247,0	243,8	217,8	217,8
5. 8.	175,5	165,8	217,8	143,0	201,5
19. 9.	195,0	221,0	198,3	191,8	208,0
16.10.	195,0	210,2	184,2	192,8	205,9
17.11.	331,5	361,8	398,7	361,9	387,9
15. 1.1976	355,3	355,3	357,5	344,5	359,7
23. 2.	338,1	364,0	346,7	383,5	333,7
31. 3.	374,8	372,7	370,5	379,2	394,4
4. 5.	400,8	405,2	359,7	340,2	405,2
19. 5.	361,8	364,0	366,2	374,8	379,2
1. 6.	329,3	329,3	338,0	333,7	335,8
11. 6.	338,0	396,5	359,7	372,7	374,8
25. 6.	361,8	368,3	381,3	353,2	433,3
14. 7.	374,8	422,5	431,2	405,2	437,7
9. 8.	387,8	429,0	455,0	411,7	377,0
10.10.	281,7	351,0	331,5	325,0	338,1

Tabelle 33: Aminosucker-Mengen insgesamt (ΣAZ) im Boden-Hydrolysat für alle unbewachsenen Varianten während der beiden Vegetationsperioden

(Angaben in mg N / Gefäß)

Probenahme-Termin	Varianten				
	UB ₁	UB ₂	UB ₄	UB ₃	UB ₅
9.11.1974	299,0	299,0	377,0	299,0	312,0
10.12.	247,0	247,0	208,0	247,0	247,0
8. 1.1975	273,0	273,0	253,5	273,0	279,5
22. 4.	195,0	195,0	221,0	195,0	201,5
30. 4.	214,5	240,5	214,5	237,3	169,0
14. 5.	182,0	201,5	126,7	162,5	178,8
27. 5.	273,0	253,5	221,0	247,0	221,0
10. 6.	260,0	289,3	260,0	234,0	279,5
20. 6.	253,5	247,0	234,0	240,5	260,0
1. 7.	227,5	234,0	214,5	185,3	221,0
14. 7.	221,0	201,5	185,3	214,5	172,3
5. 8.	208,0	201,5	237,3	227,5	201,5
19. 9.	188,5	204,8	221,0	217,8	195,0
16.10.	195,0	257,9	240,5	253,5	270,9
17.11.	322,5	368,4	346,7	331,5	338,0
15. 1.1976	318,5	329,3	335,8	348,8	327,2
23. 2.	299,0	338,0	342,4	348,8	342,3
31. 3.	383,5	370,5	364,0	359,7	385,7
4. 5.	325,0	318,5	338,0	320,7	370,5
19. 5.	359,7	372,7	333,7	338,0	335,8
1. 6.	338,0	370,5	355,3	359,7	357,5
11. 6.	368,3	361,8	346,7	366,2	359,7
25. 6.	385,7	405,2	359,7	368,3	348,8
14. 7.	405,2	437,6	383,7	377,0	385,7
9. 8.	355,3	296,9	288,2	340,2	322,8
10.10.	364,0	346,7	346,6	377,0	359,6

Tabelle 34: Daten der statistischen Verrechnung für die Σ AZ-Gehalte und für die Σ AZ-Mengen im Boden-Hydrolysat für beide Vegetationsperioden

Σ AZ-Gehalte 1974/1975 (Angaben in $\mu\text{g N/ 1 g Boden}$)

B ₁		B ₂		B ₃		B ₄		B ₅		UB ₁		UB ₂		UB ₃		UB ₄		UB ₅		GD %	
O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	5%	1%
33,5	33,5	33,4	32,8	32,7	31,8	34,3	35,9	33,7	34,3	35,2	35,2	35,8	35,7	34,3	34,4	35,†	31,5	33,1	33,4	3,44	4,53
33,5		33,1		32,3		35,1		34,5		35,2		35,8		34,4		33,3		33,3		2,44	3,21

Σ AZ-Gehalte 1975/1976 (Angaben in $\mu\text{g N/ 1 g Boden}$)

56,6*	51,5	58,8*	54,8	57,4*	53,1	58,1	54,6	61,**	54,4	51,8	52,1	54,6	54,0	52,7	52,8	51,9	51,7	53,9	52,8	3,71	4,88
54,05		56,8*		55,25		56,35		57,85**		51,95		54,30		52,75		51,80		53,35		2,62	3,45

Σ AZ-Mengen 1974/1975 und 1975/1976 (Angaben in mg N/Gefäß)

1974 / 1975					1975 / 1976					1974 / 1975					1975 / 1976					GD %	
B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	UB ₁	UB ₂	UB ₃	UB ₄	UB ₅	UB ₁	UB ₂	UB ₃	UB ₄	UB ₅	5%	1%
218	213	210	228	221	346	365	354	362	369	220	232	223	216	219	338	352	343	336	345	30,8	40,5

* signifikanter Unterschied bei der GD von 5 %

** signifikanter Unterschied bei der GD von 1 %

O = Oberschicht

U = Unterschicht

Σ AZ-Mengen mit Σ AS-Mengen hat ergeben, daß in der Vegetationsperiode 1974/1975 (siehe Tabelle 35) diese Beziehung auf allen Varianten positiv ist, wobei sie auf den unbewachsenen Varianten und auch auf der B₅-Variante signifikant bis hoch signifikant gesichert ist.

In der zweiten Vegetationsperiode 1975/1976 ist diese Beziehung zwar noch in den meisten Fällen auf allen Varianten schwach positiv, in keinem Fall aber mehr signifikant gesichert.

Tabelle 35: Korrelationskoeffizienten (r) zwischen Σ AS-Mengen und Σ AZ-Mengen im Boden-Hydrolysat für beide Vegetationsperioden

Versuchs- jahr Varianten	1974/75	1975/76	Versuchs- jahr Varianten	1974/75	1975/76
B ₁	0,060	-0,107	UB ₁	0,728**	0,124
B ₂	0,218	0,364	UB ₂	0,794**	0,136
B ₃	0,420	0,146	UB ₃	0,765**	0,062
B ₄	0,375	0,533	UB ₄	0,622*	0,063
B ₅	0,843*	0,143	UB ₅	0,550*	-0,207

* signifikant bei der GD von 5 %

** signifikant bei der GD von 1 %

3.1.4.2.5. Veränderung der HyR-Gehalte und der HyR-Mengen im Boden-Hydrolysat während der beiden Vegetationsperioden

In der Stickstoff-Fraktion HyR sind N-Verbindungen enthalten, die ebenfalls nicht nur einer bestimmten genau definierten Stoffgruppe zuzuordnen sind.

Nach unserer Analysenvorschrift (siehe experimenteller Teil Seite 96-93) sind in der HyR-Fraktion alle die organischen hydrolysierbaren Stickstoff-Verbindungen enthalten, die nach Subtraktion der Σ AS-Mengen, der Σ AZ-Mengen, der ADe-Mengen und der ADp-Mengen von den NoHy-Mengen als "Rest-Menge" übrig bleiben.

In dieser HyR-Fraktion sind nach Befunden anderer Autoren (BREMNER 1967; FLAIG et al., 1975; und ALDAG 1977) vor allem Purin- und Pyrimidin-Basen, "Phenolische Aminosäure-Additionsprodukte" und möglicherweise auch Amine enthalten.

Das sind also in erster Linie organische Verbindungen, die unter den vorgegebenen Bedingungen zwar hydrolysierbar sind, in denen aber der Stickstoff, soweit es die Purin- und Pyrimidin-Basen und die aromatischen Strukturen der Huminsäure-Moleküle anbetrifft, ebenfalls in heterozyklischer Bindungsform vorliegt.

In diesem Zusammenhang sollen hier nur die Einflüsse der Versuchs-Parameter auf die HyR-Mengen und die HyR-Gehalte im Boden während der Vegetationsperioden erörtert werden (siehe Tabellen 36, 37 u. 38).

Auf den Zeitgang der HyR-Mengen werden wir im Abschnitt 3.1.6. noch besonders eingehen.

Aus der Tabelle (38) ist zu ersehen, daß im ersten Vegetationsjahr auf allen Varianten keine signifikanten Unterschiede der HyR-Gehalte zwischen Ober- und Unterboden und der HyR-Gehalte / Gefäß bestehen. Im zweiten Vegetationsjahr haben sich lediglich im Oberboden der B₄- und B₅-Varianten

Tabelle 36: HyR-Mengen im Boden-Hydrolysat für alle bewachsenen Varianten während der beiden Vegetationsperioden

(Angaben in mg N / Gefäß)

Probenahme-Termin	Varianten				
	B ₁	B ₂	B ₄	B ₃	B ₅
9.11.1974	1371,5	1371,5	838,5	1371,5	773,5
10.12.	1826,5	1826,5	1586,0	1826,5	1358,5
8. 1.1975	2086,5	2086,5	2054,0	2086,5	1462,5
22. 4.	2249,0	2249,0	1612,0	2249,0	2320,5
30. 4.	2424,5	2531,8	2616,3	2996,5	2457,0
14. 5.	1950,0	2223,0	2320,5	2483,0	2265,3
27. 5.	1287,0	1836,3	1647,8	1836,3	1530,8
10. 6.	1839,5	1449,5	1443,0	1686,8	1521,0
20. 6.	1189,5	1586,0	1472,3	1446,3	1589,3
1. 7.	1293,5	1371,5	1849,3	1547,0	1744,0
14. 7.	1475,5	1274,0	819,0	1410,5	1270,8
5. 8.	1222,0	1621,8	1303,3	1313,0	1189,5
19. 9.	1729,0	1306,5	1690,0	1537,3	1781,0
16.10.	1319,5	1800,6	1833,2	1852,8	2153,6
17.11.	1516,7	1432,3	1421,4	1397,4	1354,4
15. 1.1976	1337,1	1393,2	1534,0	1245,8	1716,2
23. 2.	1661,6	1514,4	1546,8	1083,4	1397,6
31. 3.	872,9	1447,5	1456,0	1319,9	1341,4
4. 5.	1488,5	1521,0	1466,8	1635,8	860,2
19. 5.	1360,7	1590,3	1755,8	1358,5	1568,7
1. 6.	1412,7	1993,3	1120,2	1750,7	1105,0
11. 6.	1408,3	1412,7	1859,0	1514,5	1326,0
25. 6.	1659,7	1841,7	1577,3	1796,2	1586,0
14. 7.	1538,3	1640,2	1399,7	1458,2	1215,0
9. 8.	1382,3	1291,3	1066,0	1601,2	1373,7
10.10.	1631,9	1480,0	1993,9	1995,7	1820,4

Tabelle 37 :

HyR-Mengen im Boden-Hydrolysat für alle unbewachsenen Varianten während der beiden Vegetationsperioden

(Angaben in mg N / Gefäß)

Probenahme-Termin	Varianten				
	UB ₁	UB ₂	UB ₄	UB ₃	UB ₅
9.11.1974	1190,0	1190,0	923,0	1190,0	1306,5
10.12.	1690,0	1690,0	1209,0	1690,0	851,5
8. 1.1975	1157,0	1157,0	728,0	1157,0	383,5
22. 4.	2769,0	2769,0	2054,0	2769,0	2437,5
30. 4.	22,0	2505,8	2528,5	2067,0	2892,5
14. 5.	1956,5	2570,8	1970,0	1719,3	1790,7
27. 5.	1384,5	1693,3	1758,3	1716,0	1599,0
10. 6.	2100,0	1218,8	1322,8	1498,3	1521,0
20. 6.	1709,5	1398,0	1521,0	1502,0	1186,3
1. 7.	1235,0	1541,0	1462,5	1732,3	1381,3
14. 7.	1462,5	1498,3	1787,5	1430,0	1875,3
5. 8.	1274,0	1079,0	1196,0	1433,3	1521,0
19. 9.	1605,5	1621,8	1709,5	156,3	1400,7
16.10.	1885,5	1243,6	1334,8	1720,3	1321,6
17.11.	1549,1	1323,8	1473,3	1467,1	1412,7
15. 1.1976	1731,5	1516,5	1453,9	1414,9	1289,2
23. 2.	1642,4	1505,8	1200,0	1430,1	1555,7
31. 3.	1270,0	1636,6	1256,7	1293,7	1191,7
4. 5.	1090,0	691,2	1001,5	925,1	1273,8
19. 5.	1393,3	1189,4	1343,6	1367,2	1360,6
1. 6.	1499,4	1230,8	1482,0	1588,3	1278,4
11. 6.	1118,2	1323,7	1538,4	1289,0	1250,2
25. 6.	1590,2	1672,8	1068,6	1692,3	1406,4
14. 7.	1254,6	1553,8	1250,3	1282,8	799,5
9. 8.	1683,5	1893,7	1794,1	1555,8	1618,4
10.10.	156,5	2691,4	2318,3	2125,5	2290,2

Tabelle 38: Daten der statistischen Verrechnung für die Hy R-Gehalte und für die Hy R-Mengen im Boden-Hydrolysat für beide Vegetationsperioden

Hy R-Gehalte 1974/1975 (Angaben in $\mu\text{g N} / 1 \text{ g Boden}$)

B ₁		B ₂		B ₃		B ₄		B ₅		UB ₁		UB ₂		UB ₃		UB ₄		UB ₅		GD %	
0	U	0	U	0	U	0	U	0	U	0	U	0	U	0	U	0	U	0	U	5%	1%
264	264	266	282	288	287	263	261	258	268	263	263	255	276	253	267	236	257	244	239	40,8	53,8
264		274		287,5		262,0		263,0		263		265,5		260,0		246,5		241,5		28,9	38,0

Hy R-Gehalte 1975/1976 (Angaben in $\mu\text{g N} / 1 \text{ g Boden}$)

216	218	264	231	252	221	284*	205	252*	201	242	219	232	205	232	211	230	196	203	201	35,9	47,2
217		247,5		236,5		244,5		226,5		230,5		218,5		221,5		213,0		202,0		25,4	33,4

Hy R-Mengen 1974/1975 und 1975/1976 (Angaben in mg N/Gefäß)

1974 / 1975					1975 / 1976					1974 / 1975					1975 / 1976					GD %	
B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	UB ₁	UB ₂	UB ₃	UB ₄	UB ₅	UB ₁	UB ₂	UB ₃	UB ₄	UB ₅	5%	1%
1714	1780	1868	1701	1712	1413	1573	1501	1504	1417	1712	1729	1690	1604	1570	1476	1398	1419	1350	1313	271	356

* signifikanter Unterschied bei der GD von 5 %

** signifikanter Unterschied bei der GD von 1 %

0 = Oberschicht

U = Unterschicht

hoch signifikant höhere HyR-Gehalte als im Unterboden eingestellt, obwohl gelegentlich von Probenahme- zu Probenahme - Termin die HyR-Mengen sehr starken Schwankungen unterlegen sind. (siehe Abbildungen 16, 17, 18 und 19). Die Korrelationskoeffizienten (r) zwischen den HyR-Mengen und Σ AS-Mengen sind in der Tabelle (39) angeführt. Aus der Tabelle (39) geht hervor, daß diese Beziehung für alle Varianten und in beiden Versuchsjahren bis auf wenige Ausnahmen negativ ist und in einigen Fällen sogar signifikant gesichert ist.

Tabelle 39: Korrelationskoeffizienten (r) zwischen Σ AS-Mengen und HyR-Mengen im Boden-Hydrolysat

Versuchs- jahr Varianten			Versuchs- jahr Varianten		
	1974/75	1975/76		1974/75	1975/76
B ₁	0,145	-0,334	UB ₁	-0,273	0,174
B ₂	0,081	-0,399	UB ₂	-0,324	-0,241
B ₃	-0,260	-0,363	UB ₃	-0,264	-0,066
B ₄	-0,306	-0,334	UB ₄	-0,601*	-0,436
B ₅	-0,428	-0,137	UB ₅	-0,461	-0,593*

* signifikant bei der GD von 5 %

** signifikant bei der GD von 1 %

3.1.5. C_t -Gehalte und C_t / N_t -Relationen im Boden während der beiden Vegetationsperioden

Der Vollständigkeit halber soll kurz auf die C_t -Gehalte und auf die C_t / N_t -Relationen eingegangen werden. In den Tabellen 1-10 (Tabellenanhang Seite 225-235) sind jeweils die C_t -Gehalte im Ober- und Unterboden angegeben.

Die statistische Verrechnung der C_t -Gehalte für die beiden Vegetationsperioden ist in der Tabelle (40) aufgeführt.

Daraus geht hervor, daß lediglich in der zweiten Vegetationsperiode auf allen bepflanzten Varianten und auf den UB_3 - UB_4 - und UB_5 - Varianten sich signifikant höhere C_t -Gehalte im Oberboden als im Unterboden eingestellt haben.

Diese Befunde stimmen mit dem Verhalten der N_t -Gehalte (siehe Abschnitt 3.1.1.3. ,Tab. 5) weitgehend überein. Die Erhöhung der C_t -Gehalte im Oberboden auf den bepflanzten Varianten ist auf das Einarbeiten der Zwischenfrucht Raps zurückzuführen. Die C_t / N_t - Relationen sind nicht für alle Varianten einzeln berechnet worden.

Stichproben haben ergeben, daß die C_t / N_t - Relationen ca. zwischen 10 und 12,5 schwanken. Damit wird bestätigt, daß sich die unterschiedlichen Versuchs-Parameter nicht wesentlich auf die C_t / N_t - Relation ausgewirkt haben. Analog zu dem Ansteigen der N_t - Gehalte (siehe Abschnitt 3.1.1.3., Tabelle 5) auf den bepflanzten Varianten sind auch die C_t - Gehalte in beiden Versuchsjahren hoch signifikant größer als auf den korrespondierenden unbepflanzten Varianten (siehe Tabelle 40). Obwohl hier die Möglichkeit besteht, das Verhältnis des organisch gebundenen Kohlenstoffs zum organisch gebundenen Stickstoff zu berechnen, soll hier davon Abstand genommen werden. Die Berechnung dieses Verhältnisses wird in der Tendenz keine wesentlich neueren Erkenntnisse bringen, weil der Anteil des mineralischen Stickstoffs im Boden vor allem von der Fraktion AM_f gestellt

wird und dieser im Verlaufe der Vegetationsperiode - wie in Abschnitt 3.1.3. berichtet - relativ konstant ist. Somit wird die C / N - Relation der organischen Substanz ebenfalls keinen größeren Schwankungen unterliegen als die C_t / N_t - Relation.

Tabelle 40: Daten der statistischen Verrechnung für die C_t - Gehalte im Boden für beide Vegetationsperioden

C_t - Gehalte 1974/75 (Angaben in $\mu\text{g N} / 1 \text{ g Boden}$)

B_1		B_2		B_3		B_4		B_5		UB_1		UB_2		UB_3		UB_4		UB_5		GD %	
O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	O	U	5%	1%
108	108	108	108	110	108	110	107	109	108	103	103	105	103	104	103	103	101	102	102	3,7	4,8
108		108		109		108,5		108,5		103		104		103,5		102		102		2,6	3,4

C_t -Gehalte 1975/76 (Angaben in $\mu\text{g N} / 1 \text{ g Boden}$)

113*	102	118*	102	115*	102	120*	104	121*	102	97	94	98	94	101*	95	99*	93	100*	94	4,3	5,7
107,5		110,0		108,5		112,3*		111,5*		95,5		96,0		98,0		96,0		97,0		3,1	4,0

* signifikanter Unterschied bei der GD von 5 %

** signifikanter Unterschied bei der GD von 1 %

O = Oberschicht

U = Unterschicht

3.1.6. Zusammenfassende Diskussion zur Metabolik des organisch gebundenen Stickstoffs im Boden und seine Beziehung zum pflanzlichen N-Entzug

Nachdem nunmehr die Metabolik des organisch gebundenen Stickstoffs für die einzelnen N-Fractionen im Boden und im Boden-Hydrolysat in Abhängigkeit der Versuchs-Parameter während der beiden Vegetationsperioden abgehandelt ist, soll jetzt versucht werden, die Interdependenzen dieser einzelnen N-Fractionen untereinander genauer zu durchleuchten. Aus diesem Grunde ist in den Abbildungen (16), (17), (18) und (19) der Zeitgang der Mengen der N-Fractionen ΣAS , HyR und ADp für die bewachsenen und unbewachsenen Varianten jeweils im Vergleich zu der Kontroll-Variante B_1 oder UB_1 während der beiden Vegetationsperioden gegeneinander aufgetragen.

Bewachsene Varianten

In der Abbildung (16) ist der Zeitgang der ΣAS -Mengen, der HyR-Mengen und der ADp-Mengen für die Varianten B_1 , B_2 und B_4 gegeneinander aufgetragen. Die obere Kurvenschar, die den Zeitgang der Mengen der ΣAS -Fraktion darstellt, unterliegt demnach nur sehr geringen Schwankungen.

Die mittlere Kurvenschar repräsentiert den Verlauf der HyR-Mengen, die untere den Verlauf der ADp-Mengen. Daraus ergibt sich, daß die HyR-Mengen insbesondere während der Vegetation des Sommerweizens 1975 und 1976 den stärksten Schwankungen unterliegen. Diese Schwankungen sind besonders nach dem Einbringen der Raps-Trockensubstanz und der ersten Mineral-Düngung jeweils im April zu Beginn der Vegetation des Sommerweizens am größten.

Die HyR-Mengen-Zunahme ist im April / Mai 1975 beispielsweise so groß, daß die Stickstoff-Mengen in der HyR-Fraktion größer sind als in der ΣAS -Fraktion. Wenn man

beispielsweise den Verlauf des Zeitgangs der Σ AS-Mengen mit dem der HyR-Mengen für die Variante B_4 miteinander vergleicht, dann stellt man fest, daß diese beiden Kurven sich insbesondere während der Vegetation des Sommerweizens gegenläufig verhalten, d.h., daß eine Zunahme der Σ AS-Mengen jeweils von einer Abnahme der HyR-Mengen begleitet ist. Dieser Sachverhalt wird auf der B_4 -Variante in der Vegetationsperiode 1975/1976 besonders deutlich (siehe Abbildung 16).

Ein ähnlich gegenläufiges Verhalten trifft auch zu, wenn man den Zeitgang der HyR-Mengen mit dem der ADp-Mengen miteinander vergleicht (siehe z.B. Variante B_4 , Abbildung 16).

In der Abbildung (17) sind die entsprechenden Zeitgänge der Σ AS-Mengen, der HyR-Mengen und der ADp-Mengen für die Varianten B_1 , B_3 und B_5 gegeneinander aufgetragen. Im großen und ganzen ist der Zeitgang der Mengen der betreffenden N-Fractionen ähnlich zu beurteilen wie in der Abbildung (16). Lediglich die Schwankungen der HyR- und ADp-Mengen sind auf den B_3 - und B_5 -Varianten während der Vegetationsperiode 1974/75 nicht so deutlich ausgeprägt wie auf den B_2 - und den B_4 -Varianten. Besonders auffällig ist das Verhalten der Σ AS-Mengen und der HyR-Mengen der B_5 -Variante in der Vegetationsperiode 1975/1976. Nach dem Einbringen der Raps-Trockensubstanz am 14.3.1976 (siehe Abbildung 17) ist mehr oder ebensoviel Stickstoff in der HyR-Fraktion wie in der Σ AS-Fraktion enthalten. Dieser Zustand ändert sich bis zum Ende der Vegetationsperiode des Weizens (9.8.1976) und darüber hinaus nicht mehr.

Für alle bepflanzen Varianten läßt sich feststellen, daß die Schwankungen der N-Mengen der betreffenden N-Fractionen im Boden-Hydrolysat während der

Abb. 16 Zeitgang der Mengen der N-Fractionen ΣAS , HyR und ADp im Boden-Hydrolysat für die Varianten B₁ B₂ und B₄ während der beiden Vegetationsperioden.

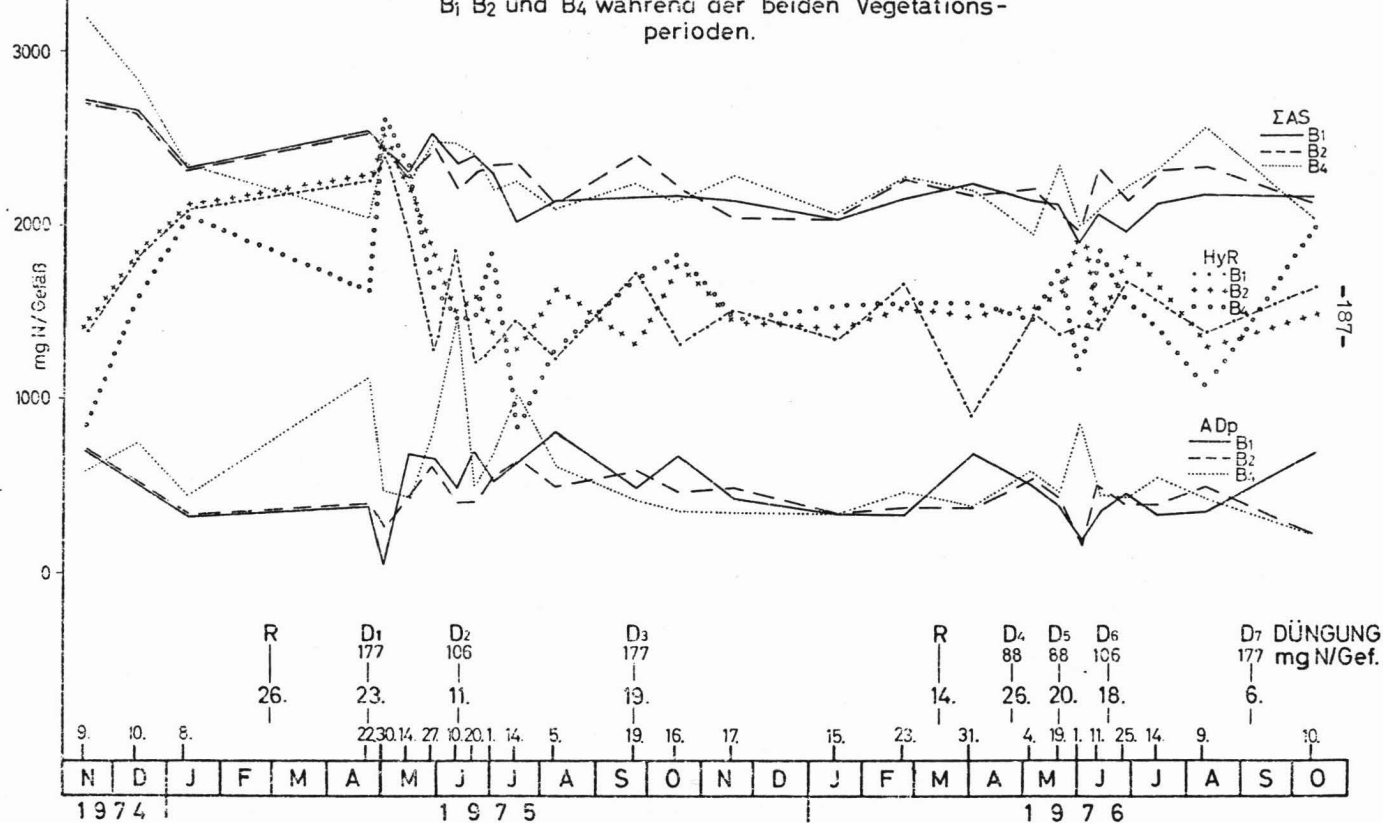
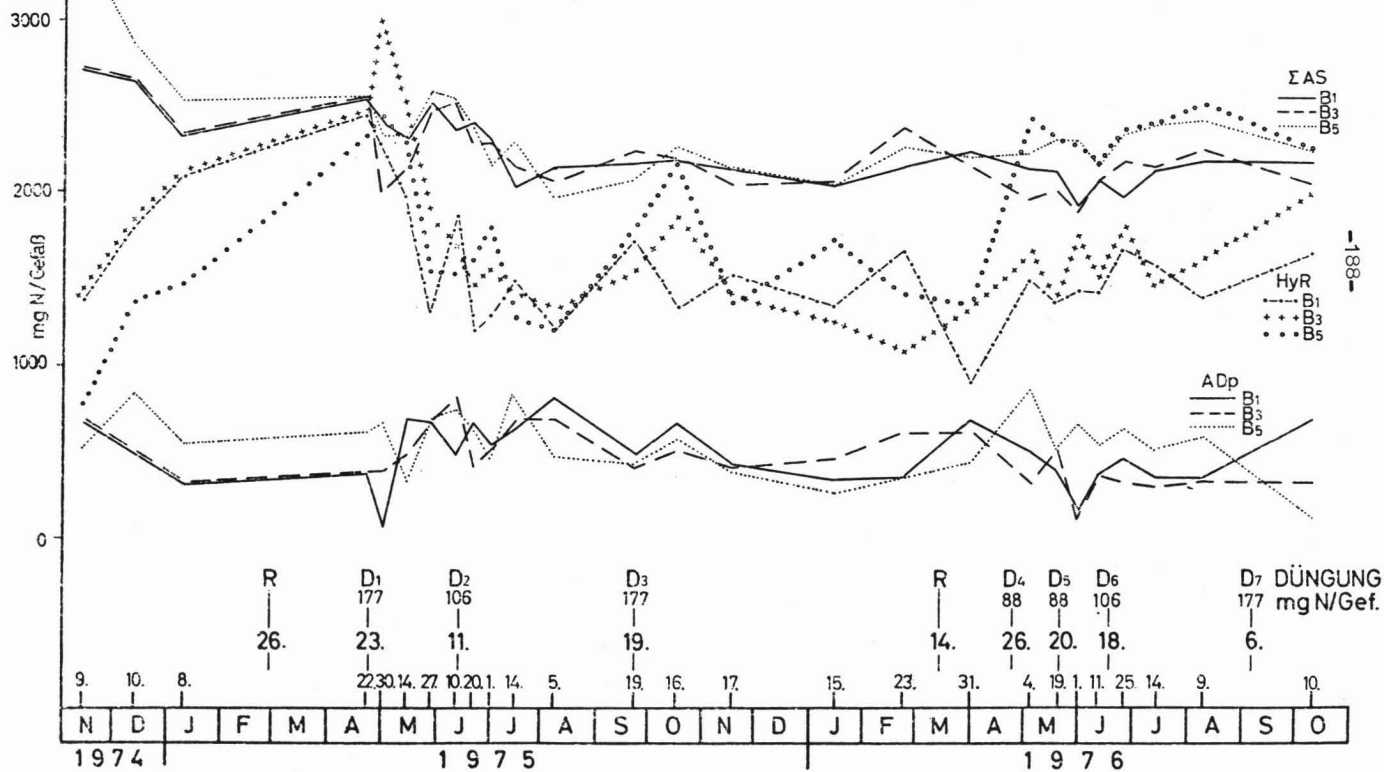


Abb.17 Zeitgang der Mengen der N-Fractionen Σ AS, HyR und ADp im Boden-Hydrolysat für die Varianten B₁, B₃ und B₅ während der beiden Vegetationsperioden.



Vegetation des Sommerweizens
ausgeprägter sind als unter
Zwischenfrucht Raps,

Brache-Varianten

In den Abbildungen (18) und (19) sind die entsprechenden Zeitgänge der Σ AS-Mengen, der HyR-Mengen und der ADp-Mengen für die unbewachsenen Varianten UB₁, UB₂, UB₃, UB₄ und UB₅ dargestellt.

Beim Vergleich der Zeitgänge auf den bewachsenen und den unbewachsenen Varianten läßt sich feststellen, daß allgemein die N-Mengen in den betreffenden N-Fractionen auf den bewachsenen Varianten größer sind als auf den unbewachsenen Varianten, was zweifellos auf den praktizierten Zwischenfruchtbau zurückzuführen ist.

In den Abbildungen (18) und (19) ist deutlich zu erkennen, daß wiederum die HyR-Mengen und die ADp-Mengen im Gegensatz zu den Σ AS-Mengen auf allen UB-Varianten stärkeren Schwankungen unterliegen. Die größten Schwankungen traten auch hier während der Sommermonate der beiden Vegetationsjahre auf. Im Gegensatz zu den bewachsenen Varianten (siehe Abbildung 16 u. 17) sind die HyR-Mengen und die ADp-Mengen auf den gedüngten Varianten UB₄ und UB₅ niedriger als auf der Kontrollvariante UB₁ und auch niedriger als die vergleichbaren UB₂- und UB₃-Varianten, die nicht die Stickstoff-Düngung im Herbst zur Zwischenfrucht Raps erhalten haben. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, daß auf den unbewachsenen zu allen Düngungs-Terminen gedüngten Varianten (UB₄ und UB₅) der Stickstoff in der HyR-Fraktion stärker mineralisiert worden ist, eine Tatsache, die sich auch bis zu einem gewissen Grade aus den Abbildungen (7) und (8) ableiten läßt. Dieses Verhalten wäre mit einem "Priming Effect" nach der Theorie von LAURA (1974 u. 1976) am besten zu erklären, wonach jede zuge-

Abb.18 Zeitgang der Mengen der N-Fractionen Σ AS, HyR und A Dp im Boden-Hydrolysat für die Varianten UB₁, UB₂ und UB₄ während der beiden Vegetationsperioden.

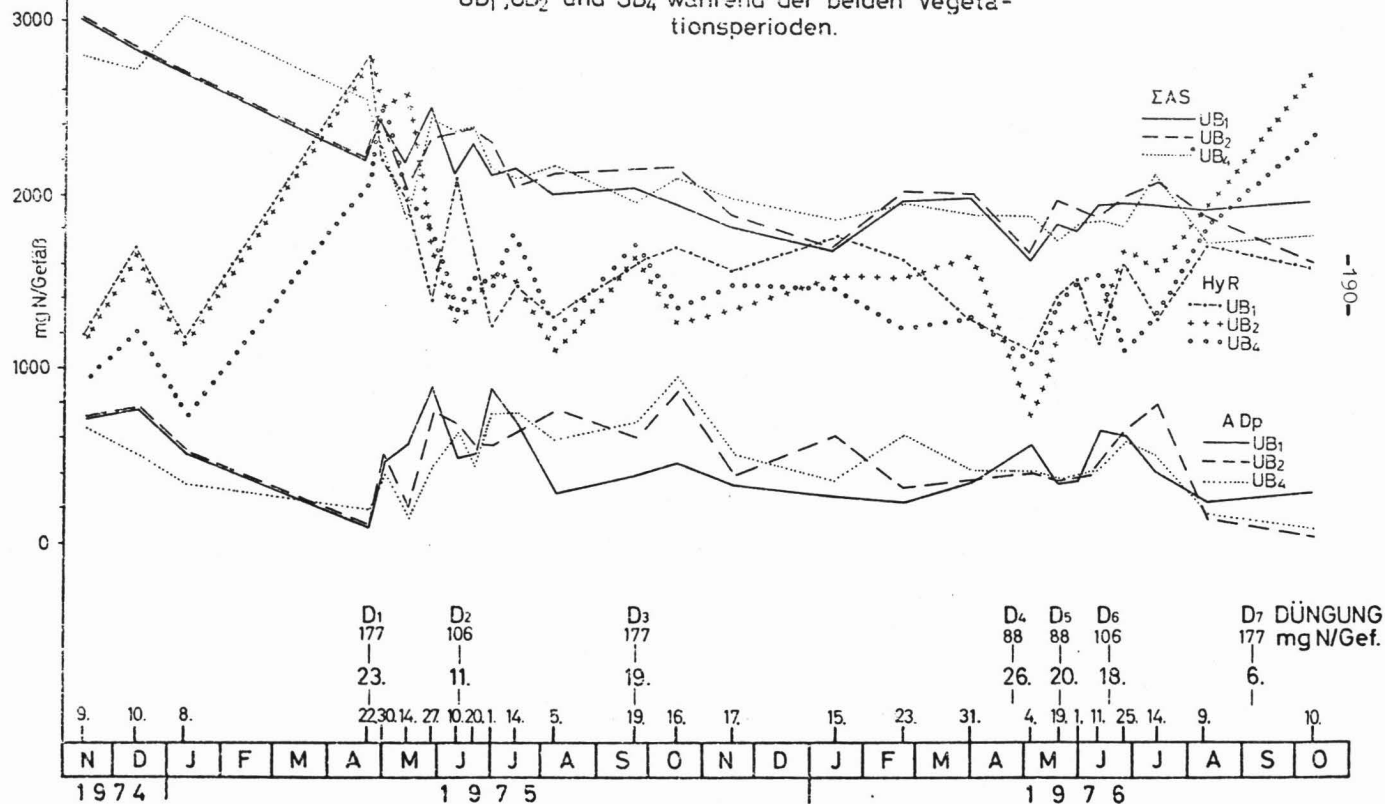
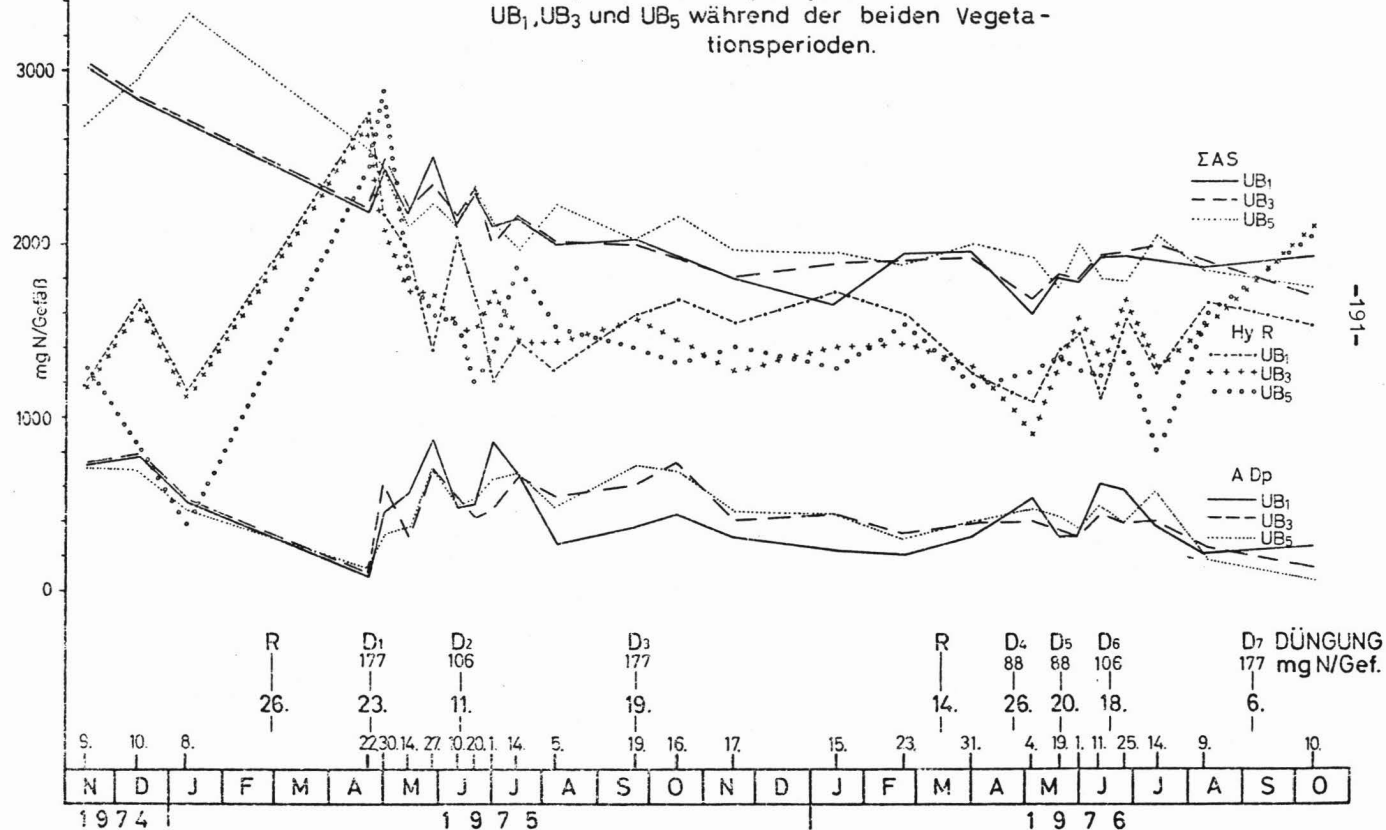


Abb.19 Zeitgang der Mengen der N-Fractionen Σ AS, HyR und ADp im Boden-Hydrolysat für die Varianten UB₁, UB₃ und UB₅ während der beiden Vegetationsperioden.



führte Mineraldüngung zunächst die Mineralisation des bodenbürtigen Stickstoffs steigert.

Um nun die Interdependenzen insbesondere zwischen den N-Fraktionen Σ AS, HyR und ADp wie auch die Beziehungen mancher Fraktionen zur NoHy-Fraktion und auch zum pflanzlichen N-Entzug bei den bewachsenen Varianten ableiten zu können, bedient man sich am besten der Korrelationsrechnung.

Beziehungen der einzelnen N-Fraktionen im Boden-Hydrolysat untereinander

In der Tabelle (41) sind die Korrelationskoeffizienten (r) zwischen den NoHy-Mengen einerseits zu den HyR-Mengen bzw. Σ AS-Mengen andererseits für alle Varianten und für beide Versuchsjahre angegeben. Ohne auf jede Variante im einzelnen eingehen zu wollen, läßt sich daraus folgendes ableiten: Das bereits in den Abbildungen (16) und (17) beobachtete gegenläufige Verhalten der HyR-Mengen zu den Σ AS-Mengen wird durch die unterschiedliche Größe der Korrelationskoeffizienten dieser beiden N-Fraktionen bestätigt.

Auf der Variante B₅ besteht beispielsweise im Jahre 1975 eine signifikant positive Korrelation zwischen der Σ AS-Fraktion und der NoHy-Fraktion, während das für die HyR-Fraktion nicht zutrifft. In der zweiten Vegetationsperiode 1975/1976 dagegen liegen die Verhältnisse gerade umgekehrt, dort besteht eine hoch signifikante Beziehung zwischen den Mengen der HyR-Fraktion und der NoHy-Fraktion, dafür besteht keine signifikante Beziehung zwischen den Mengen der Σ AS-Fraktion und der NoHy-Fraktion.

Dieses "Wechselspiel" trifft weitgehend auch für die unbewachsenen Varianten zu. Lediglich die B₂- und die B₄-Varianten verhalten sich in dieser Hinsicht in beiden Versuchsjahren anders.

Tabelle 41: Korrelationskoeffizienten (r) zwischen den NoHy-Mengen einerseits und den Σ AS- und HyR-Mengen andererseits im Boden - Hydrolysat. Alle Versuchsvarianten und beide Vegetationsjahre

		1974/1975		1975/1976				1974/1975		1975/1976	
N-Fraktionen Varianten		HyR	AS	HyR	AS	N-Fraktionen Varianten		HyR	AS	HyR	AS
B ₁		0,767*	0,689*	0,416	0,530	UB ₁		0,500	-0,045	0,648*	0,706*
B ₂		0,780*	0,635*	0,587*	0,590*	UB ₂		0,231	0,472	0,689*	0,427
B ₃		0,797*	0,276	0,389	0,604*	UB ₃		0,415	0,735*	0,808*	0,444
B ₄		0,501	0,335	0,509	0,534	UB ₄		0,412	0,217	0,464	0,550*
B ₅		0,459	0,565*	0,677*	0,423	UB ₅		0,637*	0,280	0,649*	0,161

* signifikant bei der GD von 5 %

** signifikant bei der GD von 1 %

Die Metabolik des organisch gebundenen Stickstoffs im Boden läßt sich nun zumindest für die bewachsenen Varianten zu einem geschlossenen Gesamtbild abrunden, wenn die jeweilige Mengenveränderung und Umverteilung jeder der gemessenen N-Fractionen von Probenahme- zu Probenahme-Termin in Beziehung gesetzt wird zu dem pflanzlichen N-Entzug, der während der Vegetationsperiode des Sommerweizens bekanntlich bei jeder Probenahme ebenfalls ermittelt wurde.

In der Tabelle (42) sind die Korrelationskoeffizienten (r), die sich aus der Beziehung zwischen dem pflanzlichen N-Entzug des Sommerweizens im Vegetationsjahr 1975 einerseits und den jeweils ermittelten N-Mengen ($\text{mg N} / \text{Gefäß}$) des Gesamt-N (N_t) und der Fractionen n_{Hy} , no_{Hy} , ΣAS , HyR , ADp , ADe , ΣAZ und NI andererseits ergeben, verzeichnet. Es sei ausdrücklich darauf verwiesen, daß diese Korrelationskoeffizienten nur für die 8 Probenahme-Termine in den Monaten April, Mai, Juni, Juli und August 1975 gelten. Aus der Tabelle (42) ist zu entnehmen, daß während der Vegetation des Sommerweizens für alle Varianten eine negative Beziehung zwischen dem pflanzlichen N-Entzug und den N_t - und NI -Mengen besteht. (Spalten 2 und 10). Das bedeutet, daß mit zunehmendem pflanzlichen N-Entzug die N_t - und NI -Mengen im Boden abnehmen. Besonders interessant ist nun zu vermerken, daß von dem insgesamt in organischer Bindung vorliegenden Bodenstickstoff der n_{Hy} -Stickstoff ausnahmslos eine positive Korrelation aufweist (siehe Spalte 3), während der Stickstoff der no_{Hy} -Fraktion (Spalte 4) ausnahmslos eine hohe negative Korrelation zum pflanzlichen N-Entzug besitzt. Hier zeigt sich also, daß die salzsaure Hydrolyse offensichtlich - was die Metabolisierbarkeit und Pflanzenverfügbarkeit des organisch gebundenen Stickstoffs im Boden anbetrifft - eine vernünftige Trennung hergibt. Diese Fraktionierung

Tabelle 42: Korrelationskoeffizienten (r) zwischen dem pflanzlichen N-Entzug des Sommerweizens im Vegetationsjahr 1975 einerseits und den betreffenden N-Mengen des N_t und der N-Fractionen nHy, NoHy, ΣAS , HyR, ADp, ADe, ΣAZ und NI andererseits

Spalte (1)	N_t (2)	nHy (3)	NoHy (4)	ΣAS (5)	HyR (6)	ADp (7)	ADe (8)	ΣAZ (9)	NI (10)
B ₁	-0,75	0,84**	-0,90**	-0,62	-0,70	0,42	-0,17	0,13	-0,20
B ₂	-0,40	0,52	-0,81*	-0,21	-0,94**	0,53	0,29	0,57	-0,76*
B ₃	-0,40	0,64	-0,77*	0,28	-0,82*	0,21	0,31	0,19	-0,34
B ₄	-0,63	0,02	-0,59	-0,25	-0,76*	0,33	0,11	0,49	-0,59
B ₅	-0,49	0,27	-0,62	-0,25	-0,73*	0,34	0,07	0,10	-0,64

* signifikant bei der GD von 5 %

** signifikant bei der GD von 1 %

äußert sich darin, daß der heterozyklisch organisch gebundene nicht hydrolysierbare Stickstoff (nHy) als schwer mineralisierbar und der hydrolysierbare, organisch gebundene Stickstoff (NoHy) als leichter metabolisierbar und damit auch pflanzenverfügbar bezeichnet werden kann. In Spalte (4) der Tabelle (42) ist ferner zu beobachten, daß auf den B₁-, B₂- und B₃ - Varianten, auf denen im Herbst 1974 die Zwischenfrucht Raps nicht mit Stickstoff gedüngt wurde, die Korrelationskoeffizienten signifikant negativ ausfallen.

Aus den Spalten (5), (6), (7), (8) und (9) der Tabelle (42) kann nun abgelesen werden, in welchem Umfange diese einzelnen N-Fraktionen, die bekanntlich als Summe die NoHy-Menge ergeben, an der negativen Beziehung der NoHy-Fraktion (siehe Spalte 4) zum pflanzlichen N-Entzug beteiligt sind.

Hier zeigt sich nun folgender überraschender Befund, daß in erster Linie der Stickstoff der HyR-Fraktion auf allen zur Hauptfrucht gedüngten Varianten eine signifikante negative Korrelation zum pflanzlichen N-Entzug aufweist.

An zweiter Stelle folgt dann erst der Aminosäure-Stickstoff, dessen Korrelation noch schwach negativ ist, während der Stickstoff in den Fraktionen ΣAZ, ADe und ADp eine positive, aber nicht gesicherte Korrelation zum pflanzlichen N-Entzug hat. Damit spiegeln die hier berechneten Korrelationen genau das Bild wider, daß an den Abbildungen (1), (2), (11), (12), (16) und (17) bereits global beschrieben worden ist.

Wir müssen daraus folgern, daß in der HyR-Fraktion vor allem organisch gebundener Stickstoff der eingearbeiteten

Raps-Trockensubstanz enthalten ist, der nach Durchführung der Mineraldüngung bevorzugt von der Mikroflora des Bodens mineralisiert und somit pflanzenverfügbar bereit gehalten wurde. Die schwächer negativ ausgeprägte Korrelation des Aminosäure-Stickstoffs (Spalte 5) und die positive Korrelation des ADe-Stickstoffs ist ohne weiteres erklärbar, da die Mineralisation des Boden - Stickstoffs nur über vermehrte Mikroorganismen-Tätigkeit ablaufen kann, und vermehrte Aktivität von Mikroben an die Neubildung von Bakterieneiweiß inklusive echtes Amid - N, gekoppelt ist.

Betrachten wir nun die entsprechenden Korrelationskoeffizienten für die zweite Vegetationsperiode des Weizens im Jahre 1976 (siehe Tabelle 43), so liegen hier die Verhältnisse ganz anders.

Die negative Korrelation für NI (siehe Spalte 10) bleibt verständlicherweise bestehen. An den Korrelationskoeffizienten der Gesamt-Stickstoff-Mengen (N_t) erkennt man, daß sich offensichtlich im zweiten Vegetationsjahr im Boden hinsichtlich der Gesamt-N - Mengen ein gewisses Gleichgewicht eingestellt hat, da auf den Varianten B_2 , B_3 und B_5 positive Korrelationskoeffizienten zum pflanzlichen N-Entzug bestehen. Dabei ist die Beziehung auf der B_3 - Variante sogar signifikant gesichert (siehe Spalte 2 der Tabelle 43). Da die B_1 - Variante niemals mit Stickstoff gedüngt wurde, ist hier die Beziehung verständlicherweise deutlich negativ. Lediglich die B_4 - Variante weist im Vegetationsjahr 1976 noch eine schwache negative Korrelation auf. Im Vergleich zum Jahre 1975 weisen die Korrelationskoeffizienten in den Fraktionen nHy, NoHy, ΣAS , HyR und ADp mit Ausnahme der ADe und ΣAZ -Fraktionen das entgegengesetzte Vorzeichen auf. So hat der Stickstoff der nHy-Fraktion im Versuchsjahr 1976 auf allen Varianten eine schwache negative Korrelation und in der NoHy-Fraktion eine schwache positive Korrelation zum pflanzlichen N-Entzug.

Tabelle 43: Korrelationskoeffizienten (r) zwischen dem pflanzlichen N-Entzug des Sommerweizens im Vegetationsjahr 1976 einerseits und den betreffenden N-Mengen des N_t und der N-Fractionen nHy, NoHy, Σ AS, HyR, ADp, ADe, Σ AZ und NI andererseits

Spalte (1)	N_t (2)	nHy (3)	NoHy (4)	AS (5)	HyR (6)	ADp (7)	ADe (8)	AZ (9)	NI (10)
B ₁	-0,71	-0,45	0,11	-0,19	0,51	-0,02	-0,28	-0,16	-0,66
B ₂	0,31	-0,06	0,31	0,39	0,09	-0,10	0,36	0,31	0,32
B ₃	0,83*	0,11	0,62	0,60	0,37	-0,21	0,49	0,36	-0,11
B ₄	-0,18	-0,58	0,26	0,56	0,18	-0,35	0,70	0,63	-0,19
B ₅	0,51	-0,35	0,50	0,55	0,49	-0,53	0,82*	0,38	-0,45

* signifikant bei der GD von 5 %

** signifikant bei der GD von 1 %

Wenn man nun die NoHy-Fraktion auf die einzelnen Unterfraktionen hin betrachtet, dann stellt sich heraus, daß lediglich die Stickstoff-Mengen der ADp-Fraktion auf allen Varianten schwach negativ zum pflanzlichen N-Entzug korreliert sind.

Dieser Befund stimmt mit dem Zeitgang der Mengen in den Abbildungen (1), (2), (12), (13), (16) und (17) überein. Diese Ergebnisse stimmen ebenfalls mit den Untersuchungen von SPITZL und GARZ (1974) überein, die sich mit den quantitativen Veränderungen des organisch gebundenen Stickstoffs in Abhängigkeit von Düngung und Bodentiefe im Boden befassen.

SPITZL und GARZ (1974) fanden in Feldversuchen, daß durch die Düngungsmaßnahmen hauptsächlich die hydrolysierbaren N-Fraktionen beeinflußt werden. Dabei zeigte der Stickstoff in der α -Aminosäure-N-Fraktion ein besonders wechselhaftes Verhalten. Auch FLEIGE und CAPELLI (1975) befaßten sich in Pflanzen-Versuchen mit der Umverteilung von markiertem Dünger-Stickstoff im Boden. Sie stellten fest, daß beim Ernte-Termin in der oberen 5 cm - Schicht der im Boden verbliebene Dünger-Stickstoff zu 31 % als Amid-Stickstoff, zu 54 % als Aminosäure-N, zu 1 % als Aminosucker-N, zu 10 % als nicht hydrolysierbarer N und zu 4 % als mineralischer Stickstoff vorlag. Allerdings muß betont werden, daß sowohl die bei SPITZL und GARZ (1974) wie auch bei FLEIGE und CAPELLI (1975) genannten N-Fraktionen aus methodischen Gründen nicht direkt mit unseren N-Fraktionen verglichen werden können.

Die Untersuchungen von ALDAG (1975), ALDAG, DREWS und MEYER (1976), und LAMPE (1977), die sich mit der Umverteilung des Stickstoffs in verschiedene Stickstoff-Fraktionen von Ackerböden durch Bebrütung befassen, haben ebenfalls gezeigt, daß die größten Zu- und Abnahmen der N-Mengen, die durch die Bebrütung verursacht wurden, bei

den Fraktionen nHy und HyR zu verzeichnen waren. Um die Interdependenzen zwischen den HyR-Mengen im Boden-Hydrolysat einerseits und den nHy-Mengen im Boden, den NoHy-Mengen und ADp-Mengen im Boden-Hydrolysat andererseits besonders deutlich zu kennzeichnen, sind in der Tabelle (44) die korrespondierenden Korrelationskoeffizienten für alle bewachsenen Varianten für beide Vegetationsperioden aufgeführt. Daraus wird ersichtlich, daß bei den NoHy-Mengen in der Regel eine positive Beziehung und bei den nHy- und ADp-Mengen immer eine negative Beziehung zur HyR-Menge besteht.

Hier muß also noch einmal besonders hervorgehoben werden, daß der ADp-Stickstoff zum HyR-Stickstoff negativ und der ADe-Stickstoff zum AS-N positiv (siehe Abschnitt 3.2.4.2.2. Seite 137) korreliert ist.

Tabelle 44: Korrelationskoeffizienten (r) zwischen den HyR-Mengen im Boden-Hydrolysat einerseits und den nHy-Mengen im Boden, den NoHy-Mengen und den ADp-Mengen im Boden-Hydrolysat andererseits während der beiden Vegetationsperioden für alle bewachsenen Varianten

Versuchs- jahr Varianten	1974 / 1975			1975 / 1976		
	NoHy	nHy	ADp	NoHy	nHy	ADp
B ₁	0,77*	-0,73*	-0,82*	0,42	-0,24	-0,29
B ₂	0,78*	-0,50	-0,73*	0,59*	-0,37	-0,44
B ₃	0,80*	-0,47	0,46	0,39	-0,23	-0,59*
B ₄	0,50	0,62*	-0,44	0,51	-0,25	-0,59*
B ₅	0,46	0,22	-0,31	0,68*	-0,70*	-0,52

* signifikant bei der GD von 5 %
 ** signifikant bei der GD von 1 %

Im folgenden sollen nur noch die Korrelationskoeffizienten zwischen den HyR-Mengen im Boden-Hydrolysat einerseits mit den nHy-Mengen im Boden, den NoHy- und den ADp-Mengen im Boden-Hydrolysat andererseits für alle unbewachsenen während der beiden Vegetationsperioden diskutiert werden Varianten (siehe Tabelle 45).

Beim Vergleich der korrespondierenden Korrelationskoeffizienten in den Tabellen (44) und (45) ergeben sich in der Tendenz keine großen Unterschiede, obwohl man eigentlich wegen des fehlenden pflanzlichen N - Entzuges auf den Brache-Varianten in der NoHy-Fraktion größere Differenzen hätte erwarten können. Immerhin zeigt sich, daß auf den bewachsenen Varianten im Vegetationsjahr 1974/1975 eine meist signifikante Korrelation zwischen den NoHy- und den HyR-Mengen besteht. Diese Beziehung ist auf den unbewachsenen Varianten in dem Versuchsjahr 1974/1975 nur auf der UB₅-Variante signifikant gesichert. Stattdessen ist die Beziehung zwischen den NoHy-Mengen und den HyR-Mengen im Boden-Hydrolysat auf den unbewachsenen Varianten bis auf die UB₄- Variante im Jahre 1975/1976 signifikant gesichert, was auf den bewachsenen Varianten in der Vegetationsperiode 1975/1976 etwas schwächer ausgeprägt zu sein scheint.

Tabelle 45: Korrelationskoeffizienten (r) zwischen den HyR-Mengen im Boden-Hydrolysat einerseits und den nHy-Mengen im Boden, den NoHy- und den ADp-Mengen im Boden-Hydrolysat während der beiden Vegetationsperioden für alle unbewachsenen Varianten

Versuchsjahr Varianten	1974 / 1975			1975 / 1976		
	NoHy	nHy	ADp	NoHy	nHy	ADp
UB ₁	0,50	-0,11	-0,60*	0,65*	-0,71*	-0,48
UB ₂	0,23	-0,08	-0,78*	0,69*	-0,54	-0,44
UB ₃	0,42	0,02	-0,61*	0,81*	-0,75*	-0,24
UB ₄	0,41	0,13	-0,34	0,46	-0,63*	-0,62*
UB ₅	0,64*	-0,16	-0,53	0,65*	-0,19	-0,76*

* signifikant bei der GD von 5 %

** signifikant bei der GD von 1 %

3.2. Zur Berechnung der Dünger-N-Ausnutzung auf den bewachsenen Varianten für beide Vegetationsperioden

Nachdem wir in der Mittlg.I, die Pflanzenerträge für Raps und Sommerweizen und in der Mittlg.II die Mengen-Veränderungen des mineralisch und organisch gebundenen Stickstoffs nach Fraktionen gegliedert behandelt haben, soll nunmehr zum Abschluß untersucht werden, ob die im Boden registrierten Umverteilungen und Abnahmen des organisch gebundenen Stickstoffs sich über die Berechnung der Dünger-N-Ausnutzung ebenfalls nachweisen lassen.

Deutliche Beziehungen zwischen dem Gehalt an mineralischen Stickstoff im Boden und den Erträgen lassen sich aus den Ergebnissen von BRONNER (1974) ableiten. Häufig wird an Stelle des mineralischen Stickstoffs insgesamt (NO_3^- und NH_4^- -N) nur der Nitratgehalt als Kriterium herangezogen, zumal er den überwiegenden Teil des mineralischen pflanzenverfügbaren Stickstoffs darstellt (CARPENTER et al., 1952, und BRAUN 1974).

3.2.1. Berechnungen zur Ausnutzung des Dünger-N durch die Zwischenfrucht Raps für beide Vegetationsperioden

In diesem Zusammenhang war von besonderem Interesse, ob mit Hilfe des Zwischenfruchtbaues (mit und ohne N-Düngung) im Herbst und Winter organisch gebundener Stickstoff im Boden gespeichert werden kann, der während der nachfolgenden Vegetationsperiode über einen längeren Zeitraum kontinuierlich mineralisiert wird, so daß aufgrund dieser erhöhten Speicherfraktion von organisch gebundenem Stickstoff höhere pflanzliche N-Entzüge (=Erträge) erzielt werden können.

Aufgrund der detaillierten Untersuchungen zur N-Fraktio-

nierung im Boden und aufgrund der Ertragsermittlungen bei Raps und Weizen kann mit Hilfe der Differenz-Methode die Ausnutzung des Dünger-N für die einzelnen Varianten berechnet werden. Das Vorgehen zur Berechnung der Dünger-N-Ausnutzung soll im folgenden kurz erläutert werden.

(GN Pfl.) ged. = Gesamt-N durch Pflanzen auf den gedüngten Varianten entzogen.

(GN Pfl) unged. = Gesamt-N durch Pflanzen auf den ungedüngten Varianten entzogen.

(N)_D = Menge des Dünger-N

$$\frac{(\text{GN Pfl}) \text{ ged.} - (\text{GN Pfl}) \text{ unged.}}{(N)_D} \times 100 = \% \text{ Dünger-N-Ausnutzung}$$

LOW und PIPER (1957) und WESTERMAN et al., (1972) haben die Differenz-Methode zur Berechnung der N-Ausnutzung ebenfalls benutzt.

Die Ertragszahlen der pflanzlichen N-Entzüge für Raps sind in der Mittlg.I, Tabellen (5) und (12) angegeben.

Die Ausnutzung des Dünger-N im ersten und zweiten Vegetationsjahr durch Raps ist in der Tabelle (46) angegeben.

Demnach liegt die Ausnutzung des Dünger-NO₃-N im ersten Jahr 1974/75 bei der Variante B₄ bei 33,95 % und die Ausnutzung des Dünger-Ammonium-N bei der Variante B₅ bei 38,48 %.

Die höhere Ausnutzung des Ammonium-N auf der Variante B₅ hat offensichtlich die jeweils größeren Trockensubstanz-Erträge und pflanzlichen N-Entzüge pro Gefäß gegenüber der Variante B₄ bewirkt, obwohl diese Unterschiede nicht gesichert sind (siehe Mittlg.I, Abb. 2 u. 3 und Tab. 6). Allgemein liegt die Ausnutzung des Dünger-N in einem Bereich, der in der Literatur auch von anderen Autoren angegeben wird. LOW und PIPER (1957) haben gefunden, daß die Dünger-Ausnutzung von markiertem ¹⁵N (Ammoniumsulfat)

durch Raygras mit Hilfe der Differenz-Methode 37,5 % betrug. WESTERMAN und KURTZ (1974) haben bei Sudangras eine Ausnutzungsrates von 35 % bzw. 31 % für Harnstoff bzw. Oxamid-N berechnet.

Tabelle 46: Ausnutzungsrates (%) für Dünger-N durch die Zwischenfrucht Raps in den beiden Vegetationsperioden 1974/75 und 1975/76
(Nach der Differenz-Methode)

Versuchs- Varianten \ Jahr	1974/75	1975/76
B ₄	33,95%	101,1%
B ₅	38,48%	113,1%

Die Berechnung der Ausnutzung des Dünger-N durch Raps während der Vegetationsperiode 1975/76 erfolgt in der Weise, daß die Variante B₂ als Kontrollvariante für die Variante B₄ und die Variante B₃ als Kontrollvariante für die Variante B₅ herangezogen wurde. Obwohl die Varianten B₂ und B₃ zu Raps nicht mit Stickstoff gedüngt worden sind, haben sie im Vergleich zur Variante B₁ in der Vegetationsperiode 1975/76 fast doppelt soviel Stickstoff mit der Raps-Trockensubstanz entzogen wie die B₁-Variante (siehe Mittlg.I, Tab. 12, Seite 43)

Aus der Tabelle (46) ist zu ersehen, daß die auf diese Art und Weise berechnete Dünger-N-Ausnutzung auf den Varianten B₄ und B₅ im Jahre 1975/76 zwischen 100-113% liegt. Diese hohe Ausnutzungsrates von 100% und darüber läßt vermuten, daß die Stickstoff-Düngung zu Sommerweizen eine starke Nachwirkung auf die nachfolgende Zwischenfrucht ausübte. Es ist selbstverständlich, daß die hohen N-Dünger-

Ausnutzungsraten für Raps im Jahre 1975/76 nicht in der Weise zu interpretieren sind, daß sämtlicher Stickstoff, der zur Zwischenfrucht Raps im Herbst 1975 gedüngt wurde, auch als solcher von den Pflanzen aufgenommen worden ist. Die hohen Ausnutzungsraten deuten aber an, daß während der Vegetationszeit des Rapses erhebliche Umsetzungen der organischen Substanz im Boden stattgefunden haben. Diese Aussage ist hinreichend bei der Besprechung der Zeit-Mengen-Gänge der verschiedenen N-Fractionen (siehe besonders Abschnitt 3.1.4.) belegt und diskutiert worden.

3.2.2. Berechnungen zur Ausnutzung des Dünger-N durch die Hauptfrucht Sommerweizen für beide Vegetationsperioden

Bei der Berechnung der Ausnutzung des Dünger-N, den man zur Hauptfrucht Sommerweizen applizierte, wurde zuerst nach der Differenz-Methode vorgegangen (Differenz-Methode^{*}). Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind in der Tabelle (47) aufgeführt. Wenn man die Ausnutzungsraten der beiden Vegetationsperioden miteinander vergleicht, dann fällt auf, daß eine deutliche Steigerung der Ausnutzungsraten vom Versuchsjahr 1975 nach 1976 zu registrieren ist. Die Dünger-N - Ausnutzung liegt im Jahre 1975 auf den Varianten B₂, B₃ und B₄ zwischen 32-35%, während sie auf der B₅-Variante schon fast bei 50 % liegt. Hiermit wird das Ergebnis der Varianzanalyse zwischen den Varianten B₅ und B₄ oder auch zwischen den Varianten B₅ und B₃ hinsichtlich der Trockensubstanz-Erträge und der pflanzlichen N-Entzüge für die Vegetationsperiode 1974/1975 (siehe Mittlg.I, Tab. 10 Seite 38) voll bestätigt.

^{*}Übliche Differenz-Methode, wie im Abschnitt 3.2.1. beschrieben.

Tabelle 47: Ausnutzungsraten (%) für Dünger-N durch die Hauptfrucht Sommerweizen in den beiden Versuchsjahren 1975 und 1976
(Nach der Differenz-Methode II)

Versuchs- jahr Varianten	1975	1976
B ₂	35,72 %	74,82 %
B ₃	33,60 %	61,76 %
B ₄	32,62 %	98,58 %
B ₅	49,29 %	100,35 %

Die hohen Ausnutzungsraten auf allen Varianten im Versuchsjahr 1976 erscheinen auf den ersten Blick ungewöhnlich groß. Es sei daran erinnert, daß das Jahr 1976 ein ausgesprochenes trockenes Jahr war und Verluste des Dünger-Stickstoffs durch Auswaschung oder Denitrifikation ausgeschlossen werden können (siehe auch Abb. 9 u. 10, Seiten 128 u. 129).

CHENG und KURTZ (1963), FLEIGE et al., (1971 b), RAUHE et al., (1973), FLEIGE und CAPELLE (1974) und KNAPPE et al., (1974) haben festgestellt, daß die Ausnutzungsraten von Dünger-¹⁵N durch den oberirdischen Aufwuchs von Getreide in Feldversuchen in der Regel weniger als 50 % betragen. In Gefäß- und Lysimeter-Versuchen haben KUNDLER (1970), FLEIGE u. CAPELLE (1975) und TESKE u. MATZEL (1976) dagegen gefunden, daß die Ausnutzung durch die Pflanzen 30-70 % erreichen konnte. Die von uns ermittelten Ausnutzungsraten (Tab. 47) stimmen also mit den oben erwähnten Ausnutzungsraten anderer Autoren in der Tendenz überein. Diese Berechnungen zur Ausnutzung des Dünger-N werden im

allgemeinen durchgeführt, wenn lediglich die pflanzlichen N-Entzüge gemessen werden.

Wir haben aber einerseits nicht nur die Erträge und die pflanzlichen N-Entzüge gemessen, sondern andererseits für den gleichen Versuchszeitraum auch sehr detaillierte Untersuchungen zur Gesamt-N- und zur mineralischen pflanzenverfügbaren N-Menge (NI und AMA, siehe auch Abschnitte 3.1.1. und 3.1.2.) durchgeführt. Deshalb können wir die Ausnutzung des zu Beginn der Vegetation im Boden vorhandenen Mengen des mineralischen Stickstoffs (NI + AMA) plus der Menge des mineralisch gedüngten Stickstoffs durch den Sommerweizen aufgrund der vorliegenden Daten sehr genau berechnen.

STANFORD et al., (1973) haben bereits 1973 nach dieser Methode die Dünger-¹⁵N-Ausnutzung in Gefäßversuchen mit Sudangras bestimmt. Sie fanden, daß die Mengen des organisch gebundenen Stickstoffs im Boden, die während der Vegetationsperiode mineralisiert wurden, plus der mineralischen N-Mengen, die zu Beginn der Vegetationsperiode bereits als solche im Boden vorlagen, sehr hoch mit den N-Mengen korrelierten, die von den Gesamtpflanzen (Sproß + Wurzel) aufgenommen wurden. Die durchschnittliche Ausnutzung des mineralischen Stickstoffs, der vor und während der Vegetationsperiode mineralisiert wurde, betrug etwa 85 %, und diese Ausnutzung stimmte sehr gut mit den Ausnutzungsraten für den Dünger-Stickstoff überein. STANFORD et al., (1973)

folgern daraus, daß der mineralische Stickstoff, der sich aus dem während der Vegetation mineralisierten (also bodenbürtigen organisch gebundenen Stickstoff) und dem gedüngten mineralischen Stickstoff rekrutiert, sich, was die Beziehung Mineralisation-Immobilisation anbelangt, als ein einheitlicher "Pool" darstellt.

In Anlehnung an die Arbeit von STANFORD et al., (1973) haben wir die Dünger-N-Ausnutzungsraten für die verschiedenen Varianten in der Weise berechnet, daß der zu Beginn der Vegetationsperiode im Boden bereits vorhandene mineralische, pflanzenverfügbare Stickstoff (NI + AMA) in die Berechnungen mit einbezogen wurde. Diese Methode wird im folgenden auch Differenz-Methode II genannt.

Diese Berechnung soll am Beispiel der B₄-Variante für die Vegetationsperiode 1976 kurz erläutert werden.

Auf der B₄-Variante sind am 31.3.1976 einen Tag vor der Weizenaussaat 32,51 mg NI plus 41,17 mg AMA pro Gefäß im Boden (siehe Tab.6 u. 7 Seite 115 u. 116) enthalten.

das sind zusammen 73,68 mgN/Gefäß

während der Vegetationsperiode 1976	
wurde auf der B ₄ -Variante 282,74 mgN/	
Gefäß gedüngt	282,74 mgN/Gefäß
Mineralischer pflanzenverfügbarer N	
insgesamt	356,42 mgN/Gefäß

Am Ende der Vegetationsperiode sind auf	
der B ₄ -Variante pro Gefäß 461 mgN durch	
die Pflanzen entzogen worden	461. mgN/Gefäß
Auf der B ₄ -Variante sind am Ende der	
Vegetationsperiode 1976 183 mg N/Gefäß	
entzogen worden	183. mgN/Gefäß

$$\frac{461 - 183}{356,42} \times 100 = 77,99 \%$$

Nach der Differenz-Methode II ergibt sich somit eine N-Ausnutzung von 77,99 % für die B₄-Variante.

In der Tabelle (48) sind die entsprechenden Dünger-N-Ausnutzungsraten für Sommerweizen während der beiden Vege-

tationsperioden angegeben. Beim Vergleich der N-Ausnutzungsraten, die nach den beiden vorgestellten Methoden in den Tabellen (47) und (48) angegeben sind, fällt auf, daß die N-Ausnutzungsraten, die nach der Differenz-Methode II (siehe Tabelle 48) berechnet worden sind, im Jahre 1975 auf allen Varianten durchschnittlich 10-15 % niedriger liegen als diejenigen, die nach der Methode I (Tab. 47) berechnet worden sind. Die gleiche Tendenz trifft auch für das Versuchsjahr 1976 zu. Hier liegen die Dünger-N-Ausnutzungsraten im Versuchsjahr 1976 um 20% niedriger, wenn sie nach der Differenz-Methode II (Tab. 48) berechnet werden. Ferner ist zu vermerken, daß im Versuchsjahr 1976 auch eine deutlichere Differenzierung hinsichtlich der Dünger-N-Ausnutzung zwischen den Varianten eintritt. Es zeigt sich ganz deutlich, daß die Varianten B₄ und B₅, auf denen die Zwischenfrucht zusätzlich mit Stickstoff gedüngt wurde, auch eine bessere N-Ausnutzung durch die Hauptfrucht Sommerweizen aufweisen. Diese bessere N-Ausnutzung in der zweiten Vegetationsperiode 1975/1976 (siehe Tab. 48)- insbesondere auf den Varianten B₄ und B₅- stimmt mit den höheren Trockensubstanz-Erträgen und den pflanzlichen N-Entzügen (siehe Mittlg. I, Tabellen 18 und 19 Seiten 57 u. 58) sehr gut überein.

Zur Kommentierung der beiden Differenz-Methoden I und II muß gesagt werden, daß die Differenz-Methode II sicherlich die tatsächlichen Verhältnisse im Boden und somit auch die Dünger-N-Ausnutzung durch den Sommerweizen besser beschreibt als die Methode I. Es ist bekannt, daß die Differenz-Methode I, wie sie üblicherweise angewendet wird, im Vergleich zu ¹⁵N-Methoden eine zu hohe Ausnutzungsrate des Dünger-N angibt.

WESTERMAN und KURTZ (1974) haben gefunden, daß die Differenzmethode die Ausnutzung des Dünger-N, der in Form von Harnstoff und Oxamid appliziert worden war, im Vergleich zur

¹⁵N- Methode im ersten Versuchsjahr mit 35 und 31 % und im zweiten Versuchsjahr mit 23 und 35 % zu hoch angab.

Ein großer Nachteil der Differenz-Methode I ist bekanntlich darin zu sehen, daß man bei Benutzung dieser Methode von der falschen Voraussetzung ausgeht, auf der ungedüngten Variante müsse die Metabolik des Stickstoffs im Boden mit der gleichen Intensität ablaufen wie auf den gedüngten Varianten.

Diese Tatsache ist vielfach in Versuchen nachgewiesen worden, die sich mit dem "Priming Effect" und seinen Folgen befaßt haben (SÖRENSEN 1974, LAURA 1974, 1976).

Damit ist in diesem Abschnitt allein mit Hilfe der Berechnung zur Dünger-N-Ausnutzung nachgewiesen worden, daß über eine Stickstoff -Düngung zur Zwischenfrucht im Herbst im Vergleich zur ungedüngten Zwischenfrucht zusätzlich organisch gebundener leicht mineralisierbarer Stickstoff im Boden aufgebaut und konserviert werden kann, der die Erträge der unmittelbar folgenden Hauptfrucht nachhaltig steigern kann.

Diese Wirkung ist nur über eine verstärkte Mineralisierung des organisch gebundenen Stickstoffs im Boden zu erklären.

Tabelle 48: Ausnutzungsraten (%) für Dünger-N durch die Hauptfrucht Sommerweizen in den beiden Versuchsjahren 1975 und 1976 (Nach der Differenz-Methode II)

Versuchs- jahr Varianten	1975	1976
B ₂	22,04 %	56,78 %
B ₃	20,73 %	48,82 %
B ₄	23,02 %	77,99 %
B ₅	34,77 %	79,42 %

4. ZUSAMMENFASSUNG

4.1. Verteilung und Metabolik des Stickstoffs im Boden

In der Mitteilung II werden die Versuchsergebnisse zur Verteilung und Metabolik des organisch und anorganisch gebundenen Stickstoffs im Boden in Abhängigkeit von der Zeit während zweier Vegetationsperioden dargestellt.

Aufgrund der umfangreichen Untersuchungen können nicht alle Einzelergebnisse in der Zusammenfassung genannt werden. Die Metabolik des Stickstoffs im Boden soll gegliedert nach Gesamtstickstoff und an den N-Fractionen mineralisch und organisch gebundener Stickstoff zusammengefaßt werden.

a.) Gesamtstickstoff

Anhand des Zeitganges der Mengen des Gesamtstickstoffs während der beiden Vegetationsperioden wurde festgestellt, daß der Gesamtstickstoff auf allen Varianten besonders während der Sommermonate starken Schwankungen unterliegt.

Insbesondere auf den bewachsenen Varianten hat die Maßnahme des Zwischenfruchtbaus mit Sommerriaps zu einer Anreicherung des Gesamtstickstoffs im Oberboden geführt. Dieses Phänomen ist auf den Varianten B₄ und B₅, auf denen die Zwischenfrucht Riaps mit Stickstoff gedüngt wurde, im Vergleich zu den korrespondierenden Varianten B₂ und B₃ besonders ausgeprägt. Dort sind die Gesamt-N-Gehalte pro Gefäß signifikant bis hoch signifikant höher.

Die Gesamt-N-Mengen sind auf den bewachsenen Varianten trotz des pflanzlichen N-Entzuges am Ende der zweiten Vegetationsperiode signifikant größer als auf den vergleichbaren Brache-Varianten.

b.) Mineralischer Stickstoff

Der Zeitgang der Mengen des pflanzenverfügbaren mineralischen Stickstoffs (NI und AMa) unterliegt in Abhängigkeit von der Mineraldüngung, von der Witterung und vom

Pflanzenentzug den bekannten starken Schwankungen und kann anhand dieser Ergebnisse voll bestätigt werden.

Auf den Brache-Varianten konnte während der beiden Vegetationsperioden im allgemeinen im Vergleich zu den bewachsenen Varianten eine größere Menge an mineralischem Stickstoff (NI und AMA) nachgewiesen werden.

Der Prozess der Nitrifikation konnte auf den Brache-Varianten, besonders auf den mit Ammonium-N gedüngten Varianten B₃ und B₅, deutlich erkannt werden. Die Mengen des mineralisch fixierten Ammoniums (AMf) unterliegen aufgrund dieser Untersuchungen auf allen Varianten während der beiden Vegetationsperioden nur geringen Schwankungen und sind offensichtlich nur in geringem Umfange an der Umverteilung des Stickstoffs im Boden beteiligt.

c.) organisch gebundener Stickstoff

Die zum Verhalten des Gesamtstickstoffs getroffenen Aussagen gelten ausnahmslos auch für den insgesamt organisch gebundenen Stickstoff im Boden.

Die in dieser Arbeit vorgenommene analytische Trennung zwischen organisch gebundenem nicht hydrolysierbarem Stickstoff (nHy) und organisch gebundenem hydrolysierbarem Stickstoff (NoHy) und dessen weitere Aufgliederung in zahlreiche Unterfraktionen hat ergeben, daß die N-Fraktion nHy zur N-Fraktion HyR auf den meisten Varianten negativ in einigen Fällen signifikant bis hoch signifikant negativ miteinander korreliert ist (siehe Tab. 44 u. 45).

Damit wurde der Nachweis erbracht, daß die beiden N-Fraktionen nHy und HyR hinsichtlich der heterozyklischen Bindungsform des Stickstoffs einander sehr nahe stehen und daß die Trennung dieser beiden N-Fraktionen in nicht hydrolysierbar bzw. hydrolysierbar nur davon abhängig ist, wie fest dieser heterozyklisch gebundene Stickstoff insgesamt in der organischen Substanz des Bodens verankert ist.

Die weitere Fraktionierung des hydrolysierbaren organisch gebundenen Stickstoffs hat ergeben, daß auf allen Varianten

zwischen den Mengen der NoHy-Fraktion einerseits und den Mengen der HyR- und der Σ AS-Fraktion andererseits eine positive in vielen Fällen eine statistisch gesicherte Korrelation (siehe Tabelle 41, Seite 193) besteht.

Das zweite wichtige Ergebnis zu dieser Frage besteht darin, daß auf allen Varianten zwischen den Mengen der HyR-Fraktion und den Mengen der Σ AS-Fraktion eine negative Beziehung vorhanden ist. Dadurch wird deutlich, daß während verstärkter Mineralisationsphasen im Boden nicht notwendigerweise die Menge des Aminosäure-Stickstoffs abnehmen muß, weil an die Mineralisation immer vermehrtes Mikrobewachstum und damit Vermehrung von Mikrobeneiweiß gekoppelt ist.

Ferner ist besonders zu erwähnen, daß die Stickstoff-Mengen der ADe-Fraktion zu den N-Mengen der Σ AS-Fraktion auf allen Varianten mit Ausnahme der B₂-Variante im Jahre 1974/1975 (siehe Tab. 27, Seite 166) positiv und in den meisten Fällen signifikant bis hoch signifikant positiv korreliert sind. Die Beziehung zwischen den N-Mengen der ADe-Fraktion und den N-Mengen der Σ AS-Fraktion schwankt auf allen Varianten sehr stark und läßt keine einheitliche Tendenz erkennen.

d.) Beziehungen zwischen einzelnen N-Fraktionen des Bodens und den pflanzlichen N-Entzügen

Die in Abschnitt 3.1.6. näher erläuterten Korrelations-Berechnungen haben den eindeutigen Beweis erbracht, daß zwischen dem pflanzlichen N-Entzug und den einzelnen von uns ermittelten N-Fraktionen während der Vegetationsperiode durchaus stark divergierende Korrelationen bestehen.

Im ersten Vegetationsjahr 1975 bestand zwischen dem pflanzlichen N-Entzug und den N-Mengen der HyR-Fraktion auf allen gedüngten Varianten eine signifikante negative Beziehung (siehe Tab. 42, Seite 195). Im zweiten Vegetationsjahr war diese Beziehung auf allen Varianten positiv, während stattdessen zwischen den N-Mengen der ADp-Fraktion und dem pflanzlichen N-Entzug auf allen Varianten sich eine negative Korrelation ergab.

Schließlich wurde gefunden, daß zwischen den N-Mengen der

Ade-Fraktion und der Σ AZ-Fraktion zum pflanzlichen N-Entzug des Sommerweizens bis auf die B₁-Variante in beiden Versuchsjahren eine positive Beziehung besteht. (siehe Tabellen 42 und 43). Damit wird indirekt bestätigt, daß offensichtlich der echte Amid-Stickstoff (Ade) als ein Maß für die Aktivität der Mikroorganismen angesehen werden kann.

4.2. Berechnungen zur Dünger-N-Ausnutzung

Die mit Hilfe der Differenzmethode II berechneten Dünger-N-Ausnutzungsraten haben ergeben, daß besonders im zweiten Vegetationsjahr 1976 auf den Varianten B₄ und B₅ im Vergleich zu den korrespondierenden Varianten B₂ und B₃ (siehe Tab. 48, Seite 210) die Dünger-N-Ausnutzung um etwa 20 - 30 % gesteigert werden konnte. Diese Steigerung ist durch die gemessenen höheren Trockensubstanz-Erträge und pflanzlichen N-Entzüge belegt (siehe Mitteilg. I, Tabellen 18 und 19, Seite 57, 58).

Damit ist der Beweis erbracht, daß über die Stickstoff-Düngung zur Zwischenfrucht Raps im Herbst im Vergleich zur ungedüngten Zwischenfrucht zusätzlich leicht metabolisierbarer organisch gebundener Stickstoff im Boden akkumuliert werden kann, der die Erträge der folgenden Hauptfrucht nachhaltig zu steigern vermag.

5. LITERATURVERZEICHNIS

ALDAG, R., 1974:

Zur Bestimmung und Zuordnung des echten Amidstickstoffs in Proteinen, Böden, Huminsäuren und Klärschlämmen
Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 20, 393-399 (1974)

ALDAG, R., 1975:

Verfügbarkeit des Stickstoffs in Ackerböden. Bestimmungsprobleme aus der Sicht der Umverteilung der Stickstoff-Bindungsformen durch Bebrütung
Landwirtsch. Forschg. Sonderheft 32/I, 91-99 (1975)

ALDAG, R., 1977:

Relations between Pseudo-amide nitrogen and humic acid nitrogen released under different hydrolytic conditions
Soil organic matter studies 1, 293-299 (1977)
International Atomic Energy Agency, Vienna

ALDAG, R., H.J. DREWS u. B. MEYER, 1976:

Die Umverteilung des Stickstoffs in verschiedene N-Fractionen von Ackerböden durch Bebrütung in Abhängigkeit von der zugesetzten Kohlenstoffquelle
Landwirtsch. Forschg. Sonderheft 33, (1976)(im Druck)

ANSORGE, H., 1966:

Ergebnisse von 8-jährigen Versuchen zur Überprüfung verschiedener organischer Düngemittel, insbesondere der Strohdüngung auf unterschiedlichen Standorten
Albrecht-Thaer-Archiv 10, 1139-1147 (1966)

ANSORGE, H., M. SCHNEE u. R. JAUERT, 1967:

Beziehung zwischen Vorfrucht und Düngung zu Getreide
Albrecht-Thaer-Archiv 11, 163-169 (1967)

BAUMANN, H., 1956:

Pflanzenphysiologische und bodenkundliche Beobachtungen zur Frage der Beziehungen zwischen Witterungsverlauf und Ernteertrag.
Albrecht-Thaer-Archiv 1, 299-316 (1956)

BAUMANN, H. u. H. MAAß, 1957:

Über den Verlauf des Nitratgehaltes unter verschiedenen Früchten im Ackerboden
Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkunde 79, 155-167 (1957)

BAUWMANN, H. u. U. SCHENDEL, 1952:

Die Dynamik des Wasser- und Nitratgehaltes unter verschiedenen Fruchtbarkeitsbedingungen
Z. Acker- u. Pflanzenbau 95, 47-68 (1952)

BORNHAK, H., K. RAUHE, 1970:

Die Verwertung von ¹⁵N-markiertem Mineraldünger im Gefäßversuch in Abhängigkeit vom Gehalt des Bodens an organischer Substanz
Albrecht-Thaer-Archiv 14, 925-935 (1970)

BRAUN, H., 1972:

Untersuchungen zur Aufnahme und zur Verwertung von Stickstoff durch Getreidebestände unter besonderer Berücksichtigung von Standort- und Sortenunterschieden
Diss. Bonn 1972

BRAUN, H., 1974:

Nitratentwicklung beeinflusst den Kornertrag
Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 8, 216-220 (1974)

BREDEMANN, G., 1945:

Untersuchungen über die Nährstoffaufnahme und den Nährstoffbedarf des Hanfes (Cannabis Sativa)
Z. Bodenkunde u. Pflanzenernähr. 36, 167-204 (1945)

BREMNER, J.M., 1967:

Nitrogen compounds
Soil biochemistry, ed. by Mc LAREN, A.D. and PETERSON, G.H. Marcel DEKKER, Inc. New York, 19-66 (1967)

BROHNER, H., 1974:

Der leicht lösliche Stickstoff in Zusammenhang mit Kenndaten des Bodens und der Rübenentwicklung
Landwirtsch. Forschg. Sonderheft 30/II, 39-44 (1974)

CAMPBELL, C.A., V.O. BIEDERBECK, F.G. WARDER u. G.W. ROBERTSON, 1973:

Effect of rainfall and subsequent drying on nitrogen and phosphorous changes in a dryland fallow loam
Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 37, 909-915 (1973)

CARPENTER, R.W., H.J. HAAS u. W.F. MILES, 1952:

Nitrogen uptake by wheat in relation to nitrogen content of soil
Agronomy Journal 44, 420-423 (1952)

CARTER, J.N., O.L. BENNET u. R.W. PEARSON, 1967:

Recovery of fertilizer nitrogen under field conditions using nitrogen-15
Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 31, 50-56 (1967)

CHENG, H.H. u. L.T. KURTZ, 1963:

Chemical distribution of added nitrogen in soils
Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 27, 312-316 (1963)

CORNFIELD, A.H., 1964:

Effect of period of air-dry storage of soils in
the subsequent accumulation of mineral nitrogen
during incubation
Plant and Soil 20, 260-264 (1964)

EAGLE, D.J., 1966:

Soil nitrogen analysis and their relation to
nitrogen responses in winter wheat
J. Sci. Food Agric. 17, 365-370 (1966)

EBERT, D. u. F. KOBOLD., 1973:

Ein Beitrag zur Wechselwirkung zwischen Vorfrucht
und Stickstoffdüngung bei Sommergerste
Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkunde 17,
249-434 (1973)

EHLERS, W., 1975:

Observation on earth worm channels and infiltration
on tilled and untilled soil
Soil Sc. 119, 242-249 (1975)

EHRMPPFORDT, V. u. H. RÖNSCH, 1973:

Steuerungen von Fruchtfolgewirkungen durch den
Einsatz der Stickstoffdüngung als Intensivierungs-
maßnahme
Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkunde 17,
435-440 (1973)

FENN, L.B. u. D.E. KISSEL, 1974:

Ammonia volatilization from surface applications
of ammonia compounds on calcareous soils:
II. effects of temperature and rate of ammonium
nitrogen application
Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 38, 606-610 (1974)

FLAIG, W., H. BEUTELSPRACHER and E. RIETZ, 1975:

"Chemical composition and physical properties of
humic substances" in: Soil components Vol I, S. 1-211,
(Giesekeing, J.E., Ed.) Springer, New York (1975)

FLEIGE, H. 1975:

Veränderungen der C- und N-Gehalte sowie der N-
Fraktionen in unbearbeiteten Acker-Parabraunerden
aus Löss
Göttinger Bodenkundliche Berichte 34, 215-231 (1975)

FLEIGE, H. and K. BAEUMER, 1974:

Effect of zero-tillage on organic carbon and total
nitrogen content, and their distribution in different
N-fractions in loessal soils
Agro-Ecosystems 1, 19-29 (1974)

FLEIGE, H. u. A. CAPELLE, 1974:

Feldversuche über den Verbleib von markiertem Düngerstickstoff in Boden und Pflanze
Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 20,
400-408 (1974)

FLEIGE, H. u. A. CAPELLE, 1975:

Bilanz und Umverteilung von markiertem Dünger-N
Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 22,
375-384 (1975)

FLEIGE, H., B. MEYER u. H. SCHOLZ, 1971 a:

Fraktionierung des Bodenstickstoffs für N-Haushaltsbilanzen
Göttinger Bodenkundl. Ber. 18, 1-37 (1971)

FLEIGE, H., B. MEYER u. H. SCHOLZ, 1971 b:

Bilanz und Umwandlung der Bindungsformen von Boden- und Dünger-Stickstoff (^{15}N) in einer Acker-Parabraunerde aus LÖB
Göttinger Bodenkundl. Ber. 18, 39-86 (1971)

FREDE, H.G., H. GEBHARDT u. B. MEYER, 1975 a:

Größe, Ursache und Bedingungen von Boden- und Dünger-N-Verlusten durch Denitrifikation aus dem Ap-Horizont einer Acker-Parabraunerde aus LÖB
Mitteilg. I: Labor-Modell-Versuche mit natürlichen Boden-Monolithen
Göttinger Bodenkundl. Ber. 34, 69-166 (1975)

FREDE, H.G., H. GEBHARDT u. B. MEYER, 1975 b:

Größe, Ursache und Bedingungen von Boden- und Dünger-N-Verlusten durch Denitrifikation aus dem Ap-Horizont einer Acker-Parabraunerde aus LÖB
Mitteilg. II: Freiland-Versuche mit verschiedenen N-Dünger-Formen, Brache und Bewuchs
Göttinger Bodenkundl. Ber. 34, 167-213 (1975)

FÜHR, F. u. J.M. BRENNER, 1964 a:

Beeinflussende Faktoren in der Fixierung des Nitratstickstoffs durch die organische Masse des Bodens
Atompraxis 10, 109-113 (1964)

FÜHR, F. u. J.M. BRENNER, 1964 b:

Untersuchung zur Fixierung des Nitritstickstoffs durch die organische Masse des Bodens
Landwirtsch. Forschg. Sonderh. 18, 43-51 (1964)

GEBHARDT, H., 1974:

Boden- und Düngerstickstoff-Umsatz in einer LÖB-Ackerparabraunerde während der Vegetationsperiode 1973
Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 18, 208-217 (1974)

GLIEMEROTH, G., 1958:

Stickstoffverlagerung über Winter in Abhängigkeit
von der Wasserführung eines Lösslehmbo-
dens
Z. Acker- und Pflanzenbau 107, 129-146 (1958)

HADAS, A., U. KAFKAFI u. A. PELED, 1975:

Initial release of nitrogen from ureaform under
field conditions
Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 39, 1103-1105 (1975)

HAIDER, K., L.R. FREDERICK u. W. FLAIG, 1965:

Relations between amino acid compounds and phenols
during oxidation
Plant and Soil 22, 49-64 (1965)

HARADA, T. and R. HAYASHI, 1968:

Studies the organic nitrogen becoming decomposable
through the effect of drying soil
Soil Sci. Plant Nutr. 14, 13-19 (1968)

HARMSSEN, G.W., 1959:

Was kann uns die Bestimmung des Gehaltes löslichen
Stickstoffs im Boden lehren?
Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkunde 84, 98-102 (1959)

HERZOG, R., O. BOSSE u. H. IGEL, 1969:

Wirkung unterschiedlich intensiver Bearbeitung
eines anlehmigen Sandbodens auf einige Boden-
eigenschaften und verschiedene Merkmale der
Pflanzenentwicklung
Albrecht-Thaer-Archiv 13, 1061-1069 (1969)

JUNG, J. u. S. JÜRGENS-GSCHWIND, 1974:

Die Stickstoffbilanz des Bodens, dargestellt an
Lysimeterversuchen
Landwirtsch. Forschg. Sonderh. 30/II, 57-77 (1974)

KEENEY, D.R. u. J.M. BREMNER, 1964:

Effect of cultivation on the nitrogen distribution
on soil
Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 28, 653-656 (1964)

KNAPPE, S., K. RAUHE, M. SPITZL u. W. DRAUSCHKE, 1974:

Ertragsbildung und Ausnutzung von Dünger- und Boden-
stickstoff auf Parzellen des Dauerdüngungsversuches
"Ewiger Roggenbau" Halle nach Düngung mit ¹⁵N-mar-
kiertem Harnstoff
Archiv Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde 18,
3-14 (1974)

KÖHNLEIN, J. u. H. VETTER, 1963:

Ergebnisse 10-jähriger Feldversuche mit Stroh-
und Stallmistdüngung auf Parabraunerde und Heide-
podsol
Z. Acker- u. Pflanzenbau 117, 379-394 (1963)

KÜRTEŦ, P.W. u. H. TROST, 1974:

Wirkung zwölfjähriger unterschiedlicher organischer
Düngung in einer getreidereichen Fruchtfolge auf
Sandboden
Landwirtsch. Forschg. 30/II, 153-166 (1974)

KUNDLER, P., 1970:

Ausnutzung, Festlegung und Verluste von Dünge-
mittel-Stickstoff
Albrecht-Thaer-Archiv 14, 191-210 (1970)

KUSUETSOWA, A.W., 1955:

Der Gehalt an Nitraten in den Böden des Gebietes
TSCHELJABINSK in verschiedenen Jahreszeiten (russ.)
Agrobiologiza H. 5, 108-112 (1955)
Zit. nach Pflanzenernähr. Düng. Bodenkunde 72,
277-278 (1956)

LAMPE, D., 1977:

Untersuchungen zur Mineralisation und Umverteilung
von Stickstoff in Ackerböden gegen Ende der Vege-
tationsperiode von Zuckerrüben mit Hilfe der Be-
br tungsmethode
Diplomarbeit, Ldw. Fakultät der Universität Göttingen
April(1977)

LAURA, R.D., 1974:

Effects of neutral salts on carbon and nitrogen
mineralization of organic matter in soil
Plant and Soil 41, 113-127 (1974)

LAURA, R.D., 1976:

Effect of alkali salts on carbon and nitrogen
mineralization of organic matter in soil
Plant and Soil 44, 587-596 (1976)

LOW, A.J. and E.E. ARMITAGE, 1970:

The composition of the leachate through cropped and
uncropped soils in lysimeter compared with that
of the rain
Plant and Soil 33, 393-411 (1970)

LOW, A.J. and F.J. PIPER, 1957:

Nitrogen, sulphur and carbon uptake from some nitrogen
fertilizers using ^{15}N , ^{35}S and ^{13}C as tracers
J. Agr. Sci. 49, 56-59 (1957)

MAAB, G., 1956:

Beiträge zum mineralischen Stickstoffhaushalt des
Bodens beim Kartoffelbau
Albrecht-Thaer-Archiv 1, 185-248 (1956)

Mba-CHIBOGU, C., B. MEYER u. P. NARAIN, 1975:

Boden- und Dünger (^{15}N)-Stickstoff in Ackerpara-
braunerden aus Löß: Jahresbilanz und Umverteilung
auf verschiedene N-Bindungsformen in Abhängigkeit
vom Bewuchs, N-Düngungsform und Zusatz von Nitrifi-
kationshemmern
Göttinger Bodenkundl. Ber. 34, 1-67 (1975)

MEYER, B. u. K. SCHEFFER, 1970:

Veränderung des N- und K-Haushaltes einer Para-
braunerde aus mächtigem Würmlöß durch Tiefumbruch
Göttinger Bodenkundl. Ber. 16, 125-168 (1970)

OWENS, L.D., 1960:

Nitrogen movement and transformations in soil as
evaluated by a lysimeter study utilizing isotopic
nitrogen
Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 24, 372-376 (1960)

PAAUW, F.v.d., 1962:

Effect of winter rainfall on the amount of nitrogen
available to crops
Plant and Soil 16, 361-380 (1962)

PAAUW, F.v.d., 1972:

Quantification of the effect of weather conditions
prior to the growing season on crop yields
Plant and Soil 37, 375-388 (1972)

PFÄFF, C., 1949:

Lysimeterversuche
Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkunde 48, 93-118 (1949)

PFÄFF, C., 1958:

Einfluß der Beregnung auf die Nährstoffauswaschung
bei mehrjährigem Gemüsebau
Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkunde 80, 93-108 (1958)

PFÄFF, C., 1963:

Das Verhalten des Stickstoffs im Boden nach lang-
jährigen Lysimeterversuchen I. Mitteilung
Z. Acker- u. Pflanzenbau 117, 77-99 (1963)

PIPER, T.J. u. A.M. POSNER, 1972:

Humic acid nitrogen
Plant and Soil 36, 595-598 (1972)

RAUHE, K., F. FICHTNER, E. FICHTNER, E.KNAPPE u. W.DRAUSCHKE, 1973:

Quantifizierung der Wirkung organischer und minera-
lischer Stickstoffdünger auf Pflanzen und Boden unter
besonderer Berücksichtigung ^{15}N -markierter tierischer
Exkremente
Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkunde 17,
907-916 (1973)

RHEINWALD, H., 1933:

Die Nitratkonzentration der Bodenlösung und ihre
Höhe bestimmenden Faktoren
Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkunde A 30, 82-98 (1933)

SCHNEFFER, B. u. H.G. FREDE, 1975:

Freiland-Versuche zur Quantifizierung von Verlusten
und Gewinnen an mineralischem Stickstoff in einer
Acker- Parabraunerde aus LÖß unter Zuckerrüben
(Variationen: Brache und Zusatzbewässerung)
Göttinger Bodenkundl. Ber. 34, 295-313 (1975)

SCHNEFFER, F. u. B. ULRICH, 1960:

Lehrbuch der Agrikulturchemie und Bodenkunde III
Humus und Humusdünger
Ferd. Enke Verl. Stuttgart, 266 S.

SCHENDEL, U., 1953:

Untersuchung über die Nachwirkung fruchtbarkeits-
steigernder Maßnahmen in der Ackerkrume eines
lehmigen Sandbodens
Z. Acker- u. Pflanzenbau 96, 493-518 (1953)

SCHIBERTH, W. u. G. FISCHBECK, 1970:

Sortenbedingte Differenzen im Nitratspiegel der
Ackerkrume unter Winterweizen und im Verlauf der
Stickstoffspeicherung in der oberirdischen Pflan-
zensubstanz (Vergleich der Sorten Anda und Carsten
VIII in zwei Vegetationsjahren)
Z. Acker- u. Pflanzenbau 131, 159-172 (1970)

SÖRENSEN, L.H., 1974:

Rate of decomposition of organic matter in soil
as influenced by repeated air drying-rewetting
and repeated addition of organic material
Soil Biology and Biochemistry 6, 287-292 (1974)

SPITZL, M. u. J. GARZ, 1974:

Quantitative Veränderungen von organisch gebunde-
nem Stickstoff in Abhängigkeit von Düngung und
Bodentiefe
Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkunde 18,
691-698 (1974)

STANFORD, G., S. DZIENIA and R.A. VANDERPOL, 1975:

Effect of temperature on denitrification rate
in soils
Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 39, 867-870 (1975)

STANFORD, G. and E. EPSTEIN, 1974:

Nitrogen mineralization - water relations in soils
Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 38, 103-107 (1974)

STANFORD, G., J.O. LEGG and S.J. SMITH, 1973:

Soil nitrogen availability evaluations based on nitrogen mineralization potentials and uptake of labeled and unlabeled nitrogen by plants
Plant and Soil 39, 113-124 (1973)

STANFORD, G., L.N. CARTER and S.J. SMITH, 1974:

Estimates of potentially mineralizable soil nitrogen based on short-term incubations
Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 38, 99-102 (1974)

STEWART, B.A. and H.v. EICK, 1958:

The movement of surface - applied nitrate into soils at five moisture levels
Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 22, 260-262 (1958)

TENAKA, A. and S.A. NAVASERO, 1964:

Verluste von Stickstoff aus der Reispflanze durch Regen oder Tau
Soil Sci. Plant Nutrit 10, 36-39 (1964)

TESKE, W. u. W. MATZEL, 1976:

Stickstoffauswaschung und Stickstoffausnutzung durch die Pflanzen in Feldlysimetern bei Anwendung von ¹⁵N-markiertem Harnstoff
Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkunde 20, 489-502 (1976)

VÖMEL, A., 1974:

Der Nährstoffumsatz in Boden und Pflanze aufgrund von Lysimeterversuchen
Z. Acker- u. Pflanzenbau 3, 94 Seiten (1974)

WEIGER, H. u. K. KREUTZER, 1975:

Nitratauswaschung nach Kalkammonsalpeterdüngung in der Forstwirtschaft
Mitteilg. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 22, 287-300 (1975)

WESTERMAN, R.L. and L.T. KURTZ, 1973:

Priming effect of ¹⁵N-labeled fertilizers on soil nitrogen in field experiments
Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 37, 725-727 (1973)

WESTERMAN, R.L. and L.T. KURTZ, 1974:

Isotopic and nonisotopic estimations of fertilizer nitrogen uptake by sudangrass in field experiments
Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 38, 107-109 (1974)

WESTERMAN, R.L., L.T. KURTZ and R.D. HAU CK, 1972:

Recovery of ¹⁵N-labeled fertilizers in field experiments
Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 36, 82-86 (1972)

WETZELAAR, R., 1962:

Nitrate distribution on tropical soils
III Downward movement and accumulation of nitrate
in the subsoil
Plant and Soil 16, 19-31 (1962)

WICHTMANN, H., 1974:

Jahreszeitliche Schwankungen im Nitratgehalt
von Parabraunerde-Profilen
Landwirtsch. Forschg. Sonderh. 30/II, 45-57 (1974)

6. TABELLENANHANG

Legende zu den Tabellen Nr. 1 - 10:

Die Zahlen in diesen Tabellen geben den Gehalt an Stickstoff in den einzelnen aufgeführten N-Fractionen in $\mu\text{g} / \text{g}$ Boden (ppm) zu verschiedenen Probenahme-Terminen über den gesamten Versuchszeitraum der beiden Vegetationsperioden an.

Die in jeder Fraktionszeile übereinander stehenden Zahlen geben den N-Gehalt im Ober- bzw. Unterboden an.

Zur Erläuterung der Abkürzungen der einzelnen N-Fractionen sei auf Seite (95) verwiesen.

Tab. (1) Variante B₁

N- Fraktionen	1974		1975														1976													
	9.11.	10.12.	8. 1.	22. 4.	30. 4.	14. 5.	27. 5.	10. 6.	20. 6.	1. 7.	14. 7.	5. 8.	19. 9.	16.10.	17.11.	15. 1.	23. 2.	31. 3.	4. 5.	19. 5.	1. 6.	11. 6.	25. 6.	14. 7.	9. 8.	10.10.				
NI	0 0	0 0	0 0	14 13	13 13	7 7	4 4	2 2	4 4	8 8	7 7	9 9	0 0	0 0	3 0	0 0	3 0	6 7	15 12	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0	0 0	0 0				
AMa	3 3	8 8	8 8	13 13	14 14	8 8	2 2	4 4	4 4	6 6	6 6	21 21	0 0	1 1	7 1	3 3	0 0	7 7	5 5	0 0	0 0	0 0	0 0	3 1	0 0	0 0				
AMf	102 102	112 112	126 126	133 133	140 140	98 98	126 126	119 119	105 105	126 126	105 105	112 112	109 109	105 105	88 105	84 91	112 119	98 94	91 84	101 101	133 105	91 87	91 84	91 98	112 122	56 63				
AMhy	246 246	233 233	213 213	238 238	198 198	242 242	267 267	234 234	246 246	249 249	245 245	289 289	218 218	241 241	192 198	175 190	220 194	268 228	221 193	199 183	188 163	186 173	226 169	210 172	200 210	195 204				
AMhy -AM(a+f)	141 141	113 113	79 79	92 92	44 44	136 136	139 139	111 111	137 137	117 117	124 124	156 156	109 109	135 135	97 91	88 95	108 74	163 126	124 105	115 81	55 58	95 85	135 85	116 73	88 87	136 141				
AS s.n	268 268	288 288	241 241	254 254	252 252	230 230	271 271	261 261	265 265	256 256	219 219	240 240	245 245	246 246	243 249	226 237	273 228	261 256	282 227	277 222	248 210	255 230	268 205	310 216	292 233	268 237				
AS b	161 161	122 122	116 116	137 137	120 120	125 125	118 118	102 102	104 104	98 98	91 91	89 89	87 87	89 89	85 79	76 80	102 80	90 83	97 76	102 78	78 66	86 74	84 71	102 67	93 76	94 83				
Σ AS	419 419	410 410	357 357	391 391	372 372	355 355	389 389	363 363	369 369	354 354	310 310	329 329	333 333	335 335	328 329	302 318	375 308	351 340	379 303	379 300	326 276	341 304	352 276	412 283	385 309	362 320				
Σ AZ	34 34	28 28	30 30	37 37	37 37	31 31	35 35	37 37	35 35	38 38	37 37	27 27	30 30	30 30	55 49	50 57	62 47	59 57	65 60	61 53	52 50	54 51	61 53	65 54	69 57	48 41				
ADe	34 34	36 36	30 30	33 33	34 34	30 30	37 37	37 37	37 37	35 35	27 27	31 31	34 34	32 32	34 31	32 33	35 31	35 32	39 32	37 31	33 28	39 31	26 37	42 30	38 31	39 31				
ADp	107 107	77 77	49 49	59 59	10 10	106 106	102 102	74 74	100 100	82 82	97 97	125 125	75 75	103 103	63 60	56 50	73 43	128 94	86 72	78 50	22 30	56 54	99 58	74 43	50 56	97 110				
Hy R	211 211	281 281	321 321	346 346	373 373	300 300	198 198	283 283	183 183	199 199	227 227	188 188	266 266	203 203	244 228	257 180	211 278	85 159	245 221	222 203	232 210	266 192	208 279	188 261	232 203	329 212				
Hy	910 910	952 952	921 921	1029 1029	993 993	935 935	911 911	919 919	837 837	848 848	826 826	842 842	847 847	809 809	822 805	784 745	871 819	769 791	925 789	861 740	798 700	847 721	847 777	876 770	882 780	934 777				
n Hy	193 193	119 119	185 185	98 98	162 162	185 185	181 181	159 159	241 241	248 248	245 245	243 243	182 182	248 248	214 220	238 203	249 246	400 252	328 247	350 278	357 322	277 294	336 245	279 242	273 233	242 301				
ASP+GLU	67 67	72 72	60 60	66 66	68 68	59 59	74 74	75 75	74 74	69 69	54 54	62 62	63 63	64 64	67 61	63 60	64 64	70 64	77 63	74 61	65 65	67 62	72 53	84 59	76 62	67 61				
N t	1103 1103	1071 1071	1106 1106	1127 1127	1155 1155	1120 1120	1092 1092	1078 1078	1078 1078	1096 1096	1071 1071	1085 1085	1029 1029	1057 1057	1036 1026	1022 948	1120 1015	1169 1043	1253 1036	1211 1018	1155 1022	1184 1015	1183 1022	1155 1012	1155 1018	1176 1078				
C t	114 114	102 102	108 108	108 108	102 102	108 108	117 117	105 105	114 114	102 102	114 114	108 108	108 108	102 102	120 115	117 109	104 96	107 96	112 99	111 98	105 105	117 102	123 98	126 95	111 108	126 117				

Tab. (2) Variante B2

N- Fraktionen	1974		1975															1976									
	911.	1012.	8. 1.	22. 4.	30. 4.	14. 5.	27. 5.	10. 6.	20. 6.	1. 7.	14. 7.	5. 8.	19. 9.	16.10.	17.11.	15. 1.	23. 2.	31. 3.	4. 5.	19. 5.	1. 6.	11. 6.	25. 6.	14. 7.	9. 8.	10.10.	
NI	0 0	0 0	0 0	14 14	25 16	10 18	4 7	0 2	4 7	3 12	0 0	6 0	0 0	0 0	0 4	0 0	3 0	7 6	4 3	6 0	0 0	0 0	12 0	10 3	0 0	0 0	
AM a	3 3	8 8	8 8	13 13	8 11	6 8	3 0	2 2	6 6	8 14	0 0	13 8	0 0	2 0	1 3	4 4	0 0	8 7	0 0	3 0	0 0	0 0	0 0	6 0	0 0	9 5	
AM f	102 102	112 112	126 126	133 133	154 147	91 119	126 126	119 126	140 112	133 116	109 116	123 116	112 105	112 107	105 84	84 112	112 119	98 91	91 105	105 108	112 112	77 91	98 91	105 112	119 119	119 112	
AM hy	246 246	233 233	213 213	238 238	232 207	235 218	275 240	237 202	243 216	245 260	248 244	252 250	255 210	222 206	190 257	190 191	218 208	214 233	245 192	214 204	165 167	223 188	198 185	223 206	232 237	184 190	
AMhy -AM(a+f)	141 141	113 113	79 79	92 92	60 69	138 91	146 114	116 74	98 98	104 134	135 132	116 126	143 105	108 99	84 169	102 73	106 89	118 128	154 101	106 95	73 45	146 97	100 94	112 91	113 118	56 73	
AS s,n	268 268	288 288	241 241	254 254	258 259	248 231	259 258	261 217	261 244	272 249	250 280	240 231	281 239	275 232	243 228	243 228	270 254	263 240	308 227	261 219	251 214	323 242	286 234	322 238	313 254	261 233	
AS b	161 161	122 122	116 116	137 137	112 112	105 114	129 104	105 92	102 98	101 98	95 99	90 83	134 84	107 87	85 81	84 75	97 84	93 81	107 77	92 80	78 64	115 76	91 71	107 77	97 81	87 82	
Σ AS	419 419	410 410	357 357	391 391	370 379	353 345	388 362	367 309	363 342	373 347	345 379	339 314	415 323	382 319	328 310	332 303	367 338	356 322	415 304	353 299	349 278	438 318	377 305	429 315	410 335	348 315	
Σ AZ	34 34	28 28	30 30	37 37	32 32	24 22	39 36	37 33	36 34	39 36	35 41	26 25	38 30	33 32	57 55	56 54	54 57	60 56	58 60	58 55	54 49	65 59	60 55	71 62	70 64	60 51	
AD e	34 34	36 36	30 30	33 33	33 30	34 30	39 34	37 30	36 33	37 37	32 37	45 45	37 32	33 31	32 31	35 31	36 35	35 32	42 32	35 31	33 29	44 32	38 31	44 33	43 37	32 32	
ADp	107 107	77 77	49 49	59 59	27 19	109 51	107 80	79 44	61 65	67 100	103 95	71 81	106 73	75 69	52 88	67 43	70 54	83 45	112 69	71 64	40 16	102 64	62 63	68 58	70 81	23 41	
Hy R	211 211	281 281	321 321	346 346	381 398	333 351	244 321	206 240	226 197	192 225	237 158	258 241	160 242	301 265	251 205	227 208	215 242	252 208	288 207	250 242	252 334	282 185	330 260	285 236	240 178	255 214	
Hy	910 910	952 952	921 921	1029 1029	1040 1024	955 954	950 966	847 786	872 861	871 880	861 826	881 830	868 805	938 822	926 832	805 756	857 847	889 825	1019 766	881 801	840 828	1008 751	978 805	1018 822	952 815	847 770	
n Hy	193 193	119 119	185 185	98 98	234 166	200 236	132 126	252 275	234 207	291 240	217 252	211 213	221 210	294 154	262 249	310 234	263 167	280 298	381 277	197 220	315 201	303 303	303 238	319 228	280 243	301 350	
ASP+GLU	67 67	72 72	60 60	66 66	65 60	67 59	78 67	73 60	71 65	73 67	64 74	90 89	74 63	66 60	64 61	69 62	72 70	70 64	84 61	70 62	65 57	87 65	75 62	88 65	85 73	64 64	
N t	1103 1103	1071 1071	1106 1106	1127 1127	1274 1190	1155 1190	1092 1092	1099 1061	1106 1068	1162 1120	1078 1078	1092 1043	1089 1015	1232 976	1092 1081	1015 990	1120 1015	1169 1123	1400 1043	1075 1022	1155 1029	1304 1054	1281 1043	1337 1050	1232 1059	1148 1120	
C t	114 114	102 102	108 108	108 108	102 105	108 108	117 114	108 105	114 114	96 102	114 114	111 108	111 108	111 103	120 103	118 100	107 99	104 96	115 105	111 98	120 111	132 105	117 102	132 105	123 96	105 99	

Tab. (3) Variante B3

Probe - nahme- termin N- Fraktionen	1974		1975														1976									
	9.11.	10.12.	8. 1.	22. 4.	30. 4.	14. 5.	27. 5.	10. 6.	20. 6.	1. 7.	14. 7.	5. 8.	19. 9.	16.10.	17.11.	15. 1.	23. 2.	31. 3.	4. 5.	19. 5.	1. 6.	11. 6.	25. 6.	14. 7.	9. 8.	10.10.
NI	0 0	0 0	0 0	14 14	14 14	7 8	6 0	2 3	8 7	7 6	7 1	0 0	0 8	0 0	6 3	0 0	1 0	4 4	12 3	3 0	3 0	0 0	0 0	13 5	3 3	0 0
AMa	3 3	8 8	8 8	13 13	22 20	7 4	5 3	2 2	10 7	7 3	3 0	6 6	0 3	3 2	0 6	3 5	1 0	10 6	42 9	7 0	7 0	0 0	24 3	18 5	3 2	5 0
AMf	102 102	112 112	126 126	133 133	133 147	112 98	119 126	105 105	112 112	133 133	144 114	126 112	126 123	112 107	126 91	84 91	119 105	98 94	119 91	98 112	119 105	98 87	98 105	119 126	112 129	133 91
AMhy	246 246	233 233	213 213	238 238	240 236	226 202	263 268	188 350	230 206	268 230	260 247	245 276	233 208	214 224	216 190	197 194	225 246	207 243	218 190	253 204	165 156	181 184	233 178	219 210	236 203	197 182
AMhy -AM(a+f)	141 141	113 113	79 79	92 92	85 69	107 100	139 139	81 243	108 87	128 94	143 132	113 158	107 82	99 115	90 93	110 110	105 144	99 142	57 90	148 92	39 91	83 96	111 70	82 79	121 73	59 91
AS s,n	268 268	288 288	241 241	245 245	218 263	238 209	274 264	269 279	287 229	260 236	243 244	234 226	272 235	225 239	286 204	251 217	298 261	269 232	264 201	261 229	226 213	306 216	296 236	277 245	298 243	233 236
AS b	161 161	122 122	116 116	137 137	104 127	113 99	109 111	115 113	103 82	120 94	87 84	88 83	94 85	95 90	98 74	83 82	101 85	96 78	86 73	93 80	78 67	78 68	88 73	89 66	95 76	79 80
Σ AS	419 419	410 410	357 357	391 391	322 390	351 308	383 375	384 392	390 311	380 330	330 328	322 309	366 320	320 345	384 278	334 308	399 346	365 310	350 274	354 309	304 280	384 284	384 309	366 311	393 319	312 316
Σ AZ	34 34	28 28	30 30	37 37	28 39	28 39	38 43	42 37	42 32	36 29	32 35	25 19	26 33	31 29	61 53	57 51	65 56	61 57	53 52	57 58	52 51	55 55	57 53	65 61	68 61	54 48
ADe	34 34	36 36	30 30	33 33	29 35	31 27	36 35	35 38	39 31	34 32	33 30	43 30	35 31	31 30	39 30	34 31	41 37	36 28	36 31	35 28	31 28	50 28	38 31	37 34	42 31	31 31
ADp	107 107	77 77	49 49	59 59	56 34	76 103	104 104	46 205	69 56	94 62	110 100	70 128	72 51	68 85	51 68	76 67	64 107	63 110	21 62	113 61	8 23	33 67	73 39	45 45	79 37	28 60
Hy R	211 281	281 281	321 321	346 346	481 441	436 252	313 293	296 223	239 206	198 278	218 216	210 194	215 255	193 226	189 193	188 156	199 251	247 195	247 217	312 241	248 229	257 286	297 188	263 238	347 287	
Hy	910 910	952 952	921 921	1029 1029	1083 1120	948 966	1003 938	912 1004	904 763	889 874	847 827	802 798	840 827	910 854	860 801	777 738	876 808	928 774	852 773	864 787	836 735	868 752	931 826	951 775	962 825	910 833
n Hy	193 193	119 119	185 185	98 98	182 172	235 165	103 140	180 60	188 229	287 267	273 356	262 294	249 220	214 180	246 224	322 301	328 213	284 248	275 224	333 301	354 301	308 294	357 261	316 221	242 231	231 231
ASP+GLU	67 67	72 72	60 60	66 66	58 70	62 54	72 70	70 76	61 61	67 64	65 63	86 59	70 61	63 61	77 49	68 62	81 73	71 62	71 56	69 62	61 56	101 57	75 62	74 68	83 72	61 61
N t	1103 1103	1071 1071	1106 1106	1127 1127	1267 1292	1183 1131	1106 1078	1092 1064	1092 1092	1176 1141	1120 1183	1064 1092	1089 1047	1124 1034	1106 1025	1099 1032	1204 1022	1155 1059	1197 1043	1101 1011	1190 1036	1176 1046	1288 1085	1267 1036	1183 1067	1141 1064
C t	114 114	102 102	108 108	108 108	108 108	108 105	111 102	108 114	111 114	114 108	108 105	114 108	114 114	111 108	114 108	107 100	112 97	109 96	108 98	114 96	123 102	123 105	126 108	120 105	108 95	111 105

Tab. (4) Variante B₄

N- Fraktionen	1974		1975															1976									
	9.11.	10.12.	8. 1.	22. 4.	30. 4.	14. 5.	27. 5.	10. 6.	20. 6.	1. 7.	14. 7.	5. 8.	19. 9.	16.10.	17.11.	15. 1.	23. 2.	31. 3.	4. 5.	19. 5.	1. 6.	11. 6.	25. 6.	14. 7.	9. 8.	10.10.	
NI	0 0	8 8	0 0	10 10	29 10	8 15	0 4	0 3	7 6	3 10	4 6	0 0	15 0	0 0	0 10	0 3	7 4	7 4	69 11	21 0	0 0	0 0	19 7	39 14	6 4	0 0	
AMa	7 7	4 4	5 5	8 8	8 7	7 6	5 4	2 4	8 6	1 7	4 1	8 2	1 1	0 0	0 3	0 0	1 0	7 6	9 7	8 0	0 0	0 0	0 0	6 3	3 0	0 0	
AMf	112 112	112 112	140 140	154 154	112 98	98 112	126 119	119 112	112 105	112 112	114 114	112 105	112 119	116 115	91 119	84 98	98 98	105 91	91 84	98 94	105 98	91 93	98 98	112 112	119 112	112 112	
AMhy	248 248	268 268	212 212	366 366	212 224	228 186	316 263	356 404	229 228	260 243	310 308	241 240	213 213	205 204	205 197	188 174	228 194	210 193	211 216	223 196	191 288	211 190	191 202	261 229	219 227	182 175	
AMhy -AM(a+f)	129 129	152 152	67 67	204 204	92 119	123 68	185 140	235 288	109 117	127 124	192 193	121 133	100 93	89 88	114 75	104 95	129 95	98 91	111 125	117 102	86 190	120 96	104 104	143 143	97 115	70 63	
AS s,n	313 313	274 274	232 232	198 198	267 264	259 211	271 276	281 265	264 277	247 235	286 237	239 241	256 251	250 234	282 254	269 224	304 241	288 233	245 207	336 231	215 230	322 237	290 242	331 253	323 248	267 219	
AS b	180 180	163 163	130 130	117 117	94 90	117 99	118 115	120 112	98 101	105 89	88 82	83 81	90 90	92 86	93 83	91 81	103 79	89 73	122 79	86 79	107 74	89 79	106 66	102 83	87 75		
Σ AS	493 493	437 437	360 315	315 315	361 394	376 310	389 391	401 377	362 378	352 324	374 319	322 341	346 320	342 320	375 338	360 297	405 322	391 312	334 270	458 311	301 309	329 321	379 321	437 319	425 382	354 294	
Σ AZ	33 33	45 45	33 33	30 30	34 35	18 24	40 44	40 36	37 39	38 38	38 37	29 38	29 32	31 27	66 59	59 53	62 49	63 54	61 56	54 54	50 53	56 56	54 59	67 66	72 69	51 51	
ADe	39 39	35 35	29 29	32 32	35 32	35 27	40 38	37 35	36 39	33 30	36 31	32 32	34 31	33 29	39 34	37 31	41 33	38 33	33 29	45 31	34 31	42 32	39 33	46 35	45 38	37 28	
ADp	90 90	117 117	38 38	172 172	57 87	88 41	145 102	198 252	74 78	114 94	156 162	89 101	66 62	56 56	75 41	67 44	88 62	60 60	78 94	72 70	52 169	78 64	54 71	97 79	52 74	33 35	
Hy R	129 129	244 244	316 316	248 248	443 362	341 373	267 240	218 226	226 237	222 227	132 122	234 167	266 254	218 264	236 210	240 234	194 260	232 220	283 197	357 291	291 113	414 229	352 188	236 206	250 121	420 250	
Hy	903 903	994 994	921 921	969 969	1079 1025	971 908	1012 942	1015 1046	861 888	875 962	858 790	826 767	869 840	896 815	832 815	847 763	896 830	903 785	951 760	1120 791	833 773	1008 791	999 777	1040 833	972 804	1008 770	
n Hy	67 67	123 123	129 129	249 249	227 333	254 240	94 164	77 46	245 204	315 151	332 330	228 322	216 245	221 219	252 226	280 264	266 209	343 321	400 311	336 220	420 273	336 252	289 266	295 224	281 256	301 287	
ASP+GLU	77 77	69 69	57 57	64 64	70 64	69 53	81 76	74 72	70 78	66 59	72 62	64 64	67 63	65 59	77 69	74 66	82 66	76 61	65 59	89 62	68 61	83 63	77 66	91 70	90 80	73 55	
N t	970 970	1117 1117	1050 1050	1218 1218	1306 1358	1225 1148	1106 1106	1092 1092	1106 1092	1190 1113	1190 1120	1054 1089	1085 1085	1117 1034	1134 1041	1127 1027	1162 1039	1246 1106	1351 1071	1456 1011	1253 1036	1344 1043	1288 1043	1435 1057	1253 1060	1309 1057	
C t	108 108	108 108	105 105	108 108	111 108	102 99	105 108	117 111	117 108	108 108	102 102	117 108	114 108	114 109	108 114	117 97	117 100	115 104	114 102	128 101	129 105	123 97	126 102	132 111	120 100	129 111	

Tab. (5) Variante B5

N- Fraktionen	1974		1975														1976													
	9.11.	10.12.	8. 1.	22. 4.	30. 4.	14. 5.	27. 5.	10. 6.	20. 6.	1. 7.	14. 7.	5. 8.	19. 9.	16.10.	17.11.	15. 1.	23. 2.	31. 3.	4. 5.	19. 5.	1. 6.	11. 6.	25. 6.	14. 7.	9. 8.	10.10.				
NI	4 4	0 0	4 4	10 10	14 15	6 10	3 3	0 2	2 6	4 6	6 1	0 0	0 0	0 0	17 0	3 3	3 3	4 4	17 0	6 0	0 0	0 0	0 0	10 1	4 0	0 0				
AM a	9 9	5 5	8 8	8 8	9 6	13 10	2 2	2 2	4 6	6 3	1 0	5 16	3 0	0 0	4 0	3 3	1 1	8 6	29 5	23 0	31 0	2 0	31 3	27 13	3 0	0 0				
AM f	112 112	105 105	151 151	140 140	98 112	119 119	126 98	168 140	126 119	147 140	116 124	119 112	105 119	109 114	92 112	91 94	112 108	98 108	91 91	91 91	105 119	91 87	98 91	112 105	154 126	112 112				
AM hy	237 237	271 271	267 267	274 274	247 219	210 215	249 263	270 341	257 253	257 243	301 261	216 215	208 215	240 235	191 204	161 173	198 199	211 214	275 272	215 211	278 250	239 192	240 239	269 229	250 220	178 159				
AMhy -AM(a+f)	116 116	161 161	108 108	126 126	140 101	78 86	121 163	100 199	127 128	104 100	184 137	92 109	100 96	131 121	98 92	67 77	85 90	105 100	155 176	101 120	142 131	146 105	111 145	130 111	93 94	61 47				
AS s,n	323 323	286 286	231 231	267 267	264 264	238 235	233 278	282 268	282 238	248 233	254 271	210 240	253 205	267 241	267 240	260 221	277 251	270 241	277 242	298 243	307 239	334 208	306 251	348 246	364 241	300 234				
AS b	205 205	155 155	160 160	128 128	105 100	117 123	105 128	127 106	115 99	95 86	89 95	72 81	93 85	99 96	89 82	90 74	95 83	99 81	97 84	110 82	107 82	111 65	95 85	108 76	137 84	112 74				
Σ AS	528 528	441 441	391 391	395 395	369 346	355 358	388 406	409 374	397 337	343 319	343 366	282 321	248 290	366 338	356 317	350 296	372 334	369 323	374 326	408 325	414 321	445 273	401 336	450 322	511 324	412 308				
Σ AZ	61 61	38 38	41 41	28 28	33 32	24 31	36 42	40 37	38 35	31 30	34 33	28 34	33 31	37 29	65 57	58 54	52 51	64 59	65 61	61 57	55 50	67 53	64 68	76 63	72 51	62 47				
AD e	35 35	33 33	25 25	30 30	33 33	32 32	34 38	36 35	38 36	32 31	35 34	28 27	33 31	35 31	36 32	36 30	37 35	36 33	36 33	39 32	40 31	47 29	40 34	46 34	48 33	38 31				
ADp	81 81	128 128	83 83	96 96	107 68	46 87	125 164	64 92	99 69	72 72	149 103	64 82	67 65	96 86	60 59	31 46	48 55	69 67	119 143	62 88	102 100	99 76	71 111	84 77	145 61	23 16				
Hy R	119 119	209 209	225 225	357 357	373 383	365 332	265 206	191 277	225 264	276 276	183 208	153 213	279 269	316 339	263 181	306 243	225 210	245 187	245 76	324 200	198 156	208 202	310 211	179 191	210 212	356 242				
Hy	953 953	959 959	928 928	1064 1064	1036 995	960 946	941 920	910 1031	919 895	911 874	867 869	679 805	868 805	959 941	892 770	878 769	850 797	893 788	976 735	1014 794	945 730	959 730	1015 854	990 806	1047 808	1008 756				
n Hy	83 83	151 151	132 132	168 168	280 237	223 181	137 158	224 204	233 204	279 260	323 209	466 213	256 266	238 276	263 276	242 259	277 238	283 286	305 287	358 217	385 273	336 344	308 224	269 251	273 294					
ASP+GLU	71 71	67 67	49 49	60 60	65 65	61 63	69 76	72 70	233 204	64 61	69 68	55 67	66 61	70 62	72 64	71 61	74 69	71 65	72 65	78 64	79 62	94 57	79 68	92 67	96 65	75 62				
N t	1036 1036	1110 1110	1060 1060	1232 1232	1316 1232	1183 1127	1078 1075	1134 1099	1152 1099	1190 1134	1190 1078	1092 1071	1124 1071	1197 1017	1155 1046	1120 1036	1127 1074	1176 1074	1281 1022	1372 1011	1330 1050	1295 1015	1323 1078	1325 1057	1316 1022	1281 1050				
C t	105 105	108 108	102 102	111 111	108 114	111 108	108 117	111 105	105 102	108 114	117 111	108 105	108 96	117 96	111 106	107 99	109 100	115 104	117 102	123 109	126 105	129 100	129 98	132 105	135 105	126 98				

Tab. (6) Variante UB₁

Probe- nahme- termin N- Fraktionen	1974		1975														1976													
	9.11.	10.12.	8. 1.	22. 4.	30. 4.	14. 5.	27. 5.	10. 6.	20. 6.	1. 7.	14. 7.	5. 8.	19. 9.	16.10.	17.11.	15. 1.	23. 2.	31. 3.	4. 5.	19. 5.	1. 6.	11. 6.	25. 6.	14. 7.	9. 8.	10.10.				
NI	0 0	0 0	0 0	8 8	15 15	14 14	4 4	4 4	10 10	4 4	0 0	0 0	4 4	1 1	3 11	1 0	7 3	3 3	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	13 5	0 0	0 0				
AMa	1 1	1 1	5 5	11 11	8 5	10 10	2 2	2 2	4 4	3 3	0 0	12 12	0 0	0 0	4 1	0 2	0 0	7 5	1 1	0 0	3 3	0 0	0 0	12 10	0 0	5 5				
AMf	112 112	95 95	133 133	147 147	91 91	112 112	98 98	119 119	112 112	133 133	112 112	126 126	119 119	109 109	105 112	91 94	112 122	133 119	91 84	91 87	98 91	91 98	84 84	105 105	91 119	84 84				
AMhy	261 261	251 251	257 257	201 201	201 189	189 270	270 227	227 228	228 299	251 251	214 214	209 209	206 206	201 184	156 169	184 191	198 218	209 192	168 169	185 175	215 227	212 208	209 202	171 175	146 180					
AMhy -AM(a+f)	148 148	155 155	119 119	43 43	102 102	67 67	170 170	106 106	112 112	163 163	139 139	76 76	90 90	97 97	92 71	65 67	72 68	58 95	117 107	77 82	84 81	124 129	128 124	92 85	80 56	49 91				
AS s,n	315 315	292 292	291 291	235 235	270 270	223 223	251 251	231 231	253 253	227 227	242 242	229 229	229 229	217 217	198 204	184 196	239 220	230 224	214 167	217 210	208 207	216 229	241 215	240 216	216 212	228 222				
AS b	158 158	143 143	125 125	102 102	103 103	112 112	134 134	96 96	99 99	96 96	88 88	78 78	84 84	83 83	79 72	64 66	81 71	84 74	74 60	72 64	68 66	70 73	81 72	79 69	71 75	68 81				
Σ AS	463 463	435 435	416 416	337 337	373 373	335 335	385 385	327 327	352 352	323 323	330 330	307 307	313 313	300 300	277 276	248 262	320 290	314 299	288 227	289 275	276 273	286 302	322 287	319 285	290 292	296 303				
Σ AZ	46 46	38 38	42 42	30 30	33 33	28 28	42 42	40 40	39 39	35 35	34 34	32 32	29 29	30 30	49 50	47 50	48 45	59 59	54 48	54 56	50 53	54 58	62 58	65 61	50 57	46 61				
ADe	37 37	35 35	40 40	30 30	31 31	29 29	34 34	32 32	34 34	29 29	34 34	32 32	31 31	28 28	29 27	25 29	32 30	32 30	30 23	29 28	29 28	29 31	35 31	32 30	32 29	37 32				
ADp	111 111	120 111	79 79	13 13	71 71	88 88	136 136	74 74	78 78	134 134	105 105	44 44	59 59	69 69	63 43	40 39	40 39	26 63	87 84	48 53	55 53	95 98	93 93	70 55	48 27	12 59				
Hy R	183 183	260 260	178 178	426 426	338 338	301 301	213 213	323 323	263 263	190 190	225 225	196 196	247 247	290 290	229 243	333 233	274 242	220 183	191 156	231 206	238 227	208 154	216 259	219 180	259 259	338 191				
Hy	953 953	984 984	893 893	1002 1002	960 960	867 867	914 914	921 921	892 892	851 851	840 840	749 749	802 802	827 827	759 766	785 714	833 773	794 763	742 723	742 707	728 749	763 742	812 812	825 733	770 784	826 735				
n Hy	48 48	87 87	157 157	125 125	258 258	204 204	150 150	143 143	151 151	276 276	189 189	319 319	220 220	181 181	251 245	178 248	175 217	228 217	420 350	294 255	371 245	210 210	210 154	302 212	259 201	154 231				
ASP+GLU	74 74	70 70	80 80	60 60	62 62	57 57	68 68	64 64	68 68	57 57	67 67	64 64	61 61	56 56	57 55	50 54	64 59	63 61	59 45	58 56	57 56	57 62	70 61	63 59	63 58	73 62				
N t	1001 1001	1071 1071	1050 1050	1127 1127	1218 1218	1074 1074	1064 1064	1064 1064	1043 1043	1027 1027	1029 1029	1068 1068	1022 1022	1008 1008	1008 1012	963 962	1008 990	1022 980	1162 973	1036 963	1120 973	973 952	1022 966	1027 945	1029 987	980 966				
C t	102 102	102 102	105 105	108 108	108 108	105 105	102 102	99 99	96 96	108 108	105 105	96 96	96 96	102 102	99 97	93 88	96 92	101 96	98 90	98 89	95 95	101 92	98 98	95 92	95 94	105 92				

Tab. (7) Variante UB₂

Probe- nahme- termin N- Fraktionen	1974		1975														1976													
	9.11.	10.12.	8. 1.	22. 4.	30. 4.	14. 5.	27. 5.	10. 6.	20. 6.	1. 7.	14. 7.	5. 8.	19. 9.	16.10.	17.11.	15. 1.	23. 2.	31. 3.	4. 5.	19. 5.	1. 6.	11. 6.	25. 6.	14. 7.	9. 8.	10.10.				
NI	0 0	0 0	0 0	8 8	18 7	14 10	7 7	11 7	16 10	25 21	14 3	6 0	25 13	1 16	21 14	0 0	3 3	1 2	53 3	5 0	24 8	18 7	72 14	66 16	43 19	23 45				
AM a	1 1	1 1	5 5	11 11	7 3	7 5	4 4	3 4	4 4	8 4	0 0	11 8	1 0	0 0	3 1	0 2	0 0	3 6	3 5	2 0	5 0	0 0	6 0	15 9	0 0	6 8				
AM f	112 112	95 95	133 133	147 147	119 112	98 98	105 91	112 98	126 126	147 154	105 105	116 119	98 105	91 94	84 84	84 84	98 112	98 112	91 84	112 108	126 105	105 91	84 91	105 105	140 129	98 98				
AM hy	261 261	251 251	257 257	201 201	237 225	178 153	262 238	229 269	245 259	305 345	250 217	299 251	244 205	258 259	182 180	270 173	203 180	178 209	194 167	202 186	190 199	199 195	234 211	280 263	200 173	133 137				
AMhy -AM(a+f)	148 148	155 155	119 119	43 43	111 110	73 50	153 143	114 167	115 129	150 88	145 112	172 124	145 100	167 164	95 85	186 87	105 67	72 91	100 78	88 77	59 94	94 102	144 120	160 149	60 43	29 31				
AS s,n	315 315	292 292	291 291	235 235	289 247	225 218	261 233	250 256	261 238	264 245	237 221	226 253	259 216	246 236	220 213	211 190	241 224	212 235	188 190	244 218	221 225	225 212	236 237	234 237	234 202	202 192				
AS b	158 158	143 143	125 125	102 102	112 100	89 92	119 102	102 115	110 117	97 95	88 81	88 82	104 79	86 85	77 70	54 65	82 76	79 77	64 63	79 70	69 74	73 66	75 72	79 81	81 69	48 49				
Σ AS	463 463	435 435	416 416	337 337	401 347	314 310	380 335	352 371	371 355	361 340	325 302	314 335	363 295	332 329	297 285	265 255	323 300	291 312	252 253	323 289	280 299	298 278	313 298	313 318	315 272	250 241				
Σ AZ	46 46	38 38	42 42	30 30	38 36	32 30	42 36	44 45	38 38	36 36	31 31	28 34	31 32	43 38	60 55	52 50	48 54	55 58	49 49	62 55	55 58	57 55	65 61	60 71	49 44	60 50				
AD e	37 37	35 35	40 40	30 30	34 32	30 29	37 37	35 32	32 33	34 33	31 30	30 32	34 28	35 32	30 29	30 27	32 32	30 32	26 30	33 30	28 31	31 28	34 32	33 31	33 27	27 28				
ADp	111 111	120 120	79 79	13 13	77 78	43 21	119 114	79 132	78 97	116 55	114 82	142 92	110 72	132 132	65 55	156 60	73 35	42 58	74 52	55 47	31 67	63 73	110 88	127 118	27 16	2 3				
Hy R	183 183	260 260	178 178	426 426	353 418	383 308	216 205	255 120	235 195	194 280	234 227	115 217	216 283	180 197	203 204	248 248	217 239	407 174	107 106	169 190	219 210	209 201	284 244	299 209	502 370					
Hy	953 953	984 984	893 893	1002 1002	1047 1033	907 911	907 921	886 812	905 857	921 917	854 780	762 837	879 825	827 840	763 739	791 728	794 777	932 754	655 578	761 721	759 743	781 735	968 798	1018 877	897 803	968 843				
n Hy	48 48	87 87	157 157	125 125	213 171	210 231	196 182	196 242	208 256	248 266	288 233	212 212	209 176	239 195	266 281	217 265	235 227	118 259	752 416	299 322	319 279	290 273	215 203	263 124	230 176	96 165				
ASP+GLU	74 74	70 70	80 80	60 60	67 64	59 59	73 59	69 69	73 64	67 65	62 59	59 64	67 66	69 63	60 57	59 53	64 63	60 65	51 51	66 59	56 54	61 57	67 64	65 62	65 54	54 55				
N t	1001 1001	1071 1071	1050 1050	1127 1127	1260 1204	1127 1152	1103 1103	1082 1054	1113 1113	1169 1183	1148 1113	1050 1029	1110 1001	1036 1036	1029 1020	1008 955	1029 1004	1050 1013	1407 994	1050 1008	1078 1022	1071 1008	1183 1001	1281 1001	1127 980	1064 1008				
C t	102 102	102 102	105 105	108 108	108 96	108 108	111 108	111 102	102 105	108 96	102 105	96 99	102 102	102 100	102 100	96 96	96 91	104 97	95 92	92 90	92 92	92 90	92 89	105 99	108 97	105 99				

Tab. (8) Variante UB₃

Probe- nahme- termin N- Fraktionen	1974		1975														1976													
	9.11.	10.12.	8. 1.	22. 4.	30. 4.	14. 5.	27. 5.	10. 6.	20. 6.	1. 7.	14. 7.	5. 8.	19. 9.	16.10.	17.11.	15. 1.	23. 2.	31. 3.	4. 5.	19. 5.	1. 6.	11. 6.	25. 6.	14. 7.	9. 8.	10.10.				
NI	0 0	0 0	0 0	8 8	11 8	10 8	11 9	7 4	18 6	24 25	4 1	11 2	20 4	7 11	4 28	0 0	6 0	1 3	9 7	0 0	9 10	3 0	30 11	59 8	13 12	5 22				
AM a	1 1	1 1	5 5	11 11	2 7	7 2	3 3	3 2	14 5	7 8	1 1	4 4	2 3	0 0	3 1	0 0	3 2	8 8	33 5	3 0	43 3	7 2	22 3	20 16	6 2	2 2				
AM f	112 112	95 95	133 133	147 147	119 112	126 105	98 105	119 112	126 126	126 126	116 116	130 130	112 119	98 112	91 94	91 87	112 112	105 105	91 84	84 94	105 84	105 98	105 105	105 98	119 126	105 91				
AM hy	261 261	251 251	257 257	201 201	261 231	203 192	252 245	234 235	235 239	247 228	265 236	252 243	267 219	253 250	177 196	190 189	197 200	192 224	265 153	192 170	203 180	221 196	235 198	234 202	193 103	158 153				
AMhy -AM(a+f)	148 148	155 155	119 119	43 43	140 112	70 85	151 137	112 121	95 108	114 94	148 119	118 109	153 97	155 138	83 100	99 101	82 86	72 111	141 64	105 78	55 93	109 97	108 90	109 88	68 71	41 60				
AS s,n	315 315	292 292	291 291	235 235	244 249	236 217	260 249	237 236	248 263	228 214	265 220	234 222	217 227	226 212	210 211	224 217	225 217	226 215	203 192	209 215	209 216	227 223	246 219	229 234	225 212	212 205				
AS b	158 158	143 143	125 125	102 102	148 129	116 107	106 108	96 95	91 110	88 55	96 78	83 76	99 82	85 78	65 68	76 72	77 74	77 79	68 62	68 68	68 69	74 71	79 70	78 76	92 73	55 56				
Σ AS	463 463	436 436	416 416	337 337	392 378	352 324	366 357	333 331	339 373	316 299	361 298	317 298	316 309	311 290	275 279	300 289	302 291	303 294	271 254	277 283	277 275	301 294	325 289	307 310	317 285	267 261				
Σ AZ	46 46	38 38	42 42	30 30	34 39	27 23	40 36	31 41	36 38	30 27	35 31	36 34	33 34	41 38	49 52	55 53	55 53	54 56	54 47	50 53	54 56	55 57	58 56	58 58	49 54	56 59				
AD e	37 37	35 35	40 40	30 30	29 30	30 28	36 35	33 32	33 36	29 30	35 30	30 28	28 31	30 28	28 30	31 30	31 29	31 29	28 24	28 29	29 29	31 30	38 30	32 31	31 27	29 28				
AD p	111 111	120 120	79 79	13 13	111 82	40 57	115 89	79 62	62 72	85 86	113 89	88 81	125 125	65 110	53 70	68 56	51 77	41 77	113 40	77 49	26 74	78 66	70 60	77 37	37 44	12 32				
Hy R	183 183	260 260	178 178	426 426	290 346	232 297	256 272	228 233	265 197	261 272	172 268	232 209	238 243	256 269	269 204	239 207	230 215	235 181	131 148	223 204	271 231	165 215	285 248	220 186	260 229	331 325				
Hy	953 953	984 984	893 893	1002 1002	988 824	824 919	925 844	833 853	893 853	878 851	837 834	848 786	874 809	868 858	774 760	784 738	790 759	785 759	730 609	742 714	814 752	745 763	933 802	878 764	832 778	817 820				
n Hy	48 48	87 87	157 157	125 125	230 202	303 316	160 159	221 182	203 183	267 290	248 209	202 250	197 234	147 150	276 300	245 210	190 210	251 220	313 364	392 273	257 214	340 248	229 213	312 244	215 229	212 174				
ASP+GLU	74 74	70 70	80 80	60 60	58 60	59 55	72 69	66 64	66 72	58 57	70 59	60 57	57 62	60 56	56 59	61 59	62 59	61 57	56 47	56 58	57 57	62 61	75 60	63 62	61 54	57 55				
N t	1001 1001	1071 1071	1050 1050	1127 1127	1218 1204	1127 1160	1085 1078	1054 1026	1096 1036	1145 1141	1085 1043	1050 1036	1071 1043	1015 1008	1050 1060	1029 948	980 969	1036 980	1043 973	1134 987	1071 966	1085 1011	1162 1015	1190 1008	1047 1008	1029 994				
C t	102 102	102 102	105 105	108 108	96 96	111 108	111 105	102 96	102 105	102 102	108 102	102 102	102 102	102 102	117 105	91 101	93 88	102 89	102 98	102 92	98 95	95 90	102 95	111 99	102 93	102 89				

Tab. (9) Variante UB₄

Probe- nahme- termin N- Fraktionen	1974		1975														1976													
	9.11.	10.12.	8. 1.	22. 4.	30. 4.	14. 5.	27. 5.	10. 6.	20. 6.	1. 7.	14. 7.	5. 8.	19. 9.	16.10.	17.11.	15. 1.	23. 2.	31. 3.	4. 5.	19. 5.	1. 6.	11. 6.	25. 6.	14. 7.	9. 8.	10.10.				
NI	0 0	0 0	0 0	17 17	15 22	8 13	13 6	9 15	20 15	17 7	22 17	20 7	17 14	14 22	6 20	0 0	1 0	3 2	29 5	50 0	42 13	25 5	51 17	45 11	43 14	8 52				
AM a	3 3	7 7	8 8	18 18	4 4	3 6	3 4	2 0	2 8	4 4	1 1	6 0	1 1	1 0	1 1	0 0	0 0	11 10	16 3	0 0	0 0	0 0	0 0	12 15	3 3	0 0				
AM f	105 105	119 119	154 154	154 154	133 119	126 133	133 119	119 119	168 140	105 112	109 112	112 105	91 105	84 100	87 87	91 94	105 94	112 91	34 84	91 84	126 84	105 91	84 91	98 98	119 129	84 98				
AM hy	245 245	238 238	251 251	239 239	241 206	186 165	240 236	256 244	259 259	266 243	264 250	253 233	213 251	241 290	199 207	185 176	271 197	207 200	171 188	174 164	191 177	210 191	228 193	239 210	185 175	133 135				
-AM hy -AM (a+f)	137 137	112 112	89 89	67 67	104 83	57 33	104 99	135 125	91 111	157 128	154 137	135 106	122 145	149 190	114 118	94 81	166 103	84 99	71 101	83 80	65 93	80 100	144 102	129 97	53 45	49 37				
AS s,n	277 277	273 273	286 286	278 278	260 214	206 176	258 265	260 235	256 267	242 227	234 236	270 223	208 232	209 249	234 225	224 205	236 216	224 208	201 222	202 207	213 207	220 210	208 212	261 237	202 181	220 218				
AS b	153 153	146 146	180 180	113 113	113 103	100 88	105 118	105 118	112 99	95 91	87 86	90 83	77 84	78 90	75 75	79 70	81 73	78 71	70 75	64 62	68 70	72 69	70 65	77 77	66 66	53 47				
Σ AS	430 430	419 419	466 466	391 391	373 317	306 264	363 383	365 353	368 366	337 318	321 322	360 306	285 316	286 339	312 300	303 275	317 289	302 280	271 291	266 264	281 277	292 279	278 277	338 314	278 248	273 265				
Σ AZ	58 58	32 32	39 39	34 34	39 27	24 15	33 35	43 37	35 37	37 29	29 28	43 30	33 35	33 39	54 53	51 52	56 51	56 56	48 54	50 52	54 55	54 53	56 55	64 57	47 43	48 56				
AD e	33 33	32 32	36 36	36 36	35 29	23 35	35 35	34 32	34 35	30 30	32 31	29 31	28 31	27 33	33 31	31 28	33 29	31 29	29 31	27 26	30 31	31 28	28 30	39 33	27 25	30 31				
ADp	104 104	80 80	53 53	31 31	69 54	34 11	69 64	101 93	57 76	127 98	122 106	106 75	94 114	122 157	81 87	63 53	133 74	53 69	43 70	56 54	35 65	49 72	116 72	90 64	26 19	19 6				
Hy R	142 142	186 186	112 112	316 316	334 444	245 361	320 221	194 213	255 213	186 264	268 282	160 208	260 266	239 289	226 227	231 220	126 214	198 191	252 105	252 184	232 226	252 229	251 221	213 182	292 268	358 356				
Hy	875 875	875 875	868 868	997 997	1002 1016	769 818	969 881	867 851	939 890	843 861	904 899	836 784	808 882	812 878	797 807	770 724	771 752	766 730	771 649	792 665	798 748	823 757	863 661	899 774	845 749	820 864				
n Hy	116 116	161 161	189 189	144 144	202 174	330 323	123 194	208 199	195 216	270 245	188 144	242 277	232 161	238 206	267 291	280 262	216 199	242 267	286 324	195 346	217 225	220 240	243 347	256 227	289 262	188 137				
ASP+GLU	66 66	65 65	71 71	72 72	69 58	46 44	70 70	68 63	67 70	60 60	64 62	57 61	55 61	54 67	65 61	62 62	66 57	61 59	57 61	54 53	59 56	61 57	56 59	78 66	53 49	60 62				
N t	991 991	1036 1036	1057 1057	1141 1141	1204 1190	1099 1141	1092 1075	1075 1050	1134 1106	1113 1106	1092 1043	1078 1071	1040 1043	1050 1085	1064 1099	1050 987	987 952	1008 997	1057 973	987 1011	1015 973	1043 997	1106 1008	1155 1001	1134 1011	1008 1001				
C t	99 99	102 102	105 105	108 108	96 99	105 96	105 96	96 96	108 108	102 105	102 96	102 96	99 105	105 99	102 96	104 99	91 88	88 88	98 86	102 93	98 98	105 92	92 89	111 92	92 93	98 89				

Tab.(10) Variante UB₅

Probe- nahme- termin N- Fraktionen	1974		1975																1976									
	9.11.	10.12.	8. 1.	22. 4.	30. 4.	14. 5.	27. 5.	10. 6.	20. 6.	1. 7.	14. 7.	5. 8.	19. 9.	16.10.	17.11.	15. 1.	23. 2.	31. 3.	4. 5.	19. 5.	1. 6.	11. 6.	25. 6.	14. 7.	9. 8.	10.10.		
NI	7 7	0 0	0 0	17 17	14 15	12 12	6 6	11 8	14 14	13 11	21 10	10 6	22 14	15 15	15 29	7 1	0 0	1 0	7 3	0 0	6 0	8 0	19 6	75 16	45 3	24 52		
AM a	7 7	4 4	8 8	22 22	8 8	6 3	4 2	4 3	4 4	7 7	7 3	13 3	1 1	10 8	4 2	4 1	0 0	17 6	45 3	20 0	37 3	23 2	6 3	23 3	13 0	8 3		
AM f	105 105	105 105	140 140	112 112	105 105	126 126	105 105	119 119	154 140	147 112	123 116	126 126	91 98	112 108	112 94	91 84	98 112	105 94	91 84	84 91	147 105	91 94	91 98	112 98	126 129	98 91		
AM hy	300 300	253 253	260 260	185 185	199 193	238 191	244 251	225 231	269 266	280 253	276 247	212 274	250 228	283 249	213 204	205 185	190 185	196 207	256 189	227 177	242 195	232 198	212 180	282 233	203 187	143 140		
AMhy -AM(a+f)	141 141	144 144	112 112	51 51	86 80	106 62	135 144	102 109	111 122	126 134	146 128	73 145	158 129	161 132	97 107	110 101	92 73	74 106	120 102	123 86	58 87	118 102	115 79	137 122	64 57	37 46		
AS s,n	257 257	309 309	306 306	229 229	197 254	194 213	251 242	223 223	263 240	237 230	224 222	252 256	238 211	257 236	228 226	236 220	217 219	249 226	231 219	204 206	245 230	233 203	218 204	260 229	216 211	218 208		
AS b	155 155	144 144	207 207	167 167	186 108	119 119	99 96	95 103	110 94	94 86	84 81	80 97	94 77	89 86	81 75	81 73	76 71	82 74	79 74	65 66	76 77	76 64	70 67	87 75	78 75	56 57		
Σ AS	412 412	453 453	513 513	396 396	383 362	313 332	350 338	318 326	373 334	331 316	308 303	332 353	332 288	346 327	309 301	317 293	293 290	331 300	310 293	269 272	321 307	309 267	288 271	347 304	294 286	274 265		
Σ AZ	48 48	38 38	43 43	31 31	27 25	24 33	35 35	44 42	44 36	28 40	28 25	32 30	37 37	51 52	52 52	47 52	52 53	60 59	61 55	49 53	55 55	56 55	53 54	62 58	49 50	50 58		
AD e	32 32	37 37	40 40	31 31	28 36	24 29	33 33	33 30	35 33	31 30	31 31	32 34	32 28	35 31	32 30	33 31	29 29	35 31	32 30	27 28	37 32	31 27	29 28	37 34	28 27	28 28		
ADp	109 109	107 107	72 72	20 20	58 44	82 33	100 111	71 79	76 89	95 104	115 97	111 41	126 101	126 101	65 77	77 69	63 75	39 78	88 57	96 51	21 75	87 51	86 75	100 88	36 30	9 15		
Hy R	201 201	131 131	59 59	375 375	455 435	265 286	246 246	246 222	147 218	215 210	277 300	299 169	211 221	192 209	214 219	201 197	242 238	190 180	164 212	204 212	208 191	201 188	259 195	131 119	235 256	359 349		
Hy	921 921	875 875	875 875	1004 1004	1078 1030	852 852	881 874	844 827	841 868	867 830	910 885	885 832	848 777	887 841	803 806	777 729	777 767	778 747	798 752	749 714	822 749	806 709	831 706	887 730	826 792	850 864		
n Hy	84 84	189 189	217 217	186 186	161 146	272 268	239 246	220 209	223 228	267 248	238 193	204 222	216 266	177 215	324 247	203 251	238 213	307 240	231 242	301 259	516 280	573 325	317 281	275 271	364 224	263 243		
ASP+GLU	63 63	73 73	79 79	61 61	55 52	48 57	69 66	62 59	70 66	62 60	61 61	64 67	64 55	70 63	64 61	65 63	58 59	70 62	64 60	54 56	73 64	62 54	57 56	74 67	55 54	56 56		
N t	1005 1005	1064 1064	1092 1092	1190 1190	1239 1176	1124 1120	1120 1120	1064 1036	1064 1096	1134 1078	1148 1078	1089 1054	1064 1043	1064 1057	1127 1053	980 980	1015 980	1085 987	1029 994	1050 973	1348 1029	1379 1034	1148 987	1162 1001	1190 1018	1113 1029		
C t	99 99	105 105	99 99	102 102	99 102	96 96	96 96	96 105	111 108	111 105	96 108	102 108	108 104	96 99	105 99	99 96	99 89	99 89	111 92	98 93	98 92	105 95	102 98	102 92	102 93	108 95		

