

GÖTTINGER
BODENKUNDLICHE
BERICHTE

59

Rolf Thöle und Brunk Meyer

**BODENGENETISCHE UND -ÖKOLOGISCHE ANALYSE
EINES REPRÄSENTATIV-AREALS DER GÖTTINGER
MUSCHELKALK-SCHOLLE ALS
LANDSCHAFTSÖKOLOGISCHE PLANUNGSGRUNDLAGE**

1979

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

59

Rolf Thöle und Brunk Meyer

**BODENGENETISCHE UND -ÖKOLOGISCHE ANALYSE
EINES REPRÄSENTATIV-AREALS DER GÖTTINGER
MUSCHELKALK-SCHOLLE ALS
LANDSCHAFTSÖKOLOGISCHE PLANUNGSGRUNDLAGE**

1979

Dr. Christian Ahl

Rolf Thöle und Brunk Meyer

**BODENGENETISCHE UND -ÖKOLOGISCHE ANALYSE
EINES REPRÄSENTATIV-AREALS DER GÖTTINGER
MUSCHELKALK-SCHOLLE ALS
LANDSCHAFTSÖKOLOGISCHE PLANUNGSGRUNDLAGE**

**Göttinger Bodenkundliche Berichte 59, 1-230
(1979)**

I N H A L T

	Seite
1 <u>PROBLEMSTELLUNG</u>	9
1.1 <u>RAHMENSETZUNG</u>	9
1.2 <u>PROBLEM-EINENGUNG UND GEBIETS-AUSWAHL</u>	10
2 <u>PHYSIOGRAPHIE DES GESAMTGEBIETES</u>	13
2.1 <u>UMGRENZUNG</u>	13
2.2 <u>OBERFLÄCHEN-GESTALT</u>	13
2.3 <u>GEOLOGISCHER BAU</u>	17
2.3.1 <u>Mesozoikum</u>	17
2.3.2 <u>Känozoikum</u>	22
2.4 <u>HYDROLOGIE</u>	23
2.5 <u>KLIMA</u>	24
2.6 <u>VEGETATION</u>	25
2.6.1 <u>Wald-Geschichte</u>	25
2.6.2 <u>Aktuelle Vegetationsverhältnisse</u>	26
2.6.2.1 Wald	26
2.6.2.2 Grünland	27
2.6.2.3 Brachflächen	28
2.7 <u>BÖDEN</u>	29
2.7.1 <u>Kalkstein-Böden</u>	29
2.7.2 <u>Löß-Böden</u>	31
3 <u>PEDOLOGISCHE FAKTOREN DES REPRÄSEN-</u> <u>TATIV-UNTERSUCHUNGS - GEBIETES</u>	33
3.1 <u>ABGRENZUNG</u>	33
3.2 <u>STRATIGRAPHIE UND RELIEF</u>	36
3.2.1 <u>Mesozoischer Gebirgsbau</u>	36

	Seite
3.2.2 <u>Pleistozäne Deckschichten</u>	37
3.2.2.1 Solifluktions-Decken	37
3.2.2.2 Löß	42
3.3 <u>VEGETATION</u>	43
3.4 <u>HYDROLOGIE</u>	46
4 <u>BODEN - AUSWAHL UND UNTERSUCHUNGS - METHODIK</u>	48
4.1 <u>AUSWAHL DER ZU UNTERSUCHENDEN BÖDEN</u>	48
4.2 <u>UNTERSUCHUNGS-METHODIK</u>	51
4.2.1 <u>Probenahme</u>	51
4.2.2 <u>Labor-Untersuchungen</u>	52
4.2.2.1 Korngrößen-Zusammensetzung des gesamten Bodens	52
4.2.2.2 Analyse des Feinerde-Anteils (< 2 mm Ø)	52
4.2.2.3 Mineral-Arten	53
4.2.2.4 Ausgangsgestein	54
5 <u>DAS BODENBILDENDE GESTEINS - MATERIAL</u>	55
5.1 <u>KALKSTEINE</u>	55
5.1.1 <u>Untersuchungsmethodik</u>	55
5.1.2 <u>Lösungsrückstand (Nichtcarbonat-Anteil)</u>	58
5.1.2.1 Gehalt	58
5.1.2.2 Farbe	60
5.1.2.3 Körnung	60
5.1.2.4 Mineralarten-Zusammensetzung	61
5.2 <u>LÖSS</u>	70
5.3 <u>GEMENG-ANTEILE AN KALKSTEIN-LÖSUNGSRÜCKSTAND UND LÖSS <u>IM SOLUM DER BÖDEN</u></u>	72

	Seite
6 <u>D I E B Ö D E N - INTERPRETATION DER ANALYTISCHEN BEFUNDE</u>	77
6.1 <u>KÖRNUNGART</u>	77
6.1.1 <u>Skelett und Feinerde. -Primäre Substrat-Mischung aus Kalkstein-Detritus und Löß</u>	77
6.1.2 <u>Skelett und Feinerde. -Umwandlung durch Bodenbildungs-Prozesse: Kalkabfuhr, detritische Ton-Bildung</u>	86
6.2 <u>BODENACIDITÄT - Versauerung nach Kalk-Abfuhr</u>	89
6.2.1 <u>pH-Wert</u>	89
6.2.2 <u>Kalk-Gehalt</u>	90
6.2.3 <u>Basen-Sättigungsgrad</u>	91
6.3 <u>EIPEDON, HUMUS-KÖRPER - Humus-Anreicherung</u>	91
6.3.1 <u>Humus-Mengen</u>	96
6.3.2 <u>Humus-Qualität</u>	97
6.3.2.1 <u>C/N-Verhältnis</u>	97
6.3.2.2 <u>KAK</u>	99
6.4 <u>ERDALKALI/ALKALI-METALLKATIONEN-BELEGUNG DER AUSTAUSCHER</u>	100
6.4.1 <u>Ca/Mg-Verhältnisse</u>	100
6.4.2 <u>Ca/Na-Verhältnisse</u>	102
6.4.3 <u>Ca/K-Verhältnisse</u>	103
6.5 <u>NÄHRSTOFF-VERSORGUNGSZUSTAND</u>	103
6.6 <u>MINERAL-VERWITTERUNG</u>	105
6.6.1 <u>Ton-Bildung</u>	105
6.6.2 <u>Ton-Umwandlung</u>	106
6.7 <u>Fe-OXID-FREISETZUNG, VERBRAUNUNG</u>	109
6.8 <u>PORUNG UND WASSERKAPAZITÄT</u>	113

	Seite
7 <u>ZUSAMMENFASSE NDE DISKUSSION DER ERGEBNISSE UND SCHLUSSFOLGERUNGEN</u>	118
7.1 <u>ZUSAMMENFASSUNG UNTER BODENGENETISCHEN GESICHTSPUNKTEN</u>	118
7.1.1 <u>Bodengenetische Teilprozesse</u>	118
7.1.2 <u>Alter der Böden</u>	119
7.1.3 <u>Zur Bodenentwicklung auf Kalkstein</u>	121
7.1.4 <u>Überlegungen zur deutschen Systematik der Böden auf kalkhaltigem Ausgangsmaterial</u>	122
7.2 <u>ZUSAMMENFASSUNG UNTER BODENÖKOLOGISCHEN GESICHTSPUNKTEN</u>	124
8 <u>AREAL - GLIEDERUNGEN</u>	126
8.1 <u>ZUR BEDEUTUNG BODENKUNDLICHER AUSSAGEN FÜR AREAL-GLIEDERUNGEN UND LANDSCHAFTSPLANUNG</u>	127
8.2 <u>ZUR AREAL-GLIEDERUNG IM UNTERSUCHUNGS-GEBIET</u>	129
8.3 <u>BESCHREIBUNG DER AREAL-TYPEN IM GESAMT-UNTERSUCHUNGS-GEBIET</u>	130
8.4 <u>AREAL-GLIEDERUNG IM REPRÄSENTATIV-UNTERSUCHUNGS-GEBIET</u>	138
9 <u>ZUSAMMENFASSUNG</u>	143
10. <u>LITERATUR</u>	146
11 <u>TABELLENANHANG</u>	159

LISTE DER ABBILDUNGEN

	Seite
1.) Lage des Untersuchungsgebietes mit Abgrenzung des Repräsentativ-Untersuchungsgebietes und Kennzeichnung der Waldflächen	14
2.) Blick auf den Drakenberg von Südwesten mit Abgrenzung des Repräsentativ-Untersuchungsgebietes	16
3a.) Geologischer Bau des Untersuchungsgebietes	18
3b.) Geologisches Profil	20
4.) Klimadiagramm von Göttingen	24
5.) Verbreitung des auflagernden Lösses im Untersuchungsgebiet	32
6.) Geologischer Bau des Repräsentativ-Untersuchungsgebietes	34
7.) Beteiligung von Kalkstein der verschiedenen geologischen Formationen am Schicht-Aufbau des Solums (Solum-Schichtung A)	38
8.) Beteiligung von Löß am Schicht-Aufbau des Solums (Solum-Schichtung B)	40
9.) Darstellung der Vegetations- und Bodennutzungs-Verhältnisse	44
10.) Lage der Untersuchungs-Profile im Repräsentativ-Untersuchungsgebiet	49
11.) Geologisches Profil des Repräsentativ-Untersuchungsgebietes mit Lage der Untersuchungs-Profile	50
12.) Abhängigkeit des pH-Wertes in 0,02 n CaCl_2 (1:2) vom Basensättigungsgrad. Alle Böden und Horizonte	92
13.) Abhängigkeit des Verhältnisses C_o/N_t vom organisch gebundenen Kohlenstoff	98
14.) Areal-Gliederung des Untersuchungs-Gebietes	134
15.) Areal-Gliederung des Repräsentativ-Untersuchungs-Gebietes	140

LISTE DER TABELLEN

	Seite
1.) Muschelkalk-Serie des Göttinger Waldes	21
2.) Anteil, Färbung (Eisenoxid-Gehalt) und Körnung des Kalkstein-Lösungsrückstandes	56
3.) Carbonatische Komponenten der Kalksteine in % . Verteilung des Eisens auf oxidische Ton-Bindung und CaCO_3	59
4.) Körnungs-Mittelwert-Gruppen aus Tab. 2	61
5.) Drei- und Vier-Schicht-Mineral- und -Tonmineral-Gehalts-Mittelwert-Gruppen aus Tab. 6	63
6.) Mineral-Arten-Zusammensetzung des nichtcarbonatischen Anteils (von freiem Eisenoxid befreit)(in % des Lösungs-Rückstandes) (13 Untertabellen)	64
7.) Mineralarten- und Korngrößen-Zusammensetzung des Lösses "Herberhausen" (Seckbornsgrund), bezogen auf kalk- und eisenoxidfreie Substanz (%)	71
8.) Gehalte an den Trenn-Größen 1.) - 3.) im Löß und in den verschiedenen Kalksteinen	73
9.) Löß-Anteile im kalksteinbürtigen Lehm-Solum der aufgenommenen Boden-Profile	74
10.) Gewichtsanteile (%) des Skeletts und der Feinerde am Gesamt-Bodenmaterial und Aufgliederung der Feinerde nach Löß-, Kalk- und Lösungsrückstands-Anteilen	78
11.) Kalkulation der Mächtigkeit und der Zusammensetzung der am Beginn des Holozäns vorhandenen Frostschutt-Decke	82
12.) Gehalte an grobem und feinem Kalkstein-Detritus (% Gesamt-Boden-Material) und Gehalte an Schluff (U) und Ton (T) (% kalk-, humus- und eisenoxid-freie Feinerde) im Ah- bzw. Ap-Horizont der überwiegend kalksteinbürtigen Böden (ausgenommen die überwiegend löß-bürtigen Böden 3,4,15)	87
13.) Zur Humusqualität der A-Horizonte Basen-Sättigung, Humusgehalte, Phosphatgehalte, Schluff/Ton-Verhältnis, Farbwerte und Charakterisierung des Epipedons	94
14.) Zusammensetzung der Dreischicht- oder 2:1-Tonmineral-Fraktion ($\Sigma = 100\%$) im Löß und Kalkstein-Rückstandslehm	108

	Seite
15.) MUNSELL-Farbwerte des trockenen und des bei 500 °C geglühten Bodens (trocken), berechnetes und in der humus- und kalkfreien Feinerde (2 mm Ø) gefundenes dithionit-lösliches Fe (Fe_d), Differenzen zwischen "berechnet" und "analysiert" in kg Fe/m ² Boden-Oberfläche	111
16.) pF-Werte, Wassermengen und Klassifizierung der nFK	114
17.) Arealgliederung des Repräsentativ-Untersuchungs-Gebietes	132

1 PROBLEMSTELLUNG

1.1 RAHMENSETZUNG

Das Ziel der Landschaftsplanung besteht nach KIEMSTEDT (47) darin, daß "die physischen Elemente der Landschaft und die Maßnahmen, die der Mensch zur Erfüllung seiner Lebensbedürfnisse durchführt, in das bestmögliche Verhältnis zu setzen" sind.

Das heißt, der Landschaftsplaner und der letztlich die Entscheidung treffende Politiker müssen im Hinblick auf die Gestaltung des Planungsgebietes einerseits auf dessen sozio-ökonomische, andererseits auf dessen ökologische Grunddaten zurückgreifen können.

Die Beschaffung der ökologischen Grunddaten ist dabei meist schwieriger, zumindest aber aufwendiger und zeitraubender. Denn der Begriff "physisches Element der Landschaft" darf im Sinne der modernen Landschaftsökologie nicht länger allein den "Standort", unterschiedlich in seiner Kombination von Geo-Bio-Faktoren (Summe der Partialkomplexe n. LESER, 55) beschreiben. Vielmehr hat im Vordergrund der Betrachtung der Standort als "Haushaltselement" der Landschaft zu stehen. Der Haushalt einer Landschaft (z.B. Wasser-, Bioelement-Haushalt) ist die Summe (oder mehr) der Einzelhaushalte ihrer Standorte. "Standorts-Haushalt" ist die Summe aller Substanz- oder Energie-Zufuhr-, Abfuhr- und Umwandlungsprozesse, die sich an einem Standort vollziehen. "Haushalt" wird durch eine "Haushalts-Bilanz" charakterisiert. In ihr wird für eine bestimmte Zeit, den "Bilanz-Zeitabschnitt", z.B. ein Jahr, die Summe von Eintrag, Austrag und Vorratsänderung bestimmt. Ihre Untersuchung erfordert dementsprechend eine Mindest-Meßzeit -besonders, wenn der Haushalt des Normal-Witterungsjahres modellmäßig darzustellen ist und die von der Jahreswitterung bedingten möglichen Abweichungen anzugeben sind.

Die Beschaffung der landschaftsökologischen Grunddaten für eine Landschaftsplanung darf sich -da die Planung oft den Zweck einer Umgestaltung der Nutzungsform verfolgt- nicht allein auf die haushaltmäßige Erfassung der gegenwärtigen Nutzungsareale -Wald, Gras- und Ackerland, Siedlungsfläche- beschränken. Sie muß vielmehr auch die möglichen positiven und negativen Veränderungen des Standort-Haushaltes aufzeigen, die eintreten, wenn die Nutzungsform geändert würde.

Die Haushaltsbilanz selbst liefert -so wünschenswert dies wäre- wegen des zu ihrer Bestimmung erforderlichen Aufwandes keinen praktikablen Maßstab zur Standortsabgrenzung im Gelände. Die Standortsgrenzen müssen vielmehr vor-

her -etwa im Sinne der "landschaftsökologischen Vorerkundung" nach LESER (55)- provisorisch aufgrund von anderen leichter meß- oder beobachtbaren Größen auskartiert werden. Diese müssen jedoch im Hinblick auf den Standortshaushalt eine dominierende und differenzierende Rolle spielen. Wird eine solche mangels gesicherter Untersuchungsergebnisse zunächst nur vermutet, so ist später aufgrund erfolgter Bilanz-Messungen gegebenenfalls eine Grenz-Korrektur vorzunehmen.

Die vorliegende Arbeit stellt in diesem Sinne eine landschaftsökologische Vorerkundung in einem kleinen Gebiet dar, das als Repräsentativ-Gebiet für einen größeren Raum angesehen werden kann. Ausgehend von der bodenmorphologisch-kartographischen Aufnahme wird versucht, an Böden, die typisch für die einzelnen Kartiereinheiten sind, auf analytischem Wege Vorstellungen über Stoffwandlungs- und-wanderungsprozesse zu entwickeln. Auf dieser Basis wird eine ökologische Gruppierung der Boden-Standorte angestrebt, indem bodengenetische Abläufe als Indikatoren für den heutigen aktuellen und potentiellen Standortshaushalt Verwendung finden.

1.2 PROBLEM-EINENGUNG, GEBIETS-AUSWAHL

Das Gebiet des sogenannten "Göttinger Waldes" ist ein ca. 50 km² großes, ohrförmiges Plateau, das bei ca. 5,5 km Breite von E (420 m NN) nach W (ca. 300 m NN) zum Leinetal hin geneigt ist. Es wird von Trockentälern zerschnitten, die es im Pleistozän radial nach W in Richtung auf Göttingen zu zur Leine hin entwässerten. Die Plateau-Fläche kappt von E nach W den unteren, mittleren und oberen Muschelkalk. Der untere Muschelkalk, der ca. 2/3 der Fläche einnimmt, ist wegen der Flachgründigkeit seiner Böden, meist Rendzinen, fast vollständig bewaldet. Der mittlere und obere Muschelkalk, die vorwiegend mergelig ausgebildet sind und tiefgründigere Böden aufweisen, werden seit dem Mittelalter vorwiegend landwirtschaftlich genutzt.

Die westlichen Randbereiche des "Göttinger Waldes" ragen in das Stadtgebiet der Großstadt (110 000 Einw.) Göttingen hinein. Die Nähe dieses Siedlungszentrums hat den Göttinger Wald in den letzten Jahren aus folgenden Gründen und Interessenkonflikten in den Blickpunkt landesplanerischer Interessen gerückt.

1. Sozialbrache: In den im Gebiet liegenden Dörfern und ihren Gemarkungen wird infolge eines erleichterten Berufswechsels für Landwirte ein beträchtlicher Teil der Acker- und Grasland-Flächen aus der landwirtschaftlichen Nutzung ent-

lassen. Davon sind insbesondere Flächen mit "Grenzböden", d.h. geringmächtigen, steinreichen Rendzinen bis Rendzina-Braunlehmen betroffen. Wird keine landschaftsplanerische Entscheidung gefällt, so verbuschen diese Flächen und gehen in ca. 30 bis 50 Jahren in Wald über.

2. Erosion: Waldnutzung ist in allen Hanglagen die erstrebenswerte Nutzungsform, da sie die Erosion einschränkt. Um z.B. das Stadtgebiet von Schwemm-Sediment-Bildungen zu entlasten, wurden um die letzte Jahrhundertwende die Steilhänge im Stadtgebiet, aber auch große Teile des Plateaus, die seit dem Mittelalter der Weidenutzung dienten, wieder aufgeforstet.

3. Wassernutzung: Bewaldung der Plateaulagen schränkt aber nach allen bisherigen Erfahrungen die Grundwasser-Spende gegenüber dem "Freiland" ein. Theoretisch ist dieses damit zu begründen, daß die landwirtschaftlichen Kulturen nur zur Wasser-Entnahme aus den geringmächtigen Oberboden-Horizonten befähigt sind und alles in die Gesteins-Fugen übertretende Sickerwasser zum Grundwasser hin entlassen, während der tief in den Gesteins-Klüften wurzelnde Wald einen erheblichen Teil seines Wasser-Bedarfes aus dem Kluff-Sickerwasser zu decken vermag und dadurch die Grundwasser-Spende reduziert.

Die Stadt Göttingen ist aber zu mindestens 2/3 ihrer Wasser-Versorgung auf die Wasser-Lieferung aus den umgebenden Muschelkalk-Gebieten angewiesen, und dieser Umstand steht aus Gründen der Wasser-Mengen-Bewirtschaftung einer weiteren Wald-Ausbreitung entgegen. Vom Standpunkt der Wasser-Güte-Wirtschaft ist aber auch eine zu düngungs-intensive landwirtschaftliche Boden-Nutzung kritisch zu betrachten.

4. Städtische Besiedlung: Städtische Wohnsiedlungen greifen aus Gründen des Mangels an Bau-Gelände mehr und mehr auf die Randlagen des Plateaus und auf dieses selbst über. Der gesteigerte Oberflächenabfluß von dadurch selbst in Hanglage zunehmend "versiegeltem" Gelände macht kostspielige Wasser-Rückhalte-Anlagen erforderlich. Das Gebiet war aber wasserhaushaltsmäßig bereits vorher anthropogen belastet, als bei der Armut an tiefgründigeren, feuchten Böden der hohe Bedarf der Landwirtschaft an Grasland schon in der Zeit vor Einführung der Mineraldüngung durch intensive Nutzung der wenigen in Hang-Zwickeln gelegenen Lehm-Flecken als Wiese und Weide gedeckt wurde. Diese Flächen tragen erheblich zum Oberflächen-Abfluß bei. Ihre gezielte Aufforstung nach entsprechender Besitz-Umverteilung ist eine der dringenden landschaftspflegerischen Maßnahmen.

5. Naherholung: Das gesamte Gebiet gehört zum Naherholungs-Bereich Göttingens und unterliegt damit sehr verschiedenen Ansprüchen an die Nutzungsgestaltung: Verkehrsanschlüsse, Freiflächen für verschiedene Sportarten (Reiten, Fliegen, Schießen, Wintersport, Jagd) sowie land- und forstwirtschaftlich genutzter Spazier- und Wanderraum. Ein Truppenübungsplatz macht das Halten einer Schafherde erforderlich, die aber zu ihrer Unterhaltung weitere noch zu schaffende Hutungs-Flächen benötigt.

Die Vielfalt der sozioökonomischen und ökologischen Ansprüche sowie die Tatsache, daß überkommene Nutzungsstrukturen von selbst in Auflösung übergehen und andererseits durch zusammenhängenden Wald-Besitz der Stadt neu einzuleitende Umstrukturierungen möglich wären, erlauben es, dieses Untersuchungsgebiet auch unter dem unkonventionellen Gesichtspunkt einer völlig neuen Nutzungsstruktur zu betrachten. Seine klare Umgrenzung und weitgehende Einheitlichkeit versprechen darüber hinaus, daß es relativ einfach sein würde, von kleinen Repräsentativ-Arealen auf das Gesamt-Gebiet zu schließen.

Zudem erschien uns das Gebiet durchaus typisch für eine Reihe von ähnlichen Landschaften -z.B. den westfälischen, fränkischen und schwäbischen

Kalkstein-Gebieten- ,in denen heute, in mehr oder weniger ähnlicher dringender Weise,landschaftsplanerische Entscheidungen zu treffen sind.

Methodisch soll im folgenden so vorgegangen werden, daß zunächst die Physiographie des Gesamtgebietes dargestellt wird und dann die Auswahl eines kleinen Repräsentativ-Gebietes getroffen wird, das nach Möglichkeit alle Landschaftselemente des Gesamtgebietes in sich birgt.

2 PHYSIOGRAPHIE DES GESAMTGEBIETES

2.1 UMGRENZUNG

Das Untersuchungsgebiet ist weder wirtschaftlich noch verwaltungsmäßig, doch von der natürlichen Ausgangslage her als ein in sich geschlossener Raum zu bezeichnen. Es umfaßt das Gebiet östlich des Leinetal-Grabens bei Göttingen, soweit die Schichten des Muschelkalks an der Oberfläche ausstreichen. Topographisch genauer läßt sich das Gebiet im Norden, Osten und Süden durch die morphologisch als Schichtstufen ausgeprägten Übergänge zum Buntsandstein festlegen, denen im Norden die Talmulde des Rodebaches, im Süden die der Garte und im Osten die Ausraumzone von Mackenrode-Waake vorgelagert sind. Im Westen wird die Grenze durch die Verwerfungs-Stufen zum Leinetal-Graben festgelegt. Der Vorteil dieser räumlichen Beschränkung liegt darin, daß das Untersuchungsgebiet als ein Gebiet mit natürlichen Grenzen betrachtet werden kann, nämlich den Grenzen des Muschelkalks. In ihm erlangen dann der geologische Feinbau, die stratigraphische und fazielle Differenzierung des Muschelkalks, die wechselnde Hangneigung und die Hangexposition als Gliederungsfaktoren Bedeutung.

2.2 ÖBERFLÄCHENGESTALT

Das Muschelkalkplateau des Göttinger Waldes fällt meist mit steilen, aber auch mit ausgeglichenen Hängen zum Buntsandstein bzw. zum Leinetal hin ab. Die Hänge sind im Zuge von Massenverlagerungen unterschiedlichen Alters teils felsig ausgeformt, teils mit mehr oder weniger mächtigem Schutt bedeckt worden. Die Schichten des Muschelkalks fallen nach Westen zur Leine hin ein mit einer Schichtneigung von 2-6°; im Süden kommen häufig noch eine zusätzliche Südkomponente und im Nordteil eine zusätzliche Nordkomponente hinzu (SCHUNKE, 91). Als Stufenbildner nach außen wie auch im Innern der zertalten Plateaulandschaft treten der Wellenkalk (mu) mit seinen härteren Werksteinbänken und der obere Muschelkalk (mo 1) mit den Trochitenkalken bzw. als Sonderfazies den "Schillbänken" morphologisch in Erscheinung. Dagegen bildet der weichere mittlere Muschelkalk die dazwischen liegenden Einmuldungszonen. Sie nehmen die Wasserläufe auf, die ihren Ursprung in den Schichtquellen an der Grenze vom oberen zum mittleren Muschelkalk haben.

Nur dort, wo die von SW zu den Plateaus hin ansteigenden Ursprungsmulden auf die Hochfläche auslaufen, ist es zu umfangreicheren Anwehungen von Löß gekommen, so daß hier das Relief etwas ausgeglichener ist. Der östliche und

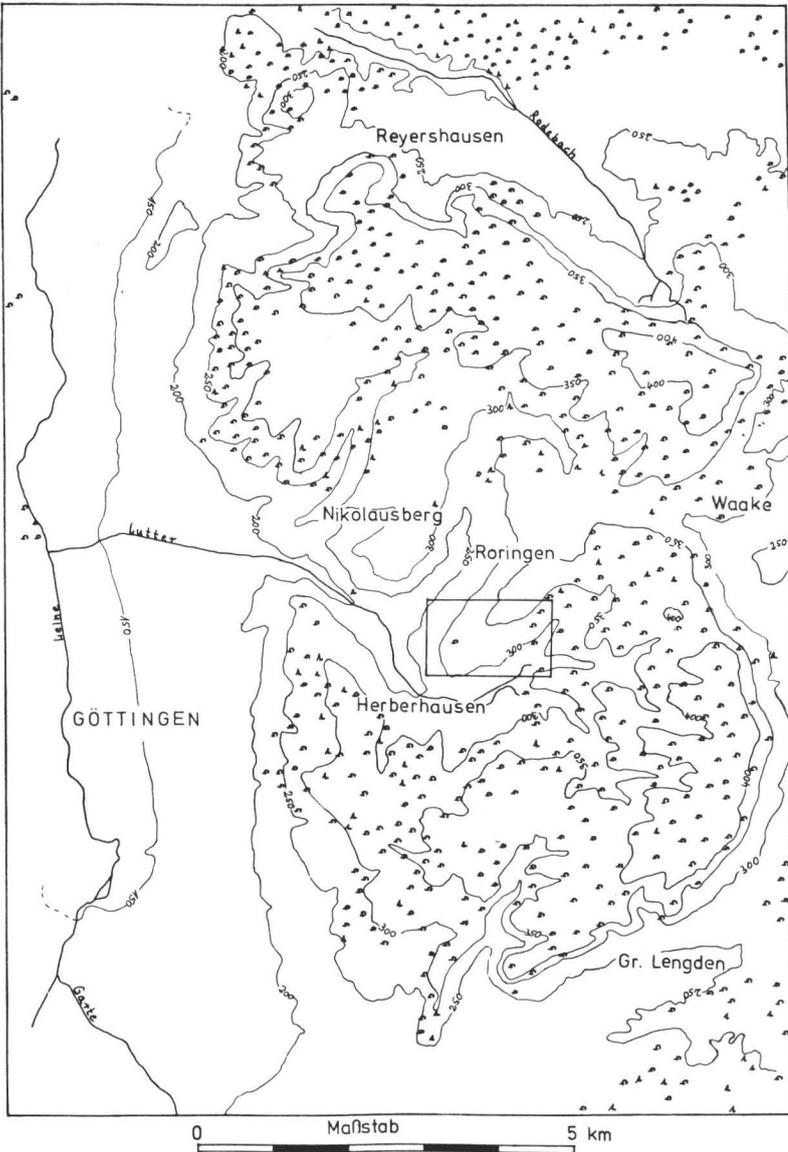


Abb.1 : Lage des Untersuchungs – Gebietes

-  Abgrenzung des Repräsentiv-Untersuchungs-Gebietes
-  Kennzeichnung der Waldflächen

südliche Stufen-Rand zeigen infolge von Hangabrutschungen von der Stufenstirn ein unruhiges Kleinrelief (ACKERMANN, 1,2).

Die wesentlichen Formelemente der heutigen Oberflächengestalt beruhen auf der prä-holozänen Oberflächenformung, die ihre hauptsächliche Ausprägung im periglazialen Bereich der pleistozänen Vereisungen erfahren hat (HÖVERMANN, 43).



Abb. 2: Blick auf den Drakenberg (Hintergrund-Mitte) von Südwesten (Standort Hainberg).
Links im Talgrund der Lutter der Ort "Herberhausen".
Die durchgezogene Linie kennzeichnet die Begrenzung des Repräsentativ-Untersuchungs-Gebietes.

2.3 GEOLOGISCHER BAU

2.3.1 Mesozoikum

Das Muschelkalk-Ohr des Göttinger Waldes liegt auf dem Westrand der Untereichsfeld-Buntsandstein-Scholle. Diese bricht an der Graben-Kante des Leinetal-Grabens ab. Der Graben ist Teil der Mittelmeer-Mjösen-Störungszone (STILLE, 97), die sich in rheinischem Streichen durch ganz Europa zieht.

Im südlichen Leinetal-Bereich fiedert die östliche Grabenrand-Störung in vier sich nach Norden hin ablösende Zerrungs-Spalten auf, den **Northeimer Sprung**, den **Göttinger Sprung**, den **Rheinhäuser Sprung**, der sich auf unserem Kartenausschnitt (Abb. 3a) im **Herberhäuser Sprung** fortsetzt, und den **Gelliehäuser Sprung**. Diese Federspalten (SCHRIEL, 88) werden morphologisch z.T. dadurch sichtbar, daß sie auf der Grenze des Leine-Graben-Abbruches liegen und auch die Ausraumzone des mittleren Muschelkalkes vorzeichnen.

Die Liegend-Grenze des Göttinger Muschelkalk-Plateaus bilden die obersten Schichten des Röt (so), graue mergelige Tone und plattige Kalkmergel, die reich an Myophorien sind. Nach oben gehen diese teilweise in die für die Hangendgrenze des Röt charakteristischen grauen dolomitischen Kalke über. Infolge ihrer Weichheit sind diese Schichten außerhalb des Muschelkalk-Plateaus ausgeräumt. Sie bilden geschützt durch das härtere Muschelkalkmaterial den Stufenhang vom Muschelkalk zum mittleren Buntsandstein. Die härteren Schichten des unteren Muschelkalkes bilden den Trauf dieses Stufenhanges und die dazugehörige Stufenfläche. Diese geht dann allmählich ohne deutliche Gelände-Kante in den mittleren Muschelkalk über, dessen Material auch den nächst höheren, aber flacher ausgebildeten Stufenhang bildet. Dessen Trauf wird von der unteren Abteilung des oberen Muschelkalkes, dem Trochitenkalk, gestellt. Dieser Trochitenkalk bildet auch die oberste Stufenfläche, die aber teilweise noch mit den Resten der oberen Abteilung des oberen Muschelkalkes, den Ceratitenschichten, bedeckt ist (HEMPEL, 42, MORTENSEN und HÖVERMANN, 61, MORTENSEN, 60, POSER und SCHUNKE, 68).

In Tab. 1 ist das geologische Profil für die Muschelkalk-Serie des Göttinger Waldes nach BRINKMANN(10) angegeben.

In der Schichtstufen-Morphologie des Untersuchungsgebietes drückt sich die für den Muschelkalk charakteristische Wechsellagerung von harten Kalksteinbänken und weicheren Zwischenlagen tonigerer Sedimente aus.

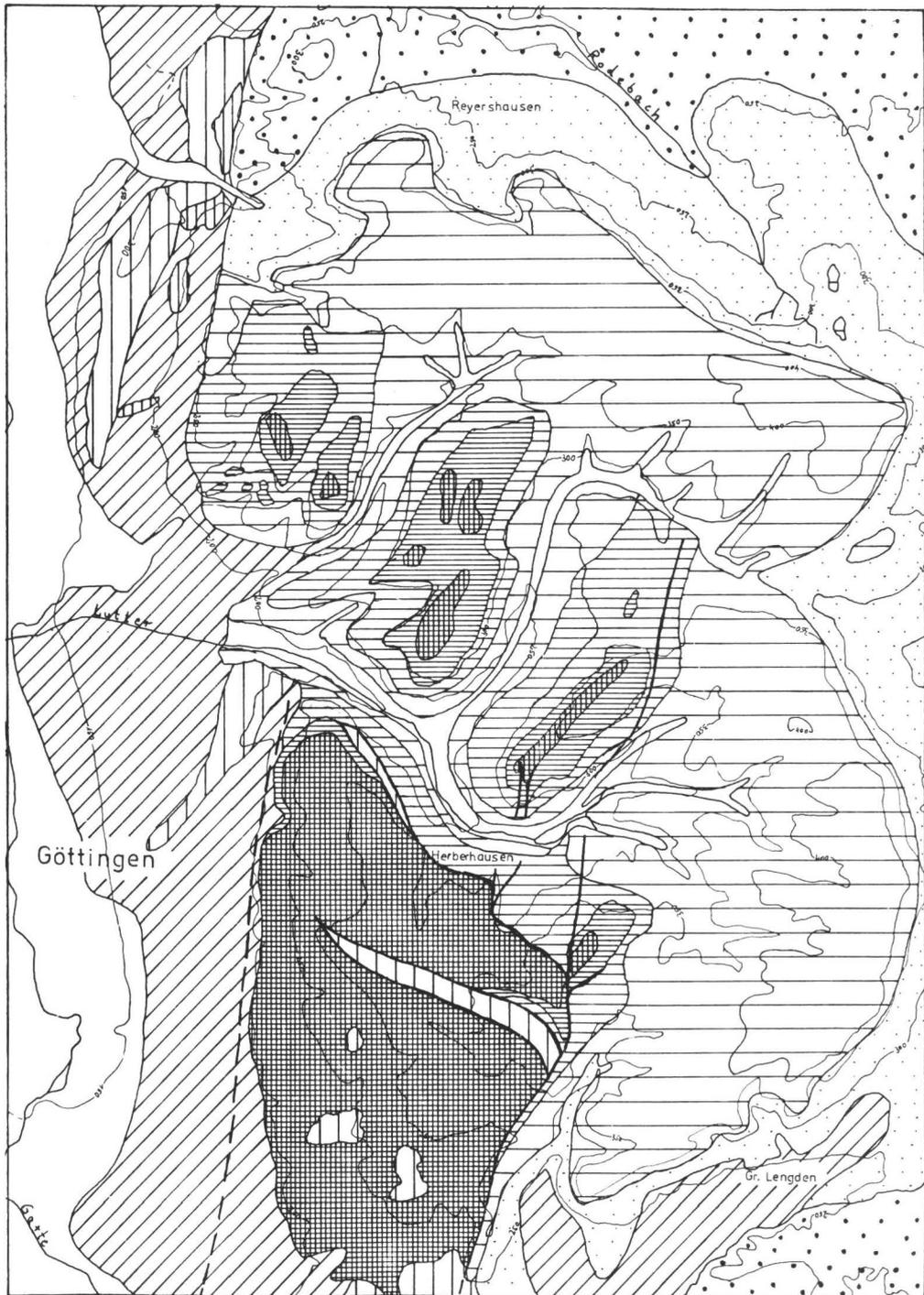


Abb. 3a: Geologischer Bau des Untersuchungs-Gebietes



- | | |
|---|-------------------------|
|  | Holozän |
|  | Pleistozän |
|  | Lias |
|  | Keuper |
|  | oberer Muschelkalk |
|  | mittlerer Muschelkalk |
|  | unterer Muschelkalk |
|  | oberer Buntsandstein |
|  | mittlerer Buntsandstein |
|  | tektonischer Sprung |

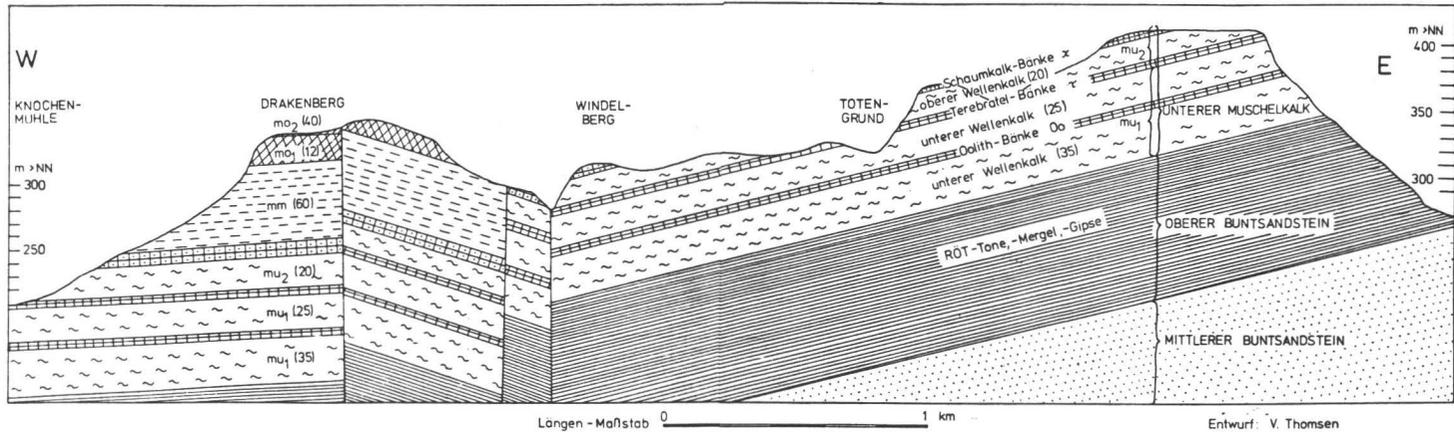


Abb.:3b Geologisches Profil GÖTTINGER WALD

Tab. 1: Muschelkalkserie des Göttinger Waldes
(n. BRINKMANN, 16)

Keuper	unterer (Lettenkohle)	Lettenkohle 45 m
Muschelkalk	oberer (Hauptmuschelkalk)	Tonplatten (Ceratitenschichten) 40 m Trochitenkalk 12 m
	mittlerer (Anhydritgruppe)	dolomitische Mergel 35 m
	unterer (Wellenkalk)	Orbicularissch. 5 m Schaumkalk 5 m Wellenkalk ⁺ 20 m Terebratelbänke 5 m Wellenkalk ⁺ 25 m Oolithbank 5 m Wellenkalk ⁺ 35 m
Buntsandstein	oberer (Röt)	Myophoriensch. 10 m Rötton 100 m

* mit dolomitischen Gelbkalk-Einschaltungen

Die folgenden Ausführungen beruhen auf Angaben von KOENEN (52 , 53), SCHMIDT (84), SCHRIEL (88), NAGEL und WUNDERLICH (66), BEER (10), HEINRICH (41) und SCHRÖDER (90).

Die Sedimente des unteren Muschelkalkes sind in der Regel Flachmeer-Sedimente. An der Grenze zum unterlagernden Röt beginnt der untere Muschelkalk mit einer 20-30 cm mächtigen eigelben Kalkbank. Darüber folgt die im Durchschnitt 75 m mächtige Schicht des unteren Wellenkalkes, die aus vielen dünnen, welligen Kalk- und Mergelkalk-Schichten zusammengesetzt ist. Etwa in der Mitte ist eine harte Zone, die Zone der Oolithbänke, eingeschaltet. Die untere Grenze des oberen Wellenkalkes bilden die etwa 5 m mächtigen Terebratellbänke (*Terebratula vulgaris* SCHLOTH.), die aus harten blau-grauen Kalken mit reichem Fossilinhalt bestehen, und in den sogenannten "Werksteinbänken" als Baumaterial gebrochen wurden. Nach etwa 20 m gelben festeren Kalken des oberen Wellenkalkes folgt die im Durchschnitt 5 m mächtige Schaumkalk-Zone. Das bestimmende Gestein dieser Zone sind bis zu 3 m dick werdende weißliche bis gelbliche oder graue Kalkbänke, die feinporig bis schaumig ausgebildet sind. Den Abschluß dieser Zone bilden die Orbicularis-Schichten, mürbe grau-gelbliche Kalke mit Anhäufungen von Schalen von *Myophoria orbicularis* GOLDF.

Der darüber folgende mittlere Muschelkalk besteht aus Tonen und dünnplattigen Mergeln von grauer und gelblicher Farbe. Ihnen sind vielfach mehr oder weniger mächtige Lagen von Zellendolomit mit wahrscheinlich ursprünglicher Einlagerung von Salzen, hauptsächlich Gips, zwischengeschaltet. Er hat eine Mächtigkeit von 35-60 m und tritt morphologisch als deutliche Gelände-verflachung in Erscheinung.

Im Gegensatz zu den Flachmeer-Sedimenten des mittleren Muschelkalkes sind die Ablagerungen des oberen Muschelkalkes wieder in größerer Meerestiefe gebildet worden. Der untere Teil, der etwa 10-12 m mächtige Trochitenkalk, besteht aus innen grauen, außen rötlichen oder bräunlichen festen spätigen Crinoiden-Kalken, die in großer Menge Stielglieder von *Encrinus liliiformis* LAM. enthalten. Infolge der Widerstandsfestigkeit dieser Kalke bilden sie überall mehr oder weniger deutliche Geländekanten. Im oberen Teil folgen hierauf ca. 40 m mächtige harte graue Kalkbänke mit einer Cephalopodenfazies. Diese Bänke werden durch dünnere Tonlagen untergliedert. Der Schicht-Verband enthält als Leitfossilien zahlreiche Ceratiten, nach denen diese Zone auch als "Ceratiten-Schicht" bezeichnet wird.

2.3.2 Känozoikum

Die tertiäre tektonisch bedingte Hebung und Abtragung war die Ursache für die Freilegung und Ausbildung des heutigen Reliefs im prätertiären Untergrund.

Während des Pleistozäns blieb der Bereich des Untersuchungsgebietes stets noch südlich der maximalen Eis-Ausdehnung der nordeuropäischen Inlandvereisung. Die Eisvorstöße gelangten während ihrer maximalen Ausdehnung, im Elster-Glazial, bis etwa 50 km an dieses Gebiet heran.

Während dieser Zeit wurde das präpleistozäne Relief, über dessen Gestalt nur hypothetische Aussagen möglich sind, weiter überformt. Die Auswirkungen

der geomorphologischen Prozesse in diesem Periglazialbereich lassen sich heute noch beobachten. Erhalten sind sie als Schotterfüllungen der Gerinnebetten der Leine und ihrer seitlichen Zuflüsse, als Solifluktuations-Lager- und Wanderschutt auf den Muschelkalk-Flächen und -Hängen und als Lößlehm-Ablagerungen, die das gesamte Gebiet als dünner Schleier überdecken und nur in bevorzugten Windschattenlagen größere Mächtigkeiten erreichen.

Die morphologische Umgestaltung während des Holozäns ist sehr gering. Nur während der Rodungsphasen der Eisenzeit und des Mittelalters kommt es zu ausgedehnten Abtragungen von Feinmaterial von den freigelegten Boden-Oberflächen. Dieses Material wird dann als Auelehm in den Gerinnebetten akkumuliert.

2.4 HYDROLOGIE

Durch die Bildung des Leinetal-Grabens ist der dort fließende Fluß, die Leine, zum Hauptvorfluter des Untersuchungsgebietes geworden. Gleichzeitig ist damit der Fluß-Lauf der Leine als tiefste Erosionsbasis dieses Gebietes festgelegt worden. Die seitlichen Zuflüsse der Leine, Garte, Lutter, Wendebach und Rodebach, um hier nur die wichtigsten anzuführen, haben in den widerständigen Gesteinen des unteren Muschelkalks ihren Oberlauf wegen der seit ihrer Entstehung verstrichenen kurzen Zeitdauer noch nicht der idealen Erosions-Tiefenlinie (Gefällskurve) annähern können. Sie sind noch befähigt, in Zeiten höheren Wasserdargebotes gröberes Erosionsmaterial zu transportieren.

Für Niederschlagswasser undurchlässige Schichten finden sich im Bereich des Göttinger Waldes im Ceratitenkalk (mo 2), im mittleren Muschelkalk (mm) und im Röt (so). Der an der Oberfläche der höchsten Stufenfläche anstehende mo 2 läßt das Niederschlagswasser nicht versickern, sondern oberflächlich abfließen. Das ist auch einer der Gründe dafür, daß diese Standorte ständig vernäßt sind. An günstigen Stellen halten sich sogar ganzjährig kleine versumpfte Wasserstellen (KLINK,49).

Das durch den durchlässigen Trochitenkalk absickernde Wasser sammelt sich an der Oberfläche des mm und fließt z.B. in den Schichtquellen am Westrand der Nikolausberger Hochfläche, am Nordrand des Drakenberges und am Reinsbrunnen ab.

Das Sickerwasser, das den stark durchlässigen unteren Muschelkalk passiert hat, sammelt sich auf dem Röt und fließt auf dessen tektonisch gewellter Oberfläche nach unterschiedlichen Richtungen hin ab. Der mittlere Teil des Göttinger Waldes entwässert auf der Röt-Oberfläche am Weende-Spring, der nörd-

liche Teil am Maria-Sprung und Rodebach, der südliche Teil zur Garte hin. Im östlichen Bereich des Göttinger Waldes (Linie Waake-Söderich) ist die allgemeine Westneigung der Röt-Oberfläche durch den Einfluß der Hauptverwerfung (Gelliehäuser Sprung) in eine Ostneigung umgekehrt. Somit erfolgt die Entwässerung in Richtung auf die östlich des Göttinger Waldes gelegene Röt-Mulde (SCHMIDT, 83, DEPPE-TROE, 21).

2.5 KLIMA

Im großklimatischen Rahmen ist das Untersuchungsgebiet als subatlantisch mit einem geringen subkontinentalen Einfluß zu bezeichnen. Das Klima ist ausgezeichnet durch relativ kühle Sommer, hohe Luftfeuchtigkeit und starke Bewölkung, wobei eine mittlere Jahresamplitude der Temperatur von $17,1^{\circ}\text{C}$ und relativ geringe Niederschläge von 614 mm den kontinentalen Einfluß anzeigen (DETERS, 22, BORNKAMM, 15).

Die höheren Lagen des Göttinger Waldes zeigen, wie die Daten der Lysimeterstation des Bodenkundlichen Institutes der Universität Göttingen (THOMSEN, 98, 99) erkennen lassen, eine Verringerung der Temperatur und eine geringfügige Erhöhung der Niederschläge (GRIMME, 39).

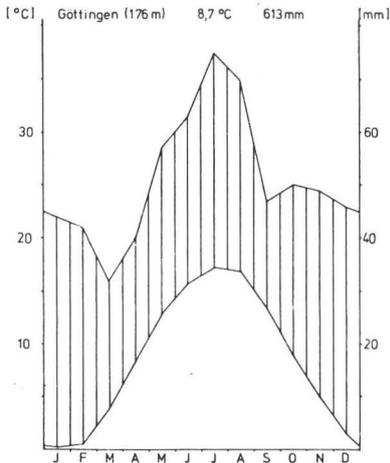


Abb. 4: Klimadiagramm von GÖTTINGEN
(Darstellungsweise n. WALTER, 1901)

2.6 VEGETATION

2.6.1 Wald-Geschichte

Für das Verständnis der heute vorhandenen Vegetation ist es unerlässlich, die Entwicklung und die damit verbundenen Veränderungen in der Pflanzen-Bedeckung zu verfolgen. Nur so läßt sich die gegenwärtige Vegetationsverteilung erklären. Bei ihrer Ausbildung hat nicht nur das natürliche Potential der Landschaft eine wichtige Rolle gespielt, sondern sind auch wirtschaftliche und gesellschaftspolitische Gründe maßgebend gewesen. Bedeutungsvoller als die frühere Vegetationsgeschichte ist in diesem Zusammenhang die Aufforstungspolitik des letzten Jahrhunderts. Deshalb soll die Vegetationsgeschichte hier nur kurz behandelt werden.

Das Untersuchungsgebiet ist, wie schon ausgeführt wurde, nicht mehr von den Gletschern der pleistozänen Vereisungen erreicht worden, sondern nur den periglaziären Einflüssen ausgesetzt gewesen. So kann davon ausgegangen werden, daß die Oberfläche des Untersuchungsgebietes am Ende des Pleistozäns praktisch vegetationslos und ohne Boden-Bildungen gewesen ist.

Für eine Rekonstruktion der holozänen Vegetationsgeschichte bieten sich die Untersuchungen über die Pollenniederschläge während der Bildung der mitteleuropäischen Moore und See-Ablagerungen aus der näheren und weiteren Umgebung des Untersuchungsgebietes an. Insbesondere kommen hier die Pollen-Analysen aus dem Gebiet des Seeburger Sees östlich von Göttingen und des Lutter-Sees im Untereichsfeld in Frage. Trotz der erheblichen Entfernung lassen sich die dortigen Ergebnisse auch etwa auf den Göttinger Wald übertragen (BERTSCH,11, CHANDA,18, FIRBAS,30, 31, MÜLLER,65, STEINBERG,96,WILLERDING,103).

Die erste sich ansiedelnde noch recht lückenhafte Vegetationsdecke der älteren Tundrenzeit bestand überwiegend aus Gräsern, Zwergbirke, Zwergweide und Sanddorn. Im Alleröd folgte dann die erste Bewaldung durch Birke und Kiefer. Diese wichen in der jüngeren Tundrenzeit wieder zurück, und es kam zu einer Auflichtung der Wälder. Mit der dann folgenden Erwärmung im Präboreal setzte die endgültige Bewaldung wieder mit Birke und Kiefer ein. Die weitere Erwärmung im Boreal veränderte die Vegetation in Richtung auf die wärmeliebenden Arten Eiche, Ulme, Esche, Linde und Erle, die jetzt auch bestandesbildend auftraten. Sehr groß muß in dieser Zeit auch der Anteil der Hasel gewesen sein. Das frühe Atlantikum brachte einen Rückzug der Kiefer und eine Anteilsvergrößerung der Ulme mit sich, so daß die Wälder hauptsächlich aus Eiche und Ulme gebildet wurden. Zum Ende des Atlantikums hin nahm der Anteil der Ulme ständig ab, und sie verschwand schließlich fast vollständig, während der An-

teil der Eiche anstieg und im Subboreal sein Maximum erreichte. Gegen Ende dieser Zeit wanderte die Rotbuche ein und wurde im Subatlantikum die dominierende Wald-Baumart. Seit dem Atlantikum traten auch in steigendem Maße in den Pollen-Diagrammen Getreide-Pollen bzw. Nichtbaupollen auf, so daß hieraus auf die sich langsam ausbreitende Rodung der Wälder mit anschließender Besiedlung durch den Menschen geschlossen werden kann.

Während des Mittelalters stieg der Anteil der Eiche wieder langsam an (Gerbereibedarf), und im 18. Jahrhundert schnellte infolge der einsetzenden planmäßigen Bewirtschaftung der Wälder der Anteil von Kiefer und Fichte hoch.

2.6.2 Aktuelle Vegetationsverhältnisse

2.6.2.1 Wald

Nachdem während des Mittelalters und bis in das 19. Jahrhundert hinein die Wälder des Untersuchungsgebietes durch unsachgemäßen Holz-Einschlag und Hude-Wirtschaft vollständig zerstört waren -die Nutzung erfolgte als Buschholz- und Mittelwald-Wirtschaft- , wurde erst in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts mit der planmäßigen Aufforstung begonnen (BARTEL, 6).

Die Wälder setzten sich entsprechend den jeweiligen Standortbedingungen aus verschiedenen Untereinheiten des Kalk-Buchenwaldes zusammen (ROHL, 73, 74, WINTERHOFF, 104, EBER, 26).

Nach WINTERHOFF lassen sich im bewaldeten Teil des Untersuchungsgebietes folgende Pflanzengesellschaften unterscheiden:

- 1.) das Melico-Fagetum mit 16 Untereinheiten auf dem Plateau und an mäßig geneigten Hängen,
- 2.) das Carici-Fagetum mit 9 Untereinheiten an mehr oder weniger steilen und flachgründigen Süd- und Westhängen und in einer besonderen Ausbildung an felsigen Nord- und Osthängen,
- 3.) das Lithospermo-Quercetum an sehr flachgründigen, steilen Oberhängen in Südwestexposition,
- 4.) die Polygala amara - Sesleria coerulea - Assoziation auf Abwitterungshalden eines Felshanges,
- 5.) das Phyllitido - Aceretum mit 3 Untereinheiten auf Kalkschutthalden in Nord- und Ostexposition,
- 6.) das Vincetoxico - Tilietum (ass. nov.) auf Kalkschutthalden in Süd- und Westexposition,

- 7.) das Acero - Tiliatum an steilen Südhängen mit tiefgründigen Rendzinen,
- 8.) das Querco - Carpinetum mit 11 Untereinheiten in Tälchen, feuchten Mulden, auf wechselfeuchten Böden und als Ersatzgesellschaft des Melico - Fagetum in früheren Mittelwäldern,
- 9.) das Carici remotae - Fraxinetum an kleinen Quellen,
- 10.) das Luzulo - Fagetum mit 3 Untereinheiten auf Löß und Röt, vor allem an Hängen, an denen das Laub verweht wird,
- 11.) Fichten- und Kiefernforstgesellschaften, die durch Aufforstung früheren Acker- und Grünlandes entstanden sind,
- 12.) die Prunella vulgaris - Ranunculus repens - Assoziation mit 4 Untereinheiten auf Waldwegen,
- 13.) Fragmente einiger weiterer Assoziationen in nassen Mulden.

2.6.2.2 Grünland

Aus der Übersichtskarte, Abb. 1, die auch den Wald-Anteil im Untersuchungsgebiet angibt, geht hervor, daß der Grünland- und Acker-Anteil in diesem Gebiet gering ist. Da die Nutzung dieser Flächen vorwiegend auf Ackerbau eingestellt ist (Getreide, Raps), beschränkt sich das Grünland vorwiegend auf die nicht oder nur schwer zu beackernden Flächen.

Nach RUTHSATZ (75) sind für die Ausbildung der Grünland-Gesellschaften die Bewirtschaftungsweise und die Wasserversorgung bestimmend. Danach lassen sich folgende Hauptgruppen unterscheiden:

1. Wirtschafts-Grünland

a) Mähwiesen

Mähwiesen lassen sich im Untersuchungsgebiet nur noch auf feuchteren Standorten finden. Auf Standorten mit vorwiegender Wasserversorgung aus dem Grundwasser und zeitweiligem Sauerstoff-Mangel im Oberboden in feuchten Jahreszeiten gehören die Grünland-Gesellschaften zu den Assoziationen der Kohldistel-Wiesen. Die häufigsten Gesellschaften auf feuchten bis frischen Standorten, die kurzzeitig auch trockene Bedingungen zeigen können, sind die Glatthafer-Wiesen.

b) Weiden

Durch den Weidebetrieb werden hier niederwüchsige und gegen Tritt resistente Pflanzen begünstigt, so daß sich hier auf allen Standorten (feucht bis ziemlich trocken) die Untergesellschaften der Weidelgras-Weide finden lassen.

2. Halb-Trockenrasen

Die Halb-Trockenrasen finden sich im Untersuchungs-Gebiet auf flachgründigen Böden an den Steilkanten der hier ausbleibenden härteren Gesteinsschichten. Diese Magerrasen sind durch anthropogene Nutzung (Rodung, Brand, extensive Weide-Wirtschaft) aus ursprünglichem Waldland hervorgegangen. Neben den bestimmenden Faktoren Wasserhaushalt und Bewirtschaftungs-Weise hat auch der pH-Wert für die Arten-Zusammensetzung dieser Standorte eine, wenn auch untergeordnete Bedeutung. Die Artenzusammensetzung der Halb-Trockenrasen ist innerhalb des Untersuchungsgebietes sehr einheitlich; alle gehören zur Assoziation der Schillergras-Rasen (*Gentiano-Koelerietum*).

Eine kartenmäßige Darstellung der Vegetationsverhältnisse des Repräsentativ-Areals (aufgrund von Aufnahmen der Jahre 1967/68) ist bei RUTHSATZ (75) zu finden.

2.6.2.3 Brachflächen

Auf den anthropogen entwaldeten Flächen, die der natürlichen Sukzession unter Sozialbrach-Bedingungen überlassen werden, erfolgt die sukzessive Vegetationsentwicklung vom Mesobromion-Rasen über ein Gebüschstadium zum eigentlichen Kalk-Buchenwald.

Als Gebüsch-Stadien lassen sich im wesentlichen zwei Typen unterscheiden:

1.) *Prunus spinosa* - *Ligustrum vulgare* - Ass. Tx.,

das ist das eigentliche Weidegestrüpp mit Schlehdorn, Weißdorn, Kreuzdorn, Liguster und Waldrebe, und

2.) *Prunus spinosa* - *Carpinus betulus* - Ass. Tx.,

das sind Hasel-Hainbuchen-Gebüsche, die einen fast niederwaldartigen Eindruck machen und viele Pflanzen des folgenden Kalk-Buchenwaldes in der Krautschicht schon besitzen (BORNKAMM,15).

2.7 BÖDEN

Die Gliederung der Böden des Gebietes wird zunächst durch die beiden Ausgangsmaterialien der Boden-Bildung bestimmt: Kalkstein und Löß.

2.7.1 Kalkstein-Böden

Die verschiedenen Böden aus Muschelkalk-Material lassen sich nach ihrem Erscheinungsbild in eine sog. "Morpho-Sequenz" einordnen, die folgende Stufen umfaßt: Mullartige Moderrendzina, Mull-Rendzina, Lehm-Rendzina, Braunlehm-Rendzina, Rendzina-Braunlehm und Kalkstein-Braunlehm.

Die Differenzierung der Böden nach Horizonten schreitet in dieser Reihe wie folgt voran: (Ah)/C, Ah/C, Ah/(Bv)/C, Ah/(Bt)/Bv/C, Ah/Bt/Bv1/(Bv2)/C, Ah/Al/Bt/Bv1/Bv2/C. Das heißt: Die fortschreitende Profil-Differenzierung ist durch die Sukzession folgender pedogenetischer Teil-Prozesse gekennzeichnet:

- 1.) Kalkmull-Bildung durch Verarbeitung allen vorhandenen und des spärlich neu freigesetzten Lösungs-Rückstandes durch den Regenwurm (Mull-Rendzina),
- 2.) Ausbildung eines nach Entkalkung verbraunten tonigen Lösungs-Rückstands-Horizontes (Bv 1) zwischen Ah- und C-Horizont (Lehm-Rendzina),
- 3.) Ton-Verlagerung aus dem Ah- in den Bv 1-Horizont (Braunlehm-Rendzina, Rendzina-Braunlehm, Kalkstein-Braunlehm), dabei fortschreitender Rückgang der Mull-Bildung und der Humusgehalte im Oberboden.

Der an den verschiedenen Kalkstein-Standorten heute anzutreffende Bodentyp oder -besser gesagt- das heutige Boden-Entwicklungsstadium ist in erster Linie eine Funktion der standörtlich unterschiedlichen Boden-Entwicklungsgeschwindigkeit.

Der wesentliche Vorgang der Boden-Entwicklung und damit auch der zeitlich steuernde ist die Freisetzung des Kalkstein-Lösungsrückstandes im Zuge der Kalkstein-Auflösung.

Es sind hauptsächlich die folgenden gesteinspezifischen Größen, welche die Freisetzungsgeschwindigkeit des lehmigen Kalkstein-Lösungsrückstandes bestimmen (vergl. SCHEFFER et al., 78):

- 1.) Der Gehalt des Gesteins-Verbandes und der darin enthaltenen Kalkstein-Bänke bzw. der Frostschutt-Decke an nichtcarbonatischer Komponente (Lösungs-Rückstand), der im mu 1 und mo 1 im allgemeinen niedrig ist ("Kalksteine" mit weniger als 10 % Nichtcarbonat), im mm und mo 2 dagegen hoch (Mergel-

kalke (10-30), Kalk-Mergel (30-50) und Ton-Mergel mit 50-70 % Nichtcarbonat). Je höher der Nichtcarbonat-Gehalt, desto geringer die abzuführende Menge an CaCO_3 pro Gewichtseinheit Lehm.

- 2.) Zerkleinerungs-Grad des Gesteins-Verbandes durch die periglaziale Frost-Verwitterung - im mu und mo 1 meist weniger stark, im mm und mo 2 überwiegend feinkörnige Detritus-Decken. Je höher der Zerteilungsgrad und je größer die Oberfläche, desto größer die Auflösungsgeschwindigkeit.
- 3.) Die Mächtigkeit der Frostschtut-Decken. Die Auflösung erfolgt in der Regel solange mit großer Geschwindigkeit wie aufzulösender Kalkstein-Frostdetritus vorliegt. Ist dieser "aufgezehrt", verlangsamt sich die Boden-Entwicklung im anstehenden Gesteinsverband erheblich. Je mächtiger die Frostschtut-Decke desto fortentwickelter die Boden-Bildung. Dies gilt besonders für die mächtigeren Frost-Lagerschtut-Decken in Plateau-Lage, während die dünneren Frost-Wanderschtut-Decken in Oberhang-Lage in der Regel heute noch in weniger entwickelten Bodenentwicklungs-Stadien verharren.
- 4.) Die spezifische Lösungsgeschwindigkeit des Gesteins, die zwar z.T. von dessen Gehalt an Nichtcarbonat, vielmehr aber von dessen innerer Struktur abhängig ist. Eine Differenzierung durch unterschiedliche Dolomit-Gehalte (Löslichkeitsunterschiede!) ist dabei im Untersuchungsgebiet weniger gegeben als eine Beeinflussung der Löslichkeit des Calcits durch Verkieselungen (z.B. im mo 1).

Unter diesen Aspekten ergibt sich, daß die ausgedehnten, wegen der Flachgründigkeit ihrer Böden heute fast durchweg bewaldeten Kalkstein-Flächen des mu von den Boden-Entwicklungsstadien Mull- und Lehm-Rendzina beherrscht werden. Ursache sind geringer Nichtcarbonat-Gehalt, geringe spezifische Lösungsgeschwindigkeit, geringe Frostfrakturierung und Schuttdecken-Mächtigkeit (außer in den Tälchen). Unterbrechungen bieten nur die in den Wellenkalk eingeschalteten Gelbkalk-Bänke, die bei ihrem hohen Schlufflehm-Gehalt und ihrer extremen Frostanfälligkeit Kalkstein-Braunlehme bilden.

Der mittlere Muschelkalk und die Ceratiten-Schichten des oberen Muschelkalks werden demgegenüber sowohl in Plateau- wie in Hang-Lagen von den Bodentypen Rendzina-Braunlehm und Kalkstein-Braunlehm beherrscht. In Plateau-Lage kann es bei Kalkstein-Braunlehmen zu Vernässungen kommen (Pseudogley-Kalkstein-Braunlehm und Kalkstein-Braunlehm-Pseudogley).

Die bodenbildende Natur der Trochiten-Bänke (mo 1) war bislang insofern schlecht erkennbar, als sie im wesentlichen nur als Steilkanten-Bildungen in Erscheinung traten und dort auf grobem Gehänge-Schutt geringmächtige Rend-

zinen bildeten. Die Klärung ihrer bodengenetischen Funktion sollte mit einem Bestandteil dieser Arbeit bilden.

2.7.2 Löß-Böden

Während des Spät-Pleistozäns und Früh-Holozäns sind die Frostlager- und -wanderschutt-Decken im Untersuchungsgebiet mit einer mehr oder weniger mächtigen Löß-Auflage überdeckt worden. Diese Löß-Ablagerungen sind in enger Anlehnung an das periglazial geformte Relief erfolgt. Mächtigere Ablagerungen, in denen sich reine lößbürtige Bodenbildungen entwickeln konnten, finden sich in den Trockentälern, die vom Rand des Muschelkalk-Plateaus sich bis auf dieses heraufziehen, und in den größeren Dolinen und Rinnensystemen auf dem Plateau. Gering mächtigere Löß-Ablagerungen konnten sich in Hangdellen und in besonders exponierten Lagen erhalten. Der übrige (und größte) Teil des Untersuchungsgebietes ist nur von einem dünnen Löß-Schleier bedeckt gewesen, der im Verlauf der holozänen Bodenentwicklung vollständig in die Bodendecke eingearbeitet worden ist, und der heute makroskopisch nicht oder nur sehr schwer zu identifizieren ist. Abb.5 zeigt die Verbreitung des auflagernden Lösses im Untersuchungsgebiet.

Nach dem bisherigen Kenntnisstand über die Löß-Sedimentation im Untersuchungsgebiet hat es sich dabei um zwei verschiedenen Arten von Löß gehandelt, zum einen um den "normalen" kalkhaltigen Löß und zum andern um primär entkalkten umgelagerten Löß.

In den kalkhaltigen Lössen ist die Bodenentwicklung über die Prozesse der Entkalkung, Verbraunung und Tonverlagerung bis zur Parabraunerde verlaufen. Die Entkalkung ist aber in vielen Fällen nicht so intensiv verlaufen wie in den benachbarten Lössen des Leinetales.

In den kalkfreien umgelagerten Lössen ist dagegen der pH-Wert entweder von vorn herein sehr niedrig gewesen oder im Verlauf der Bodenbildung so schnell abgesenkt worden, daß der Prozess der Tonverlagerung übersprungen wurde. Die beim Abbau der Tonsubstanz gebildeten Kat-Ionen (insbesondere Mg) wurden in die Zwischenschichten der Expandite eingelagert. Auf diese Weise wurden größere Mengen von sekundären Chloriten gebildet. Die Bodenentwicklung auf diesen Substraten hat so zur "Sauren Braunerde" geführt (SCHEFFER, FÖLSTER, MEYER, 79).

Auf den Flächen, auf denen nur eine geringe Menge Löß sedimentiert worden ist, ist dagegen der Kalkstein das bestimmende Substrat der Bodenbildung geblieben, und es haben sich die Böden der Kalkstein-Bodenentwicklungs-Reihe mit einigen Modifikationen gebildet.

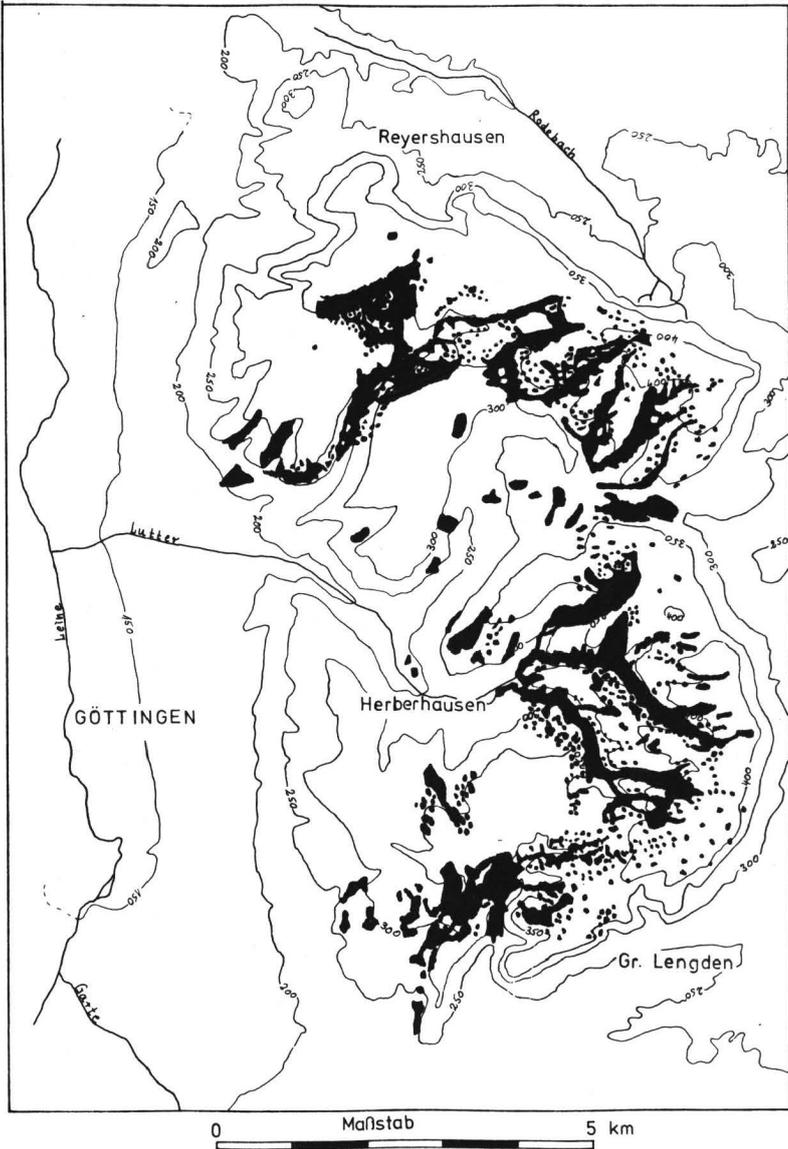


Abb. 5: Verbreitung des auflagernden
Lösses im Untersuchungs-Gebiet

3 PEDOLOGISCHE FAKTOREN DES REPRÄSENTATIV-UNTERSUCHUNGS-GEBIETES

3.1 ABGRENZUNG

Regionale Ökosysteme (Ökotope, Ökotox-Gefüge) werden durch physikalisch-chemisch-geographische Phänomene abgegrenzt (HAGGET, 40, GLUCH, 37). Der Grenzverlauf wird durch den relativen Grad der Kopplung zwischen den Systemen bestimmt; je schwächer der Grad der Kopplung desto deutlicher ist der Grenzverlauf zwischen den verschiedenen Systemen zu erkennen. Für eine solche Systemeingrenzung ist eine umfangreiche Kenntnis der bestimmenden Merkmale, d.h. der Elemente oder Kompartimente, der Funktion, des Verhaltens, der Struktur und der Umgebung (KLAUS und LIEBSCHER, 48 n. GLUCH, 37) notwendig. Eine solche, allen gestellten Anforderungen gerechtwerdende Eingrenzung ist aber von einzelnen Beobachtern kaum zu erwarten.

In unserer Untersuchung steht aufgrund der Einbindung der Beobachter in die Bodenkunde die Abgrenzung aufgrund der Bodenverhältnisse im Vordergrund. Dabei reicht die relativ grobe Abgrenzung von Einheiten aufgrund des in der Bodenkartierung üblichen sensorischen Kriterienkatalogs allein nicht aus. Vielmehr müssen Differential-Merkmale angewendet werden, die eine Charakterisierung der bodengenetischen und der ökologischen Dynamik gestatten. In diesem Zusammenhang muß sich das Interesse auf die pleistozäne und holozäne Beeinflussung des Bodens durch die Beimengung von Fremdmaterial und besonders anthropogene Einflüsse richten. Das Konzept der Bodenaufnahme kann darin bestehen, daß zunächst eine Norm-Vorstellung entwickelt wird, z.B. die "Normal-Entwicklungsreihe der Kalkstein-Böden", und daß dann die realen örtlichen Abweichungen physikalisch, chemisch und mineralogisch parametrisiert werden.

Um diese Faktoren zu bestimmen, wurde östlich von Herberhausen ein etwa 1,5 km² großes Gebiet ausgewählt, das alle im Untersuchungsgebiet auftretenden Oberflächen-Formen und Muschelkalk-Stufen aufweist. Die Lage und die Grenzen dieses Repräsentativ-Untersuchungs-Gebietes sind in Abb. 1 dargestellt.

In diesem Gebiet wurden neben zahlreichen Bohrstock-Einschlägen etwa 250 Schürfguben angelegt und Angaben über Horizontfolge, Horizontmächtigkeit, Bodenfarbe, Bodenstruktur, Bodenart und Ausgangsgestein festgehalten.

Diese Ergebnisse ermöglichten es, für das Repräsentativ-Untersuchungsgebiet genauere Angaben zu folgenden Punkten zu machen:

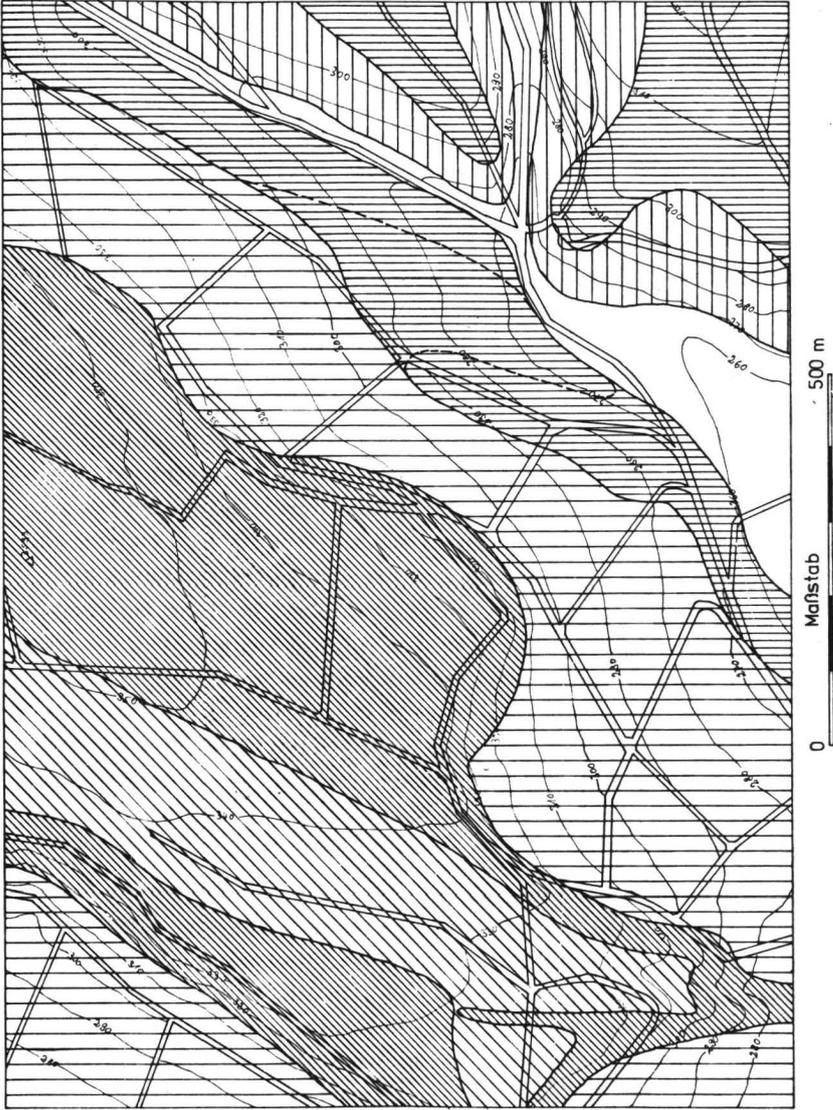


Abb. 6 : Geologischer Bau des Repräsentativ-Gebietes

Abb. 6: GEOLOGISCHER BAU DES REPRÄSENTATIV-UNTERSUCHUNGS-GEBIETES

Übertrag aus der Geologischen Spezialkarte 1:25 000

Blatt GÜTTINGEN und WAAKE (KOENEN 1908/29)

(Grenze mm/mu aufgrund der eigenen Aufnahme korrigiert)

	mo 2	CERATITENSCHICHTEN Kalkplatten mit tonigen Zwischenlagen	45 m
	mo 1	TROCHITENKALK harte Kalkbänke, im mittleren Teil mit tonigen Zwischenlagen	15 m
	mm	MITTLERER MUSCHELKALK mürbe, z.T. dolomitische Mergel und Zellenkalke	60 m
	mu	SCHAUMKALKBANK-ZONE harte Kalkbänke mit porösen Straten	10 m
	mu	OBERER WELLENKALK obere flaserige Kalkschiefer	20 m
		HOLOZÄN und PLEISTOZÄN	

- a) die geologischen Verhältnisse,
- b) die Beteiligung von Solifluktiions-Decken und -Decken-Resten am Aufbau des Solums (Karte: Solum-Schichtung A) und
- c) die Mächtigkeit der visuell erkennbaren auflagernden LÖB-Decken (Karte: Solum-Schichtung B).

3.2 STRATIGRAPHIE und RELIEF

3.2.1 Mesozoischer Gebirgsbau

Die Ausschnitt-Karte mit der Darstellung der geologischen Verhältnisse zeigt deutlich, daß die Abfolge der verschiedenen geologischen Formationen und das Relief in enger Beziehung zueinander stehen.

Alluvial-Flächen finden sich in dem von NE nach SW verlaufenden Tal der Lutter und in den anschließenden Talzügen ehemaliger seitlicher Zuflüsse (Trockentäler). Beidseitig nach Osten und Nordwesten steigen die Hänge des μ an. Darüber erstrecken sich die Flachhänge des $\mu\mu$. Aufgrund der Ergebnisse der Gelände-Arbeiten mußte der Grenzverlauf zwischen μ und $\mu\mu$ geändert werden. Abweichend von der Geologischen Karte (v. KOENEN, 53) stößt in unserem Kartenbild, östliche Hälfte, die Untergrenze des mittleren Muschelkalks nicht mehr zungenförmig zum Luttertale hin vor (siehe gestrichelte Linie), sie verläuft vielmehr durchgehend parallel dazu. Gekennzeichnet durch eine Steilstufe von 10-15 m Höhe werden die Schichten des $\mu\mu$ von den harten Trochiten-Kalken des μ überlagert. Die von diesen Schichten gebildete Hochfläche ist nach SE hin sanft geneigt mit einem Höhenunterschied zwischen Steilkante und topographischen Punkt von etwa 30 m. Im Verlauf des Leine-Grabenbruches ist ein von SW nach NE verlaufender Ceratitenkalk-Block in den Trochitenkalk eingesunken. Dadurch werden hier die Reste des Ceratitenkalkes vor der Abtragung teilweise geschützt.

Der Gesamt-Höhenunterschied innerhalb der Fläche des Kartenausschnittes beträgt etwa 100 m.

3.2.2 Pleistozäne Deckschichten

3.2.2.1 Solifluktiions-Decken (Karte: Solum-Schichtung A)

Während der pleistozänen Eisvorstöße war das Untersuchungsgebiet dem Einfluß eines periglazialen Klimas und damit periglazialen Formungsprozessen ausgesetzt. Charakteristisch für diese Zeiträume intensiver physikalischer Gesteinsaufbereitung sind solifluidale Massenbewegungen auf geeigneten Oberflächen. Die Warmzeiten dagegen waren Zeiten intensiver chemischer Verwitterung, also hier im wesentlichen Lösungsprozesse im Kalkstein und Umwandlungsprozesse der Mineral-Bestandteile.

Ausgangspunkt für die rezente Bodenbildung war nun das durch solche Transportvorgänge geschaffene komplizierte Verteilungsmuster von Frostlager- und -wander-Schutt mit den Resten vorhergehender Bodenbildungen.

Deutliche Rückschlüsse auf die angesprochenen Transportvorgänge ermöglicht die Karte der Solum-Schichtung A.

Wie die Karte erkennen läßt, waren erwartungsgemäß die höchsten Reliefpositionen Ausgangspunkte der Massenbewegungen. Zu den Tiefenlinien hin dünnen die Solifluktiionsdecken aus.

Der obere Muschelkalk (mo), vor allem der Trochitenkalk, überlagert mit seinem Frostwanderschutt die Schichten des mittleren Muschelkalks (mm) in weiten Bereichen. Die Frostschutt-Decken des mo nehmen in ihrer Mächtigkeit zu den am Mittelhang anstehenden Mergeln des mm hin ab und nehmen stellenweise nur noch den Charakter von Beimengungen zum mm-Solifluktiions-Schutt an. Eine eindeutige Zuordnung eines heutigen Bodens zu nur einem Ausgangssubstrat ist daher hier oft sehr schwierig, wenn nicht gar unmöglich. Am Westhang ist der gesamte mm von einer mindestens 35 cm mächtigen Frostschutt-Decke des mo 1 überlagert. Im gesamten Bereich der im wesentlichen mm-bürtigen Böden lassen sich Lese-Steine des mo an der Oberfläche finden. So treten rein mm-bürtige Böden nur in einem schmalen Streifen längs des unteren Mittelhanges auf.

Zum mu hin deckt sich die untere Grenze des mo- und mm-Solifluktiions-Schutts etwa mit der Grenzlinie der geologischen Stufen.

Im Südwesten bildet der Mischschutt aus mo 1 und mo 2 das Ausgangsmaterial der Bodenbildung. Hier sind die Frost-Wanderschutt-Decken beider Kalkstein-Stufen zungenförmig zusammengeflossen und haben sich durch Fließ- und Kryoturbationsvorgänge vermischt.

Als anthropogene Schüttungen werden die teilweise aufgeforstete ehemalige Bodenaushub-Deponie im Luttertal und ein Streifen stark humoser Böden am Süd-

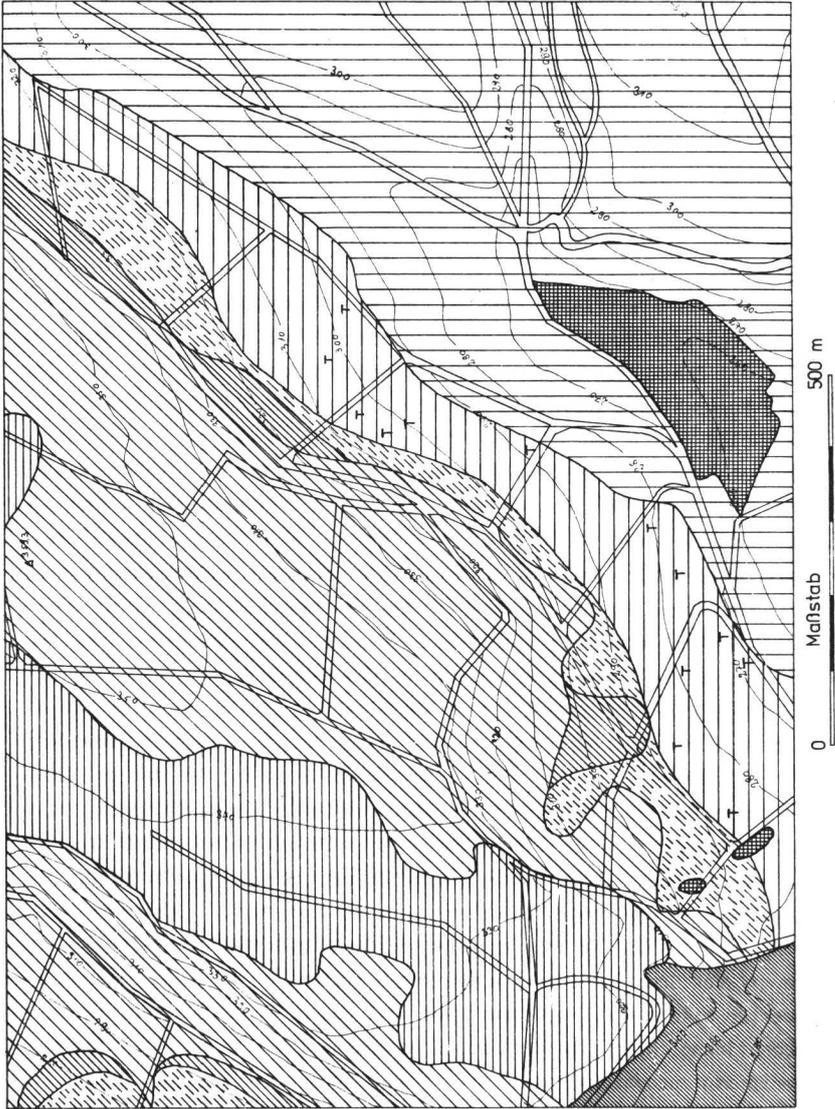


Abb.7 : Solum - Schichtung A

Abb. 7 : SOLUM-SCHICHTUNG A

Beteiligung von Kalkstein der verschiedenen geologischen Formationen am Schicht-Aufbau des Solums (ohne Unterscheidung von anstehendem Gestein oder Frostlager- bzw. -wanderschutt)

	mo 2	CERATITEN-SCHICHTEN	
	mo 1	TROCHITEN-BÄNKE bzw. TEREBRATEL- LUMACHELLE- BÄNKE	Frostschutt-Decke mind. 60 cm mächtig oder anstehendes Gestein
	mo 1		
	mo 1		
T	mo 1	LESESTEINE	
	mm	MERGEL	
	mu	SCHAUMKALKBÄNKE, WELLENKALK, gelegentlich GELBKALKE	
		ANTHROPOGENE SCHÜTTUNGEN	
		PLEISTOZÄNER und HOLOZÄNER MISCH-SCHUTT aus mo 2, mo 1, mm	

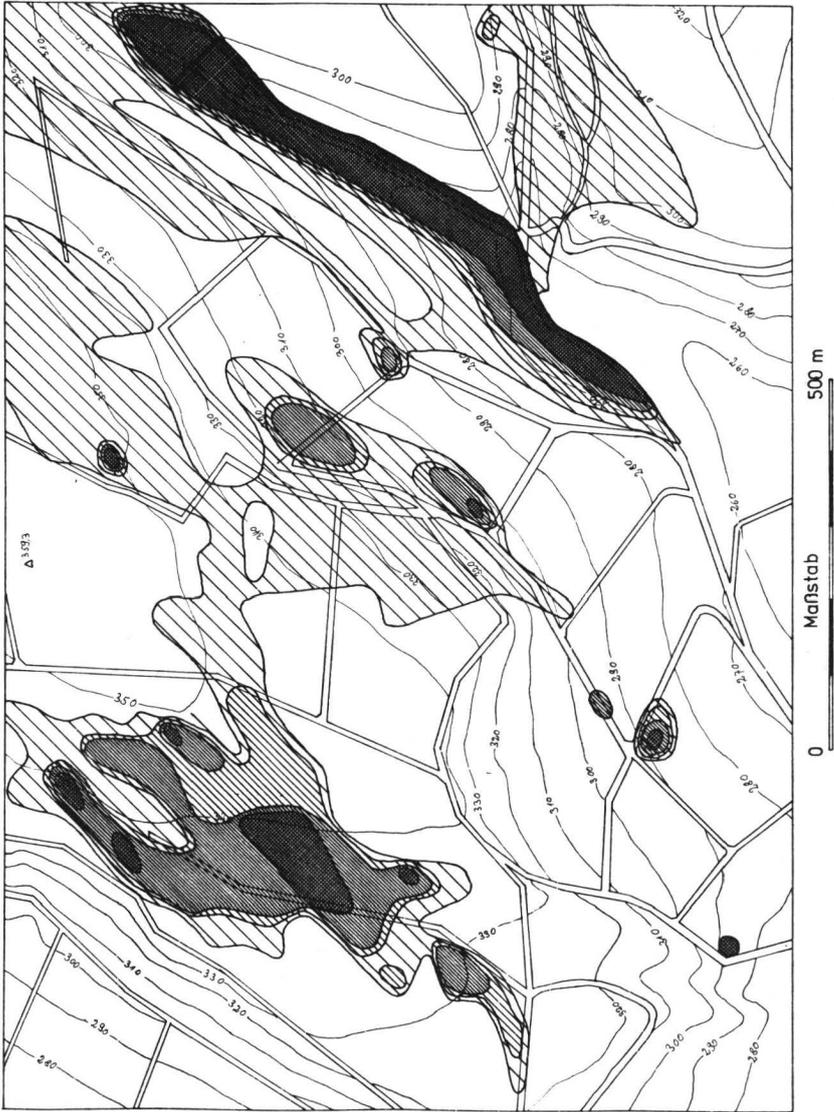


Abb. 8 : Solum - Schichtung B

Abb. 8 : SOLUM-SCHICHTUNG B

Beteiligung von LÖB am Schicht-Aufbau des Solums



LÖB-Beimengung im A- und B-Horizont ohne wesentliche Beeinflussung des Kalksteinbodentyps, primäre LÖB-Mächtigkeit schätzungsweise geringer als 15 cm



A-Horizont in einer bis zu 30 cm mächtigen, körnungsmäßig deutlich vom Kalkstein-Verwitterungs-substrat abgesetzten LÖBauflage ausgebildet, LÖB-Beimengungen auch noch im B-Horizont



LÖB-Auflage auf dem Kalkstein-Frostlager- und Frostwander-Schutt 30-60 cm mächtig, Bodentyp: (LÖB-)Parabraunerde-(Kalkstein-)Braunlehm und (LÖB/Braunlehm)-Pseudogley bzw. -Stagnogley



LÖB-Auflage 60-90 cm mächtig (stellenweise über 90 cm), Bodentyp: LÖB-Parabraunerde bzw. LÖB-Pseudogley oder LÖB-Stagnogley

hang im mm bezeichnet. Bei den letzteren Flächen handelt es sich um mittelalterliche Weinbau-Terrassen, auf denen zum Zweck der Meßwein-Gewinnung Weinreben angebaut wurden.

3.2.2.2 Löß (Karte: Solum-Schichtung B)

Der Löß wurde in den kalt-trockenen Klima-Phasen gegen Ende des Pleistozäns oder zu Beginn des Holozäns angeweht. Seine jüngsten Lagen sind zugleich die jüngsten pleistozänen Ablagerungen des Untersuchungs-Gebietes. Die vorherrschende Wind-Richtung war Westen. Als ein äolisches Sediment konnte sich der Löß in Wind-Schatten-Lagen von Erhebungen, in Tälern, Senken und Dolinen besser und leichter ablagern als in windexponierten Lagen. Die in der Karte dargestellte Verteilung der Löß-Mächtigkeiten spiegelt das Mikrorelief der Oberfläche wider. Der mit periglazialen Frostschutt überdeckte Kalkstein hat eine wellig-muldige Oberfläche, deren Vertiefungen durch den Löß bis zu einem gewissen Grade ausgeglichen werden.

Es ist aber nur in begrenztem Maße möglich, Rückschlüsse auf die ursprüngliche Verteilung des Lösses zu ziehen. Sein heutiges Verteilungsmuster ist durch spätglaziale und holozäne Erosion stark gestört.

Aufgrund der Analysendaten und der Untersuchungen über die Löß-Beimengung im Bodenmaterial ist es sicher, daß der Löß als Schleier mit mehr oder weniger großer Mächtigkeit das gesamte Untersuchungs-Gebiet bedeckt hat. An den Stellen, an denen der Löß in nur geringer Mächtigkeit abgelagert oder stark abgetragen wurde, läßt er sich heute nur noch als Beimischung zum kalksteinbürtigen Verwitterungsprodukt im Boden-Substrat nachweisen. In den gegen Erosion geschützten Relief-Positionen, in denen er auch in größerer Mächtigkeit abgelagert worden ist, läßt er sich auch sensorisch durch Veränderung der Körnungsart im Solum und Substrat nachweisen. Doch auch hier zeigt die Analyse, daß es sich selten um reinen Löß handelt, meist dagegen um Löß, der mit Kalkstein-Verwitterungsmaterial vermischt ist. Als Erklärungsmöglichkeit sind zwei Vorstellungen denkbar:

- a) Es handelt sich um ein Misch-Produkt, das aus Kalkstein-Verwitterungsmaterial und Löß zusammengeschwemmt wurde oder um
- b) autochthon abgelagerten Löß, der als lokale äolische Beimengung größere Mengen an Kalkstein-Verwitterungsmaterial enthält.

Bei den Löß-Ablagerungen in den Talzügen handelt es sich mit Sicherheit um Schwemm-Löß, der mit Kalkstein-Verwitterungsmaterial vermischt wurde. Bei den Löß-Ablagerungen im Bereich der eingesunkenen Scholle aus Ceratitenkalk läßt

sich diese Frage aufgrund der Korngrößen-Verteilung nur für die obersten Zentimeter des Bodens entscheiden. Hier handelt es sich um sekundär eingeschwemmtes Material. Für den restlichen größeren Teil des Boden-Substrates erscheint die zweite Möglichkeit die wahrscheinlichere zu sein.

Aufgrund der zeitlichen Stellung der Bildung der Auenlehm-Decken im Lutter-Tal ist der Beginn der intensiven Löß-Erosion mit dem Beginn der eisenzeitlichen Rodungstätigkeit und ihre maximale Intensität mit der mittelalterlichen Ausbau-Periode zu parallelisieren.

3.3 VEGETATION

Die Auswahl des Repräsentativ-Gebietes erfolgte auch unter dem Gesichtspunkt, daß alle Vegetations-Einheiten des Göttinger Waldes in ihm vertreten sein sollten.

Die Vegetations- und Bodennutzungskarte läßt folgende größere Einheiten und deren Substrat-Abhängigkeit erkennen.

- 1.) Im Osten der Karte die geschlossene Fläche des Kalk-Buchenwaldes auf den geringmächtigen Böden des unteren Muschelkalks, hier entlang der Talflanken und den Plateau-Sporen,
- 2.) In der Mitte des Karten-Ausschnittes die zusammenhängenden Ackerflächen im Bereich der tiefgründigeren Böden des mittleren Muschelkalks und den flachgründigeren Flächen auf dem Trochitenkalk, soweit diese durch Löß-Auflagen eine hinreichende Wasserkapazität besitzen,
- 3.) Die umlaufende Schicht-Stufe des Trochitenkalks, ehemalige Schafhutung auf Mesobrometum, z.T. auch Kirsch-Plantagen, wird heute durch dicht geschlossenes Gebüsch als Sukzessionsstadien auf dem Wege zum Laubwald bedeckt.
- 4.) Ertragreicheres Grasland findet sich in geschlossener Verbreitung in der Flachmulde der eingesunkenen Ceratitenkalk-Scholle auf dem Drakenberg-Plateau. Ursache dafür ist der Wasser-Stau der lehmigen Verwitterungsdecken dieses Gesteinsverbandes und die höhere Wasserkapazität des Substrates. Gleiches gilt für den Talboden im Osten, der Decken von eingeschwemmtem Löß und Kalkstein-Verwitterungs-Material enthält.

Als kleinere typische Einheiten sind die auf dem Trochitenkalk-Plateau des Drakenberges ausgeschiedenen Sozialbrach-Flächen zu nennen. Dabei handelt es sich einerseits um brach gefallenes Ackerland, das heute den größten Teil der Ackerflächen auf dem Plateau einnehmen würde, wenn nicht größere Flächen zu Versuchszwecken vom Institut für Bodenkunde in Acker-Nutzung gehalten worden wären. Andererseits ist auch Grasland in Busch-Brache übergegangen, wobei es

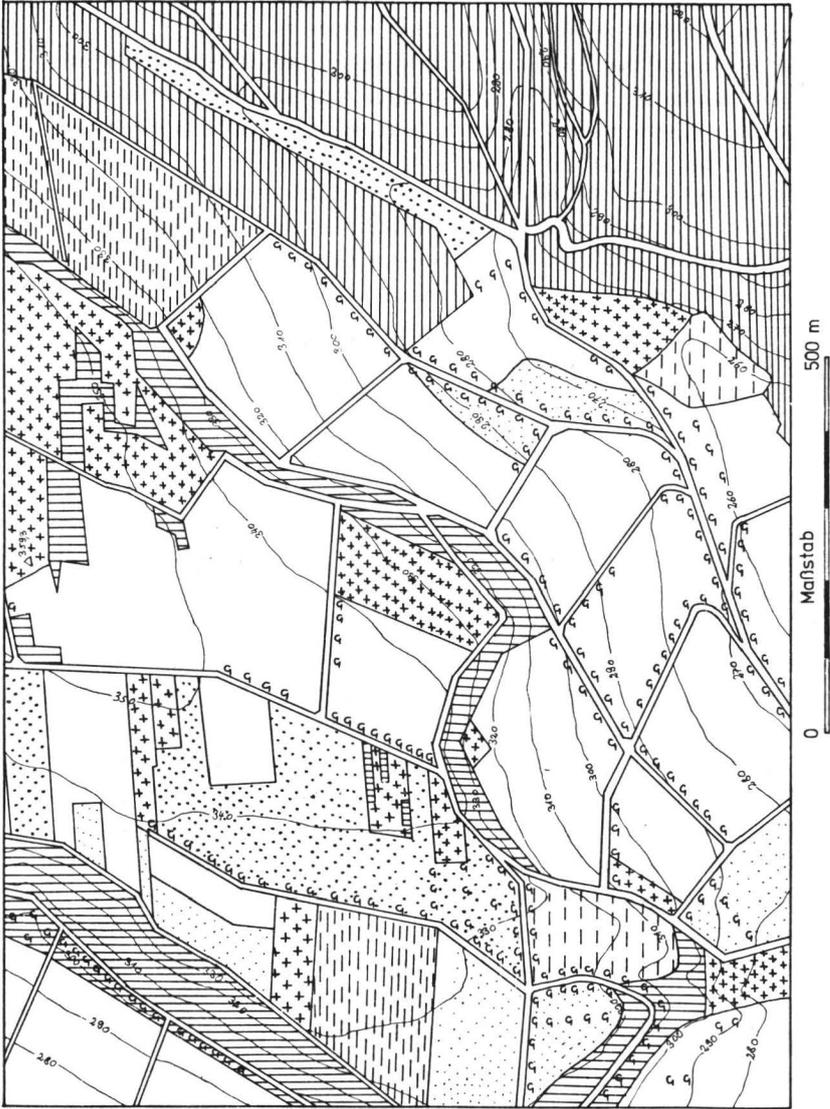


Abb.9: Vegetation und Bodennutzung

Abb. 9: Darstellung der Vegetations- und Bodennutzungs-Verhältnisse
(Aufnahme Sommer 1975)



Kalk-Buchenwald



ältere Aufforstungen



Schonung



Buschland (verbuschte Obst- und Dreischflächen, meist in Steilhanglage)



aufgegebenes, in Verbuschung befindliches Acker- und Grasland (Sozialbrache)



Feucht-Grünland



Trocken-Grünland



Ackerland



Einzelbüsche und Hecken

sich hauptsächlich um die trockenen, wenig produktiven Halbtrockenrasen-Areale handelt.

Die Wald-Fläche im Westen des Drakenberge-Plateaus stellt ein fortgeschrittenes, etwa 30 Jahre altes Sukzessionsstadium aufgegebenen Gras-Landes dar.

Außerdem finden sich verstreut auf der Hochfläche Busch-Hecken ehemaliger Weg-Ränder und Acker-Raine, die sich zunehmend verbreitern.

Die dargestellten Areale der Vegetation und Bodennutzung befinden sich heute in einer Phase der Umverteilung. Sie macht landschaftsplanerische Entscheidungen notwendig. Diese betreffen einmal das feuchtere Gras-Land der Ceratitenkalk-Mulde, das in der Vergangenheit zu allen Jahreszeiten als niederschlagssensibler Erzeuger von Oberflächen-Wasser weitreichende Wirkung auf die Abfluß-Wellen des Gewässer-Systems hatte (Hochflut-Gefährdung, Erosion). Der ehemals hohe Bedarf der Landwirtschaft dieses Trockengebietes an solchen für Gras-Land geeigneten Flächen sinkt heute mit dem Rückgang der Landwirtschaft. Eine möglichst rasche Bewaldung wäre im Hinblick auf die Minderung des oberflächlichen Abflusses wünschenswert.

Zum anderen werden die Ackerflächen zunehmend der Sozialbrache anheimfallen. Die Entscheidung im Hinblick auf eine Folgenutzung dürfte ebenfalls von hydrologischen Gesichtspunkten abhängig sein.

3.4 HYDROLOGIE

Greift man auf das in Abb. 3b dargestellte Profil des geologischen Aufbaues des Göttinger Waldes zurück, so umfaßt unser Repräsentativ-Gebiet den Drakenberg im westlichen Teil der Darstellung.

Das Grundwasser ist im wesentlichen in zwei Körpern angeordnet. Der untere Körper befindet sich im unteren Muschelkalk über den undurchlässigen Röt-Tonen. In feuchten Witterungsperioden steigt sein Spiegel östlich des Drakenberges bis auf 260 m NN und erreicht damit die Talsohle des Lutter-Tales im südlichen Teil unseres Karten-Ausschnittes. Es kommt dann zu oberflächlichem Bach-Abfluß. Mit sinkendem Grundwasser-Spiegel sinkt die Schnittpunktlage mit der Tal-Sohle. Das heißt, der Punkt des Wasser-Austrittes im Bachbett wandert talabwärts auf den Ort Herberhausen zu.

Ein zweiter, jedoch weniger mächtiger und nicht zusammenhängender Grundwasser-Spiegel existiert im Trochitenkalk und den oberen Partien des mittleren Muschelkalks, der als unvollkommene Stausohle wirkt. Das Wasser tritt an der West-Flanke des Drakenberges im Grenzbereich $mo\ 1/mm$ in Form einiger kleiner Schicht-Quellen aus, deren Höhenlage dadurch bestimmt wird, daß das Wasser unterschiedlich lange Strecken in den $mo\ 1$ -Frostschutt-Decken zurücklegen muß.

Auf der Ost-Seite des Drakenberges existieren keine Quellen. Es scheinen direkte Sickerwege in den unteren Grundwasser-Körper zu existieren. Der obere Muschelkalk der östlichen Hochfläche nimmt somit mit seinen Böden direkten Einfluß auf die Grundwasser-Spende des Gebietes.

Den dritten hydrologischen Faktor liefern die Ceratiten-Schichten mit ihrer bereits besprochenen Neigung zur Bildung von oberflächlich abfließendem Wasser.

4 BODEN - AUSWAHL UND UNTERSUCHUNGS - METHODIK

4.1 AUSWAHL DER ZU UNTERSUCHENDEN BÖDEN

Um ein Gebiet hinsichtlich seiner bodenökologischen Eigenschaften beurteilen zu können, ist es notwendig, alle hier auftretenden Bodenbildungen in die Analyse miteinzubeziehen. Es muß darauf geachtet werden, daß alle Einflüsse, die eine mögliche Richtung der Bodenbildung im Hinblick auf eine ökologische Differenzierung bestimmen können, berücksichtigt werden.

Aufgrund der bei der Gelände-Aufnahme gewonnenen Erkenntnisse wurden für die Labor-Untersuchungen 17 Profile ausgewählt. Es sind repräsentative Böden für die Boden-Entwicklung auf unterem, mittlerem und oberem Muschelkalk, mit oder, soweit im Gelände erkennbar, ohne Löß-Beimengung, in unterschiedlichen Relief-Positionen, mit unterschiedlicher Nutzung (Wald, Acker, Grünland) und mit unterschiedlichen Wasser-Verhältnissen.

Abb. 10 zeigt die Lage der Profile im Repräsentativ-Untersuchungs-Gebiet.

Im Bereich des mu 2 haben sich bis heute nur flachgründige, wenig differenzierte Böden bilden können. Deshalb wurden hier je eine flachgründige Rendzina unter Wald- bzw. Acker-Nutzung und eine Braunlehm-Rendzina unter Wald in ebener Relief-Position ausgewählt. An Acker-Standorten sind nämlich flachgründige Böden mit differenziertem Profil-Aufbau nicht zu finden. Daneben wurde noch ein stärker differenziertes Profil mit Solifluktions-Decke und Löß-Beimengung in Hang-Lage berücksichtigt, um den Einfluß pleistozäner Decken über dem unteren Muschelkalk mit zu erfassen.

Da der Bereich des mm sich zur Gänze in Hang-Lage befindet, war es sehr schwierig, hier ein Profil zu finden, bei dem eine Beeinflussung durch Transport-Prozesse ausgeschlossen werden konnte. Es fand sich nur ein kleines Boden-Areal, bei dem das der Fall war. Aus dem Bereich des mm stammen somit ein durch allochthone Beimengungen unbeeinflußtes Profil und zwei durch Material-Zufuhr vom Oberhang beeinflusste Böden. Eines von ihnen enthält im oberen Substrat-Abschnitt mm-Material, das andere mo 1-Material. Alle Böden befinden sich unter Acker-Nutzung.

Aus dem sich in relativ ebener Relief-Position befindlichen Bereich des mo 1 wurden zwei flachgründige Böden (Rendzinen) und zwei stärker differenzierte Böden (Übergänge Rendzina - Kalkstein-Braunlehm), jeweils eines unter Acker- und eines unter Wiesen-Nutzung, ausgewählt. Flächen mit Wald-Nutzung gibt es in diesem Bereich nicht. Es wurde darauf geachtet, daß bei den flachgründigen Pro-

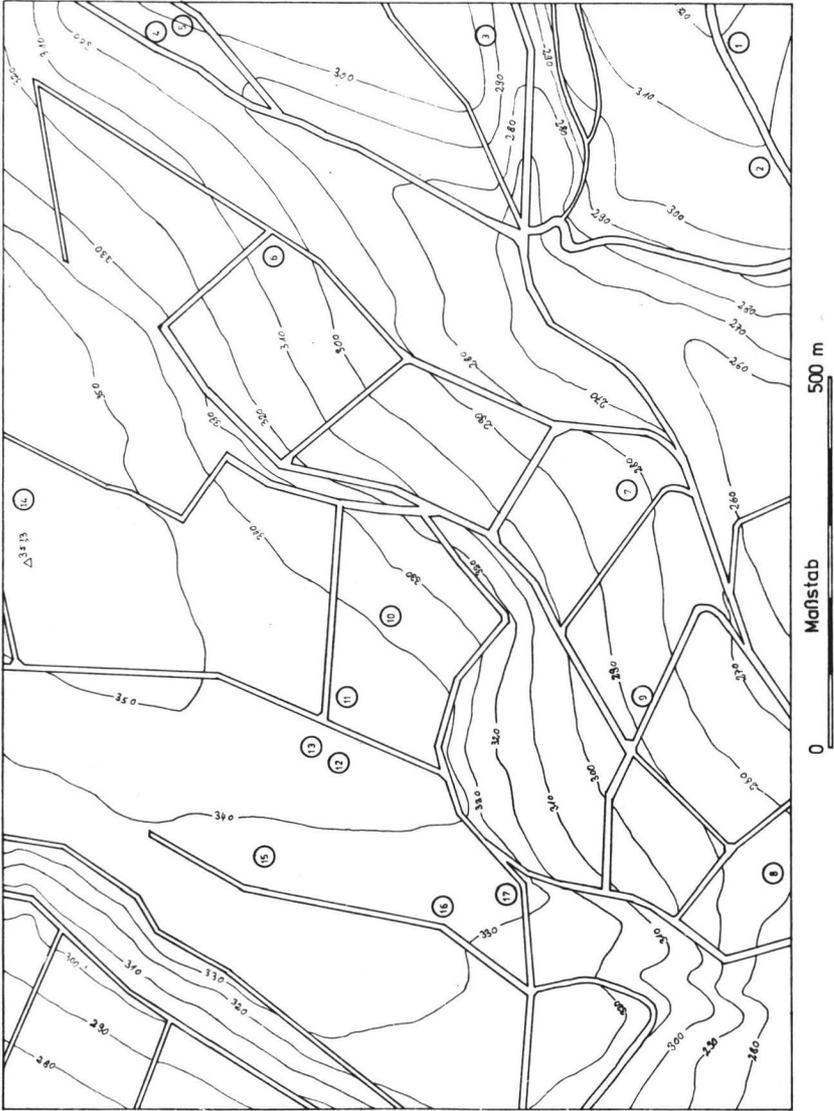


Abb.10: Lage der Untersuchungs - Profile

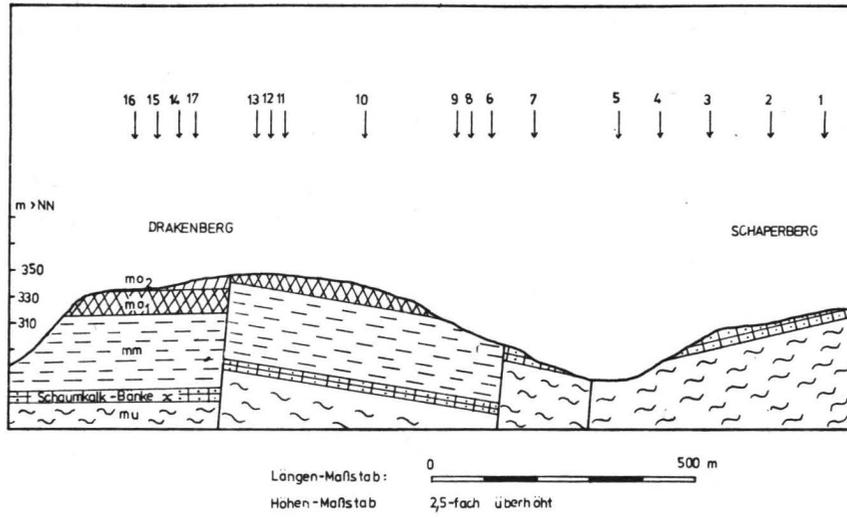


Abb. 11: Geologisches Profil des Untersuchungs-Gebietes mit Lage der Untersuchungs-Profile

filen die Ah- bzw. Ap-Horizonte aus Frostschutt der Trochitenkalk-Zone hervorgegangen waren. Bei den tiefgründigeren Profilen bildeten löß-vermischte Relikte von Frostlager- und Frostwander-Schutt-Decken das Ausgangssubstrat.

Der Bereich des mo 2 bildet im Untersuchungsgebiet aufgrund der tektonischen Verhältnisse eine flache Senke, die deshalb mehr oder weniger mit Löß gefüllt worden ist. Es wurden deshalb im Bereich des oberflächlich anstehenden oder des durch Solifluktion in stärkerer Decke verlagerten mo 2 solche Böden ausgewählt, die mit ihrem Schichtaufbau Löß/ Löß-Frostschutt repräsentativ für dieses Areal sind. Es handelt sich zum einen um Böden, die gänzlich oder weit überwiegend aus Frostschutt-Decken-Material des mo 2 hervorgegangen sind, deren Solum und Substrat aus einem kompakten Gemenge von Gesteinsbrocken und braungelbem Rückstandslehm des mo 2 bestehen, das dem wasserstauenden gelb-grauen Mergelton bis Tonmergel des mo 2 auflagert. Zum anderen handelt es sich um Böden, deren Ausgangsmaterial von Löß-Decken über Frostschutt des mo 2 gebildet wird. Das Löß-Material ist dabei deutlich unter dem Ah-Horizont zu beobachten oder analytisch als hoher Beimengungsanteil nachzuweisen.

Aus dem Löß-Saum des Kleinen Grundes im Ost-Teil der Karte wurden zwei Böden aus Löß ausgewählt. Zum einen eine stark versauerte Löß-Braunerde und zum anderen eine Parabraunerde, die sich noch in langsamer Entkalkung befindet. Wegen ihrer Lage an der mu 2-Talflanke kann jedoch auch bei diesen beiden Profilen eine Beeinflussung des Solums, zumindest an der Basis durch Kalkstein-Solifluktions-Material nicht vollständig ausgeschlossen werden.

4.2 UNTERSUCHUNGSMETHODIK

4.2.1 Probennahme

Für die Labor-Untersuchungen wurden Mischproben von mehreren Kilogramm Boden-Material verwendet, die jeweils den gesamten Horizont erfaßten. Aus den Cv- bzw. C-Horizonten entnahmen wir Gesteins-Proben des Ausgangsgesteins, wobei die mögliche solifluidale Heterogenität durch Entnahme mehrerer Gesteinsbrocken berücksichtigt wurde. Aus den Horizonten, die keinen oder nur einen geringen Skelett-Anteil aufwiesen, wurden Stechzylinder-Volumenproben entnommen.

Die Proben-Entnahme erfolgte am 27. Mai 1975.

4.2.2 Labor-Untersuchungen

Die methodischen Unsicherheiten chemischer und physikalischer Untersuchungen an stark carbonathaltigen Böden sollen hier nicht näher diskutiert werden. Es sei dafür auf die Bemerkungen bei SCHLICHTING-BLUME (82) und BLUM (13) verwiesen. Erforderlichenfalls wird bei der Interpretation unserer Daten in den betreffenden Abschnitten auf mögliche Einschränkungen hingewiesen.

4.2.2.1 Korngrößen-Zusammensetzung des gesamten Bodens

Die Bestimmung der Korngrößen-Zusammensetzung erfolgte durch nasse Siebung von etwa 1,5 kg Boden-Probe. Bei den skelettlosen bzw. skelettarmen A- und B-Horizonten wurde keine weitere Auftrennung des Kalk-Skelett-Anteils $> 2 \text{ mm } \emptyset$ durchgeführt. Demgegenüber wurde bei den skelettreichen Horizonten auch dieser Anteil weiter aufgetrennt. Unter Zerdrücken der Aggregate wurde bis auf $200 \mu\text{m } \emptyset$ naß abgesiebt, ehe die Fraktionen $< 200 \mu\text{m } \emptyset$ für die Korngrößen-Analyse einer chemischen Dispergierung unterworfen wurden. Dieses Verfahren wurde für vertretbar gehalten, da sich bis zu dieser Grenze die Skelett-Anteile, die ausschließlich aus Kalk-Stückchen bestanden, sauber von der feinkörnigen Boden-Substanz abtrennen ließen. Nicht humifizierte organische Substanz wurde abgeschwemmt.

4.2.2.2 Analyse des Feinerde-Anteils ($< 2 \text{ mm } \emptyset$)

Die Reihenfolge der Erläuterungen zu den einzelnen Untersuchungs-Daten entspricht der Spalten-Nummerierung in den Tabellen der Analysen-Werte. Die Bestimmungen wurden in der Regel nach den Analysen-Vorschriften von SCHLICHTING und BLUME (82) durchgeführt.

- 1.) Kohlenstoff (C_t):
Konduktometrische Bestimmung des durch Glühen freigesetzten CO_2 im Gasanalysengerät der Fa. WÜSTHOFF nach Zerstörung der Carbonate mit H_2SO_4 . Parallel dazu Berechnung als Differenz der CO_2 -Gehalte der Feinerde im Gasanalysengerät und den Carbonat-Gehalten nach SCHEIBLER.
- 2.) Humus:
Multiplikation von C_t mit dem Faktor 1,724
- 3.) Stickstoff (N_t):
nach KJELDAHL
- 5.) Carbonat-%:
Gasvolumetrische Bestimmung nach SCHEIBLER, Vergleich mit konduktometrischer Messung im Gasanalysengerät Fa. WÜSTHOFF
- 6.) pH-Wert:
Bestimmung mittels Glaselektrode in $0,02 \text{ n CaCl}_2$ (Verhältnis fest:flüssig = 1:2)

- 7-15.) Austauschkapazität (KAK) und Ionen-Belegung:
Die Austauschkapazitäten wurden nach MEHLICH und nach ULRICH bestimmt. Bei der Methode nach MEHLICH wurde die Differenz zwischen Gesamt-KAK und der Summe der Kat-Ionen als Ca^{++} angenommen, das zusätzlich durch die Extraktionslösung gelöst worden war.
- 12.) Austauschbares Ammonium:
Nach 2-stündigem Schütteln mit 0,1 n CaCl_2 , Destillation nach KJELDAHL
- 24.) Kalkbedarf nach SCHACHTSCHABEL:
Bestimmung des pH-Wertes mittels Glaselektrode nach Behandlung mit 1 n Ca-acetat-Lösung (Verhältnis fest:flüssig = 1:2,5)
- 25-38.) Korngrößen-Verteilung:
Siebmethode bis $36 \mu\text{m}$ \emptyset , dann Pipett-Methode nach KÖHN, Vorbehandlung mit HCl , H_2O_2 , Na-Dithionit/Citrat und Na-metaphosphat.
In der oberen Zeile wird die Verteilung der Korngrößen auf den Gesamtboden (mit Kalk, Humus und Eisenoxid) bezogen und zwar in Spalte 25-31 die Kalkstein-Fragmente $> 200 \mu\text{m}$ \emptyset , in Spalte 32-38 die Humus-, kalk- und eisenoxid-freien Mineral-Fraktionen $< 200 \mu\text{m}$ \emptyset . Die Differenz zu 100 wird von Humus, Kalk $< 200 \mu\text{m}$ und FeOOH gebildet. In der jeweils unteren Zeile werden die humus-, kalk- und eisenoxid-freien Mineral-Fraktionen auf die Summe der Fraktion $< 200 \mu\text{m}$ \emptyset bezogen.
- 44-54.) Porung:
An den in ungestörter Lagerung entnommenen Stechzylinder-Volumen-Proben wurden die pF-Kurven nach Vakuum-Aufsättigung mit Wasser im Drucktopf ermittelt. Die Bestimmung der pF-Werte über 3,0 erfolgte nur an den steinfreien Boden-Horizonten.
- 55-56.) Eisen-Bestimmung:
Dithionit/Citrat-extrahierbares Eisen, Angaben in Bezug auf Kalk- und humushaltige Feinerde
- 57-59.) Gesamtphosphat (P_t):
Extraktion nach Säureaufschluß und kolorimetrische Bestimmung mit Ammoniummolybdat
- 60-62.) pflanzenverfügbares P_2O_5 und K_2O :
(für die Ermittlung der natürlichen Ressourcen von Bedeutung)
Bestimmung mit dem Doppellactat-Verfahren nach EGNER-RIEM
- 63.) Trocken-Dichte:
Die Bestimmung der Trocken-Dichte erfolgte an den entnommenen Stechzylinder-Proben

4.2.2.3 Mineral-Arten

Die Gewinnung der einzelnen Korn-Fraktionen erfolgte durch Sedimentation im ATTERBERG-Zylinder nach Carbonat-Zerstörung mit HCl , Humus-Oxidation mit H_2O_2 und Extraktion der freien Eisen-oxide mit Na-Dithionit und Na-Citrat. Die Bestimmung der Ton-Mineralen wurde an der Fraktion $< 0,6 \mu\text{m}$ \emptyset vorgenommen, da die höheren Anteile an Nicht-Ton-Mineralen in der Fraktion $2-0,6 \mu\text{m}$ \emptyset sich nur schlecht röntgenographisch erfassen lassen (BABEL, 5, GEBHARDT et al., 36, GEBHARDT et al., 35). Die Herstellung der Textur-Präparate erfolgte

differentialdiagnostisch unter Belegung mit Ca, Ca und Glycerin, K, K und Erhitzen auf 500 °C zur Unterscheidung von Kaolinit und Chlorit, Ca nach vorheriger K-Belegung. Die Einteilung der Ton-Mineraler erfolgte nach dem bei GEBHARDT et al. (35) angegebenen Schema.

Die Bestimmung der Minerale der Sand- und Schluff-Fractionen wurde mit dem Phasenkontrast-Mikroskop durchgeführt (GEBHARDT et al., 36 , TRÜGER, 100). Von den Sand- und Grobschluff-Fractionen wurden Streu-Präparate mit Kanada-Balsam (n=1,541) hergestellt, bei den kleineren Fractionen wurde die Membranfilter-Technik angewendet und als Einbettungsmittel eine Mischung aus Zimtaldehyd und Phtalsäure-n-butylester (n=1,541) verwendet. Es wurden als Bezugsbasis mindestens 200 Quarze je Präparat ausgezählt. Die Prozent-Anteile der ausgezählten Minerale wurden mit den Ergebnissen der Korngrößen-Analyse verrechnet, obwohl dieses nicht ganz unproblematisch ist aufgrund möglicher Fehler durch dichte-spezifische unterschiedliche Sink-Geschwindigkeiten (SCHLICHTING und BLUME, 82).

Methodische und analytische Schwierigkeiten bei der Untersuchung der Sand- und Schluff-Mineralfraktionen ergaben sich dadurch, daß versucht worden war, unter möglichst schonenden Bedingungen die Fractionen zu trennen. Es zeigte sich aber bei der optischen Untersuchung, daß dieses nicht zur Reinigung der Mineral-Oberflächen und zur vollständigen Entfernung der Carbonate ausreichte. Denn Mineral-Oberflächen waren noch von Carbonat-Ablagerungen, die durch Eisenoxid-Umkrustungen geschützt waren, bedeckt. Ebenso waren auch noch durch Eisenoxid-Umhüllungen geschützte Calcit-Kristalle vorhanden. So empfahl es sich, gerade bei stark kalkhaltigen Böden in mehrmaligem Wechsel Kalk-Zerstörung und Eisen-Extraktion durchzuführen. Aber auch dadurch ließen sich die gefurchten Oberflächen der Minerale, insbesondere der größeren Fractionen (Feinsand, Grobschluff) nicht vollständig von Eisen-Konkretionen reinigen.

4.2.2.4 Ausgangsgestein

Die zu den einzelnen Profilen gehörenden Ausgangs- bzw. im Solum enthaltenen Gesteine werden in einem besonderen Kapitel behandelt (5.1).

An den entnommenen Gesteinsproben wurden nach Auflösung in HCl die Ca-, Mg- und Fe-Gehalte bestimmt und unter Heranziehung der SCHEIBLER- und Glühverlust-Werte die Calcit-, Dolomit- und FeCO₃-Gehalte errechnet.

Am Nichtcarbonat-Anteil wurde die Phasenkontrast-mikroskopische Bestimmung der Minerale der Sand- und Schluff-Fractionen und die röntgenographische Bestimmung der Tonmineral-Zusammensetzung durchgeführt.

5 DAS BODENBILDENDE GESTEINSMATERIAL

Der Mineral-Körper aller 17 ausgewählten Profile wird -analytisch nachweisbar- sowohl vom Kalkstein als auch vom Löß geliefert, der in unterschiedlicher Mächtigkeit in den jüngeren Phasen des Würm-Glazials auf dem Muschelkalk abgelagert wurde.

In 13 Profilen herrschte visuell eine starke Dominanz des Kalkstein-Lösungsrückstandes im Solum vor, 4 Böden dagegen waren deutlich als weit überwiegend lößbürtige Bildungen anzusehen.

Im folgenden sollen zunächst die beiden bodenbildenden Gesteins-Materialien miteinander verglichen werden.

5.1 KALKSTEINE

Aus den 13 visuell kalkstein-bürtigen Böden wurden aus dem oberen C-Horizont-Abschnitt etwa faustgroße Kalkstein-Brocken entnommen. Bei diesen C-Horizonten handelte es sich zum Teil um lockeren periglazialen Frost-Schutt, z.T. um mechanisch (Bearbeitung, Wurzelsprengung) aufgelockerte Gesteinsschicht-Verbände. Besonders bei den Frostschutt-Decken wurde auf eine den Gemenge-Anteilen entsprechende Repräsentanz der Gesteinsproben geachtet.

5.1.1 Untersuchungs-Methodik

Die Gesteinsproben wurden gewaschen, von Verwitterungs-Krusten befreit, im Backen-Brecher zerkleinert und durch ein 2 mm-Sieb passiert. Durch Auflösung aller carbonatischen Anteile in HCl, durch Na-acetat auf pH 4,5 abgepuffert, wurden die nichtcarbonatischen Gesteins-Anteile gewonnen. Nach Extraktion der Eisenoxide mit Dithionit/Citrat wurden durch Siebung und ATTERBERG-Schlämmanalyse 7 Korngrößen-Fractionen gewonnen. Sie wurden mineraloptisch (Fractionen $> 2 \text{ mm } \emptyset$) bzw. röntgenographisch (Fraction $< 2 \text{ um } \emptyset$) untersucht. Die "freien", d.h. dithionit-citrat-löslichen Eisenoxide wurden am Gesamt-Lösungs-Rückstand bestimmt und als Fe_d berechnet.

Zur Bestimmung der carbonatischen Gesteins-Anteile wurden in der HCl-Lösung die Gehalte an Ca^{++} und Mg^{++} flammenphotometrisch, der Gehalt an Fe^{+++} colorimetrisch nach Anfärbung mit α - α' -Dipyridyl bestimmt und als CaCO_3 , MgCO_3 und FeCO_3 berechnet.

Tab. 2 : Anteil, Färbung (Eisenoxid-Gehalt) und Körnung des Kalkstein-Lösungs-Rückstandes

PRO-FIL	GEOLOGISCHE		IN-DEX	FORM, FARBE	NICHTCARBONAT. ANTEIL	
	STU-FE	ZONE			GEW.-%	FARBE
1	unterer Muschelkalk	Schaumkalk und Wellenkalk (Bereich der Schaumkalkzone-Mischung)	mu 2	plattig, grau-gelb	5,0	hellgrau
2		wie 1, doch mehr Wellenkalk	mu 2	dünnplattig, sehr viel Muschelschill	3,4	hellgrau
7		Wellenkalk, Bereich Schaumkalk/Orbicularis-Schichten	mu 2	plattig, grau	8,6	hellgrau
8	mittl.	Frost- und Bearbeitungsschutt aus mittlerem Muschelkalk	mm	dünnplattig	6,6	hellbraun-gelb
9	oberer Muschelkalk	"Trochitenkalk"-Komplex (und mittl. Muschelkalk)	mo 1 mm	blockig	1,4	dunkelbraun
10		"Trochitenkalk"-Komplex	mo 1	blockig	3,4	mittelbraun
11		Trochitenkalk	mo 1	blockig, mit Trochiten	2,8	mittelbraun
12		"Trochitenkalk"-Komplex	mo 1	blockig, meist verbackener Muschelschill	2,6	dunkelbraun
13		"	mo 1	blockig, wenig Schill	1,6	dunkelbraun
14		Ceratitenkalk	mo 2	blockig, wenige, stark detrit. Organismenreste	5,4	hellbraun-gelb
15		"	"	"	1,3	"
16		"	"	"	4,0	"
17	"	"	"	4,8	"	

PRO-FIL	Korngrößen (\bar{x} μm) in % nichtcarbonatischer Anteil							KÖRN.-ART	Fe _d (% KLR)
	>200	200-63	63-36	36-20	20-6	6-2	<2		
1	1	2	8	39	129	153	668	T	4,05
2	8	1	8	92	223	118	550	uT	2,77
7	5	1	4	37	202	231	522	uT	4,84
8	2	21	12	278	203	113	371	uT	7,27
9	62	79	53	121	169	149	367	uT	2,95
10	76	21	9	43	71	164	615	1T	3,18
11	54	19	7	19	90	222	589	uT	3,11
12	47	105	138	193	113	90	314	uT	0,43
13	34	23	17	61	122	147	597	uT	1,47
14	11	36	77	170	168	133	404	uT	1,84
15	3	30	14	83	151	158	561	uT	1,84
16	1	89	73	135	111	109	482	uT	2,37
17	5	32	127	250	169	111	306	uT	0,90

5.1.2 Lösungs-Rückstand (Nichtcarbonat-Anteil)

Tabelle 2 gibt einen Überblick über Anteil, Färbung und Körnung des nichtcarbonatischen Rückstands-Anteiles der untersuchten Kalksteine.

Die Kalksteine gehören der Formation Trias, Abteilung Muschelkalk und dessen drei Stufen "unterer", "mittlerer" und "oberer" Muschelkalk an.

5.1.2.1 Gehalt

Als höchster Rückstands-Gehalt der Kalksteine wurden 8,6 Gew.% bestimmt. Damit handelt es sich gemäß DIN-Tabelle (Grenzwert 10 %) in allen Fällen um "Kalke" und gemäß Normschema n. CORRENS (in BARTH et.al., 8) (Grenzwert 5 %) meistens um "hochprozentigen Kalkstein", bei den Profilen 7 (μ 2), 8 (mm) und 14 (mo 2) jedoch um "Kalkmergel" (5-15 % Nichtcarbonat).

Abgesehen von dem recht "reinen" Trochitenkalk-Komplex (mo 1), kommen in allen anderen Stufen und Zonen des Muschelkalks sowohl "Kalke" als auch "Kalkmergel" als feste Kalksteine vor.

Die Streuungen in den Gehalten an Nichtcarbonat wie auch in der Körnung des Lösungs-Rückstandes sind zum einen durch unterschiedliche stratigraphische Niveaus innerhalb der Zonen bedingt, zum anderen aber auch durch facielle Schwankungen. So weicht z.B. der Kalkstein aus Profil 12 dadurch stark von den übrigen mo 1-Kalken ab, daß er überwiegend aus Conchylien-Detritus besteht, während in den anderen (10, 11, 13) hauptsächlich Stielglieder von *Encrinus liliiformis* angereichert sind.

Im Hinblick auf die lösungsschemische Nichtcarbonat-Freisetzung aus dem Kalkstein-Verband bei der Bodenbildung ist es nicht zulässig, allein den Nichtcarbonat-Gehalt der festen Gesteins-Brocken als einzige Bezugs-Größe herauszuziehen. Neben dem Gehalt gilt dieses prinzipiell -wenn auch in geringerem Maße- für die Körnung und die mineralogische Zusammensetzung des Lösungs-Rückstandes. Im ursprünglichen Schichtverband -besonders des dünnplattigen Kalksteins im μ - finden sich nämlich zwischen den geringmächtigen Kalkstein-Lagen immer wieder dünne, durch kalkärmere Nichtcarbonat-Substanz gefüllte Zwischenschichten ("Schichtfugen" mit "Zwischenmittel"). Dieses Material wurde bei der periglazialen Frostschnitt-Deckenbildung m.o.w. homogen mit dem mechanisch geschaffenen Gesteins-Detritus vermischt. Es lieferte somit ein Misch-Ausgangsprodukt für die Bodenbildung, das in der Regel etwas reicher an nicht-carbonatischem Lösungs-Rückstand war als der feste, aus Gesteins-Brocken bestehende Anteil.

Frühere Untersuchungen am Wellenkalk im Bereich der Zone der Terebratula-Bänke hatten jedoch gezeigt, daß das Zwischenmittel wohl den Gehalt an nicht-

Tab. 3 : Carbonatische Komponenten der Kalksteine %
 Verteilung des Eisens auf oxidische Ton-Bindung und CaCO_3^+

PRO-FIL	Gesamt-Carbonat	CaCO_3	MgCO_3	FeCO_3 (FeOOH)	stöchiometr. Dolomit	mol Ca		Mg	auf 100 T.Lösigs.-Rückst. fallen				
						mol Ca	mol Mg		Fe aus:		FeOOH aus:		Σ
									FeCO_3	FeOOH	FeCO_3	FeOOH	FeOOH
1	950	945	2	3,4 (2,6)	3,4	52	0,4	3,1	0,4	5,0	0,6	5,6	
2	966	962	2	1,7 (1,3)	3,5	51	0,5	2,4	0,3	3,8	0,4	4,2	
7	914	906	2	5,9 (4,5)	4,5	38	0,6	3,1	0,5	5,0	0,8	5,8	
8	934	926	3	5,0 (3,8)	7,2	24	1,0	3,4	0,7	5,5	1,2	6,7	
9	986	982	2	1,7 (1,3)	4,0	45	0,5	5,4	0,3	8,6	0,5	9,1	
10	966	962	2	1,5 (1,1)	4,8	37	0,6	2,1	0,3	3,3	0,5	3,8	
11	972	968	2	1,8 (1,4)	4,0	45	0,5	3,1	0,3	4,9	0,5	5,4	
12	974	970	2	1,5 (1,1)	3,8	47	0,5	2,6	0,1	4,2	0,1	4,3	
13	984	980	2	1,9 (1,4)	4,3	42	0,6	5,4	0,1	8,5	0,2	8,7	
14	946	942	2	1,6 (1,2)	4,6	38	0,6	1,4	0,2	2,3	0,3	2,6	
15	987	984	2	1,2 (0,9)	5,4	34	0,7	4,2	0,2	6,7	0,3	7,0	
16	960	952	4	3,8 (2,9)	9,8	18	1,3	4,3	0,2	6,8	0,4	7,2	
17	952	949	2	0,9 (0,7)	3,2	32	0,7	0,9	0,1	1,4	0,1	1,5	

⁺ einschließlich FeOOH , das aus der Fällung des mit HCl gelösten FeCO_3 stammt

carbonatischer Substanz im Frost-Schutt gegenüber dem Gehalt im festen Kalkstein angehoben hatte. Dagegen war kaum eine Änderung in der Korngrößen- und Mineralarten-Zusammensetzung des Lösungs-Rückstandes festzustellen. Festgesteins-Lösungs-Rückstand und Zwischenmittel dürften sich demnach im Hinblick auf die Korngrößenverteilung der Mineral-Anteile nur wenig voneinander unterscheiden.

5.1.2.2 Farbe

Zwischen den vier in Tabelle 2 aufgeführten Gesteins-Gruppen bestehen markante Unterschiede in der Färbung des Gesamt-Lösungs-Rückstandes. Diese korrespondiert nicht mit den Gehalten an freien Eisenoxiden (Fe_d).

Dazu ist anzumerken, daß die Extraktion mit Dithionit und Citrat -trotz mehrfacher Wiederholung- nicht alles Eisenoxid beseitigt. Besonders die großen Quarz-Körner der Sand- und Grobschluff-Fraktion enthalten in ihren Korrosions-Eintiefungen stabile Fe-oxid-Füllungen, die u.U. durch sekundäre SiO_2 -Abscheidungen inkrustiert sind. Ähnliches gilt auch für die sog. "eisenreichen Glimmer" (ERG).

5.1.2.3 Körnung

Aufgrund der Einordnung in das Korngrößen-Dreieck (KARTIERANLEITUNG, 4) handelt es sich beim Lösungs-Rückstand aller Gesteinsproben fast durchweg um schluffigen Ton (u' =schwach, u'' = mäßig, \bar{u} = stark) -mit einer Ausnahme im Trochitenkalk (1T) und einer im unteren Muschelkalk (T).

Tabelle 4 bringt eine Zusammenfassung aus Tabelle 2 , wobei die geologischen Zonen nach zunehmender Feinheit der Körnung angeordnet sind.

Der obere Muschelkalk fällt insgesamt durch seine höheren Sand-Anteile auf. In der Profil-Gruppe 9, 12 (mo 1') erreichen sie fast 15 %.

Demgegenüber ist der untere Muschelkalk nahezu frei von allen Nichtcarbonat-Fractionen größer als $20 \mu m$ Durchmesser.

Tab. 4 : Körnungs-Mittelwert-Gruppen aus Tabelle 2

STUFE	% LÖSUNGSRÜCKSTAND				INDEX	PRO-FILE
	SAND > 63 μm	SCHLUFF		TON < 2 μm		
		63-20 μm	20-2 μm			
mm	23	290	316	371	u'T	8
mo 1'	147	253	260	340	\bar{u} T	9,12
mo 2	52	232	278	438	u'T	14-17
mu 2	6	63	351	580	u'T	1,2,7
mo 1''	76	52	272	600	u'T	10,11,13

5.1.2.4 Mineralarten-Zusammensetzung

Bei der mineraloptischen Untersuchung der Sand- und Schluff-Fractionen wurden folgende Mineralarten-Gruppen gebildet:

Q	Quarze	K	Kaolinite
F	Feldspäte	S	Schwerminerale (außer Biotit)
G	Glimmer	O	Opake Minerale
ERG	eisenoxid-verkrustete Glimmer, Biotite, Mg-Chlorite		

Bei der Röntgenbeugungs-Analyse wurden die Phyllosilikate gemäß GEBHARDT et al. (35) und SCHWERTMANN (92) wie folgt weiter untergliedert:

			Stufen nach SCHWERTMANN
I	Illite, Micas	Illite	I
H	Hemi-Expandite		II
O	Oligo-Expandite	Vermiculite	III
P	Plio-Expandite	"Boden"-Montmorillonit (höhere Elementarladung)	IV
Pl	Pleisto-Expandite	"Lagerstätten"-Montmorillonit (niedrigere Elementarladung)	V
C	(Mg)-Chlorite		

In den 13 Unter-Tabellen zu Tabelle 6 ist für jeden untersuchten Kalkstein die vollständige Mineralarten-Zusammensetzung enthalten.

Die vergleichende Betrachtung dieser Tabellen läßt nur wenige Regelmäßigkeiten erkennen. Die Quarz/Feldspat-Verhältnisse in den Sand-, Schluff- und Ton-Fractionen zeigen starke gesteins-unabhängige Streuungen. Dasselbe gilt für die Quarz- oder Feldspat-Phyllosilikat-Beziehungen. Da Schwerminerale weitgehend fehlen, liefert auch diese Gruppe keine Ordnungs-Kriterien.

Lediglich die Gruppe der Phyllosilikate spiegelt in ihrer Zusammensetzung deutlich die Gesteinsgruppen wieder. Zur Demonstration wird in Tabelle 5 eine Zusammenstellung und Gruppierung der einzelnen Gesteine gegeben.

Man erkennt, daß vom "mm" über den "mu 2" und "mo 2" zum "mo 1" der Gehalt an Glimmern -und das betrifft in gleicher Weise die Sand-, Schluff- und Ton-Glimmer- abnimmt. In gleicher Reihenfolge steigen dagegen die Gehalte an Smectiten, d.h. Glimmer-Verwitterungs-Produkten, die in die Kalk-Sedimente gelangten. Ebenfalls steigt der Chlorit-Gehalt. Dabei ist es fraglich, ob diese Mg-Chlorite als detritische Komponente direkt in das Kalk-Sediment eingetragen wurden oder als diagenetische Neubildungen aus Vermiculiten und Montmorilloniten innerhalb des Sedimentes aufzufassen sind (vergl. PAPENFUSS, 67, BLUM, 13). Gegen letztere Hypothese spricht der Umstand, daß gerade in der Mg-reichsten geologischen Stufe, dem mittleren Muschelkalk (mm), die geringsten Chlorit-Gehalte anzutreffen sind -wobei jedoch zu berücksichtigen ist, daß hier auch wiederum die geringsten Smectit- und Vermiculit-Gehalte (als Ausgangs-Minerale für eine eventuelle Umwandlung) vorliegen.

Tab. 5 : Drei- und Vier-Schicht-Mineral- und Tonmineral-Gehalts-Mittelwert-
Gruppen aus Tabelle 6

STUFE	% Summe aller 3- und 4-Schicht-PHYLLOSILIKATE									PROFILE
	SAND- und SCHLUFF-GLIMMER	TON ILLIT (MICAS)	SCHLUFF-Fe-OXID-GLIMMER	Σ 1,2,3	TON-Mg-CHLORIT	HEMI- u. OLIGO-EXPANDIT	PLIO-EXPANDIT	PLEISTO-EXPANDIT	Σ 7,8	
mm	31	30	5	66	8	12	0	14	14	8
mu 2	24	34	1	59	8	7	9	16	25	1,2,7
mo 2	15	25	2	42	12	12	9	26	35	14-17
mo 1	13	16	1	30	17	11	12	30	42	9-13
SPALTE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
				↑	↑	VERMICU-LITE	B-MONTMO-RILLONIT	L-MONT-MOPILLO-NIT	↑	



Der hohe Gehalt an Illiten (35 %) im Ton des Lösungs-Rückstandes vom unteren Muschelkalk deckt sich mit Befunden von SCHWERTMANN (92), der an einer Rückstands-Ton-Probe aus der Zone der Oolith-Bänke am Hünstollen (Göttinger Wald) 50 % Illit bestimmte. Die Abweichung erklärt sich eventuell dadurch, daß SCHWERTMANN im Ton keinen Quarz erfaßte, der ca. 23 % ausmacht. Bezogen auf die Phyllosilikat-Summe des Tons beträgt auch bei uns der Illit-Gehalt 45 %.

Tab. 6: Mineralarten-Zusammensetzung des nichtcarbonatischen Anteils
der Gesteine (von freiem Eisenoxid befreit)
(in % des Lösungs-Rückstandes)

PROFIL: 1 (mu 2)

FRAKTION	Q	F	K	G	I	HO	P	Pl	C	ERG	S	O	Σ
> 63 μm	3	0	0	0	-	-	-	-	-	0	0	0	3
63-36 μm	8	0	0	0	-	-	-	-	-	0	0	0	8
36-20 μm	19	10	0	10	-	-	-	-	-	0	0	0	39
20- 6 μm	65	26	0	38	-	-	-	-	-	0	0	0	129
6- 2 μm	50	30	0	73	-	-	-	-	-	0	0	0	153
< 2 μm	139	0	0	-	245	40	72	112	60	-	-	-	668
Σ	284	66	0	121	245	40	72	112	60	0	0	0	1000
Σ	350			650									

PROFIL: 2 (mu 2)

FRAKTION	Q	F	K	G	I	HO	P	Pl	C	ERG	S	O	Σ
> 63 μm	9	0	0	0	-	-	-	-	-	0	0	0	9
63-36 μm	8	0	0	0	-	-	-	-	-	0	0	0	8
36-20 μm	68	18	0	6	-	-	-	-	-	0	0	0	92
20- 6 μm	130	28	0	60	-	-	-	-	-	5	0	0	223
6- 2 μm	39	19	0	57	-	-	-	-	-	3	0	0	118
< 2 μm	92	17	0	-	163	44	71	109	54	-	-	-	550
Σ	346	82	0	123	163	44	71	109	54	8	0	0	1000
Σ	428			572									

PROFIL: 7 (mu 2)

FRAKTION	Q	F	K	G	I	HO	P	Pl	C	ERG	S	C	Σ
> 63 μm	4	2	0	0	-	-	-	-	-	0	0	0	6
63-36 μm	3	1	0	0	-	-	-	-	-	0	0	0	4
36-20 μm	19	13	0	5	-	-	-	-	-	0	0	0	37
20- 6 μm	84	46	0	66	-	-	-	-	-	6	0	0	202
6- 2 μm	25	96	0	98	-	-	-	-	-	6	6	0	231
< 2 μm	157	0	0	-	199	36	26	67	37	-	-	-	552
Σ	292	158	0	169	199	36	26	67	37	12	6	0	1002
Σ	450			546									

PROFIL: 8 (mm)

FRAKTION	Q	F	K	G	I	HO	P	Pl	C	ERG	S	O	Σ
> 63 μm	7	12	0	4	-	-	-	-	-	0	0	0	23
63-36 μm	4	7	0	1	-	-	-	-	-	0	0	0	12
36-20 μm	133	93	0	33	-	-	-	-	-	19	0	0	278
20- 6 μm	98	50	0	51	-	-	-	-	-	4	0	0	203
6- 2 μm	35	31	0	45	-	-	-	-	-	2	0	0	113
< 2 μm	92	0	0	-	132	52	0	62	33	-	-	-	371
Σ	369	193	0	134	132	52	0	62	33	25	0	0	1000
Σ	562			438									

PROFIL: 9 (mm+mo 1)

FRAKTION	Q	F	K	G	I	HO	P	Pl	C	ERG	S	O	Σ
>63 μm	127	14	0	0	-	-	-	-	-	0	0	0	141
63-36 μm	39	12	0	2	-	-	-	-	-	0	0	0	53
36-20 μm	89	24	0	5	-	-	-	-	-	3	0	0	121
20- 6 μm	118	27	0	23	-	-	-	-	-	1	0	0	169
6- 2 μm	75	30	0	40	-	-	-	-	-	4	0	0	149
< 2 μm	62	0	6	-	69	33	33	105	59	-	-	-	367
Σ	510	107	6	70	69	33	33	105	59	8	0	0	1000
Σ	617			377									

PROFIL: 10 (mo 1)

FRAKTION	Q	F	K	G	I	HO	P	Pl	C	ERG	S	O	Σ
>63 μm	88	9	0	0	-	-	-	-	-	0	0	0	97
63-36 μm	8	1	0	0	-	-	-	-	-	0	0	0	9
36-20 μm	32	9	0	2	-	-	-	-	-	0	0	0	43
20- 6 μm	48	19	0	4	-	-	-	-	-	0	0	0	71
6- 2 μm	80	50	0	31	-	-	-	-	-	3	0	0	164
< 2 μm	80	0	0	-	87	61	68	184	135	-	-	-	615
Σ	336	88	0	37	87	61	68	184	135	3	0	0	999
Σ	424			575									

PROFIL: 11 (mo 1)

FRAKTION	Q	F	K	G	I	HO	P	Pl	C	ERG	S	O	Σ
>63 μm	70	3	0	0	-	-	-	-	-	0	0	0	73
63-36 μm	7	0	0	0	-	-	-	-	-	0	0	0	7
36-20 μm	16	3	0	0	-	-	-	-	-	0	0	0	19
20- 6 μm	57	28	0	5	-	-	-	-	-	0	0	0	90
6- 2 μm	101	60	0	57	-	-	-	-	-	2	2	0	222
< 2 μm	113	0	0	-	95	54	89	149	89	-	-	-	589
Σ	364	94	0	62	95	54	89	149	89	2	2	0	1000
Σ	458			540									

PROFIL: 12 (mo 1)

FRAKTION	Q	F	K	G	I	HO	P	Pl	C	ERG	S	O	Σ
>63 μm	105	45	0	2	-	-	-	-	-	0	0	0	152
63-36 μm	76	54	0	8	-	-	-	-	-	0	0	0	138
36-20 μm	117	63	0	7	-	-	-	-	-	6	0	0	193
20- 6 μm	80	22	0	11	-	-	-	-	-	0	0	0	113
6- 2 μm	48	24	0	18	-	-	-	-	-	0	0	0	90
< 2 μm	63	69	0	-	35	20	32	63	32	-	-	-	314
Σ	489	277	0	46	35	20	32	63	32	6	0	0	1000
Σ	766			234									

PROFIL: 13 (mo 1)

FRAKTION	Q	F	K	G	I	HO	P	PI	C	ERG	S	O	Σ
>63 μm	39	18	0	0	-	-	-	-	-	0	0	0	57
63-36 μm	13	4	0	0	-	-	-	-	-	0	0	0	17
36-20 μm	51	8	0	2	-	-	-	-	-	0	0	0	61
20- 6 μm	82	30	0	10	-	-	-	-	-	0	0	0	122
6- 2 μm	74	35	0	38	-	-	-	-	-	0	0	0	147
< 2 μm	83	83	0	-	55	83	55	161	77	-	-	-	597
Σ	342	178	0	50	55	83	55	161	77	0	0	0	1001
Σ	520			481									

PROFIL: 14 (mo 2)

FRAKTION	Q	F	K	G	I	HO	P	PI	C	ERG	S	O	Σ
>63 μm	35	9	0	3	-	-	-	-	-	0	0	0	47
63-36 μm	53	16	0	8	-	-	-	-	-	0	0	0	77
36-20 μm	119	36	0	10	-	-	-	-	-	5	0	0	170
20- 6 μm	114	29	0	20	-	-	-	-	-	5	0	0	168
6- 2 μm	77	9	0	47	-	-	-	-	-	0	0	0	133
< 2 μm	65	0	0	-	78	69	12	127	53	-	-	-	404
Σ	463	99	0	88	78	69	12	127	53	10	0	0	999
Σ	562			437									

PROFIL: 15 (mo 2)

FRAKTION	Q	F	K	G	I	HO	P	PI	C	ERG	S	O	Σ
>63 μm	27	6	0	0	-	-	-	-	-	0	0	0	33
63-36 μm	10	4	0	0	-	-	-	-	-	0	0	0	14
36-20 μm	64	14	0	5	-	-	-	-	-	0	0	0	83
20- 6 μm	114	32	0	5	-	-	-	-	-	0	0	0	151
6- 2 μm	45	85	0	28	-	-	-	-	-	0	0	0	158
< 2 μm	140	0	0	-	157	56	45	112	51	-	-	-	561
Σ	400	141	0	38	157	56	45	112	51	0	0	0	1000
Σ	541			459									

PROFIL: 16 (mo 2)

FRAKTION	Q	F	K	G	I	HO	P	PI	C	ERG	S	O	Σ
>63 μm	66	19	0	5	-	-	-	-	-	0	0	0	90
63-36 μm	53	15	0	5	-	-	-	-	-	0	0	0	73
36-20 μm	100	30	0	5	-	-	-	-	-	0	0	0	135
20- 6 μm	73	23	0	10	-	-	-	-	-	5	0	0	111
6- 2 μm	50	33	0	21	-	-	-	-	-	5	0	0	109
< 2 μm	48	0	0	-	136	39	69	122	68	-	-	-	482
Σ	390	120	0	46	136	39	69	122	68	10	0	0	1000
Σ	510			490									

PROFIL: 17 (mo 2)

FRAKTION	Q	F	K	G	I	HO	P	Pl	C	ERG	S	O	Σ
>63 μm	27	10	0	0	-	-	-	-	-	0	0	0	37
63-36 μm	90	30	0	7	-	-	-	-	-	0	0	0	127
36-20 μm	173	50	0	17	-	-	-	-	-	10	0	0	250
20- 6 μm	119	32	0	18	-	-	-	-	-	0	0	0	169
6- 2 μm	53	20	0	35	-	-	-	-	-	3	0	0	111
< 2 μm	73	0	0	-	63	30	25	76	39	-	-	-	306
Σ	535	142	0	77	63	30	25	76	39	13	0	0	1000
Σ	677			323									

Der Sand und Schluff des Lösungs-Rückstandes besteht überwiegend aus Quarz, Feldspäten (meist K-Feldspäten), Glimmern (meist Muskowit), wenig "eisenreichen Glimmern" (Biotit, Chlorit, Glaukonit) und daneben einigen Schwermineralen wie Turmalin, Rutil, Hornblende und Augit. Opake Minerale (Eisenoxid-Konkretionen und andere nicht identifizierte) sind selten.

Weder nach Korngrößen-Verteilung der Mineral-Arten noch nach Mineralarten-Quotienten, auch nicht nach Rundungs- oder Verwitterungs-Graden lassen sich eindeutige Gesteins-Gruppierungen aufstellen. Das mag damit zusammenhängen, daß es sich bei diesen gröbereren Mineral-Fraktionen nur zum Teil um detritische Beimengungen zum Kalk-Sediment handelt. Ein großer Teil dürfte als diagenetisch-autigene Neubildungen zu betrachten sein.

Die Quarzkörner der gröbereren Fraktionen sind gut gerundet. Sie zeigen Kern-Sprünge und längliche Stoßmarken, die durch konkretionäres Fe-oxid oder opalisierende Substanzen ausgefüllt sind. Sie treten als durchlaufende Linien oder Aneinanderreichungen von Punkten auf. In den feineren Fraktionen, insbesondere im Fein-Schluff, geht die Zurundung verloren. Es treten zunehmend Minerale mit deutlicher Idiomorphie auf. Oberflächliche Verunreinigungen fehlen. Mit FOCHTBAUER (33) kann angenommen werden, daß dies autigene Mineral-Neubildungen sind -obwohl keine randlichen Verwachsungen mit detritischen Mineralen beobachtet wurden. FOCHTBAUER rechnet mit mindestens 20 % autigener Quarz-Neubildungen am gesamten Lösungs-Rückstand Göttinger Muschelkalk-Proben.

Dasselbe gilt für die Feldspäte: Zurundung in den Sand- und Grob-Schluff-, Idiomorphie in den Mittel- und Fein-Schluff-Fraktionen. Auch hier kann nach FÜCHTBAUER mit einer syn- und postdiagenetischen autigenen Neubildungsquote von 20-80 % des Gesamt-Feldspat-Bestandes gerechnet werden. Auf eigene Untersuchungen zur Frage der Neubildung wurde im Hinblick auf die ausführlichen Darstellungen bei FÜCHTBAUER und HUFFMANN (45) verzichtet.

Die Glimmer sind in der Regel frisch. Sie zeigen scharfe randliche Begrenzungen und lassen nur an der Oberfläche eine Abblätterung scharfkantiger Schüppchen erkennen. Die "eisenreichen Glimmer" sind dagegen durch einen weniger frischen Habitus mit Verfärbung und randlicher Zerlappung gekennzeichnet.

5.2 LÖSS

Die mächtigeren Löß-Decken des Leinetal-Grabens sind im Verlauf des Holozäns in der Regel bis 180 cm Tiefe entkalkt und in Parabraunerden umgewandelt -sofern ein tiefliegender Grundwasser-Spiegel eine ungehemmte Entkalkung erlaubte.

Im Untersuchungs-Gebiet selbst erreichen die dem Muschelkalk auflagernden Löß-Decken eine maximale Mächtigkeit von nur 120 cm. Somit sind sie heute durchweg vollständig entkalkt.

Man könnte für die Errechnung der in den einzelnen Boden-Profilen vorliegenden Mischungs-Anteile von Kalkstein-Lösungs-Rückstand und Löß die ursprüngliche Zusammensetzung des Lösses, wie sie sich in den nicht entkalkten C-Horizonten des Leinetal-Lösses zu erkennen gibt, ansetzen. Es ist jedoch fraglich, ob die spätglaziale Beschaffenheit der gering-mächtigen Löß-Decken auf dem Muschelkalk dieselbe gewesen ist wie in 180 cm Tiefe unter den Parabraunerden im Leinetal. Die kryoklastische Beanspruchung geringer mächtiger Löß-Decken in exponierten Lagen ist allgemein stärker.

Etwa 500 m von der Ostseite des Repräsentativ-Untersuchungs-Gebietes entfernt liegt in einer Hang-Delle eine von GEBHARDT (34) untersuchte nur etwa 88 cm tief entkalkte Parabraunerde aus Löß unter Wald, unter der sich (C-Horizont) noch etwa 20 cm nicht entkalkten Lösses befinden.

Die Mineral- und Korngrößen-Zusammensetzung dieses Lösses ist in Tab. 7 wiedergegeben. Der Gehalt an Ton $< 0,6 \mu\text{m } \emptyset$ ist etwa um 20 %, der Gehalt an Grob-Ton ($0,6-2 \mu\text{m } \emptyset$) etwa um 6 % höher als in den parapräimären Lössen des Leinetal-Grabens (ROHDENBURG und MEYER, 70). Das ist ein Ausdruck für die kryoklastische Beanspruchung des Löß-Materials, bei der mechanisch zerkleinerte Quarze, Feldspäte und Glimmer in die Grob-Ton-Fraktion eingegangen sind. Dabei spielt die frost-mechanische Zerkleinerung des Quarzes mengenmäßig die geringste Rolle.

Tab. 7 : Mineralarten- und Korngrößen-Zusammensetzung des Lösses
 "Herberhausen" (Seckbornsgrund), bezogen auf kalk- und eisenoxid-
 freie Substanz (%.) (n.GEBHARDT, 34)
 Bezugssubstrat für Kalkulationen der Löß-Beimischungs-Anteile in
 den Kalkstein-Böden

FRAKTION	Q	F	K	G	I	HO	P	Pl	C	ERG	S	O	Σ
63-20 μm	360	94	-	8	-	-	-	-	-	2	32	13	509
20- 6 μm	123	40	-	26	-	-	-	-	-	9	18	2	218
6- 2 μm	23	8	-	13	-	-	-	-	-	4	2	0	50
2-06 μm	17	33	-	-	44	0	0	0	6	-	-	-	100
0,6 μm	6	6	5	-	50	20	22	11	3	-	-	-	123
Σ	529	181	5	47	94	20	22	11	9	15	52	15	1000
Σ	710			218									

5.3 GEMENG-ANTEILE AN KALKSTEIN-LÖSUNGSROCKSTAND UND LÖSS IM SOLUM DER BÖDEN

Der bodengenetisch wie -ökologisch am stärksten differenzierende Faktor ist in unserer Boden-Landschaft das Gestein, und zwar das Kalk-Gestein in seinen verschiedenen Varietäten, und der Löß.

Komplikationen sind dadurch gegeben, daß die **verschiedenen bodenbildenden** Gesteinsmaterialien in unterschiedlichen Mengen-Anteilen an den einzelnen Standorten im Gemisch vorliegen. Sensorisch sind die Mischungsanteile in den heutigen Böden nur schwer oder garnicht abzuschätzen. Bodengenetische und ökologische Deutungen setzen daher eine analytische Rekonstruktion der ursprünglichen Mischung lithogener Komponenten im Solum voraus.

Ein analytischer Weg besteht in der Suche nach bestimmten verwitterungs-resistenten Mineralen, die nach Möglichkeit nur in einem der beiden Ausgangsgesteine auftreten, zumindest aber in stark von einander abweichenden Gehalten in den Gesteinen vorliegen (vergl. ALAILY, 3 , BLUME u. RÖPER, 14). Dabei liefert deren Korngröße, soweit kein mechanischer Zerfall eingetreten ist, ein zusätzliches Kriterium.

Nach ALAILY (3) sowie MAUS und STAHR (58) wird der Mischungsanteil zweier Komponenten aufgrund des Gehaltes an einer Trenngröße (TG) wie folgt berechnet:

$$\% \text{ Mischungsanteil A} = \frac{\text{Gehalt an TG im Boden} - \text{Gehalt an TG in B}}{\text{Gehalt an TG in A} - \text{Gehalt an TG in B}} \cdot 100$$

Nach diesem Schema lassen sich auch Gemische aus mehr als zwei Komponenten berechnen, wenn sich entsprechend mehr Trenngrößen finden lassen.

Die Genauigkeit solcher Berechnungen hängt davon ab, wie genau sich der Gehalt der bodenbildenden, im Gemenge vorliegenden Gesteinsanteile an dieser Trenngröße rekonstruktiv ermitteln läßt und wie groß die natürliche Streuung der Gehalte im Gelände ist.

Aufgrund unserer Korngrößen- und Mineralarten-Untersuchung an den Böden und ihren Ausgangsgesteinen wurde eine Vielzahl von Daten auf ihre Eignung als mögliche Trenngröße hin untersucht. Es blieben schließlich nur drei Kriterien übrig. Der Gehalt des Bodens an

- 1.) Quarz und Feldspäten aller Korngrößen,
- 2.) Quarz und Feldspäten der Fraktionen 63-6 μm \emptyset und
- 3.) Glimmern und Dreischicht-Tonmineralen aller Korngrößen.

Das Korngrößen-Spektrum des Quarz- und Feldspat-Anteiles mußte soweit gefaßt werden, weil durch den -vermutlich spätpleistozänen- kryoklastischen Zerfall dieser Minerale (80) eine erhebliche Korngrößen-Umverteilung hervorgerufen worden ist.

Für die 3-Schicht-Phyllosilikate gilt dasselbe. Hinzu kommt die pedochemische Zerkleinerung zu Ton und dessen weitere Umwandlung.

Andere Trenn-Parameter wie z.B. Gehalte an bestimmten Schwermineralen sind wegen ihrer niedrigen Werte und wegen der schlechten Erfassbarkeit der kryoklastischen und pedochemischen Korngrößen-Umverteilung als Trenn-Parameter aus.

Tab.: 8 : Gehalte an den Trenngrößen 1.) - 3.) im Löß und in den verschiedenen Kalksteinen. Angaben in %.

	LÖß	mu 1	\bar{x}	mm	\bar{x}	mo 1	\bar{x}	mo 2	\bar{x}
1	710	350-450	409	562-617	590	427-766	542	510-677	573
2	617	128-252	185	309-385	347	111-412	207	238-494	348
3	200	509-590	539	318-405	362	202-451	374	284-422	375

Wie Tab. 8 zeigt, nimmt die Trenn-Schärfe von Parameter 1 zu Parameter 3 zu.

Als Standard-Zusammensetzung des Lösses wurden die in Tab. 7 ,Abschnitt 5.2, angegebenen Daten generell für alle Bodenprofile verwendet. Als Parameter für die kalkstein-bürtige lithogene Bodenkomponente wurde die Zusammensetzung des Lösungs-Rückstandes herangezogen, wie sie an den im jeweiligen Boden vorgefundenen Gesteinsbrocken im C-Horizont ermittelt wurde.

Eine wesentliche Fehlerquelle liegt darin, daß davon ausgegangen wurde, daß das ursprüngliche Kalkstein-Material sowohl vertikal als auch horizontal in engen Grenzen homogen sei. Da nach FOCHTBAUER (33) die Homogenität der Gesteine im Untersuchungsgebiet gegeben ist, wurde darauf verzichtet, eigene Untersuchungen zur Klärung dieser Frage zu unternehmen. Aber insbesondere bei den Profilen in Hanglage muß die Schichtung von dünnen Solifluktsions-Decken unterschiedlicher Herkunft berücksichtigt werden. Wie aber die Analyse der Nicht-carbonat-Anteile gezeigt hat, sind die Unterschiede verwitterungsstabiler Parameter zwischen den einzelnen Ausgangsgesteinen zu gering, um ihren jeweiligen Anteil genau genug zu bestimmen. Probleme treten in unserem Gebiet im wesentlichen nur im Bereich des mittleren Muschelkalks auf, der fast durchweg von Frost-Wanderschutt-Decken des oberen Muschelkalks überfahren wurde.

Tab. 9: Löß-Anteile im kalkstein-bürtigen Lehm-Solum der aufgenommenen Boden-Profile, berechnet aufgrund der Trenngrößen:

Gehalt an

- Quarz und Feldspäten aller Korngrößen 1
 Quarz und Feldspäten der Korngrößen 63-6 μm \emptyset 2
 Glimmern und 3-Schicht-Tonmineralen aller Korngrößen 3

PROFIL	GEOLOG. STUFE	HORIZONT	1	2	3	\bar{x}
			% LÖSS			
1	mu 2	Ah	44	50	48	47
		Cv	10	14	12	12
2	mu 2	Ah	42	38	42	41
		Bv1	28	26	31	28
		Bv2	0	0	0	0
3	Lö	Ah	100	100	100	100
		B	89	93	95	92
4	Lö	Ah/Bv	100	100	100	100
		IIA1	89	100	100	96
		IIBt	95	95	90	93
5	mu 2/Lö	Ah	100	100	100	100
		A1/B	100	100	96	99
		Bt	50	53	55	53
		Bv/Cv	74	66	73	71
6	mm	Ah	14	22	39	25
		Btv	9	24	38	24
		C1	0	0	0	0
		C2	0	0	0	0
7	mu 2	Ap	92	71	84	82
8	mm	Ah	46	35	45	42
		IIC	11	-	11	11
9	mm/mo 1	Ah	44	77	28	50
		Bv/C1	0	7	0	2
		Bv/C2	0	0	0	0
10	mo 1	Ap	89	88	82	86
		B	79	85	68	77
		Bt	8	24	4	12
		Cv	4	1	0	2
11	mo 1	Ap	-	44	54	49

Tab. 9 : Fortsetzung

PROFIL	GEOLOG. STUFE	HORIZONT	1	2	3	\bar{x}
			% LÖSS			
12	mo 1	Ah	-	0	-	0
13	mo 1	Ah B	- 0	55 11	43 0	49 4
14	mo 2	Ap (f)Ah Sd	- 28 0	62 25 0	69 27 0	65 27 0
15	Lö	Ah SB IIBSw IIIBSd	100 100 95 0	100 100 93 14	100 100 79 0	100 100 89 5
16	mo 2	Ah Sd	87 0	84 0	68 0	80 0
17	mo 2	Ah B Cv	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0

Wie Tab. 9 zeigt, liefern bei den in Plateaulage befindlichen Böden des mu 2 (1,2,5), des mo 1 (10), des mo 2 (16,17) alle drei Trenn-Parameter dieselben Beimischungsanteile an Löß-Material. Bei den in schwacher Hanglage liegenden Böden des mu 2 (7), des mo 1 (11,12,13) und des mo 2 (14) verursacht die Beimengung von etwas anders zusammengesetztem Kalkstein-Material, dessen genaue Zusammensetzung wegen Auflösung nicht mehr genau zu ermitteln ist, eine stärkere Streuung. Durch Weglassung der am wenigsten scharfen Trenn-Parameter ergeben sich aber doch noch befriedigende Übereinstimmungen.

Bei den Böden des mittleren Muschelkalks ließ sich eine Korrektur aufgrund der Daten des oberen Muschelkalks, der hier zu ca. 50 % solifluidal dem mm-Material beigemischt wurde, durchführen (siehe z.B. Boden 8).

Bei den Böden 6, 7 und 9 sind dagegen die Streuungen nicht zu eliminieren, da keine exakten Rückschlüsse auf die Herkunft der solifluidalen Beimengungen zu ziehen sind.

Das aus Tab. 9 zu ziehende Fazit ist, daß mit Ausnahme des aus mo 2 hervorgegangenen Bodens 17 praktisch keiner der als Kalkstein-Verwitterungsböden angesprochenen Böden in seinem Ah-Horizont frei von Löß ist. Die Mischungsanteile schwanken zwischen 14 und 99 %.

6 D I E B Ö D E N . - INTERPRETATION DER ANALYTISCHEN BEFUNDE

6.1 KÖRNUNGSART

6.1.1 Skelett und Feinerde - Primäre Substratmischung aus Kalkstein-Detritus und Löß

Im Tabellen-Anhang zu dieser Arbeit sind die Analysen-Ergebnisse fortlaufend nach Profil-Nummern geordnet.

Für die Interpretation empfiehlt sich ein anderes Gruppierungsschema, das auf den petrogenen Mischungsanteilen -Löß mit Schutt der verschiedenen Kalkstein-Stufen- beruht.

Die Gliederung basiert auf den Daten der Tab. 10 . Darin sind die Skelett-Anteile der Boden-Horizonte den Feinerde-Anteilen gegenübergestellt. Die Skelett-Anteile bestehen allein aus Kalkstein-Brocken -Resten der weitgehend aufgelösten Frostschutt-Decken, horizontmäßig in situ oder durch Bodenbearbeitung und Frosthebung aus tieferen in höhere Horizonte befördert. Die Feinerde ist zur Gänze oder zum Teil lößbürtig oder kalksteinbürtig. Bei der kalksteinbürtigen, d.h. aus Frostschutt hervorgegangenen Komponente ist zu unterscheiden zwischen dem detritischen, d.h. noch kalkhaltigen Anteil und dem nichtcarbonatischen Lösungsrückstand.

Gruppe A in Tab. 10 umfaßt diejenigen Böden, die bereits bei der Aufnahme im Gelände aufgrund der Fingerprobe wie auch visuell -Färbung,Horizontierung- als mehr oder weniger reine Löß-Böden angesprochen wurden. Die analytischen Befunde bestätigen dies, zeigen jedoch, daß von unterschiedlichen Profil-Tiefen ab ein zunehmender Anteil an kalksteinbürtigem Lehm beigemischt ist.

Die Böden 5,3 und 4 sind nach zunehmender Mächtigkeit der über dem Kalkstein-Schutt liegenden Löß-Decke angeordnet worden. Nr. 5 und 3 befinden sich in Hang-Lage, das mächtigere Löß-Bodenprofil 4 im Talgrund.

Alle 3 Löß-Böden liegen über wasserdurchlässigem Frost-Wanderschutt und anstehenden klüftigen Bänken des unteren Muschelkalks (Wellenkalk).

Boden 15, ebenfalls ein mächtigeres Löß-Bodenprofil befindet sich in einer sehr flachen Plateau-Lage des Drakenberges über weichen Kalken des oberen Muschelkalks (mo 2, Ceratiten-Schichten). Zum Unterschied gegenüber den ersten 3 Löß-Böden hat hier die pleistozän verwitterte Kalk-Unterlage eine sehr geringe Wasser-Durchlässigkeit, die in Verbindung mit etwas seitlichem Hangwasser-Zuzug zur Bildung von Stau- und periodischem, flachliegendem Grundwasser führt.

Alle 4 Böden sind fast bis an die Basis des Solums frei von Skelett -mit Ausnahme von Boden 4, bei dem über dem Löß entweder im Spätglazial ein geringer solifluidaler Auftrag von Kalkschutt oder im Holozän eine anthropogene Ablagerung von Kalk-Bröckchen stattgefunden hat.

Tab. 10 : Gewichtsanteile (%) des Skeletts und der Feinerde am Gesamt-Bodenmaterial und Aufgliederung der Feinerde nach Löss-, Kalk- und Lösungsrückstands-Anteilen

PROFIL	GEOL. STUFE	HORIZONT	SKELETT >2 mm Ø	FEINERDE <2 mm Ø	< 2 mm Ø			HORIZONT- MÄCHTIG- KEIT cm	
					LÖSS- BORTIG	KALKSTEINBORTIG			
						CaCO ₃	LÖSUNGS- ROCKSTAND		
A BÜDEN AUS LÖSS-DECKE OBER WORMZEITLICHEM KALKSTEIN-SCHUTT									
5	LÖSS mu 2	I Ah	0	100	100	0	0	2	} 18
		I A1/B	0	100	99	1	0	16	
		IIBt IIBv/Cv	0 42	100 58	53 41	47 5	0 12	24 >20	
3	LÖSS mu 2	Ah	0	100	100	0	0	3	} 38
		Bv	0	100	92	0	8	35	
4	LÖSS	I Ah	2	98	98	0	0	39	} 179
		IIA1	0	100	96	0	4	44	
		IIBt	0	100	93	0	7	135	
15	LÖSS mo 2	I Ah	0	100	100	0	0	5	} 65-80
		I SB	0	100	100	0	0	45	
		IIBSw	0	100	89	0	11	30	
		IIIBSd	0	100	5	1	94	>15	
B BÜDEN AUS WORMZEITLICHEM mu 2-SCHUTT, ALLE MIT LÖSS-BEIMENGUNG									
1	mu 2	I Ah	2	98	46	0	52	20	} 15
		IICv	63	37	4	15	18		
7	mu 2	Ap	23	77	63	4	10	18	
2	mu 2	I Ah	0	100	41	0	59	11	} 28
		I Bv1	0	100	28	0	72	17	
		IIBv2	61	39	0	7	32	5	

Tab. 10 : Fortsetzung

PROFIL	GEOL. STUFE	HORIZONT	SKELETT > 2 mm Ø	FEINERDE < 2 mm Ø	< 2 mm Ø			HORIZONT- MÄCHTIG- KEIT cm
					LÖSS- BORTIG	KALKSTEINBORTIG		
						CaCO ₃	LÖSUNGS- ROCKSTAND	
C BÖDEN AUS WORMZEITLICHEM mo 1-SCHUTT, OHNE UND MIT LÖSS-BEIMENGUNG								
12	mo 1	Ah	3	97	o	1	96	13
11	mo 1	Ap	14	86	42	3	41	15
13	mo 1	I Ah	1	99	49	o	5o	18
		IIBv	11	89	4	5	8o	25
1o	mo 1	I Ap	2	98	84	o	14	21
		I B	o	1oo	77	o	23	8
		I/IIBt	o	1oo	-12	-1	-87	12
		IICv	48	52	1	15	36	↓
D BÖDEN AUS WORMZEITLICHEM mm-SCHUTT (z.T. mo/mm-SCHUTT), ALLE MIT LÖSS								
6	mm	I Ap	3	97	24	7	66	19
		I Btv	o	1oo	24	5	71	5
		IIC1	o	1oo	o	32	68	32
		IIC2	5	95	o	79	16	>25
8	mm	I Ah	24	76	32	19	25	23
		IIC	33	67	7	42	18	> 3
9	mo 1	Ah	6	94	47	3	44	35
	mm	Bv/C1	32	68	1	21	46	35
		Bv/C2	31	69	o	25	44	>4o
E BÖDEN AUS WORMZEITLICHEM mo 2-SCHUTT, OHNE UND MIT LÖSS-BEIMENGUNG								
17	mo 2	Ah	3	97	o	o	97	15
		B	o	1oo	o	o	1oo	13
		Cv	6	94	o	12	82	>2o
14	mo 2	I Ap	4	96	62	o	34	18
		I(f)Ah	7	93	25	1	67	2o
		IISd	5	95	o	22	73	>15
16	mo 2	I Ah	o	1oo	8o	o	2o	17
		IISd	9	91	o	14	77	>5o

Gruppe B umfaßt Rendzinen aus Frost-Lagerschutt des unteren Muschelkalks (Wellenkalk). Böden 1 (Wald) und 7 (Acker) wurden bei der Entnahme als typische, flachgründige, dunkle Mull-Rendzinen angesprochen, Boden 2 (Wald) als eine im Ah bräunliche Braunlehm-Rendzina mit Bv-Horizont.

Wie Tab. 10 zeigt, ist wider Erwarten keiner dieser Böden frei von Löß. Bei den dicht nebeneinander liegenden Böden 1 und 2 beträgt das Mischungsverhältnis von löß-bürtiger zu kalkschutt-bürtiger kalkfreier Feinerde im Ah-Horizont 1:1.

Die "fortgeschrittenere" Entwicklung von Boden 2 gegenüber 1 scheint dadurch bedingt zu sein, daß bei ersterem mehr auflösbarer Frostschutt über dem bankigen Wellenkalk gelegen hat oder zu Beginn des Holozäns bereits mehr toniger Lösungsrückstand vorgelegen hat als beim Boden 1. Zöge man bei 1 den Löß-Anteil im Solum ab, so bliebe eine sehr geringmächtige Mull-Rendzina übrig. Dies läßt vermuten, daß hier eine nur sehr flache, vielleicht 4 dm starke Frost-Lagerschutt-Decke vorgelegen hat.

Für die beackerte Mull-Rendzina gilt dies in noch stärkerem Maße. Beachtlich ist, daß hier trotz eines Verhältnisses "lößbürtig:kalksteinbürtig" von 6,3:1 im carbonatfreien Feinerde-Material doch ein ausgeprägter dunkler Rendzina-Mull gebildet und konserviert ist. Als ausschlaggebend dafür ist der hohe Gehalt an feinem CaCO_3 im Ap-Horizont anzusehen.

In Tab. 11 ist der Versuch einer Rekonstruktion des bodenbildenden Ausgangsmaterials, d.h. der Beschaffenheit der Frostschutt-Decken, zu Beginn des Holozäns vorgenommen worden. Dabei sind folgende Annahmen gemacht worden:

- a) Die Trockendichte der Frostschutt-Decken habe -wie das frühere Messungen an pedogenetisch wenig veränderten Kalkstein-Frostschutt-Decken im Göttinger Wald ergeben haben- etwa $1,7 \text{ t/m}^3$ betragen.
- b) Die maximale Menge abgeführten Kalkes habe pro m^2 600 kg betragen (10 000 Jahre \times 300 l (50%N) \times 200 mg CaCO_3).
- c) Der aufgelöste Kalkstein habe dieselben Rückstandsgehalte besessen wie die Skelett-Brocken in und unter den heutigen Sola.

Danach hat bei 1 eine ca. 43 cm starke Frostschutt-Decke aus Kalk-Detritus vorgelegen, dem nur ca. 5% freier Lösungsrückstand und ca. 10% Löß beige-mischt waren. Bei 7 waren in der nur 22 cm starken Schutt-Decke so gut wie kein freier Lösungsrückstand, dafür aber ca. 50% Löß enthalten. In beiden Fällen mag die geringe Hangneigung Ursache für einen -wenn auch nur geringen, so doch "verjüngend" wirkenden- Abtransport von Frostschutt gewesen sein.

Bei Boden 2 nämlich ergibt die Kalkulation, daß zu Beginn des Holozäns die nur wenig mächtigere Frostschutt-Decke (54 cm) bereits 21% freien Lösungsrückstand und ca. 11% Löß enthalten hat.

Gruppe C in Tab. 10 enthält die entsprechend B angeordnete Boden-Serie aus Gestein der Trochitenkalk-Zone (mo 1). Auch hierbei handelt es sich wie beim mu um gut wasserdurchlässiges Gesteinsmaterial.

Die Böden 12 (Wiese) und 11 (Acker) wurden als Mull-Rendzinen, 13 (Wiese) als Lehm-Rendzina angesprochen. Unterschiede hinsichtlich eines eventuellen Löß-Gehaltes konnten auf sensorischem Wege nicht festgestellt werden.

Bei Boden 10 (Acker) dagegen, der als Kalkstein-Braunlehm eingestuft wurde, wurden farblich und strukturell von vornherein im oberen Profil-Abschnitt höhere Löß-Anteile vermutet.

Nach den in Tab. 11 durchgeführten Kalkulationen müssen die periglazialen Frostschutt-Decken auf dem vom mo 1 gebildeten Plateau des Drakenberges mächtiger und reicher an freigesetztem Lösungsrückstand gewesen sein als der Frostschutt des mu. Möglicherweise bedingen der Gehalt an freiem Lösungsrückstand und die Mächtigkeit einander.

Die Ursache für den höheren primären Gehalt des bodenbildenden Schuttes an freiem Ton kann, da das Festgestein sehr arm an Nichtcarbonat ist, nur in Folgendem liegen:

- a) Das tonige "Zwischenmittel" zwischen den Gesteinsbänken ist stärker.
- b) Das Gestein neigt unter Frosteinwirkung zu einem rascheren Zerfall in feinste Korngrößen, so daß der Detritus unter periglazialen Bedingungen schneller aufgelöst wurde.
- c) Die Frostschutt-Decken sind durch zugewandertes Material aus dem mo 2 beeinflusst.

Die Möglichkeiten a) und c) können weitgehend ausgeschlossen werden, und c) brächte auch insofern keine Problem-Lösung als der mo 2 im höheren Plateaubereich primär ebenfalls wenig freien Ton bei allerdings sehr starker frostmechanischer Zerfallsbereitschaft aufweist.

Der Erklärungsmöglichkeit b) ist dagegen größeres Gewicht zuzuordnen. Die Betrachtung des Cv-Horizontes von Profil 10 zeigt, daß in dem pedogenetisch nur wenig beeinflussten Cv-Horizont bereits etwa gleich große Mengen-Anteile von Fein-Kalkdetritus und freiem Nichtcarbonat vorliegen, wie das auch die Kalkulation für die Ausgangszusammensetzung ergibt.

In der Reihenfolge 12-11-13-10 nimmt die errechnete Ausgangsmächtigkeit der bodenbildenden Frostschutt-Decken von 44 auf 68 cm zu. In gleicher Folge steigt die beigemischte Löß-Menge (0 bis 278 kg/m²). Dagegen zeigt die Menge an primär freiem Lösungsrückstand nicht diese Tendenz. Sie korrespondiert aber gut mit der topographischen Lage der Boden-Profile.

Die Böden 12, 11 und 13 liegen in Plateau-Lage, 10 in Hanglage. Boden 11 findet sich auf einem sehr flachen Rücken, unter dem in ca. 50 cm Tiefe dicke

Tab. 11 : Kalkulation der Mächtigkeit und der Zusammensetzung der am Beginn des Holozäns vorhandenen Frostschutt-Decke

BO- DEN- NR.	HORI- ZONT	EHEMALIGE FROTSCHUTT-DECKE						ABGEOFHR- TES CaCO ₃ (Schätzg.) kg/m ²	REZENTE VERHÄLTNISS					
		ANGE- NOM- MENE DICHTE	MÄCH- TIG- KEIT cm	KALK- DETRITUS kg/m ²	LÖSUNGSROCKSTAND		LÜSS kg/m ²		DICHTE	MÄCH- TIG- KEIT cm	KALK-DE- TRITUS kg/m ²	LÖSUNGS- ROCK- STAND kg/m ²	HUMUS kg/m ²	LÜSS kg/m ²
					IM KALK- DETRITUS kg/m ²	FREI kg/m ²								
1	Ah	1,7	43	632	32	36	60	600	0,73	20	3	68	15	60
7	Ap	1,7	22	250	25	0	126	225	1,17	18	54	20	10	126
2	Ah								0,88	11	0	51	11	35
	Bv1								1,39	17	0	163	10	63
	Σ	1,7	54	620	20	194	98	600	1,19	28	0	214	21	98
12	Ah	1,7	44	616	16	129	0	600	1,24	13	6	145	10	0
11	Ap	1,7	46	617	17	68	87	600	1,33	15	17	85	11	87
13	Ah								1,37	18	2	117	12	116
	Bv								1,32	25	53	259	5	13
	Σ	1,7	65	610	10	366	129	600	1,34	43	55	376	17	129

10	Ap								1,40	21	2	113	10	169
	B								1,49	8	0	27	2	90
	Bt								1,36	12	0	143	1	19
	(Cv)								(1,36)	(10)	(63)	(71)	(1)	(1)
	Σ	1,7	68	621	21	262	278	600	1,40	41	2	283	13	278

6	Ap								1,69	19	31	205	11	74
	C1								1,61	32	164	347	4	0
	Σ	1,7	72	640	40	512	74	600	1,64	51	195	552	15	74
8	Ah	1,7	37	480	30	48	100	450	1,40	23	134	78	11	100
9	Ah	1,7	50	456	6	186	205	450	1,30	35	39	192	18	205

17	Ah								1,20	15	5	168	8	0
	B								1,41	13	0	179	4	0
	Σ	1,7	56	629	29	318	0	600	1,30	28	5	347	12	0
14	Ap								1,24	18	8	73	9	133
	(f)Ah								1,42	20	22	186	6	70
	Σ	1,7	65	632	32	272	203	600	1,33	38	30	259	15	203
16	Ah								1,50	17	0	49	9	197
	Sd								1,40	50	160	535	5	0
	Σ	1,7	81	624	24	560	197	600	1,43	67	160	584	14	197

Trochiten-Bänke anstehen. Auch hier könnte der Fall gegeben sein, daß seitliches Abfließen des Frost-Schuttes zu einer relativen "Verjüngung" der Schutt-Decke beigetragen hat.

Somit kann die in der Gruppe C getroffene Boden-Auswahl generell als eine Toposequenz betrachtet werden, in der die bodengenetische Differenzierung pleistozänzeitlich durch einen hangbedingten unterschiedlichen "Alterungsgrad" vor geprägt worden ist.

Bei der Gruppe D in Tab. 10 handelt es sich um unterschiedlich mächtige Böden auf mm-Mergeln. Da sich alle diese Böden in Hanglage befinden, ist ihre pedogenetische Ausgangssituation durch spätpleistozäne Solifluktionsprozesse entscheidend beeinflußt worden. Die jeweilige spezifische Hangposition bestimmt sowohl die Menge an primär vorhandenem Kalkstein-Detritus als auch an primärem freiem Lösungsrückstand. Modifizierend auf diese Verhältnisse wirken noch die Ablagerungsbereiche der Frostwanderschutt-Decken ein (vergl. Abb. 7).

Es zeigt sich hierbei, daß schon geringste morphologische Unterschiede der einzelnen Profil-Lagen zu ganz erheblichen Abweichungen in der Zusammensetzung der Ausgangsmaterialien der holozänen Bodenbildung -Löß, Kalkstein-Lösungsrückstand, Kalkstein-Detritus- führen können. Das im Vergleich zu den anderen Profilen auf mm flachgründige Profil 8 befindet sich auf einer geringfügigen Verflachung des Hanges, deren Gesteinsuntergrund durch stärker dolomithaltige und damit gegen Verwitterungseinflüsse widerständigere mm-Kalke gebildet wird. An einer so exponierten Stelle kam es so nicht zu erhöhten Ablagerungen von Kalkstein-Solifluktionsschutt und auch nicht von Löß. Löß wurde nur im Bereich des Profils 9 in größerem Umfang abgelagert, da es in einer flachen Hangmulde liegt, die mit Löß ausgefüllt wurde, wie Abb. 8 zeigt. Nur am Hangfuß (Profil 6) kam es zum Durchtransport und zur Ablagerung von größeren Mengen an Kalkstein-Detritus und Lösungsrückstand.

Die Gruppe E in Tab. 10 umfaßt die Böden auf wärmzeitlichem mo 2-Schutt. Hierbei handelt es sich um Böden mit und ohne Löß-Beimengung. Wie bei den anderen untersuchten Böden läßt sich auch hier die jeweils unterschiedliche Ausgangszusammensetzung auf die Lage der Boden-Profile zurückführen. Profil 14 liegt in einer Verebnung auf dem Plateau des Drakenberges, Profil 16 mitten in der durch den Einbruch des Ceratitenkalk-Blockes gebildeten Senke und Profil 17 am Rande dieser Senke. In deutlichem Zusammenhang mit dieser Lage steht die Verteilung des Lösses und des primären Lösungsrückstandes. In der Senke des Ceratitenkalkes und auf dem Plateau finden sich etwa gleiche Mengen an Löß, während an der erosionsgefährdeten Senkenrand-Lage keiner vorhanden ist. Vergleichbar damit sind die Verhältnisse bei der Verteilung des Lösungsrückstandes. In Plateau-Lage und in Senkenrand-Lage waren zu Beginn der Bodenbildung etwa

gleich große Mengen an Lösungsrückstand vorhanden, dagegen ist in der Senke etwa die doppelte Menge akkumuliert worden. Erstaunlich ist, daß in der Ausgangssituation an allen drei Standorten unabhängig von ihrer Lage etwa die gleiche Menge an Kalkstein-Detritus vorhanden gewesen ist. Dieses läßt sich wohl am besten dadurch erklären, daß die Hang-Neigung für intensive Solifluktuations-Bewegungen nicht ausreichend gewesen ist, und daß deshalb im wesentlichen Feinmaterial transportiert worden ist.

Boden 14 und 16 liegen über dichten wasserundurchlässigen Schichten des mo 2, so daß sie fast ganzjährig Stauwasser im Untergrund haben und dort deutliche Vernässungsmerkmale zeigen. Bei Boden 17 fehlen dagegen diese Erscheinungen. Hierauf ist wohl bei Boden 17 der gegenüber Boden 14 und insbesondere Boden 16 besonders intensive Abbau des Kalkstein-Detritus zurückzuführen. Das mit CaCO_3 gesättigte Stauwasser ist nicht in der Lage, die Mengen an Kalk abzuführen, wie das nur wenig gehemmte Sickerwasser in Boden 17.

Die berechnete Mächtigkeit der vor Beginn der holozänen Bodenbildung vorhandenen Frostschutt-Decken deckt sich mit Berechnungen von BAUER (9) im Alpenraum (Dachstein-Gebiet). Dort wurde auf Kalkmoränen-Schutt im Holozän eine 65 cm starke Schutt-Schicht lösungsschemisch abgebaut und zu Boden umgewandelt.

6.1.2 Skelett und Feinerde. -Umwandlung durch Bodenbildungsprozesse: Kalkabfuhr, detritische Tonbildung

Die Korngrößen-Zusammensetzung des Feinerde-Anteils der Böden wird häufig zur Beurteilung des Ablaufes und der Intensität bodengenetischer Prozesse herangezogen als da sind Ton-Bildung und Ton-Verlagerung. Im ersten Fall würde es zu einer Vermehrung des Tons auf Kosten der Schluff-Fraktionen, im zweiten Fall zu einer Verminderung (Al-Horizont) bzw. Vermehrung (Bt-Horizont) des Ton-Anteils kommen.

Obwohl in den meisten der untersuchten Böden zumindest im Ah-Horizont mit einer detritisch-pedochemischen Ton-Bildung aus Schluff-Glimmern gerechnet werden kann, ist sie mit Hilfe der Korngrößen-Analyse in keinem Fall, mit Hilfe der Mineral-Analyse nur in wenigen Fällen nachweisbar. Schuld daran ist die -selbst in scheinbar so klaren Fällen wie der Löß-Parabraunerde- vorgegebene schichtweise wechselnde Mischung des bodenbildenden Ausgangs-Materials im Solum aus Löß und Kalkstein-Detritus.

Dagegen läßt sich in einigen Fällen der Nachweis einer Verlagerung des Tons führen. Das gilt für die Löß-Parabraunerde (Profil 4) und den Kalkstein-Braunlehm (Profil 5). Bei den drei übrigen Böden mit sichtbarer Ton-Verlagerung in durchgehenden Grob-Poren, dem Kalkstein-Braunlehm (Profil 10), dem Kalk-Pelosol (Profil 6) und der durchschlammten Mullrendzina (Profil 9) läßt sich dagegen mit Hilfe der Korngrößen-Analyse kein Nachweis der Ton-Verlagerung führen.

Bei den flachgründigen Kalkstein-Verwitterungsböden ändert sich die Körnung in den Anfangsentwicklungsstadien erheblich durch die Aufzehung des Kalk-Skeletts. Zuerst werden die feineren, dann die gröberen Kalkstein-Fragmente durch Auflösung beseitigt. Die Böden werden dadurch zunehmend feinkörniger. Eine Übersicht über den Grad des Skelett-Abbaues in den A-Horizonten liefert Tabelle 12 .

Die Anwesenheit von Grobkalk ($> 200 \mu\text{m } \emptyset$) ist ein Merkmal aller Mullrendzinen. Grobkalk kann aber auch -nicht obligat- in allen weiteren Entwicklungsstadien bis zum Kalkstein-Braunlehm in den Ah- bzw. Ap-Horizonten auftreten (vergl. Profile 10, 13, 17). Dies ist häufig bei Böden landwirtschaftlicher Nutzflächen der Fall und kann mit der Boden-Bearbeitung in Zusammenhang stehen.

Im Hinblick auf den Prozeß der Bildung und Erhaltung von Mull hat die Anwesenheit von Grobkalk offensichtlich keinen Einfluß. Wie das Beispiel der Rendzina-Braunlehm-Übergangsstadien (Profil 10, 13, 17) und der durchschlammten Rendzina (Profil 9) zeigt, reicht der Gehalt an Grobkalk offenbar nicht aus, um in allen Kompartimenten der A-Horizonte zu allen Jahreszeiten genügend hohe Ca-Ionen-Konzentrationen aufrecht zu erhalten, um eine Mullhumus- und

Tab.12 : Gehalte an grobem und feinem Kalkstein-Detritus (% Gesamt-Boden-Material) und Gehalte an Schluff (U) und Ton (T) (% kalk-, humus- und eisenoxid-freie Feinerde) im Ah- bzw. Ap-Horizont der überwiegend kalkstein-bürtigen Böden (ausgenommen die überwiegend lößbürtigen Böden 3, 4 und 15)

PRO-FIL	BODENTYP	NUTZUNG	GEOLOG. STUFE	KALKSTEIN-DETRITUS % GES.-BODEN		% FEINERDE	
				> 200 µm	< 200 µm	U	T
7	Mullrendzina	Acker	mu	30	18	61	36
8	Braune Mullrendzina	Wiese	mm (mol)	27	31	56	38
1	Mullrendzina	Wald	mu	23	0,2	51	48
11	Mullrendzina	Acker	mo 1	16	6	52	44
9	durchschlammte Mullrendzina	Acker	mm (mol)	8	6	68	29
12	Mullrendzina	Wiese	mo 1	4	1	40	58
6	Kalkpeloso1	Acker	mm	3,2	10	59	38
14	Rendzina-Pseudogley	Acker	mo 2	4	0	60	32
17	Rendzina-Braunlehm	Weide	mo 2	3	0	43	46
10	Kalkstein-Braunlehm	Acker	mo 1	2	0	66	30
13	Braunlehm-Rendzina	Wiese	mo 1	1	0	53	40
16	Rendzina-Pseudogley	Wiese	mo 2	0	0	59	28
2	Braunlehm-Rendzina	Wald	mu	0	0	52	46
5	Kalkstein-Braunlehm	Wald	mu	0	0	75	20

Ton-Stabilisierung zu gewährleisten.

Das wesentliche Merkmal der Mullrendzinen ist die Anwesenheit von Feinkalk ($< 200 \mu\text{m } \emptyset$). In allen über die Mullrendzina hinausgehenden Boden-Entwicklungsstufen ist kein Feinkalk mehr in den A-Horizonten enthalten. Das Beispiel des Bodens 1 zeigt jedoch, daß unter Wald bei fehlender Rückvermischung sich auch bereits auf der Stufe der Mullrendzina der Feinkalk-Gehalt Null nähern kann. Auf die Bedeutung des Feinkalks für den Basensättigungs- und Humuszustand der A-Horizonte wird später noch einmal näher eingegangen.

Im Hinblick auf die Poren-Menge, -Verteilung und die hydraulische Durchlässigkeit der A-Horizonte ist die Beimischung von Grobkalk nur von untergeordneter Bedeutung. Solange hohe Ca-Ionen-Konzentrationen in der Boden-Matrix jene hohe Stabilität der Rendzina-Mull-Aggregate gewährleisten, ist die große Porosität der A-Horizonte unabhängig von der mechanischen Beimischung von Kalk-Sand und -Grus. Nach Aufzehrung des Feinkalks und zunehmender Verdichtung der A-Horizonte in der Reihenfolge Lehm-Rendzina, Braunlehm-Rendzina, Rendzina-Braunlehm und Kalkstein-Braunlehm kann der Grobkalk mechanisch sowieso kaum noch zu einer Erhöhung der Luft- und Wasser-Durchlässigkeit beitragen. Der Kalk-Grus und die Kalk-Steine sind in diesen Böden mehr und mehr als Einzelkörper in eine kohärente Feinerde-Matrix eingebettet und erfüllen, da sie sich nicht mehr berühren, auch nicht mehr die eigentliche Funktion eines "Skeletts".

Das Verhältnis "Schluff:Ton" ist durch die primäre Vermischung von Löß und Kalkstein-Detritus vorgegeben. Sie war in den einzelnen Schichten des bodenbildenden Solums vor Beginn der holozänen Bodenbildung unterschiedlich und ist auch heute noch als unterschiedlich in den einzelnen Boden-Horizonten zu erkennen, soweit diese nicht durch Bioturbation durchmengt worden sind.

Für alle Profile gilt, daß die Zumischung von Löß zu den Frostschutt-Decken von unten nach oben steigt. Auch für die reinen Löß-Bodenprofile gilt, daß der Löß nie direkt dem festen Kalkgestein auflagert, sondern zunächst einer Frostschutt-Decke beigemischt wurde. Dies deutet auf eine langsam beginnende Löß-Sedimentation in einer Zeit mit noch aktiver Kryoturbation hin, obwohl außer der analytischen Feststellung keine visuellen Merkmale hiervon Zeugnis ablegen.

Die unterschiedlichen Löß/Kalkzersatz-Mischungen in den oberen Abschnitten der spätglazialen Frostschutt-Decken bedingen heute eine recht beachtliche Streubreite der Schluff-/Ton-Verhältnisse in den A-Horizonten der untersuchten Böden. Sie sind in den Tabellen 12 und 13 zusammengestellt.

Man könnte erwarten, daß mit zunehmendem Schluff:Ton-Verhältnis die Stabilität der Boden-Aggregate sowohl im kalkreichen dunklen Mullrendzina-A-Horizont wie in den kalkfreien A-Horizonten der Übergangsstadien zum Braunlehm ab-

nimmt und daß sich dies in Zunahme der natürlichen Lagerungsdichte oder des Grobporen-Gehaltes äußert.

Beides ist nicht der Fall. Die geringe Lagerungs-Dichte der Rendzina-Fein-erde wird durch die hohe Dichte der Kalkstein-Fragmente erhöht und unterscheidet sich dadurch kaum von der der Nicht-Rendzinen. Stellt man die Abhängigkeit des Grobporen-Volumens von dem Schluff:Ton-Verhältnis dar, so zeigt sich ebenfalls keine funktionale Tendenz. Offenbar spielt bei Ton-Gehalten von über 25 bis 30 % das Schluff:Ton-Verhältnis eine untergeordnete Rolle für die Ver kittung der Bodenbestandteile zu Aggregaten, für die Stabilisierung dieser Aggregate durch Kalk und für deren Zerfall bei Entkalkung. Es scheint daher auch keine Bedeutung im Hinblick auf die Mull-Bildung und die Stabilität des Mulls zu haben. Gleichartige Mullrendzina-A-Horizonte können nach Tabelle 13 sowohl bei Schluff:Ton-Verhältnisse von 0,7 (bei 58 % Ton) wie 1,7 (bei 36 % Ton) ausgebildet sein.

6.2 BODEN-AZIDITÄT—Versauerung nach Kalk-Abfuhr

6.2.1 pH-Wert

Die pH-Werte der einzelnen Boden-Horizonte sind aus den Angaben zu den einzelnen Profilen ersichtlich. Zur Problematik der pH-Wert-Bestimmung in kalkreichen Böden siehe BLUM (13) und CLARK (19).

Zusammenfassend läßt sich als Interpretation dieses Parameters folgendes feststellen:

- Entsprechend der Verwitterungsrichtung nehmen die pH-Werte von oben nach unten in den Profilen zu. Ausnahmen sind die Saure Braunerde und der Kalkstein-Braunlehm unter Wald und der Kalkstein-Braunlehm unter Acker. Im Ah- bzw. Ap-Horizont herrschen höhere pH-Werte als im Horizont darunter, in dem die pH-Kurve des Bodenprofils ein Minimum durchläuft. Ursache für das höhere pH im Ah-Horizont ist hier die Basenanreicherung durch den Streufall (Basenpumpe des Waldes, vergl. DUCHAUFOUR, 24), eventuell auch eine junge oberflächliche Beimengung kalkhaltigen Materials am Hang (vergl. auch SCHMIDT, 85). Im Fall des Acker-Kalkstein-Braunlehms spielt sicherlich der Auftrag von kalkreichem Material durch die Pflugarbeit in Hanglage eine Rolle.

- Auf den stärker dolomithaltigen Böden des mm liegen die pH-Werte am höchsten und weisen vertikal den geringsten Gradienten auf (vergl. BLUM, 13).

6.2.2 Kalkgehalt

In Übereinstimmung mit den pH-Werten nimmt der Carbonatgehalt von oben nach unten zu, und der Kalkbedarf entsprechend von oben nach unten ab. Die Änderungen des Kalkgehaltes weisen an den Horizont-Grenzen keinen kontinuierlichen Übergang auf, sondern ändern sich sprunghaft. Hierbei wirken der ursprüngliche Mischungs-Gradient und die homogenisierende Bioturbation zusammen.

Die Annahme, daß die Beimengung von Löß zum Kalkstein-Lösungsrückstand einen bedeutsamen Einfluß auf das Nutzungs-Potential der Böden ausübt, läßt sich auch hier bestätigen, denn je größer die Löß-Beimengung, desto geringer ist der Carbonatgehalt.

Die Tatsache, daß auch bei pH-Werten kleiner pH 7 noch freies Carbonat vorhanden ist, ist darauf zurückzuführen, daß noch einzelne größere nicht gelöste Kalkbrocken vorhanden sind, während das feinverteilte Carbonat, das im wesentlichen mit dem Löß-Material angeweht wurde, aufgelöst und abgeführt ist (vergl. auch 6.1.2).

Abweichungen, wie sie z.B. in Profil 6 auftreten, zeigen eine sekundäre Oberdeckung mit kalkhaltigem Material an.

Insgesamt liegen auch die Carbonat-Gehalte auf den stärker dolomithaltigen Böden des mm am höchsten, obwohl hier im Gegensatz zu den harten Kalken des mu 2 und des mo 1 die physikalische Aufbereitung und Zerkleinerung intensiver und tiefgründiger ist. Eine Rolle mag dabei der höhere Gehalt an Dolomiten spielen, die häufig eine geringere Lösungsgeschwindigkeit als der Calcit aufweisen. Es kommt aber hinzu, daß die tiefgründigeren Böden des mm infolge ihrer höheren Wasser-Kapazität geringere Sickerwasser-Quoten aufweisen und dementsprechend geringere Auswaschungs-Verluste haben.

Einen Einfluß auf den Kalkgehalt im Oberboden übt auch die Bodennutzung aus. Bei den unter Ackernutzung liegenden Böden (Profil 7 und 11) liegen die Kalkgehalte deutlich höher als bei denen unter Wiesennutzung (Profil 12 und 13). Der große Unterschied zwischen Profil 7 und Profil 11 ist auf die unterschiedliche Bodenbearbeitung zurückzuführen; während der Acker, in dem Profil 7 liegt, noch jedes Jahr gepflügt wird, wird auf dem anderen (Profil 11) nur noch flach geegert.

6.2.3 Basen-Sättigungsgrad

In Abb. 12 ist für alle A-, B- und C-Horizonte die Abhängigkeit des Boden-pH in ϱ_2 n CaCl_2 (1:2) vom Grad der Basen-Sättigung am Boden-Austauscher ($\Sigma \text{Ca, Mg, K, Na, NH}_4$ % KAK) dargestellt.

A- und B- Horizonte lassen sich auf ein und derselben Boden-Pufferkurve anordnen. Das heißt, daß der Mull-Humus offenbar keinen differenzierenden Einfluß ausübt.

Von den 44 untersuchten Horizont-Proben der 17 Profile liegt die Hälfte infolge Anwesenheit von freiem Feincarbonat ($< 200 \mu\text{m } \emptyset$) in der Feinerde im neutralen bis schwach alkalischen Bereich mit Sättigungsgraden von >90 %. Die andere Hälfte liegt im pH (CaCl_2)-Bereich zwischen 4,4 und 7,0 bei Sättigungsgraden zwischen 40 und 100 %. Die entsprechenden pH-Werte der Wasser-Boden-Gleichgewichtslösung sind bei 5,0 bis 8,1 anzusetzen.

Dieser pH-Bereich der untersuchten Boden-Horizonte läßt noch keine wirk-same Aktivität von Al-Ionen zu. Das heißt, die potentielle Austausch-Kapazität kann gleich der effektiven gesetzt werden.

Ein Widerspruch ergibt sich bei der sauren Braunerde aus Löß, deren B-Horizont bei einem pH-Wert (CaCl_2) von 4,6 einen Basen-Sättigungsgrad von 60 % zeigt. Bei diesem Basen-Sättigungsgrad sollte die Al-Ionen-Konzentration in der Bodenlösung noch gering genug sein, um eine Ton-Verlagerung zu gestatten. Es gibt aber keine makro- und mikroskopischen Anzeichen für eine Ton-Migration, was zur Annahme des Namens "Sauer-Braunerde" führte. Möglicherweise muß hier mit einer sekundären Anhebung des Basen-Status einer sauren Braunerde gerechnet werden, der durch die biologische Basen-Pumpe, den Eintrag hydrogencarbonat-haltigen Hangwassers oder den Auftrag kalkhaltigen Boden-Materials ausgelöst wurde.

6.3 EPIPEDON, HUMUS-KÖRPER — Humus-Anreicherung

In den "U.S. Soil Taxonomy" und in der Legende der "Welt-Bodenkarte der FAO" wird das Epipedon, d.h. der Oberboden -im Zweifelsfall eine 18 cm mächtige künstlich hergestellt Misch-Lage- aufgrund klarer Definitionen benannt.

Für die in unserem Kartiergebiet auftretenden Böden kommen nur die mit den Adjektiven "mollic" und "ochric" (Soil Taxonomy) bzw. "melanic" und "pallid" (FAO) zu ver sehenden Epipeden in Betracht.

Für "mollic" gelten dabei als Voraussetzungen "Values" nach der Munsell-

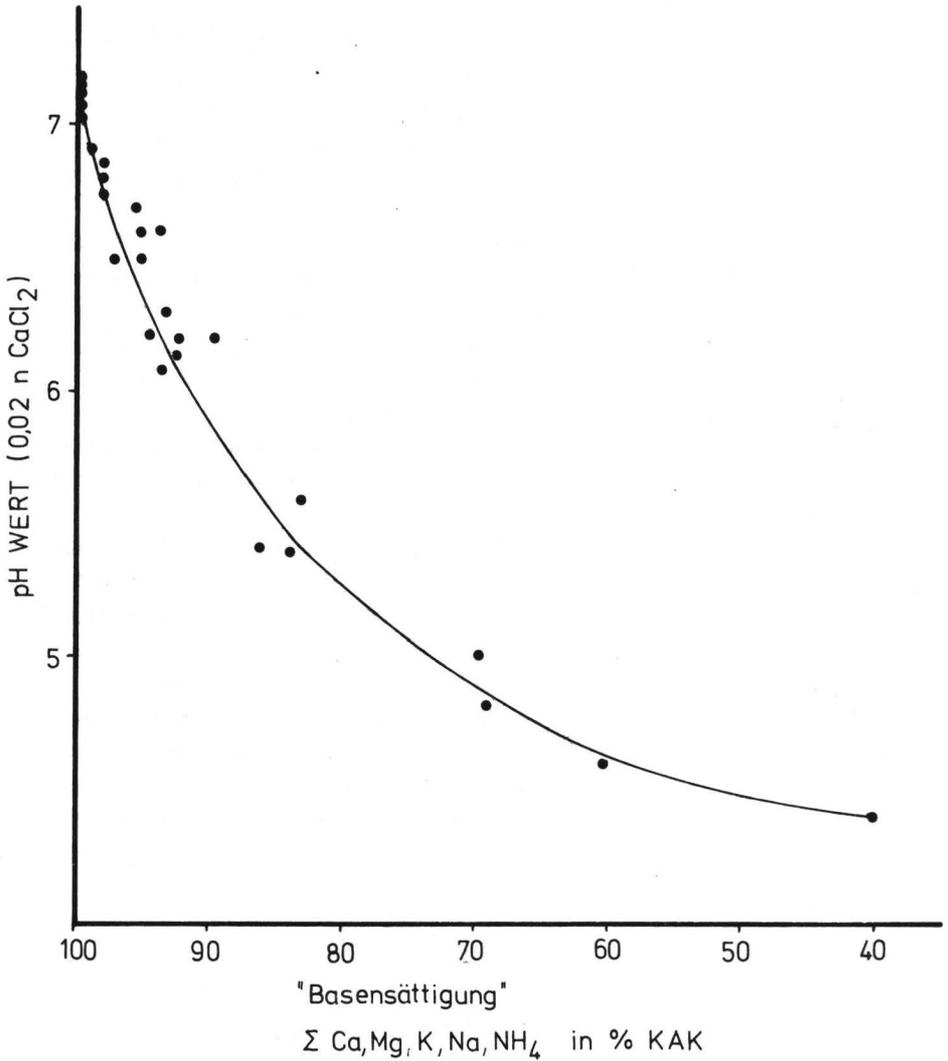


Abb. 12 : Abhängigkeit pH-Wert in 0,02 n CaCl₂ (1:2) vom Basen-Sättigungsgrad. Alle Böden und Horizonte

Skala, die beim feuchten Boden kleiner als 3,5, beim trockenen kleiner als 5,5 sind, "Chromas", die im feuchten Zustand kleiner als 3,5 sind und Basen-Sättigungsgrade (NH_4 -acetat), die über 50 % liegen. Bei Kalkgehalten in der Feinerde von über 40 % werden im trockenen Zustand auch höhere "Values" zugelassen (vergl. Profil 8 in Tab. 13). Als Mächtigkeiten sind für "mollic"-Epipedon zugelassen: 18 cm, wenn der Gesteins-Kontakt Ah/C flacher liegt oder der Ah- bzw. Ap-Horizont mehr als ein Drittel des Abstandes Oberfläche bis Basis Bt- oder Bv-Horizont beträgt, wenn dieser Abstand kleiner als 75 cm ist. Sonst gelten 18 bzw. 25 cm Mächtigkeit.

"Umbrische" ("sombische") Epipedon erfüllen die Definitionen "mollischer" ("melanischer") Epipedon, liegen aber in ihrem Basen-Sättigungsgrad unter 50 %. Solche Epipedon kommen im Kartiergebiet nicht vor. Das bedeutet, daß alle übrigen Epipedon als "ochric" anzusprechen sind.

Eine weitere Einschränkung der mollischen Epipedon liegt im Gehalt an citratlöslichem P_2O_5 , dessen Gehalt nicht über 25 ppm steigen darf (Abgrenzung gegenüber den "anthropischen" Epipedon) - es sei denn, unter dem Epipedon wäre ein ansteigender P_2O_5 -Gehalt gegeben. Letzteres ist in unseren Profilen 11, 12 und 13 (vergl. Tab. 13) der Fall, die recht nahe beieinander liegen. Sie sind aus Gesteinsmaterial einer bestimmten Lage im mo 1-Verband hervorgegangen, das recht reich an biogenem Phosphat ist.

In Tab. 13 sind die für die Ansprache des Epipedon und des Humus-Körpers wichtigen Daten zusammengestellt. Die Definitionen nach der U.S. Taxonomy befriedigen insofern nicht, als dreimal ökologisch als typisch "mollic" anzusprechende Epipedon (Profile 2, 11, 12) im feuchten Zustand Munsell-Values von 4 statt höchstens 3,5 aufweisen.

Es erscheint danach notwendig, hier eine Korrektur der Grenzziehung vorzuschlagen, da sonst durch ein ökologisch homogenes Feld eine unzulässige formale Grenze gelegt würde.

Über die geringe Bedeutung des Schluff:Ton-Verhältnisses für die Ausprägung des Epipedon wurde bereits im Abschnitt 6.1.2 (Körnungsart) gesprochen.

Betrachtet man zunächst allein unsere Böden unter Wald, so besitzen die Mullrendzinen, Lehm- und Braunlehm-Rendzinen bei Basen-Sättigungsgraden von 100 bis herunter zu 84 (im Unterboden darunter 93) % ein "mollic" epipedon. Der Rendzina- und Kalkstein-Braunlehm besitzt ein "ochric" epipedon bei Basen-Sättigungsgraden von < 85 %.

Unter landwirtschaftlicher Nutzung mit ihrer Bodenvermischung bestehen weniger klare Beziehungen zwischen morphologischer Boden-Ausprägung und der Basen-Sättigung. Alle Stufen der Übergangsreihe Rendzina bis Braunlehm kommen hier mit Basen-Sättigungsgraden über 90 % vor.

Tab. 13 : Zur Humus-Qualität der A-Horizonte

Basensättigung, Humusgehalte, Phosphatgehalte, Schluff/Ton-Verhältnis, Farbwerte und Charakterisierung des Eipedons

Anordnung der Böden nach abnehmendem Kalk-Gehalt im Ap- bzw. Ah-Horizont, bzw. abnehmendem Basen-Sättigungsgrad (ST: Soil Taxonomy USA (110))

PRO-FIL	BODENTYP	NUTZUNG	BASEN-SÄTTIGUNG %	Ah- bzw. Ap-HORIZONTE bzw. gemischtes 18 cm EPIPEDON		P ₂ O ₅ ges/lact	SCHLUFF/TON - VERHÄLTNISS	MUNSELL-FARBWERTE				EPIPEDON n. ST
				HUMUS				trocken		feucht		
				GEHALT %	kg/m ²			Value	Chroma	Value	Chroma	
7	Mullrendzina	Acker	100	4,8	10,1	87/4	1,7	5	3	3	3	Mollic
8	Braune Mullrendzina	Wiese	100	3,5	11,3	82/2	1,5	6	3	3	3	Mollic 40% CaCO ₃
1	Mullrendzina	Wald	95	10,5	11,5	75/1	1,1	3,5	3	4	2	Mollic
11	Mullrendzina	Acker	100	5,7	11,4	109/62	1,2	5	2	4	2	Mollic
9	durchschlammte Mullrendzina	Acker	100	4,0	18,2	63/1	2,3	4	4	3	3	Mollic
12	Mullrendzina	Wiese	100	6,2	10,0	135/44	0,7	5	3	4	3	Mollic
6	Kalkpelosol	Acker	100	3,3	10,6	96/4	1,6	5	3	4	4	Ochric
14	Rendzina-Pseudogley	Acker	98	3,9	8,7	103/12	1,9	6	2	3,5	2	Ochric
17	Rendzina-Braunlehm	Weide	94	4,7	8,5		0,9	6	2	4	3	Ochric
10	Kalkstein-Braunlehm	Acker	96	3,3	9,7	79/3	2,2	5	3	3,5	4	Mollic

Fortsetzung Tab. 13:

13	Braunlehm-Rendzina	Wiese	92	4,8	11,8	140/21	1,3	6,5	2	4	2	Ochric
16	Rendzina-Pseudogley	Wiese	98	3,6	9,2		2,1	6	3	5	2	Ochric
15	Braunerde-Pseudogley	Wiese	90/93	2,4	6,7		5,5	6/6,5	2/3	/4,5	/3	Ochric
2	Braunlehm-Rendzina	Wald	84/93	7,7	20,8	49/1	1,1	5	1	4	2	Mollic
5	Kalkstein-Braunlehm	Wald	83/69	4,1	8,0	58/4	3,8	5/6	2/3	3/4,5	2/3	Ochric wegen Ge- ring- mächtigk.
3	Sauerbraunerde	Wald	70/60	3,8	8,4		2,1	5,5	2	4	2	
4	Parabraunerde	Wald	40	2,0		41/2	4,3	6	3	4	3	Ochric

Die namentliche Unterscheidung des "Kalk-Pelosols" von den Rendzinen erscheint berechtigt, wenn man berücksichtigt, daß trotz hoher Basen-Sättigungsgrade nur ein "ochrisches" Epipedon ausgebildet ist.

6.3.1 Humusmengen

Die drei Böden unter Wald und auf unterem Muschelkalk
Mullrendzina (1)
Braunlehm-Rendzina (2)
Kalkstein-Braunlehm (5)

zeigen bei unterschiedlicher Tiefenverteilung ihres Humus folgenden Gang der Gesamt-Menge

10,1 kg/m² 20,8 kg/m² und 15,5 kg/m².

Dies entspricht der früher (78) entwickelten Vorstellung, daß ein Maximum der Humus-Akkumulation in der Entwicklungsreihe dann gegeben ist, wenn der Boden einerseits genügend mächtig ist und andererseits noch einen hohen Grad der Basen-sättigung aufweist:

Lehm-Menge

137 kg/m² 326 kg/m² und 586 kg/m²

bei einer Tiefe bis zum anstehenden Gestein von

35 cm 35 cm und 50 cm

und einem Basen-Sättigungsgrad im Ah von

95 % 84/93 % und 83/69 %.

Betrachtet man in Tab. 13 die Humus-Mengen im Ah- bzw. Ap-Horizont, so bestehen bei den 6 Mullrendzinen und dem Kalk-Pelosol bei einer mittleren Menge von 10,8 kg/m² nur geringe Unterschiede. Eine Ausnahme macht der mächtigere, 35 cm starke Ap-Horizont aus tiefgründigem lehmigem Substrat mit 18 kg/m². Diese Humus-Mengen sind offensichtlich weitgehend unabhängig von der Nutzungsform der Rendzinen. Die unterschiedlichen Gehalte an Humus rühren daher, daß sich die Humus-Mengen auf unterschiedliche Rückstandslehm-Mengen verteilen.

Mit fortschreitender Boden-Entwicklung sinken die Humus-Mengen im Epipedon ab, allerdings nur wenig: Pseudogleye 9,2 - 8,7 - 6,7 kg/m², Lehm-Rendzina bis Kalkstein-Braunlehm unter landwirtschaftlicher Nutzfläche 11,8 bis 8,5 kg/m².

Interessant ist das Phänomen, daß in den Braunlehm-Rendzinen bis Kalkstein-Braunlehm (Profile 2, 5, 10) und der tiefgründigen durchschlammten Mullrendzina (Profil 8) die Humus-Gehalte in der Feinerde nach unten hin ansteigen, jedoch nur dort, wo in der Feinerde freier Kalk auftritt. Offenbar spiegelt sich darin die den Humus stabilisierende Rolle des Kalks wider.

Zwischen der Ansprache des Epipedons als "mollic" oder "ochric" und den Humus-Gehalten oder Humus-Mengen bestehen keine klaren Zusammenhänge. Die Streubreite der Humus-Gehalte reicht bei den Mollic-Epipedon von 10,5 bis 3,3 %, bei den Ochric-Epipedon von 4,8 bis 2,0 %. Es gibt also einen recht weiten Bereich der Überlappung. Analytische Trennungen von Huminstoff-Dauerhumus und Nichthuminstoff-Nährhumus wären wohl notwendig, um die Zusammenhänge zwischen Humus und Farbwerten zu klären.

6.3.2 Humus-Qualität

6.3.2.1 C/N-Verhältnis

Häufig dient das Verhältnis von organisch gebundenem Kohlenstoff C_o zum Gesamt-Stickstoff als ein Parameter für die Humus-Qualität. Besser wäre es, anstelle des Gesamt-Boden-N, der neben geringen Mengen an Nitrat-N und austauschbarem Ammonium-N auch große Mengen an mineralisch fixiertem Ammonium-N umfaßt, den organisch gebundenen Stickstoff (N_o) heranzuziehen. Dies ist jedoch methodisch relativ aufwendig und unterbleibt deshalb häufig -wie im vorliegenden Fall- bei Serien-Analysen.

Die Böden lassen sich nach dem Profil-Gradienten ihrer C_o/N_t -Verhältnisse in folgende ökologische Gruppen einteilen:

Gruppe 1 umfaßt die Wald- und Grasland-Böden aus den verschiedenen Substraten -soweit sie mächtig genug sind, daß eine Horizont-Untergliederung vorgenommen werden kann. Das C_o/N_t -Verhältnis fällt in dieser Gruppe von oben nach unten von 10-16 (18 beim sauren Ah-Horizont, Profil 13) auf 7-11. Dies hängt mit der Abnahme des Humus, damit auch des organisch gebundenen Stickstoffs und dem relativen Hervortreten des mineralisch fixierten Ammoniums zusammen.

Gruppe 2 umfaßt die Ackerböden der verschiedenen Substrate. In ihnen liegt das C_o/N_t -Verhältnis im Ap-Horizont (9,5-12) durchweg niedriger als im darunterliegenden Unterboden -selbst wenn dieser ebenfalls noch humos ist (C_o/N_t 13-33). Dies ist nach Beobachtungen an anderen Ackerböden so zu erklären, daß infolge langanhaltender Ackernutzung, verbunden mit Stickstoff-Düngung, eine Anreicherung des Bodens mit langfristig austauschbarem, in Dreischicht-Tonmineralen fixiertem Ammonium-N stattgefunden hat.

In Abb. 13 sind die C_o/N_t -Verhältnisse als Funktion des Gehaltes an organischem Kohlenstoff in der Feinerde dargestellt. Es zeigte sich, daß die jeweils einem Profil zuzuordnenden Punkte auf Kurven lagen, deren Verlauf etwa dem der beiden in der Abbildung eingetragenen Grenzkurven entsprach. Diese

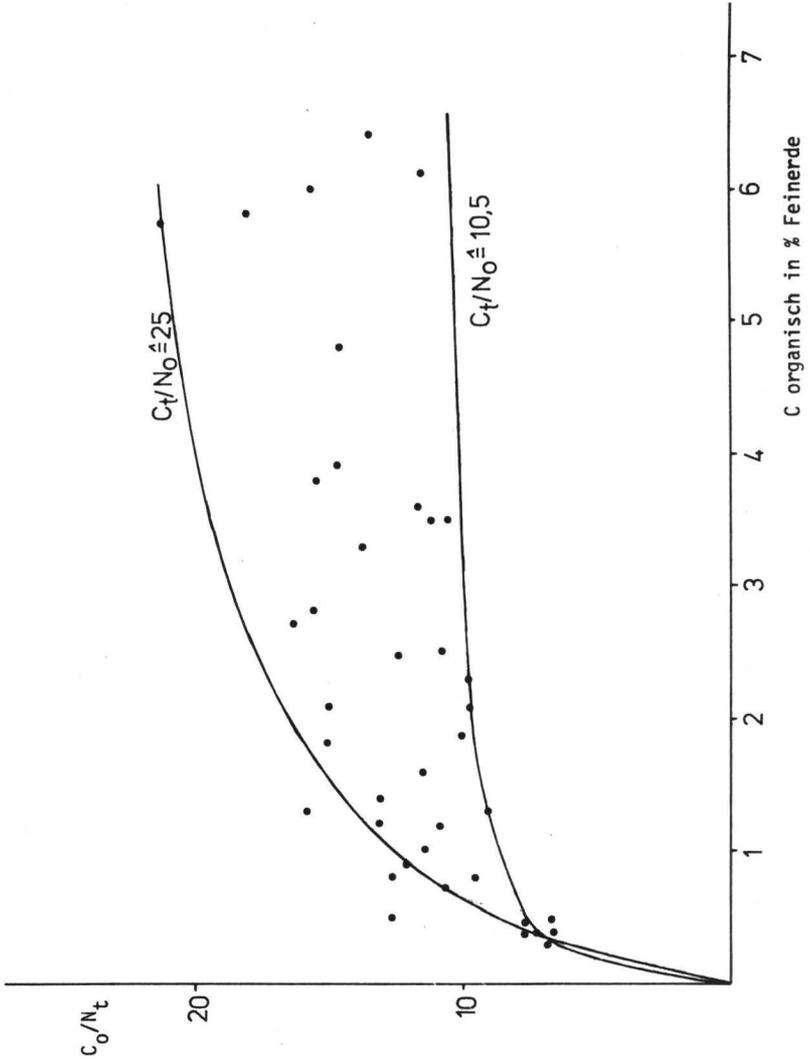


Abb. 13 : Darstellung des C_0/N_t -Verhältnisses als Funktion des Gehaltes an organischem Kohlenstoff in der Feinerde

Kurven schneiden sich zumeist in einem Punkt mit den Koordinaten 0,4 % C und C/N = 7. Sie resultieren daraus, daß sich in den Böden zu einem tiefenunabhängigen Betrag an fixiertem Ammonium ein tiefenabhängiger Betrag an organisch gebundenem N gesellt. Der Betrag an fixiertem Ammonium wird weitgehend vom Ausgangsmaterial des Bodens bestimmt, d.h. der geologischen Stufe (vgl. hierzu FLEIGE und MEYER, 32) und dem Löß-Beimischungsanteil.

Aus der Analyse der einzelnen Kurvenzüge lassen sich die Mengen an mineralisch fixiertem Ammonium-N berechnen und vom Gesamt-N subtrahieren. Somit ergeben sich rechnerisch C_0/N_0 -Verhältnisse, die innerhalb der einzelnen Profile nur recht geringe Streuungen aufweisen. Es errechneten sich folgende C_0/N_0 -Verhältnisse für:

	Min.	Mittel	Max.
Grasland	10,5 (mo 2)	16,5 (z.B. Löß)	25 (mo 1)
Ackerland	12,2 (mo 1)	14,6	18,7 (mm)
Wald	11,5 (mu)	16,1	22,5 (Löß)

Bewertet man diese C_0/N_0 -Verhältnisse als einen Parameter für die Humus-Qualität, so zeigt sich, daß der Einfluß der Nutzungsart des Bodens offenbar von geringerer Bedeutung ist als das bodenbildende Ausgangsmaterial, was z.B. auf der Qualität des des den Mullhumus bildenden Tons beruhen könnte. Jedoch sind diese Feststellungen bei der geringen Zahl der untersuchten Böden statisch nicht zu untermauern. Zudem scheint die Kombination von Ausgangsmaterial und Nutzungsart der eigentliche differenzierende Faktor zu sein.

6.3.2.2 KAK

Außer der Kationen-Austausch-Kapazität des Gesamt-Bodens wurden keine Teil-Austausch-Kapazitäten z.B. der mineralischen oder organischen Boden-Anteile analytisch bestimmt. Es wurde aus dem Grunde darauf verzichtet, weil eine oxidative Beseitigung des Humus bei dessen extrem fester organo-mineralischer Bindung sich nur unvollkommen erreichen ließ.

Bei Kalkulation der KAK des Tons aufgrund dessen mineralogischer Zusammensetzung und bei Kalkulation der KAK des Tons unter Annahme eines einigermaßen konstanten KAK-Wertes für den Humus ließen sich bei den hohen Humus-Gehalten kaum Obereinstimmungen erzielen - lediglich in den humusärmeren Proben.

Dies legte den Gedanken nahe, die KAK der mineralischen Boden-Komponente rechnerisch aufgrund der Mineralarten-Zusammensetzung der Ton-Fraktion unter Berücksichtigung eines Erfahrungswertes für den Schluff-Anteil zu ermitteln und durch Subtraktion dieses Wertes von der Gesamt-KAK die auf den Humus entfallende KAK zu bestimmen. Es wurden folgende statistisch ermittelte Erfahrungswerte für die KAK verwendet: Illit 40, Hemi- und Oligoexpandit 60, Plioexpandit 80, Pleistoexpandit 100, Chlorit 20 mval/100 g. Bei der relativ geringen Streuung der Ton-Zusammensetzung aus Tonmineral-Arten (vgl. Abschnitt 6.6.1) erschien dieses Vorgehen einigermaßen gerechtfertigt.

Die spezifischen KAK-Werte des Humus im Grasland, im Ackerland und in denjenigen Wald-Ah-Horizonten, die einen hohen Grad der Basensättigung aufweisen, lassen sich in einer Gruppe zusammenfassen. Sie hat bei einer Streuung der KAK-Werte von 174 bis 353 eine mittlere KAK von 270 mval pro 100 g Humus.

Abweichend davon geht die KAK in den stärker versauerten A-Horizonten der lößbürtigen Waldböden auf Werte von 90 bis 162 mval/100 g Humus zurück.

Eine Sonderstellung nehmen die staunassen Böden des mo 2 ein. Deren feuchte, mehr oder weniger stark marmorierte humushaltige Horizonte bzw. Horizont-Abschnitte weisen spezifische Humus-KAK-Werte auf, die von 340 auf über 450 mval/100 g ansteigen.

Dabei ist zu betonen, daß es sich um "potentielle Austausch-Kapazitäten" handelt, die bei pH 8,2 bestimmt werden, also im wesentlichen von der Protonen-Dissoziation unterschiedlicher funktioneller Gruppen herrühren.

6.4 ERDALKALI/ALKALI-METALL-KATIONEN-BELEGUNG DER AUSTAUSCHER

6.4.1 Ca/Mg-Verhältnisse

Das Mol-Verhältnis von austauschbarem Ca zu austauschbarem Mg nimmt bei einer Gruppe von Böden von oben nach unten zu, bei einer zweiten Gruppe ab und bleibt bei einer dritten konstant.

Zur letzteren Gruppe gehören alle in Acker- und Grasland-Nutzung befindlichen Böden des mittleren Muschelkalks. Sie enthalten in allen Horizonten Kalkstein-Reste. Das Ca/Mg-Verhältnis liegt im Kalkpelosol 6 und der braunen Mullrendzina 8 bei 2 bis 7, in der durchschlammten Mullrendzina bei 13 bis 15. Diese geringen Werte hängen aber nicht mit geringen Ca/Mg-Verhältnissen im bodenbildenden Kalkstein-Material zusammen. Diese liegen -wie auch im oberen und unteren Muschelkalk- bei 24 bis 45. In Anbetracht der Anwesenheit von ge-

nügend carbonatischem Gesteinsmaterial in allen Horizonten muß vermutet werden, daß das Gesteinsmaterial im Boden des mittleren Muschelkalks bei der Auflösung eine Lösungs-Präferenz für die vorhandenen dolomitischen und magnesitischen Gesteins-Komponenten vor den calcitischen aufweist. Das würde bedeuten, daß in den Endphasen der Gesteins-Auflösung das Austausch-Ca/Mg-Verhältnis größer würde. Dieses Phänomen läßt sich aber nicht beobachten, da alle Böden im Bereich des mittleren Muschelkalks durch die Bodenbearbeitung rückvermischt sind.

Dagegen ist eine solche Erscheinung bei den etwas mächtigeren Böden des mo 2 zu beobachten (14 Acker, 15 Gras, 17 Gras, ferner auch 13 Gras, aber mol). Unabhängig vom Grad der Löß-Beimischung steigen hier die Austausch-Ca/Mg-Verhältnisse von oben nach unten an, d.h. von 9 bis 12 auf 13 bis 19, wobei die unteren Horizonte noch kalkhaltig, die oberen entkalkt sind. Auch hier liegen aber die Ca/Mg-Molverhältnisse in den Kalken selbst bei 32 bis 42.

Man könnte in Erwägung ziehen, daß die im Boden angereicherten Rückstandstöne eine Bevorzugung des Mg gegenüber dem Ca bei der Sorption aufweisen. Dies ist jedoch theoretisch bei der Qualität der Tone wenig wahrscheinlich. Außerdem spricht der Befund dagegen, daß auf dem unteren Muschelkalk in allen Böden wieder umgekehrte Verhältnis-Gradienten herrschen. Der Muschelkalk hat hier ebenfalls Ca/Mg-Mol-Verhältnisse, die bei etwa 50 liegen. Die unteren, noch kalkhaltigen Horizonte weisen Austausch-Ca/Mg-Verhältnisse auf, die bei 27, 33, 38 liegen. Nach oben wird hier das Ca/Mg-Verhältnis kleiner und erreicht in den entkalkten Horizonten Werte von 11 bis 16.

Da die pH-Werte in den entkalkten Horizonten nicht weit unter dem Neutralpunkt liegen, dürfte mit einer stärkeren Mg-Nachlieferung aus silikatischen Mineralen wenig zu rechnen sein. Vielmehr kann angenommen werden, daß bei den Substraten der Böden des unteren Muschelkalks eine Lösungs-Präferenz für den Calcit vor den dolomitischen Komponenten gegeben ist und daß in den Endphasen der Entkalkung das dolomitbürtige Mg mehr und mehr in den Vordergrund tritt.

Die Annahme, daß die für die einzelnen Gesteinsgruppen spezifischen Profil-Gradienten des Austausch-Ca/Mg-Verhältnisses auf einer Lösungs-Disproportionierung von Ca und Mg bei der Auflösung der carbonatischen Skelett-Anteile während der Bodenbildung beruhen, findet ihre Stütze in der Beobachtung, daß es bei einigen Weißjura-Kalken der Hils-Mulde zu Anreicherungen von Dolomit-Sand in den Rendzina-A-Horizonten kommt, in Rendzinen aus Dolomiten der Zechstein-Formation am Harzrand dagegen zu Calcit-Anreicherungen.

Eine Sonderstellung nimmt unter unseren Böden der Kalkstein-Braunlehm lo ein, der unter Acker auf mo 1 liegt. Bei einem Ca/Mg-Verhältnis des Ausgangsgesteins von 37 zeigt der Boden ein tiefenkonstantes Austausch-Ca/Mg-Verhältnis

von 17 -unabhängig davon, daß der Oberboden entkalkt ist.

Eine weitere Stütze für die Annahme einer Lösungs-Disproportionierung von Ca und Mg bei der Kalkstein-Auflösung liefert in Umkehrung der Rendzina-Pseudogley Nr. 16. Bei genügend feiner mechanischer Aufbereitung des Kalkstein-Detritus, so wie das in den weitgehend homogenisierten Mergelmassen des Sd-Horizontes der Fall ist, kommt die Ca/Mg differenzierende Auflösung nicht mehr zur Wirkung. Das Ca/Mg-Verhältnis von Gesteinsmaterial und Austausch-Ionenbelag bleibt tiefenkonstant zwischen 18 und 20.

6.4.2 Ca/Na-Verhältnisse

Gemäß der Erwartung ist in fast allen Böden oben ein größerer, unten ein kleinerer Äquivalent-Quotient Austausch-Ca/Na gegeben. Dies hängt mit der höheren Na-mobilität bei geringerem atmosphärischem Input gegenüber der geringeren Ca-mobilität bei höherem lithischem und biogenem Input zusammen, wobei die Voraussetzung ein starker abwärts gerichteter Sickerstrom ist.

Die Art der Bodennutzung läßt dabei keinen differenzierenden Einfluß erkennen -wohl aber auch hier wieder das Ausgangsgestein der Bodenbildung.

Vergleicht man z.B. die Austausch-Ca/Na-Verhältnisse im tiefsten Abschnitt des Solums, in unserem Fall im Bereich des Gesteins-Kontaktes bei etwa 40 bis 60 cm Tiefe, so ergibt sich folgende Gruppierung der Ca/Na-Verhältnisse:

unterer Muschelkalk	68, 84, 86, 90	
LöB	31, 31, 42	
mittlerer Muschelkalk	6 - 59, 68	(2 verschiedene Geländegruppen)
oberer Muschelkalk (mo1)	118, 156, 174	
oberer Muschelkalk (mo2)	19, 26 - 76, 100	(2 verschiedene Geländegruppen)

Eine Beziehung zwischen Austausch-Ca/Na-Verhältnis und Feldspat-Gehalt der Schluff- und Ton-Fractionen als mögliche Na-Quellen ließ sich statistisch nicht nachweisen. Vielmehr liegt wiederum die Vermutung nahe, daß es sich auch hier um Wirkungen der sich auflösenden Kalkstein-Spezies handelt.

Ein eindrucksvolles Beispiel liefert die LöB-Parabraunerde (Nr. 4) unter Wald, die an ihrer Oberfläche eine Auf- und Einlagerung von Kalkstein-Schutt erfahren hat. Hier wird von unten nach oben das Austausch-Ca/Na-Verhältnis kleiner. Eine ähnliche Umkehrung des Gradienten findet sich im Kalkstein-Braunlehm (Nr. 10). Dessen oberer vom LöB geprägter Abschnitt weist Austausch-Ca/Na-Quotienten von 42 bis 86 auf, während der untere, offenbar von einem Na-armen Kalkstein geprägte Abschnitt solche von 83 bis 118 aufweist.

Auch die A-Horizonte zeigen keinen differenzierenden Einfluß der Bodennutzung auf das Austausch-Ca/Na-Verhältnis. Auch hier scheint noch der Charakter des Ausgangsgesteins durchzuschlagen. Das wird insbesondere bei den Ackerböden mit ihrer mechanischen Rückvermischung von Kalkstein-Material in die Krume deutlich (vgl. 6, 8, 9, 10, 11).

6.4.3 Ca/K-Verhältnisse

Vermutlich wegen der relativ hohen Glimmer-Anteile (15-30 %) im Ton des Lösungsrückstandes der Kalksteine sind alle Böden, die vorwiegend aus kalksteinbürtigem Ausgangsmaterial hervorgegangen sind, als K-reich anzusehen.

Im Bereich des Gesteins-Kontaktes, d.h. in den unteren Abschnitten des Solums sind bei diesen Böden im Bereich des

mo 2	und mo 1	11-18 mg $K_2O/100$ g Boden und Austausch-Ca/K-Quotienten von 17-42
mm		6- 7 mg $K_2O/100$ g Boden und Austausch-Ca/K-Quotienten von 28-59
mu		10-13 mg $K_2O/100$ g Boden und Austausch-Ca/K-Quotienten von 34-51

gegeben.

Die lößbürtigen Böden fallen in entsprechender Boden-Tiefe dagegen erheblich ab: 4-7 mg $K_2O/100$ g Bodenmaterial und Austausch-Ca/K-Quotienten von 67-92.

Alle Ap-Horizonte, die oberen Abschnitte der Waldboden- und Grasland-Boden-A-Horizonte zeigen eine K-Anreicherung gegenüber dem Unterboden. Diese ist unter Wald bei Kalkstein-Böden fast genauso ausgeprägt wie bei den Ackerböden und erreicht das 1,7 bis 2,2-fache der austauschbaren K-Mengen des Unterbodens. Beim Grasland des oberen Muschelkalks fehlt der Gehaltssprung zwischen Ober- und Unterboden oder er ist wesentlich schwächer ausgeprägt.

6.5 NÄHRSTOFF-VERSORGUNGSZUSTAND

Im vorangegangenen Abschnitt wurde bereits über die relativ hohen Nährstoff-Gehalte der vorwiegend kalksteinbürtigen Böden des Untersuchungsgebietes gesprochen. Das hohe K-Angebot der Böden gestattet eine landwirtschaftliche Bodennutzung, die nur von Zeit zu Zeit auf eine K-Ergänzung durch Düngung angewiesen ist. In vielen Fällen liegen die Reserven hoch genug, um bei der bodenphysikalisch bedingten niedrigen Ertragshöhe längere Zeit ohne K-Düngung auszukommen.

Die kalksteinbürtige Komponente des Bodens trägt gleichzeitig auch zu höheren Gesamt-P-Gehalten bei. Im unteren Teil des Solums im Bereich des Gesteins-Kontaktes hat die kalkhaltige Feinerde folgende P_t -Gehalte:

unterer Muschelkalk	36-46 mg/100 g Bodenmaterial
mittlerer Muschelkalk	37-129 mg/100 g Bodenmaterial
oberer Muschelkalk (mo1)	35-39 mg/100 g Bodenmaterial
oberer Muschelkalk (mo2)	48-92 mg/100 g Bodenmaterial
demgegenüber:	
Lößböden	15-21 mg/100 g Bodenmaterial.

Bei den unter Wald befindlichen Böden -gleich ob kalkstein- oder lößbürtig- bleibt der P_t -Gehalt im Oberboden etwa gleich dem des Unterbodens oder erhöht sich aufgrund biologischer Umverteilungsprozesse nur wenig.

Bei den ackerbaulich genutzten Böden ist im Ap-Horizont generell eine P-Anreicherung eingetreten. Die P_t -Gehalte liegen zwischen 64 und 83 mg/100 g Bodenmaterial.

In den als Grasland genutzten Böden, die alle auf dem mo 2 liegen, ist dagegen im A-Horizont (bis auf Profil 17) eine Abnahme der P_t -Gehalte festzustellen.

Zieht man als Maß der Mobilität des Boden-P die mit Ca-Lactat-Lösung extrahierbaren P-Mengen heran, -sie sind in den Profil-Tabellen als P_2O_5 angegeben- so ergeben sich folgende Unterschiede:

In den Wald- und Ackerböden des mu und in den kalkhaltigen Ap-Horizonten der mm-Ackerböden werden 4 mg P_2O_5 nicht überschritten. Gleiches gilt auch noch für den Ackerboden 10 (Kalkstein-Braunlehm) auf mo 1.

Im mo1 tritt dann aber eine räumlich zusammengehörende Gruppe von Gras- und Ackerland-Böden (11, 12, 13) auf, in denen bei Anwesenheit von Kalk 21 bis 62 mg P/100 g Boden,entsprechend 10 bis 40 % des Gesamt-P,in einem Extraktionsgang mit Lactat gewonnen werden können. Da es keine Hinweise auf eine ehemalige Siedlungsstätte gibt und die P_t -Gehalte gegenüber denen in den Böden des mittleren Muschelkalks nicht viel höher liegen, rechnen wir damit, daß es sich hier um den Ausbiß einer Gesteinsbank mit lithogen bedingten hohen P-Löslichkeiten handelt.

Die Tendenz hoher Lactat-Löslichkeiten setzt sich im obersten Muschelkalk (mo 2), wenn auch in gemäßiger Form, fort. Die Acker- und Grasland-Böden 14, 16 und 17 haben, jedoch nur in ihren kalkfreien A-Horizonten, mit 12 bis 27 mg Lactat- P_2O_5 /100 g Boden eine prozentuale Löslichkeit des P_t von 5 bis 20 %. In den kalkhaltigen Unterboden-Horizonten geht sie auf 0 % zurück.

6.6 MINERAL-VERWITTERUNG

In diesem Abschnitt sollen allein die gänzlich oder zum Teil kalksteinbürtigen Böden betrachtet werden. Die Lößböden -Parabraunerde und Sauerbraunerde- sind hinreichend untersucht.

In Anbetracht der hohen Puffer-Kapazität der kalksteinbürtigen Böden -der minimale pH-Wert in H₂O beträgt 5,8- ist nur mit einer schwachen pedochemischen Mineral-Verwitterung zu rechnen. Dabei ist zu erwarten, daß diese sich im wesentlichen auf den Zerfall von Schluff-Glimmern zu Ton-Illiten und die Umwandlung von Ton-Illiten in aufgeweitete Dreischicht-Tonminerale erstreckt.

6.6.1 Ton-Bildung

Die methodische Erfassung der Ton-Bildung durch Schluff-Abbau ist aus folgenden Gründen quantitativ kaum möglich:

Fast jedes Solum besteht nach den drei angelegten Parametern Σ Quarz total, Feldspat total, Σ Dreischicht-Phyllosilikate und g,m μ -Quarz und Feldspat aus Gemischen von kalksteinbürtigem Lehm-Material und Löß, das von unten nach oben zunehmende Gehalte an lößbürtigem Material aufweist.

Dabei kann von folgenden Gehalten an Schluff-Feldspäten und -Glimmern ausgegangen werden (Angaben in %):

	Feldspäte	Glimmer	eisenreiche Glimmer = Glimmer total	
Löß	18	4	1	5
mu	8	12	-	12
mm	17	14	2	16
mo 1 (10,11)	8	5	-	5
mo 1 (12,13)	13	5	-	5
mo 2	11	7	1	8

Aus der Umverteilung der Glimmer, d.h. der Abnahme der Schluff-Glimmer und der Zunahme von Dreischicht-Ton müßte sich rechnerisch auf detritische oder pedochemische Ton-Bildung schließen lassen.

Die Ungenauigkeit in der Bestimmung der lößbürtigen Anteile läßt jedoch bei dem relativ geringen Ausmaß des Abbaues von Schluff-Glimmern in keinem Fall eine sichere Aussage über das Ausmaß der Tonbildung zu, zumal in vielen Fällen die Schluff-Zusammensetzung der kalksteinbürtigen Komponente der der lößbürtigen weitgehend ähnelt.

Ein anderer die Erfassung der Ton-Bildung erschwerender Umstand besteht darin, daß die Sola vor der holozänen Bodenbildung -erkennbar an der Umverteilung von Schluff- zu Ton-Feldspäten- in unterschiedlichem Maße der Frost-Verwitterung unterlegen haben. Somit ist es nicht möglich, eine klare Aussage hinsichtlich der mit Sicherheit aus Analogieschlüssen zu erwartenden pedochemischen Ton-Bildung zu treffen.

Eine Anmerkung muß hier zu den in den Mineral-Tabellen sogenannten "eisenreichen Glimmern" gemacht werden. Es handelt sich dabei um relativ wenig verwitterte gelblich-hellgrünlich gefärbte Schluff-Glimmer, zum großen Teil vom Chlorit-Typus. Sie häufen sich in der Korngrößen-Fraktion 36-20 μm \emptyset . Obwohl der Kalkstein-Lösungsrückstand wie auch der Löß nur sehr wenig von diesen Mineralen enthalten, treten sie in den Böden, und hierbei besonders in den Löß-Böden sowie den Boden-Horizonten der vorwiegend kalksteinbürtigen Böden, die viel Löß enthalten, in größerer Menge auf.

Bereits früher (59) wurde darauf hingewiesen, daß bei fortschreitender Verwitterung von Schluff-Chloriten in Lößparabraunerde-Bt-Horizonten eine sprunghafte Exfoliation an den Chloriten einsetzt, die bei der mechanischen Korngrößen-Auftrennung der Böden als Artefakt zu einer Vervielfachung des Chlorit-Anteiles führen kann. Dickenmessungen an den Spaltplättchen sind zur Vermeidung von Interpretationsfehlern erforderlich.

6.6.2 Ton-Umwandlung

Anders verhält es sich hinsichtlich der pedochemischen Umwandlung der Ton-Fraktionen. Die mineralischen Anteile der Ton-Fraktionen unterliegen in den Profilen von unten nach oben folgenden Änderungen:

- 1.) Quarz und Feldspäte, die aufgrund diagenetischer Neubildungen im Kalkstein (s. Abschnitt 5.1.2.4) und aufgrund frostmechanischer Zerkleinerung von Schluff-Körnern des Kalkstein-Lösungsrückstandes und des Lösses reichlich im Ton $< 2 \mu\text{m}$ \emptyset vorhanden sind (zusammen bis zu 46 %), lassen keine pedochemische Umwandlung erkennen.
- 2.) Der geringe, höchstens 10 % betragende Kaolinit-Anteil ist mehr ein Ausdruck der zunehmenden Löß-Beimischung im Oberboden als der Verwitterungs-Neubildung. Die kalksteinbürtige Komponente der Sola ist fast durchweg frei von Kaolinit. Die schwache Anreicherung von Kaolinit in den oberen Horizonten entspricht dem Kaolinit-Gehalt des beigemengten Lösses.
- 3.) Der Lösungsrückstand der Kalksteine liefert einen Ton mit 10-20 % Chloriten. Im Löß unseres Untersuchungsgebietes liegt er unter 6 %. Man beobachtet,

daß aber mit ganz wenigen Ausnahmen der Chlorit-Anteil von unten nach oben im Profil konstant bleibt oder zunimmt. Ausnahmen sind solche Fälle, in denen im Oberboden ein sehr hoher Löß-Beimischungsanteil vorliegt (Böden Nr. 7, 10, 16). Das bedeutet, daß die Chlorite unter den gegebenen Milieu-Bedingungen recht stabil sind oder daß sie sogar entsprechend den Beobachtungen von PAPENFUSS (67) neu gebildet werden. Quantitative Hinweise, z.B. Zunahmen von 10 auf 16 %, 9 auf 13 %, 10 auf 15 % bei den Profilen 5, 8, und 12 liegen nahe den röntgenographischen Bestimmungsfehlern und können lediglich die Tendenz zeigen. Das Austausch-Ca/Mg-Verhältnis liegt in diesen Böden bei 26, 5, 22 und wird auch während einer möglichen Neubildung solcher Chlorite aus Dreischicht-Tonmineralen nicht niedriger gelegen haben. Da aber über die Bedingungen einer Chlorit-Umbildung wenig bekannt ist, kann dieser Befund vorerst nur ohne Interpretation vermerkt werden.

4.) Dreischicht-Tonminerale. Tabelle 14 gibt einen Überblick über die Zusammensetzung dieser Tonmineral-Gruppe in den einzelnen bodenbildenden Litho-Komponenten. Da wir hier nur die vorwiegend kalksteinbürtigen Böden, deren Puffer-Kapazität bislang keine wirksame Al-Ionen-Aktivität gestattete, betrachten, ist es nicht notwendig, die Gruppe der Al-Chlorite zu berücksichtigen.

Die Tabelle zeigt, daß besonders im Hinblick auf die Stufen I und IV Unterschiede zwischen den einzelnen bodenbildenden Substraten bestehen, die -selbst bei Mischung dieser Substrate- eine Kalkulation möglicher verwitterungsbedingter Umverteilungsprozesse gestatten.

Das Problem einer solchen Kalkulation besteht darin, daß während der Boden-Bildung Schluff-Glimmer pedochemisch zu Dreischicht-Tonmineralen verwittern. Dabei werden gleichzeitig und nicht in aufeinander folgenden Verwitterungsstufen Illite, Vermiculite und Smectite gebildet. In mehreren Böden (Nr. 5, 7, 11, 12, 13, 14, 16) hat sich im Laufe der Bodenbildung der relative Illit-Anteil in der Ton-Fraktion erheblich erhöht. Dies ist, da die Illite nur aus Löß oder kalksteinbürtigen Schluff-Glimmern hervorgegangen sein können, als ein sicherer Hinweis auf die vermutete pedochemisch-detritische Ton-Bildung zu werten.

Findet man dagegen in der Fraktion der Dreischicht-Tonminerale Illit-Anteile, die unter denen liegen, die sich rechnerisch aus den Mischungsanteilen von Löß und Kalkstein-Rückstandslehm ergeben, so ist mit weitgehender Sicherheit auf eine Illit-Verwitterung zu schließen.

Eine solche ist in den beiden kalkfreien Böden unter Wald auf unterem Muschelkalk gegeben (Mullrendzina 1, Braunlehm-Rendzina 2). Der Abnahme der Illite in der Dreischicht-Tonmineral-Fraktion -sie beträgt in Boden 1 29 %,

Tab. 14: Zusammensetzung der Dreischicht- oder 2:1-Tonmineral-Fraktion
($\Sigma = 100\%$) im Löß und Kalkstein-Rückstandslehm

Gruppe	Illite	Vermiculite		Smectite	
Stufen n. SCHWERTMANN (92)	I	II	III	IV	V
Arbeitsbegriff	Illit	Hemi- und Oligo-Expandite		Plio-	Pleisto-
				Expandite	
Bodenbildendes Substrat					
Löß	24	33		3	39
mu	50	10		15	25
mm	50	22		2	26
mo 1	23	16		18	43
mo 2	32	17		12	39

in Boden 2 oben 55 %, unten 35 % - entspricht eine Zunahme in der Gruppe der Hemi- und Oligo-Expandite (Boden 2) bzw. der Plio- und Pleisto-Expandite (Boden 1), wobei die Neubildungsprodukte sich etwa im Verhältnis 2:1 auf Plio- und Pleisto-Expandite verteilen.

In diesen beiden Fällen ist deutlich, daß sowohl der primär vorhandene Illit wie auch die durch die Schluff-Verwitterung entstandenen Dreischicht-Tonminerale den Weg einer zunehmenden Verminderung der Elementarzellen-Ladung in Richtung auf den Montmorillonit (Smectite) gehen. Ob dieser Weg bei den Hemi- und Oligo-Expanditen oder bei den Smectiten endet, mag von lithogenen Ursachen abhängig sein.

Hervorzuheben ist, daß dieser Verwitterungs- und Umwandlungsprozeß offenbar unabhängig vom pH-Milieu des Bodens ist und ein Phänomen darstellt, das mit der Bildung von Mull-A-Horizonten einhergeht.

In dem durchweg kalkhaltigen Profil 6 aus mittlerem Muschelkalk sind bei

relativen Illit-Verlusten, die von unten nach oben auf 55 % ansteigen, entsprechende Gewinne allein bei den Pleisto-Expanditen festzustellen.

Offenbar spielt das Mischungsverhältnis Löß:Kalkstein-Lösungsrückstand nur eine geringe Rolle bei der Glimmer→Ton-Bildung und Illit-Umwandlung. In dem nahezu löß-freien, entkalkten Boden 17 (Rendzina-Braunlehm aus mo 2) sind 13 bis 40 % der Illite in Hemi-/Oligo-Expandite übergegangen. In dem entkalkten Kalkstein-Braunlehm aus Löß über mo 1-Detritus sind im unteren Teil 25 bis 50, im oberen Teil 25 bis 30 % der Illite ebenfalls zum überwiegen- den Teil in Hemi- und Oligo-Expandite, zum wesentlich geringeren Teil in Smectite übergegangen.

Bei diesen quantitativen Angaben sei vermerkt, daß es sich durchweg um Mindestwerte handelt, denn es ist in allen Fällen damit zu rechnen, daß die Ton-Mengen durch Zerfall von Schluff-Glimmern vermehrt worden sind. Wenn relative Glimmer-Verluste festgestellt werden, bedeutet das, daß mehr Illit, als ursprünglich vorhanden war, zu aufweitbaren Dreischicht-Tonmineralen umgewan- delt worden ist.

Bei den nichtgenannten überwiegend kalksteinbürtigen Böden 7,8,11,12,13, 14 und 16 ist entweder keine Umverteilung der Dreischicht-Tonminerale oder sogar eine Verminderung von Illiten festzustellen. Hier liegt die Annahme nahe, daß der noch immer ablaufende Prozeß der detritisch-pedochemischen Ton-Bildung unter ständiger Nachlieferung von Illit, die Umwandlung des Illits zu aufweit- baren Dreischicht-Tonmineralen kompensiert oder sogar überkompensiert.

Festzuhalten ist, daß bei diesen überwiegend kalksteinbürtigen Böden offenbar unabhängig nicht nur vom Entkalkungszustand und vom Mischungsverhält- nis Löß/Kalkstein-Lösungsrückstand sondern auch vom genetischen Entwicklungs- grad der Böden der Prozeß der pedochemisch-detritischen Ton-Bildung und der Illit-Verwitterung annähernd gleich intensiv ist und somit nicht als Indika- tor für den Entwicklungsstand der Böden dienen kann.

6.7 Fe-OXID-FREISETZUNG, VERBRAUNUNG

Eisen wird im Zuge der Bodenbildung bei der Auflösung des Kalksteins freigesetzt und zwar einerseits durch Auflösung des FeCO_3 und dessen sofortige Umfällung zu FeOOH . Die Gehalte der verschiedenen Kalksteine an FeCO_3 sind in Tab. 3 zusammengestellt. Sie betragen 0,9 bis 5,4 %.

mu:	2,4-3,1 %	mo 1:	2,1 - 5,4 %
mm:	um 3 %	mo 2:	0,9 - 4,3 %

Daneben sind die Eisenoxid-Mengen, die an den tonigen Kalkstein-Lösungsrückstand gebunden sind, vergleichsweise gering: 82-98 % des gesamten, bei der Auflösung des Kalksteins frei werdenden Eisens entfällt auf umgefälltes Eisen-carbonat.

Eisenoxid wird ferner im Zuge der weiteren Boden-Entwicklung aus eisenhaltigen Glimmern (Biotit) und eisenhaltigen Schwermineralen (Pyroxen, Amphibol, Olivin etc.) freigesetzt. Es wird ebenfalls am Ort der Freisetzung oder nach kurzer Diffusionsstrecke als Eisenoxidhydrat -bevorzugt auf den Ton-Mineral-Oberflächen- abgeschieden.

Als Eisengehalte für das unveränderte Ausgangsmaterial der Bodenbildung werden für "Löß" ein Gehalt von 0,9 % Fe_d (GEBHARDT, 34) und für den Kalkstein-Lösungsrückstand die Werte aus Tab. 2 und Tab. 3 verwendet. Als potentielle Eisenerlieferanten bringt der Löß 15 % eisenreiche Glimmer und 32 % Schwerminerale mit. Dagegen finden sich in den Lösungsrückständen der verschiedenen Kalkstein-Stufen Gehalte an eisenreichen Glimmern, die zwischen 6 und 12 % liegen. Nur der mm hat 25 % . Der Gehalt an Schwermineralen liegt im Lösungsrückstand unter 1 % . In Tab. 15 werden die Farbwerte der Böden nach der MUNSELL-Skala angegeben. Entscheidend für die Intensität der vom Fe-Oxidhydrat bedingten Orange-Farbtöne ist das "Chroma". Vergleicht man jedoch die Chroma-Werte des ungeglühten und des geglühten Bodenmaterials der verschiedenen Horizonte mit deren Gehalten an dithionit-löslichem Fe, so ergibt sich trotz sehr unterschiedlicher Fe_d -Gehalte so gut wie keine Abhängigkeit der Farbe vom Eisenoxid-Gehalt. Die Frage der Färbung dürfte somit in erster Linie eine Frage der Oberflächen-Verteilung des Eisenoxids sein. Wenn z.B. trotz steigender Fe_d -Gehalte im Unterboden das "Chroma" des geglühten Bodens absinkt, läßt sich daraus auf eine konkretionäre Konzentrierung des Eisenoxids schließen.

Auffällig ist, daß es im Bereich des mittleren Muschelkalks und des mo 2 "Hues" von 2,5 YR gibt, die eine hämatitische Komponente in den Eisenoxiden signalisieren. Beim Glühen zeigt sich, daß die "Hues" in der Regel von oben nach unten röter werden, was mit der geringen Hemmung der Hämatit-Bildung aufgrund geringer Humusgehalte im Unterboden zusammenhängen mag.

Die vertikale Verteilung des Eisens (Fe_d) in den Böden spiegelt deutlich die unterschiedlichen Mischungsverhältnisse von Löß und Kalkstein-Rückstands-lehm in den einzelnen Tiefen-Abschnitten der Sola wider. Geht man davon aus, daß während der holozänen Bodenbildung außer etwas komplexer Eisenoxid-/Ton-Verlagerung in den Profilen 6 und 9 keine Fe-Verlagerung stattgefunden hat, so ließen sich die Fe_d -Gehalte als ein weiterer Parameter für den Grad der Löß-Beimengung im Solum der Böden verwenden.

Tab. 15: MUNSELL-Farbwerte des trockenen und des bei 500 °C geglähten Bodens (trocken), berechnete und in der humus- und kalkfreien Feinerde (< 2 mm) gefundene dithionit-löslichen Fe-Gehalte (Fe_d), Differenzen zwischen "berechnet" und "analysiert" in kg Fe/m² Boden-Oberfläche

BO-DEN	HO-RI-ZONT	BODENTYP	GEOLOG. STUFE	BODEN trocken			BODEN gegläht			%Fe (d)		DIFF. Kg Fe/m ²
				HUE ..YR	VA-LUE	CHRO MA	HUE ..YR	VA-LUE	CHRO MA	be-rechnet	ana-lyt.	
1	Ah Cv	Mullrendzina	mu	1o	3,5	3	7,5 5	5 6	6 6	23	18 32	-0,7
2	Ah Bv1 Bv2	Braunlehm- Rendzina	mu	1o 1o 1o	5 5 4	1 35 3	7,5 5 5	6 6 6	6 6 8	19 21	15 15 28	-0,4 -1,5
3	Ah B	Sauerbraunerde	LöB	1o 1o	5,5 6	2 3	7,5 5	6 6	6 6		8 7	
4	Ah A1 Bt	LöB-Parabraunerde	LöB	1o 1o 1o	6 6 6,5	3 3 4	5 5 5	6 6 5	6 6 8		6 5 9	
5	Ah A1/B Bt Bv/C	Kalkstein- Braunlehm	mu	1o 1o 1o 7,5	5 6 5,5 5	2 3 5	5 5 5 5	6 6 5,5 6	6 8 8 6		11 12 1o 24	
6	Ah Btv C1 C2	Kalkpelosol	mm	2,5 2,5 2,5 2,5	5 7 6,5 8	3 35 4 2	5 5 7,5 7,5	6 6 6 7	8 8 8 8	33 41	9 - 12 -	-6,6 -1o,1
7	Ap	Mullrendzina	mu	2,5	5	3	5	6	8	14	27	+2,1
8	Ap Cv	Braune Mullrendzina	mm	2,5 2,5	6 8	3 3	5 7,5	6 7	6 4	16	26 23	+1,9
9	Ah Bv/C Bv/C	durchschlammte Mullrendzina	mm	1o 1o 2,5	4 7 6	4 4 6	5 5 5	6 6 6	8 6 6	35	21 26 25	-5,6
1o	Ap B Bt Cv	Kalkstein- Braunlehm	mo 1	1o 1o 1o 1o	5 6 4,5 7	3 4 4 4	5 5 2,5 2,5	6 5 5 6	8 8 8 6	11 12 21	1o 1o 12 51	-0,3 -0,3 -1,5
11	Ap	Mullrendzina	mo 1	1o	5	2	5	6	8	2o	29	+1,6
12	Ah	Mullrendzina	mo 1	1o	5	3	5	6	8		28	
13	Ah B	Braunlehm- Rendzina	mo 1	1o 1o	6,5 6	2 3	5 2,5	5 5	8 8	37 57	12 38	-5,9 -5,9

Fortsetzung Tab. 15:

14	Ap fAh Sd	Rendzina- Pseudogley	mo 2	25	6	2	5	6	6	11	9	-0,5
				25	65	2	75	6	6	13	8	-1,4
				25	65	4	5	6	4		16	
15	Ah SB BSw BSd	Braunerde- Pseudogley	mo2/Löß	25	6	2	75	7	6		7	
				10	65	3	5	6	5	9	8	-1,1
				10	7	2	5	6	6	13	11	-1,2
				10	65	3	5	6	8	43	15	-7,9
16	Ah Sd	Rendzina- Pseudogley	mo 2	10	6	3	5	6	6	16	9	-1,8
				25	8	4	5	6	6	46	33	-7,8
17	Ah B Cv	Rendzina- Braunlehm	mo 2	10	6	2	5	6	8	18	11	-1,2
				10	6	3	25	5	8	18	12	-1,0
				25	6	4	25	5	8		34	

Ein Problem wirft die Differenz zwischen dem heutigen Gehalt der Bodentiefenabschnitte an Fe_d und den errechneten Soll-Gehalten an Fe_d auf. Diese wurden unter Zugrundelegung der $FeCO_3$ - und $FeOOH$ -Gehalte des Kalksteins, der ermittelten Kalkstein-Auflösungs- und -Abfuhr-Raten, und der primären Eisenoxid-Gehalte des Lösses berechnet.

Es wäre zu erwarten gewesen, daß die analytisch bestimmten Fe_d -Gehalte über den rechnerisch ermittelten lägen, weil durch die Verwitterung von Schluff-Glimmern silikatisch gebundenes Fe (II) und Fe (III) hätte freigesetzt und angereichert werden müssen.

Tatsächlich ist aber bis auf die Böden 7,8 und 11, alles geringmächtige Mullrendzinen aus ehemals sehr geringmächtigen, aber lößreichen Frostschuttdecken, eine negative Differenz vorhanden. Das heißt, es sind bilanzmäßig erhebliche Mengen an primär carbonatischem Eisen verschwunden. Die Fehlbeiträge sind umso höher, je tiefgründiger das Solum ist, d.h. je tiefgründiger die vorholozäne Frostschutt-Decke und je stärker deren vorholozäner Auf- und Anlösungsgrad war. Differenzen über 7 kg Fe/m^2 treten bei den Profilen 6,15 und 16 auf, deren Frostdetritus-Unterlage mechanisch und lösungsschemisch so weitgehend zerkleinert und verdichtet worden ist, daß Staunässe auftritt.

Es ist höchst unwahrscheinlich, daß in den nur schwach sauren Sola unserer untersuchten Böden solche Eisen-Verluste während des Holozäns eingetreten sind. Es kann sich mengenmäßig gesehen auch nur um Verluste von $FeCO_3$ aus dem Kalkstein handeln. Da ein erheblicher Teil der Auflösungsprozesse der Frost-

schutt-Decken noch im Pleistozän stattgefunden hat, liegt die Annahme nahe, daß die rechnerischen Fe-Verluste vorholozäner Entstehung sind.

Dies setzt natürlich voraus, daß die SoLa auch aus dem Gesteinsmaterial hervorgegangen sind, daß heute noch als Rest der ehemaligen Frostschutt-Decke im tieferen Teil der Böden erhalten geblieben ist. Daß das nicht in allen Fällen gegeben ist, wurde bereits diskutiert. Gerade in einigen der Fälle, in denen hohe Fe-Verluste errechnet worden sind, ist aber aufgrund der anderen zahlreichen Analysen-Parameter mit einer weitgehenden Substrat-Homogenität zu rechnen.

Wir stellen somit zur Diskussion, daß während der kaltzeitlichen Zerkleinerungs- und Auflösungs-Prozesse aus Kalkstein-Frostschutt-Decken unter periglazialzeitlichen Klimabedingungen bereits eine erhebliche Fe-Abfuhr, wahrscheinlich in Form von Fe^{2+} -Hydrogencarbonat, stattgefunden hat. Diese Hypothese könnte dadurch gestützt werden, daß in den Phasen der kaltzeitlichen Frostschutt-Auflösung wegen des Permafrostes im Unterboden generell Staunässe mit reduktiven Bedingungen in der wasserleitenden oberflächennahen Auftauzone herrschte.

Vielleicht sind die Kalkstein-Gebiete des Göttinger Raumes wegen ihres Reichtums an leicht und ohne Mitwirkung von organischer Substanz mobilisierbaren Eisencarbonatgehaltes die eigentlichen Quellen für die kaltzeitlichen Eisenoxidabsätze in den würmzeitlichen Schottern des Leinetals. Es sei auch in diesem Zusammenhang an die Eisenmobilität in Schmelzwässern alpiner Kalk- und Dolomit-Gebiete erinnert.

Trotzdem bleibt die Klärung der pleistozänen Eisenbilanzen von Kalk- und Dolomit-Frostschutt-Decken ein Problem, daß weiterer Beachtung und analytischer Erfassung bedarf.

6.8 PORUNG UND WASSERKAPAZITÄT

Wie schon in Abschnitt 6.5 angedeutet, sind vor allem die bodenphysikalischen Bedingungen in unseren ausgewählten Böden von entscheidender Bedeutung für ihre biotische Leistungsfähigkeit. Allein eine ausreichende Wasserversorgung während der Vegetations-Periode entscheidet über die Ertragshöhe. Um den Grad der Wasserversorgung beurteilen zu können, ist die Bestimmung der pF-Werte notwendig.

Die Bestimmung der pF-Werte erfolgte an in ungestörter Lagerung entnommenen Bodenproben (100 cm³-Stechzylinder für skelett-freie oder -arme Boden-Horizonte, 200 cm³-Stechzylinder für skelett-reichere Boden-Horizonte). An allen Pro-

Tab. 16: pF-Werte, Wassermengen und Klassifizierung der nFK der Böden des Untersuchungs-Gebietes

BODEN	BODENTYP	HORIZONT	HORIZONTMÄCHTIGKEIT cm	WASSERGEHALT in Vol% GES.BOD				GPV %	WASSERMENGE in mm			KLASSIFIZIERUNG DER nFK FOR 10 dm PROFILTIEFE (n.Arbg.Bodkd, 4)
				pF < 2p	2p-3p	3p-4p	> 4p		SICKERWASSER	PFLANZENVERFOGBARES WASSER	TOTWASSER	
				PORENDURCHMESSER in µm								
				> 3p	3p-3	3-0,2	< 0,2		pF < 2,0	2,0-4,2	> 4,2	
1	Mullrendzina	Ah	20	44,3	4,0	25,2	73,5	89	50	sehr gering		
2	Braunlehm-Rendzina	Ah	11	31,0	8,5	26,3	65,8	34	29	sehr gering		
3	Sauerbraunerde	B	35	20,0	8,8	25,2	54,0	70	88	gering		
6	Kalkpelosol	Ap	19	6,1	5,9	32,5	44,5	12	62	mittel		
		C1	32	8,0	4,8	29,0	41,8	26	93			
7	Mullrendzina	Ap	18	28,9	4,9	22,0	55,8	52	40	sehr gering		
8	Braune Mullrendzina	Ah	23	12,9	8,7	25,7	47,4	30	59	gering		
9	durchschlämmte Mullrendzina	Ah	35	17,4	8,5	26,8	52,7	61	94	gering-mittel		
10	Kalkstein-Braunlehm	Ap	21	10,0	5,9	31,2	47,1	21	66	gering		
		B	8	18,3	8,8	24,8	51,9	15	20			
		Bt	12	9,6	10,3	41,2	61,1	12	49			

11	Mullrendzina	Ap	15	14,8	6,1	24,7		49,6	22	37		sehr gering
12	Mullrendzina	Ah	13	16,8	8,9	28,0		53,7	22	36		sehr gering
13	Braunlehm-Rendzina	Ah	18	8,9	7,3	31,0		47,0	16	56		gering
		B	25	11,7	7,7	12,1	28,7	60,2	29	50	72	
14	Rendzina-Pseudogley	Ap	18	16,3	7,7	10,6	17,9	52,5	29	33	45	gering
		(f)Ah	20	7,9	6,4	10,3	21,8	46,4	16	33	55	
15	Braunerde-Pseudogley	SB	45	3,5	9,7	13,5	14,9	41,6	16	104	67	hoch
		BSw	30	7,7	8,2	12,4	16,3	44,6	16	62	49	
		BSd	15	8,0	8,2	12,5	23,0	51,7	12	31	35	
16	Rendzina-Pseudogley	Ah	17	14,6	13,2	25,7		53,5	25	44		mittel
		Sd	50	10,8	7,1	11,6	27,7	57,2	54	94	139	
17	Rendzina-Braunlehm	Ah	15	16,3	7,1	31,4		54,8	24	47		gering
		B	13	18,5	4,8	33,5		56,8	24	44		

ben wurde die Bestimmung der pF-Stufen < 1,0, 1,0-1,8, 1,8-2,0, 2,0-2,3, 2,3-2,5, 2,5-2,8 und 2,5-3,0 durchgeführt. Nur an den steinfreien Proben erfolgte noch die Bestimmung der pF-Stufen 3,0-3,3, 3,3-3,7 und 3,7-4,2. Die Werte > 4,2 wurden als Differenz zum Gesamt-Porenvolumen (GPV) angenommen. Die Bestimmung wurde an mehreren Parallel-Proben durchgeführt. In Tab. 16 ist jeweils der entsprechende Mittelwert angegeben, wobei die Streuung der Meßwerte bei den skelettfreien Proben etwa 3% und bei den skelettreicheren Proben bis 8% des GPV betragen kann. Es wurde allerdings in Tab. 16 nicht die vollständige Liste der ermittelten pF-Werte angegeben, sondern diese wurden innerhalb der unter ökologischen Gesichtspunkten interessanten Grenzwerte zusammengefaßt. Da nur bei einem kleinen Teil der Proben der Grenzwert zwischen pflanzenverfügbarem Wasser und "Tot"-Wasser (pF 4,2) bestimmt wurde, erfolgte bei den restlichen Proben die Einstufung in das Klassifikations-Schema der nutzbaren Feldkapazität (nFK) nach der Kartieranleitung der Arbeitsgemeinschaft Bodenkunde (4) unter Abschätzung dieser Größe aufgrund der Ton- und Humus-Gehalte.

Die Werte der Tab 16 zeigen, daß zwischen dem Wasserhaushalt und der Struktur bzw. dem Ton-Gehalt der Böden ein enger Zusammenhang besteht. Insbesondere wird dieses deutlich, wenn die Anteile an groben, selbstdrainierenden Poren betrachtet werden. Es lassen sich hier drei Gruppen herausstellen. Deutlich fallen die flachgründigen Mullrendzinen auf μ (Böden 1,2,7) ins Auge. Sie sind durch einen sehr großen Anteil an solchen Poren gekennzeichnet. Dieses wird durch ihre stabile grob-polyedrische Struktur und ihren hohen Humusgehalt bedingt. Eine zweite Gruppe bilden die dichtgelagerten Ton- und Schluff-reichen Böden des mm (Nr. 6) und die staunassen Böden aus Löß bzw. mit hohem Löß-Beimischungsanteil (Nr. 14,15,16). Sie sind durch einen extrem niedrigen Anteil an groben Poren gekennzeichnet. Die restlichen Böden nehmen eine Zwischenstellung ein. Bei allen untersuchten Böden scheint aber das Ausgangsmaterial der Bodenbildung einen stärkeren Einfluß auf die Ausbildung von groben Poren auszuüben als die Nutzungsart.

Bei Betrachtung des Gehaltes an pflanzenverfügbarem Wasser (pF 2,0-4,2), bezogen auf 1 dm Bodentiefe, unterscheiden sich die Böden nur wenig. Die Gehalte liegen zwischen 15 und 25 mm. Den entscheidenden Einfluß auf den gesamten Vorrat an pflanzenverfügbarem Wasser übt in unserem Untersuchungsgebiet die Boden-Entwicklungstiefe aus. Bei Berücksichtigung dieses Faktors schwanken die Wassergehaltswerte zwischen etwa 40 mm (Boden 7) bis über 200 mm (Boden 15). Die geringe Entwicklungstiefe der Böden ist dafür verantwortlich, daß der größte Teil der Böden bei der Beurteilung und Bewertung der nFK als "sehr gering" bis "gering" eingestuft wurde. Diese Bewertung muß aber sicherlich bei einigen Böden in eine bessere Versorgungsstufe erfolgen, da bei der Untersuchung nicht immer das gesamte Profil erfaßt wurde.

Diese Bewertung zeigt deutlich die problematische Situation dieser Standorte auf, wenn sie landwirtschaftlich genutzt werden. Nur die tiefgründigen Profile auf mm und aus Löß über mo 2 können flachgründig wurzelnden Pflanzen genügend Wasser zum Überbrücken von Trockenperioden zur Verfügung stellen. Diese Pflanzen sind dagegen an allen anderen Standorten auf eine regelmäßige Wasserzufuhr durch Niederschläge angewiesen. Hier kann nur auf Dauer solche Vegetation stocken, die in der Lage ist, ihren Wasserbedarf aus dem Untergrund, dem Kluft-Wasser der Kalkgesteine, zu decken. Diese Standorte sind deshalb als potentielle Wald-Standorte zu betrachten.

Wenn man die Mengen an feinen Poren und das in ihnen enthaltene Wasser (Tot-Wasser) betrachtet, so ergeben sich im wesentlichen zwei große Gruppen. Die eine Gruppe bilden die dichtgelagerten Böden auf mm (Nr. 6) und die dichten, ton-reichen Böden aus Löß über mo 2 (Nr. 14,15,16,17), die einen großen Anteil an diesen Poren haben. In diese Gruppe müssen aber auch noch die Bt-Horizonte einiger anderer Profile (Nr. 10,13) gerechnet werden. Alle anderen Böden bzw. Boden-Abschnitte bilden eine weitere Gruppe mit einem wesentlich geringeren Anteil an feinen Poren.

7 ZUSAMMENFASSENDE DISKUSSION DER ERGEBNISSE UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

7.1 ZUSAMMENFASSUNG UNTER BODENGENETISCHEN GESICHTSPUNKTEN

Aussagen in den Bereichen der Bodengeschichte und der Bodengenetik bzw. Bodensystematik sind nur möglich, wenn Daten vorliegen, die als Ergebnisse der Sedimentations-Geschichte, und langfristiger Verwitterungs-Vorgänge bzw. Bodenbildungs-Prozesse gewertet werden können. Deswegen kann sich eine dahingehende Interpretation der hier vorgelegten Untersuchungs-Ergebnisse im wesentlichen nur auf die Auswertung der Korngrößen-Verteilung und der Mineralanalysen in Bezug auf die Löß-Beimengungen und die Kalkulation der Verwitterungs-Menge und -Dauer stützen.

7.1.1 Bodengenetische Teilprozesse

Die zur Erfassung bodengenetischer Methoden angewendeten Analysen haben ergeben: Nur bei den rein lößbürtigen Böden konnte die Beanspruchung der Pufferkapazität durch H-Ionen dazuführen, daß Ton-Verlagerung eingetreten ist und -im Falle des Bodens 3- nahezu die Grenze einer wirksam werdenden Al-Metabolik (z.B. Sistierung der Ton-Verlagerung durch Al-Ionen) erreicht wurde. Doch scheint bei unseren Löß-Böden die Nähe des Kalk-Untergrundes sei es über seitlichen Hangwasserzug, sei es über den Erdalkali-Kreislauf des Waldes oder die oberflächliche Beimischung von Kalkbrocken eine generelle Hemmung der Versauerung verursacht zu haben -wenn man die Situation des Repräsentativ-Gebietes z.B. mit Buntsandstein-Gebieten ähnlicher Oberflächengestalt vergleicht.

Bei allen Böden mit wesentlicher Beteiligung von Kalkstein-Detritus und Kalkstein-Lösungsrückstand am Solum -sei es hinsichtlich der Mischungsanteile im Gemenge mit Löß oder hinsichtlich des schichtabhängigen Anteils am Solum- ist das Spektrum abgelaufener und ablaufender bodengenetischer Teilprozesse wesentlich geringer.

Soweit die Residuen der ehemaligen Kalk-Frostschuttdecken nicht aufgezehrt sind, läuft die Kalkabfuhr, die Freisetzung von schluffig-tonigem Lösungsrückstand und die Freisetzung von FeOOH aus kalksteinbürtigem FeCO_3 weiter (Entkalkungsverbraunung). Während das heute in dieser Weise freigesetzte Eisenoxidhydrat im Solum verbleibt, hat zur Zeit der periglazialen Bildung, detritischen Verwitterung und lösungsschemischen Verwitterung des Frostschuttes unter anderen klimatischen Bedingungen -evtl. in einem stärker reduktiven

Bodenmilieu- bereits eine erhebliche Abfuhr des carbonatbürtigen Eisens stattgefunden.

Alle Böden -ob kalkhaltig oder bereits entkalkt- zeigen in ihren Humus-Horizonten (Ah, Ap) Abbau von Schluff-Glimmern zu Illit-Ton, wobei ebenfalls -wenn auch im Vergleich zur Fe-Freisetzung aus dem Kalkstein sehr wenig- Eisenoxid gebildet wird (pedochemische Tonbildung unter sekundärer Verbraunung).

Unabhängig vom Entkalkungsgrad erfolgt in allen Horizonten mit einer von unten nach oben zunehmenden Intensität die Aufweitung von Illiten zu Vermiculiten und/oder Smectiten (Ton-Umwandlung).

Die Basen-Sättigungsgrade sind auch in den entkalkten Ah- und Ap-Horizonten ausreichend, um "eutrophen" Mull entstehen zu lassen und zu konservieren.

Dabei ergibt sich folgende Mengen- und Verteilungstendenz: Mit zunehmender Mächtigkeit des Solums steigen die absoluten Humusmengen (kg/m^2), jedoch nicht linear. Dabei verteilt sich der Humus auf zunehmende Lehm-Mengen. Die Humus-Gehalte sinken. Oft finden sich unter einem humusreicheren kalkfreien Ah-Horizont ein humusärmerer AhBv-Horizont und dann ein Kalkschutt-Mischhorizont, in dem wieder humusreichere Feinerde auf die stabilisierende Rolle des Kalks hinweist.

Mit weiterer Vertiefung des Solums oder Akkumulation des Rückstandslehms gehen dann nach Überschreiten eines Maximums auch die Humusmengen zurück. Die Nutzungsform (Wald, Acker, Grasland) spielt dabei eine sekundäre Rolle.

Differenzierung des Solums z.B. in entkalkte und nicht entkalkte Horizonte und Mächtigkeit des Solums stehen nicht in einer funktionalen Abhängigkeit. Bei Ackerböden mit ihrer ständigen Durcharbeitung und dadurch bedingten Kalk-Rückvermischung erscheint das selbstverständlich. Aber auch bei langfristig ruhenden Böden ist es der Fall.

Man wird also stets bei der Ansprache der Böden zwischen der bodentypologischen Differenzierung und der Mächtigkeit des Solums unterscheiden müssen.

Daß dies so ist, hängt im wesentlichen mit der pleistozänen Vorgeschichte der bodenbildenden Substrate zusammen, die einerseits durch die Art der Kalksteine, im wesentlichen aber durch die Prozesse der mechanischen und chemischen Aufbereitung und Vermischung vor Beginn der holozänen Boden-Entwicklung bedingt sind.

7.1.2 Alter der Böden

Bisher wurde in der Regel davon ausgegangen, daß die holozäne Boden-Entwicklung auf dem ausschließlich durch frostdynamische Prozesse aufbereitetem

Frostlager- oder wanderschutt eingesetzt hat. Die zwischen- oder innereiszeitlichen Böden sollten durch Solifluktionvorgänge oder Winderosion bis auf das anstehende Gestein abgetragen worden sein (SCHEFFER et al., 78, ROHDENBURG und MEYER, 71, BLUM, 13); die Möglichkeit der Einarbeitung von prä-holozänem Verwitterungsmaterial wurde dabei aber schon für möglich gehalten.

Diese Vorstellungen sind nach den hier vorgestellten Untersuchungsergebnissen aber nur haltbar für die während der vegetationsfreien Phasen der Erosion ungeschützt ausgesetzten Kuppenlagen. Dagegen müssen für alle Hang- und Muldenlagen mindestens Reste älterer kalt- und warmzeitlicher Bodenbildungen angenommen werden oder Reste von feinmaterial-reichen Solifluktionsdecken.

Auch bei vorsichtiger Interpretation der Ergebnisse einer Kalkulation der Dauer der Kalkstein-Lösung ergibt sich, daß wesentliche Teile des oberflächlich akkumulierten Feinerde-Materials schon in prä-holozänen Verwitterungsphasen aus dem Kalkstein freigesetzt worden sein müssen. Dieses wird auch dadurch gestützt, daß im Untersuchungs-Gebiet in Akkumulationslagen am Unterhang ältere Bodenbildungen zu finden sind, deren zeitliche Stellung zwar nicht ganz eindeutig ist, die aber mit Sicherheit spätestens in das Mittel-Würm, wenn nicht gar Eem zu stellen sind.

Für eine intensive Beeinflussung der durch Kalkstein-Auflösung freigesetzten nichtcarbonatischen Mineralsubstanz durch kaltzeitliche Klima-Einflüsse spricht auch noch der hohe Gehalt an Grobton ($2-0,6 \mu\text{m } \emptyset$) im unteren Abschnitt des Solums derjenigen Böden, die im wesentlichen aus Kalkstein-Lösungsrückstand gebildet werden. Beeinträchtigt wird diese Aussage lediglich dadurch, daß wir nur die Ton-Fractionen ($< 2 \mu\text{m } \emptyset$) der Sola, nicht aber der nichtcarbonatischen Anteile der Kalksteine weiter unterteilt haben. Doch dürfte der große Sprung in den Grobton-Gehalten zwischen dem Unter- und Oberboden ein ausreichender Hinweis auf eine stärkere kryoklastische Tonbildung sein, die der späteren holozänen pedochemischen Tonbildung vorausging und durch diese dann verwischt wurde.

Es gibt somit eine Reihe von Hinweisen, daß größere Anteile des heutigen Bodenmaterials älteren Verwitterungsphasen des Prä-Holozäns mit mechanischer und chemischer Verwitterung entstammen, wobei deren zeitliche Stellung nicht deutlich gemacht werden kann (vergl. Tab. 11), aber wohl vorwiegend den glazialzeitlichen und interstadialzeitlichen Phasen der Würmzeit zugeordnet werden darf.

Wenn man aber einmal unter der Voraussetzung, daß der gesamte Kalkstein-Lösungsrückstand eines Solums autochthon ist, was er mit Sicherheit nicht ist, die Zeitdauer der Ansammlung von nichtcarbonatischen Lösungsrückstand kalkuliert (durchschnittliche holozäne Lösungsrate von $60 \text{ g CaCO}_3/\text{a/m}^2$ bei 300 mm

(= 50% Niederschlag) Versickerung), so zeigt sich, daß für fast alle Böden höchstens eine Verwitterungsdauer seit dem Jung-Pleistozän angenommen werden darf.

7.1.3 Zur Bodenentwicklung auf Kalkstein

Die holozäne Vertiefung des Solums, d.h. die Mächtigkeit der Akkumulation von Rückstandslehm auf dem mechanisch intakten Kalkstein hängt von folgenden Faktoren ab (vergl. 2.7.1):

- a) Gehalt des Gesteins an nichtcarbonatischer Komponente,
- b) Vor-Zerkleinerungsgrad des Gesteins und vorholozäne relative Akkumulation von Lösungs-Rückstand in den Frostschutt-Decken,
- c) Mächtigkeit der Frostschutt-Decken und
- d) spezifischer Lösungsgeschwindigkeit des Gesteins.

Eine quantitative Abschätzung des Einflusses jedes der einzelnen Faktoren auf die Geschwindigkeit der Akkumulation nichtcarbonatischer Substanz der Gesteine ist sehr schwierig. BLUM (13) hebt insbesondere den Vorverwitterungsgrad und den Nichtcarbonat-Gehalt der Kalke hervor.

Es zeigt sich hier dagegen, daß der Nichtcarbonat-Gehalt der Kalkgesteine für die Geschwindigkeit und die Mächtigkeit der Bodenbildungen nicht von primärer Bedeutung ist. In den untersuchten Profilen lassen sich nämlich keine Beziehungen zwischen dem Nichtcarbonat-Gehalt der Gesteine und der Tiefe der holozänen Bodenentwicklung feststellen. Damit soll nicht die Bedeutung der nichtcarbonatischen Komponente für die Lösungsgeschwindigkeit unterschätzt werden. Von größerer Bedeutung für die Akkumulation von Bodenmaterial sind dagegen der pleistozäne Vorverwitterungsgrad und die spezifische Lösungsgeschwindigkeit der Gesteine. Deutlich zeigt sich, daß der Einfluß der Vorverwitterung in Form von Kryoklastik auf den gebankten Kalken des μ sehr viel geringer gewesen ist als auf den massigen Kalken von m_0 und m_m . Dieses wird einerseits durch den beträchtlich höheren Grob- und Mittel-Grus-Anteil der Böden auf μ 2 erkennbar und gibt sich andererseits auch in der Flachgründigkeit der periglaziären Aufbereitungsschicht zu erkennen. Möglicherweise liegen hierin auch die Ursachen bzw. Verstärkungen für die unterschiedlichen "Typen der Lösungsverwitterung" (ROHDENBURG und MEYER, 70). Bei den dünnplattigen Kalken mit feinkörnigem mergeligem Zwischenmittel in den primären Schicht- oder Bankfugen und zwischen den Platten erfolgt von vornherein auch eine flächenhaft undifferenzierte kryoklastische Vor-Verwitterung. Dagegen führt sie bei den massigen Kalken zu einer stark differenzierten Lockerung des Gesteins, die dann auch eine entsprechende inhomogene Lösungsverwitterung bedingt.

Der kryoklastische Aufbereitungs-Effekt wird nun durch den Einfluß der spezifischen Lösungsgeschwindigkeit überdeckt. Die spezifische Lösungsgeschwindigkeit ist bei den Kalken des $m_0 2$ und mm am größten und bei denen des m_1 am geringsten, während die des m_2 eine Mittelstellung einnehmen. Dieses ist daran erkennbar, daß in vergleichbarer Reliefposition die Bodenentwicklung auf m_1 und m_2 sich noch in vergleichbaren Bodenentwicklungs-Stadien befindet.

Für die Mächtigkeit des im Pleistozän akkumulierten Feinmaterials muß aber von Fall zu Fall auch ein mehr oder weniger großer Einfluß von oberflächenparallelen Verlagerungsprozessen in Erwägung gezogen werden. Wie schon ausgeführt wurde, ist bei allen hier untersuchten Böden ein solcher lateraler Materialtransport theoretisch möglich gewesen, wenn auch in sehr unterschiedlichem Maße.

7.1.4 Überlegungen zur deutschen Systematik der Böden auf kalkhaltigem Ausgangsmaterial

"Es besteht allgemeine Einigkeit darüber, daß die Böden aus Carbonatgesteinen und Ah-C-Profil als Rendzina einen gesteinsbedingten Bodentyp darstellen. Hingegen besteht keine einmütige Auffassung darüber, ob ein Boden aus carbonathaltigem Silikatgestein (Löß, Geschiebemergel) und Ah-C-Profil auch eine Rendzina oder einen eigenständigen, gesteinsbedingten Bodentyp, eine Pararendzina darstellt. Wegen des Silikatanteiles und des wasserspeichernden C-Horizontes wurde diesem Boden die Stellung eines Bodentyps eingeräumt" (MOCKENHAUSEN, 63). Auch SCHLICHTING (81) befürwortet die Berücksichtigung von lithogenen Merkmalen bei gering entwickelten Böden auf möglichst hohem Niveau. Nach dem Bodenklassifikationssystem der DDR sollen dagegen lithogene Modifikationen erst auf der Ebene der Sippen, also einem niedrigen Niveau eingeführt werden (EHWALD, 28 , LIEBEROTH, 56).

Als ausschlaggebende Begründung für die Trennung von Rendzina und Pararendzina auf der Ebene der Typen wird die unterschiedliche Wertigkeit des Gesteinsuntergrundes im Hinblick auf seine ökologischen Qualitäten angeführt. Nun erscheint es aber zweckmäßig zwischen einerseits Bodensystematik und andererseits Bodenökologie und Bodenkartierung scharf zu trennen (MOCKENHAUSEN, 62). Während für ökologische bzw. andere zweckgerichtete Bodenkartierungen eine Differenzierung auf hoher systematischer Ebene bei flachgründigen, wenig differenzierten Profilen aufgrund des gesteinsbedingten Untergrundes sinnvoll erscheint, sollten für eine nur zum Zwecke der Ordnung geschaffene Systematik Bodenbildungsprozesse und diagnostische Merkmale im Vordergrund stehen. Das würde bedeuten, daß für eine Systematik der Böden auf kalkhaltigem Ausgangsmaterial der

Prozeß der Kalkauflösung und -abfuhr und die Horizontausprägung die Einordnung auf höherem Niveau (Typ oder Subtyp) bestimmen (SCHEFFER et al., 78). Erst auf der Ebene der Varietäten ist es dann möglich, substratbedingte Modifikationen zu berücksichtigen.

Die hier vorgelegten Untersuchungen haben gezeigt, daß die Böden mit Ah-C-Profil über festem Gesteinsuntergrund in ihrem profilmorphologischen Aufbau dem Bodentyp "Rendzina" entsprechen. Es konnte aber auch nachgewiesen werden, daß sie sich in einigen wesentlichen Punkten hiervon unterscheiden:

- 1.) Das nichtcarbonatische Feinmaterial dieser Böden entstammt nur zu einem mehr oder weniger großen Teil der autochthonen Verwitterung der anstehenden Kalkgesteine. Der restliche Teil besteht entweder aus einem durch Abtragungsprozesse zusätzlich akkumuliertem Kalkstein-Lösungsrückstand oder aus äolisch herantransportiertem Löß, der nur zum kleinen Teil aus Kalkstein-Lösungsrückstand hervorgegangen sein kann.
- 2.) Die Beimengung von nichtcarbonatischem Feinmaterial, das nicht der Kalkstein-Verwitterung entstammt, verändert die biologische Aktivität, und führt somit zu Böden, die einen geringeren Humusgehalt und einen niedrigeren Grad der Aggregat-Stabilität aufweisen, als "normale" Rendzinen.
- 3.) Durch die Beimengung von Material, das kalkärmer ist und damit schneller zu einem niedrigerem pH-Wert führt, werden die "normalen" Aciditätsverhältnisse verändert, so daß die Verbraunungstendenz stärker ausgeprägt ist. Dieses äußert sich auch in der Farbverschiebung von lo YR 2/1 nach lo YR 4-3/3.
- 4.) Die angeführten Randbedingungen führen dazu, daß sich die strukturellen Verhältnisse der Böden gegenüber den Böden der Normal-Bodenentwicklungsreihe auf Kalkstein verändern. Bei den hier untersuchten Böden ergibt sich, daß die Ah-C-Profile unter Wald ein fein- bis mittelpolyedrisches Gefüge und die etwas stärker differenzierten Ah-Bv-C-Profile unter Wald bzw. Grasland ein grobpolyedrisches Gefüge aufweisen gegenüber dem "normalen" Rendzina-Mikro-Gefüge bzw. Schwamm-Gefüge.

Durch diese Faktoren ändern sich die ökologischen Standortverhältnisse zwar nicht entscheidend, aber doch so weit, daß ihre Kennzeichnung auch in der bodensystematischen Nomenklatur zum Ausdruck kommen müßte.

Innerhalb des Oberbodens (A- bzw. A-B-Horizonte) erweist es sich aufgrund der vorgelegten Befunde als unmöglich, durch makroskopische Untersuchungs-Methoden eine Differenzierung von "Rendzina" und "Pararendzina" zu erkennen.

Als ausschlaggebend für das ökologische Potential solcher Standorte erweist sich dagegen die Qualität und Quantität der Wasserversorgung während der Vegetationsperiode. Unter diesem Gesichtspunkt erscheint es gerechtfertigt, zwischen Standorten mit wasserspeicherndem und nicht-wasserspeicherndem Untergrund zu unterscheiden.

Für die Bodensystematik würde dieses bedeuten, daß die Unterscheidung zwischen der Rendzina als einer Bodenbildung auf festem, klüftigem Kalkgestein und der Pararendzina als einer Bodenbildung auf kalkhaltigem Silikatgestein aufzugeben wäre. Dagegen sollte die Unterscheidung zwischen Böden aus festem, nicht wasserspeicherndem, kalkhaltigem Gestein und Böden aus lockerem, wasserspeicherndem, kalkhaltigem Gestein auf der Ebene der Typen beibehalten werden. Dieses würde nach ROESCHMANN (freundl. mündl. Mitteilung, 1977) auch der gängigen Kartierungspraxis der Landesämter entsprechen.

Dieses Problem ließe sich aber auch dadurch lösen, daß der von MOCKENHAUSEN (64) aufgezeigte Weg konsequent weiterverfolgt wird. Die bodensystematische Nomenklatur der A-C-Profile müßte dann auf der Ebene der Typen folgendes Aussehen haben:

Lithosol-Syrosem	Regosol-Syrosem
Lithosol-Ranker	Regosol-Ranker
Lithosol-Rendzina	Regosol-Rendzina
Lithosol-Pararendzina	Regosol-Pararendzina

Die hier untersuchten Böden ließen sich dann zwanglos als Subtypen oder Varietäten zwischen Lithosol-Rendzina und Lithosol-Pararendzina einordnen.

7.2 ZUSAMMENFASSUNG UNTER BODENÖKOLOGISCHEN GESICHTSPUNKTEN

In der Regel beinhaltet die ökologische Beurteilung von Böden nur ihre Einschätzung und Einstufung hinsichtlich ihrer Fruchtbarkeit, d.h. nur hinsichtlich ihrer aktuellen und potentiellen Leistungsfähigkeit für die pflanzliche Produktion. Um den Ansprüchen, die heute an bodenökologische Aussagen gestellt werden, gerecht zu werden, reichen diese Angaben aber nicht mehr aus. Eine quantitative Aussage über die source-Funktionen des Bodens hinsichtlich der Pflanzen-Nährstoffe ist heute selbstverständlich, dagegen ist die quantitative Angabe der sink-Funktionen gegenüber Umweltbelastungen, z.B. Schwermetall-Immisionen und Pestiziden, noch sehr selten. Beide Bereiche müßten aber gleichwertig nebeneinanderstehen.

Die in dieser Arbeit vorgestellten Böden zeigen im Hinblick auf ihre ökologische Wertigkeit ein sehr differenziertes Bild.

Unterschiede ergeben sich vor allem, wenn die Böden hinsichtlich ihrer Nutzwasser-Kapazität im durchwurzelbaren Bereich miteinander verglichen werden. Wenn ein mittlerer Wasserbedarf der Pflanzen von etwa 300 mm (SCHROEDER, 89) während der Vegetationsperiode zugrundegelegt wird, so können die flachgründigen Böden in Plateau-Lage auf μ 2- und m_0 1-Schutt den Ansprüchen der Vegetation nicht genügen, da hier die Speicherleistung der Böden nur eine schlechte (< 100 mm) bis mittlere (100-200 mm) Versorgung gewährleistet. Diese Standorte sind also auf gleichmäßig über die Vegetationsperiode verteilte Niederschläge angewiesen, sofern nicht tief in das Kluftsystem hinunterreichende Baumwurzeln einen Teil des auf den Klüften absickernden Wassers abfangen. Problematisch kann die Wasserversorgung auch auf den tonreichen Böden aus m_0 2-Schutt werden, wenn diesen Böden kein Löß beigemischt ist, da hier der Anteil an "totem Wasser" recht hoch ist. Allen anderen Böden verfügen aufgrund der durch die Löß-Beimengung verbesserten Porenverteilung und des ebenfalls hierdurch vergrößerten Wurzelraumes über eine höhere Nutzwasserkapazität (200-300 mm).

Obwohl die Stickstoff-Vorräte in allen Böden ausreichend sind, kann es doch auf den flachgründigen Böden in Trockenphasen aufgrund der gehemmten biologischen Aktivität zu Stickstoff-Mangelercheinungen kommen. Die vorhandenen mobilisierbaren Vorräte sind aber nur so groß, daß sie für einige wenige Vegetationsphasen ausreichen. Hinzu tritt die mangelhafte Mobilisationsleistung der Böden bei fröhsommerlicher Austrocknung. Bei Acker- oder Wiesennutzung muß deshalb immer zusätzlich gedüngt werden.

Für die anderen Pflanzennährstoffe verfügen die Böden offenbar über ein für längere Zeit ausreichendes Nachlieferungs-Vermögen und genügende Vorräte.

8 AREAL - GLIEDERUNGEN

Landschaftsökologische Untersuchungen befassen sich mit den haushaltlichen Prozessen von Einzelobjekten oder von heterogen strukturierten Landschaftsräumen. Bei der Untersuchung von Einzelobjekten liegt dabei die Grenze zu anderen Objekten von Anfang an fest, während die Untersuchung von Landschaftsräumen die Aufklärung der die Heterogenität bedingenden Faktoren und Prozesse und ihre gegenseitige räumliche und inhaltliche Abgrenzung unter Berücksichtigung eines oder mehrerer Zielsysteme zum Gegenstand hat.

Die räumliche Struktur eines Landschaftsraumes ergibt sich dann durch die Anordnung der rangniedereren Einheiten. Dieser liegen im wesentlichen die folgenden Ordnungsprinzipien zugrunde (RICHTER, 69 , zit. n. HUBRICH, 44):

- a) Lage und Nachbarschaft,
- b) gemeinsame Landschaftsgenese,
- c) landschaftsökologische Verwandtschaft.

Die Bedeutung der Einheiten innerhalb eines Raumes ergibt sich aus ihrer Funktion innerhalb des Landschafts-Gefüges oder ihrem Anteil an der Gesamtfläche. So läßt sich innerhalb eines Raumes eine Rangstufung der Einheiten festlegen. Danach können folgende Stufen festgelegt werden (HUBRICH, 44):

- a) Leit-Typen, die einen hohen Flächenanteil besitzen oder denen ein hoher Stellenwert innerhalb des Gesamtgefüges zukommt, so daß sie den Gesamtcharakter entscheidend mitbestimmen,
- b) Begleit-Typen, die zwar einen prägenden aber dennoch nur einen untergeordneten Einfluß auf den Gesamtcharakter haben, und
- c) Singular-Typen, die mehr oder weniger zufällig und daher ohne nennenswerten Einfluß sind.

Für die inhaltliche Kennzeichnung der einzelnen Einheiten und des aus ihnen aufgebauten Landschafts-Raumes, dessen Gesamtcharakter die Einstufung der rangniedereren Einheiten in entsprechende Rangstufen bestimmt, müssen eine Reihe von Merkmalen und Prozessen herangezogen werden. Diese müssen in einem angemessenen Verhältnis einerseits zu den Ziel-Vorstellungen und andererseits zu der inhaltlichen Heterogenität des Gesamtraumes stehen.

Allerdings müssen in dieser Untersuchung die dafür verwendeten Merkmale auf bodeneigene beschränkt bleiben.

8.1 ZUR BEDEUTUNG BODENKUNDLICHER AUSSAGEN FOR AREAL-GLIEDERUNGEN UND LANDSCHAFTSPLANUNG

Um eine möglichst optimale Gliederung und Planung durchführen zu können, ist eine intensive Abstimmung zwischen der Landesnatur und den anthropogenen Nutzungsansprüchen notwendig. Da nun die Faktoren und Bedingungen, die die Ausprägung der Landesnatur determinieren und für ihre Bestimmung herangezogen werden müssen, oft auch schon bei enger räumlicher Nachbarschaft sehr stark voneinander abweichen, ist es notwendig, für den Zweck der Planung sehr großmaßstäbig zu arbeiten. Für eine kartenmäßige Aufnahme der Landesnatur kann es also notwendig werden, sehr kleine Einheiten auszuscheiden, um der kleinräumigen Verteilung der Faktoren, die die Landesnatur bedingen, gerecht zu werden.

Auf dieser Ebene kommt es also zur Ausscheidung von "Ökotope", die durch ein gleichsinniges Wirkungs- und Funktionsgefüge definiert und gekennzeichnet werden und damit voneinander abgrenzbar sind (ELLENBERG,27). Aber noch ist die Darstellung solcher Wirkungs- und Funktionsgefüge nicht vollständig gelungen (BIERHALS et al. ,12). Denn bisher haben alle Bearbeiter, die sich mit der Ausgrenzung von Ökotope befaßt haben, jeweils nach ihrer Interessenlage und Untersuchungsmethodik ein oder mehrere Kriterien zur Ausgrenzung von Ökotope verwendet (u.a. KÖLLNER,54 , KLINK,50, 51, DIERSCHKE,23 , SCHREIBER,86 , 87, DÖRR ,25, WEDECK,102).

Oft ist es dabei gelungen, topische Einheiten gleichen oder ähnlichen Wirkungsgefüges abzugrenzen, aber diese Einheiten sind keine Abbildungen der Wirkungs- und Funktionsgefüge selbst und ihrer gegenseitigen Interdependenzen (SCHREIBER ,87), sondern mehr oder weniger zufällig.

So können die ausgegrenzten Einheiten im eigentlichen Sinne nur als z.B. Klimatope, Phytotope oder Pedotope bezeichnet werden.

In diesem Zusammenhang kann für die Bodenverhältnisse davon ausgegangen werden, daß einerseits die Verteilung der Böden das kleinräumigste Mosaik von auszugrenzenden "Topen" kennzeichnet und andererseits die Bedeutung des Bodens als Transformations- und Filterkörper stofflicher Umsetzungen seine herausragende Bedeutung für die räumliche Abgrenzung annähernd homogener Wirkungs- und Funktionsgefüge (Ökotope) bedingt.

Es reicht allerdings nicht aus, für eine Arealgliederung unter ökologischen Gesichtspunkten (d.h. die Ausgrenzung von Ökotope) ausschließlich die Bodenverhältnisse zu untersuchen.

Denn auch der Boden hat nur eine Indikatorfunktion, wenn auch für ökologische Arealgliederungen eine besonders ausgeprägte. Mit dergleichen Berechtigung, wie in diesem Fall die Bodenkunde, kann auch jede andere Wissenschaft, die sich

mit der Erforschung eines Partial-Komplexes der naturräumlichen Umwelt befaßt, für sich in Anspruch nehmen, die entscheidenden Kriterien für eine Grenzziehung zwischen ökologischen Raumeinheiten zu liefern (SCHAFFER, 76, SCHAFFER und SCHULZ, 77).

Zwischen Planungspraxis und bodenkundlicher Kartierung besteht nun aber eine Divergenz. Während Planung immer ein speziell zweckgerichtetes Handeln beinhaltet, ist bodenkundliche Kartierung nur im übergreifenden Sinne zweckgerichtet, d.h. in erster Linie ist sie eine wissenschaftliche Kartierung, und erst in zweiter Linie kann sie Angaben enthalten, die zwar einerseits für die Planungspraxis relevant sein können aber andererseits auch die übrigen Anwendungsbereiche einer Bodenkarte mitberücksichtigen muß. Allerdings gibt es bis heute noch keine Auflistung der Anforderungen, die die Planung von einer Bodenkarte erfüllt erwartet.

Um Planungszwecken gerecht werden zu können, kann sich die bodenkundliche Aufnahmepraxis deshalb nicht allein darauf beschränken, fachwissenschaftliches Material aufzunehmen, das in vielen Fällen nur für land- und forstwirtschaftliche Fachplanungen von Bedeutung ist, sondern muß auch die zusätzlichen Anforderungen der Raumordnungspolitik in ihre Aufnahmepraxis integrieren. So können hier z.B. die Anforderungen berücksichtigt werden, die sich aus dem in jüngster Zeit diskutierten Modell des "Konzeptes der Vorranggebiete" (ISBARY et al., 46, LOWINSKI, 57, BRÜSSE, 17, GRAF, 38) ergeben. Dieses Modell, das "als Versuch der Raumordnung gewertet werden kann, den gesteigerten Anforderungen an die Effektivität der räumlichen Koordination aufgrund tendenziell steigender Benutzungsansprüche der Massenkonsumgesellschaft zu genügen" (GRAF, 38), verlangt: Die bodenkundliche Aufnahme soll, soweit es ihr Forschungsgegenstand erlaubt, Aussagen darüber machen, wie ein Boden aufgrund seiner Beschaffenheit hinsichtlich seiner Schutzfunktion gegenüber Umweltschäden und seiner Empfindlichkeit gegenüber umweltbedingten Beeinträchtigungen einzustufen ist.

Die Aufgabe der Bodenkunde innerhalb der Raumordnung und der Raumplanung besteht somit darin, die Minimumfaktoren des Bodens zu quantifizieren, d.h., soweit möglich, quantitative Angaben über seine maximale Belastungsfähigkeit durch raumwirksame Nutzungen zu machen.

Dies führt zwangsläufig wieder zu den schon oben angeführten Schwierigkeiten gegenüber der Planungspraxis. Somit muß die Funktion der bodenkundlichen Fachkartierung auch darin gesehen werden, zweckentsprechende Aussagen darüber zu machen, wie das kleinräumige Mosaik der Bodeneinheiten zu größeren den Planungszwecken entsprechenden Arealen aggregiert werden kann.

Die kartenmäßige Darstellung der auszugrenzenden Bodeneinheiten darf sich somit nicht nur auf die Verwendung der für die Bodenkunde als Wissenschaft be-

deutlichen Abgrenzungskriterien beschränken, sondern sollte auch aus anderen Wissenschafts-Disziplinen Kriterien miteinbeziehen, die eine spezielle Anfälligkeit eines Bodenareals gegen eine bestimmte Nutzung erkennen lassen.

8.2 ZUR AREALGLIEDERUNG IM UNTERSUCHUNGSGBIET

Diese Überlegungen führen dazu, daß eine auf bodenkundliche Kriterien aufgebaute Arealgliederung bzw. Standortkartierung im eigentlichen Sinne keine ökologische Gliederung sein kann, da verschiedene andere Kriterien nicht mitberücksichtigt werden können. Dieses zwingt nun dazu, die Ausgliederung nach Dominanzmerkmalen durchzuführen. Zur Problematik der Ausscheidung von homogenen Arealen nach Dominanzmerkmalen nehme man auf FINKE (29) Bezug. Bedacht werden muß dabei auch, daß die Auswahl der Dominanzmerkmale dem jeweils gewählten Maßstab angepaßt wird, und auch abhängig vom jeweiligen Zweck der Kartierung sein muß.

Der dominierende Faktor der Arealgliederung, die mit dieser Untersuchung geschaffen werden soll, ist das Nutzungspotential des jeweiligen Areals, das eine begründete Entscheidung über eine optimale Nutzungsfunktion ermöglichen kann. Allerdings können von der Anlage der Arbeit her ökonomische Faktoren, wenn überhaupt, nur qualitativ eingehen.

Das "Nutzungspotential" eines Standortes oder eines Areals setzt sich aus vielen Einzelpotentialen zusammen, von denen zwangsläufig die Minimumpotentiale eine stärkere Gewichtung erfahren als die ausreichend großen Potentiale. Für jeden Standort gibt es deshalb eine charakteristische Potentialkombination und -abstufung. Es darf hierbei nicht nur an das Potential für land- und forstwirtschaftliche Nutzung gedacht werden, sondern es muß auch das Potential eines Areals im Hinblick auf seine allgemeine Bedeutung für den Haushalt eines größeren Gebietes oder einer Region berücksichtigt werden. Dieses bedeutet z.B., daß Flächen, die ein hohes Potential ausschließlich für Weidenutzung haben, aufgeforstet werden sollten, da dieses den Wasserhaushalt oder den Erholungswert eines Gebietes verbessern kann, oder daß Areale mit geringem landwirtschaftlichem Potential doch landwirtschaftlich genutzt werden sollten, da Areale mit höherem Potential für eine solche Nutzung nur unter Schwierigkeiten erreichbar sind und deswegen einer waldbaulichen Nutzung zugeführt werden müßten.

Für den hier gewählten Maßstab (1:25 000) ergeben sich aufgrund des vorliegenden Materials neben den Boden-Verhältnissen als weitere dominante Abgrenzungskriterien die Vegetation und das Relief.

8.3 BESCHREIBUNG DER AREALTYPEN IM GESAMT-UNTERSUCHUNGSGBIET

I. Taleinschnitte der Leine und ihrer seitlichen Zuflüsse

In dieser Gruppe müssen zwei ökologisch verschieden zu beurteilende Untergruppen unterschieden werden:

- a) die tiefgründigen Auenlehme des Leinetals und der Unterläufe der seitlichen Zuflüsse und
- b) die flachgründigen Talböden der Mittel- und Oberläufe der seitlichen Zuflüsse.

zu a:

Hierbei handelt es sich im wesentlichen um tiefgründige Akkumulationen von Schwemmlehm, entstanden aus Löß und Lösungsrückständen der anstehenden Gesteine, die während des Pleistozäns und des Holozäns aus Aufschüttungen der Gewässer entstanden sind. Die gebildeten Böden sind in der Regel an den trockeneren Standorten Parabraunerden und an den feuchteren Relikt-Feuchtschwarzerden, in örtlichen Erosionslagen haben sich auch nur Pararendzinen bilden können. Die potentielle Vegetation wird in Abhängigkeit von unterschiedlichen Feuchtegraden von mehreren Varianten des Querco-Carpinetum gebildet. Soweit diese Flächen nicht aufgrund ihrer Lagegunst bevorzugte Siedlungsstandorte sind, werden sie ackerbaulich genutzt, in feuchteren Lagen auch als Dauer-Grünland.

Im Hinblick auf ihr hohes Potential für eine agrarische Nutzung sollten sie dieser vorbehalten bleiben; ein Verbauen durch Siedlungsflächen oder Straßen sollte auf das notwendige Mindestmaß beschränkt bleiben.

zu b:

Auf den flachgründigen Alluvionen der Ober- und Mittelläufe der seitlichen Zuflüsse der Leine haben sich nur Rendzinen und Pararendzinen entwickeln können. Hier liegen die Siedlungsstandorte der mittelalterlichen Ausbauperiode, die schon im Zuge der mittelalterlichen Agrarkrise Wüstungen geworden sind. Von Natur aus sind diese Standorte ebenfalls mit einem Querco-Carpinetum besetzt, werden aber heute durch eine Variante des Melico-Fagetum genutzt.

Hier sollte diese Nutzung beibehalten werden, da sie zur Verlangsamung des Abflußverhaltens der Zuflüsse beiträgt.

II. Flächen des mo 2

Nur in Residuen treten bodenbildend die Ceratitenkalke (Tonplatten) des

oberen Muschelkalks im Untersuchungsgebiet auf. Sie sind hier nur aufgrund der Tatsache erhalten geblieben, daß sie an tektonisch stark beanspruchten Stellen in den unterlagernden Trochitenkalk eingesenkt wurden, und so vor der oberflächlichen Erosion geschützt blieben. Durch diese Einsenkung bilden sie an vielen Stellen flache Mulden, die im Pleistozän/Holozän mit Löß bzw. erodiertem Kalkstein-Lösungsrückstand gefüllt worden sind. Dies führt dazu, daß im Bereich der Tonplatten ein breites bodentypologisches Spektrum zu finden ist. Es reicht von Kalkstein-Braunlehmen -infolge der Weichheit und geringen Verwitterungsstabilität der Gesteine sind die Ceratitenkalke tiefgründig verwittert- aus fast reinem Kalkstein-Lösungsrückstand bis zu Parabraunerden aus fast reinem Löß. Die unterschiedliche Bodenentwicklung läßt sich aufgrund der im ganzen Bereich anzutreffenden Vernässung durch Stauwasser zu einer einheitlichen Bodenlandschaft zusammenfassen. Ursache für diese periodische Vernässung ist die dichtlagernde Verwitterungsschicht des in etwa 80-100 cm Tiefe anstehenden Ceratitenkalks.

Genutzt werden diese Flächen, soweit sie nicht bebaut sind, in der Regel durch Dauergrünland, in einigen Fällen auch durch Wald.

Für eine künftige Nutzung wird die Aufforstung wesentlicher Flächenanteile vorgeschlagen, um einerseits "die Initialstadien von Abflußkonzentrationen" (ROTHER, 72) an der Oberfläche zu verhindern und um andererseits durch tieferwurzelnde Waldvegetation eine Auflockerung des Untergrundes und damit eine günstigere Passierbarkeit für Sickerwasser zu erreichen. Die durch die Waldvegetation erhöhte Verdunstung dürfte eine Verlangsamung und Verringerung des Oberflächenabflusses bewirken. Um allerdings den Erholungswert und den jetzigen Charakter dieser exponierten Flächen zu erhalten, sollten geeignete Flächenstücke von der Aufforstung ausgenommen werden.

III. Flächen im mo 1

Die Trochitenkalke des oberen Muschelkalks treten im Bereich des Untersuchungsgebietes flächenbildend auf. Infolge ihrer Widerständigkeit gegen die Verwitterung bilden sie morphologisch exponierte Flächen aus. Eine weitere Folge ihrer geringen Anfälligkeit gegen eine chemische Verwitterung ist eine nur geringe Neigung zur Bildung tief und differenziert ausgebildeter Böden. In diesem Bereich herrschen flachgründige Rendzinen vor, die gelegentlich eine geringe Tendenz zur Verbraunung zeigen. Kleinflächig haben sich auch in Akkumulationslagen stärker differenzierte Profile ausbilden können; hier läßt sich dann deutlich ein mehr oder weniger großer Löß-Anteil nachweisen.

Im Gegensatz zu den Ceratitenkalcken zeigen die Trochitenkalke eine Tendenz zur Ausbildung von Karsterscheinungen, die morphologisch aber nur dann in Er-

Tabelle Nr. 17:
Arealgliederung

Einheit	Signatur	Substrat	Bodentypen (oft Toposequenzen)	aktuelle Nutzung	potentielle Nutzung
Taleinschnitte der Leine und ihrer Nebengerinne (heute z.T. Trockenbetten)		ältere u. jüngere Schwemmlerakkumulation, aus Löß u. Kalksteinlösungsrückstand	Auenlehme, Parabraunerde, Pararendzina	bei Flachgründigkeit der Böden und in den Talanfängen Wald, sonst landwirtschaftl. Nutzung	bei flachgründigen Böden Wald, sonst landwirtschaftliche Nutzung
Flächen des mo 2		Kalksteinlösungsrückstand des mo 2, oft mit Lößbeimengung bzw. -überdeckung	Pseudogley-Rendzina bis Pseudogley-Kalksteinbraunlehm, Braunstagnogley	wegen Vernässung Grünlandnutzung, Wald	Grünland, Wald in verstärktem Umfang zur Vermeidung von Oberflächenabfluß
Flächen des mo 1 (und weniger dicht gelagerte Böden auf mo 2)		Kalksteinlösungsrückstand des mo 1 (bzw. mo 2) mit Lößanteil (in Dolinen und Erdfällen bis über 1 m Löß)	Rendzina bis Rendzina-Braunlehm, Parabraunerde	Ackerbau, verbuschte Sozialbrache, Wald	Ackerbau, Niederwald
Hänge des mo 1		Kalksteinlösungsrückstand des mo 1 mit Lößbeimengung	Protorendzina bis Rendzina	verbuschte Sozialbrache (Obstbaumbestände)	Niederwald mit Weißdorn etc. wegen Erosionsgefährdung
Flachhänge des mm		Kalksteinlösungsrückstand des mm, mit Beimengung von mo aus pleistozänen Schuttdecken, geringe Lößbeimengung, in Windschattenlagen Lößüberdeckung	Parabraunerde, Mullrendzina bis Kalkpelosol	Ackerbau, in ortsfernen Lagen Wald	Wald, Ackerbau

Hänge des mu 2 und mu 1		Kalksteinlösungsrückstand von mu 2 und mu 1, Lößbeimengung, in günstigen Flachlagen Akkumulation zu mächtigeren Bodendecken	Protorendzina bis Rendzina	Wald	Wald (Erosionsschutz)
Flächen des mu 2		Kalksteinlösungsrückstand des mu 2, Lößbeimengung in unterschiedlichem Ausmaß	Rendzina bis Braunlehmrendzina	Wald	Wald (in günstigen Lagen Ackerbau bzw. Grünlandnutzung)
Flachhänge des Röt (so)		Tone des Röt, oft mit zu den Tiefenlinien hin ausdünnender Oberdeckung von Muschelkalk-Erosionsmaterial	Pelosoil, oft mit Oberdeckung von erodiertem Kalksteinverwitterungsmaterial	Ackerbau	Ackerbau, in ungünstigen Lagen Wald
Flächen und Flachhänge des mu und k		Kalksteinlösungsrückstand bzw. Keuper-Tone mit Oberdeckung von Kalkstein-Erosionsmaterial	Protorendzina bis Rendzina, Akkumulation in Hanglagen	Wald	Wald (Erosionsschutz)



Abb.14: Gliederung des Untersuchungs-Gebietes

scheinung treten, wenn aus dem liegenden mittleren Muschelkalk in größeren Mengen Gips ausgewaschen wurde, so daß die hangenden Trochitenkalke nachstürzen konnten. Deshalb ist es in diesem Bereich nicht zur Ausbildung von Erosionsrinnen gekommen, sondern zur Bildung von Einsturzdolinen, die häufig örtliche Erosionsbasen bilden. Diese Dolinen sind dann mit Fremdmaterial verfüllt worden, das Mächtigkeiten von mehr als einem Meter erreicht. Hier haben sich Parabraunerden gebildet.

Diese Flächen sind für den Ackerbau die eigentlichen Problemflächen im Untersuchungsgebiet. Aufgrund ihrer geringen Hangneigung und der durchaus gegebenen natürlichen Nutzungskapazität der Böden sind sie noch für den Ackerbau geeignet. Infolge ihrer nur geringen Entwicklungstiefe aber und der damit verbundenen relativ geringen Menge an Tonsubstanz ist die Neigung zum Humusabbau recht groß. Der Humus aber bildet in diesen Böden die Basis für die Wasser- und Nährstoff-Vermittlung. Die geringe Anhäufung von Verwitterungsmaterial bedingt nur eine so geringe Wasserkapazität, daß die Wasserversorgung für eine durchschnittliche Vegetationsperiode nicht ausreichend ist. Diese Bedingungen sind auch die begrenzenden Faktoren für die Anlage eines funktionsfähigen Wirtschaftswaldes.

Diese Flächen eignen sich bei Dauernutzung nur für einen extensiven Ackerbau oder für intensive Wiesenutzung. Um den Erholungswert und den Charakter dieses Landschaftsteiles zu erhalten, sollten sie aber von Wald freigehalten werden.

IV. Hänge des mo 1

Der Trochitenkalk bildet nicht nur eine Stufenfläche innerhalb des Göttinger Waldes sondern auch Stufenstirnen- und -hänge.

Aufgrund der großen Hangneigung sind diese Standorte schon immer durch Erosion stark gefährdet gewesen. So konnten sich infolge des dauernden Abtrages nur Syrosem-Rendzinen und Protorendzinen entwickeln; an einigen Stellen hat sich auch noch etwas Löß gehalten.

Diese Flächen sind weder durch Ackerbau noch durch Grünland wirtschaftlich zu nutzen. So wurden sie entweder als Standorte für Niederwald-Nutzung verwendet oder als extensive Obstbaum-Kulturen. Aber hier an den Hängen ist in noch größerem Maße als auf den Flächen der Mangel an Wasser und Humus-Substanz der begrenzende Faktor. Deshalb werden diese Flächen heute nicht mehr genutzt und fallen der Brache anheim. Es haben sich die typischen Sukzessionen mit Rosengewächsen entwickelt, die sich im Verlauf einiger Zeit wieder zur potentiellen natürlichen Vegetation, einem *Quercocarpinetum primuletosum* an den sonenseitigen Hängen und einem *Fagetum elymetosum* an den schattseitigen Hängen, entwickeln werden. Im Augenblick aber hat die Oberwachsung durch die ungesteuerte Sukzession die ungünstige Folge, daß der Boden-

bewuchs abstirbt und das lockere Material der flachgründigen Böden der Erosion ausgesetzt ist, die hier nun in verstärktem Maße eingreift.

Als zukünftige Nutzung ist hier eine gesteuerte Sukzession anzustreben, die einerseits eine Zerstörung des Bodenbewuchses und andererseits ein Oberhandnehmen der Busch-Sukzession verhindert, sowohl in der Dichte als auch in der Höhe. Es ist dabei auf ständige Bodenbedeckung zu achten, da sonst die Gefährdung dieser Standorte durch Ausblasung, Verhagerung und Erosion beträchtlich ist.

V. Flachhänge des mm

Innerhalb des Untersuchungsgebietes werden die mäßig geneigten Hänge in der Regel von den weichen und leicht verwitterbaren Kalkmergeln des mittleren Muschelkalks gebildet. Die geringe Verwitterungsbeständigkeit führte dazu, daß sich tiefgründige Gesteinszersatz-Horizonte ausbilden konnten. Die hohen Ton- und Feinschluff-Gehalte bedingen aber die Neigung zur Dichtlagerung der Böden, die zwar noch keine aktuelle Vernässung des Bodens bewirkt, aber zu sehr schweren Böden (Pelosolen) führte, die für einen erwerbsmäßigen Ackerbau nicht unproblematisch sind.

In den oberen Hangteilen verbessert sich die Bodenstruktur durch Beimengung von Solifluktionsmaterial des oberen Muschelkalks bzw. von Löß; diese zusätzliche Fremdmaterialbeimengung kann in günstigen Windschatten-Lagen so weit gehen, daß sich dort Parabraunerden entwickeln konnten.

Aufgrund ihrer mäßigen Hangneigung und ihrer ausreichenden Wasserkapazität sind diese Hänge ausgesprochene Ackerbauflächen. Sie wurden schon im Mittelalter weit verbreitet als Ackerflächen genutzt. Dies ließ sich an tiefgründigen Hortisolen, die bei der Kartierung auf ehemaligen Weinbau-Flächen südwestlich von Herberhausen gefunden wurden, zeigen.

Die natürliche potentielle Vegetation dieser Hang-Standorte, ein *Quercus-Carpinetum primuletosum*, ist heute nur noch an wenigen Standorten anzutreffen; an seine Stelle ist in ortsfernen Lagen ein Misch-Wirtschaftswald mit Buche und Fichte getreten. Ansonsten werden diese Flächen bevorzugt von den wenigen landwirtschaftlichen Vollerwerbsbetrieben im Untersuchungsgebiet genutzt.

Diese Flächennutzungsverteilung sollte auch beibehalten werden.

VI. Hänge des mu 2

Steilhänge werden im Untersuchungsgebiet nicht nur von Trochitenkalken sondern auch von den harten Werkstein-Bänken im Wellenkalk des unteren Muschelkalks gebildet.

Dabei haben sich zwei unterschiedliche Formen herausgebildet, die von der jeweiligen Position der ausstreichenden hangbildenden harten Wellenkalk-Schicht im Gelände bestimmt werden.

Wenn die Fließ-Gewässer die harten Wellenkalk-Bänke noch nicht durchschnitten haben, sind die Eintiefungen in das Kalkgestein noch nicht sehr tief. Hier haben die Hänge deswegen nur eine geringe Höhe und sind von einer geringmächtigen Bodendecke verhüllt, die eine Nutzung als Grünland ermöglicht.

Wenn dagegen der untere Muschelkalk durchschnitten ist, und die Erosionsbasis im Röt (oberer Buntsandstein) liegt, verändert sich der Abtragungsmechanismus. Durch die eintretenden Massenverlagerungen am Stufenhang bildet sich ein stark wechselndes Mosaik von steilen Hangpartien ohne Bodenbildung und von Partien mit ausgeglichenem Hanggefälle infolge abgerutschter Muschelkalk-Schollen. Sie ermöglichen durch die Anhäufung von leicht verwitterbarem Schutt die Bildung von flachgründigen Rendzinen. Die steilen Hänge sind in der Regel vegetationsfrei, wenn es nicht einzelnen Bäumen, im allgemeinen Buche, Esche, Bergahorn und Bergulme, gelingt, in Spalten und Klüften Halt zu finden. Dagegen sind die Partien mit ausgeglichenem Hang von Hochwaldbeständen bewachsen.

Für eine künftige Nutzung ist diese Vegetationsverteilung auch die geeignetste, wobei allerdings bei den flachen Hängen darauf zu achten ist, daß der Bodenbewuchs nicht zerstört wird, um auch hier eine Erosion bis auf den anstehenden Kalkstein zu vermeiden.

VII. Flächen des mu 2

Etwa 50 % der Fläche des Untersuchungsgebietes nehmen die Flächen ein, die vom unteren Muschelkalk gebildet werden. In Abhängigkeit von den harten Werksteinbänken sind hier Stufenflächen ausgebildet.

Auf den harten, teilweise verkieselten Kalksteinen hat sich nur eine geringmächtige Bodendecke bilden können. Trotz des sehr hohen Tongehaltes verfügen diese Böden über eine gute Struktur, die eine hohe Versickerungsrate des Niederschlagswassers gewährleistet. Aber aufgrund der geringen Mächtigkeit der Bodenbildungen ist die Wasserkapazität auch hier für eine ganze Vegetationsperiode nicht ausreichend. So sind diese Böden für eine agrarische Nutzung nicht sicher genug. Dieses bedingt neben der oft ortsfernen Lage eine fast ausschließliche Hochwaldnutzung. Die Qualität der Böden wird vielfach durch Lößbeimengungen gefördert. Für künftige Nutzungen sollte die Hochwaldnutzung mit Laubhölzern beibehalten werden, damit die Funktion dieses Landschaftsteiles als stadtnahes Naherholungsgebiet erhalten bleibt.

VIII. Flachhänge des Röt

An den Stufenhang des unteren Muschelkalks schließen sich im Norden und Osten des Untersuchungsgebietes die Flachhänge der Ausräumzone des Röt an. Die Bodenbildungen erfolgten im anstehenden Tonstein des Röt. Er ist von Schuttdecken aus Muschelkalk-Material bedeckt, deren Mächtigkeit zu den Tiefenlinien hin abnimmt. Diese Areale sind spätestens in der mittelalterlichen Rodungsperiode besiedelt gewesen. Bis heute hat sich die agrarische Nutzung durch Vollerwerbsbetriebe gehalten, obwohl auch hier deren Gesamtzahl zurückgegangen ist. Die Böden, denen kein Muschelkalkmaterial beigemischt ist, sind aufgrund des hohen Tongehaltes in feuchteren Jahren durch Übernässung und in trockeneren durch geringe nutzbare Wasserkapazität in ihrem Leistungsvermögen eingeschränkt.

IX. Flächen und Flachmulden des Keupers

Kleinflächig haben sich auf dem oberen Muschelkalk östlich von Geismar noch einige geringe Reste von Keuper-Schichten erhalten. Auf diesen tonreichen Mergeln haben sich tiefgründige Böden ausbilden können, die in der Regel Ver-nässungserscheinungen aufweisen. Infolge ihrer geringen Ausdehnung und inselartigen Lage werden sie forstwirtschaftlich genutzt.

8.4 AREAL-GLIEDERUNG IM REPRÄSENTATIV-UNTERSUCHUNGS-GEBIET

Wie schon oben ausgeführt ist die Gliederung eines Raumes in großem Maße maßstabsabhängig. Je größer der verwendete Maßstab ist, desto umfangreicher kann die Anzahl der für die Ausgrenzung verwendeten Parameter sein und desto differenzierter kann der Ausprägungsgrad der Parameter sein. Hierbei erfolgt auch in den großen Maßstäben, analog zu den Verhältnissen in den kleinen (vergl. 7.2), eine Ausgrenzung entweder nach Dominanzmerkmalen oder nach der Vielzahl der bestimmten Parameter in ihrer jeweiligen räumlichen Variabilität. Dieses Verfahren ist aber nur solange zulässig, solange es nicht gelingt, die Parameter und ihre gegenseitigen Interdependenzen in einen Systemzusammenhang zu bringen. Wenn es gelungen sein sollte, ein solches System zu erstellen, wird die Ausgrenzung nach einem oder mehreren Parametern bzw. Parameter-Ausprägungen unzulässig. Dann nämlich muß nach dem unterschiedlichen Grad der System-Ähnlichkeit differenziert werden.

Bei dem heutigen Stand der Wissenschaft ist es aber noch notwendig, die Vielzahl von Einzelbeobachtungen zur Ausgrenzung von "Ökotypen" bzw. "Ökotyp-Gefügen" zu verwenden und zusammenzufassen.

Dabei geht dieser Zusammenfassung ein Homogenisierungsprozeß voraus, der in den jeweils relevanten Dimensionen gewisse Abweichungen von und Streuungen um den idealen Definitionsinhalt vernachlässigt (BARTELS, 7). Im Verlauf dieses Homogenisierungsprozesses läßt es sich nicht vermeiden, daß es zur Herausstellung einer gewissen typischen Ausprägung eines Areals kommt, etwa des Durchschnittes oder eines anderen mittleren, häufigsten oder idealen Wertes oder einer bestimmten Kombination von Beobachtungen, die als repräsentativ auch für alle anderen Einzelbeobachtungen angesehen werden.

Für den Bereich des Repräsentativ-Untersuchungs-Gebietes konnten so neben den für die Gliederung des gesamten Untersuchungs-Gebietes verwendeten Dominanz-Faktoren Relief, geologisches Ausgangssubstrat, Vegetation und Bodenverhältnisse in weitestem Sinne noch zusätzlich die Mächtigkeit des Solums, eine speziellere Ausprägung des Ausgangssubstrates und differenziertere Feuchtestufen als Ausgrenzungskriterien verwendet werden.

Diese Areal-Ausgrenzung ist in Abb. 15 dargestellt. Die Anmerkungen zu den einzelnen Arealen in der Legende mögen hier zur Begründung der Ausgrenzung genügen. Die Kleinräumigkeit der Areale gestattet für Planungen, die einen größeren Bereich umfassen, keine relevanten Aussagen. Sie ist damit in diesem Maßstab nur geeignet, um mehr oder weniger parzellenscharfe Nutzungs-Vorschläge zu machen. Dieses war aber hier nicht angestrebt.

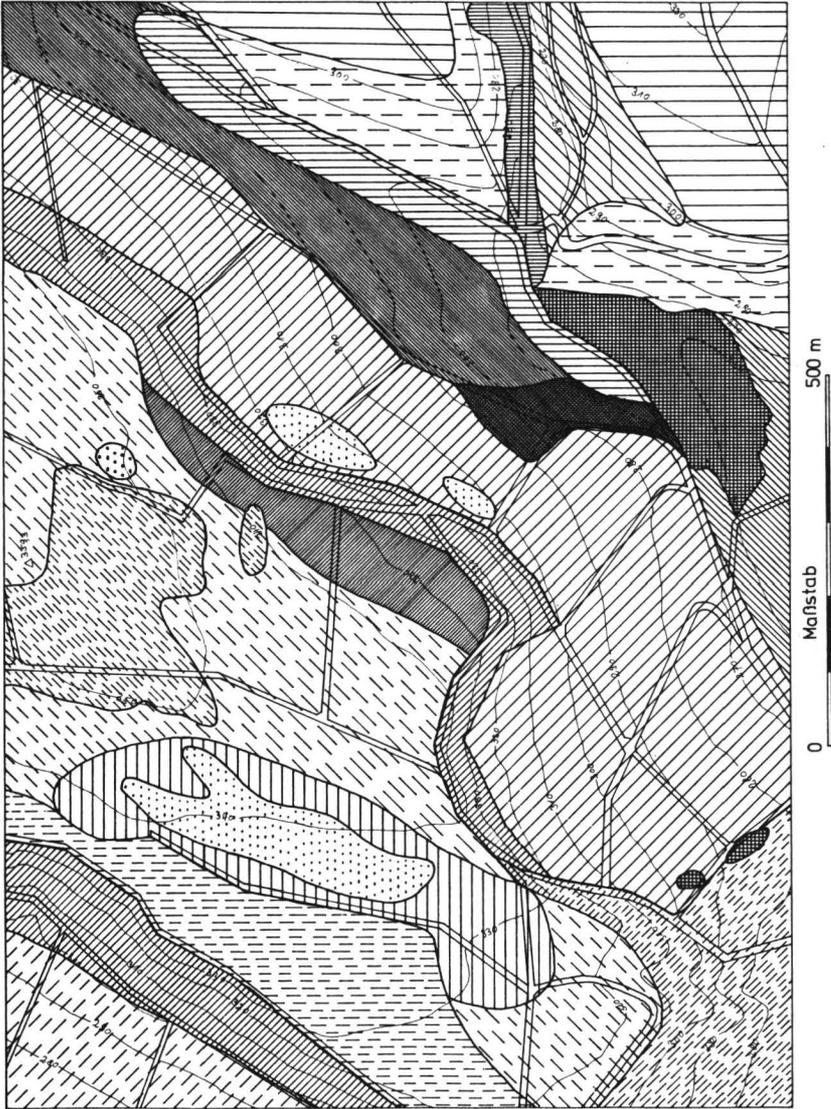


Abb. 15: Gliederung des Repräsentativ-Untersuchungs-Gebietes

Abb. 15 : DIE STANDORTE IM ENGEREN UNTERSUCHUNGSBEREICH



Flächen ohne oder mit nur geringer Neigung im mu, flachgründige Bodenbildungen



Feinmaterial-Akkumulationsbereich im Talgrund, tiefgründige Böden



Talbereich mit geringer Feinmaterial-Akkumulation, beidseitig von steilen Hängen begrenzt



stärker geneigte Hänge im mu mit harten Kalken im Untergrund, ohne deutliche Fremdmaterial-Beimengung, mit gering-mächtiger zum Hangfuß hin mächtiger werdenden Bodenbildung



stärker geneigte Hänge im mu, mit makroskopisch nachweisbarer Fremdmaterial-Beimengung



Akkumulationsbereich der Lutter



relativ flachgründige Standorte in Unterhangposition, geringe Fremdmaterial-Beimengung, harte Kalke im Untergrund



Steilhang-Bereich, flachgründig, mit harten plattigen Kalken im Untergrund



mäßig geneigter Hang, weiche Mergel des mm, teilweise mit Fremdmaterial-Beimengung



Steilhang des Trochitenkalks, stellenweise mit geringer Fremdmaterial-Beimengung, flachgründig



mäßig geneigter Hang im Trochitenkalk, mit Fremdmaterial-Beimengung, mittlere Bodenentwicklungstiefe



Flächen und Flachhänge des mo, mittlere Bodenentwicklungstiefe, stellenweise mächtigere Fremdmaterial-Überdeckung



Flächen und Flachhänge des mo, ohne Fremdmaterial-Beimengung, geringe Bodenentwicklungstiefe



Flächen im mo, teilweise mit geringer Fremdmaterial-Beeinflussung, mittlere Bodenentwicklungstiefe



Flachhänge des mm, mittlere Bodenentwicklungstiefe



mäßig geneigte Hänge in mm und mo, stark zertalt, flachgründige und feuchte Standorte



sehr gering geneigte Flächen im mo 2, Fremdmaterial-Überdeckung in mittlerer Mächtigkeit, auf Grund des hohen Tongehaltes etwas vernäbte Standorte



tiefgründige Fremdmaterial-Akkumulation, etwas vernäbt



anthropogene Schüttungen als künstlich hergerichteter Standort

9 ZUSAMMENFASSUNG

1.) Zur Durchführung von Landschaftsplanungen sind neben der Kenntnis der sozioökonomischen Daten auch die ökologischen Grunddaten notwendig. Für die Beurteilung der ökologischen Situation ist die Kenntnis des Landschaftshaushaltes erforderlich. Diese darf sich aber nicht auf die haushaltsmäßige Erfassung der gegenwärtigen Nutzungsareale beschränken, sondern muß vielmehr die möglichen positiven und negativen Veränderungen des Standortshaushaltes aufzeigen, die eintreten, wenn die Nutzungsform geändert wird.

An einem Gebiet des "Göttinger Waldes" sollten die ökologischen Daten unter besonderer Berücksichtigung der pedologischen Verhältnisse ermittelt werden, um Aussagen zu den dort bestehenden Interessenkonflikten zu machen: Sozialbrache, Erosion, Wassernutzung, städtische Besiedlung, Naherholung.

2.) Die natürlichen physiographischen Bedingungen und Voraussetzungen des Untersuchungsgebietes wurden hinsichtlich Geologie, Hydrologie, Vegetation, Klima und Boden dargestellt.

3.) An einem kleineren ausgewählten Abschnitt, der alle möglichen Variabilitäten des Untersuchungsgebietes weitgehend in sich einschloß, wurden Daten über die pedologischen Verhältnisse gewonnen. So war es möglich, genauere Aussagen über die Verbreitungsareale der pleistozänen Deckschichten und der Verbreitung und Mächtigkeit des auflagernden Lösses zu machen.

4.) Aus diesem repräsentativen Untersuchungsgebiet wurden typische Böden für genauere Analysen ausgesucht. Es handelte sich dabei um 17 Böden, die die Mannigfaltigkeit der Bildungsbedingungen in diesem Gebiet aufzeigen. Die für die Darstellung der bodengenetischen und -ökologischen Situation erforderlichen Untersuchungs-Methoden wurden übersichtsmäßig dargestellt.

5.) Ergebnisse der bodenkundlichen Untersuchungen: Die Böden des repräsentativen Untersuchungsgebietes sind nach den Befunden der Mineralanalysen in ihrer mineralischen Substanz aus unterschiedlichen Mischungsanteilen von Verwitterungsresiduen der Kalkgesteine und von Löß gebildet.

Die Mineralarten-Zusammensetzung der Kalke ist innerhalb der verschiedenen Stufen des Muschelkalks recht ähnlich. Untereinander unterscheiden sich die Stufen jedoch, insbesondere hinsichtlich der Zusammensetzung der Phyllosilikate, deutlich. Die Berechnung der Mischungsanteile von nichtcarbonatischem Kalkstein-Lösungsrückstand und Löß zeigt, daß, mit einer Ausnahme, keiner der als Kalkstein-Verwitterungsboden angesprochenen Böden frei von mehr oder weniger großen Löß-Beimengungen ist.

6.) Die Berechnung des Ausgangszustandes der Bodenbildung am Ende des Pleisto-

zäns ergab folgendes Bild: Es existierten an der Oberfläche Schuttdecken, die sich aus Kalkstein-Detritus, Kalkstein-Lösungsrückstand und Löß zusammensetzten. Die Mächtigkeit dieser Schuttdecken hängt infolge lateraler Solifluktionsbewegungen eng mit der Morphe der Oberfläche zusammen; sie schwankt zwischen etwa 20 cm bei den heutigen flachgründigen Böden bis über 80 cm bei den heutigen mächtigeren Böden, der Durchschnitt liegt im Bereich zwischen 50 und 70 cm.

7.) Bodengenetische Teilprozesse: In den reinen Lößböden des Repräsentativgebietes sind die Bodenentwicklungs-Prozesse bis zur Tonverlagerung abgelaufen, doch hat auch hier, selbst unter Wald, die Nähe des Kalkstein-Untergrundes auf verschiedene Weise eine stärkere Versauerung mit einsetzender Al-Metabolik behindert.

Die bodengenetischen Prozesse der vorwiegend kalksteinbürtigen Böden beschränken sich dagegen auf Rückstands-Anreicherung durch fortschreitende Auflösung der Kalk-Frostschutt-Residuen, Tonbildung durch Abbau Rückstands- und lößbürtiger Glimmer und Tonumwandlung im Sinne einer graduellen Aufweitung der Illit-Komponente. Die pedochemische Freisetzung von Eisenoxiden während des Holozäns basiert in erster Linie auf der Auflösung von Kalkstein und Freisetzung des darin enthaltenen Eisencarbonats. Bereits im Laufe der kaltzeitlichen, pleistozänen Verwitterungsprozesse ist ein erheblicher Teil dieses Eisens durch lateralen Lösungstransport abgeführt worden. - Die Humusakkumulation erweist sich als ein Verteilungsphänomen. Während die absolute Humusmenge mit fortschreitender Substrat-Vertiefung zunächst unabhängig vom Kalkzustand steigt, fällt sie nach Überschreitung eines Maximums abhängig vom Kalkzustand.

8.) Die Böden lassen sich ihrem profilmorphologischen Aufbau nach zwar den Leit-Profilen der Normal-Bodenentwicklungsreihe auf Kalkstein zuordnen, weichen aber aufgrund der unterschiedlichen lithogenen Mischung ihrer Ausgangssubstrate verschieden stark in Humusgehalt, Farbe und Struktur von der Standardreihe ab. Als bodensystematischer Vorschlag wird angeregt, die bestehenden bodensystematischen Unterscheidungen von Böden auf festem Kalkgestein (Rendzina) und Böden auf kalkhaltigen Silikatgestein (Pararendzina) entweder aufzugeben oder in der Weise zu erweitern, daß das Typenspektrum der A-C-Profile durch die Unterscheidung von Typen mit festem bzw. lockerem Gesteinsuntergrund ersetzt wird.

9.) Die Zusammensetzung der Bodensubstrate aus mehreren verschiedenen Materialien verändert deutlich die ökologische Leistungsfähigkeit der Böden. Dies betrifft insbesondere das Porenvolumen und die Porenverteilung. Ökologisch ungünstig ist auf den untersuchten Standorten die mangelnde Wasserspeichermöglichkeit aufgrund der Flachgründigkeit der Böden. In Trockenphasen leidet damit auch die Nährstoff-Vermittlung an die Pflanze.

10.) Planung befaßt sich u.a. mit der räumlichen Strukturierung heterogen auf-

gebauter Landschaften. Unterökologischen Gesichtspunkten erfolgt eine solche Gliederung nach haushaltlichen Prozesstypen. Da die Erfassung der Prozesse aufgrund der Komplexität noch sehr schwierig ist, wurde eine räumliche Gliederung nach Dominanz-Merkmalen vorgenommen. Dabei zeigte sich, daß sich in Abhängigkeit vom Maßstab, in dem das untersuchte Gebiet dargestellt wird, die Wertigkeit der Dominanz-Merkmale ändert. Deswegen wurden verschiedene Gliederungen des Gesamt- und des Repräsentativ-Untersuchungsgebietes vorgestellt und hinsichtlich der Planungsaussagen diskutiert.

10 L I T E R A T U R

1. ACKERMANN, E. (1953):
Der aktive Bergrutsch südlich der Mackenröder Spitze in
geologischer Sicht
Nachr.Akad.Wiss.Göttingen, Math.Phys.Kl., Math.Phys.Chem.
Abt., Nr.3, Jg. 1953, 67-83
2. ACKERMANN, E. (1959):
Der Abtragungsmechanismus bei Massenverlagerungen an der
Wellenkalk-Schichtstufe
Z. Geomorphol., 3, 193-226 und 283-304, 23 Abb.
3. ALAILY, F.A. (1972):
Entstehung von Decklehmen auf Lias α -Schichtflächen in
Südwestdeutschland und deren Veränderung durch Bodenbil-
dung
Diss., Landw.Fak., Hohenheim
4. Arb.-Gem. Bodenkunde (1971):
Kartieranleitung
2.Aufl., 169 S., 4 Abb., 30 Tab., 1 Taf., Hannover
5. BABEL, U. (1958):
Zur Bestimmung der Eisenoxidhydrate im Boden
Diss., Landw. Fak., Göttingen
6. BARTEL, G. (1952):
Der ländliche Besitz der Stadt Göttingen
Hildesheim (= Quell.u.Darst.z.Gsch.Nieders., Bd. 52)
7. BARTELS, D. (1968):
Zur wissenschaftstheoretischen Grundlegung einer Geo-
graphie des Menschen
Reihe: Erdkundliches Wissen, Heft 19 (Beiheft der
Geographischen Zeitschrift), Wiesbaden
8. BARTH, T.F.W., C.W.CORRENS und P.ESKOLA (1939):
Die Entstehung der Gesteine
Berlin
9. BAUER, F. (1964):
Kalkabtragungsmessungen in den Östreichischen Kalkhochalpen
Erdkunde XVIII, 2, 95-102

10. BEER, H. (1977):
Oberer Buntsandstein und unterer Muschelkalk an der Ost-
seite des Göttinger Waldes zwischen Söderich und Bil-
lingshausen
unveröff. Diplomarbeit, Geologisches Institut,
Göttingen
11. BERTSCH, A. (1962):
Zum Besuch des Luttersees und Seeburger Sees
Vervielf. Exkursionsführer zum IV. internat. Symp. der
Quartärbot., Göttingen
12. BIERHALS, E., H. KIEMSTEDT und H. SCHARPF (1974):
Aufgaben und Instrumentarium ökologischer Landschaftspla-
nung
Raumforschung und Raumordnung 32, 2, 76-80
13. BLUM, W.E. (1968):
Sedimentogene und pedogene Entwicklungsmerkmale von Böden
auf Karbonatgestein - am Beispiel des südlichen Oberrhein-
grabens
Freiburger Bodenkdl. Abh., Heft 1
14. BLUME, H.-P. und H.-P. RÜPER (1977):
Der Mineralbestand als bodengenetischer Indikator
Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 25, 797-824
15. BORNKAMM, R. (1960):
Der Trespen-Halbtrockenrasen im oberen Leinegebiet
Mitt. d. Flor.-soz. Arbeitsg. N.F.8, 181-208
Stolzenau/Weser
16. BRINKMANN, R. (1966):
Abriß der Geologie, Bd.2: Historische Geologie
9., umgearbeitete Aufl., 345 S., 73 Abb., 57 Taf.,
Stuttgart
17. BRÜSSE, U. (1975):
Vorranggebiete in der Raumordnungspolitik
structure 6, 124-127
18. CHANDA, S. (1962):
Untersuchungen zur pliozänen und pleistozänen Floren- und
Vegetationsgeschichte im Leinetal und im südwestlichen Harz-
vorland (Untereichsfeld)
Geol. Jb. 79, 783-844

19. CLARK, J.S. (1964):
An examination of the pH in calcereous soils
Soil Sci. 98, 145-151
20. Definitions of Soil Units for the Soil Map of the world (1968):
World Soil Resources Office, Land and Water Development
Division, FAO, Rome, April 1968, 72 S.
21. DEPPE, A. und H. TROE (1956):
Der Göttinger Wald und seine Umgebung
Göttingen
22. DETERS, H. (1951):
Mikroklimatische Studien um Göttingen und Papenburg
Gött. Geogr. Abh. 6, 80 S., 30 Abb., 16 Tab.
23. DIERSCHKE, H. (1969):
Die naturräumliche Gliederung der Verdener Geest -Land-
schaftsökologische Untersuchungen im nordwestdeutschen Alt-
moränengebiet-
Forsch. zur deutsch. Landeskde Bd. 177
24. DUCHAUFOR, Ph. (1976):
Atlas Ecologique des Sol du Monde
178 S., 20 Taf., Paris
25. DORR, H. (1971):
Boden- und Sozialgeographie der Gemeinden um Jesteburg/
nördliche Lüneburger Heide
Hamburger Geographische Studien, Heft 26, Hamburg
26. EBER, W. (1972):
Ober das Lichtklima von Wäldern bei Göttingen und seinen
Einfluß auf die Bodenvegetation
Scr.Geobot. 3
27. ELLENBERG, H. (1973):
Ökosystemforschung
280 S. mit 101 Abb., Berlin-Heidelberg-New York
28. EHWALD, E. (1966):
Leitende Gesichtspunkte einer Systematik der Böden der
Deutschen Demokratischen Republik als Grundlage der land- und
forstwirtschaftlichen Standortkartierung
Sitzungsber.d.Dt.Akademie d. Landwirtschaftswiss. zu Berlin,
Bd. 15, H. 18, 5-55, Berlin

29. FINKE, L. (1971):
Die Verwertbarkeit der Bodenschätzungsergebnisse für die
Landschaftsökologie -dargestellt am Beispiel der Briloner
Hochfläche
Bochumer Geogr. Arb. 10, Paderborn
30. FIRBAS, F. (1949):
Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas
nördlich der Alpen, Bd. 1: Allgemeine Waldgeschichte
Jena
31. FIRBAS, F. (1954):
Zur Vegetationsgeschichte des Göttinger Gebietes
Göttinger Jb. 3, 60-64
32. FLEIGE, H. und B. MEYER (1975):
Mineralisch fixiertes Ammonium in jungpleistozänen
Sedimenten Norddeutschlands und ihren fossilen und
holozänen Böden: Ein Indikator für litho- oder pedoge-
netische Prozesse und Herkünfte?
Göttinger Bodenkdl. Ber. 34, 315-328
33. FOCHTBAUER, H. (1950):
Die nichtkarbonatischen Bestandteile des Göttinger Muschel-
kalkes mit besonderer Berücksichtigung der Mineralneubil-
dungen
Heidelb. Beitr. Miner. Petr. 2, 235-254
34. GEBHARDT, H. (1964):
Bilanzanalytische Untersuchungen zur Silikatverwitterung und
zum Stofftransport in feuchten und nassen Holozänböden aus
Löß mit besonderer Berücksichtigung der Feldspatverwitterung
Diss., Landw. Fak., Göttingen
35. GEBHARDT, H., B. MEYER und F. SCHEFFER (1966):
Zwischenschichtbelegung und Expansionsverhalten von Drei-
schicht-Tonmineralen im CaCO_3 -gepufferten Hydrogenkarbonat-
milieu kalkreicher Lockersedimentböden (Beispiel Löß)
Z. Pflanzenern., Düng., Bodenkde. 114, 90-100
36. GEBHARDT, H., B. MEYER und F. SCHEFFER (1967):
Mineralogische Schnelluntersuchung der Grobton-, Schluff-
und Feinsandfraktionen von Böden mit dem Phasenkontrastmi-
kroskop
Zeiss-Mittl. 4, H.7, 309-322

37. GLUCH, W. (1977):
Ökosystem, Biogeozönose, Geosystem -Versuch einer Begriffs-
klärung
Arch.Natursch. u. Landschaftsforsch. 17, 3, 169-180
38. GRAF, J. (1977):
Die Funktion des Konzeptes der Vorranggebiete in der Landes-
und Regionalplanung
Werkstattberichte des Fachgebietes Regional- und Landespla-
nung im Fachbereich Architektur/Raum- und Umweltplanung
der Universität Kaiserslautern
39. GRIMME, K. (1977):
Wasser- und Nährstoffversorgung von Hangbuchenwäldern auf
Kalk in der weiteren Umgebung Göttingens
Sc.Geobot. 12
40. HAGGETT, P. (1972):
Geography: A modern synthesis
New York
41. HEINRICH, H. (1977):
Oberer Buntsandstein und unterer Muschelkalk am Nordrand
des Göttinger Waldes zwischen Leinetal-Graben und Billings-
hausen
unveröff. Diplomarbeit, Geologisches Institut, Göttingen
42. HEMPEL, L. (1951):
Struktur- und Skulpturformen im Raum zwischen Leine und Harz
Göttinger Geogr.Abh. 7, 66 S.
43. HÖVERMANN, J. (1953):
Die Oberflächenformen um Göttingen
Göttinger Jb. 1953, 63-74
44. HUBRICH, H. (1977):
Zur Kennzeichnung der Bodendecke in Einzugsgebieten von
Fließgewässern
Arch.Natursch.u.Landschaftsfor. 17, 3, 181-210
45. HUFFMANN, H. (1954):
Mineralogische Untersuchungen an fünf Bodenprofilen über Ba-
salt, Muschelkalk und Buntsandstein
Beitr.Min.Petr. 4, 67-88

46. ISBARY, G., H.-J. v.d. HEIDE und G. MOLLER (1969):
Gebiete mit gesunden Strukturen und Lebensbedingungen
-Merkmale und Abgrenzungen-
Veröffentl. d. ARL, Bd. 57, Hannover
47. KIEMSTEDT, H. (1972):
Fragen und Anforderungen der Planung an die Bodenkarten
Mitteilgn.Dtsch.Bodenkundl.Gesellsch. 16, 8-13
48. KLAUS, G. und H. LIEBSCHER (1974):
Systeme, Informationen, Strategien
Berlin
49. KLINK, H.-J. (1964):
Landschaftsökologische Studien im südniedersächsischen
Bergland
Erdkunde XVIII, 4, 267-284
50. KLINK, H.-J. (1966):
Naturräumliche Gliederung des Ith-Hils-Berglandes
Forsch.Deutsch.Landeskunde Bd. 159, 257 S.
51. KLINK, H.-J. (1969):
Das naturräumliche Gefüge des Ith-Hils-Berglandes
Forsch.Deutsch.Landeskde Bd. 187, 57 S.
52. KOENEN, A.v. (1894):
Erläuterungen zur Geologischen Spezialkarte von Preußen
und den Thüringischen Staaten
Bl. Waake
53. KOENEN, A.v. (1908):
Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte von Preußen
und benachbarten Bundesstaaten
Bl. Göttingen
54. KÖLLNER, V. (1965):
Der natürliche Landschaftsübergang zwischen Göttinger Wald
und Unterem Eichsfeld
Ber.z.dt. Landeskd. 35,1,62-73
55. LESER, H. (1976):
Landschaftsökologie
Stuttgart, 432 S., 49 Abb., 20 Tab. (UTB 521)
56. LIEBEROTH, I. (1969):
Bodenkunde - Bodenfruchtbarkeit
2. Aufl., Berlin

57. LOWINSKI, H. (1973):
Probleme der räumlich-funktionalen Arbeitsteilung
in: Funktion und Nutzen des Freiraumes, Materialien z. Siedl.-
und Wohnungswesen, Münster
58. MAUS, H. und K. STAHR (1977):
Auftreten und Verbreitung von Lößlehmbeimengungen in peri-
glazialen Schuttdecken des Schwarzwaldwestabfalls
Catena, Vol. 3, 369-386
59. MEYER, B. und E. KALK (1964):
Verwitterungs-Mikromorphologie der Mineral-Spezies in
mitteleuropäischen Holozän-Böden aus pleistozänen und
holozänen Lockersedimenten
in: JONGERIUS, A. (Ed.): Soil Micromorphology
Amsterdam, 1964, 109-129
60. MORTENSEN, H. (1960):
Neues über den Bergrutsch südlich der Mackenröder Spitze und
über die holozänen Hangformung an Schichtstufen im Mittel-
europäischen Klimabereich
Z. Geomorph., Suppl. Bd. I, 114-123
61. MORTENSEN, H. und J. HÖVERMANN (1965):
Der Bergrutsch an der Mackenröder Spitze bei Göttingen. Ein
Beitrag zur Frage der klimatisch bedingten Hangentwicklung
I. Rapp. Comm. l'etude des versantes, 45-55, Amsterdam
62. MOCKENHAUSEN, E. (1975):
Die Bodenkunde
und ihre geologischen, geomorphologischen, mineralogischen
und petrologischen Grundlagen
579 S., Frankfurt/Main
63. MOCKENHAUSEN, E. (1977):
Entstehung, Eigenschaften und Systematik der Böden der Bun-
desrepublik Deutschland
2. ergänzte Aufl., Frankfurt
64. MOCKENHAUSEN, E. (1977):
Fortschritte in der Systematik der Böden der Bundesrepublik
Deutschland von 1969-1977
Mitteln. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 25, 421-440

65. MOLLER, H. (1965):
Eine pollenanalytische Neubearbeitung des Interglacial-Profiles
von Bilshausen (Unter-Eichsfeld)
Geol. Jb. 83, 327-352
66. NAGEL, U. und H.-G. WUNDERLICH (1969):
Geologisches Blockbild der Umgebung von Göttingen
Veröff. Nds.Inst.f.Landeskde.u.Landesentw. Univ. Göttingen
48 S., Göttingen
67. PAPPENFUSS, K.-H. (1965):
Der Tonmineralbestand von südwestdeutschen Kalk- und Tonge-
steinen und seine Veränderung durch die Bodenbildung
Mitteilgn.Dtsch.Bodenkundl.Gesellsch. 4, 263-270
68. POSER, H. und E.SCHUNKE (1974):
Geomorphologische Beschreibung
in: Landformen im Kartenbild, Topographisch-Geomorph. Karten-
proben 1:25000, III/3, 5-12
69. RICHTER, H. (1967):
Naturräumliche Ordnung
in: Landschaftsökologische Erkundung und naturräumliche
Gliederung, Wiss.Abh. Geogr.Gesellsch. DDR, Bd. 5
70. ROHDENBURG, H. und B. MEYER (1963):
Rezente Mikroformung in Kalkgebieten durch inneren Abtrag und
die Rolle der periglazialen Gesteinsverwitterung
Z.Geomorph., N.F. Bd. 7,2, 120-146
71. ROHDENBURG, H. und B. MEYER (1968):
Zur Datierung und Bodengeschichte mitteleuropäischer Ober-
flächenböden (Schwarzerde, Parabraunerde, Kalksteinbraunlehm):
Spätglazial oder Holozän?
Göttinger Bodenkundl.Ber. 6, 127-212
72. ROTHER, K.-H. (1974):
Der Einfluß von Veränderungen im Abflußsystem auf den Hochwas-
serablauf in kleinen Einzugsgebieten
Schriftenreihe des SFB 150 d. TU Braunschweig, H. 2, Braun-
schweig
73. ROHL, A. (1954):
Das südliche Leinebergland
Eine forstlich-vegetationskundliche und pflanzengeographische
Studie, Jena

74. ROHL, A. (1973):
Waldvegetationsgeographie des Weser-Leineberglandes
Schr.d.Wirtschaftswiss.Gesellsch.z.Studium Niedersachsens,
N.F., Reihe AI, Bd.101
75. RUTHSATZ, B. (1970):
Die Grünlandgesellschaften um Göttingen
Sc. Geobot. 2
76. SCHAFFER, G. (1968):
Die Bodenkarte -Ein Hilfsmittel zur naturräumlichen Gliederung und Landesplanung
Veröff.d.Akad.f.Raumpl.u.Landespl. 41, 29-40
77. SCHAFFER, G. und K.-H. SCHULZ (1972):
Bodenkundlicher Beitrag zur quantitativen Naturraumgliederung für die Landesplanung
Mitteilgn.Dtsch.Bodenkundl.Gesellsch. 16, 14-18
78. SCHEFFER, F., E.WELTE und B.MEYER (1960):
Die Rendzinen der mitteldeutschen Berg- und Hügellandschaften (Leine-Weser-Bergland)
Z.Pflanzenern.,Düng.,Bodenkde. 90 (135), H.1/2, 18-36
79. SCHEFFER, F., H.FÜLSTER und B.MEYER (1961):
Zur Diagnostik und Systematik von Dreischicht-Tonmineralen in Böden und pedogenen Sedimenten
Chemie d. Erde 21, 210-230
80. SCHEFFER, F., B.MEYER und H.GEBHARDT (1966):
Pedochemische und kryoklastische Verlehmung (Tonbildung) in Böden aus kalkreichen Lockersedimenten (Beispiel Löß)
Z.Pflanzenern.,Düng.,Bodenkde 114,2,77-89
81. SCHLICHTING, E. (1969):
Genetische und effektive Klassifikation von Böden
Z.Pflanzenern.,Düng.,Bodenkde 123,3,220-231
82. SCHLICHTING, E. und H.-P.BLUME (1966):
Bodenkundliches Praktikum
209 S., Hamburg/Berlin
83. SCHMIDT, H.H. (1952):
Quellen und Grundwasser im Landkreis Göttingen
Göttinger Jb. 1952, 21 ff.

84. SCHMIDT, M. (1928):
Die Lebewelt unserer Trias
461 S., Thüringen
85. SCHMIDT, W. (1970):
Untersuchungen über die Phosphorversorgung niedersächsischer
Buchenwaldgesellschaften
Sc.Geobot. 1
86. SCHREIBER, K.-F. (1969):
Landschaftsökologische und standortkundliche Untersuchungen
im nördlichen Waadtland als Grundlage für die Orts- und
Regionalplanung
Arb.Univ.Hohenheim 45, 166 S.
87. SCHREIBER, K.-F. (1976):
Landschaftsplanung und Umweltschutz -Der Beitrag der Land-
schaftsökologie-
Geograph. Zeitschr., Erdkundl. Wiss., H. 43, 13-22
88. SCHRIEL, W. (1955):
Abriß der Geologie der Umgebung Göttingens (nach den Arbeiten
von H.Stille und F.Lotze)
16 S., Göttingen
89. SCHROEDER, D. (1972):
Bodenkunde in Stichworten
2., durchgesehene Aufl., 144 S., Kiel
90. SCHRÖDER, H. (1977):
Geologie und Tektonik am Leinetal-Graben-Rand zwischen Boven-
den und Nörten-Hardenberg
unveröff. Diplomarbeit, Geologisches Institut, Göttingen
91. SCHUNKE, E. (1968):
Die Schichtstufenhänge im Leine-Weser-Bergland in Abhängigkeit
vom geologischen Bau und Klima
Göttinger Geogr.Abh. 43
92. SCHWERTMANN, U. (1961):
Der Mineralbestand der Fraktion $< 2 \mu\text{m}$ einiger Böden aus Sedi-
menten und seine Eigenschaften
Z.Pflanzenern., Düng., Bodenkde. 95, 209-227
93. Soil Color Charts, Munsell (1975):
Munsell Color, Macbeth Division of Kollmorgen Corporation,
Baltimore, Maryland, USA

94. Soil Survey Staff and Colaborators (1967):
Soil Classification. A comprehensive System, 7th Approximation.-
United States Department of Agriculture, Soil Conservation
Service, Washington D.C., USA
95. Arbeitskreis Standortkartierung in der Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung
(Herg.) (1978):
Forstliche Standortsaufnahme
Begriffe, Definitionen, Einteilungen, Kennzeichnungen, Er-
läuterungen
3. Aufl., 183 S., Münster-Hiltrup
96. STEINBERG, K. (1944):
Zur spät- und nacheiszeitlichen Vegetationsgeschichte des
Untereichsfeldes
Hercynia 3, 529-587
97. STILLE, H. (1932):
Geologische Karte von Preußen und benachbarten deutschen
Ländern, Bl. Göttingen 1:25000 mit Erläuterungen, Berlin
98. THOMSEN, V. (1975):
Sickerwasser-Quantität und -Qualität von Muschelkalkböden
(Braunlehm-Rendzina) unter Sozialbrache- und Rekultivierungs-
flächen
Mitteil.Dtsch.Bodenkundl.Gesellsch. 22,271-276
99. THOMSEN, V. (1978):
Wasserhaushalt von Lehmrindzinen unter landwirtschaftlicher
Nutzung und verbuschter Sozialbrache auf dem oberen Muschel-
kalk im südlichen Niedersachsen
Diss., Landw.Fak., Göttingen
100. TRÜGER, W.E. (1956/7):
Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale, Teil I u.II
Stuttgart
101. WALTER, H. (1955):
Klimadiagramme als Mittel zur Beurteilung der Klimaverhält-
nisse für ökologische, vegetationskundliche und landwirtschaft-
liche Zwecke
Ber.Dtsch.Bot.Ges. 68,8,331-344
102. WEDECK, H. (1973):
Zur Bewertung des Landschaftshaushaltes für Planungsaufgaben
Landschaft+Stadt 5, 152-160

103. WILLERDING, U. (1971):

Ergebnisse vegetationsgeschichtlicher und paläo-ethnobotanischer Untersuchungen im südlichen Niedersachsen

Göttinger Jb. 19, 5-20

104. WINTERHOFF, W. (1962):

Vegetationskundliche Untersuchungen im Göttinger Wald

Nachr.Akad.Wiss. in Göttingen, II.Math.-Phys.Kl., Nr.2

TABELLENANHANG

ERLÄUTERUNGEN ZUM TABELLEN-ANHANG

1.) Abkürzungen

- FS : Forstliche Standortkartierung (95)
bzw. Kartieranleitung der Arbeitsgemeinschaft Bodenkunde (4)
bzw. MOCKENHAUSEN (62)
FAO: Definitions of Soil Units for the Soil Map of the World (20)
ST : Soil Taxonomy, U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation
Service (94)
D : DUCHAUFOUR (24)

- *) : im System nicht enthalten, aber notwendige Ergänzung
**) : Übergänge Rendzina Kalkstein-Braun_Lehm unklar definiert
***) : Übergänge unscharf definiert

2.) Die Blockdiagramme beziehen sich auf den Lageplan der untersuchten Bodenprofile, Abb. 10.

Maßstab der Fläche 1:10000
Höhenmaßstab 1:10000

3.) Tabellen-Erläuterung

Spalte	Erläuterung
1-24	Angaben bezogen auf Feinerde <200 µm Ø
1	C _t =Organisch gebundener Gesamt-Kohlenstoff
25-43	für jeden Horizont gelten zwei Zeilen:
25-43	<u>untere Zeile:</u> Humus-, kalk- und eisenoxid-freie Mineralsubstanz bezogen auf die Summe aller Fraktionen
	<u>obere Zeile:</u> Angaben in Gesamt-Boden und zwar Kalkstein-Fragmente >200 µm Ø
25-31	humus-, kalk- und eisenoxid-freie Mineralsubstanz
32-38	Differenz zu 100 ist Humus, Kalk < 200 µm Ø und Eisenoxid
44-54	Angaben bezogen auf Gesamt-Boden mit Kalkstein-Grus, aber ohne Kalksteine
55-62	Angaben bezogen auf Feinerde (< 2 mm Ø)
Mineral-tabellen	Angaben bezogen auf kalk-, humus- und eisenoxidfreie Feinerde <2 mm Ø

4.) Schema der Profil-Skizzen

Horizont-Mächtigkeit (cm)	Horizont-Bezeichnung	Profilskizze
---------------------------	----------------------	--------------

5.) Legende zu den Profil-Skizzen



Ah, Feinpolyeder-Gefüge von Mullrendzinen unter Wald und Grasland



Ah, Grobpolyeder-Gefüge von Lehrendzinen bis Braunlehm unter Wald und Grasland



Ah, mullartiger Moder von Sauren Braunerden aus LÖB



Ah, Mull von LÖB-Parabraunerden



Ap, mit Klumpen-Gefüge bei Rendzinen bis Rendzina-Braunlehm



A1 von LÖB-Parabraunerden



A1/B von löBvermischten Kalkstein-Braunlehm



grobpolyedrische stark verbrauchte B-Horizonte von Lehrendzinen bis Kalksteinbraunlehm



Grobpolyeder, z.T. nicht vollständig voneinander getrennt, in gelbgrauen bis gelbbraunen Lösungsrückstandshorizonten



LÖB-Parabraunerde-B-Horizonte



Sauerbraunerde-B-Horizonte



LÖB-Parabraunerde- und LÖB-Braunerde-Bv-Horizonte



S-Horizonte, überwiegend grau-blau



Marmorierung durch Rostfleckung



Marmorierung durch Manganfleckung



Tonverlagerung bzw. Toninfiltration



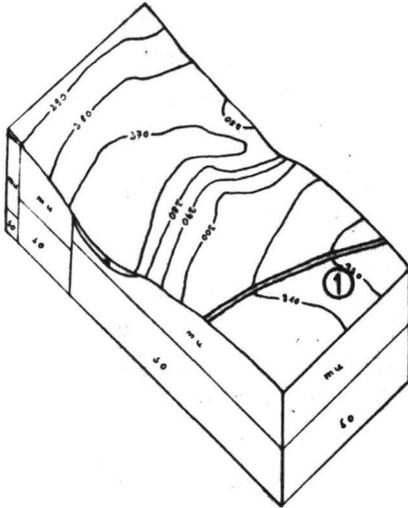
B-Horizont, feiner Kalksteindetritus mit sehr geringem Lösungsrückstand



Strohlager, Strohmattentzen

PROFIL 1

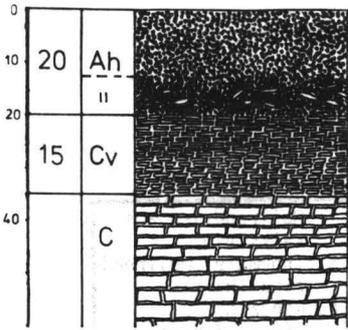
Mullrendzina



Mullrendzina aus
Kalkstein
FS : (normale) Mullrendzina (Wald)
FAO: Rendzina
ST : Lithic Rendoll
D : Rendzine à Mull

LAGE/RELIEF	ebene Plateau-Lage (Kempelberg)
VEGETATION	Buchen-Bestand mit Allium und Vinca (Melico-Fagetum allietosum)
GESTEIN	Frost-Schutt des mu 2 über anstehendem mu 2 (Schaumkalk-Zone)

HOR.	MUNSELL-FARBWERT		PROFIL-BESCHREIBUNG
	trocken	feucht	
Ah	1o YR 4-3/3	1o YR 4/2	Mull; stark aggregiert; intensiv durchwurzelt; im unteren Teil Kalkstein-Platten-Lage, die stärker verwürgt ist
Cv			Frost-Lockerungs-Horizont; Gesteins-Bruchstücke noch weitgehend in natürlicher Lagerung
C			feste, bis 5 cm starke Kalkstein-Platten-Bänke



1	2	3	4	5	6	7	8
%		‰		%		mval/100 g	
C _t	C _t × 1,724	N _t	C _t /N _t	CaCO ₃	pH	KAK (8-13)	Ca ⁺⁺
6,1	10,5	5	11,5	0,2	6,6	51,8	46,5
3,3	5,6	2	20,3	45,7	7,6	27,3	25,7

KÖRNRUNG

25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
GEW.-% GES.-BODEN (OBERE ZEILE), GEW.-% FEINERDE (<2 mm Ø) (UNTERE ZEILE)													
>10 mm	10-6,3	6,3-3,55	3,55-2	2000-630	630-355	355-200	200-63	63-36	36-20	20-6	6-2	2-0,6	<0,6 µm
g, m G	fG		gS	mS		fS	gU		mU	fU	gT	m, fT	
>200 µm = 2,3							1,0	1,3	26,9	9,2	7,3	2,7	39,0
							1,2	1,5	30,8	10,5	8,3	3,1	44,7
36,9	10,8	11,5	4,1	4,8	1,3	0,7	0,4	0,3	2,0	1,8	1,7	2,0	8,1
							2,4	2,0	12,5	10,9	10,2	12,4	49,6

55	15,7
%	15,5
Fe _d	

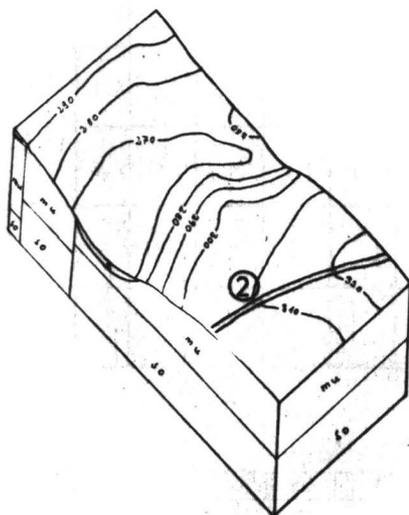
56	2,5
%	2,5
FeOOH (d)	

57	44,3
mg/100g	25,2
P _t	

58	137,6
	128,8
C _t /P _t	

PROFIL 2

Braunlehm-Rendzina



Braunlehm-Rendzina
aus Kalkstein
FS : Terra fusca-Rendzina
(vergl. MÖCKENHAUSEN, 62)
FAO: Rendzina
ST : Lithic Eutrochreptic Rendoll
D : Rendzine brune
Sol brun eürophe

LAGE/RELIEF	ebene Plateau-Lage (Kempelberg)
VEGETATION	Buchen-Jungbestand mit Vinca und Asarum
GESTEIN	Detritus der Zone der Schaumkalk-Bänke (mu 2, Schill-Kalk)

HOR.	MUNSELL-FARBWERT		PROFIL-BESCHREIBUNG
	trocken	feucht	
Ah	1o YR 5/1	1o YR 4/2	Mull; grob-polyedrische Struktur; dunkel-grau-braun
Bv1	1o YR 5/3-4	1o YR 4/2	brauner Lehm; an der Basis ein aus flachen Kalkstein-Platten bestehendes Pflaster in den Lehm eingebettet
Bv2	1o YR 4/3	1o YR 6/2	Kalkstein-Detritus; stark gerundet; mit vielen Rhizo-Korallien
C			dickbankiger Kalkstein

0	11	Ah		1	2	3	4	5	6	7	8	
10					%	%		%		mval/100 g		
20	17	Bv1			C _t	C _t ^x 1,724	N _t	C _t /N _t	CaCO ₃	pH	KAK (8-13)	Ca ⁺⁺
40	5	Bv2			6,4	11,1	0,5	13,4	0	5,4	42,2	31,8
		C		2,5	4,3	0,2	10,7	0	6,1	38,9	34,1	
				3,2	5,6	0,2	14,7	18,1	7,2	38,3	35,8	

KÖRNUNG

25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
GEW.-% GES.-BODEN (OBERE ZEILE), GEW.-% FEINERDE (<2 mm Ø) (UNTERE ZEILE)													
>10 mm	10- 6,3	6,3- 3,55	3,55- 2	2000- 630	630- 355	355- 200	200- 63	63- 36	36- 20	20- 6	6- 2	2- 0,6	<0,6 µm
g, m G	fG			gS	mS		fS	gU		mU	fU	gT	m, fT
							1,3	1,5	25,8	10,3	9,3	2,7	38,2
							1,5	1,6	28,9	11,5	10,5	3,0	43,0
							0,8	1,4	25,4	10,2	8,7	1,7	47,6
							0,8	1,4	26,5	10,7	9,1	1,8	49,7
30,7	15,1	11,3	3,9	1,9	0,4	0,6	0,2	0,4	3,2	2,7	2,5	1,5	17,2
							0,7	1,5	11,6	9,6	9,1	5,4	62,1

55	13,1
%	14,0
Fe _d	21,3

56	2,1
%	2,2
FeOOH (d)	3,4

57	n.b.
mg/100g	29,0
P _t	30,0

58	n.b.
	85,3
C _t /P _t	104,6

9 10 11 12 13 14 15							16 17 18 19 20 21					22 23		24	
mval/100 g BODEN-MATERIAL							% KAK					mval/mval		dt/ha	
Mg	Na	K	NH ₄	H	S (8-12)	Ca aus CaCO ₃	Ca	Mg	Na	K	NH ₄	H	Ca Mg	K NH ₄	KALK- BED.
2,0	0,2	1,3	0,2	6,7	35,5	1,4	75,4	4,7	0,5	3,1	0,5	15,9	15,9	6,5	70
1,2	0,2	0,7	0,1	2,6	36,3	1,3	87,7	3,1	0,5	1,8	0,2	6,7	28,4	7,0	30,5
1,1	0,4	0,9	0,1	0	35,8	7,9	93,5	2,9	1,0	2,4	0,3	0	32,5	9,0	0

PORUNG

39	40	41	42	43
GEW. %				KÖR- NUN- GS- ART
GRUS	SAND	SILT	TON	
G	S	U	T	
-	1,5	52,6	46,0	u'T
-	0,8	47,7	51,5	u'T
-	0,7	31,8	67,5	T

44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	
VOL. % GESAMT-BODEN											
PF	1,0	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8	3,0	3,3	3,7	>4,2	
LP	s	l	DP	MP				FP			
	1,0	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8	3,0	3,3	3,7	>4,2	
	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8	3,0	3,3	3,7	4,2	PF	
20,0	9,7	1,4	4,1	2,2	1,5	0,8	26,4				
NFK											
NFK											
NFK											
NFK											

63	0,88
TrD	1,39

59	n.b.
mg/100g	49,0
P ₂ O ₅ (t)	50,7

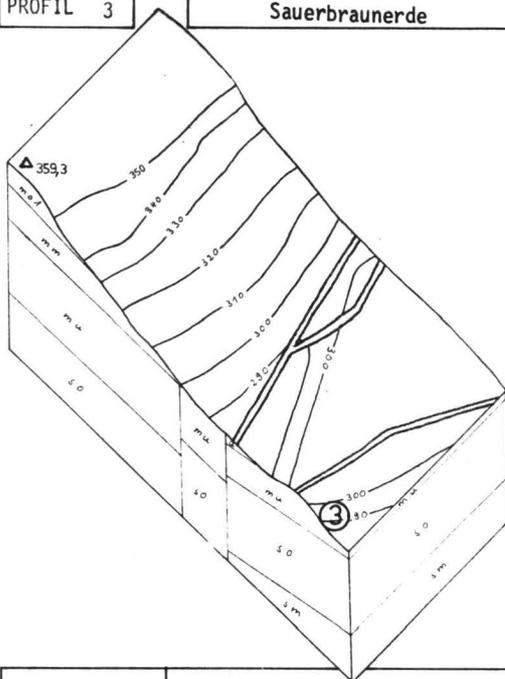
60	0,6
mg/100g	0
P ₂ O ₅ (DL)	0

61	33,8
mg/100g	19,0
K ₂ O (DL)	13,0

62	27,9
mg/100g	15,7
K (DL)	10,7

PROFIL 3

Sauerbraunerde



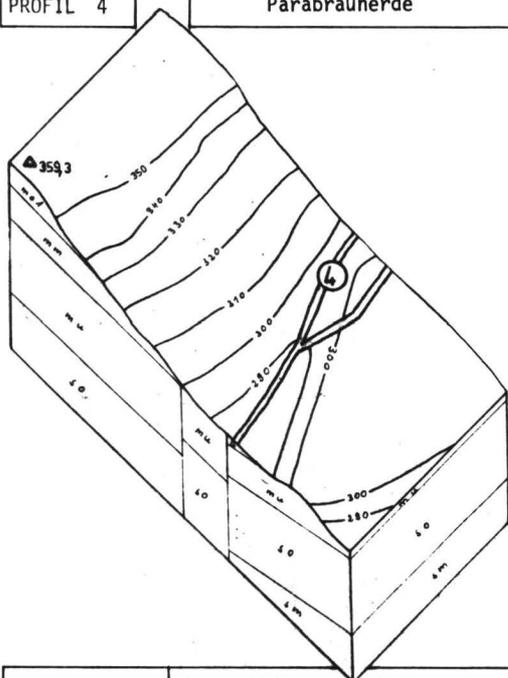
Sauerbraunerde,
 flachgründig, aus
 Löß über Kalkstein
 FS : (Terra fusca)-
 starksaure Braun-
 erde
 FAO: Eutric Cambisol
 ST : Typic Eutrochrept
 D : Sol brun eutrophe/
 Sol brun acide

LAGE/RELIEF	Weg-Einschnitt, Mittelhang, Südseite Schaperberg
VEGETATION	Buchen-Hochbestand mit Convallaria (Lichtung)
GESTEIN	Löß über Detritus-Decke aus Kalken der Schaumkalk-Zone (mu 2)

HOR.	MUNSELL-FARBWERT		PROFIL-BESCHREIBUNG
	trocken	feucht	
Ah	1o YR 6-5/2	1o YR 4/2	dunkler leichter (mullartiger) Moder; in Taschen bis 1o cm Tiefe
B	1o YR 6/3	1o YR 6-5/6	gelb-braunes Löß-Material; Kalk-Ausblühungen
IIBv			Kalkstein-Grus mit partiell verbrauntem Lehm-Zwischenmittel
IICv			gelb-brauner Kalkstein-Detritus
IIC			Kalkstein-Bänke des mu 2 (Wellenkalk)

PROFIL 4

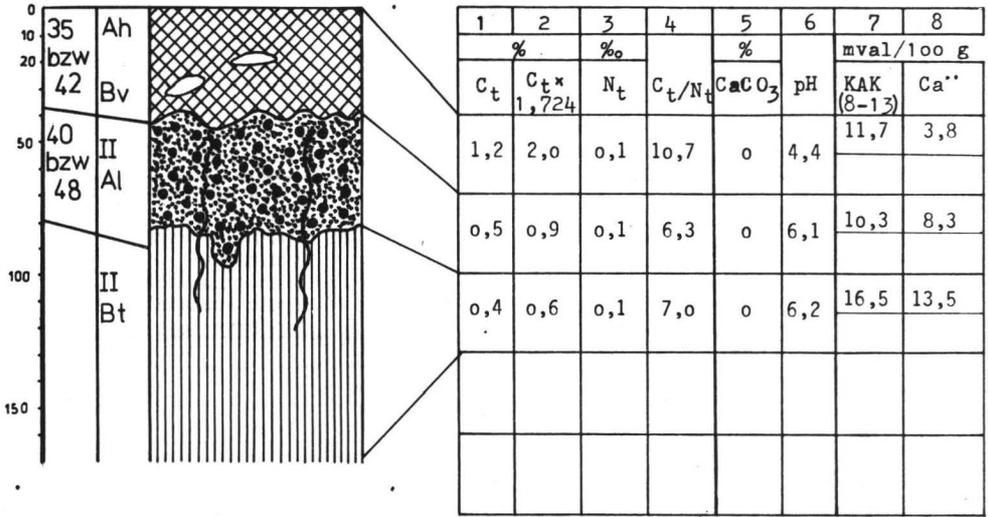
Parabraunerde



Parabraunerde aus
LÖß
FS : (normale) Para-
braunerde
FAO: Brunic Luvisol
ST : Typic Hapludalf
D : Sol brun lessivé

LAGE/RELIEF	ebener Talgrund (Kleiner Grund), nord-westlich Schaperberg
VEGETATION	Buchen-Hochwald
GESTEIN	Löß mit einer geringen Einmischung und Überdeckung durch Hang-Lehm

HOR.	MUNSELL-FARBWERT		PROFIL-BESCHREIBUNG
	trocken	feucht	
Ah	1o YR 6/3	1o YR 4/3	schluffiger Lehm, mit einigen größeren Kalkstein-Brocken trotz weitgehender Entkalkung der Boden-Matrix, im unteren Teil beginnende <u>Verbraunung</u>
IIA1	1o YR 6/3	1o YR 4/4	von oben sekundär mit grauem Ton durchschlämmt
IIBt	1o YR 6-7/4	1o YR 7/6	von oben sekundär mit grauem Ton durchschlämmt



KÖRNING

25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
GEW.-% GES.-BODEN (OBERE ZEILE), GEW.-% FEINERDE (<2 mm Ø) (UNTERE ZEILE)													
>10 mm	10- 6,3	6,3- 3,55	3,55- 2	2000 -630	630- 355	355- 200	200- 63	63- 36	36- 20	20- 6	6- 2	2- 0,6	<0,6 µm
g, m G	fG			gS	mS		fS	gU		mU	fU	gT	m, fT
				1,6			5,2	9,7	35,8	22,0	6,2	2,9	14,6
							5,4	10,1	37,1	22,9	6,5	3,0	15,1
							5,5	12,6	36,8	18,4	11,3	3,3	11,3
							5,5	12,7	37,1	18,6	11,4	3,3	11,4
							4,8	9,9	33,3	18,3	5,5	2,1	25,5
							4,8	10,0	33,5	18,4	5,6	2,1	25,7

55	6,3
%	4,8
Fe _d	8,5

56	1,0
%	0,8
FeOOH (d)	1,4

57	24,4
mg/100g	22,9
P _t	20,7

58	48,3
	21,8
C _t /P _t	16,9

9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
mval/100 g BODEN-MATERIAL							% KAK						mval/mval	dt/ha	
Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	H ⁺	S (8-12)	Ca ⁺⁺ aus CaCO ₃	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	H ⁺	Ca ⁺⁺ Mg	K ⁺ NH ₄	KALK-BED.
0,6	0,1	0,1	0,1	7,0	4,7	2,3	32,5	5,1	0,9	0,9	0,9	59,8	6,3	1,0	66
0,7	0,2	0,1	0,3	0,7	9,4	0,3	80,6	6,8	1,9	1,0	2,9	6,8	11,9	0,3	11
1,6	0,2	0,2	0,1	0,9	15,6	1,7	81,8	9,7	1,2	1,2	0,6	5,5	8,4	2,0	13

39	40	41	42	43
GEW. %				KÖRNUNGS-ART
GRUS	SAND	SILT	TON	
G	S	U	T	
-	5,4	76,6	18,1	ĕ U
-	5,5	79,8	14,7	t U
-	4,8	67,5	27,8	ū T

PORUNG

44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
VOL. % GESAMT-BODEN										
pF	1,0	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8	3,0	3,3	3,7	4,2
<1,0	1,8	2,0	-2,3	2,5	-2,8	3,0	3,3	3,7	4,2	pF
LP	s	l	DP				MP			FP
NFK										
NFK										
NFK										
NFK										

63	
TrD	

59	41,2
mg/100g	38,7
P ₂ O ₅ (t)	35,0

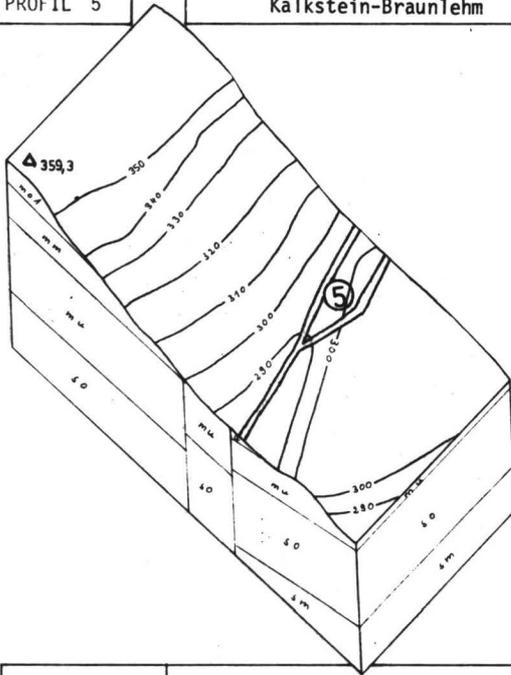
60	2,2
mg/100g	2,1
P ₂ O ₅ (DL)	0,8

61	5,0
mg/100g	4,0
K ₂ O (DL)	8,5

62	4,1
mg/100g	3,3
K (DL)	7,0

PROFIL 5

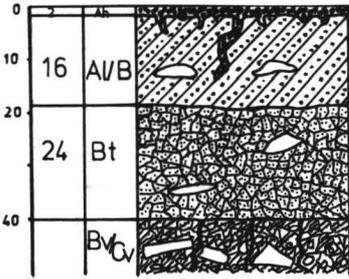
Kalkstein-Braunlehm



Kalkstein-Braunlehm aus Kalkstein
 FS :Parabraunerde-Terra fusca (im GgStz. zu MÖCKENHAUSEN(62))
 FAO:Brunic Luvisol
 ST :Lithic Hapludalf,
 D :Sol brun lessivé complexe

LAGE/RELIEF	Unterhang (Kleiner Grund), nord-westlich Schaperberg
VEGETATION	Buchen-Hochwald
GESTEIN	löß-vermischter Kalkstein(mu 2) - Solifluktions-Schutt

HOR.	MUNSELL-FARBWERT		PROFIL-BESCHREIBUNG
	trocken	feucht	
Ah	10 YR 5/2	10 YR 3/2	dunkel-grau, schluffiger Lehm, entkalkt, in Wurzel-Bahnen Humus-Verlagerung bis 20 cm Tiefe
A1/B	10 YR 6/3	10 YR 5-4/3	gelblicher schluffiger Lehm, entkalkt, aber mit einzelnen Kalkstein-Brocken
Bt	10 YR 6-5/4	7,5 YR 4/4	rötlicher schluffiger Lehm, entkalkt, aber mit einzelnen Kalkstein-Brocken, grob-polyedrisch
Bv/ Cv	7,5 YR 5/6	10 YR 8/3	Kalkstein-Schutt (mu 2) mit gelben Schluff-Linsen, z.T. mit braunem Ton infiltriert, mit Kalkstein-Platten durchsetzt



1	2	3	4	5	6	7	8
%		‰		%		mval/100 g	
C _t	C _t * 1,724	N _t	C _t /N _t	CaCO ₃	pH	KAK (8-13)	Ca ⁺⁺
4,8	8,2	0,3	14,5	0	5,6	29,1	22,0
1,6	2,7	0,1	11,4	0	4,8	16,3	10,0
0,7	1,2	0,1	10,3	0	5,4	24,7	20,8
1,3	2,2	0,1	25,6	27,4	7,5	14,8	13,6

KÖRNRUNG

25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
GEW.-% GES.-BODEN (OBERE ZEILE), GEW.-% FEINERDE (<2 mm Ø) (UNTERE ZEILE)													
>10 mm	10- 6,3	6,3- 3,55	3,55- 2	2000- 630	630- 355	355- 200	200- 63	63- 36	36- 20	20- 6	6- 2	2- 0,6	<0,6 µm
g, m G	fG			gS	mS		fS	gU		mU	fU	gT	m, fT
							4,2	10,4	33,4	18,8	6,8	1,0	17,4
							4,6	11,3	36,4	20,5	7,2	1,1	18,9
							4,6	9,6	34,0	21,7	6,9	1,4	19,0
							4,7	9,9	35,0	22,3	7,1	1,4	19,6
							1,0	17,2	17,0	16,8	7,0	3,0	36,6
							1,0	17,4	17,3	17,0	7,1	3,3	37,0
26,2	6,2	6,4	2,5	2,3	1,0	0,3	0,7	4,6	7,3	9,4	5,2	1,6	10,0
							1,8	11,8	18,9	24,2	13,4	4,2	25,8

55	10,0
%	11,5
Fe _d	9,8
	16,8

56	1,6
%	1,8
FeOOH (d)	1,6
	2,7

57	34,5
mg/100g	15,1
Pt	25,2
	23,1

58	138,5
	105,2
C _t /P _t	28,6
	55,4

9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
mval/100 g BODEN-MATERIAL							% KAK						mval/mval	dt/ha	
Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	H ⁺	S (8-12)	Ca ⁺⁺ aus CaCO ₃	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	H ⁺	Ca ⁺⁺ Mg ⁺⁺	K ⁺ NH ₄ ⁺	KALK-BED.
1,7	0,1	0,2	0,1	5,0	24,1	1,5	75,6	5,8	0,3	0,7	0,3	17,2	12,9	2,0	50
0,9	0,1	0,2	0,1	5,0	11,3	2,5	61,4	5,5	0,6	1,2	0,6	30,7	11,1	2,0	50
0,8	0	0,4	0,1	2,6	22,1	0,4	84,2	3,2	0	1,6	0,4	10,5	26,0	4,0	31
0,5	0,2	0,4	0,1	0	14,8	9,6	91,9	3,4	1,4	2,7	0,7	0	27,2	4,0	0

PORUNG

39	40	41	42	43
GEW. %				KÖR- NUN- GS- ART
GRUS	SAND	SILT	TON	
G	S	U	T	
-	4,6	75,4	20,0	t U
-	4,7	74,3	21,0	t U
-	1,0	58,8	40,3	u T
-	1,8	68,3	30,0	u T

44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	
VOL. % GESAMT-BODEN											
pF	1,0-	1,8-	2,0-	2,3-	2,5-	2,8-	3,0-	3,3-	3,7-	>4,2	
<1,0	1,8	2,0	-2,3	2,5	-2,8	3,0	3,3	3,7	4,2	pF	
LP	s	l	DP	MP				FP			
				NFK							
				NFK							
				NFK							
				NFK							

63
TrD

59	58,3
mg/100g	25,5
P ₂ O ₅ (t)	42,6
	39,0

60	3,6
mg/100g	0
P ₂ O ₅ (DL)	0
	0

61	14,8
mg/100g	8,0
K ₂ O(DL)	12,0
	7,5

62	12,2
mg/100g	6,6
K(DL)	9,9
	6,2

HORIZONT: Ah

FRAKTION	Q	F	K	G	I	HO	P	Pl	C	ERG	S	O	Σ
>63 μm	38	5	0	3						0	0	0	46
63-36 μm	90	15	0	5						0	2	1	113
36-20 μm	253	75	0	11						22	0	3	364
20- 6 μm	138	43	0	18						6	0	0	205
6- 2 μm	34	14	0	17						4	3	0	72
< 2 μm	57	0	20		20	41	0	42	20				200
Σ	610	152	20	54	20	41	0	42	20	32	5	4	1000
Σ	762					209							

HORIZONT: A1/B

FRAKTION	Q	F	K	G	I	HO	P	Pl	C	ERG	S	O	Σ
>63 μm	38	4	0	5						0	0	0	47
63-36 μm	75	13	0	8						3	0	0	99
36-20 μm	270	59	0	7						14	0	0	350
20- 6 μm	148	48	0	18						9	0	0	223
6- 2 μm	31	16	0	19						5	0	0	71
< 2 μm	31	0	17		23	57	0	55	27				210
Σ	593	140	17	57	23	57	0	55	27	31	0	0	1000
Σ	733					250							

HORIZONT: Bt

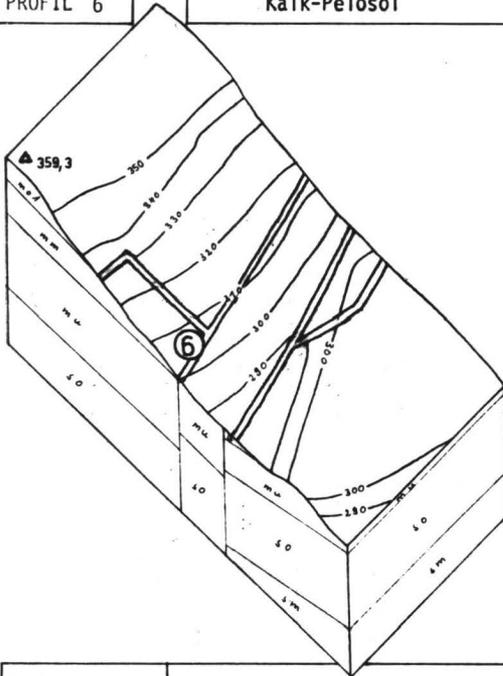
FRAKTION	Q	F	K	G	I	HO	P	Pl	C	ERG	S	O	Σ
>63 μm	9	0	0	1						0	0	0	10
63-36 μm	121	31	0	10						10	1	1	174
36-20 μm	119	31	0	5						16	0	1	172
20- 6 μm	103	34	0	25						7	1	0	170
6- 2 μm	32	16	0	16						6	1	0	71
< 2 μm	56	16	24		72	76	0	103	56				403
Σ	440	128	24	57	72	76	0	103	56	39	3	2	1000
Σ	568					403							

HORIZONT: Bv/Cv

FRAKTION	Q	F	K	G	I	HO	P	Pl	C	ERG	S	O	Σ
>63 μm	15	1	0	2						0	0	0	18
63-36 μm	93	19	0	5						1	0	0	118
36-20 μm	140	36	0	3						10	0	0	189
20- 6 μm	141	51	0	31						14	5	0	242
6- 2 μm	62	27	0	29						12	4	0	134
< 2 μm	53	0	18		53	30	24	79	42				299
Σ	504	134	18	70	53	30	24	79	42	37	9	0	1000
Σ	638					335							

PROFIL 6

Kalk-Pelosol



Kalk-Pelosol aus Kalk-Mergel-Decksediment über Braunlehm-Pelosol, geköpft, aus Kalk-Mergel

FS : kalkhaltiger Pelosol

MOCKENHAUSEN (62): Pararendzina-Pelosol über durchschlämmtem Tonmergel-Pelosol

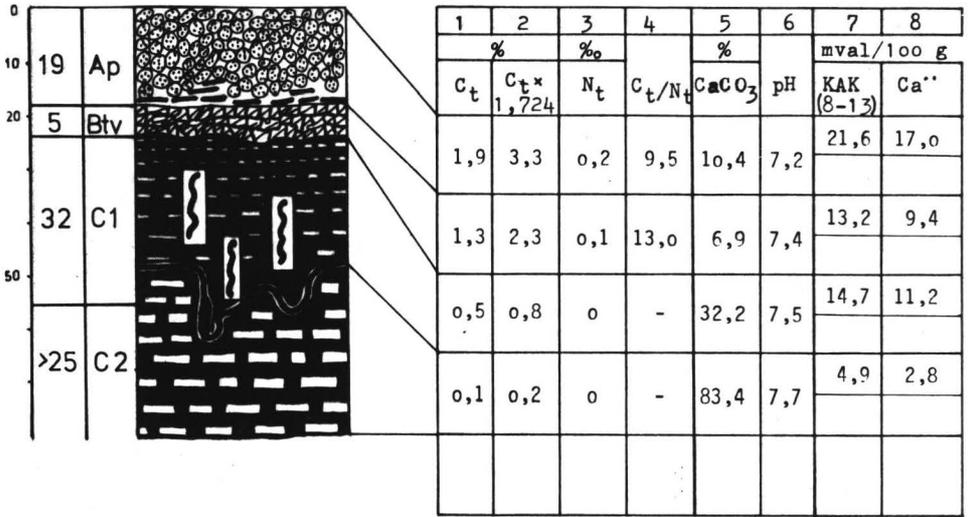
FAO: Rendzina über Rendzina

ST : Typic Rendoll über Eutrochreptic Rendoll

D : "Sol brun calcaire polycyclique": Sol brun peu calcaire peu évolué über Sol brun calcaire trouqué

LAGE/RELIEF	Unterhang, süd-östliche Seite des Drakenberges
VEGETATION	Acker (1975 Bestand Weizen)
GESTEIN	Solifluktions-Schutt des mm über mm-Mergeln

HOR.	MUNSELL-FARBWERT		PROFIL-BESCHREIBUNG
	trocken	feucht	
Ap	2,5 Y 5/2-4	2,5 Y 4/4	dunkle Acker-Krume, mit Schrumpfrissen bis 5 mm Öffnungs-Weite, an der Basis "Stroh-Matratzen"
Btv	2,5 Y 7/3-4	2,5 Y 4/4	Rest eines braunen Btv, aus dem heraus Ton-Infiltration auf Leitbahnen bis zur Profil-Basis hin stattgefunden hat
C1	2,5 Y 7-6/4	2,5 Y 5/4	dichte graue lehmig-tonige Solifluktions-Schutt-Decke, im oberen Teil mit Gelb-Kalken
C2	2,5 Y 8/2	2,5 Y 6/4	hell-gelber schluffiger Mergel mit Kalkstein-Platten-Bruchstücken



KÖRNUNG

25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
GEW.-% GES.-BODEN (OBERE ZEILE), GEW.-% FEINERDE (<2 mm Ø) (UNTERE ZEILE)													
>10 mm	10- 6,3	6,3- 3,55	3,55- 2	2000 -630	630- 355	355- 200	200- 63	63- 36	36- 20	20- 6	6- 2	2- 0,6	<0,6 µm
g, m G		fG		gS		mS		fS		gU		mU	
		3,2						2,4		12,6		15,1	
								2,9		15,0		18,0	
								3,8		6,9		22,4	
								4,1		7,5		24,4	
								2,7		2,6		0,4	
								4,0		3,9		0,6	
		4,7						1,8		2,9		1,0	
								2,3		3,6		1,2	

55	8,0
%	n.b.
Fe _d	8,0
	n.b.

56	1,3
%	n.b.
FeOOH (d)	1,3
	n.b.

57	57,2
mg/100g	26,2
P _t	41,1
	21,4

58	33,2
	50,1
C _t /P _t	11,9
	2,3

HORIZONT: Ah

FRAKTION	Q	F	K	G	I	HO	P	Pl	C	ERG	S	O	Σ
>63 μm	21	5	0	3						0	0	0	29
63-36 μm	96	41	0	9						3	0	1	150
36-20 μm	117	44	0	5						14	0	0	180
20- 6 μm	87	39	0	23						8	1	0	158
6- 2 μm	33	30	0	31						6	3	0	103
< 2 μm	69	0	15		46	73	0	108	69				380
Σ	423	159	15	71	46	73	0	108	69	31	4	1	1000
Σ	582		398										

HORIZONT: Btv

FRAKTION	Q	F	K	G	I	HO	P	Pl	C	ERG	S	O	Σ
>63 μm	25	11	0	5						0	0	0	41
63-36 μm	53	20	0	2						0	0	0	75
36-20 μm	165	59	0	5						12	0	2	243
20- 6 μm	76	47	0	33						3	0	0	159
6- 2 μm	28	35	0	25						6	2	0	96
< 2 μm	46	11	11		50	62	8	120	77				385
Σ	393	183	11	70	50	62	8	120	77	21	2	2	999
Σ	576		408										

HORIZONT: C 1

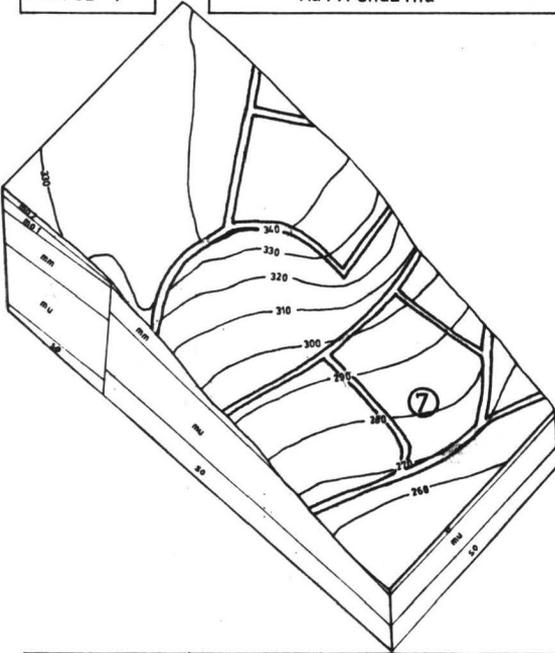
FRAKTION	Q	F	K	G	I	HO	P	Pl	C	ERG	S	O	Σ
>63 μm	24	11	0	5						0	0	0	40
63-36 μm	12	19	0	6						2	0	0	39
36-20 μm	4	2	0	0						0	0	0	6
20- 6 μm	99	94	0	74						8	0	0	275
6- 2 μm	29	73	0	64						9	5	0	180
< 2 μm	86	0	0		59	40	45	135	95				460
Σ	254	199	0	149	59	40	45	135	95	19	5	0	1000
Σ	453		542										

HORIZONT: C 2

FRAKTION	Q	F	K	G	I	HO	P	Pl	C	ERG	S	O	Σ
>63 μm	14	8	0	1						0	0	0	23
63-36 μm	21	12	0	3						0	0	0	36
36-20 μm	7	5	0	0						0	0	0	12
20- 6 μm	73	82	0	48						6	2	0	211
6- 2 μm	20	84	0	56						10	1	0	171
< 2 μm	105	0	0		184	94	16	110	38				547
Σ	240	191	0	108	184	94	16	110	38	16	3	0	1000
Σ	431		569										

PROFIL 7

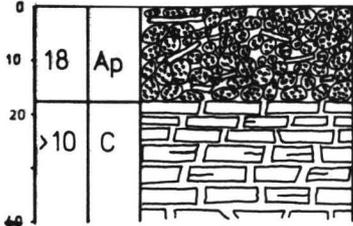
Mullrendzina



Mullrendzina aus
festem Kalkmergel
FS : (normale) Mullrend-
zina (Acker)
FAO: Calcic Lithosol
ST : Lithic Rendoll
D : Rendzina à Mull

LAGE/RELIEF	Mittelhang, SSE-Seite des Drakenberges
VEGETATION	Acker (1975 Bestand Weizen)
GESTEIN	Kalkstein-Platten-Detritus aus der Schaumkalk-Zone (Hangend-Grenze)

HOR.	MUNSELL-FARBWERT		PROFIL-BESCHREIBUNG
	trocken	feucht	
Ap	2,5 Y 5/3	2,5 Y 4-3/2	dunkler Mull-Horizont mit klumpig-krümeligem Gefüge
C			Kalkstein-Platten der Schaumkalk-Zone im Verband, Fugen der Kalkstein-Platten mit gelb-braunem Lehm gefüllt



1	2	3	4	5	6	7	8
%		‰		%		mval/100 g	
C _t	C _t ^x 1,724	N _t	C _t /N _t	CaCO ₃	pH	KAK (8-13)	Ca ⁺⁺
2,8	4,8	0,2	15,3	26,3	7,4	20,0	16,9

KÖRNRUNG

25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
GEW.-% GES.-BODEN (OBERE ZEILE), GEW.-% FEINERDE (<2 mm Ø) (UNTERE ZEILE)													
>10 mm	10-6,3	6,3-3,55	3,55-2	2000-630	630-355	355-200	200-63	63-36	36-20	20-6	6-2	2-0,6	<0,6 µm
g, m G		fG		gS	mS		fS	gU		mU	fU	gT	m, fT
11,5	4,8	4,6	2,5	4,1	1,2	1,2	1,3	3,8	14,7	6,9	4,7	2,3	15,6
							2,7	7,8	29,9	13,9	9,6	4,7	31,5

55	18,3
%	
Fe _d	

56	2,9
%	
FeOOH (d)	

57	51,3
mg/100g	
P _t	

58	53,8
C _t /P _t	

9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
mval/100 g BODEN-MATERIAL							% KAK						mval/mval	dt/ha	
Mg ^{..}	Na [.]	K [.]	NH ₄ [.]	H ⁺	S (8-12)	Ca ^{..} aus CaCO ₃	Ca ^{..}	Mg ^{..}	Na [.]	K [.]	NH ₄ [.]	H ⁺	Ca ^{..} Mg	K [.] NH ₄	KALK-BED.
1,2	0,2	1,6	0,1	0	20,0	7,5	84,5	6,0	1,0	8,0	0,5	0	14,1	16,0	0

PORUNG

39	40	41	42	43
GEW. %				KÖR- NUN- GS- ART
GRUS	SAND	SILT	TON	
G	S	U	T	
-	2,7	61,2	36,2	u [†] T

44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
VOL. % GESAMT-BODEN										
pF	1,0-	1,8-	2,0-	2,3-	2,5-	2,8-	3,0-	3,3-	3,7-	>4,2
<1,0	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8	3,0	3,3	3,7	4,2	pF
LP	s	l	DP	MP				FP		
22,1	6,1	0,8	1,4	0,8	1,4	1,3	22,0			
NFK										
NFK										
NFK										
NFK										

63	1,17
TrD	

59	86,7
mg/100g	
P ₂ O ₅ (t)	

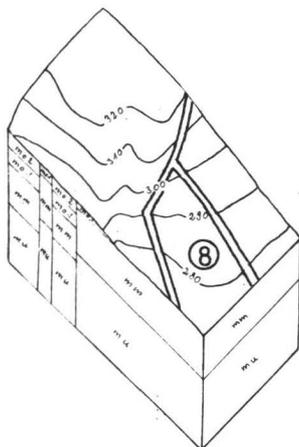
60	4,0
mg/100g	
P ₂ O ₅ (DL)	

61	30,0
mg/100g	
K ₂ O(DL)	

62	24,8
mg/100g	
K(DL)	

PROFIL 8

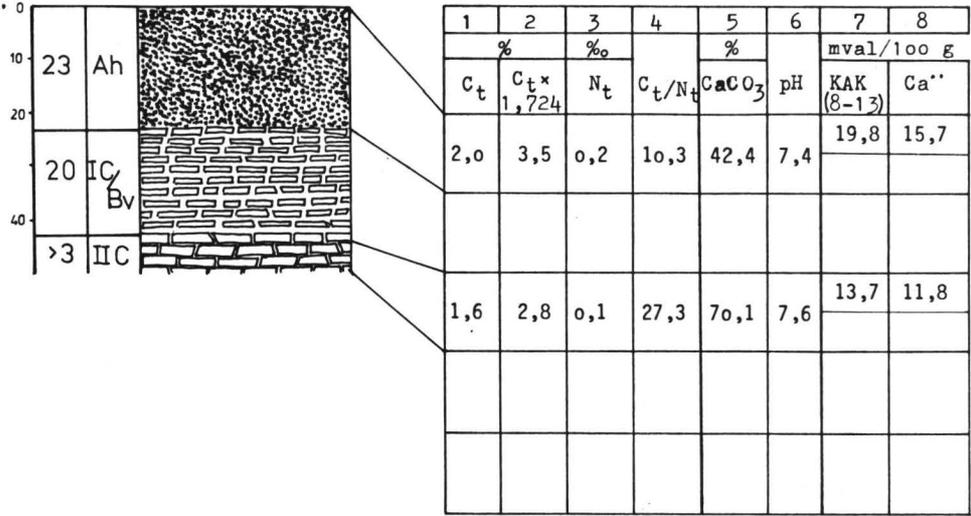
Braune Mullrendzina



Braune Mullrendzina aus festem Kalkmergel
 FS : Braunerde-Rendzina
 FAO: Rendzina
 ST : Lithic Rendoll
 D : Rendzine brune anthropique

LAGE/RELIEF	Mittelhang, Süd-Seite des Drakenberges
VEGETATION	Wiese
GESTEIN	Mergel des mm

HOR.	MUNSELL-FARBWERT		PROFIL-BESCHREIBUNG
	trocken	feucht	
Ap	2,5 Y 6/3	2,5 Y 3/3	dunkel-brauner, schwach schluffiger Mull
C/Bv			Lagen von bis zu 4 cm starken Kalkstein-Platten, Fugen mit gelbem Schluff gefüllt, von oben her verbräunt
IICv	2,5 Y 8/3	2,5 Y 6/3-4	gelber Schluff und gelbe schluffige Kalke des mm



KÖRNRUNG

25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	
GEW.-% GES.-BODEN (OBERE ZEILE), GEW.-% FEINERDE (<2 mm Ø) (UNTERE ZEILE)														
>10 mm	10- 6,3	6,3- 3,55	3,55- 2	2000- 630	630- 355	355- 200	200- 63	63- 36	36- 20	20- 6	6- 2	2- 0,6	<0,6 µm	
g, m G		fG		gS		mS		fS	gU		mU	fU	gT	m, fT
11,3	3,6	5,7	3,4	2,4	0,3	0,4	2,1	7,9	3,0	7,3	4,1	2,9	12,2	
							5,3	20,0	7,5	18,4	10,5	7,4	30,9	
13,3	8,0	7,1	4,7	5,8	2,2	1,8	1,5	2,6	0,1	2,7	2,0	1,3	5,3	
							9,7	16,6	0,7	17,3	13,1	8,1	34,5	

55	14,1
%	
Fe _d	6,3

56	2,2
%	
FeOOH (d)	1,0

57	48,6
mg/100g	
P _t	19,7

58	41,4
C _t /P _t	83,5

mval/100 g BODEN-MATERIAL								% KAK					mval/mval		dt/ha
Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	H ⁺	S (8-12)	Ca ⁺⁺ aus CaCO ₃	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	H ⁺	Ca ⁺⁺ Mg ⁺⁺	K ⁺ NH ₄ ⁺	KALK-BED.
3,1	0,2	0,7	0,1	o	19,8	6,5	79,3	15,7	1,0	3,5	0,5	o	5,1	7,0	o
1,6	0,2	0,1	0,05	o	13,7	6,4	85,8	11,7	1,5	0,7	0,4	o	7,3	2,0	o

PORUNG

39	40	41	42	43
GEW. %				KÖR- NUN- GS- ART
GRUS	SAND	SILT	TON	
G	S	U	T	
-	5,3	56,4	38,3	u'T
-	9,7	47,7	42,6	u'T

44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	
VOL. % GESAMT-BODEN											
pF	1,0-	1,8-	2,0-	2,3-	2,5-	2,8-	3,0-	3,3-	3,7-	>4,2	
<1,0	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8	3,0	3,3	3,7	4,2	pF	
LP	s	l	DP	MP				FP			
4,7	8,0	0,2	2,8	1,2	3,2	1,6	25,9				
NFK											
NFK											
NFK											
NFK											

63	1,40
TrD	

59	82,1
mg/100g	
P ₂ O ₅ (t)	33,3

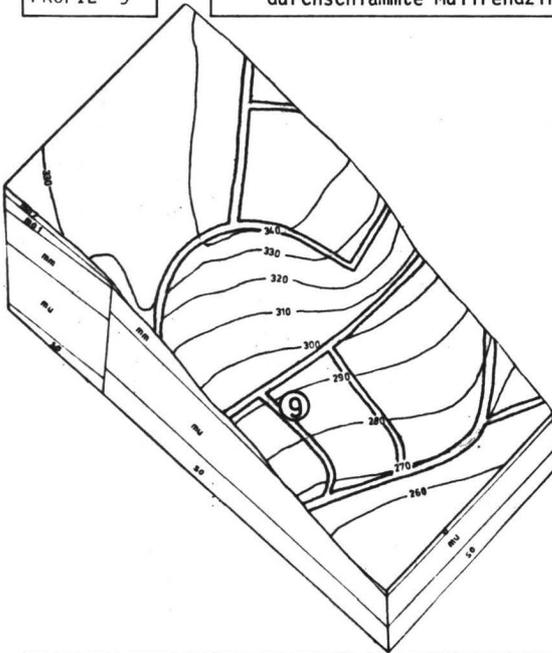
60	2,3
mg/100g	
P ₂ O ₅ (DL)	0,6

61	13,1
mg/100g	
K ₂ O(DL)	7,0

62	10,8
mg/100g	
K(DL)	5,8

PROFIL 9

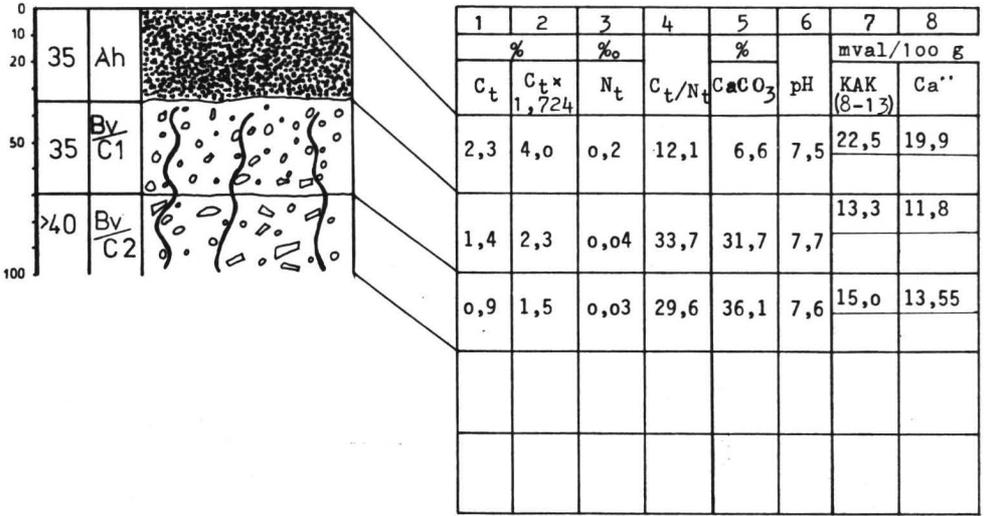
durchschlammte Mullrendzina



durchschlammte
Mullrendzina aus
Kalkstein-Grus
FS : Braunerde-Rendzina
FAO: Rendzina
ST : Lithic Rendoll
D : Sol brun calcique

LAGE/RELIEF	Mittelhang, Wegrand an der Süd-Seite des Drakenberges
VEGETATION	Wegrand-Ackerrand-Rasen-Gesellschaft
GESTEIN	Mergelkalke des mm mit Beimengungen von mo 1-Kalken und Löß

HOR.	MUNSELL-FARBWERT		PROFIL-BESCHREIBUNG
	trocken	feucht	
Ah	1o YR 4/4	1o YR 3/3	dunkler Mull mit Löß-Beimengung
Bv/ C1	1o YR 7/4	1o YR 5/6	schluffig, oberer Teil der Frost-Schutt-Decke, keine Kalk-Ausblühungen
Bv/ C2	2,5 Y 6/6	2,5 Y 4/6	schluffig, unterer Teil der Frost-Schutt-Decke, mit Kalk-Ausblühungen, bis zur Profil-Basis Durchschlammung von rötlichem Ton in Grob-Poren, "rötliche Misch-Fließ-Erde"



KÖRNING

25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38		
GEW.-% GES.-BODEN (OBERE ZEILE), GEW.-% FEINERDE (<2 mm Ø) (UNTERE ZEILE)															
>10 mm	10- 6,3	6,3- 3,55	3,55- 2	2000- 630	630- 355	355- 200	200- 63	63- 36	36- 20	20- 6	6- 2	2- 0,6	<0,6 µm		
g, m G		fG		gS		mS		fS		gU		mU	fU	gT	m, fT
1,7	1,5	1,4	0,8	1,4	0,6	0,5	1,7	10,1	27,4	14,8	3,8	2,7	21,8		
							2,0	12,3	33,3	18,0	4,6	3,3	26,6		
20,5	3,5	4,6	3,0	4,4	1,9	1,0	1,8	5,6	4,2	10,3	3,5	2,8	12,3		
							4,5	13,8	10,3	25,2	8,7	7,0	30,5		
16,7	4,0	6,7	3,5	5,4	2,2	1,4	2,9	6,7	1,0	9,9	4,2	3,0	9,8		
							7,8	17,9	2,6	26,4	11,2	8,1	26,0		

55	18,9
%	17,1
Fe _d	15,6

56	3,0
%	2,7
FeOOH (d)	2,5

57	37,1
mg/100g	25,1
P _t	23,5

58	61,7
	53,8
C _t /P _t	37,8

9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
mval/100 g BODEN-MATERIAL							% KAK							mval/mval		dt/ha
Mg	Na	K	NH ₄	H	S (8-12)	Ca aus CaCO ₃	Ca	Mg	Na	K	NH ₄	H	Ca Mg	K NH ₄	KALK- BED.	
1,5	0,2	0,8	0,1	0	22,5	6,5	88,4	6,7	0,9	3,6	0,4	0	13,3	8,0	0	
0,9	0,2	0,3	0,1	0	13,3	11,4	88,7	6,8	1,5	2,3	0,8	0	13,1	3,0	0	
0,9	0,2	0,3	0,05	0	15,0	10,4	90,3	6,0	1,3	2,0	0,3	0	15,1	6,0	0	

39	40	41	42	43
GEW. %				KÖR- NUN- GS- ART
GRUS	SAND	SILT	TON	
G	S	U	T	
				ū T
-	2,0	68,2	29,9	ū T
-	4,5	58,0	37,5	ū T
-	7,8	58,1	34,1	ū T

PORUNG

44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
VOL. % GESAMT-BODEN										
pF	1,0- 1,8	1,8- 2,0	2,0- 2,3	2,3- 2,5	2,5- 2,8	2,8- 3,0	3,0- 3,3	3,3- 3,7	3,7- 4,2	>4,2 pF
LP	s	l	DP	MP			FP			
4,7	11,9	0,9	3,0	1,4	1,4	1,7	26,9			
NFK										
NFK										
NFK										
NFK										

63	1,30
TrD	

59	62,7
mg/100g	42,4
P ₂ O ₅ (t)	39,7

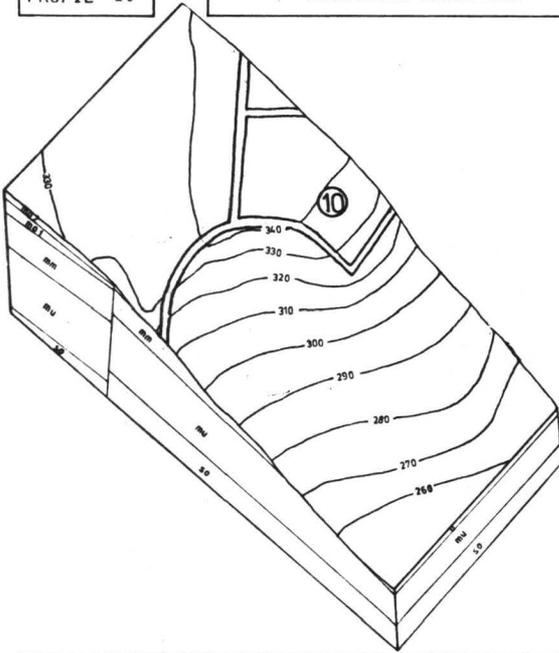
60	0,6
mg/100g	0
P ₂ O ₅ (DL)	0

61	17,5
mg/100g	7,5
K ₂ O (DL)	7,0

62	14,5
mg/100g	6,2
K (DL)	5,8

PROFIL 10

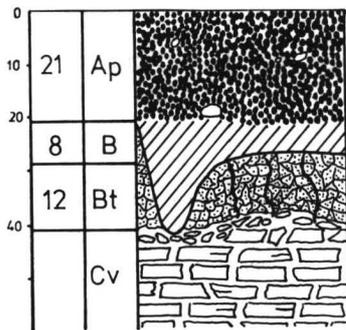
Kalkstein-Braunlehm



Kalkstein-Braunlehm aus Kalkstein
 FS :Parabraunerde-Terra fusca (im Ggstz. zu MOCKENHAUSEN (62))
 FAO:Brunic Luvisol
 ST :Lithic Hapludalf,
 D :Sol brun lessive complexe

LAGE/RELIEF	Plateaukante-Oberhang an der Süd-Ost-Seite des Drakenberges
VEGETATION	Acker (1975 Bestand Weizen)
GESTEIN	Löß über Frost-Schutt des mo 1 (Trochitenkalk)

HOR.	MUNSELL-FARBWERT		PROFIL-BESCHREIBUNG
	trocken	feucht	
Ap	10 YR 5/3	10 YR 3-4/4	dunkler Ap-Horizont, Mull, mit einigen Kalkstein-Brocken
B	10 YR 6/4	10 YR 4/4	schluffig, schmutzig grau-braun, mit taschenförmigen Eintiefungen
Bt	10 YR 5-4/4	10 YR 4/4	rötlich brauner Löß mit dunkelbrauner Ton-Infiltration
Cv	10 YR 7/4	10 YR 6/6	Trochiten-Kalk mit braunem Lehm als Lösungs-Rückstand



1	2	3	4	5	6	7	8
%		%o	%		mval/100 g		
C _t	C _t ^x 1,724	N _t	C _t /N _t	CaCO ₃	pH	KAK (8-13)	Ca ⁺⁺
1,9	3,3	0,2	10,0	0	6,7	24,5	21,1
0,8	1,3	0,1	12,8	0	6,5	19,3	17,2
0,4	0,6	0,1	6,2	0,5	6,9	37,8	34,65
0,6	1,1	0,1	12,2	29,5	7,1	25,7	23,6

KÖRNUNG

25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
GEW.-% GES.-BODEN (OBERE ZEILE), GEW.-% FEINERDE (<2 mm Ø) (UNTERE ZEILE)													
>10 mm	10- 6,3	6,3- 3,55	3,55- 2	2000 -630	630- 355	355- 200	200- 63	63- 36	36- 20	20- 6	6- 2	2- 0,6	<0,6 µm
g, m G	fG			gS	mS		fS	gU		mU	fU	gT	m, fT
				1,9			3,0	18,2	23,6	15,2	6,0	3,3	25,6
							3,2	19,1	24,9	16,0	6,4	3,5	27,0
							2,2	12,0	30,1	17,5	6,9	3,2	26,8
							2,2	12,2	30,5	17,8	7,0	3,3	27,1
							2,1	2,7	19,9	8,8	5,0	10,8	49,6
							2,1	2,8	20,1	8,9	5,1	10,9	50,2
29,9	7,3	7,3	3,7	4,9	2,0	1,2	1,4	1,2	1,8	3,1	4,2	4,9	13,7
							4,5	3,9	6,1	10,2	13,9	16,3	45,1

55	9,5
%o	9,9
Fe _d	11,7
	35,4

56	1,5
%	1,6
FeOOH (d)	1,9
	5,6

57	46,6
mg/100g	24,7
P _t	32,8
	24,7

58	40,8
	31,2
C _t /P _t	11,3
	24,6

9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
mval/100 g BODEN-MATERIAL							% KAK							mval/mval	dt/ha
Mg''	Na'	K'	NH ₄ '	H' S (8-12)	Ca'' aus CaCO ₃	Ca''	Mg''	Na'	K'	NH ₄ '	H'	Ca'' Mg	K' NH ₄	KALK-BED.	
0,5	0,5	0,2	0,1	1,1	23,4	1,3	86,1	6,1	1,0	0,8	0,4	4,5	14,1	2,0	14
0,0	0,2	0,2	0,1	0,6	18,7	1,4	89,1	5,2	1,1	1,0	0,5	3,1	17,2	2,0	9
0,9	0,4	0,3	0,05	0,5	37,3	6,6	91,7	5,0	1,0	0,8	0,1	1,3	18,2	6,0	6
0,4	0,2	0,4	0,1	0	25,7	12,3	91,8	5,4	0,9	1,6	0,4	0	16,9	4,0	0

9	40	41	42	43
GEW. %				KÖRNUNGS-ART
GRUS	SAND	SILT	TON	
G	S	U	T	
-	3,2	66,4	30,5	ū T
-	2,2	67,5	30,4	ū T
-	2,1	36,9	61,1	u' T
-	4,5	34,1	61,4	u' T

PORUNG

44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
VOL. % GESAMT-BODEN										
pF	1,0	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8	3,0	3,3	3,7	>4,2
LP	s	l	DP	MP	FP					
	1,0	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8	3,0	3,3	3,7	>4,2
3,2	6,3	0,5	1,6	0,6	0,3	3,4	31,2			
NFK										
4,0	13,1	1,2	2,7	2,3	2,2	1,7	25,2			
NFK										
4,0	3,7	1,9	3,3	2,7	2,9	1,6	41,2			
NFK										
NFK										

63	1,40
TrD	1,49
	1,36

59	78,8
g/100g	41,7
P ₂ O ₅ (t)	55,4
	41,7

60	3,3
mg/100g	0
P ₂ O ₅ (DL)	0,7
	0,6

61	11,5
mg/100g	8,5
K ₂ O	12,8
(DL)	8,7

62	9,5
mg/100g	7,0
K	10,6
(DL)	7,2

HORIZONT: Ap

- 202 -

FRAKTION	Q	F	K	G	I	HO	P	Pl	C	ERG	S	O	Σ	
>63 μm	26	3	0	2						0	0	0	31	
63-36 μm	137	32	0	8						6	0	8	191	
36-20 μm	193	42	0	2						10	0	2	249	
20- 6 μm	100	37	0	17						5	1	0	160	
6- 2 μm	34	13	0	13						3	1	0	64	
< 2 μm	61	0	27		33	74	0	77	33				305	
Σ	551	127	27	42	33	74	0	77	33	24	2	10	1000	
Σ	678			283										

HORIZONT: B

FRAKTION	Q	F	K	G	I	HO	P	Pl	C	ERG	S	O	Σ	
>63 μm	19	2	0	1						0	0	0	22	
63-36 μm	85	21	0	10						5	0	1	122	
36-20 μm	232	52	0	6						15	0	0	305	
20- 6 μm	113	32	0	23						7	3	0	178	
6- 2 μm	32	15	0	15						6	2	0	70	
< 2 μm	46	0	30		33	73	0	88	33				303	
Σ	527	122	30	55	33	73	0	88	33	33	5	1	1000	
Σ	649			315										

HORIZONT: Bt

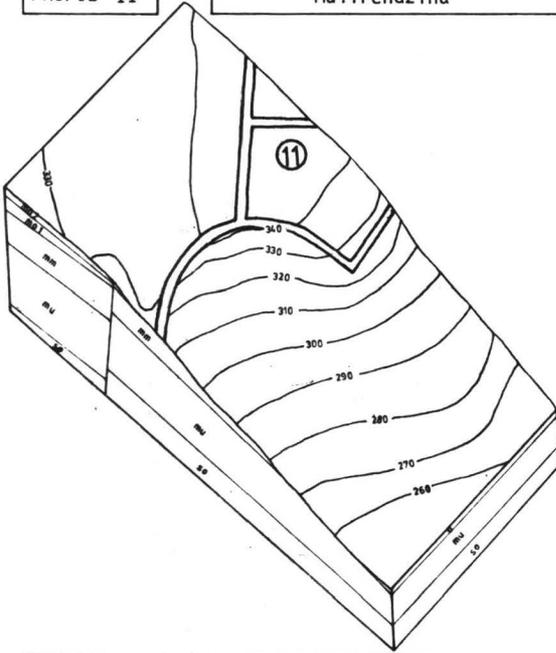
FRAKTION	Q	F	K	G	I	HO	P	Pl	C	ERG	S	O	Σ	
>63 μm	18	2	0	1						0	0	0	21	
63-36 μm	21	5	0	2						0	0	0	28	
36-20 μm	153	36	0	4						6	0	2	201	
20- 6 μm	55	19	0	11						3	1	0	89	
6- 2 μm	24	11	0	11						4	1	0	51	
< 2 μm	67	37	43		49	167	0	173	74				610	
Σ	338	110	43	29	49	167	0	173	74	13	2	2	1000	
Σ	448			505										

HORIZONT: Cv

FRAKTION	Q	F	K	G	I	HO	P	Pl	C	ERG	S	O	Σ	
>63 μm	35	6	0	3						1	0	0	45	
63-36 μm	27	6	0	3						3	0	0	39	
36-20 μm	49	8	0	2						2	0	0	61	
20- 6 μm	70	16	0	11						4	1	0	102	
6- 2 μm	61	24	0	42						8	4	0	139	
< 2 μm	67	67	37		61	75	55	170	82				614	
Σ	309	127	37	61	61	75	55	170	82	18	5	0	1000	
Σ	436			522										

PROFIL 11

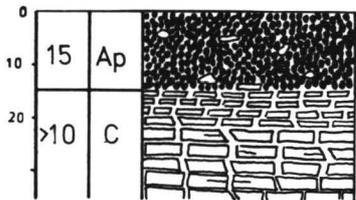
Mullrendzina



Mullrendzina aus Kalkstein
 FS : (normale) Mullrendzina(Acker)
 FAO: Calcic Lithosol
 ST : Lithic Rendoll
 D : Rendzine à Mull

LAGE/RELIEF	ebene Plateau-Lage auf dem Drakenberg
VEGETATION	Acker (1975 Bestand Weizen)
GESTEIN	Frost-Lager-Schutt des mo 1 (Trochitenkalk)

HOR.	MUNSELL-FARBWERT		PROFIL-BESCHREIBUNG
	trocken	feucht	
Ap	1o YR 5/2	1o YR 4/2	dunkler Mull, mit einigen Kalkstein-Brocken
C			Kalkstein-Detritus des mo 1 mit etwas verbrauntem Lösungs-Rückstand auf den Klüften



1	2	3	4	5	6	7	8
%		‰	%		mval/100 g		
C _t	C _t × 1,724	N _t	C _t /N _t	CaCO ₃	pH	KAK (8-13)	Ca ⁺⁺
3,3	5,7	0,3	10,9	6,8	7,4	33,8	31,3

KÖRNUNG

25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
GEW.-% GES.-BODEN (OBERE ZEILE), GEW.-% FEINERDE (<2 mm Ø) (UNTERE ZEILE)													
>10 mm	10-6,3	6,3-3,55	3,55-2	2000-630	630-355	355-200	200-63	63-36	36-20	20-6	6-2	2-0,6	<0,6 µm
g, m G	fG		gS	mS		fS	gU		mU	fU	gT	m, fT	
8,2	2,5	2,2	1,1	1,3	0,5	0,4	2,1	8,6	7,5	15,1	7,3	3,0	29,7
							2,9	11,8	10,2	20,6	10,0	4,1	40,5

55	25,0
%	
Fe _d	

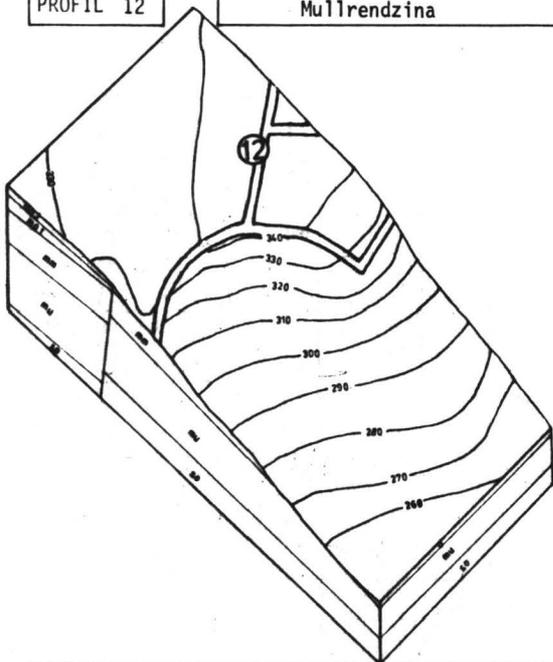
56	4,0
%	
FeOOH (d)	

57	64,5
mg/100g	
P _t	

58	50,9
C _t /P _t	

PROFIL 12

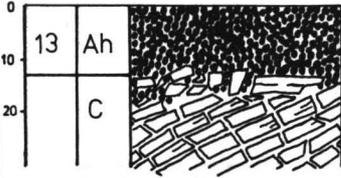
Mullrendzina



Mullrendzina aus
Kalkstein
FS : (normale) Mull-
rendzina (Gras)
FAO: Calcic Lithosol
ST : Lithic Rendoll
D : Rendzine à Mull

LAGE/RELIEF	ebene Plateau-Lage auf dem Drakenberg
VEGETATION	Wiese
GESTEIN	Trochitenkalk-Frost-Schutt über gebanktem Trochitenkalk

HOR.	MUNSELL-FARBWERT		PROFIL-BESCHREIBUNG
	trocken	feucht	
Ah	10 YR 5/3	10 YR 4/3	mittel- bis grob-polyedrischer dukler Mull, Mittel-Polyeder meist zu Grob-Polyedern verbacken
C			dickbankiger Trochitenkalk, Gesteins-Fugen mit gelbem Lösungs-Rückstand ausgefüllt Einfallen der Schichten 5,5-6,5 ⁰ W Streichrichtung 88° SW-NE



1	2	3	4	5	6	7	8
%	%	%	%	%		mval/100 g	
C _t	C _t * 1,724	N _t	C _t /N _t	CaCO ₃	pH	KAK (8-13)	Ca ⁺⁺
3,6	6,2	0,3	11,5	1,2	7,2	37,5	34,8

KÖRNRUNG

25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
GEW.-% GES.-BODEN (OBERE ZEILE), GEW.-% FEINERDE (<2 mm Ø) (UNTERE ZEILE)													
>10 mm	10-6,3	6,3-3,55	3,55-2	2000-630	630-355	355-200	200-63	63-36	36-20	20-6	6-2	2-0,6	<0,6 µm
g, m G	fG	gS	mS	fS	gU	mU	fU	gT	m, fT				
1,9	0,8	0,5	0,2	0,3	0,2	0,3	1,5	6,6	9,2	13,0	6,9	4,4	47,0
							1,7	7,5	10,4	14,7	7,8	5,0	53,0

55	25,5
%	
Fe _d	

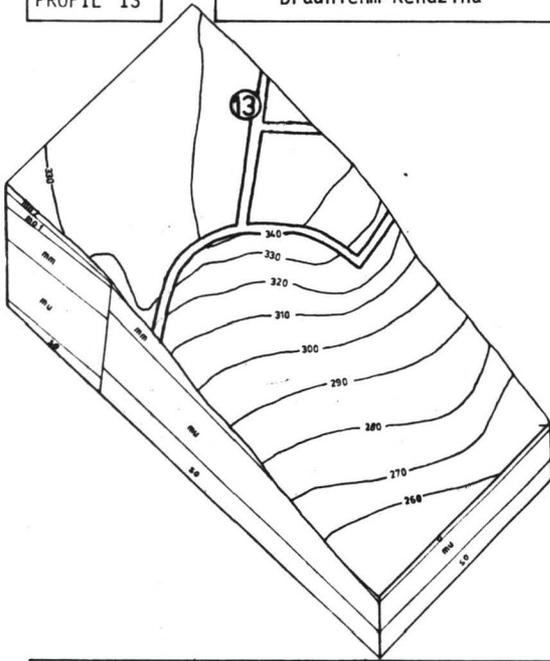
56	4,1
%	
FeOOH (d)	

57	80,4
mg/100g	
P _t	

58	44,4
C _t /P _t	

PROFIL 13

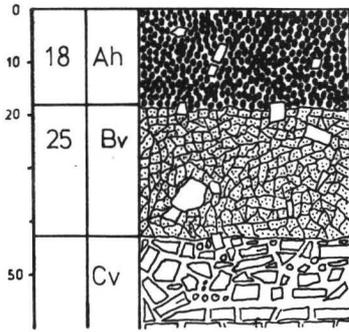
Braunlehm-Rendzina



Braunlehm-Rendzina
aus Kalkstein
FS :Terra fusca-Rendzina (vergl. MOCKENHAUSEN(62))
FAO:...)...) Rendzina
ST :Lithic Eutrochreptic Rendoll
D :Sol brun eutrophe

LAGE/RELIEF	ebene Plateau-Lage auf dem Drakenberg
VEGETATION	Wiese
GESTEIN	Trochitenkalk-Detritus der Lumachelle-Fazies

HOR.	MUNSELL-FARBWERT		PROFIL-BESCHREIBUNG
	trocken	feucht	
Ah	10 YR 7-6/2	10 YR 4/2	mittel- bis grob-polyedrischer dunkler Mull, kompakt, einige Kalkstein-Brocken
B	10 YR 6/3	10 YR 5/6	brauner Lehm, kompakt, mit stark angelösten Kalksteinen, Mull auf Leit-Bahnen beigemengt, glänzende fein- bis mittel-polyedrische Flächen, Polyeder untereinander verbacken
Cv			Gelivations-Horizont



1	2	3	4	5	6	7	8
%		‰	%		mval/100 g		
C _t	C _t ^x 1,724	N _t	C _t /N _t	CaCO ₃	pH	KAK (8-13)	Ca ⁺⁺
2,8	4,8	0,2	15,5	0	6,2	32,1	27,1
0,9	1,5	0,1	11,1	6,2	7,5	18,8	15,7

KÖRNERUNG

25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38		
GEW.-% GES.-BODEN (OBERE ZEILE), GEW.-% FEINERDE (<2 mm Ø) (UNTERE ZEILE)															
>10 mm	10- 6,3	6,3- 3,55	3,55- 2	2000- 630	630- 355	355- 200	200- 63	63- 36	36- 20	20- 6	6- 2	2- 0,6	<0,6 µm		
g, m G		fG		gS		mS		fS		gU		mU	fU	gT	m, fT
				1,1				5,7	8,3	19,2	13,8	9,0	5,3	32,8	
							6,1	8,8	20,4	14,7	9,5	5,7	34,9		
4,8	2,4	2,7	1,3	0,6	0,1	0,1	0,4	1,3	21,9	1,8	2,2	5,7	48,1		
							0,5	1,6	27,0	2,2	2,7	7,0	59,1		

55	11,3
%	35,0
Fe _d	

56	1,8
%	5,6
FeOOH (d)	

57	82,6
mg/100g	38,6
P _t	

58	33,9
	23,1
C _t /P _t	

9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
mval/100 g BODEN-MATERIAL							% KAK						mval/mval		dt/ha
Mg	Na	K	NH ₄	H	S (8-12)	Ca ⁺⁺ aus CaCO ₃	Ca	Mg	Na	K	NH ₄	H	Ca ⁺⁺ Mg	K NH ₄	KALK- BED.
1,8	0,2	0,4	0,1	2,5	29,6	2,3	84,4	5,5	0,6	1,1	0,3	7,8	15,1	4,0	29
1,7	0,4	0,9	0,1	0	18,8	26,0	83,5	8,9	2,1	4,8	0,5	0	9,2	9,0	0

PORUNG

39	40	41	42	43
GEW. %				KÖR- NUN- GS- ART
BRUS	SAND	SILT	TON	
G	S	U	T	
-	6,1	53,4	40,6	u T
-	0,5	33,5	66,1	T

44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
VOL. % GESAMT-BODEN										
pF	1,0- <1,0	1,8- 2,0	2,0- 2,3	2,3- 2,5	2,5- 2,8	2,8- 3,0	3,0- 3,3	3,3- 3,7	3,7- 4,2	>4,2 pF
LP	s	1	DP	MP				FP		
8,2	0	0,7	1,5	0,4	1,2	4,4	30,8			
NFK										
2,0	7,8	2,0	2,6	2,7	1,8	0,6	1,5	7,6	3,0	27,9
NFK 19,8										
NFK										
NFK										
NFK										

63	1,37
TrD	1,32

59	139,6
g/100g	65,2
P ₂ O ₅ (t)	

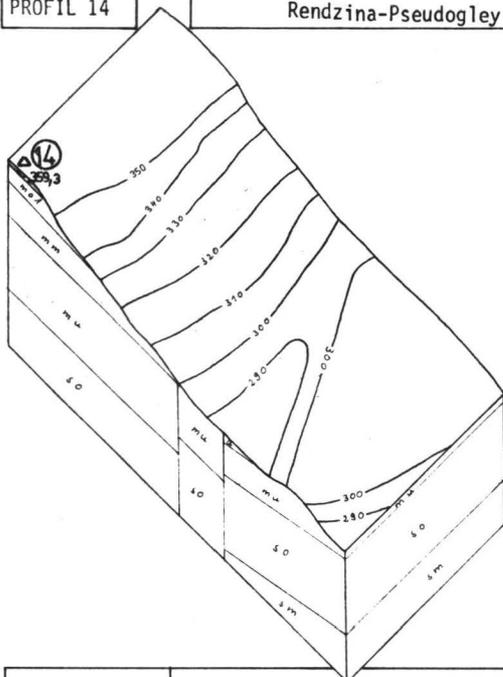
60	21,1
mg/100g	0,6
P ₂ O ₅ (DL)	

61	13,0
mg/100g	13,0
K ₂ O (DL)	

62	10,7
mg/100g	10,7
K (DL)	

PROFIL 14

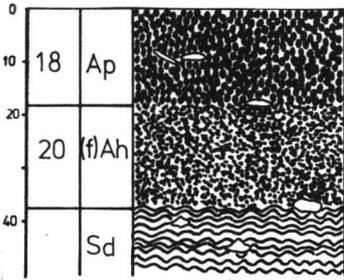
Rendzina-Pseudogley



Rendzina-Pseudogley aus Kalkmergel
 FS :Rendzina-Pseudogley
 FA0:Eutric Gleyic *) 1)
 Cambisol
 ST :Aquic *) Lithic *)
 Eutrochrept
 D :Stagnogley peu évoluée complexe
 *) vergl. DUCHAUFOUR (24)

LAGE/RELIEF	ebene Plateau-Lage auf dem Drakenberg
VEGETATION	Brache, Grasland
GESTEIN	Ceratitenlak (mo 2)

HOR.	MUNSELL-FARBWERT		PROFIL-BESCHREIBUNG
	trocken	feucht	
Ap	2,5 Y 6/2	2,5 Y 4-3/2	brauner schluffiger Lehm, Schwamm-Gefüge aus versinterten Polyedern, einige Kalkstein-Brocken
(f) Ah	2,5 Y 7-6/2	2,5 Y 4/2	fein-polyedrisches Gefüge, zu größeren Aggregaten verbacken, "bepuderte Oberflächen"
Sd	2,5 Y 7-6/4	2,5 Y 5/4	stein-haltiger lehmig-toniger Gr-Horizont mit wenigen Rost-Flecken



1	2	3	4	5	6	7	8
%		%	%		mval/100 g		
C _t	C _t ^x 1,724	N _t	C _t /N _t	CaCO ₃	pH	KAK (8-13)	Ca ⁺⁺
2,3	3,9	0,2	9,5	0	6,8	28,6	25,6
1,3	2,2	0,2	8,7	1,3	7,3	28,7	26,6
0,3	0,5	0,04	7,1	23,5	7,5	18,3	15,85

KÖRNRUNG

25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
GEW.-% GES.-BODEN (OBERE ZEILE), GEW.-% FEINERDE (<2 mm Ø) (UNTERE ZEILE)													
>10 mm	10-6,3	6,3-3,55	3,55-2	2000-630	630-355	355-200	200-63	63-36	36-20	20-6	6-2	2-0,6	<0,6 µm
g, m G	fG	gS	mS	fS	gU	mU	fU	gT	m, fT				
			4,1			6,8	7,7	25,0	15,1	7,9	4,7	25,2	
						7,4	8,3	27,0	16,3	8,5	5,1	27,3	
			7,4			5,6	5,3	21,4	13,3	9,5	4,5	30,1	
						6,3	5,9	23,8	14,9	10,6	5,0	33,6	
			5,0			0,9	1,0	6,8	12,5	11,9	4,5	34,8	
						1,3	1,4	9,4	17,3	16,4	6,2	48,1	

55	8,3
%	7,9
Fe _d	12,3

56	1,3
%	1,3
FeOOH (d)	2,0

57	61,1
mg/100g	74,3
P _t	70,5

58	37,3
	17,5
C _t /P _t	4,3

9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
mval/100 g BODEN-MATERIAL							% KAK						mval/mval		dt/ha
Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	H ⁺	S (8-12)	Ca ⁺⁺ aus CaCO ₃	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	H ⁺	Ca ⁺⁺ Mg ⁺⁺	K ⁺ NH ₄ ⁺	KALK- BED.
1,5	0,2	0,6	0,1	0,6	28,0	1,6	89,5	5,2	0,5	2,0	0,4	2,1	17,1	6,0	9
1,5	0,2	0,3	0,1	0	28,7	6,1	92,7	5,2	0,7	1,1	0,3	0	17,7	3,0	0
1,3	0,6	0,5	0,05	0	18,3	13,4	86,6	7,1	3,2	2,6	0,2	0	12,1	10,0	0

PORUNG

39	40	41	42	43
GEW. %				KÖR- NUN- GS- ART
GRUS	SAND	SILT	TON	
G	S	U	T	
-	7,4	60,1	32,4	u T
-	6,3	55,2	38,6	u T
-	1,3	44,5	54,3	u T

44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
VOL. % GESAMT-BODEN										
pF	1,0	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8	3,0	3,3	3,7	>4,2
LP	s	l	DP				MP			FP
1,0	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8	3,0	3,3	3,7	4,2	>4,2
10,5	4,0	1,8	1,4	2,5	2,1	1,8	5,1	3,5	2,0	18,0
NFK 18,4										
3,1	3,4	1,5	1,4	2,0	1,9	1,2	5,8	3,2	1,6	21,6
NFK 17,1										
NFK										
NFK										

63	1,24
TrD	1,42

59	103,3
mg/100g	125,6
P ₂ O ₅ (t)	119,2

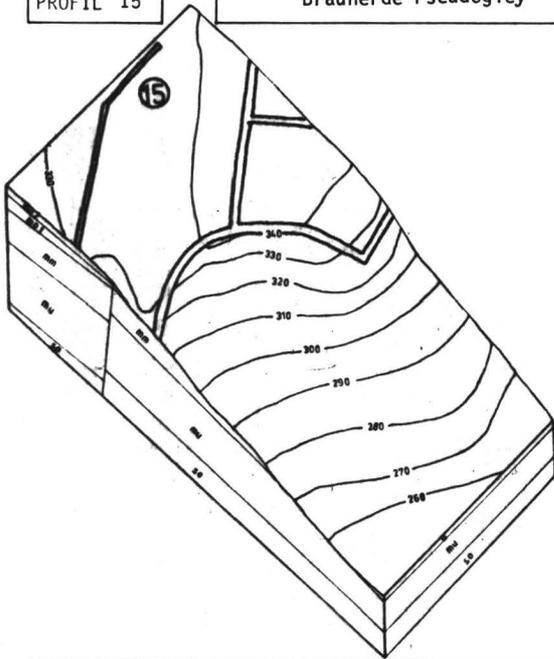
60	12,2
mg/100g	9,6
P ₂ O ₅ (DL)	0

61	17,0
mg/100g	12,5
K ₂ O(DL)	16,5

62	14,1
mg/100g	10,3
K(DL)	13,6

PROFIL 15

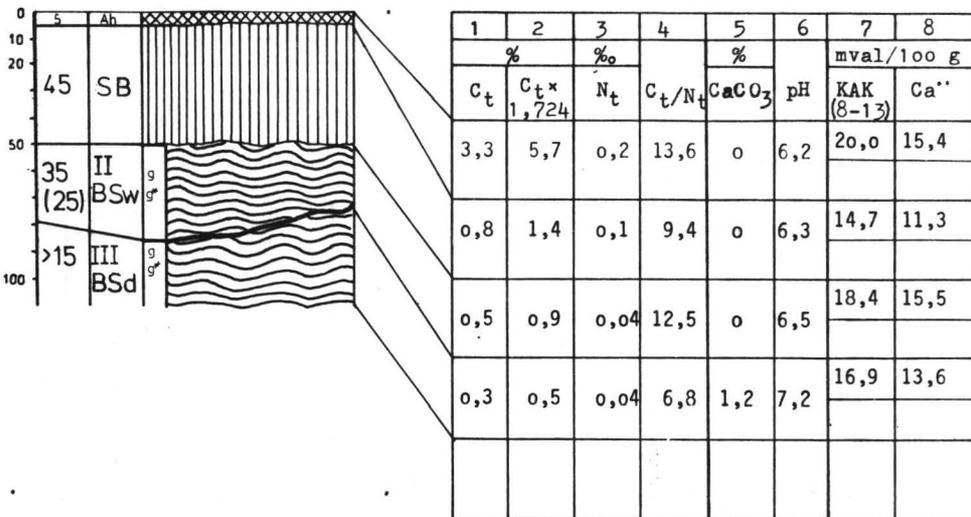
Braunerde-Pseudogley



Braunerde-Pseudogley aus Löß über Kalkstein
 FS : Braunerde-Pseudogley
 FAO: Eutric Gleyic *) 1)
 Cambisol
 ST : Aquic Eutrochrept
 D : Stagnogley peu évolué complexe
 1) vergl. DUCHAUFOR (24)

LAGE/RELIEF	Plateau des Drakenberges
VEGETATION	Wiese
GESTEIN	Löß über Ceratitenkalk

HOR.	MUNSELL-FARBWERT		PROFIL-BESCHREIBUNG
	trocken	feucht	
Ah	2,5 Y 6/2		flachgründiger Ah mit stark durchwurzelter Gras-Narbe
I SB	1o YR 7-6/3	1o YR 5-4/3	brauner, nur schwach marmorierter, relativ lockerer Löß-B-Horizont, Kohärent-Leitbahn-Gefüge mit mittel- bis grob-polyedrischen Absonderungs-Teilchen
II BSw	1o YR 7/2	1o YR 5/3	überwiegend grau reduzierter dunkler (fAh?) Schluff-Lehm, mit Rost-Mangan-Konkretions-Flecken, verbackene Fein-Polyeder
III BSd	1o YR 6-7/3	1o YR 5-6/3-4	gelb-grauer, rost-marmorierter Kalkstein-Lösungs-Rückstand



KÖRNUNG

25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
GEW.-% GES.-BODEN (OBERE ZEILE), GEW.-% FEINERDE (<2 mm Ø) (UNTERE ZEILE)													
>10 mm	10-6,3	6,3-3,55	3,55-2	2000-630	630-355	355-200	200-63	63-36	36-20	20-6	6-2	2-0,6	<0,6 µm
g, m G		fG		gS		mS		fS		gU		mU	
								2,9		14,3		38,5	
								3,1		15,2		40,8	
								10,7		8,6		36,0	
								10,8		8,7		36,5	
								7,6		8,8		30,5	
								7,6		8,8		30,8	
								1,3		2,2		20,2	
								1,3		2,2		20,6	

55	6,6
%	7,4
Fe _d	10,4
	14,6

56	1,1
%	1,2
FeOOH (d)	1,7
	2,3

57	47,0
mg/100g	32,5
P _t	54,9
	90,7

58	69,8
	25,6
C _t /P _t	9,1
	3,0

mval/100 g BODEN-MATERIAL							% KAK					mval/mval		dt/ha	
Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	H ⁺	S (8-12)	Ca ⁺⁺ aus CaCO ₃	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	H ⁺	Ca ⁺⁺ Mg ⁺⁺	K ⁺ NH ₄ ⁺	KALK- BED.
1,2	0,8	0,4	0,1	2,1	17,9	0,5	77,0	6,0	4,0	2,0	0,5	10,5	12,8	4,0	23
0,9	0,6	0,6	0,3	1,0	13,7	0,4	76,9	6,1	4,1	4,1	2,0	6,8	12,6	2,0	12
1,1	0,6	0,1	0,1	1,0	17,4	3,1	84,2	6,0	3,3	0,5	0,5	5,4	14,1	1,0	12
1,6	0,7	0,5	0,1	0,4	16,5	18,5	80,5	9,5	4,1	3,0	0,6	2,4	8,5	5,0	3

FORUNG

39	40	41	42	43
GEW. %				KÖR- NUN- GS- ART
GRUS	SAND	SILT	TON	
G	S	U	T	
-	3,1	84,0	12,9	t U
-	10,8	73,5	15,7	t U
-	7,6	67,7	24,7	t U
-	1,3	46,5	52,3	u T

44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
VOL. % GESAMT-BODEN										
pF	1,0	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8	3,0	3,3	3,7	4,2
<1,0	1,8	2,0	-2,3	2,5	-2,8	3,0	3,3	3,7	4,2	>4,2
LP	s	1	DP	MP						FP
NFK										
1,2	1,4	0,9	1,4	2,0	3,3	3,1	5,9	4,7	3,0	14,9
NFK 24,4										
2,0	4,6	1,1	2,4	2,0	2,5	1,3	4,6	5,4	2,4	16,3
NFK 20,6										
2,7	4,1	1,2	1,9	2,7	2,0	1,6	5,9	3,7	2,9	23,1
NFK 20,7										

63	
TrD	1,62
	1,47
	1,44

59	79,4
mg/100g	54,9
P ₂ O ₅ (t)	92,8
	153,3

60	21,1
mg/100g	1,3
P ₂ O ₅ (DL)	5,1
	21,1

61	18,8
mg/100g	7,0
K ₂ O (DL)	11,0
	17,8

62	15,5
mg/100g	5,8
K (DL)	9,1
	14,7

HORIZONT: Ah

FRAKTION	Q	F	K	G	I	HO	P	Pl	C	ERG	S	O	Σ	
>63 μm	25	3	0	3						0	0	0	31	
63-36 μm	105	39	0	4						3	0	1	152	
36-20 μm	320	52	0	12						24	0	0	408	
20- 6 μm	133	51	0	21						8	2	0	215	
6- 2 μm	33	14	0	14						3	1	0	65	
< 2 μm	24	4	10		18	30	0	30	13				129	
Σ	640	163	10	54	18	30	0	30	13	38	3	1	1000	
Σ	803			187										

HORIZONT: SF

FRAKTION	Q	F	K	G	I	HO	P	Pl	C	ERG	S	O	Σ	
>63 μm	86	10	0	10						2	0	0	108	
63-36 μm	61	20	0	4						2	0	0	87	
36-20 μm	278	62	0	7						18	0	0	365	
20- 6 μm	151	45	0	13						4	2	0	215	
6- 2 μm	30	12	0	18						5	3	0	68	
< 2 μm	23	3	14		28	23	10	39	17				157	
Σ	629	152	14	52	28	23	10	39	17	31	5	0	1000	
Σ	781			200										

HORIZONT: II BSw

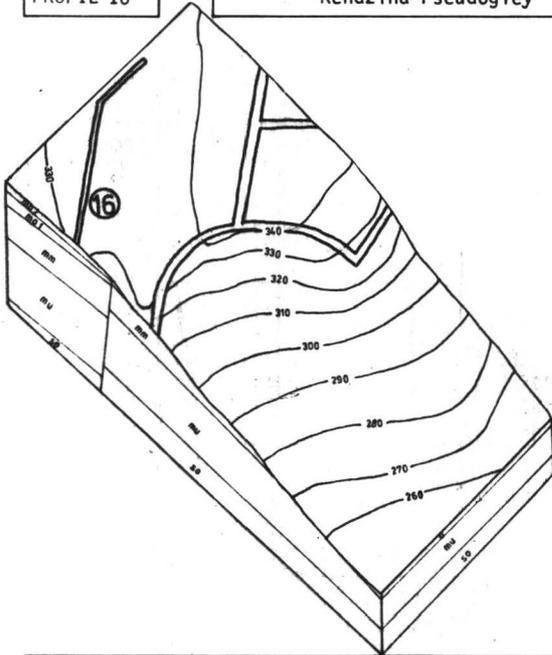
FRAKTION	Q	F	K	G	I	HO	P	Pl	C	ERG	S	O	Σ	
>63 μm	63	5	0	7						1	0	1	77	
63-36 μm	66	14	0	5						3	0	1	89	
36-20 μm	227	52	0	15						12	0	3	309	
20- 6 μm	129	36	0	26						8	2	0	201	
6- 2 μm	38	16	0	21						6	1	0	82	
< 2 μm	43	12	14		26	54	0	67	26				242	
Σ	566	135	14	74	26	54	0	67	26	30	3	5	1000	
Σ	701			277										

HORIZONT: III Bsd

FRAKTION	Q	F	K	G	I	HO	P	Pl	C	ERG	S	O	Σ	
>63 μm	11	1	0	1						0	0	0	13	
63-36 μm	16	5	0	1						0	0	0	22	
36-20 μm	154	40	0	10						2	0	0	206	
20- 6 μm	69	22	0	18						3	0	0	112	
6- 2 μm	51	27	0	36						9	2	0	125	
< 2 μm	115	10	10		83	142	0	120	42				522	
Σ	416	105	10	66	83	142	0	120	42	14	2	0	1000	
Σ	521			467										

PROFIL 16

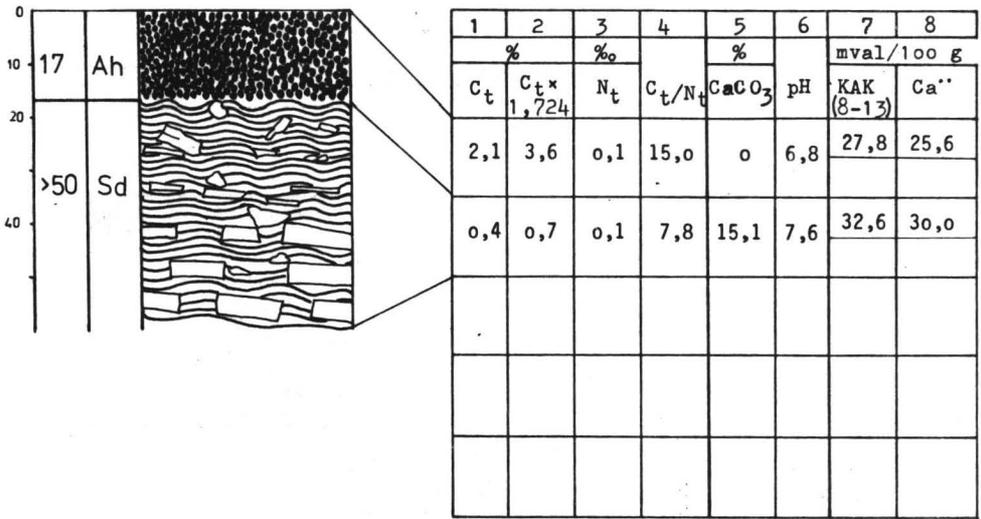
Rendzina-Pseudogley



Rendzina-Pseudogley
aus Kalkstein/Kalk-
stein-Grus
FS :Pseudogley-Rendzina
(siehe MÖCKENHAU-
SEN,62)
FAO:..*)..... Rendzina
ST :Aquic Rendoll
D :Rendzine a Mull
hydromorphe

LAGE/RELIEF	Plateau des Drakenberges
VEGETATION	Wiese
GESTEIN	Frost-Schutt des Ceratitenkalkes (mo 2)

HOR.	MUNSELL-FARBWERT		PROFIL-BESCHREIBUNG
	trocken	feucht	
Ah	10 YR 6/3	10 YR 5/2	zu Grob-Polyedern verbackene Fein-Polyeder, sehr schwache Marmorierung
Sd	2,5 Y 8/4	2,5 Y 7-6/6	dichte, gelbe, mäßig marmorierte Frost-Schutt-Decke mit Kalksteinen



KÖRNUNG

25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
GEW.-% GES.-BODEN (OBERE ZEILE), GEW.-% FEINERDE (<2 mm Ø) (UNTERE ZEILE)													
>10 mm	10-6,3	6,3-3,55	3,55-2	2000-630	630-355	355-200	200-63	63-36	36-20	20-6	6-2	2-0,6	<0,6 µm
g, m G	fG		gS	mS		fS	gU		mU	fU	gT	m, fT	
							11,6	4,8	28,8	16,0	7,5	2,9	24,9
							12,1	5,0	29,9	16,6	7,7	3,0	25,8
4,4	1,7	1,9	0,9	0,8	0,2	0,3	1,2	1,2	1,2	7,1	13,1	10,7	41,3
							1,6	1,6	1,5	9,4	17,2	14,1	54,5

55	8,8
‰	27,8
Fe _d	

56	1,4
‰	4,4
FeOOH (d)	

57	40,0
mg/100g	40,6
P _t	

58	52,4
	9,6
C _t /P _t	

9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
mval/100 g BODEN-MATERIAL							% KAK						mval/mval	dt/ha	
Mg	Na	K	NH ₄	H	S (8-12)	Ca aus CaCO ₃	Ca	Mg	Na	K	NH ₄	H	Ca Mg	K NH ₄	KALK- BED.
1,3	0,1	0,2	0,1	0,5	27,3	0	92,1	4,7	0,4	0,7	0,4	1,8	19,7	2,0	6
1,5	0,3	0,7	0,1	0	32,6	3,7	92,0	4,6	0,9	2,2	0,3	0	20,0	7,0	0

PORUNG

39	40	41	42	43
GEW. %				KÖR- NUN- GS- ART
GRUS	SAND	SILT	TON	
G	S	U	T	
-	12,1	59,2	28,8	u T
-	1,6	29,9	68,6	T

44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
VOL. % GESAMT-BODEN										
pF	1,0-	1,8-	2,0-	2,3-	2,5-	2,8-	3,0-	3,3-	3,7-	>4,2
<1,0	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8	3,0	3,3	3,7	4,2	pF
LP	s	l	DP	MP				FP		
6,2	7,8	0,7	1,7	1,0	2,2	8,4	25,8			
NFK										
5,5	3,8	1,6	1,7	1,6	2,5	1,3	7,0	3,7	1,0	27,8
NFK 18,8										
NFK										
NFK										

63	1,50
TrD	1,40

59	67,6
mg/100g	68,6
P ₂ O ₅ (t)	

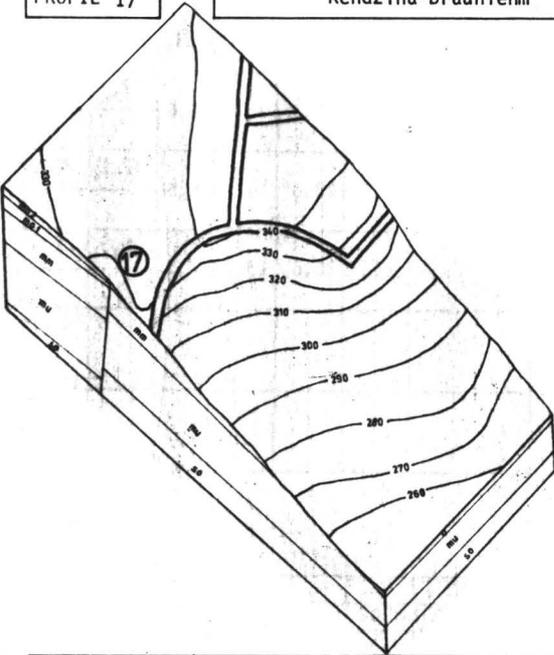
60	4,6
mg/100g	0
P ₂ O ₅ (DL)	

61	12,8
mg/100g	13,0
K ₂ O (DL)	

62	10,6
mg/100g	10,7
K (DL)	

PROFIL 17

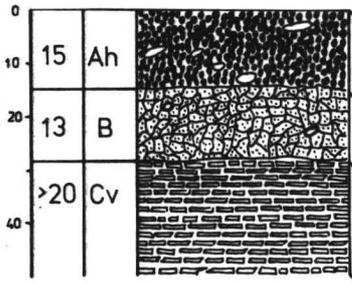
Rendzina-Braunlehm



Rendzina-Braunlehm
 aus Kalkstein
 FS :Rendzina-Terra
 fusca (MOCKEN-
 HAUSEN,62:Terra
 fusca-Rendzina)
 FAO:Cambic Rendzina
 ST :Lithic Eutro-
 chreptic Rendoll
 D : **

LAGE/RELIEF	Plateau des Drakenberges
VEGETATION	Wiese
GESTEIN	Frost-Schutt des Ceratitenkalkes (mo 2)

HOR.	MUNSELL-FARBWERT		PROFIL-BESCHREIBUNG
	trocken	feucht	
Ah	1o YR 6/2	1o YR 4/3	dunkler mittel- bis grob-polyedrischer Ah mit Trochitenkalk-Brocken
B	1o YR 6/3	1o YR 6-5/4	nahezu steinfreier brauner B-Horizont, fein- bis mittel-polyedrisch, verbacken zu größeren Aggregaten
Cv	2,5 Y 6/4	1o Yr 5/4	Solifluktuations-Decke, dicht, plastisch, Zwischenräume mit gelbem Lehm gefüllt



1	2	3	4	5	6	7	8
%		%	%		mval/100 g		
C _t	C _t ^x	N _t	C _t /N _t	CaCO ₃	pH	KAK (8-13)	Ca ⁺⁺
2,7	4,7	0,2	16,1	0	6,6	32,3	27,9
1,2	2,0	0,1	13,0	0	6,8	32,1	29,0
1,1	1,9	0,1	16,0	13,2	7,5	26,3	22,85

KÖRNUNG

GEW.-% GES.-BODEN (OBERE ZEILE), GEW.-% FEINERDE (<2 mm Ø) (UNTERE ZEILE)													
25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
>10 mm	10-6,3	6,3-3,55	3,55-2	2000-630	630-355	355-200	200-63	63-36	36-20	20-6	6-2	2-0,6	<0,6 µm
g, m G	fg		gS	mS		fS	gU		mU	fU	gT	m, fT	
			3,2				8,7	2,3	20,5	11,9	4,9	5,8	37,7
							10,1	2,6	22,3	13,0	5,4	5,5	41,1
							1,3	6,1	19,1	13,3	4,7	5,4	48,2
							1,3	6,2	19,5	13,6	4,8	5,5	49,1
3,2	0,6	1,1	0,8	0,8	0,3	0,2	0,3	1,3	0,6	10,5	2,7	12,1	51,5
							0,4	1,7	0,8	13,3	3,4	15,3	65,2

55	10,3
%	12,2
Fe _d	28,4

56	1,6
%	1,9
FeOOH (d)	4,5

57	72,8
mg/100g	47,0
P _t	49,5

58	37,5
	24,9
C _t /P _t	22,6

mval/100 g BODEN-MATERIAL								% KAK					mval/mval		dt/ha
Mg	Na	K	NH ₄	H	S (8-12)	Ca ⁺⁺ aus CaCO ₃	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na	K	NH ₄	H	Ca ⁺⁺ Mg	K ⁺ NH ₄	KALK- BED.
0,7	0,2	0,5	0,1	1,9	30,4	0	86,4	5,3	0,6	1,6	0,3	5,9	16,4	5,0	22
0,5	0,4	0,4	0,1	0,7	31,4	0	90,3	4,7	1,3	1,3	0,3	2,2	19,3	4,0	11
0,3	0,3	0,8	0,05	0	26,3	0	86,9	8,8	1,1	3,0	0,2	0	9,9	16,0	0

PORUNG

GEW. %				KÖR- NUN- GS- ART
40	41	42	43	
RUS	SAND	SILT	TON	
G	S	U	T	
	10,1	43,3	46,6	u T
	1,3	44,1	54,6	u T
	0,4	19,2	80,5	T

VOL. % GESAMT-BODEN										
44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
pF	1,0- 1,8	1,8- 2,0	2,0- 2,3	2,3- 2,5	2,5- 2,8	2,8- 3,0	3,0- 3,3	3,3- 3,7	3,7- 4,2	>4,2 pF
LP	s	1	DP				MP			FP
7,5	8,7	0,2	1,9	0,6	2,6	2,1		31,4		
NFK										
9,5	8,3	0,7	1,2	0,6	2,2	0,9		33,6		
NFK										
NFK										
NFK										

63	1,20
TrD	1,41

59	123,0
g/100g	79,4
P ₂ O ₅ (t)	83,7

60	26,6
mg/100g	10,8
P ₂ O ₅ (DL)	0

61	20,3
mg/100g	12,5
K ₂ O (DL)	10,5

62	16,8
mg/100g	10,3
K (DL)	8,7

Abstract

Thöle

Rolf

Bodengenetische und -ökologische Analyse eines Repräsentativ-Areals der Göttinger Muschelkalk-Scholle als landschaftsökologische Planungsgrundlage

Zur Durchführung von Landschaftsplanungen sind neben der Kenntnis der sozioökonomischen Daten auch die ökologischen Grunddaten notwendig.

An einem Repräsentativ-Gebiet des "Göttinger Waldes" wurden die ökologischen Daten unter besonderer Berücksichtigung der pedologischen Verhältnisse ermittelt, um Aussagen zu den dort bestehenden Interessenkonflikten zu machen.

Die bodenkundliche Untersuchung ergab, daß die Böden in Bezug auf ihren Mineralkörper in unterschiedlichen Mischungsverhältnissen aus den Verwitterungsresiduen der Kalkgesteine und aus Löß gebildet werden. Die Berechnung des Ausgangszustandes des bodenbildenden Substrates am Ende des Pleistozäns ergab, daß an der Oberfläche eine Schuttdecke existierte, die sich aus Kalkstein-Detritus, Lösungsrückstand und Löß zusammensetzte. Die Mächtigkeit schwankte zwischen 20 cm bei den heutigen flachgründigen Böden bis über 80 cm bei den heutigen tiefgründigen Böden.

Da die Böden in ihrem profilmorphologischen Aufbau zwar den Profilen der Normalbodenentwicklungsreihe auf Kalkstein entsprechen, aber aufgrund der Mischung aus mehreren Substraten in Humusgehalt, Farbe und Struktur hiervon abweichen, wird als bodensystematischer Vorschlag angeregt, die bestehenden bodensystematischen Unterscheidungen zwischen Böden aus festem Kalkgestein (Rendzina) und Böden aus kalkhaltigem Silikatgestein (Pararendzina) aufzugeben und durch die Unterscheidung von Typen mit festem bzw. lockerem Gesteinsuntergrund zu ersetzen.

Die Zusammensetzung der Bodensubstrate aus mehreren verschiedenen Materialien verändert deutlich die ökologische Leistungsfähigkeit der Böden. Dies betrifft insbesondere das Porenvolumen und die Porenverteilung. Ungünstig ist auf diesen Standorten häufig die mangelnde Wasserspeichermöglichkeit aufgrund der Flachgründigkeit der Böden. In Trockenphasen leidet damit die Nährstoff-Vermittlung an die Pflanze.

