

# Bodentypen im Kreis Freiburg i. Br.

von

Wolfgang Moll, Freiburg i. Br.

5 Tafeln, 7 Tabellen

## Inhaltsverzeichnis

Einleitung . . . . .	6
I. Gebietsübersicht . . . . .	7
II. Boden und Landschaft . . . . .	8
1. Rheinaue . . . . .	8
2. Rheinebene / Niederterrasse . . . . .	9
3. Kaiserstuhl / Vorbergzone . . . . .	12
a) Lößlandschaften . . . . .	12
b) Vulkanischer Kaiserstuhl (lößfreier Teil) . . . . .	14
c) Schönberggruppe . . . . .	15
4. Freiburger Bucht / Zartener Becken . . . . .	17
5. Schwarzwald . . . . .	19
a) Randzone . . . . .	19
b) Gneisgebiet . . . . .	21
III. Dynamik und Genetik . . . . .	24
1. Kalkrohböden . . . . .	24
2. Smonitzen . . . . .	26
3. Pararendzinen . . . . .	27
4. Rendzinen . . . . .	28
5. Basenreiche A-C-Silikatböden . . . . .	29
6. Kalksteinbraunlehme . . . . .	32
7. Kalksteinbraunerden . . . . .	33
8. Eutrophe Braunerden / Pseudogleye . . . . .	34
9. Mesotrophe Braunerden / Podsolige Braunerden . . . . .	35
a) Stabilisierende Faktoren . . . . .	36
b) Podsolierende Faktoren . . . . .	40
c) Dynamik und bodensystematische Stellung . . . . .	44
10. Podsole / Gleypodsole . . . . .	47
11. Auenböden / Gleye / Anmoorgleye . . . . .	48
IV. Zusammenfassung . . . . .	49
V. Angeführte Schriften . . . . .	56
Tabellen . . . . .	

## Einleitung

Diese Arbeit<sup>1,2,3</sup> soll einen kurzen Überblick über Art und Verbreitung der im Kreis Freiburg i. Br. vorkommenden Böden vermitteln. Die zugehörige Bodenkarte wird im Rahmen der Kreisbeschreibung durch das Statistische Landesamt veröffentlicht.

Die Arbeit hat zwei Schwerpunkte:

- a) Die Erfassung der Böden des Kreises Freiburg i. Br. unter Einbeziehung des ganzen Kaiserstuhls, Nimbergs und des Kandelmassivs;
- b) eine spezielle Untersuchung der verschiedenen Braunerdevarianten im Grundgebirge.

Die Böden wurden in Gruppen eingeteilt:

- A Kalkhaltige Rohböden,
- B Rendzinaartige Auenböden,
- C Pararendzinen,
- D Rendzinen,
- E A-C-Silikatböden,
- F Braunlehme,
- G Eutrophe Braunerden / Pseudogleye,
- H Mesotrophe Braunerden,
- J Podsolige Braunerden,
- K Kryptopodsole,
- L Podsole / Gleyopodsole,
- M Auenböden / Gleye.

Die Bezeichnung der Horizonte der Bodenprofile geschah in Anlehnung an das System von STREMMER (115). Auf eine Unterscheidung zwischen B- und (B)-Horizont wurde aus verschiedenen Gründen bewußt verzichtet.

Der Kaiserstuhl wurde gemeinsam mit den Herren Dr. H. HARTH und Dr. K. E. REHFUESS bearbeitet. Zur Vervollständigung der analytischen Angaben wurden von HARTH (1956) drei Profile (C 1, D 1, E 1), von STEEGMAYER (1957) zwei Profile (H 3, H 4) übernommen.

<sup>1</sup> Auszug aus: MOLL, W Die wichtigsten Böden des Breisgaus. Naturwiss.-math. Diss., masch.-schriftl., 132 S., 2 Profile, 10 Tabellen, 1 Karte, Freiburg i. Br. 1958.

Ausführliche Profilbeschreibungen und Vegetationsangaben sowie weitere, in vorliegender Arbeit nicht enthaltene Profile und analytische Angaben finden sich in den Arbeiten HARTH (1956), MOLL (1958), REHFUESS (1957), STEEGMAYER (1957).

<sup>3</sup> An dieser Stelle ist besonders der WISSENSCHAFTLICHEN GESELLSCHAFT FREIBURG zu danken, ohne deren tatkräftige Unterstützung es dem Institut für Bodenkunde der Universität Freiburg i. Br. (Direktor Prof. Dr. R. GANSEN) bzw. dessen Mitarbeitern nicht möglich gewesen wäre, die Böden im südbadischen Raum eingehender zu untersuchen.

## I. Gebietsübersicht

Der Kreis Freiburg ist ein Teil des Breisgaaues (HABBE, 1954). Er hat ebenso wie der Breisgau Anteil an verschiedenartigen Landschaftsformen (CREUTZBURG, 1954). Die Rheinniederung hat ein Niveau von durchschnittlich 190 bis 210 m NN. Die Vulkaninsel des Kaiserstuhls erhebt sich bis zu 557 m NN. Die Vorbergzone besteht aus flachen, langgestreckten Schollen (Tuniberg, Nimberg, Ost-Kaiserstuhl), die sich wenig über 250 m NN erheben. Schönberg- und Hochfirstgruppe ragen bis über 640 m NN auf. Das Niveau der Freiburger Bucht steigt von Westen nach Osten langsam an, von etwa 200 m NN am Ostrand des Tunibergs bis 300 m NN in der Stadtmitte von Freiburg. Das Grundgebirge ragt steil am Ostrand des Oberrheingrabens auf. Seine höchsten Erhebungen innerhalb des Kreises Freiburg sind der Kandel mit 1241 m NN und der Schauinsland mit 1284 m NN. An der Bodenbildung beteiligt sind im Rheintal kalkhaltige alpine Schotter und Sande. Im Kaiserstuhl, vorwiegend in größeren Höhenlagen, sind basische bis ultrabasische Ergußgesteine, wie der Tephrit, der Essexit und der Limburgit bodenbildend (WIMMENAUER, 1957). In der Vorbergzone stellen in geringem Maße Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper das Ausgangsmaterial. Wesentlich stärker beteiligt sind die Schichten des Dogger vom Opalinuston bis zum Hauptrogenstein. In Gipfellagen der Vorbergzone tritt ein Alttertiärkonglomerat bodenbildend auf. Weite Teile der Vorbergzone und des Kaiserstuhls, stellenweise auch der Gebirgsfuß des Schwarzwaldes, werden von Löß eingenommen. Der Anteil des Grundgebirges am Kreis Freiburg beträgt etwa 50 %. Im nördlichen Teil sind Paragneise und Mischgneise vorherrschend, im südlichen Teil sind vorwiegend Anatexite, Meatexite und Diatexite (MEHNERT, 1953) an der Bodenbildung beteiligt. Vereinzelt handelt es sich auch um kleinere Granitstöcke und -gänge oder, wie zwischen Staufen und Obermünstertal, um Quarzporphyrdecken. Der Schutt des Grundgebirges erfüllt in Form von basenarmen Schottern und Geröllen die Senke des Zartener Beckens und große Teile der Freiburger Bucht. Insgesamt treten auf etwa 65 % der bearbeiteten Fläche basenärmere Gesteine bodenbildend in Erscheinung.

Es bestehen beträchtliche Klimaunterschiede innerhalb des Kreises Freiburg (CREUTZBURG, 1954). Die in der Oberrheinebene liegende Hälfte des Kreises gehört zu den wärmsten Gegenden Deutschlands. Sie liegt geschützt zwischen Schwarzwald und Vogesen und ist direkt beeinflusst durch das Colmarer Trockengebiet. Colmar hat mit 10,7° C eines der höchsten jährlichen Temperaturmittel in Mitteleuropa. In dem zum benachbarten Kreis Freiburg gehörenden Teil der Oberrheinebene liegt das Temperaturmittel bei etwa 10° C. Die Jahresschwankung der Temperatur liegt im Mittel bei 18,3° C und erinnert wie die Temperaturen selbst an die Verhältnisse am Südrand der Alpen. Das Klima besitzt im westlichen Teil der Ebene kontinentalere Züge als im östlichen Teil. Bei jenem macht sich die unmittel-

bare Nachbarschaft der Colmarer Trockenzone dadurch bemerkbar, daß die Niederschläge sehr gering sind; sie schwanken etwa zwischen 550 und 650 mm jährlich. Im östlichen Teil der Ebene steigen die Niederschläge mit Annäherung an das Gebirge rasch an und betragen am Gebirgsrand etwa 900 mm im Mittel. Das Klima ist daher in Gebirgsnähe etwas ausgeglichener. Das Klima des Schwarzwaldes ist, soweit der Kreis Freiburg an diesem Anteil hat, ausgeglichener und ozeanischer geprägt. Mit zunehmender Höhenlage sinken die Temperaturmittel bis auf etwa 3° C in 1400 m Höhe ab. Gleichzeitig steigen die Niederschläge bis zu etwa 2000 m jährlich an. Insgesamt ist das Klima des westlichen Südschwarzwaldes gegenüber dem übrigen Schwarzwald etwas begünstigt durch die Auswirkungen des Vogesenföhns und des Alpenföhns.

## II. Boden und Landschaft

### 1. Rheinaue

Welche einschneidende Bedeutung der sich ändernde Einfluß eines einzigen bodenbildenden Faktors für ein ganzes Landschaftsbild haben kann, ist mit geradezu erschreckender Deutlichkeit gegenwärtig südlich von Breisach in der Flußaue des Rheines zu verfolgen. Hier sind in einem ursprünglich einheitlichen Landschaftsteil als Folge der Grundwasserabsenkung in den letzten Jahren heute zwei außerordentlich gegensätzliche Formen des Landschaftsbildes nebeneinander zu beobachten. Bis etwa auf die Höhe von Grenzhausen ist von Norden her das Bild der Rheinaue bestimmt durch hohen Grundwasserstand und die gutwüchsigen Assoziationen des *Salici-Populetum* (Weiden-Pappel-Aue) bzw. des *Fraxino-Ulmetum* (Eichen-Ulmen-Auenwald) (OBERDORFER, 1957, S. 398). Sie stellen die charakteristischen Vegetationsgesellschaften für den in dieser episodisch immer wieder überschwemmten Flußaue verbreiteten Rohaueboden dar. Infolge der zeitweiligen Überschwemmung und der damit verbundenen Aufschlickung wird eine Weiterentwicklung des Rohauebodens ständig unterbrochen. Der Auenwald bezieht seine Nährstoffe deshalb wohl in erster Linie nicht aus dem Rohaueboden, der wegen seiner mäßigen Entwicklung gar nicht als Hauptnährstofflieferant für den schnellwüchsigen Auenwald in Frage kommen kann. Wahrscheinlich wird fast ausschließlich der Nährstoffgehalt des Wassers und der jeweils jüngsten Aufschlickung durch die Vegetation ausgenutzt. Südlich von Grenzhausen kommt die Absenkung des Rheinwasserspiegels voll zur Auswirkung. Der bis dahin unter Wassereinfluß stehende kalkhaltige Rohboden fällt vollständig trocken. Damit wird der wasserbedürftigen Auenwaldgesellschaft die Lebensmöglichkeit entzogen, sie ist durch den akuten Wassermangel zum Absterben verurteilt, zumal mit dem Fortfall des Rheinwassers auch die Hauptnährstoffquelle versiegt. Dieser Prozeß erfährt keine Milderung durch etwa zur Verfügung stehende reich-

liche Niederschläge, da gerade die Rheinaue in einem warmen, niederschlagsarmen Klimabereich liegt. Die geringen Niederschläge von etwa 650 mm (HASEMANN, 1953) versickern sehr rasch in dem sandigen Aufschlickungsmaterial, sofern sie bei der hohen Jahrestemperatur von etwa 10° C (JAHRBUCH, 1952) nicht zum überwiegenden Teil der Verdunstung anheimfallen. Auch der Humus hat als Wasserspeicher keinerlei Bedeutung. Die von der Auenwaldvegetation herrührende Humusdecke ist nur geringmächtig, da durch die wiederholte Überflutung eine größere Humussammlung verhindert wurde. In dem trockenen und warmen Klima zehrt der hohe Kalkgehalt der alluvialen Sande zusätzlich den wenigen Humus allmählich auf. Es treten immer mehr anspruchslose Steppenpflanzen an die Stelle der ehemaligen Auenvegetation. Sie bilden keine zusammenhängende, schatten spendende Vegetationsdecke mehr, und der minimale Anfall an Rotteprodukten reicht für eine Humusbildung nicht mehr aus. Unter dem herrschenden Klima ist damit zunächst ein scheinbarer Stillstand der Entwicklung zu verzeichnen. Aus dem nährstoffreichen Ausgangsmaterial kann sich offensichtlich infolge Wassermangels kein produktiver Boden entwickeln, d. h. kein Boden, der für eine anspruchsvolle Vegetationsgesellschaft genügend Nährstoffe in pflanzenaufnehmbarer Form zur Verfügung zu stellen vermag. Die nur noch schütterere, unzusammenhängende Flora drückt die Wirkung der anfallenden Niederschläge auf ein Minimum herab, indem sie den mangelhaft bedeckten Rohboden voll der austrocknenden Wirkung des sommerheißen Klimas aussetzt. Über längere Zeiträume hinweg ist aber auch hier eine Weiterentwicklung der natürlichen Vegetation zu erwarten. Nach OBERDORFER (1957, S. 398) wird das Salici-Populetum bzw. Fraxino-Ulmetum über die Zwischenstufe des Sanddornbusches oder des offenen Trockenrasens wahrscheinlich durch das Salici-Pinetum, den oberrheinischen Kiefern-Auen-Trockenwald, ersetzt werden.

Die zur Zeit etwas trostlos erscheinende Situation dieses Landschaftsteiles hat vor allem in den letzten Jahren des öfteren zu lebhaften Diskussionen und teilweise ungerechtfertigt düsteren Zukunftsprognosen Anlaß gegeben. Es wird daher bei der Diskussion des Profils A 1 noch eingehend zur möglichen Entwicklung Stellung genommen.

## 2. Rheinebene / Niederterrasse

In der Rheinebene zwischen Hochgestade bzw. Hochwasserdamm, Kaiserstuhl und Tuniberg, die sowohl morphologisch als auch geologisch eine Einheit darstellt, konnten sechs verschiedenartige Bodengruppen ausgeschieden werden. Diese Differenzierung hat klimatische, hydrologische und wirtschaftliche Gründe. Je nach vorherrschenden Faktoren sind ausgebildet: kalksteinbraunlehmartige Böden, eutrophe Braunerden, steppenartige Böden, rendzinaartige Böden, Auenböden und Gleye. Das Ausgangsmaterial für alle Böden sind die gleichen, kalkhaltigen Rheinschotter bzw. in geringem

Maße ebenfalls kalkhaltige, mehr sandige Alluvialaufschüttungen (CREUTZBURG, 1954), (LAIS, 1933). Insofern bietet die Niederterrasse ein schönes Beispiel dafür, daß der Faktor Gestein bei der Bodenbildung bei weitem nicht die dominierende Rolle spielt, die man ihm in Europa nur zu häufig zuspricht (GANSSEN, 1957, S. 88). Die Natur demonstriert hier in einer selten deutlichen Weise, wie empfindlich der Boden in seiner Genetik auf eine Veränderung anderer, oft weniger beachteter Faktoren reagiert.

Die Kalkgehalte des Ausgangsmaterials weisen nur geringfügige, für die Bodenbildung unwesentliche Unterschiede auf. Lediglich die häufig wechselnde Korngröße übt eine steuernde Wirkung auf die Verwitterungsvorgänge aus, die sich beim gleichen Bodentyp in einer stärker variierenden Mächtigkeit des Gesamtprofils bemerkbar macht.

In etwa einem Viertel der Fläche, vorwiegend im Nordosten der Niederung, wird die Bodenbildung durch oberflächennahes Grundwasser beeinflusst. Zwischen Ihringen und Gündlingen befindet sich eine lokale Wasserscheide. Das Gebiet östlich dieser Linie entwässert nach Nordosten durch den Engpaß zwischen Kaiserstuhl und Tuniberg. Östlich von Wasenweiler wird das Grundwasser ständig bis nahe an die Oberfläche gestaut. Es sind dort Böden verbreitet, die der Gruppe der Gleye bzw. anmoorigen Gleye angehören. Die Anmoorböden (KUBIENA, 1953) sind zwar bis in größere Tiefe entkalkt, aber noch sehr basenreich. Zwischen Wasenweiler und Merdingen geht der Anmoorgley bzw. Gley in einen normalen Auenboden über. Westlich von Wasenweiler ist eine andere Entwicklung zu verzeichnen. Der Karbonatgehalt im Gesamtprofil steigt allmählich an und die Gleye werden bei abnehmendem Grundwassereinfluß von rendzinaartigen Auenböden abgelöst.

Ein anmooriges Gleyprofil aus der Nähe von Wasenweiler, das für die durchschnittliche Ausbildung des Bodens in der Zone des oberflächennahen Grundwassers typisch ist, wird in den Tabellen unter der Nr. M 2 näher beschrieben. Die Vegetation entspricht weitgehend dem Pruno-Fraxinetum Oberd. 53, dem Erlen-Eschen-Auenwald, zeigt jedoch leichte Anklänge an das Fraxino-Ulmetum Oberd. 53, den Eichen-Ulmen-Auenwald, wie er häufig bei hochanstehendem Wasser und verlangsamtem Wasserzug anzutreffen ist (OBERDORFER, 1957, S. 416). Westlich der Linie Ihringen—Gündlingen macht sich die durch die Rheinkanalisation verursachte Grundwasserabsenkung sehr bemerkbar. Das Grundwasser beeinflusst heute die Bodenbildung nicht mehr. Noch um die Jahrhundertwende waren auch in diesem Teil der Niederung vergleyte und anmoorige Böden verbreitet. Bei der allmählichen Absenkung des Grundwassers entwickelten sich die Böden nicht zu einer Vega (KUBIENA, 1953), zu einem normalen braunen Auenboden mit A-B (G)-C (Ca)-Profil, sondern zu einem karbonathaltigen A-C-Boden, der an der Untergrenze des A-Horizonts eine Ca-Anreicherungszone aufweist. Dieser Typ löst heute bei Ihringen die grundwasserbeeinflussten Böden

ab. Er kann auf Grund seiner Entstehungsweise, seines A-C-Profiles, seines Karbonatgehaltes und seiner Ca-Anreicherungszone nach KUBIENA (1953, S. 160) als Rendzina-ähnlicher, ehemaliger Aueboden oder Borowina angesprochen werden. In Richtung Breisach, also nach Westen, verstärken sich allmählich die Merkmale für eine abermalige Umwandlung dieses Typs. Der Humushorizont wird immer mächtiger, die Humusform verbessert sich vor allem im oberen Teil des A-Horizontes, in den obersten Zentimetern des Profils läßt sich eine sekundäre  $\text{CaCO}_3$ -Anreicherung feststellen, die Bildung von Ton-Humuskomplexen und das zoogene Bodenleben nehmen zu. Diese Merkmale entsprechen nicht mehr einer Borowina, sondern weit eher einer Smonitza, einem Schwarzerde-ähnlichen, ehemaligen Aueboden (KUBIENA, 1953, S. 160). Es wird daher in der Profilbeschreibung der Boden als Smonitza bezeichnet (Profil B 1), obwohl es sich strenggenommen nur um eine smonitzaähnliche Bildung handelt. Berechtigt ist die Anwendung dieses Synonyms aber insofern, als der noch in Umwandlung begriffene ehemalige Aueboden bereits zahlreiche steppenbodenartige Merkmale zeigt.

Entscheidend für die ganzen Umwandlungsprozesse dürfte der unmittelbare Einfluß der Colmarer Trockeninsel auf diesen Landschaftsteil sein. Innerhalb eines engbegrenzten Bereiches ist hier der Verdunstungsfaktor größer als der Niederschlagsfaktor. Die Niederschläge schwanken zwischen etwa 570 mm im Westen (Breisach) und etwa 650 mm im Osten (Tuniberg), während die Verdunstungsmenge theoretisch etwa 700 bis 800 mm beträgt. Eine Erhöhung der Niederschläge durch die Massenerhebung des Kaiserstuhls wird durch verstärkten Oberflächenabfluß wieder ausgeglichen (CREUTZBURG, 1954), (REICHSAMT FÜR WETTERDIENST, 1939), (SCHREFFER, 1933), (HASEMANN, 1953), (JAHRBUCH, 1952). Das Überwiegen des Verdunstungsfaktors übt auf das Gesamtprofil einen konservierenden, die Degradation hemmenden Einfluß aus. Unter durchschnittlichen mitteleuropäischen Klimabedingungen hätte die Entwicklung in Richtung einer Vega bzw. einer Braunerde verlaufen müssen. Statt dessen ist nun ein steppenartiger A-C-Boden mit mächtigem Humushorizont verbreitet. Bei der Kartierung wurden zunächst alle Böden, deren Ausgangsgestein weniger als 50%  $\text{CaCO}_3$  enthält und die ein ausgeprägtes A-C-Profil aufweisen, als Pararendzinen ausgeschieden. Bei einer eingehenderen Untersuchung mußte jedoch zwischen den Pararendzinen auf Löß, die ihre hauptsächliche Verbreitung im Kaiserstuhl und in der Vorbergzone haben, und den aus Aueböden bzw. Gleyen hervorgegangenen A-C-Böden mit rendzinaartigem oder steppenbodenartigen Charakter unterschieden werden.

Eine genaue Angabe über die Zusammensetzung der typischen Vegetation bereitet wegen der stärkeren Bewirtschaftung dieser Böden Schwierigkeiten. Wahrscheinlich handelt es sich um ein Übergangsstadium vom Pruno-Fraxinetum zum Mesobrometum.

Auf der Niederterrasse ist keineswegs überall dort ein kalkhaltiger A-C-Boden verbreitet, wo das Grundwasser die Bodenbildung nicht beeinflusst. Südlich von Gündlingen wird der A-C-Boden von einem Kalksteinbraunlehm abgelöst, der mit seinen auffälligen rost- bis rötlich-braunen Farben weite Flächen einnimmt (GANSSEN, 1957, S. 55). Dieser Kalksteinbraunlehm, auch Terra fusca genannt (KUBIENA, 1953), ist nur dort verbreitet, wo die Niederterrasse ackerbaulich genutzt wird.

Im Gegensatz dazu ist der Boden unter Waldbedeckung (Querceto-Carpinetum) im gleichen Gebiet als sandig-lehmige, basenreiche Braunerde entwickelt. Die schützende, schattenspendende Vegetationsdecke wirkt ausgleichend gegenüber den Klimaextremen, vermindert die Verdunstung und bietet bessere Lebensbedingungen für eine anspruchsvolle Bodenfauna. Der ungestörte, wenn auch nicht mächtige Humushorizont hemmt einen zu schnellen Abfluß der Niederschläge und wirkt z. T. als Wasserspeicher. In Verbindung mit einer guten Durchwurzelung sind hierdurch die Voraussetzungen für eine Tonbildung wesentlich günstiger als in den benachbarten Ackergebieten. Eine Rubefizierung konnte unter geschlossener Waldbedeckung nirgends festgestellt werden. Vor der Rheinkorrektur war die Niederterrasse mehr bewaldet (LANGEN, 1956). Es kann angenommen werden, daß analog zu den heute noch vorhandenen Braunerden unter den Waldrelikten einstmals die Braunerden viel weiter verbreitet waren. Erst die landwirtschaftliche Nutzung dieser Braunerden hat bei den gegebenen Klimaextremen allmählich zu einer Terra fusca-artigen Veränderung des Bodengefüges geführt. Dabei kann als sicher angenommen werden, daß dieser Prozeß auch eingeleitet wird, sobald eine schütterere Eichen-Busch-Vegetation den Hochwald ablöst. Man kann dies an zahlreichen Aufschlüssen sehr gut im benachbarten Elsaß beobachten. Bei dem unter Nr. F 1 beschriebenen Braunlehmprofil wurde die Vegetation nicht näher bestimmt, da es sich um eine landwirtschaftlich genutzte Fläche handelt. Die Untersuchung der braunlehmartigen Böden ist noch nicht abgeschlossen. Eine ausführliche Beschreibung muß einem späteren Zeitpunkt vorbehalten bleiben.

### 3. Kaiserstuhl / Vorbergzone

#### a) Lößlandschaften

An die Rheinniederterrasse schließt sich im Norden die hügelige Lößlandschaft des Kaiserstuhls an. Wenn auch nun infolge der Massenerhebung die Niederschläge allmählich ansteigen, so unterliegt doch vor allem der Südwest- und Südrand des Kaiserstuhls noch dem unmittelbaren Einfluß des elsässischen Trockengebietes. Durchschnittlich geht aus dem Löß ein kalkhaltiger A-C-Boden vom Typ Pararendzina hervor, sofern der Löß nicht verlehmt, d. h. entkarbonatisiert ist. Die Besonderheiten des Klimas ermöglichten aber im Kaiserstuhl neben der normalen Lößpara-

rendzina die Entwicklung einer steppenbodenartigen Variante im Südwestteil des Gebirges (HARTH, 1956). Der Humushorizont ist bei der steppenbodenähnlichen Variante für eine Pararendzina ungewöhnlich mächtig. Nach HARTH (1956, S. 57) ist auch der Zwischenanstieg der Humus- und Stickstoffwerte im mittleren Teil des A-Horizontes charakteristisch für einen steppenbodenähnlichen Habitus. Am stärksten prägt sich die Verwandtschaft zu den Steppenböden der Oberrheinebene in der Zusammensetzung der Vegetation aus. Es handelt sich nach HARTH (1956) um eine Form des Mesobrometums, des submediterranen Halbtrockenrasens. Der Boden gehört eindeutig noch zur Gruppe der Pararendzinen, stellt jedoch eine Übergangsstufe von der normal ausgebildeten Pararendzina zu einem steppenartigen Boden dar.

Außerhalb des Kaiserstuhls tragen weite Teile der Vorbergzone, soweit sie sich morphologisch über das Rheintalniveau erheben (Tuniberg, Nimberg, Lehener Berg, Mengener Brücke, Schönberg), ebenfalls eine mehr oder weniger mächtige Lößdecke. Diese Teile der Lößlandschaft (DEECKE, 1918) stehen wie der östliche Kaiserstuhl zwar nicht mehr unmittelbar unter dem Einfluß der Colmarer Trockeninsel, haben aber auch noch keinen Anteil an dem ozeanisch-humiden Klima des Schwarzwaldes. Bei einer durchschnittlichen Jahrestemperatur von 9 bis 10° C (JAHRBUCH, 1952) und Niederschlägen zwischen 650 und 800 mm im Mittel (HASEMANN, 1953), (REICHSAMT FÜR WETTERDIENST, 1939) ist in der Lößlandschaft die Pararendzina der dominierende Bodentyp. Da bei der hohen Temperatur der Verdunstungsfaktor immerhin noch Werte von etwa 600 mm im Durchschnitt erreicht (HASEMANN, 1953), fallen die höheren Niederschläge nicht so sehr ins Gewicht, als daß sie zu einer weitgehenden Entkarbonatisierung des Bodens hätten führen können. Mit Ausnahme einiger weniger Stellen, an denen infolge einer Geländedepression über längere Zeiträume hinweg angestautes Wasser eine gewisse Degradation und Verbraunung des Profils bewirken konnte (z. B. Nimberg), trifft man überall das normal ausgebildete A-C-Profil der Pararendzina an, sofern es nicht durch Kulturmaßnahmen (Rebbau) seines A-Horizontes weitgehend entkleidet und in das Stadium eines Lößrohbodens zurückversetzt wurde. Morphologie und Chemismus der Lößpararendzina sind in erster Linie durch das Gestein, den Löß, bestimmt (DEECKE, 1918), (LAIS, 1933), (PFANNENSTIEL, 1933). Der A-Horizont ist weniger mächtig als bei der steppenartigen Variante, im Durchschnitt etwa 25 bis 40 cm. Die intensive landwirtschaftliche Nutzung der Lößböden macht das Auffinden eines ausgereiften und ungestörten Profils ebenso schwierig wie eine eindeutige Bestimmung der zugehörigen natürlichen Vegetationsgesellschaft. Durch HARTH (1956, S. 58) wurde ein typisches Profil aus dem östlichen Kaiserstuhl beschrieben.

Der weiten Verbreitung der Pararendzina kommt eine ganz besondere, kulturelle Bedeutung zu. Ihre Lage in einer günstigen Klimazone befähigt

sie ohne allzu große Empfindlichkeit gegenüber einer Degradation, ständig neue Nährstoffe für anspruchsvolle Kulturpflanzen zur Verfügung zu stellen. Die Pararendzinen sind Hauptträger eines hochqualifizierten Anbaues von Wein, Edelobst und anspruchsvollen Getreidesorten. Aus diesem Grunde gehört die Lößlandschaft mit ihren kalkhaltigen Böden zu den ältest besiedelten und intensivst bewirtschafteten Teilen des oberrheinischen Kulturgebietes (CREUTZBURG, 1954), (EGGERS, 1954), (LAIS, 1953).

#### b) Vulkanischer Kaiserstuhl (lößfreier Teil)

Speziell auf den Kaiserstuhl beschränkt ist ein interessanter, sehr selten vorkommender Bodentyp. Man trifft auf den höchsten Erhebungen unter Wald einen basenreichen, karbonatfreien, sehr dunkel gefärbten Boden mit einem A-C-Profil an. Unter normalen mitteleuropäischen Klimaverhältnissen weisen alle vollentwickelten Böden, die karbonatfrei sind, d. h. entweder infolge Auslaugung entkarbonatisiert wurden oder aus einem primär karbonatfreien Gestein hervorgingen, in irgendeiner Form einen B-Horizont auf. Ein solcher B-Horizont fehlt jedoch dem karbonatfreien Waldboden im Kaiserstuhl. Das Vorkommen ist streng an lößfreie Lagen gebunden, wo ultrabasische Eruptivgesteine, wie z. B. Tephrit, bodenbildend auftreten. Diese Eruptivgesteine sind primär nicht karbonathaltig. Obwohl also eine Pufferwirkung des  $\text{CaCO}_3$  gegenüber den Gerbsäuren, die ohne Zweifel bei der an Eichen reichen Laubwaldgesellschaft auftreten, nicht gegeben ist, konnte sich kein typischer B-Horizont ausbilden. Die Humusform dieses Waldbodens ist von besonderer Güte, so daß das enge CN-Verhältnis und der A-C-Charakter der Profile zuweilen an einen Steppenboden erinnert (HARTH, 1956). Eine treffende Bezeichnung dieses Typs und seine richtige Einstufung in eine Systematik hat bisher erhebliche Schwierigkeiten bereitet. Um einer Lösung dieses Problems näherzukommen und vor allem auf Grund bodeneigener Kriterien zu einer besseren systematischen Einstufung zu gelangen, wurde der im Kaiserstuhl vorkommende basenreiche A-C-Waldboden in der letzten Zeit eingehender durch REHFUESS (1957) untersucht. Bis zur endgültigen Veröffentlichung der neuen Ergebnisse wird daher im neutralen Sinne der Waldboden auf basischem Eruptivgestein im Kaiserstuhl als basischer A-C-Silikatboden bezeichnet. Wegen der steppenbodenähnlichen Merkmale wurde dieser Boden auch bereits durch HARTH (1956) bearbeitet, so daß sich vor allem in Hinsicht auf die parallel laufende Spezialuntersuchung durch REHFUESS (1957) eine weitere Prüfung im Rahmen der vorliegenden Arbeit erübrigte. Die natürliche Vegetation für diesen Typ scheint nach eigenen Beobachtungen das Querceto-Lithospermetum, z. T. auch das Querceto-Carpinetum collinum zu sein. In der von HARTH (1956, S. 52-53) übernommenen Profilbeschreibung (Profil D 1) wird ebenfalls das Querceto-Lithospermetum als typisch Assoziation angeführt. Bezeichnend ist dabei, daß das Querceto-Lithospermetum im Trockengebiet des Oberelsaß nach OBERDORFER (1957, S. 538) als land-

schaftsbeherrschende Klimaxgesellschaft auftritt. Im Kaiserstuhl dürfte es sich auf dem hitzigen, trockenen, basenreichen Silikatgestein ebenfalls um die gegebene Klimaxgesellschaft handeln, wobei deutlich zum Ausdruck kommt, wie sehr sich doch bei schon recht unterschiedlichen großklimatischen Verhältnissen infolge des gesteigerten Einflusses anderer Faktoren (Gestein, Relief) das für die Bodenbildung entscheidende Bodenklima ähneln kann.

Rendzinen sind im bearbeiteten Gebiet sehr selten. Kleinere zusammenhängende Vorkommen sind lediglich aus dem Inneren des Kaiserstuhls, vom Tuniberg, Schönberg und Hochfirst sowie vom Biengener Berg bekannt. Das Vorkommen im Kaiserstuhl verdient dabei eine getrennte Betrachtung, weil das Ausgangsmaterial ein thermisch umgewandelter Kalk, ein Marmor ist (PFANNENSTIEL, 1933), der in einer heute völlig entwaldeten Zone des inneren Kaiserstuhls liegt, die sich durch ein besonders sommerheißes Lokalklima (10,3° C Jahresmittel) auszeichnet (CREUTZBURG, 1954), (HARTH, 1956). Die hier vorkommende Rendzina ist sehr flachgründig und trocken und offensichtlich in ihrer Entwicklung gehemmt. Darauf deuten vor allem der ungewöhnlich hohe Kalkgehalt des A-Horizontes sowie eine geringe Tonbildung hin. Die schütterere Vegetationsdecke wird nach HARTH (1956, S. 55), der diesen Boden eingehender beschrieben hat, durch eine Assoziation des Xerobrometums, eine Degradationsform der offenen submediterranen Felsenheide bzw. eine Degradationsform des Flaumeichenbusches gebildet.

### c) Schönberggruppe

Südlich von Freiburg bildet die aus verschiedenartigen mesozoischen Schichten aufgebaute Schönberggruppe mit dem Schönberg und dem Hochfirst den Abschluß der Vorbergzone gegen den Schwarzwald hin. Da die an der Bodenbildung beteiligte Schichtenfolge sowohl in W-SW als auch in E-NE-Exposition etwa die gleiche ist, läßt sich neben dem Faktor Gestein auch der Einfluß eines verschieden geprägten Lokalklimas auf einen aus gleichem Gestein hervorgegangenen Boden sehr gut verfolgen. Ein dankbares Objekt sind in dieser Hinsicht die Rendzinen, die aus den Kalken des Hauptrogensteins bzw. des oberen Muschelkalkes hervorgehen. Rein gesteinsbedingt ist dabei zunächst eine unterschiedliche Art der Verwitterung insofern, als die Rendzinen auf Muschelkalk meistens flachgründiger, skelettreicher und weniger tonig sind. Diese Variante ist aber nur geringfügig westlich von Merzhäusern verbreitet. In der Hauptsache bildet der Hauptrogenstein das Ausgangsmaterial für die Rendzinen. Hier lassen sich vor allem am oberen Schönberg drei Varianten unterscheiden, die auf den differenzierenden Einfluß des Lokalklimas zurückzuführen sind. Die West- bzw. Südwestseite des Schönbergmassivs zeichnet sich speziell in den mittleren Lagen durch ein bevorzugt feuchtwarmes Lokalklima aus (CREUTZBURG, 1954). Die Niederschläge erreichen bei einer durchschnittlichen Jahrestemperatur von 9,5—10° C etwa eine Höhe von 850 mm (CREUTZBURG,

1954, S. 62—68), (HASEMANN, 1953), (JAHRBUCH, 1952). Unter Wald ist auf Hauptrogenstein hier eine Rendzina in typischer Ausbildung verbreitet. Der sehr humose, schwarzgraue A-Horizont geht unvermittelt in den Gesteinschutt über; das ganze Profil ist bei anlehmgem Gefüge meist nur mäßig feucht. Die zugehörige Vegetation ist nach OBERDORFER (1957) das Cephalanthero-Fagetum, der submontane Kalkbuchenwald. Typische Rendzinen von ähnlichem Habitus finden sich kleinflächig auch noch am Tuniberg und am Biengener Berg.

Vorwiegend in SW-Exposition zeigt die Rendzina stellenweise eine anders gartete Morphologie. Sie ist flachgründiger, kalkärmer, sehr tonig und von einer auffallend rotbraunen Färbung. Kennzeichnend für diese Vorkommen sind exponierte Lage und Buschvegetation. An diesen, über der Talnebelgrenze liegenden, hängigen Stellen besitzt die Sonne infolge der aufgelockerten Vegetationsdecke auf den Boden eine sehr intensive Einstrahlungsmöglichkeit. Gleichzeitig dürfte ein erheblicher Teil der hohen Niederschläge an der Oberfläche abfließen. Die lokalen Klimaextreme sind also weitaus größer als unter normaler Waldbedeckung. Der Verwitterungsprozeß wird dadurch gehemmt und die Rendzina ist flachgründiger. Infolge der starken Sonneneinstrahlung und hohen Bodentemperaturen scheint hier, ähnlich wie bei den Kalksteinbraunlehmen der Niederterrasse, das Eisenoxyd z. T. in limonitischer, wasserarmer Bindung vorzuliegen.

An der Ostseite des Schönberges ist eine entgegengesetzte Entwicklung zu beobachten. Die Rendzina auf Hauptrogenstein ist wesentlich mächtiger und zeigt bereits Auslaugungserscheinungen. Der A-Horizont ist fast völlig entkalkt und deutlich verbraunt. Im unteren Teil des A-Horizontes kann als Übergang zum Gestein ein hellbrauner Saum als Initialstadium eines B-Horizontes beobachtet werden. Offensichtlich machen sich in der ungünstigen Exposition bei geringerer Sonneneinstrahlung die beträchtlichen Niederschläge sehr stark bemerkbar. Selbst der hohe Kalkgehalt des Ausgangsgesteins vermag hier auf die Dauer eine stärkere Auswaschung und eine Umwandlung der Mullrendzina in eine braune Rendzina (KUBIENA, 1953, S. 223) nicht mehr zu verhindern.

In Gipfellagen des Schönbergmassivs ist ein alttertiäres Küstenkonglomerat verbreitet. Aus diesem noch beträchtlich kalkhaltigen Gesteinsschutt hat sich in der Regel eine braunlehmartige Kalksteinbraunerde entwickelt. In einer Höhenlage von über 500 m fallen die Karbonatanteile bei den etwas humideren Klimabedingungen recht bald der Auswaschung zum Opfer. Durchweg ist daher ein ausgereiftes A-B-C-Profil anzutreffen, dessen A- und B-Horizont karbonatfrei ist. Der B-Horizont ist durch einen besonders hohen Tongehalt gekennzeichnet. In trockenen Jahreszeiten zeigt das Material erhebliche Schwundrisse und eine außerordentliche Härte. Die Durchwurzelung ist ungleichmäßig und vollzieht sich

vor allem im B-Horizont entlang bestimmter Leitbahnen. Für die Laubwaldgesellschaften ist dieser Boden nicht gerade ein sehr günstiger Standort. Er bindet infolge seiner dichten, tonigen Beschaffenheit kapillar zu viel Wasser in einer für die Pflanzen ungünstigen Weise. Gleichzeitig wird die Nährstoffaufnahme durch den Widerstand erschwert, den das leicht verhärtende Material dem Vordringen der Haarwurzeln entgegensetzt. Insgesamt sind daher die Wuchseleistungen auf der Ostseite des Schönberges trotz größerer Widerstandsfähigkeit des Ausgangsmaterials und erheblich geringerer Sonneneinstrahlung besser als auf dem leichter verwitternden Küstenkonglomerat in den Gipfellen. Der Boden kann nach KUBIENA (1953) als verlehmt Kalkbraunerde bezeichnet werden.

Die tieferen Lagen des Schönberges werden von basenreichen Braunerden eingenommen, deren Ausgangsgestein vorwiegend die stark eisenschüssigen Murchisonay-Schichten des Doggers sind. Der ursprünglich vorhanden gewesene geringe Kalkgehalt ist vollständig ausgewaschen. Die Profile sind mittel- bis tiefgründig und durch eine intensiv violettrote Gesteinsfarbe gekennzeichnet. Da sie zur Gruppe der basenreichen Braunerden gehören, werden sie in Abschnitt II/5 zusammen mit ähnlichen Böden gesondert besprochen. Am Hangfuß des Schönbergmassivs ist an der Westseite die Lößpararendzina verbreitet, während auf der Ostseite eine anders geartete, tiefgründigere, verlehmt Pararendzina im Wechsel mit lehmigen Braunerden weite Flächen bedeckt. Ausgangsmaterial ist der vom Steilhang anfallende Gesteinsschutt, der aus einem Gemisch von Trümmern der Lias- und Doggerschichten besteht. Je nach Überwiegen des einen oder anderen Gemengteiles entstehen in kleinflächigem Wechsel Pararendzinen oder lehmige Braunerden. Jedoch sind infolge der ungünstigen Lage auch die Pararendzinen bereits stark verlehmt und weitgehend entkalkt.

#### 4. Freiburger Bucht / Zartener Becken

Durch den Kaiserstuhl, den Tuniberg, die Mengener Brücke und die Schönberggruppe wird nach W und S die Freiburger Bucht von der Obertheinebene abgetrennt (GUENTHER, 1935). Diese Freiburger Bucht stellt nicht nur in morphologischer, sondern auch in geologischer und vor allem in hydrologischer Hinsicht eine Einheit dar, die sich erheblich von der übrigen Oberrheinebene unterscheidet. Geologisch ist sie das Sammelbecken für den hauptsächlich durch Dreisam und Elz aus dem Schwarzwald abtransportierten Grundgebirgsschutt. Hydrologisch ist sie die Zone des Hauptgrundwasserzuges, der sich vom Schwarzwald am Ostrand des Kaiserstuhls vorbei in nordwestlicher Richtung zum Rhein hinbewegt (CREUTZBURG, 1954). Im Osten der Stadt Freiburg erstreckt sich ein zungenförmiger Ausläufer, das Zartener Becken, weit in das Grundgebirge hinein. In der Nähe des Tuniberges und des Kaiserstuhls, also an der vom Gebirgsrand am weitesten

entfernten Stelle, liegt die Schotteroberfläche etwa in Höhe des normalen Niveaus der Rheintalschotter (200 m). Dem Grundwasser, das in W-NW-Richtung auf kürzestem Wege dem Rhein zuzuströmen versucht, stellen sich Tuniberg und Kaiserstuhl als unüberwindliche Barrieren entgegen und lenken es in nördliche Richtung ab. Die natürliche Folge ist am Ostrand des Kaiserstuhls und des Tunibergs (bzw. des Nimbergs) ein Hochstauen des Grundwassers bis nahe an die Oberfläche bei gleichzeitig nachlassender Wandergeschwindigkeit. In dieser Zone sind, ähnlich wie bei Wasenweiler, hauptsächlich Gley- bzw. Moorgleyböden verbreitet. Wenn die Gleyböden von Wasenweiler und die vom Ostrand des Tuniberges bzw. Kaiserstuhls auch auf Grund der anmoorigen Beschaffenheit des A-Horizontes und der typisch ausgebildeten Reduktionszone der gleichen Boden-Gruppe angehören, so stellen letztere doch eine ganz anders geartete Variante dar. Sie besitzen im Gegensatz zu den ähnlichen Bildungen westlich des Tuniberges keinen basenreichen Gesamtcharakter. Beide gehen zwar aus Schottern hervor; westlich des Tuniberges sind es kalkhaltige Rheinkiese, östlich des Tuniberges sind es jedoch, abgesehen von geringen Alluvialaufschüttungen, in der ganzen Freiburger Bucht ausschließlich Schwarzwaldschotter aus karbonatfreiem, basenarmem Grundgebirgsmaterial. Infolgedessen ist diese Variante des Moorgleys bei gleicher Morphologie wesentlich basenärmer und daher instabiler als der entsprechende Boden auf Rheinschottern.

Mit langsam zunehmender Aufwölbung des Dreisamschotterkegels geht bei gleichzeitig abklingender Stauwirkung nach Osten zu der Moorgley in einen vergleyten Auenboden über. Der Grundwasserspiegel liegt hier schon tiefer und ist im Jahresablauf erheblichen Schwankungen unterworfen. Da zudem die Strömungsgeschwindigkeit etwas größer sein dürfte, ist dieser Auenboden besser durchlüftet. Vor allem in den oberen 30—40 cm des Profils überwiegen die oxydierenden Vorgänge gegenüber den reduzierenden. Infolgedessen ist der B-Horizont in seinem oberen Teil durchgehend braun gefärbt und erst in seiner unteren Hälfte nimmt Zahl und Umfang der grauen Reduktionsflecken allmählich zu. Für diesen Bodentyp, der den überwiegenden Teil der Freiburger Bucht einnimmt, ist das Pruno-Fraxinetum, der Erlen-Eschen-Auenwald, typisch (OBERDORFER, 1957), dessen Assoziation ein Hauptbestandteil der ausgedehnten Mooswälder ist. Mit zunehmender morphologischer Heraushebung des Schotterkegels vergrößert sich der Abstand zwischen Erdoberfläche und Grundwasserspiegel, da das Grundwasser innerhalb der Schotterpakete unabhängig von deren Morphologie mit einem ziemlich gleichmäßigen geringen Gefälle dem Rheinniveau zustrebt. Etwa 3 km westlich des Stadtrandes von Freiburg verliert z. T. noch innerhalb des Mooswaldes das Grundwasser seinen Einfluß auf die Bodenbildung. Der Auenboden wird von einer normalen mesotrophen Braunerde abgelöst. Die Braunerde ist überwiegend land-

wirtschaftlich genutzt. Die standortgerechte Waldvegetation ist das Querceto-Carpinetum.

Die Bodenverhältnisse im Zartener Becken stimmen mit denjenigen der Freiburger Bucht vollständig überein, nur ist die Reihenfolge der Typen von West nach Ost genau umgekehrt. Direkt östlich von Freiburg ist zunächst der Grundwasserspiegel weiterhin oberflächenfern und daher die Braunerde verbreitet. Erst mit allmählicher Annäherung an das Gebirge geht in östlicher Richtung die Braunerde wieder in den Auenböden über, auf den dann unmittelbar am Hangfuß des Gebirges bzw. in den Ausgängen der Seitentäler der typische Gley folgt, da das reichlich aus dem Gebirge ausströmende, oberflächennahe Grundwasser eine gewisse Strecke benötigt, bis es endgültig in tiefere Stockwerke der Schotterfüllung absinkt. Da die mesotrophen Braunerden auf den Gneisschottern identisch sind mit den im Abschnitt „Schwarzwald“ (II/5) geschilderten, sehr verbreiteten mesotrophen Braunerden auf anstehendem Gneis, erübrigt sich hier eine gesonderte Betrachtung des Typs.

Der Vollständigkeit halber muß noch erwähnt werden, daß innerhalb der Freiburger Bucht kleinere Schollen der Vorbergzone inselartig die Schotterfluren durchragen und auch manche Schotterfluren selbst gegenüber ihrer Umgebung ein erhöhtes Niveau besitzen (CREUTZBURG, 1954). Selbst wenn diese Unterschiede in der Morphologie nur 2—4 m betragen, wie z. B. bei Umkirch, genügen diese doch, um innerhalb der Gleyzone den Einfluß des Grundwassers auf die Bodenbildung unwirksam werden zu lassen. Auf den Schottern trifft man daher in erhöhter Lage wieder mesotrophe Braunerden an, während auf den lößüberdeckten mesozoischen Schollen des Nimbberges, des Lehener Berges und des Hunnenbuckes *P a r a r e n d z i n e n* oder bei Entkalkung des Lösses auch *b a s e n r e i c h e B r a u n e r d e n* verbreitet sind.

## 5. Schwarzwald

### a) *R a n d z o n e*

Am Westrand des Grundgebirges sind in einer schmalen Zone *b a s e n r e i c h e = e u t r o p h e B r a u n e r d e n* (KUBIENA, 1953, S. 283) vorherrschend. Sie kennzeichnen jeweils Lokalitäten, wo sich grusiges, zersicheltes Gneismaterial mit basenreichen, sedimentären Ablagerungen, wie z. B. Lössresten, verzahnt. Das ursprünglich verschiedenartige Ausgangsmaterial ist in den oberen Metern wahrscheinlich meistens durch Solifluktion stark umgelagert und miteinander vermischt (SCHMID, 1950). Etwa vorhanden gewesenes Kalziumkarbonat ist vollständig ausgewaschen, jedoch ist die Sättigung des Sorptionskomplexes mit Erdalkali-Kationen noch sehr hoch. Da der Schluff- und Tonanteil gegenüber den reinen Gneisprofilen ungleich höher liegt und daher der Boden in gesteigertem Maße Wasser kapillar zu speichern vermag, handelt es sich allgemein um recht frische Standorte. Basenreiche Braunerden von ähnlicher Dynamik, aber anderer

Entstehungsweise, konnten noch im westlichen Teil des kartierten Gebietes festgestellt werden. Sie bilden z. B. im östlichen Kaiserstuhl im Bereich des Totenkopfes und der Eichelspitze eine Übergangszone zwischen dem A-C-Waldboden und der Lößpararendzina. Auf verschwemmtem Löß sind solche Braunerden am Nimberg zwischen Neuershäusen und Buchheim, am Tuniberg südwestlich von Merdingen, am westlichen Schönberg, am Süzipfel des Hochfirst, entlang der Möhlin zwischen Ambringen und Biengen und schließlich im Schneckental zwischen Kirchhofen und Wolfenweiler sowie am Rande einer Geländedepression westlich von Mengen in größerer Ausdehnung festgestellt worden. Auch aus den am Aufbau der Schönberggruppe beteiligten Murchisonay-Schichten (STEINMANN, 1897) gehen basenreiche Braunerden hervor. In der Randzone des Gneises sind eutrophe Braunerden östlich von Gundelfingen, zwischen Wildtal und Freiburg, am Lorettoberg, am Ostrand des Schönberges zwischen Merzhäusen und Wittnau, kleinflächig zwischen Sölden und Bollschweil sowie in der näheren Umgebung von Bollschweil verbreitet. Das Profil G 2 aus der Grundgebirgsrandzone in der Nähe von Au kann als typisch für die durchschnittliche Beschaffenheit der basenreichen Braunerden im Kreis Freiburg gelten. Die natürliche Vegetation für diesen Typ ist das Querceto-Carpinetum. Bei Au und auch an anderen Orten sind die basenreichen Braunerden größtenteils ackerbaulich genutzt. Die typische Assoziation, das Querceto-Carpinetum medioeuropaeum Tx. 37 t. p., der Lehm-Eichen-Hainbuchen-Wald, wurde durch M. v. ROCHOW (1951) aus dem Kaiserstuhl näher beschrieben.

Die basenreichen Braunerden am Westrand des Gebirges liegen z. T. in gleyartig verändertem Zustand vor. Da ohnehin am Hangfuß allgemein ein Sickerwasserstau einzutreten pflegt, kommt es infolge des zusätzlichen Steigungsregens zu längeren Vernässungsperioden, vor allem im Frühjahr und Spätherbst. Der aus der Lößbeimischung resultierende hohe Schluffanteil schafft ein vorwiegend feinporiges Bodengefüge. Erhebliche Niederschlagsmengen können darin für längere Zeit sehr fest kapillar gebunden werden. Bei der allgemein schlechten Durchlüftung des lehmigen, feinporigen Gefüges entstehen mit der Zeit fern von jeder Grundwasserbeeinflussung Reduktionsflecken und -zonen, vor allem im lehmig-tonigen B-Horizont des Profils. Diese gleyartig veränderte Braunerde, der *Pseudogley* (KUBIENA, 1953, S. 295), tritt im Wechsel mit dem normal ausgebildeten eutrophen Typ auf. Sie konnte festgestellt werden im unteren Glottertal (Ahlenbach/Föhrental), östlich von Gundelfingen, nördlich von Freiburg, zwischen Zähringen, Herdern und der Eichhalde, südlich von Sölden, ferner im Ehrenstetter und Ambringer Grund. Die Dynamik des Pseudogleys ist weder für den Ackerbau noch für die Waldnutzung besonders günstig. Unter Wald ist der Humuszustand zuweilen unbefriedigend und der A-Horizont versauert. Die typische Vegetationsform ist das Querceto-Carpinetum collinum OBERDORFER 52, der colline Lehm-Eichen-Hainbuchen-Wald (OBER-

DORFER, 1957, S. 424). Das Profil G 1 aus dem Glottertal entspricht sowohl hinsichtlich der Vegetationszusammensetzung als auch der Profilmächtigkeit dem Durchschnitt.

## b) Gneisgebiet

Mit zunehmender Massenerhebung des Grundgebirges steigen die Niederschläge an. Sie erreichen ihr Maximum im Feldberggebiet mit etwa 2000 mm im Jahresdurchschnitt. Entsprechend sinken die Temperaturen von 10° C bei Freiburg bis auf 3—4° C im Feldberggebiet ab. Das vorherrschende Gestein ist der Gneis. Vorwiegend sind es Paragneise oder metamorph veränderte ehemalige Gneise.

Über 50% der Fläche des Gneisgebietes werden von der nichtpodsolierten mesotrophen Braunerde eingenommen. Ihre charakteristischen morphologischen Merkmale sind: die mullartige Ausbildung des A-Horizontes, ein anlehmgiger B-Horizont und ein mittelgründiges, mäßig frisches bis frisches Gesamtprofil. In zusammenhängender, flächenhafter Verbreitung ist sie fast ausschließlich in den unteren und mittleren Lagen bis zu einer Höhe von etwa 700 m anzutreffen. An den Südhängen des Glottertales, in der Umgebung des Kandelberges, sowie östlich und nördlich von St. Peter reicht sie teilweise bis über 900 m hinauf. Es handelt sich dabei aber vorwiegend um landwirtschaftlich genutzte Flächen in klimatisch begünstigter Lage. Innerhalb geschlossener Waldgebiete, wie sie vor allem südlich des Zartener Beckens verbreitet sind, konnte sie oberhalb von 700 m nur noch in verschwindend geringer Ausdehnung festgestellt werden, so etwa am Rappeneck, zwischen Hochfahn und Oberried, sowie östlich des Notschreis. Auch die Gneisschotter des Zartener Beckens und der Freiburger Bucht werden, sofern das Grundwasser nicht zu hoch ansteht, von nichtpodsolierten mesotrophen Braunerden eingenommen. Die westliche Grenze ihrer zusammenhängenden Verbreitung auf Schottern deckt sich zwischen St. Georgen und Betzenhausen etwa mit dem Ostrand der Mooswälder. Nördlich des Freiburger Flugplatzes ist die Braunerde jedoch weit bis in den Mooswald hinein zu verfolgen. Inselartig tritt sie vor allem noch zwischen dem Lehener Berg und Umkirch, zwischen dem Lehener Berg und Hugstetten sowie zwischen Umkirch und Waltershofen auf. Die Verbreitungsgrenze innerhalb des Gebirges ist gekennzeichnet durch den Übergang von artenreichen zu artenärmeren Waldgesellschaften. Nach den bisherigen Beobachtungen ist auf gleichem Ausgangsmaterial (Gneis) innerhalb des Gebietes der nichtpodsolierte mesotrophe Typ an die artenreichen Assoziationen des Querceto-Carpinetum submontanum (Berg-Eichen-Hainbuchen-Wald), des Melico-Fagetum (Tieflagen-Buchenwald), des Abieto-Fagetum rhenanum (artenreicher Tannen-Buchen-Wald) sowie des Acero-Fagetum (Hochstauden-Bergmischwald) gebunden. Solange diese artenreichen Assoziationen auf dem Boden stocken, hat infolge des außerordentlichen Pufferungs- und Basennachlieferungsvermögens der Gneise eine Verschlechterung der klimatischen

Bedingungen nur einen untergeordneten Einfluß auf die Dynamik des Bodens. Die nichtpodsolierete Braunerde weist je nach den lokalen Entstehungsbedingungen geringe Unterschiede in ihrer Dynamik auf. Vier Varianten werden daher näher beschrieben. Profil H 1 entspricht der normalen Ausbildung in den unteren und mittleren Lagen; Profil H 2 ist kennzeichnend für ausgesprochene Tieflagen; Profil H 3 ist typisch für Höhenlagen über 600 m. In der gehemmten Tonbildung spiegelt sich bei sonst ungestörtem Profilaufbau das veränderte Klima wider. Bei Profil H 4 handelt es sich um eine intakte, nicht degradierte Braunerde aus dem Feldberggebiet. Dieses Profil mag verdeutlichen, zu welcher überdurchschnittlichen Leistungen die aus dem Gneis hervorgehende Braunerde fähig ist, sofern sie nicht durch eine falsche Holzartenwahl in ihrer Entwicklung beeinträchtigt wird.

Oberhalb der 700-m-Isohypse ist die nichtpodsolierete Braunerde weitgehend durch einen schwach bis mäßig podsolierten Typ ersetzt. Da innerhalb des Kreises Freiburg die größten Massenerhebungen südlich des Zartener Beckens liegen und sich zudem die Südhänge des Kandelmassivs und des Kranzkopfes einer besonderen klimatischen Begünstigung erfreuen, findet der podsolige Typ seine größte flächenhafte Ausdehnung ebenfalls im südlichen Teil des Gebietes. Morphologisch ist er gekennzeichnet vor allem durch einen moderartigen Humus und einen grusigen B-Horizont. Die Horizontierung des Gesamtprofils ist schärfer als beim nichtpodsolierten Typ. Dieses Merkmal läßt bereits auf eine Zunahme der Stoffwanderungen innerhalb des Profils schließen. Vor allem aber läßt die chemische Analyse eine klare Trennung zwischen nichtpodsolierten und bereits degradierten Profilen zu. Der Übergang vom nichtpodsolierten zum podsolierten Typ ist, wie schon erwähnt, in auffälliger Weise an eine bestimmte Höhenlage gebunden, in der sich weder Temperatur noch Niederschlag in markanter Form ändern. Auch das Gestein ändert sich nicht, es herrscht, ebenso wie in tieferen Lagen, ein Wechsel zwischen Paragneisen, Metatexiten, inhomogenen Diatexiten, homogenisierten Diatexiten und lokal begrenzten Vorkommen von Ortho- und Mischgneisen (MEHNERT, 1953), (PFANNENSTIEL, 1954), (DEECKE, 1916). Lediglich die Vegetation ändert sich ebenso auffällig wie der Zustand des Bodens. Die artenreichen submontanen und montanen Mischwälder werden von artenärmeren Assoziationen abgelöst. Wo aus irgendwelchen Gründen die artenreicheren Assoziationen erhalten blieben, zeigt auch der Boden bis in Höhenlagen von über 1000 m keine Podsolierungserscheinungen (STEGMAYER, 1957). Diese Flächen sind jedoch verschwindend klein gegenüber der Verbreitung des degradierten Typs. An einzelnen Stellen sind auch in tieferen Lagen die mesotrophen Braunerden durch künstliches Einbringen der Fichte in den ursprünglichen Bestand degradiert, jedoch handelt es sich um lokal engbegrenzte Vorkommen. Profil J 1 zeigt eine schwache Degradationsform; Profil J 2 charakterisiert etwa den durchschnittlichen Habitus des degradierten Typs. Lediglich die Gesamtmächtigkeit des Profils ist eine

lokale Besonderheit. Profil J 3 ist typisch für die stellenweise in Tallagen auftretende Podsolierung.

Stark devastierte Braunerden, sog. *K r y p t o p o d s o l e*, sind nur von lokaler Bedeutung. Inselartig verbreitet wurden sie vor allem in der Randzone des kartierten Gebietes angetroffen. Die Gründe ihrer Entstehung sind je nach Lokalität verschieden. Im Kandelgebiet, am Zweribach, zwischen Sägendobel und Kapfenberg, am Lindenberg, nordwestlich von Breinau sowie zwischen Hinterwaldkopf und Wieswaldkopf dürften vor allem die Nadelholzreinbestände und die Bevorzugung der Fichte eine starke Podsolierung verursacht haben. Zwischen Roßkopf und Flaunser, am Stübenwasen, im Gebiet der Holzschlägermatte (Schauinsland) sowie zwischen der Etzenbacher Höhe (Untermünstertal) und dem Maisstollen ist die quarzitische bis granodioritische Zusammensetzung des Ausgangsmaterials in erster Linie für den instabilen Zustand des Bodens verantwortlich. Die vorherrschenden Vegetationsformen sind die Assoziationen des Abieto-Piceions; als Ausnahme stockt auf den homogenen Diatexiten nördlich der Holzschlägermatte eine trockene, heidelbeerreiche Variante des artenarmen Eichen-Buchen-Waldes (Melamphyro-Fagetum) (Profile K 1—8).

Die fortgeschrittenste Form der Degradation konnte auf granitischem Moränenmaterial am Notschrei beobachtet werden (DEECKE, 1916). Starke Wasserzügigkeit, sehr basenarmes Ausgangsmaterial und einförmige Vegetation (Fichte) wirken an dieser Stelle bei der Auslagerung des Bodens zusammen. Nur hier konnte in minimaler Ausdehnung eine echte *P o d s o l b i l d u n g* festgestellt werden. Da es im Untergrund stellenweise zu einem Wasserstau kommt, tritt neben dem Podsol auch der *G l e y p o d s o l* in kleinflächigem Wechsel auf (Profile L 1—2).

### *Ranker*

In der gesamten Grundgebirgszone werden die Braunerden kleinflächig durch *R a n k e r* vertreten. Diese flachgründigen A-C-Silikatböden stellen eine Vorstufe zur voll ausgereiften Braunerde dar. Ein B-Horizont ist entweder noch gar nicht vorhanden oder erst ganz schwach entwickelt. Die Verbreitung solcher Ranker ist gebunden an übersteile Hänge, vor allem aber an kleinere Partien von Orthogneisen bzw. homogenisierten Diatexiten oder an Granitstöcke bzw. Quarzporphyrdecken. Diese quarzreichen Teile des Grundgebirges sind gegenüber den Einflüssen der Verwitterung sehr resistent (DEECKE, 1934). Der anfallende, grobe, scharfkantig-eckige Gesteinsschutt bedeckt weithin die Hänge mancher Täler. Bekannt sind die langsam wandernden Hangschuttströme aus dem unteren Höllental, dem Zastlertal, dem St.-Wilhelmer Tal und dem Bruggatal. Die Ranker sind hauptsächlich verbreitet zwischen Kranzkopf und Kandel, südlich und östlich des Roßkopfes, auf dem Gebirgskamm zwischen Wagensteigtal und Unteribental, an den Hängen des unteren Höllentales, zwischen Hinterwaldkopf und Zastlertal, an den Hängen des St.-Wilhelmer Tales und des Bruggatales,

zwischen Kybfelsen und Schauinsland, im Gebiet der Holzschlägermatte sowie am Illenberg bei Langackern. Diese Braunerdevorstufen wurden analytisch nicht näher untersucht.

### *Stagnogleye*

Ausgesprochene Missenbildungen, also *Stagnogleye*, konnten in nennenswerter Verbreitung nirgends festgestellt werden. Im allgemeinen kommt es infolge der Porosität des Gesteines und des Fehlens ausgedehnter Hochflächen nicht zur Anlage abflußloser Mulden. Lediglich an zwei Stellen nordöstlich von St. Peter konnten in einer durch die Kartierung kaum noch erfassbaren geringen Ausdehnung solche Bildungen beobachtet werden. Die eine befindet sich auf der Hochfläche zwischen Hochkopf und Militärschlag, die andere ist das sog. Harzmoos, nordöstlich des Wilmindobels. Bei den übrigen, an vielen Bergflanken sporadisch auftretenden Gleyen, die meist nur wenige Quadratmeter Fläche einnehmen, handelt es sich ausschließlich um Hangwassergleye, hervorgerufen durch örtlich verlangsamten, übermäßig starken, oberflächennahen Sickerwasserzug. Auch diese Gleye wurden wegen ihrer untergeordneten Bedeutung nicht untersucht.

## III. Dynamik und Genetik

### 1. Kalkrohböden

In jüngster Zeit wurde durch die fortschreitende Rheinkanalisation südlich von Breisach auch im Bereich der eigentlichen Flußau der Grundwasserspiegel stärker abgesenkt. In diesem bis vor kurzem noch episodisch überschwemmten, nun aber dauernd trocken liegenden Streifen hat die Bodenbildung erst wenig Fortschritte gemacht. Geringer Niederschlag und hoher Kalkgehalt des Ausgangsmaterials hindern den Fortgang der chemischen Verwitterung und Tonmineralbildung sehr. Der A-Horizont des Bodens ist sehr unvollkommen entwickelt, da einerseits mit dem Absterben der ehemaligen Auen- bzw. Bruchwaldvegetation und dem Vordringen des Sandornes der Anfall an Rotteprodukten immer geringer wird und zum anderen der hohe Kalkgehalt in dem trockenen, sommerheißen Klima zehrend auf die geringen sich bildenden Humusmengen einwirkt. Nach KUBIENA (1953) kann dieser Boden als Kalksyrosem = *Kalkrohböden* bezeichnet werden. Wesentlich zutreffender ist das Synonym „Sand-Mergel-Syrosem“ gemäß der Syrosemgliederung von LAATSCH (1954).

Die geringe chemische Verwitterung der an sich sehr nährstoffreichen, feinsandigen und schlickähnlichen Ablagerungen des Rheines ist die Ursache für die äußerst dürftige nachschaffende Kraft dieses Bodens. Das mangelnde Angebot an pflanzenaufnehmbaren Nährstoffen führt selbst bei trockenheitliebenden Holzarten innerhalb kurzer Zeit zu einem erheblichen Nachlassen der Wuchsleistung und zum Auftreten von typischen Mangelerscheinungen.

Durch eine sinnvolle Bewässerung könnte durchaus erreicht werden, daß der Syrosem sich recht bald zu einem sehr leistungsfähigen Boden entwickelt, wobei von Anfang an darauf geachtet werden müßte, daß durch Beschatten der Oberfläche Sonneneinstrahlung und Verdunstung herabgesetzt werden, um die Ausbildung eines ausreichenden humosen Horizontes zu ermöglichen. Dieser würde ohne Zweifel als Nährstoff- und Wasserspeicher wirken, den Unterboden vor intensiver Sonneneinstrahlung abschirmen und so wesentlich bessere Voraussetzungen für eine stärkere chemische Verwitterung schaffen. Das Angebot an pflanzenaufnehmbaren Nährstoffen würde sich dadurch erhöhen (GANSSEN, 1957, S. 119—120, S. 123), (LAATSCH, 1954), (SCHEFFER, 1956), (WITTIG, 1952).

Durch das Forstamt Breisach werden z. Z. großflächig Aufforstungsversuche mit Trockenheit ertragenden Koniferen durchgeführt. Diese Pioniermaßnahme ist sehr zu begrüßen, selbst wenn die Wuchsleistungen vom betriebswirtschaftlichen Standpunkt aus unbefriedigend sind und relativ frühzeitig Wipfeldürre eintreten sollte. Die Säuren der Nadelstreuaufgaben werden auf die Dauer den Oberboden doch weitgehend entkalken und so die Voraussetzung für einen späteren Anbau von Laubhölzern schaffen. Letzteres muß mißlingen, solange es nicht zu einer Anreicherung von mildem Humus kommen kann. Die teilweise Entkalkung wird schließlich auch zu einer Bildung von Humus-Ton-Komplexen führen und neben dem Waldbau diesen basenreichen Boden bei geeigneter Bewässerung auch für die landwirtschaftliche Nutzung interessant machen.

Es muß in diesem Zusammenhang einmal ausdrücklich betont werden, daß die Trockenlegung dieser basenreichen, meist feinsandigen Substrate und das Verschwinden der Auenwälder vom bodenkundlichen Standpunkt aus kein nationales Unglück ist, wie es von verschiedenen Seiten immer wieder propagiert wird. Vor allem der Begriff „Versteppung“ wird in diesem Zusammenhang häufig mißdeutet. Die „Versteppung eines Ackerbodens“ kommt nicht einer Verarmung oder Auslaugung gleich. Sie kennzeichnet die günstigste Entwicklung, die ein Ackerboden überhaupt nehmen kann, indem sich Humusqualität und Produktivität so verbessern, daß optimale Wachstumsbedingungen erreicht werden. Bei geeigneten Maßnahmen läßt sich auch aus den ehemaligen Rheinauen Kulturland gewinnen, das bereits nach kurzer Zeit zu den produktivsten Flächen im Rheintal zählen könnte. Eine Gewinnung von Boden für hochwertige Kulturen ist vom volkswirtschaftlichen Standpunkt weit eher vertretbar als die Rückversetzung dieser Auen in das Überflutungsstadium durch irgendwelche Staumaßnahmen, wie es z. B. LANGEN (1956, S. 240—241) fordert. Durch Auenwälder und Wiesen werden die Möglichkeiten, die die Ablagerungen des Rheines bieten, nur sehr kümmerlich genutzt. Die gleichen Überlegungen gelten im übertragenen Sinn auch für das Gebiet zwischen Ihringen, Gündlingen und Breisach, wo sich ein fruchtbarer steppenartiger Boden gerade entwickelt.

## 2. Smonitzen

Der im Vorfeld von Breisach anzutreffende A-C-Boden (Profil B 1) hat sich nach allmählicher Grundwasserabsenkung erst in den letzten fünfzig Jahren aus einem Auenboden entwickelt und besitzt in seinem heutigen Zustand zahlreiche steppenbodenähnliche Züge. Auffällig ist unter Unland die Verbesserung der Humusform in den obersten Dezimetern des Profils. Der außerordentlich mächtige A-Horizont (bis zu 75 cm) besitzt trotz eines geringen Humusgehaltes von maximal 2,5 % eine intensive schwarzgraue Humusfärbung. Wie bei den Steppenböden ist die starke Färbung auf einen hohen Anteil an Grahuminsäuren zurückzuführen (HARTH, 1956). Charakteristisch ist ferner die säulig-prismatische Struktur des mittleren A-Horizontes. Der Tonanteil liegt insgesamt etwas zu hoch, was sich für den unteren Teil des Profils z. T. wohl durch die erst kürzlich erfolgte Umwandlung aus einem vergleyten Zustand erklären läßt. Der höhere Tongehalt des oberen A-Horizontes ist auf eine geringe Lößbeimengung zurückzuführen. Das Minimum an  $\text{CaCO}_3$  im mittleren A-Horizont ist nach HARTH (1956, S. 49—50), BRAUN-BLANQUET (1951, S. 325), GANSSEN (1957, S. 53) wahrscheinlich als Folge einer aufwärts gerichteten Perkolation zu betrachten.

Die Voraussetzung für eine solche Tendenz schafft das Klima, indem westlich des Tunibergs der Verdunstungsfaktor größer als der Niederschlagsfaktor ist, sowie der hohe Tongehalt des A-Horizontes. Tongehalt und Mächtigkeit des A-Horizontes wirken zusammen als Wasserspeicher für die sehr geringen Niederschläge und verhindern ein rasches Versickern der anfallenden Wassermengen in den Untergrund. Die starke Verdunstungstendenz während der sommerheißen Trockenperioden läßt dann das Profil von oben nach unten allmählich weitgehend austrocknen, d. h. die Wasseranteile, durch das feinporige Gefüge zunächst festgehalten, erfahren infolge der mangelnden Sättigung der heißen, bodennahen Luftschichten mit Feuchtigkeit einen Sog nach oben und verdunsten schließlich. Beim Verdunstungsvorgang fällt nahe der Oberfläche der im Wasser als Bikarbonat gelöste Kalk wieder als  $\text{CaCO}_3$  aus.

Unter etwa gleichen klimatischen Bedingungen kann diese Tendenz bei den Kalksteinbraunlehmen südlich von Gündlingen nicht beobachtet werden. Weder ein mächtiger A-Horizont noch ein hoher Tonanteil wirkt bei jenen landwirtschaftlich genutzten Böden einer raschen Versickerung oder sofortigen Verdunstung der Niederschläge entgegen.

Auf den noch nicht sehr lange zurückliegenden, teilweise vergleyten Zustand des steppenbodenähnlichen Profils weist eine jetzt noch schwach visuell wahrnehmbare, in der Sesquioxidanalyse jedoch deutlich hervortretende Reduktionszone in einer Tiefe von etwa 60—85 cm hin. Der ehemalige G-Horizont verwandelte sich nicht, wie eigentlich anzunehmen wäre, in einen B-Horizont, sondern macht einer allmählichen Ausbreitung des A-Horizontes Platz. Die Wühlarbeit der sehr regen Bodenfauna unterstützt diesen Vorgang maßgeblich. Die oben aufgezeigten Merkmale weisen deut-

lich darauf hin, daß es hier sich nicht um die Reliktform eines steppenartigen Bodens handeln kann, wie dies im allgemeinen für die in Mitteleuropa noch inselartig auftretenden Steppenböden angenommen wird (SCHEFFER, 1956, S. 188), (GANSSEN, 1957, S. 34), (HARTH, 1956, S. 14—17). Während die an anderen Orten der Oberrheinebene im Zuge der Grundwasserabsenkung eingetretene Versteppung schon aus klimatischen Gründen nur als ein Übergangsstadium gewertet werden kann, das bei zunehmender Ausbildung des Bodens in Richtung eines A/B/C-Profiles anderen Pflanzengesellschaften weichen wird, besteht kein Grund, eine ähnliche Entwicklung für das oben besprochene Gebiet anzunehmen, solange sich das Klima nicht entscheidend ändert oder durch Mißwirtschaft der Boden künstlich degradiert wird. Es besteht kein Zweifel, daß hier ein stark in Umwandlung begriffener Boden vorliegt. Unter Graskultur bzw. Unland dürften sich in Zukunft die steppenbodenähnlichen Merkmale noch verstärken. Auch bei ackerbaulicher Nutzung stellt der mächtige A-Horizont mit seiner für Ackerbau guten Humusform und der stabilen Krümelstruktur eine Kraftreserve dar, die bei richtig abgestimmten Kulturmaßnahmen eine Degradation für die nahe Zukunft weitgehend verhindern kann. Neben der Bezeichnung „Smonitza“, die die Entwicklungsrichtung charakterisiert, scheint das Synonym „steppenbodenähnlich“ dem augenblicklichen Entwicklungsstadium noch am ehesten gerecht zu werden, da optimale Wuchsbedingungen noch nicht erreicht sein dürften.

### 3. Pararendzinen

Typische Pararendzinen sind im Kreis Freiburg auf den teilweise sehr mächtigen Lößdecken verbreitet, die die mesozoischen Schichten der Vorbergzone und auch teilweise die Eruptivgesteine des Kaiserstuhls weithin überdecken. Ganz allgemein sind die Pararendzinen oder sog. rendzinaartigen Böden (KUBIENA, 1953) an ein Ausgangsmaterial gebunden, das weniger als 50% Karbonatkalk enthält. Der durchschnittliche  $\text{CaCO}_3$ -Gehalt des Lößes beträgt etwa 30—40% (MEIGEN, 1914), der des A-Horizontes der Pararendzinen etwa 10—15% (HARTH, 1956). Die Lößgebiete sind waldfrei und intensiv landwirtschaftlich genutzt. Dieser Umstand verhindert zusammen mit dem warmen, relativ niederschlagsarmen Klima eine Entkalkung und Verlehmung des Lößes. Der aus dem Oberboden ausgewaschene Kalkanteil reichert sich in konkretionärer Form oder mycelartig im Unterboden an. Die normale Pararendzina ist auf Grund der gehemmten Tonbildung und des Wassermangels gering mächtig, aber sehr fruchtbar. Der feinsandig-schluffige Löß hat eine große nachschaffende Kraft, und der A-Horizont der Pararendzina besteht aus vorzüglichem Mull, meist koprogener Herkunft.

Neben der normalen Pararendzina ist im Südwest-Kaiserstuhl auf Grund besonderer lokalklimatischer und hydrologischer Verhältnisse noch eine steppenartige Variante ausgebildet (Profil C 1). Ihr A-Horizont ist fast so

mächtig wie der eines echten Steppenbodens. Eine Ca-Anreicherung ist im Unterboden nicht festzustellen. Dafür tritt im unteren A-Horizont ein ausgesprochenes  $\text{CaCO}_3$ -Minimum auf. Man kann hier, ähnlich wie bei den steppenähnlichen Böden in der Rheinebene, eine sekundäre  $\text{CaCO}_3$ -Anreicherung in der Oberkrume vermuten. Humus- und Stickstoffgehalt weisen im mittleren A-Horizont ein Zwischenmaximum auf.

Trotz dieser steppenbodenartigen Merkmale muß dieser Boden aber noch zu den Pararendzinen gestellt werden. Das gesamte Profil ist zu kalkhaltig. Die Tonbildung und die Sorptionskapazität erscheint für einen Steppenboden zu gering (HARTH, 1956, S. 56—58).

#### 4. Rendzinen

Die wenigen im Kreis Freiburg vorkommenden Rendzinen haben im Durchschnitt einen ähnlichen Habitus wie die von MÜCKENHAUSEN (1957) beschriebene braunschwarze Mullrendzina (Profil E 2). Auf Haupttrogenstein findet sich in ungünstiger Exposition stellenweise eine etwas degradierte Form, die der braunen Rendzina in der Systematik KUBIENAS (1953) bzw. der verbrauchten Rendzina nach LAATSCH (1954) entspricht. Auch die von MÜCKENHAUSEN (1957) angeführte braune Mullrendzina ähnelt in ihrer Dynamik dieser Variante, wenngleich MÜCKENHAUSEN das Auftreten der braunen Rendzina weniger auf klimatische Einflüsse als auf eine anders geartete Zusammensetzung des Ausgangsmaterials zurückführt. Bei der am Schönberg beobachteten Verbraunung kann jedoch der Faktor Gestein vernachlässigt werden, da für beide Varianten der in sich ziemlich homogene Haupttrogenstein das Ausgangsmaterial darstellt. Die Abhängigkeit des Bodens von Klima und Vegetation wird gerade bei den kleinflächigen, aber weit verstreuten Rendzinavorkommen innerhalb des bearbeiteten Gebietes sehr deutlich. So konnte sich unter den trocken-heißen Bedingungen im inneren Kaiserstuhl auf Marmor eine Rendzina entwickeln, die im Gegensatz zu dem in der Vorbergzone verbreiteten Durchschnittstyp deutlich Merkmale der durch KUBIENA (1953) beschriebenen *Xerorendzina* aufweist (Profil E 1). Gegenüber dem durchschnittlichen C:N-Verhältnis von 13 ergab die Analyse einen Wert von 9,5 im  $A_1$ -Horizont, bei einer Sorptionskapazität der organischen Substanz von 280 mval (HARTH, 1956). Die trockene, etwas staubige Profilausbildung erinnert sehr an einen steppenähnlichen Boden.

Im Gegensatz dazu liegen die hauptsächlichen Rendzinavorkommen im Optimum des feuchtwarmen Klimas, in der Vorbergzone. Sie weisen ein hohlraumreiches Schwammgefüge und einen höheren Humusgehalt auf. Das C:N-Verhältnis ist weiter und beträgt im Durchschnitt 13 im  $A_1$ . Charakteristisch ist der geringere Karbonatanteil im Oberhorizont, der meistens 10 % kaum überschreitet. Bei der an etwas feuchtere Lagen und Ost- bzw. Nordexposition gebundenen braunen Variante macht sich im Oberboden

neben einer Auswaschung der Karbonate eine deutliche Humusverschlechterung bemerkbar. Das immer noch gut gekrümelte Schwammgefüge ist lehmiger und das Gesamtprofil ziemlich frisch. Diese Profile sind tiefgründiger als die der normalen Mullrendzina, und die darauf stockenden Buchenbestände zeichnen sich durch eine erhöhte Wuchskraft gegenüber den in West- bzw. Südwestexposition gelegenen Standorten aus. Auf den flachgründigeren Standorten der Mullrendzina sind die Bestände z. T. mit Kiefern durchstockt, ohne daß durch diese Maßnahme bisher eine schädigende Einwirkung auf den Boden festzustellen ist. Die in den Mischbeständen anfallende Nadelstreu zeigt einen relativ guten Zersetzungsgrad und konnte die Mullbildung nicht wesentlich beeinflussen.

An besonders exponierten Südwest- bis Südlagen erfährt die Rendzina auf Hauptrogenstein unter schütterer Strauchvegetation eine weitere, sehr bemerkenswerte Abwandlung. Das Gefüge des A-Horizontes ist hochplastisch in feuchtem Zustand und nimmt eine rostrote Färbung an, die in Verbindung mit dem schwärzlichen Mull eine sich nach unten zu aufhellende rötlich-braune Gesamtfärbung des A-Horizontes ergibt. Den Übergang vom A- zum kompakten C-Horizont des Hauptrogensteins bildet eine im Durchschnitt 0,5 cm mächtige, sattockerbraune, dichte Zersatzzone. Die beobachtete rötliche Färbung ist auf eine Umwandlung des Brauneisens in eine wasserärmere Verbindung zurückzuführen. Zu einer braunen Lehmigung kommt es trotz der hohen Niederschläge (800—900 mm) infolge lokal auftretender Temperaturextreme und der schütterer Vegetation nicht. Die sehr flachgründigen Profile trocknen während längerer Hitzeperioden sehr bald aus. Da das dichte, in feuchtem Zustande sehr plastische Gefüge sich nicht allein durch den Tongehalt erklären läßt und da der A-Horizont schon ziemlich karbonatarm ist, dürfte die Annahme berechtigt sein, daß bei diesem Typ die beginnende Umwandlung einer Rendzina in einen *Terra fusca*-artigen Boden als durchaus rezenter Vorgang zu beobachten ist, analog der Entwicklung des Kalksteinbraunlehms in der Rheinebene. Mitbestimmend für diese Entwicklung mag auch der etwas höhere Eisengehalt des Hauptrogensteins sowie dessen eigenartige Verwitterungstendenz im Gegensatz zu anderen Massenkalken, etwa des Malms oder des Muschelkalks, sein. Auf die anders geartete Verwitterung des Hauptrogensteins wurde schon früher von Geologen hingewiesen. Der Kalk scheint sich sehr leicht aus dem Gesteinsverband zu lösen. Zurück bleibt ein leuchtend rotbraunes, eisenreiches, kalkarmes, lehmig-toniges Verwitterungsprodukt (STEINMANN, 1897, S. 36). Diese Merkmale wurden bei der nun durchgeführten Bodenkartierung ebenfalls beobachtet. Sie scheinen aber streng an SW-exponierte Lagen gebunden zu sein.

### 5. Basenreicher A-C-Silikatboden

Der auf ultrabasischen, karbonatfreien Eruptivgesteinen des Kaiserstuhls vorkommende A-C-Boden läßt sich auf Grund seiner Dynamik nur schwer in den Rahmen der in Mitteleuropa üblichen Bodenbildungen einordnen. Obgleich der Boden primär kein  $\text{CaCO}_3$  enthält und die Tonbildung im oberen Teil des Profils sehr fortgeschritten erscheint, verhalten sich die übrigen Basen ungewöhnlich stabil und weisen keine abwärts gerichtete

Wanderungstendenz auf (Profil D 1). Dabei täuscht die oft frische, lehmige Beschaffenheit des Bodens leicht über die wahren Zusammenhänge hinweg. Das Niederschlagsangebot ist viel geringer als auf den ersten Blick nach dem Aussehen des Profils zu vermuten wäre; daß die Regenmengen trotzdem zu einer Tonbildung ausreichen, liegt an der Beschaffenheit des Gesteins. Einem Niederschlagsbetrag von 650—750 mm steht immerhin in den Gipfellagen noch eine Durchschnittstemperatur von etwa 10° C und eine (theoretische) Verdunstungsmenge von etwa 550—600 mm gegenüber. Berücksichtigt man noch die erhöhte Reliefenergie, dann dürfte die für den Boden tatsächlich wirksam werdende Niederschlagsmenge in der Zeit der Vegetationsperiode unter Laubwald sehr niedrig sein (CREUTZBURG, 1950). Die geringen den Boden erreichenden Niederschläge finden in dem basischen Ergußgestein ein Substrat vor, das sehr leicht verwittert. Die an winzigen Klüften reiche, teilweise poröse Beschaffenheit des Gesteins und der wenig widerstandsfähige Charakter der basenreichen Mineralgemengteile bieten dem Wasser einen idealen Ansatzpunkt für seine verwitterungsfördernde Tätigkeit.

Als Folge des überreichlichen Angebots an leicht verwitterbaren Mineralien (Augit, Titanaugit, Magnetit, Olivin, Apatit, Nephelin, Leuzit, Hauyn, Labrador) (MEIGEN, 1915, HOENES, 1949) zeigt der gesamte A-Horizont eine lehmige Beschaffenheit. Diese hemmt ihrerseits wieder zusammen mit dem anfallenden Humus die Geschwindigkeit der abwärts gerichteten Perkolation und wirkt als Wasserspeicher. Der leichte Zerfall des Ausgangsmaterials ermöglicht gleichzeitig eine sehr intensive Durchmischung der Ton- und Humusteile durch die Tätigkeit zahlreicher Regenwürmer. Da der Tonbildung nicht eine Verarmung des Bodens an Basen im gleichen Horizont entspricht, vielmehr durch die gut ausgenutzten, relativ geringen Niederschläge jederzeit ein Überangebot an pflanzenaufnehmbaren Nährstoffen besteht, befinden sich als große Ausnahme bei diesen Böden der Zuwachs des A-Horizontes und die zunehmende Mächtigkeit des Gesamtprofils im Gleichgewicht. Das Gestein wird für die Bodenbildung durch Verwitterungsvorgänge so langsam erschlossen, daß es der äußerst regen Bodenfauna möglich ist, im gleichen Ausmaße die Mächtigkeit des A-Horizontes nach der Tiefe zu erweitern. Da durch die Tonbildung das Wasser hauptsächlich in den oberen Dezimetern gespeichert wird, das Profil also mit zunehmender Tiefe trockener wird, besteht bei dem Nährstoffangebot im oberen Teil des Profils für die Pflanzen kein Bedürfnis durch intensive, besonders tiefe Durchwurzelung das Gleichgewicht zwischen Zunahme des A-Horizontes und Zunahme der gesamten Profilmächtigkeit zu stören. Vor allem die physiologische Trockenheit des C-Horizontes hält die Wurzeln der Laubbäume davon ab, von sich aus durch einen stärkeren Vorstoß die Verwitterungsvorgänge zu beschleunigen. Andererseits sind durch die Trockenheit der Wuchsleistung der natürlichen Eichenwaldgesellschaften trotz reichlichen Nährstoffangebotes bestimmte Grenzen gesetzt.

Der karbonatfreie Boden zeichnet sich durch einen hohen Basensättigungsgrad, einen relativ mächtigen Humushorizont und sehr stabile Humusform aus. Die hervorragende Humusqualität wird bestätigt durch ein enges C:N-Verhältnis, wie man es sonst nur von Steppenböden gewohnt ist, ferner durch eine hohe Sorptionskapazität (326 mval!) der organischen Substanz.

Der Boden weist im A-Horizont einen relativ hohen Tongehalt auf, während bei den typischen Profilen ein B-Horizont nicht ausgebildet ist. Erst die Übergangsformen zeigen unter ungünstigeren klimatischen Bedingungen (N- bzw. E-Exposition) einen schwach ausgeprägten B-Horizont. Auffallend ist eine intensiv dunkle Färbung des Gesamtprofils, die mit zunehmender Tiefe mehr violette Farbtöne enthält, welche wahrscheinlich auf den Titan-gehalt des Gesteins zurückzuführen sind. Der Boden reagiert im Normalfall neutral bis schwach alkalisch und eignet sich zur forstlichen Nutzung. Eine volle Ausbildung des Profils scheint überhaupt nur unter Wald möglich zu sein. Eine verbindliche Benennung dieses Typs bereitet noch einige Schwierigkeiten, wird sich jedoch nicht umgehen lassen, da es sich für den Kaiserstuhl um eine Klimaxbildung zu handeln scheint. Man könnte einigermäßen treffend ihn als basischen Humus-silikatboden bezeichnen, da dieses A-C-Profil nach den bisherigen Beobachtungen strikt an ein sehr basisches, karbonatfreies (oder fast karbonatfreies) Silikatgestein gebunden ist, wenn dieses Synonym nicht durch PALLMANN und KUBIENA (1953) ausschließlich auf alpine Bodenbildungen beschränkt worden wäre.

S. A. WILDE, USA, hat anlässlich einer Besichtigung dieser Bodenbildung den Namen „Melanized Soil“ vorgeschlagen, da dieser Typ an Erscheinungsformen erinnert, wie sie in USA auf silikatischem Gestein unter natürlicher Waldvegetation anzutreffen sind und die mit dem Sammelbegriff „Melanized Soils“ belegt wurden (WILDE, 1946), (GANSSSEN, 1957). Die Bezeichnung „Melanized Soils“ ist indessen nicht ganz korrekt, da sie nach mündlichen Aussagen von WILDE als Sammelbegriff für alle dunkelgefärbten, relativ humusreichen (5—7%) A-C-Böden auf silikatischem Gestein und unter natürlicher Waldvegetation aufgefaßt werden soll. Vorliegender A-C-Boden ist jedoch offensichtlich wenigstens unter den hier herrschenden Klimaverhältnissen an ultrabasisches Silikatgestein gebunden (GANSSSEN, 1957, S. 52). Schon aus letzterem Grunde kann dieser kalkfreie A-C-Boden, dessen natürliche Vegetation wahrscheinlich eine ganz bestimmte Eichenwaldgesellschaft ist, nicht mit dem Synonym „Ranker“ belegt werden. Unter „Ranker“ versteht man ja heute nach der Verwässerung des ursprünglichen Begriffes A-C-Böden auf allen möglichen Silikatgesteinen, die durchweg nur eine Vorstufe zu den für das jeweilige Gebiet typischen A-B-C-Böden darstellen (SCHEFFER, 1956, S. 191), (GANSSSEN, 1957). Der besprochene Boden im Kaiserstuhl kann jedoch, soweit die bisherigen Untersuchungen diesen Schluß erlauben, unter den gegebenen klimatischen Bedingungen auf basenreichem Silikatgestein als Klimaxstadium angesehen werden (HARTH, 1956). Es ist natürlich auch möglich, diesen Zustand als Pseudo-Klimax (GANSSSEN, 1957, S. 77) aufzufassen, in der Annahme, daß der Boden sich vielleicht in Zukunft einmal weiter entwickeln wird. Eine solche Entwicklung (oder Degradation) zu einem A-B-C-Profil müßte allerdings eine einschneidende Änderung des Lokalklimas für längere Zeit zur Voraussetzung haben. Spekulationen in dieser Richtung lassen sich augenblicklich nicht durch Beweise stützen. Eine spezielle Untersuchung dieser in Mitteleuropa bisher nur aus dem Kaiserstuhl bekannten Bodenbildung durch REHFUESS (1957) konnte die oben dargelegte Auffassung im wesentlichen bestätigen.

## 6. Kalksteinbraunlehm

An einigen Stellen des Oberrheingebietes gehen aus kalkhaltigem Material in einem mediterran geprägten Lokalklima Böden hervor, die nicht in das allgemeine Schema von den möglichen Bodenbildungen in Mitteleuropa hineinpassen. Dazu gehört der auf den Rheinschottern südlich von Breisach anzutreffende Kalksteinbraunlehm. ZINECKER (1955) bezeichnet ihn wegen der rotbraunen Färbung des B-Horizontes als „Blutlehm“ und neigt zu der Ansicht, daß der „Rotlehm-Horizont“ in Übereinstimmung mit anderen bekanntgewordenen „fossilen Rotlehmern“ im südwestdeutschen Raum ein Relikt aus einer früheren Wärmeperiode (frühes Postglazial) darstellt. Manche Merkmale sprechen jedoch für eine relativ junge Entwicklung.

### 1. Der Braunlehm ist autochthon

Sein B-Horizont schließt mit einer Ca-Anreicherungszone gegen den C-Horizont ab. Allen allochthonen Braunlehm- oder Rotlehmrelikten fehlt eine solche Anreicherungszone an der Unterseite des B-Horizontes. Bei den Relikten handelt es sich in unseren Gegenden immer nur um zusammengeschwemmte Reste, die bereits vor dem Transport kalkfrei waren. Der Braunlehm der Niederterrasse ist dagegen an Ort und Stelle entkalkt worden.

### 2. Der Profilaufbau ist ungestört

Der A-Horizont geht fließend in den B-Horizont über. Es läßt sich keine Diskordanz feststellen. Auch die Rubefizierung tritt nicht erst plötzlich im B-Horizont auf. Der rotbraune B-Horizont ist nicht von einem braunen Oberboden überlagert, vielmehr ist auch der A-Horizont schon schwach rötlich gefärbt (Profil F 1).

### 3. Der Braunlehm ein „junger“ Boden

Noch vor 150 Jahren waren die Fluren, die heute eine Braunlehm-Bildung zeigen, größtenteils bewaldet (LANGEN, 1956). Wo der Wald nach der Rheinkorrektur nicht dem Ackerbau weichen mußte, können heute weder Braunlehm- noch Rotlehmrelikte festgestellt werden. Der ehemalige Auenboden hat sich zu einer Braunerde entwickelt. Auch der Braunlehm ist vermutlich aus einer solchen Braunerde hervorgegangen, da die Grundwasserabsenkung langsam vor sich ging und der Boden sich unter Wald zunächst noch in Richtung Braunerde weiter entwickeln konnte. Erst nach der Entwaldung konnte es zu einer Umwandlung in einen Braunlehm kommen. Da dieses Gebiet bis vor 150 Jahren einen hohen Grundwasserstand aufwies, ist kaum anzunehmen, daß sich der B-Horizont als ein Rotlehmrelikte aus dem frühen Postglazial bis auf den heutigen Tag so unversehrt an Ort und Stelle erhalten konnte. Bezeichnenderweise fehlt die Braunlehm-Bildung innerhalb einer Geländedepression zwischen Hausen a. d. Möhlin und Grenzhausen, obwohl diese Senke mitten in der Braunlehmzone liegt. Bei hohem Grundwasserstand ist der Boden dort nur als Grünland genutzt und ist noch heute bis in die Oberkrume karbonathaltig. Die Bildung des Braunlehms wird nur aus der Entwicklungsgeschichte der Landschaft heraus verständlich.

**Vermutliche Entwicklung:** Das Klima ist in diesem Teil der Rheinebene noch sehr warm und niederschlagsarm. Das jährliche Temperaturmittel liegt bei

etwa 10,1° C, die mittlere Niederschlagsmenge beträgt etwa 600—650 mm jährlich. Sommerliche Temperaturspitzen zwischen 35 und 40° C sind nicht selten und die Verdunstung ist entsprechend stark. Unter Acker- oder Grünland ist daher allgemein keine stärkere Karbonatauswaschung zu erwarten. Aus den kalkhaltigen Rheinablagerungen entwickeln sich A-C-Böden. (Man kann diesen Vorgang heute in der Rheinaue südlich von Grenzhausen beobachten.) Erst unter Wald (Fraxino-Ulmetum → Querceto-Carpinetum) wandern die Karbonate in den Untergrund und wird ein B-Horizont ausgebildet, denn erst das schattenspendende Laubdach und die speichernde Humusschicht der Waldvegetation können soviel Wasser sammeln bzw. vor der Verdunstung bewahren, daß der Verwitterungsprozeß und die Tonbildung fortschreiten. Der Braunlehm wurde also nicht erst nach der Vernichtung des Waldes entkalkt, sondern schon unter Waldbedeckung. Ein noch kalkhaltiger Boden hätte sich wahrscheinlich gar nicht zu einem Braunlehm entwickeln können (s. oben). Wahrscheinlich wäre auch nach der Entwaldung die Entwicklung zum Braunlehm und die Rubefizierung des Bodens nicht eingetreten, wenn die landwirtschaftliche Nutzung vorsichtiger durchgeführt und die Bodengare (SEKERA, 1941) erhalten worden wäre. Dazu hätte es von Anfang an einer systematischen Beregnung bedurft.

## 7. Kalksteinbraunerde

Mehr einem Braunlehm als einer Braunerde nahestehend ist die lehmig-tonige Kalksteinbraunerde, die unter Wald auf dem tertiären Küstenkonglomerat der Schönberggruppe anzutreffen ist (Profil F 2). Streng entwicklungsgeschichtlich gesehen müßte sie nach MÜCKENHAUSEN (1957) als Pararendzina-Braunerde angesprochen werden. In ihrer Dynamik weist sie aber auch einige Merkmale auf, die nach KUBIENA (1953) auf eine Terra fusca-artige Entwicklung hindeuten. Das feuchtwarm getönte Lokalklima im Bereich des oberen Teils der Schönberggruppe, soweit es sich um West- bis Südexposition handelt, hat zu einer intensiven Verwitterung und Entkalkung des Bodens bis in etwa 70 cm Tiefe geführt. Der Tonanteil des B-Horizontes übersteigt denjenigen des B/C um das Dreifache, denjenigen des A-Horizontes um das Siebenfache. Der Boden zerfällt in ausgetrocknetem Zustand in zahlreiche sehr harte, polyedrische, widerstandsfähige, scharfkantige Teilchen. Mit Ausnahme der obersten 15 cm ist das ganze Profil meistens frisch und das Gefüge von einer ungewöhnlich dichten, zähen, tonigen Beschaffenheit. Die Durchwurzelung nimmt nach der Tiefe zu sehr schnell ab, so daß der eigentliche B-Horizont nur von wenigen kräftigen Grobwurzeln durchzogen wird. Für den B/C-Horizont ist eine starke Kalkmycelbildung kennzeichnend. Eine geringe Eisenwanderung kann trotz neutraler bis schwach alkalischer Reaktion des Gesamtprofils im B-Horizont beobachtet werden. Ihr entspricht auch eine pH-Erniedrigung im mittleren Teil des Profils. Diese Merkmale deuten auf das Vorhandensein von kolloidaler Kieselsäure hin, deren leichte Beweglichkeit und peptisierende Wirkung für die auffälligen Eigenschaften des B-Horizontes wahrscheinlich mit verantwortlich ist. Eine gleichgeartete pH-Erniedrigung und Fe-Wanderungs-

tendenz ist auch für den Kalksteinbraunlehm auf der Niederterrasse typisch. Während im letzteren Fall jedoch diese Eigenschaften wie auch die Plastizität des B-Horizontes fast sicher auf die kolloidale Kieselsäure zurückzuführen sind, besitzen die Profile auf Tertiärkonglomerat doch immerhin einen Tonanteil von max. 30 % der Gesamtsubstanz. Gegen eine Terra fusca-artige Bildung spricht ferner die neutrale bis schwach alkalische Reaktion des Gesamtprofils, der relativ hohe Humusgehalt von durchschnittlich 8% wie auch der etwas anders geartete Wasserhaushalt. Sowohl MÜCKENHAUSEN als auch LAATSCH halten eine rezente Braunlehm Bildung in Mitteleuropa für wenig wahrscheinlich. MÜCKENHAUSEN (1957) allerdings hält immerhin die Entstehung von „braunlehmähnlichen“ Böden für möglich. KUBIENA (1953) beschreibt rezente Vorkommen im Wiener Wald. Weiter nördlich dürften auch nach seiner Ansicht nur noch fossile Relikte zu finden sein. Für den Boden auf Tertiärkonglomerat dürfte daher die Bezeichnung „Pararendzina-Braunerde“ (MÜCKENHAUSEN, 1957) bzw. „Kalksteinbraunerde“ (KUBIENA, 1953) am zutreffendsten sein.

### 8. Eutrophe Braunerde / Pseudogley

Der häufig am Westrand des Grundgebirges auftretende Pseudogley (Profil G 1) stimmt in seinen Merkmalen am ehesten mit dem „Braunerdepseudogley“ (gleyartige Braunerde) MÜCKENHAUSENS (1957) überein. Entgegen der Beschreibung desselben Typs durch LAATSCH (1954) und KUBIENA (1953) ist der Humuszustand gut und die Basensättigung überdurchschnittlich. Eine Sesquioxidverlagerung konnte nicht festgestellt werden. Das Auftreten von zeitweilig stauender Nässe in dieser veränderten Braunerde ist in erster Linie auf die Zusammensetzung des Ausgangsmaterials zurückzuführen. Dieses bildet am Hangfuß durchweg ein innig vermischtes Konglomerat von Schwemmlößresten und sehr feinem Gneisgrus, der aus stark zerruskelten Gesteinspartien herrührt (SCHMID, 1950). Durch den hohen Anteil an Feinteilen, der häufig 70—80 % des Gesamtmaterials ausmacht, ist das Volumen an Grobporen wesentlich geschmälert. Der aus dem Löß stammende hohe Schluffanteil führt sehr schnell zu einem Dichtschlamm der Mittelporen (RICHARD, 1953). Das Ergebnis ist eine zeitweilige Stagnation des Wassers bei plötzlich auftretendem Überschuß, wie dies vor allem im zeitigen Frühjahr während der Schneeschmelze und der Periode hoher Niederschläge (Herbst bis Frühjahr) der Fall ist. Der Pseudogley bleibt ganzjährig außerhalb des Grundwasserbereiches, und die Verglebungsvorgänge werden ausschließlich durch Niederschläge ausgelöst. Für eine anspruchsvolle Vegetation ist dieser Boden weniger geeignet, da trotz hoher Niederschläge infolge des feinporigen Gefüges, abgesehen von der schlechten Durchlüftung, zuviel Wasser in einer für Pflanzen nicht verwertbaren Form kapillar gebunden wird (RICHARD, 1953).

Interessanter als die Verglebung erscheint ein Vergleich der basenreichen Braunerde mit der mesotrophen Braunerde auf Gneis. Diese eutrophe Braunerde ist im Vorfeld der mesotrophen Braunerde ziemlich verbreitet. Ihr Vorkommen erklärt sich aus der bereits geschilderten Vermischung von Schwemmlöß mit Gneisschutt oder aus einer Verlehmung des Löß und zum geringen Teil aus einer Auswaschung ehemals kalkhaltiger, mesozoischer Schichten. Die aus Schwemmlöß + Gneis hervorgegangene Braunerde (Profil G 2) ähnelt in ihrer Dynamik der von MÜCKENHAUSEN (1957) beschriebenen Braunerde mit hohem Basengehalt. Nach der Einteilung von KUBIENA (1953) ist sie als eutrophe Braunerde zu bezeichnen. Nach GANSEN (1957) ist sie als basenreiche Variante der typischen mitteleuropäischen Braunerde im Sinne von RAMANN (1911), STREMMER (1930) und STEBUTT (1930) aufzufassen. Ihre Basensättigung beträgt durchschnittlich über 70%, und das enge C:N-Verhältnis (13) deutet eine N-reiche Humusform an. Ebenso gilt hier nicht die (empirische) Regel, daß innerhalb des Gneisgebietes der pH-Wert nicht über 5,8 (H<sub>2</sub>O) ansteigt. Diese basengesättigten Böden zeigen neutrale Reaktion.

In ihrer Humusform und ihrem Basenhaushalt stimmt diese Braunerde viel besser mit den aus Lößlehm, kalkhaltigem Schotter oder kalkhaltigen mesozoischen Schichten hervorgegangenen Braunerde- bzw. Braunlehmgebilden überein als mit dem sehr verbreiteten mesotrophen Typ auf Gneis. Die Beimischung von basenreichem, ehemals karbonathaltigem Löß zum Gneisgrus dürfte ausschlaggebend für die hohe Basensättigung und das hohe Nachlieferungsvermögen dieses Typs sein. Wenn man vom Extremfall einer durch Staunässe hervorgerufenen teilweisen Verglebung absieht, dann weist dieser Typ gegenüber der mesotrophen Ausbildung einen besseren, ausgeglicheneren Wasserhaushalt auf, was sich in erhöhten Wachstumsleistungen anspruchsvoller Holzarten ausdrückt. Der Wasserhaushalt wird vornehmlich durch den erhöhten Anteil der Mittelporen am gesamten Porenvolumen verbessert (RICHARD, 1953). Diese Veränderung der Struktur ist eine Folge der Lößbeimischung. Insgesamt muß dieser Typ jedoch als labiler angesprochen werden als die aus unvermischem Gneismaterial hervorgegangenen Braunerden. Schon geringe Änderungen einzelner Faktoren können die Dynamik sichtlich beeinflussen und eine schnelle Verschlechterung des Bodenzustandes hervorrufen. Deutlich sichtbar ist diese Anfälligkeit bei der oben erwähnten, häufig anzutreffenden gleyartigen Veränderung, wo die Kombination von hohem Schluffanteil und Wasserüberschuß vor allem die Durchlüftung und ausreichende Sauerstoffversorgung des Bodens beeinträchtigt.

## 9. Mesotrophe Braunerden / Podsolige Braunerden

Die Gneiszone bietet günstigere Voraussetzungen für Bodenbildung und Waldwirtschaft als die übrigen Teile des Schwarzwaldes (AMELUNG, 1954). Aus Gneis entsteht eine fruchtbare Braunerde. Sie ist ein bevorzugter Laubmischwald-Standort und sehr stabil gegenüber sich verschlechternden klimatischen Bedingungen, sofern ihre Dynamik nicht künstlich gestört wird.

Im Folgenden werden in Abschnitt a) die stabilisierenden Faktoren behandelt. In Abschnitt b) wird auf die zur Podsolierung führenden Einflüsse eingegangen. Die Dynamik und bodensystematische Stellung der einzelnen Zustandsstufen der Braunerde auf Gneis wird in Abschnitt c) behandelt.

### a) Stabilisierende Faktoren

#### *Gestein, Verwitterung, Basengehalt*

Der Gneis steht im untersuchten Gebiet vornehmlich als Paragneis bzw. Mischgneis an. Bei relativ mäßigem Basengehalt verfügt er über eine erstaunlich große nachschaffende Kraft. Da er in sich inhomogen, mechanisch stark beansprucht und stark zerklüftet ist, verwittert er relativ leicht zu einer instabilen, grusigen Masse. Der vorwiegend durch die physikalischen bzw. mechanischen Kräfte der Verwitterung (Frostsprengung, Wurzelsprengung, Temperaturdifferenzen usw.) entstandene Grus bildet mit seiner pro Masseneinheit riesig vergrößerten Oberfläche einen guten Ansatzpunkt für die chemische Verwitterung. Es ist daher der mechanische Zerfall des Gesteines zu Grus für die Intensität der Verwitterung von besonderer Bedeutung (THEMLITZ, 1953).

Wichtig ist ferner die Art der einzelnen Mineralien. Vorwiegend handelt es sich um Plagioklase (Kalknatronfeldspat), Glimmer, glimmerartige Mineralien und weitere mafische Bestandteile. Sie verwittern leichter als etwa die Mineralien granitischer Gesteine, vor allem liefern sie dabei erheblich mehr zweiwertige Kationen (Ca, Mg). Durch die große Anzahl der Spaltflächen bei den Glimmern und den rasch fortschreitenden Zerfall des Gitters beim Plagioklas ist das Nachlieferungsvermögen an Basen aus dem ursprünglichen Mineralverband einerseits und das Sorptionsvermögen vor allem bei den glimmerartigen Mineralien und den Glimmern selbst infolge der sich immer mehr vergrößernden Schichtoberflächen und Gitterkanten andererseits wider Erwarten hoch. Das Ergebnis dieser Vorgänge ist eine dauernde Pufferwirkung gegenüber einer zu großen Säureaktivität, wobei gerade die aktiven H-Ionen letzten Endes für diesen Ausgleich verantwortlich sind, indem sie durch ihre mineralzersetzende Tätigkeit immer von neuem für die Nachlieferung von Basen sorgen, da sie letztere aus ihrer bisherigen Bindung befreien.

Infolge der Struktur der Minerale übersteigt dabei pro Zeiteinheit das Angebot an freiwerdenden Basen dasjenige anderer basenarmer Gesteine, wie z. B. Sandstein oder Granit, beträchtlich. Auch ist der  $\text{SiO}_2$ -Gehalt gegenüber dem Granit bedeutend geringer. Schon die wenigen aufgezählten Gründe machen es verständlich, daß die Verwitterungsprodukte des Gneises in einem besonderen Maße die Fähigkeit zur Pufferung und Basennachlieferung besitzen, wie es auf Grund der Gesteinsanalyse zunächst gar nicht zu vermuten wäre. Aus einer Durchschnittsanalyse (MEIGEN, 1915), die für etwa 90% des in Frage kommenden Gebietes als kennzeichnend gelten kann, ist ersichtlich, daß der  $\text{K}_2\text{O}$ -Anteil denjenigen an CaO wesentlich übersteigt. Die analytische Erfassung des austauschbaren CaO und  $\text{K}_2\text{O}$  im Profil liefert

aber ein genau umgekehrtes Durchschnittsbild. Es stehen weitaus mehr austauschbare Ca-Ionen zur Verfügung. Für den Mangel an K-Ionen lassen sich verschiedene Gründe anführen. Bekanntlich ist der Gneis ein glimmerhaltiges Gestein, bei dessen Verwitterung vorwiegend glimmerartige Tonminerale vom Typ Vermiculit, Illit bzw. Eisen-Illit entstehen (DEUEL, 1950), (STREMMER, 1951), (SCHROEDER, 1954). Gleichfalls dürfte der Hydrobiotit stärker an den Austauschvorgängen beteiligt sein. Bei diesen glimmerartigen Tonmineralen wird zur Kompensation der negativen Ladungen, die durch den Ersatz von Zentralionen (Al) entstehen, das K-Ion in die Schichtgitter eingebaut. Diese K-Ionen sind gewöhnlich nicht umtauschbar (LAATSCH, 1954), (SCHEFFER, 1955). Es stehen zum Austausch nur die an der Oberfläche der Kristalle befindlichen Ionen zur Verfügung. Die leichte Spaltbarkeit der Glimmer und glimmerartigen Minerale sowie die damit verbundene Oberflächenvergrößerung sorgt hier für einen gewissen Ausgleich. Ein weiterer Grund für den Mangel an austauschbaren K-Ionen ist die leicht mögliche Verdrängung durch H-Ionen. Bekanntlich besitzt das  $H_3O^+$ -Ion einen ähnlichen Ionenradius wie das K-Ion. Da im gesamten Gneisgebiet die Bodenlösungen einen pH-Wert von 5,0—5,8 primär aufweisen, ist das Angebot an H-Ionen ziemlich groß, so daß eine Verdrängung des austauschbaren Kaliums aus diesem Grunde stattfindet. Die Festlegung bzw. Verdrängung des K-Ions sind also Vorgänge, die sich aus der Zusammensetzung des Gesteins und dessen Verwitterungsmechanismus ergeben, ohne daß hierdurch bereits eine Degradation des Bodens angezeigt wird. Im Gegenteil, diese Vorgänge sind geradezu symptomatisch für das Vorhandensein bzw. die Bildung bestimmter Tonminerale. Ganz anders verhalten sich die Ca-Ionen. Sie werden nicht fest in die neugebildeten Tonminerale eingebaut, sondern liegen zum überwiegenden Teil in austauschbarer Bindung vor. Infolge ihres geringen Ionenradius treten sie weder an die Stelle des Al-Ions noch werden sie durch H-Ionen leicht verdrängt. Diese Verdrängung durch H-Ionen kann erst mit zunehmender Aufspaltung der Schichtpakete und des Schichtgitters der Tonminerale erfolgen. Eine auffallende Verminderung des Ca-Ionenanteils in dem Sinne, daß er dem Wert des K-Ionenanteils gleichkommt bzw. diesen unterschreitet, deutet im vorliegenden Falle immer auf einen Tonzerfall und damit auf eine Degenerierung des Bodens hin. Als Vergleichsobjekt eignet sich am besten der B-Horizont der jeweiligen Profile, weil einmal hier eine nachträgliche Anreicherung des Ca-Ions durch die Sorptionskraft der Huminsäuren nahezu ausgeschlossen wird, zum anderen in dieser Zone die chemische Verwitterung und Umsetzung der Mineralbausteine ihr Maximum erreicht.

Nachstehende Tabelle gibt im Vergleich zu einer Durchschnittsanalyse des Gneises einen Überblick über das Verhältnis von austauschbaren Ca- und K-Ionen im B-Horizont der Braunerden in nichtpodsoliertem und podsoliertem Zustand. Es geht klar aus der Tabelle hervor, daß nicht aus der Absolutmenge von CaO oder  $K_2O$  auf den Zustand der Tonkomplexe und deren Austauschfähigkeit geschlossen werden kann. Erst das Verhältnis von  $K_2O : CaO$  liefert Anhaltspunkte, inwieweit sekundäre Tonminerale gebildet oder bereits im Verfall begriffen sind.

Die geringe Neigung zum Dichtsclämmen oder, anders ausgedrückt, die gute Krümelung und vor allem Krümelstabilität der Braunerden auf Gneis erklärt sich nicht zuletzt aus der hier veranschaulichten Umkehr des CaO-

Durchschnittsanalyse der Gneise des Südschwarz- waldes nach W. MEIGEN aus zwölf Einzelanalysen			Verhältnis K <sub>2</sub> O CaO			
			Gneis	mesotrophe Braunerde	podsolige Braunerde	Krypto- podsol
SiO <sub>2</sub>	66,01	Gew.-%				
TiO <sub>2</sub>	0,24					
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,90					
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,92					
FeO	3,00					
MnO	0,06		1 : 0,7	1 : 3,1	1 : 1,6	1 : 1,1
MgO	1,64					
CaO	2,31					
Na <sub>2</sub> O	3,12					
K <sub>2</sub> O	3,40					
H <sub>2</sub> O	1,32					
CO <sub>2</sub>	0,07					

K<sub>2</sub>O-Verhältnisses gegenüber demjenigen der Gesteinsanalyse. Letztere läßt auf Grund des wesentlich höheren Anteils an einwertigen Kationen (Na, K) zunächst eine sehr ungünstige Bodenstruktur erwarten. Da aber die Ca-Ionen resistenter und besser verfügbar sind, können sich die Tonhumuskomplexe gut mit Ca-Ionen absättigen. Andererseits begünstigt das hohlraumreiche, grusige Gefüge und die tiefgründige Verwitterung des Ausgangsmaterials eine überdurchschnittliche Ausweitung des Einzugsbereiches der einzelnen Pflanzen. Vor allem den anspruchsvollen Holzarten (Eiche, Buche, Akazie, Tanne) steht zur Nährstoffaufnahme ein sehr großer Bodenraum zur Verfügung, aus dem die fein verteilten Haarwurzeln pro Flächeneinheit nur solch geringe Nährstoffmengen aufnehmen müssen, daß das Gleichgewicht zwischen Entnahme und Nachlieferungsvermögen erhalten bleibt. Auf diese Weise wird der an sich geringe Basenvorrat nicht überbeansprucht und die wichtigen Tonminerale als Sorptionsträger und Nährstofflieferanten werden vor der Zerstörung bewahrt (SÜCHTING, 1943). So bietet das gut gekrümelte, anlehmig-grusige, sehr hohlraumreiche Material vorzügliche Wuchsbedingungen für den Wald. Es ist verständlich, daß besonders die Tiefwurzler (Eiche, Buche, Tanne) aus den vorgenannten Gründen eine bodenerhaltende Wirkung ausüben und die der Natur des Bodens am ehesten gerecht werdende Bestockung darstellen. Das größere Nachlieferungsvermögen garantiert trotz unter dem Durchschnitt liegender Absolutmengen eine zufriedenstellende Versorgung der Vegetation mit Nährstoffen (MAYER-KRAPOLL, 1951).

Besonders wirksam scheinen in dieser Hinsicht die Paragneise, Metatextite und inhomogenen Diatextite zu sein, die innerhalb des kartierten Teiles des Hochschwarzwaldes in der Hauptsache bodenbildend auftreten (HOENES, 1949), (MEHNERT,

1953), (PFANNENSTIEL, 1954). Bei den Metatekten, z. T. auch bei den Diatekten, hat sich durch selektive Mobilisation innerhalb des Mineralgefüges eine Sonderung in Quarz-Feldspat-Nester und in Biotit-Hornblende-Restgewebe (mit Cordierit, Sili-manit, Zirkon usw.) vollzogen, die für den Ablauf der Verwitterungsvorgänge günstige Voraussetzungen bietet. Bei sehr weit fortgeschrittener Mobilisation hingegen wird der Mineralverband weitgehend homogenisiert, so daß die Gesteinskomplexe eine granitische bis dioritische Zusammensetzung aufweisen. Der dadurch zu erwartende ungünstige Einfluß auf die Bodenbildung konnte vor allem im Schau-inslandgebiet (Holzschlägermatte) beobachtet werden.

### *Klima, Relief, Erosion, Gesteinsklüftung*

Die hohen Niederschläge zwischen 1000 und 1900 mm hätten bei einer Jahrestemperatur zwischen 6 und 3° C in einem anderen Landschaftsteil Mitteleuropas unter den gegebenen Vegetationsverhältnissen zu einer verbreiteten Podsolbildung geführt. Der zum Kreis Freiburg gehörige Teil des Grundgebirges gruppiert sich jedoch in einer nach Westen offenen Lage um das Zartener Becken. Durch diese direkte Verbindung mit der Oberrheinebene erfährt er eine nicht unerhebliche thermische Begünstigung gegenüber dem übrigen Hochschwarzwald. Zahlreiche, radial vom Zartener Becken ausgehende Seitentäler lockern die Gebirgsmasse auf und ermöglichen einen zusätzlichen Temperatenausgleich. Durch sie können angestaute Kaltluftmassen aus dem Gebirge in das Zartener Becken und von dort in die Rheinebene abfließen.

Spürbarer Ausdruck für diesen Vorgang ist der in Freiburg fast das ganze Jahr über auftretende abendliche, empfindlich kühle Fallwind, der sog. „Höllentäler“ (CREUTZBURG, 1954). Die stark ansteigenden Niederschläge werden im Gebirge zu einem großen Teil durch eine sehr beachtliche Reliefenergie ausgeglichen. Bei der starken Zertalung der Gneiszone beherrschen schmale, langgestreckte Bergrücken mit steilen, hohen Flanken und enge, tief eingeschnittene Täler das Landschaftsbild. Hochflächen sind kaum verbreitet. Bei dem großen Höhenunterschied zwischen Talsohle und Gebirgskamm (bis zu 1000 m) (PFANNENSTIEL, 1954) haben die Hanglagen flächenmäßig den größten Anteil an Bodenbildung und Bewaldung. Auch die untersuchten Bodenprofile befinden sich durchschnittlich in Hanglage, da sie ein Bild von der normalen Ausbildung geben sollen. Im Verlaufe der Kartierung wurden zahlreiche Messungen der Hangneigung vorgenommen. Sie betrug für den Mittelhang im Durchschnitt etwa 30°, im Extremfall bis zu 50°. Es ist daher einleuchtend, daß ein beträchtlicher Teil der Niederschläge an der Oberfläche abfließen kann. Die zerklüftete, grusige Beschaffenheit des Gesteins bietet außerdem sehr günstige Versickerungsmöglichkeiten für hohe Regenmengen. Es werden z. B. im Feldberggebiet, also in Höhenlagen von etwa 1400 m, von den über 2000 mm Regen etwa 90 % sofort wegdrainiert (WUNDT, 1948). Nicht zuletzt ist diese Summe so hoch, weil ein abflußhemmendes, toniges Bindemittel bei den Böden in diesen Höhenlagen fehlt. Grund hierfür sind sowohl die ungünstigeren Klimaverhältnisse, die ein Zurücktreten der chemischen Verwitterung gegenüber der mechanischen bewirken, als auch die hier überwiegende Nadelholzbestockung, deren Produktion an Fulvosäuren einer Tonbildung entgegenwirkt. Im Gegensatz dazu werden bei den reiferen Profilen in

einer Höhenlage von 300 bis 500 m von den etwa 900- bis 1100-mm-Niederschlägen annähernd 40 % sofort wegdrainiert. Das Wasserhaltevermögen ist hier also wesentlich größer. Die geringe Speicherkraft gerade bei den Profilen, die infolge der Ungunst des Klimas unter einer gehemmten Verwitterung und einem sehr langsamen Basennachschub leiden, hat trotz der übergroßen Niederschläge einen ziemlich trockenen Gesamtcharakter des Profils zur Folge. Dadurch wird der schädliche Einfluß, den die allmählich entstandenen Rohhumusaufgaben mit ihrer Säureproduktion sonst ausüben würden, sehr abgeschwächt. Die rasche Zirkulation und der schnelle Abfluß großer Wassermengen nimmt den sauren Bodenlösungen die Möglichkeit, so destruktiv und auslaugend zu wirken, wie dies bei anderen Gesteinsarten meistens der Fall ist, besonders wenn dieser Vorgang noch durch eine gewisse Stagnation des Wassers begünstigt wird.

Außerhalb von Tal- und Muldenlagen ist die Bodenbildung im Gneisgebiet fast niemals durch stauende Nässe beeinflusst. Ökologisch ungünstige, sog. kalte Böden sind wegen ihrer geringen Verbreitung ohne Bedeutung für eine vergleichende Betrachtung der Boden- und Vegetationsverhältnisse. Das Überwiegen der relativ steilen Hanglage hat nicht nur auf den Wasserhaushalt des Bodens einen Einfluß, sondern ist ebenso für den Humuszustand von Bedeutung. Durch den starken Oberflächenabfluß wird die anfallende Streu vor allem im Herbst und Frühjahr über kleinere oder größere Strecken hinweg verfrachtet. Bei dieser kaum wahrnehmbaren, flächenhaften „Denudation“ wird speziell die Nadelstreu teils weggeführt, teils besser mit der Laubstreu durchmischt, teils direkt in den Boden eingeschlämmt. Auf diese Weise wirkt der Oberflächenabfluß einer stärkeren Ansammlung von moderartigem Humus und der Ausbreitung einer verfilzten Moder- bzw. Rohhumusdecke entgegen.

## b) Zur Podsolierung beitragende Faktoren

### *Vegetation, menschliche Wirtschaft, Klima*

Der karbonatfreie Gneis ist zwar je nach dem Grad der Metamorphose in sich regional differenziert, besitzt aber unabhängig davon einen ziemlich einheitlichen Chemismus, soweit es sich nicht um Orthogneis handelt. Er kann daher in bezug auf die Bodenbildung, von kleinflächigen Ausnahmen abgesehen (wo Orthogneise oder Erguß- und Ganggesteine granitischer Zusammensetzung auftreten), als durchgehend gleichwertiges Ausgangsmaterial aufgefaßt werden. Er bietet von sich aus überall etwa gleiche Voraussetzungen für die Bodenbildung. Der Faktor Gestein kann somit bei der Diskussion der Ursachen, die zu einer erheblichen Differenzierung der Böden auf Gneis führten, weitgehend vernachlässigt werden.

Als Ergebnis von Kartierung und analytischer Untersuchung lassen sich auf Gneis drei Bodengruppen oder Varianten unterscheiden. Etwa 55 Prozent der in Frage kommenden Fläche wird von einer normalen mesotrophen Braunerde (Profile H 1—11) eingenommen, wie sie nach Art und chemischer Zusammensetzung des Gesteins zu erwarten ist. Auf weiteren 40 Prozent

der Fläche ist eine Braunerde verbreitet, die in ihrer Dynamik deutliche Degradationserscheinungen in Form von Sesquioxidwanderungen, gehemmter Tonbildung und verminderter Humusqualität erkennen läßt (Profile J 1—9). Auf der verbleibenden Restfläche ist der Boden derart stark degradiert, daß er einem Podsol wesentlich nähersteht als einer mesotrophen Braunerde, auch wenn eine Bleichzone makroskopisch noch nicht erkennbar ist (Profile K 1—8). Während diese stark podsolierte Braunerde (sog. Kryptopodsol) teils auf ungeeignete Kulturmaßnahmen, teils auf basenarmes Ausgangsmaterial zurückzuführen ist und nur eine geringe Verbreitung hat, scheint die Frage viel bedeutsamer, wie es auf etwa 40 Prozent der Gesamtfläche überhaupt zu einer Degradation des Normaltyps, zu einer Podsolierung, kommen konnte.

Betrachtet man das Ergebnis der Kartierung, so fällt die Häufung der podsolierten Böden im Südtail des Gebietes auf. Man ist zunächst geneigt, lokale Klimaunterschiede zu einer Erklärung heranzuziehen. So ist beispielsweise der nördliche Teil bevorzugt in ostwestlicher Richtung zertalt, wobei vor allem Glottertal und Zartener Becken sich weit nach Osten ins Gebirge hinein erstrecken und im Westen zur Oberreinebene hin offen sind. Im Südtail haben dagegen die wenigen engen Täler meist eine Nord-Süd-Er Streckung und sind nicht dem Rheintal zugewandt. Ohne Zweifel sind die zum Rheintal hin offenen Täler und deren Randzonen vor allem hinsichtlich der Temperatur gegenüber den Tälern im Südtail bevorzugt. Der Vergleich einer Isothermenkarte (JAHRBUCH, 1952) mit der festgestellten Verbreitung der podsolierten Böden zeigt aber, daß der Beginn der Degradationszone nicht in direktem Zusammenhang mit einer bestimmten Temperaturgrenze steht. Bei genauer Beobachtung läßt sich feststellen, daß der Übergang von der normalen Braunerde zum podsoligen Typ sich vorwiegend in einer Höhe zwischen 650 und 750 m vollzieht. Je nach Exposition schwankt aber in dieser Höhenlage das Jahresmittel der Temperatur bis zu 3° C. Die Niederschlagssummen stimmen besser mit bestimmten Höhenstufen überein, da die Niederschlagszunahme im westlichen Schwarzwald orographisch bedingt ist. Der Übergangszone zwischen Braunerde und podsoliger Braunerde entspricht eine jährliche Niederschlagssumme von 1200—1300 mm (HASEMANN, 1953), (ROSSMANN, 1948). Die Niederschlagssummen sind also in der Übergangszone konstanter als der Gang der Temperaturen oder, anders ausgedrückt, die Schwankungsbreite der Temperatur beträgt in der Höhenlage zwischen 600 und 700 m etwa 40 % des Temperaturgefälles zwischen Rhein und Hochschwarzwald. Die Schwankungsbreite der Niederschläge beträgt in der gleichen Zone etwa 7 bis 8 % des Niederschlaggefälles zwischen Hochschwarzwald und Rhein. Die beträchtliche Höhe der Niederschläge scheint in vorliegendem Fall nicht ohne Bedeutung für das instabile Verhalten der Böden zu sein. Dabei dürfte es weniger auf die Niederschlagssumme allein ankommen, als vielmehr darauf, daß diese Regenmengen erst in höheren Lagen auftreten, da es sich um Steigungsregen handelt. Zunehmende Höhenlage bedeutet für den Boden andererseits aber Verkürzung der Vegetationsperiode, Verminderung der Zeit sommerlicher Erwärmung und längere Schneebedeckung. Da die chemische Verwitterung und Neubildung der Tonminerale im Boden neben der Durchfeuchtung auch an eine bestimmte Wärme, d. h. Energiezufuhr, gebunden ist, sind in dieser Hinsicht die Böden in größeren Höhen des Schwarzwaldes von vorneherein in ihrer Ausbildung benachteiligt. Hohe Niederschläge haben für ein solch instabiles Gefüge

weit verheerendere Folgen als für einen normal verwitternden Boden. Die geringen Tonanteile begünstigen rein mechanisch ein starkes Durchschlämmen des Profiles, wobei ein Teil der durch die Verwitterung anfallenden Pflanzennährstoffe abtransportiert wird. Bei gehemmter Verwitterung besteht ohnedies gegenüber den Braunerden in tieferen Lagen bereits ein Basendefizit, das durch solche Vorgänge noch verstärkt wird. Die Pufferfähigkeit des Bodens wird auf diese Weise stark herabgesetzt, jedoch zunächst noch nicht in dem Maße, daß die Tonsubstanzen selbst vom Zerfall bedroht sind und die Sesquioxyde im Schutze nicht mehr abgepufferter Säuren ihre Wanderung in den Unterboden antreten könnten. So führen die klimatischen Besonderheiten zwar zu einer gewissen Instabilität des Bodens, ohne allerdings direkt die Degradation zu verursachen.

Der unmittelbare Anlaß zur Podsolierung ist nach den bisherigen Beobachtungen ein in gleicher Höhenlage feststellbarer auffälliger *V e g e t a t i o n s w e c h s e l*. Die artenreichen Eichen-Hainbuchen-Wälder, Tief-lagenbuchenwälder und Tannen-Buchen-Wälder werden durch mehr oder weniger artenarme Tannen-Buchen-Waldgesellschaften abgelöst. Es treten verstärkt Koniferen auf, die in dieser Höhenlage für den Boden eine zusätzliche Belastung darstellen. Die säurebildende, ungünstige Nadelstreu verrottet nur noch langsam und ungenügend, so daß der Humuszustand sich laufend verschlechtert.

Dieser Vorgang erklärt sich aus einem gehemmten Ablauf der mikrobiellen Tätigkeit (DÜGGEL, 1931). Die Abnahme in größeren Höhen ist durchaus normal, da für die Tätigkeit der Mikroben, genau wie für die chemische Verwitterung, die Zufuhr einer ausreichenden Menge an Energie = Wärme unerlässlich ist. Erschwerend tritt aber hinzu, daß die Bakterienflora unter Nadelholz immer weniger aktiv und leistungsfähig ist als unter Laubholz (DÜGGEL, 1930). Da die Mikroben während des kurzen „Sommers“ die anfallende Nadelstreu nicht mehr vollständig abbauen können, produzieren die übrigbleibenden Rotteprodukte unter dem Einfluß der hohen Niederschläge erhebliche Säuremengen (Fulvosäuren u. a.). Diese anfallende Säure wird auf den Boden vornehmlich im Winterhalbjahr wirksam, wo ohnehin der Basennachschub am geringsten ist, da die chemische Umsetzung weitgehend zum Stillstand kommt. Die vorhandenen freien Basen reichen bald nicht mehr zur Abpufferung der Säuren aus, so daß diese nach einer gewissen Zeit auf die Mineralkomplexe im Boden voll wirksam werden. Die Folge ist eine Zerstörung der sekundär gebildeten Tonminerale bzw. Tonhumuskomplexe (MELVILLE, 1942) sowie Wanderung von Eisen und Aluminium in den Unterboden infolge Schutzkolloidwirkung der Fulvosäuren. Damit ist das Stadium einer echten Degradation in Form der Podsolierung erreicht.

Die Durchforstung der großen Waldgebiete richtete sich in neuerer Zeit weniger nach der natürlichen Produktionskraft und Dynamik des Bodens als nach rein ökonomischen Gesichtspunkten. Vor allem wurde die Fichte weit über ihre natürliche Grenze hinaus verbreitet. Schon OLTMANN'S (1927, S. 17) weist auf das zu starre Schema des Waldbaus hin: „Die Tanne endet nach den Vorschriften der Oberforstsdirektion bei etwa 900 m.“ Die vorherrschende Pflanzenassoziationen entsprechen daher heute weitgehend nicht mehr den natürlichen Möglichkeiten des Bodens. Sie sind nicht stand-

ortsgerecht. Die Leistungsfähigkeit des Bodens wird durch selektive Holzartenwahl und Monokulturen künstlich herabgedrückt. Infolge einer Störung seines dynamischen Gleichgewichts kann der Boden nicht voll produktiv werden und die ihm innewohnenden Kräfte nicht in einer für die Pflanzen nützlichen Form mobilisieren. Es ist daher vor allem bei den aus Gneis entstandenen Böden nicht richtig, wenn man aus der Zusammensetzung der Pflanzenassoziationen direkt auf die Leistungsfähigkeit des Bodens zu schließen versucht. Die Assoziationen geben nur den augenblicklichen Leistungsstand wieder. Dieser kann sich ganz erheblich von der tatsächlichen Leistungsfähigkeit unterscheiden und ist direkt abhängig von der Stärke der Eingriffe in die natürliche Vegetationsgemeinschaft.

Eine auf Grund der vorliegenden Kartierungsergebnisse von STEEGMAYER (1957) durchgeführte Spezialuntersuchung der Braunerde unter einer Vegetation, die weniger in direkter Abhängigkeit zur forstlichen Ertragspolitik stand, hat bestätigt, daß der Übergang zum podsoligen Typ in einer Höhe von 650—750 m keineswegs den natürlichen Gegebenheiten entspricht, sondern eine Folge ertragssteigernder Kulturmaßnahmen darstellt. Bis in Höhen von 1200 m (Feldberg) konnte unter einer Vegetation, die in ihrem Artenreichtum nicht durch eine künstliche Bevorzugung einer bestimmten Holzart (Fichte, Buche) beeinträchtigt wurde, in keinem Fall eine Podsolierung der Braunerde festgestellt werden. Überall wurden unter diesen Standorten reife, produktionskräftige Profile des mesotrophen nichtpodsolierten Typs gefunden. Es kann ohne Übertreibung behauptet werden, daß bei stärkerer Begünstigung des *a r t e n r e i c h e n* Tannen-Buchen-Waldes bzw. des Hochstauden-Bergmischwaldes es nie zu einer Podsolierung im heutigen Ausmaß gekommen wäre (GANSSEN, 1952).

Durch die verbreitete Artenarmut der submontanen Wälder, insbesondere durch die einförmige Krautschicht, wird die Ausbildung einer ungünstigen Humusform sehr gefördert. Der Anteil der Nadelstreu an der Gesamtstreu ist in diesen Mischwäldern unverhältnismäßig hoch. Neben den bereits erwähnten mikrobiellen und chemischen Auswirkungen läßt daher auch die Regenwurmtätigkeit erheblich nach. Huminstoffe und Tonminerale werden in den oberen Horizonten nicht mehr innig vermischt und zu reaktionsfähigen Komplexen zusammengefügt. Der Boden verliert weitgehend seine Krümelstabilität, und der Humushorizont lagert scharf abgegrenzt wie eine Schicht dem übrigen Profil auf. Da der Humus auch in der ungünstigeren Moderform noch ein bedeutender Sorptionsträger ist und in erheblichem Maße pflanzenaufnehmbare Nährstoffe zu speichern vermag, hat diese Art der Humusverteilung natürlich einen Einfluß auf die Durchwurzelung. Je mehr der Humushorizont als eine flache, scharf abgegrenzte Schicht ausgebildet ist, desto stärker neigen nicht nur die Fichten, sondern *a l l e* Bäume der submontanen Assoziationen bis zu einem gewissen Grad zur Flachwurzelung. Auch aus diesem Grunde sind die Profile unter den artenarmen submontanen Gesellschaften im Durchschnitt flachergründiger als unter artenreichen Assoziationen.

Es ist müßig, auf Grund der eben geschilderten Verhältnisse vom bodenkundlichen Standpunkt aus das Auftreten von Nadelhölzern ganz allgemein

als die Gefahr zu bezeichnen. Ihr Anbau ist aus klimatischen und auch aus volkswirtschaftlichen Erwägungen durchaus berechtigt. Um so mehr läßt sich aber über Art und Umfang der künstlich geförderten Verbreitung diskutieren.

Die heute deutlich unterscheidbaren drei Varianten der Braunerde auf Gneis, von denen zwei eine podsolige Entwicklung des ursprünglich vorhandenen Typs darstellen, können jedenfalls nicht nur auf eine Änderung des Klimas, je nach Höhenlage, oder den Einfluß des Reliefs zurückgeführt werden, obgleich diese Faktoren ohne Zweifel den einmal eingeleiteten Podsolierungsprozeß intensivieren können. Vielmehr ist infolge der im Laufe der Jahrhunderte durchgeführten Umgestaltung des gesamten ehemaligen natürlichen Waldbildes mit dem Ziel der verstärkten Einbringung schnellwüchsiger Nutzholzarten, wie vor allem der Fichte, die ursprünglich einheitliche Bodenausbildung und der gleichmäßig gute Bodenzustand künstlich verändert worden. Nur den sehr günstigen Eigenschaften, die das Ausgangsmaterial bei seiner Verwitterung entwickelt, sowie einer ausgleichenden Beteiligung des Reliefs und der geographischen Lage ist es zu verdanken, daß sich bis heute, selbst an besonders ungünstigen Stellen, unter Nadelholzreinbeständen keine ausgedehnten Podsolflächen, wie etwa im Buntsandsteinschwarzwald, entwickeln konnten. Die wenigen in größeren Höhenlagen noch vorhandenen, einigermaßen natürlichen Bestände und ihre dazugehörigen Böden zeigen deutlich, daß die jetzt bereits eingetretene Degradation bei einer besseren Kenntnis und Berücksichtigung der Bodenverhältnisse und hier vor allem der Dynamik der Braunerden zu vermeiden gewesen wäre, ohne daß dadurch, über einen größeren Zeitraum gesehen, die Ertragsleistung des gesamten Waldgebietes wesentlich geschmälert worden wäre.

### c) Dynamik und bodensystematische Stellung

Das Ausgangsgestein für 95 Prozent der im Arbeitsgebiet vorkommenden Braunerden ist der Gneis (MEHNERT, 1953). Die Mineralzusammensetzung dieses Gneises läßt nur eine höchst unvollkommene Basensättigung der aus ihm hervorgehenden Böden erwarten. Der hohe  $\text{SiO}_2$ -Anteil und der geringe Gehalt an zweiwertigen Kationen hält vor allem die pH-Werte in engen Grenzen. Ein Grenzwert von pH 5,8 ( $\text{H}_2\text{O}$ ) wird in Richtung auf den Neutralpunkt nie überschritten. Der allgemeine Durchschnitt liegt bei etwa 5,0 ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Im Boden zirkulieren demnach schon primär relativ saure Lösungen, deren geringe Pufferung und hoher Wasserstoffionengehalt auf die Zusammensetzung und Verwitterungsart des Gesteins zurückzuführen ist. Von einer „Versauerung“ im eigentlichen Sinn durch irgendwelche Umwelteinflüsse (Vegetation, Klima) kann bei diesem allgemein verbreiteten Phänomen nicht gesprochen werden. Die niedrigen pH-Werte, der relativ geringe Basensättigungsgrad, die unter dem Durchschnitt liegenden, erfaßbaren Mengen an zweiwertigen Kationen (Ca, Mg) sowie ein nicht sehr enges C:N-Ver-

hältnis, es beträgt im Durchschnitt 15—16, sprechen zunächst für einen verarmten, leistungsschwachen Braunerdetyp. Bei einer rein morphologischen Betrachtung zahlreicher Profile im Gelände kommt man jedoch zu ganz anders gearteten Schlüssen. Eine gute Krümelung, eine reichliche Durchlüftung und sehr lebhaft biologische Tätigkeit des Bodens, wie überhaupt die sehr ausgeglichen wirkende Struktur des Gesamtprofils, deuten neben der günstigen und raschen Umsetzung des organischen Materials doch auf einen ziemlich leistungsfähigen Typ hin. Diese Annahme wird bestätigt durch den Artenreichtum der Pflanzengesellschaften und durch sehr verbreitete Laubmischwald-Bestände, die meist eine über dem Durchschnitt liegende Bonität aufweisen.

Die Humuswerte, pH-Werte, V-Werte, der Tonanteil sowie das CN-Verhältnis schwanken zu sehr, als daß man nach ihnen eine Einteilung der Profile mit Sicherheit vornehmen könnte. Bei einem Vergleich mit den Beschreibungen von MÜCKENHAUSEN (1957), KUBIENA (1953), LAATSCH (1954), SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL (1956) entsprechen in demselben Profil manche Merkmale dem Typ einer Braunerde mittlerer Basensättigung, andere demjenigen einer Parabraunerde oder einer podsoligen Parabraunerde. Dabei ist zu bemerken, daß diese Schwierigkeiten nicht etwa aus einer unterschiedlichen Zusammensetzung des Ausgangsmaterials resultieren, da der anstehende Gneis überwiegend von einer sehr gleichförmigen chemischen Beschaffenheit ist. Erst eine kombinierte Auswertung der jeweils zueinandergehörenden Ton-, Sesquioxyd- und T-S-Werte ermöglicht eine eindeutige Gruppierung der Profile und eine einigermaßen befriedigende Einordnung der einzelnen sich ergebenden Gruppen in die gültigen Nomenklaturen. Betrachtet man die graphischen Darstellungen (S. 51—55), so lassen sich deutlich drei Varianten innerhalb der Braunerde auf Gneis unterscheiden:

Stufe 1 entspricht nach der Einteilung von MÜCKENHAUSEN (1957) bzw. KUBIENA (1953) einer Braunerde mittlerer Basensättigung bzw. einer mesotrophen Braunerde. Charakteristisch ist eine Anreicherung des Tongehaltes im B-Horizont infolge Bildung sekundärer Tonminerale. Die Sesquioxide erfahren noch keine Anreicherung im B-Horizont. Das Maximum der Kurve liegt in der Regel im A/B- bzw. A<sub>2</sub>-Horizont. Der T-S-Wert überschreitet im A-Horizont kaum die Grenze von 25 mval/100 g. Der H-Ionenbelag der Sorptionsträger ist also noch so unbedeutend, daß durch ihn der Bestand der Tonkomplexe nicht gefährdet erscheint. Das Gesamtbild dieser Braunerde entspricht ziemlich genau dem „braunen Waldboden“ RAMANNS, wie er ihn als für unsere Mittelgebirge typisch kennzeichnet (RAMANN, 1911), (GANSSEN, 1953).

Die Stufe 2 ist eine mäßig podsolierte Braunerde. Sie entspricht etwa der leicht podsoligen Parabraunerde bzw. der mäßig podsoligen Braunerde der Einteilung von MÜCKENHAUSEN (1957). Nach KUBIENA (1953) und GANSSEN (1957) würde sie bereits in die Podsolklasse als schwach podsolige Braun-

erde im Sinne GLINKAS (1914) einzustufen sein. Auffallend ist bei dieser Braunerde sofort das Zurückgehen der Tonbildung im B-Horizont bzw. bereits der aus der graphischen Darstellung deutlich ersichtliche beginnende Zerfall der Tonkomplexe in diesem Bereich. Parallel hierzu kann ein immer stärker sich ausprägendes Maximum der Sesquioxidanreicherung im B-Horizont festgestellt werden. Sehr gut stimmt mit diesen Werten auch der zunehmende H-Ionenbelag der Sorptionsträger überein, dessen Maximum im A-Horizont nun bei etwa 50 mval/100 g liegt.

Für die dritte Stufe wurde das Synonym Kryptopodsol gewählt. Da auch bei diesen Profilen die Stoffverlagerung nicht äußerlich sichtbar, sondern nur durch die chemische Analyse nachweisbar ist, scheint mir die Bezeichnung „verdeckter Podsol“ (= Kryptopodsol) im Sinne von NIKIFOROFF gemäß der Einteilung von GANSSEN (1957) und KUBIENA (1953) am zutreffendsten. Dieser Typ läßt sich in die Systematik von MÜCKENHAUSEN (1957) nur schwer einordnen. Er steht etwa in der Mitte zwischen einer Podsolbraunerde und einem Braunerdepodsol bzw. einem mäßigen Eisenhumuspodsol. Die Tonwerte weisen im B-Horizont ein deutliches Minimum auf oder sie nehmen vom A zum C kontinuierlich ab. Die Tonkomplexe sind sehr stark angegriffen; darauf weist auch deutlich der H-Ionenbelag der noch verbliebenen Sorptionsträger hin, der nun im  $A_1$  einen Maximalwert von etwa 90 mval/100 g Boden erreicht. Sehr markant ausgeprägt ist das Maximum der Sesquioxidanreicherung im B-Horizont, wobei mit zunehmender Degradation des Bodens eine allmähliche Verlagerung der Spitze vom  $B_1$  in den  $B_2$  registriert werden kann.

Unter pH 5 sind an der Bildung des T-S-Wertes in geringem Maße auch Al-Ionen beteiligt (SCHEFFER, 1956). Da deren Anteil jedoch im Höchsthalle etwa 1,5 mval/100 g beträgt, kann dieser „Fehler“ in der graphischen Darstellung vernachlässigt werden.

Innerhalb der nichtpodsolierten Braunerden ergab sich eine nochmalige Abstufung. Bei durchweg gleichbleibendem Einfluß des Gesteines und der Vegetation kommen hier die Faktoren Klima und Relief mehr zur Geltung. Kartierung und analytische Untersuchung haben ergeben, daß die bestausgebildeten Profile in einer Höhenlage von 400 bis 700 m anzutreffen sind. Das Zusammenwirken von Basenaustausch, Tonbildung, Azidität, biologischer Tätigkeit und Humusform ist hier optimal. Deutlich weisen darauf der pH-Wert, das CN-Verhältnis und die Sorptionskapazität der organischen Substanz dieser Profile hin. Eine Arbeit von KNICKMANN (1924) über hydrolytische und Austauschazidität im gleichen Gebiet bestätigt diese Untersuchungsergebnisse. Bei einem allgemeinen Anstieg der hydrolytischen und Austauschazidität mit zunehmender Höhenlage, gemessen von der Talsohle bei Freiburg bis in etwa 1000 m Höhe, konnte unter gleichbleibenden Bodenverhältnissen (nichtpodsolierte Braunerde) auch hier ein deutliches Minimum der Azidität in den mittleren Höhenlagen festgestellt werden. Die klimatischen Bedingungen sind in mittleren Lagen insofern günstiger, als Länge und Intensität der Sonneneinstrahlung gegenüber den Tallagen höhere Werte erreichen. Mitbestimmend ist hierbei die Tatsache, daß vor allem im Herbst und Frühjahr in den Tälern an vielen Tagen sehr

resistente, dichte Nebelfelder liegen, während meist schon in 500 m Höhenlage eine nahezu ungehinderte Sonneneinstrahlung registriert werden kann. Es ist dies die Begleiterscheinung einer Temperaturinversion (CREUTZBURG, 1954), die vor allem die mittleren Lagen gegenüber den Tallagen begünstigt. Die erhebliche Reliefenergie der Landschaft verstärkt den Kontrast noch dadurch, daß mit nachlassendem Gefälle im Bereich des Hangfußes bzw. der Talsohle sich der Wasserabfluß verlangsamt. Zusammen mit häufiger Nebelbildung und verminderter Sonneneinstrahlung trägt die erhöhte Bodenfeuchtigkeit zu einer Verschlechterung des Bodenklimas bei. Darauf reagiert sehr empfindlich die biologische Tätigkeit im Boden. Neben dem Absinken des pH-Wertes ist für diese Böden eine verminderte Humusqualität kennzeichnend. Gegenüber der sonst einigermaßen ungestörten Dynamik fällt das erweiterte CN-Verhältnis auf.

Lessivierte Braunerden konnten nicht eindeutig lokalisiert werden. Im Gegensatz zu den Verhältnissen in Norddeutschland tritt diese durchschlämmte, schlecht durchlüftete und schwach ausgelaugte Variante anscheinend auch nicht in ebener Lage auf den Schotterfluren der Freiburger Bucht auf.

Die Eigenschaften des Ausgangsmaterials und die klimatischen Verhältnisse dürften in erster Linie eine Lessivierung verhindern. RAMANN (1911) bezeichnete die Braunerden als „typische Böden der Gebirge“, und STEBUTT (1930) vertrat die Ansicht, daß man in Mitteleuropa im Flachland wohl nie echte Braunerde finden werde. Beide sind der Auffassung, daß die für die Braunerde charakteristische gute Durchlüftung und Drainage des Bodens nur unter dem Einfluß einer erheblichen Reliefenergie, also im Gebirge, erreicht wird. Die Untersuchung der Braunerden in der Umgebung von Freiburg hat aber gezeigt, daß unter bestimmten petrographischen und klimatischen Voraussetzungen in Mitteleuropa gelegentlich doch „echte“ Braunerden in der Ebene ausgebildet sind.

## 10. Podsol / Gleypodsol

Nur auf einem kleinen Areal im Gebiet des Notschreis konnte stellenweise eine echte Podsol- bzw. Gleypodsolbildung beobachtet werden (Profil L 1). Zieht man die gültigen Nomenklaturen zu Rate, dann stellt der dortige Podsol etwa ein Mittelding zwischen einem Braunerdepodsol und einem mäßigen Eisenhumuspodsol nach MÜCKENHAUSEN (1957) dar. Auch nach KUBIENA (1953) und LAATSCH (1954) wäre er als mäßiger Eisenhumuspodsol anzusprechen. Sein Vorkommen ist ebenso wie das des Gleypodsols an eine Moräne gebunden, die sich vorwiegend aus granitischem Material zusammensetzt. Die Bestockung der stark wasserführenden Moräne mit einem Fichtenreinbestand dürfte bei der Podsolbildung ausschlaggebend gewesen sein. Das durch Transport stark aufgearbeitete, saure Material erleichtert gegenüber dem Gneis ein Auswaschen von Nährstoffen und ein Durchschlämmen von Humus- und Eisensolen in den Unterboden durch auftretende Fulvosäuren. Unter dem erwähnten Fichtenreinbestand weist der Boden einen deutlich gebleichten  $A_2$ -Horizont und eine darunterliegende Anreicherungszone auf. Im  $A_2$ -Horizont sind die Werte für Ton, Sorption der organischen Substanz,

Basensättigung und CaO im Minimum. Im  $A_3/B_1$ -Horizont ist eine Tonanreicherung und eine Verbesserung der Sorptionskapazität der organischen Substanz festzustellen, während im  $B_2$ -Horizont bei steigendem pH-Wert die Sesquioxide und das CaO am stärksten angereichert sind. Makroskopisch ist der Podsol in seiner Horizontierung noch nicht sehr stark ausgeprägt. Insbesondere fehlt eine festere, durchgehende Ortsteinbildung.

Das Verbreitungsgebiet von Podsol und Gleypodsol hat insgesamt etwa einen Umfang von 1 qkm. Für den Gleypodsol (Profil 2) gilt hinsichtlich der Lage und des Ausgangsmaterials dasselbe wie für den Podsol. Zur Podsolierung trat lediglich eine Vergleyung des B- und C-Horizontes hinzu, die in erster Linie auf eine örtlich auftretende schluffreichere Materialbeschaffenheit zurückzuführen ist. In Verbindung mit einer Muldenlage gab sie Anlaß zu einer Stagnation des Wassers. Insgesamt sind jedoch die Podsoleigenschaften etwas weniger ausgebildet. Infolge einer günstigeren Vegetation (Krautschicht) und eines stärker gelichteten Bestandes sind pH-Wert und Humusform besser. Die beginnende Vergleyung im  $G_1$ -Horizont ist durch einen starken Abfall der erfaßbaren  $Fe_2O_3$ -Mengen gekennzeichnet. Im  $G_2$ -Horizont, der Hauptreduktionszone, erhöht sich der Tonanteil beträchtlich. Weder in der Horizontierung noch in den analytischen Daten stimmt der hier beschriebene Typ mit den von MÜCKENHAUSEN (1957) als Gleypodsol bzw. Podsolgley bezeichneten Bodenbildungen überein. Er entspricht eher dem Typ, den KUBIENA (1953) als Gleypodsol beschreibt. Charakteristisch für die hier auftretende Variante ist, daß der Vergleyungsprozeß auch schon den obersten Teil des ehemaligen B-Horizontes erfaßt hat, so daß der ehemalige Raseneisenerde-Horizont, wie ihn KUBIENA beschreibt, nur noch sehr lückenhaft festgestellt werden kann. Sehr genau stimmt dagegen sowohl in der Horizontierung als auch in der Beschreibung aller übrigen Profileigenschaften die vorliegende Bodenbildung mit dem von LAATSCH (1954) als Gleypodsol bezeichneten Typ überein.

### 11. Auenböden / Gleye / Anmoorgleye

Grundwasserbeeinflusste Böden treten in den Tälern, je nachdem das Ausgangsmaterial aus Rhein- oder Schwarzwaldschottern besteht, in einem basenreichen und einem basenarmen Typ auf. Jeder Typ ist mit einer gleyartigen und einer echten Gley- bzw. Anmoor-Variante vertreten. Gley und Anmoor treten dort auf, wo der Spiegel eines sehr langsam fließenden, sauerstoffarmen Grundwassers fast ganzjährig bis an die Oberfläche reicht. Dem als Begleiter des gleyartigen Auenbodens im gleichen Landschaftsteil auftretenden Anmoorboden (KUBIENA, 1953, S. 125) fehlt der B-Horizont. Der anmoorige A-Horizont geht direkt in einen Gleyhorizont über. Der hohe Stand des sauerstoffarmen Grundwassers beeinträchtigt das zoogene Bodenleben. Es sammelt sich eine anmoorige Humusauflage von mäßiger Qualität an. Obwohl z. B. der Boden auf Rheinschottern neutral bis schwach

alkalisch reagiert und eine sehr hohe Basensättigung aufweist, ist sein Nutzungswert gering. Sauerstoffarmut und ungünstige Humusform schaffen minimale Wachstumsbedingungen, indem sie eine normale Ausnützung der an sich günstigen physikalischen und chemischen Eigenschaften durch die Pflanze verhindern (Profil M 2).

Die basenärmere Variante des gleyartigen Typs entspricht in Profilaufbau und Dynamik dem von MÜCKENHAUSEN (1957) als Braunerdegley bezeichneten Boden. Der pH-Wert liegt unter dem Neutralpunkt, der Basensättigungsgrad ist mittelmäßig, Ton- und Humusgehalt sind relativ hoch, der B-Horizont ist noch gut ausgebildet und nur im unteren Teil von der Vergeleyung erfaßt. Periodische stärkere Schwankungen des Grundwasserspiegels, der höchstens bis etwa 30 cm unter die Oberfläche ansteigt, gewährleisten neben der höheren Durchflußgeschwindigkeit des Wassers eine reichlichere Versorgung des Bodens mit Sauerstoff (Profil M 1). Derselbe Typ kommt auch als basenreiche Variante auf kalkhaltigen Rheinschottern vor.

#### IV. Zusammenfassung

Die Untersuchung der Böden im Kreis Freiburg ergab, daß zahlreiche verschiedenartige Typen verbreitet sind. Dies ist in erster Linie eine Folge der großen Unterschiede, die hinsichtlich des Gesteines und des Klimas innerhalb des bearbeiteten Gebietes auftreten. Aus kalkhaltigem Gestein gehen Rendzinen, Pararendzinen und basenreiche Braunerden hervor. Auf basischem Silikatgestein ist im Kaiserstuhl ein basenreicher A-C-Silikatboden ausgebildet. Aus dem basenärmeren Gneismaterial des Grundgebirges entstanden mesotrophe Braunerden. Hoch anstehendes Grundwasser ließ vor allem in der Freiburger Bucht vergleyte Auenböden und echte Gleye entstehen. Am Hangfuß des Grundgebirges neigen die Braunerden auf Grund ihrer dichteren, schluffreicheren Struktur zum Teil zur gleyartigen Veränderung ohne Beteiligung des Grundwassers.

Durch den Einfluß des Menschen hat die Bodenentwicklung in einigen Gebieten einen ungewöhnlichen Verlauf genommen. In der Oberrheinebene wurde das Grundwasser abgesenkt. Durch diesen Eingriff in die natürliche Landschaft wandelten sich ehemalige Gleye und vergleyte Auenböden, sofern sie kalkhaltig waren, in rendzinaartige Böden um. In der Flußaue des Rheines entstand aus einem noch sehr kalkreichen Roh-Auenboden ein Kalksyrosem. Diese Entwicklung der Auenböden zu A-C-Landböden konnte nur geschehen, weil das Grundwasser in einem Landschaftsteil abgesenkt wurde, dessen Klima sehr niederschlagsarm, sommerheiß und von kontinentaler Prägung ist. Bei den rendzinaartigen Auenböden nehmen daher die Merkmale einer steppenbodenähnlichen Entwicklung zu, vor allem verbessert sich die Humusform auffällig.

In der gleichen Klimazone wurden ehemalige basenreiche Braunerden durch Entwaldung und Ackerbau in Kalksteinbraunlehme umgewandelt. In Unkenntnis der Besonderheiten des Klimas und des Gesteins achtete man nicht auf eine ausreichende Bewässerung. Der ursprünglich vorzügliche Waldhumus verfiel und der entblößte Ackerboden wurde zeitweilig extrem stark ausgetrocknet. Die Folge war eine ungünstige Veränderung der Brauneisenoxyde durch Dehydratation und das Auftreten von freier Kieselsäure im Gefüge. Durch diese Veränderung zum Braunlehm wurde der Nutzungswert des Bodens stark herabgesetzt.

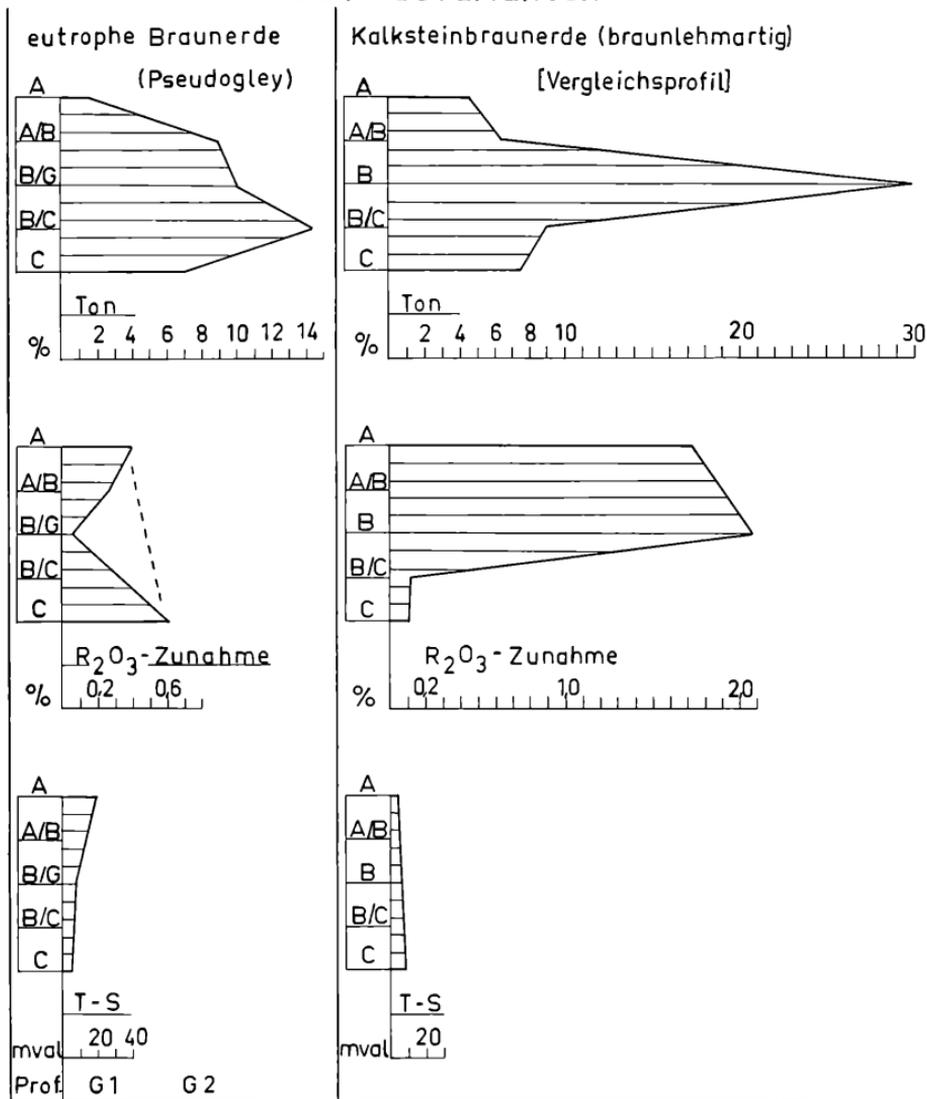
Im Schwarzwald wurde das natürliche Waldbild zum Zwecke einer verstärkten Nutzholzproduktion weitgehend umgestaltet. Vor allem in den höheren Regionen wurde allgemein die Fichte verstärkt in den Bestand eingebracht. An manchen Lokalitäten geschah die Aufzucht der Fichte bzw. der Buche in Monokultur. Durch diese Maßnahmen sind die Assoziationen oberhalb 650 m allgemein artenärmer geworden.

Die ab-, auf- und umbauenden Prozesse bei der Humusbildung, die bis dahin ausgeglichen verliefen, wurden empfindlich gestört, so daß allmählich die Humusform mehr und mehr einen dystrophen Charakter annehmen mußte. Fulvosäuren begannen auf den Boden einzuwirken.

Auf diese Weise wurde infolge einer erzwungenen Verarmung der Assoziationen, vor allem der Krautschicht, die nicht auf ein Nachlassen der natürlichen Leistungsfähigkeit des Bodens zurückzuführen ist, in großem Umfang eine Podsolierung der ursprünglich durchaus stabilen mesotrophen Braunerde eingeleitet. Erst nach der entscheidenden Schwächung der Bodenstruktur durch das Einwirken echter Säuren auf die Ton-Humus-Komplexe konnte in höheren Lagen auch das ungünstigere Klima die Bodenbildung stärker im Sinne einer Devastierung beeinflussen.

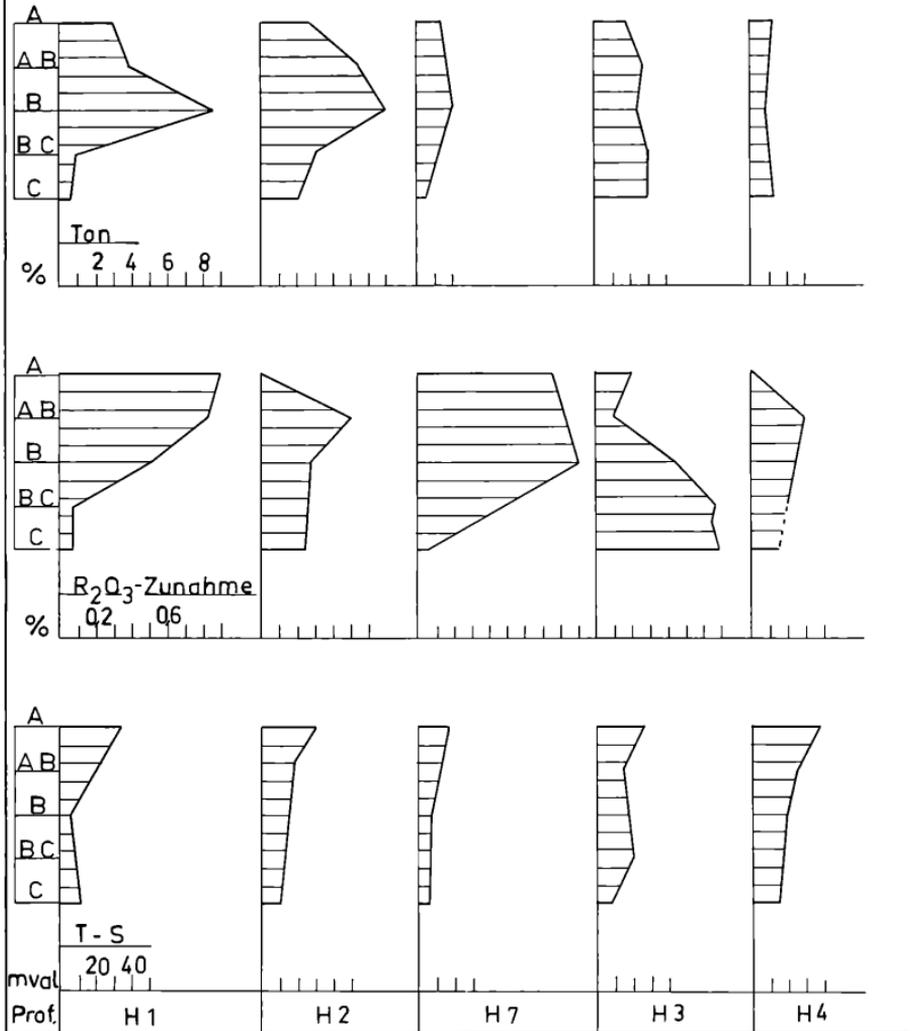
Gerade weil sich die Podsolierung auf einem Gestein vollzog, dessen überdurchschnittliche nachschaffende Kraft außer Zweifel steht, war es in vorliegendem Fall ausnahmsweise möglich, mit großer Sicherheit die Gründe festzustellen, die zu einer so umfangreichen Qualitätsminderung ursprünglich leistungsfähiger Böden geführt haben.

## Ton-, Sesquioxyd- und T-S-Werte der Braunerdevarianten

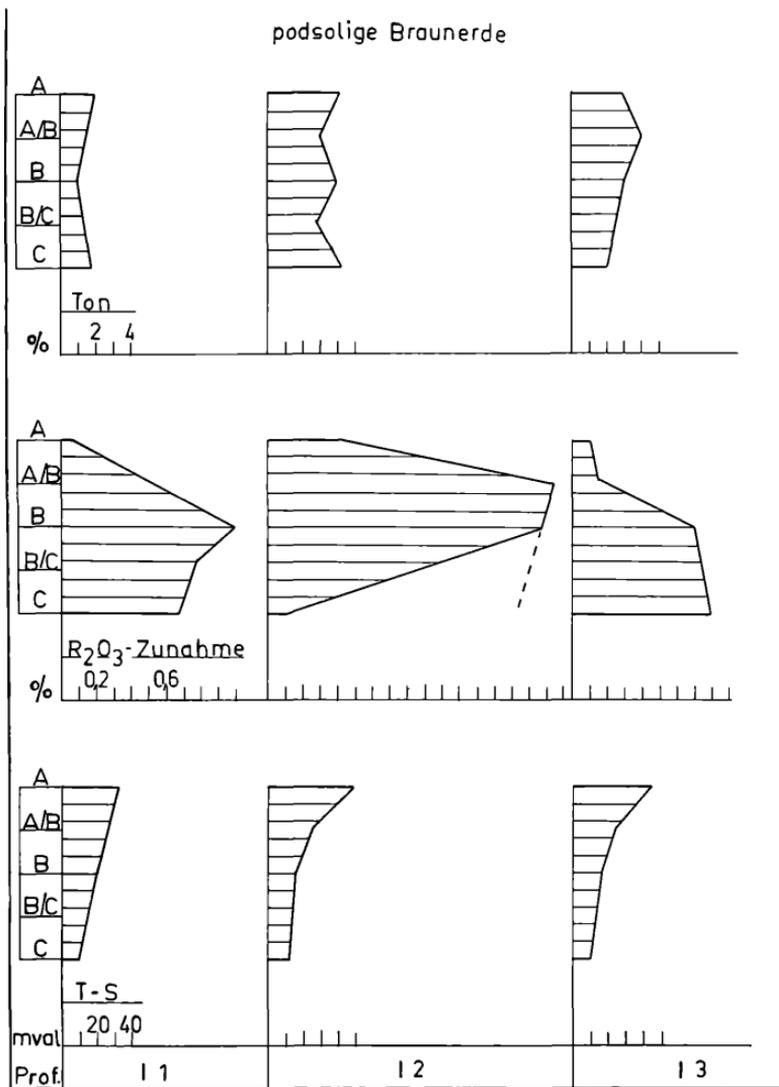


## Ton-, Sesquioxid- und T-S-Werte der Braunerdevarianten

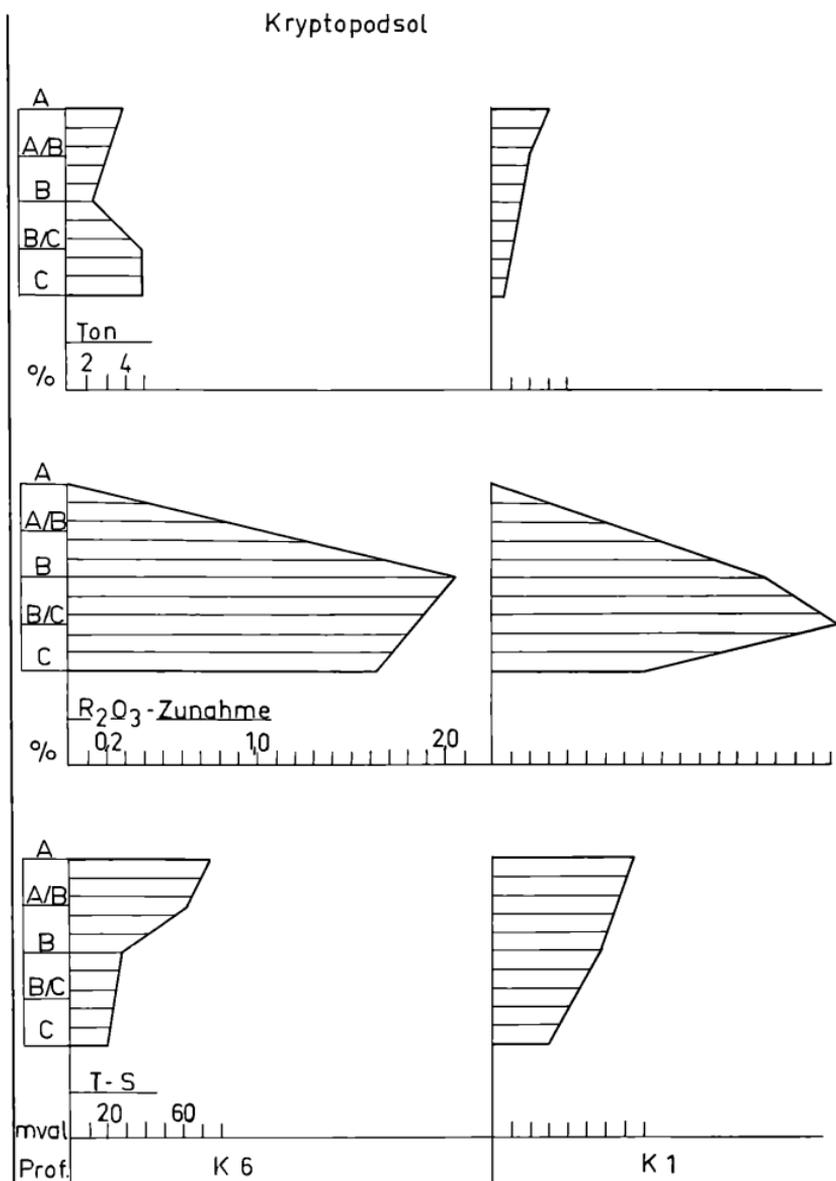
mesotrophe Braunerde



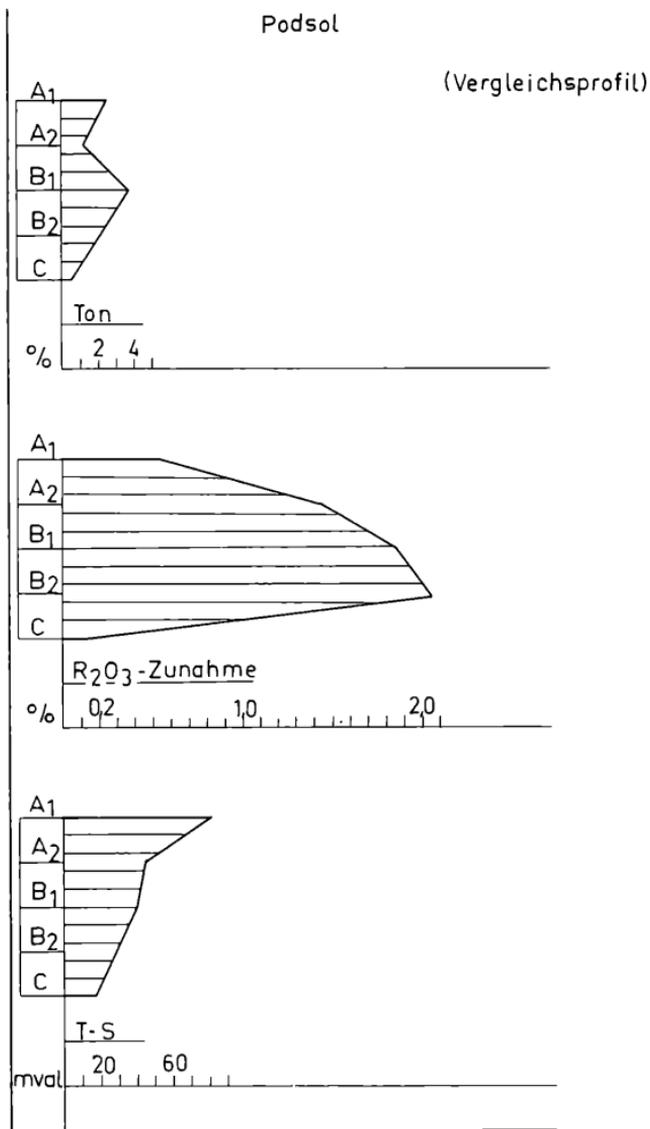
## Ton-, Sesquioxid- und T-S-Werte der Braunerdevarianten



## Ton-, Sesquioxid- und T-S-Werte der Braunerdevarianten



## Ton-, Sesquioxid- und T-S-Werte der Braunerdevarianten



## V. Angeführte Schriften

- AMELUNG, G.: Beiträge zur Kenntnis forstlich genutzter Böden des Hochschwarzwaldes. — Maschinenschr. Diss. Freiburg im Breisgau 1954.
- BARTSCH, J. und M.: Vegetationskunde des Schwarzwaldes. — Jena 1940.
- BRAUN-BLANQUET, J.: Pflanzensoziologie. — 2. Aufl., 1951.
- CREUTZBURG, N.: Klima, Klimatypen und Klimakarten. — Petermanns Geographische Mitt., 2. Quartalsh., S. 57—69, Gotha 1950.
- Struktur der Landschaftseinheiten. — In: Freiburg und der Breisgau, S. 13—73, S. 161—189. Freiburg im Breisgau 1954.
- DEECKE, W.: Geologie von Baden, Teil II. — Berlin 1916.
- Hydrographie des Kaiserstuhls. — Abh. Heidelberger Akad. Wiss., Mathematisch-naturw. Klasse, 18, Abh. S. 3—41. Berlin und Leipzig 1931.
- Die Lößlandschaft. — Mbl. Bad. Schwarzwald-Verein, Nr. 1/2, 1918.
- Über Blockhalden und Felsenmeere. — Ber. naturforsch. Ges. Freiburg im Breisgau, XXXIV, S. 1—19, Naumburg 1934.
- DEUEL, H.: Die Tone des Bodens. — Schweiz. landwirtschaftl. Mh., H. 12, 1950.
- Die Bakterienflora eines Fichtenwaldbodens im Laufe eines Jahres. — Schweiz. Z. Forstwesen, Jahrg. 1930.
- Die Bakterienflora eines Buchenwaldbodens im Laufe eines Jahres. — Schweiz. Z. Forstwesen, Jahrg. 1931.
- EGGERS, H.: Siedlung und Wirtschaft. — In: Freiburg und der Breisgau, S. 100—109, Freiburg im Breisgau 1954.
- ERB, L.: Geologie des Feldberges. — In: Der Feldberg im Schwarzwald, S. 22—96, Freiburg im Breisgau 1948.
- GAMS, H.: Floren- und Vegetationsgeschichte des südlichen Schwarzwaldes. — In: Der Feldberg im Schwarzwald, S. 381—402, Freiburg im Breisgau 1948.
- GANSSEN, R.: Devastierung und Meliorierung von Waldböden. — Allg. Forstz., Nr. 7, S. 529—531, 1952.
- Beiträge zur Problematik deutscher Mittelgebirgsböden, insbesondere der Braunerde. — Z. Pflanzenern., Düngg., Bodenkd., 63 (108), H. 1, S. 45—60, 1953.
- Bodengeographie. — Stuttgart 1957
- GLINKA, K. K.: Die Typen der Bodenbildung. — Berlin 1914.
- GUENTHER, E.: Der geologische Aufbau der Freiburger Bucht. — Bad. geol. Abh., VII, H. 1/2, S. 1—56, 1935.
- HABBE, K. A.: Freiburg und der Breisgau. — In: Freiburg und der Breisgau, S. 11—12, Freiburg im Breisgau 1954.
- HARTH, H.: Beiträge zur Kenntnis der Steppen- und steppenähnlichen Böden des Oberrheintales. — Diss. Freiburg, 72 S., Düsseldorf 1956.
- HASEMANN, W., und PFEIFFER, D.: Hydrogeol. Übersichtskarte, 1 : 500 000. — Blatt Freiburg i. Br. m. Erläut., Remagen 1953.
- HOENES, D., MEHNERT, K. R., und SCHNEIDERHÖHN, H.: Führer zu Petrographisch-Geologischen Exkursionen im Schwarzwald und Kaiserstuhl. — Stuttgart 1949.
- JAEGER, H.: Das Wasserhaltevermögen von Grusfraktionen verschiedener Grundgesteine. — Forst- u. Jagd-Sonderh. — Forstl. Standortserkundung, S. 17—20, Berlin.
- JAHRBUCH: Abhandlungen des Badischen Landeswetterdienstes 1951/1952. — Mittlere Jahrestemperaturen f. d. südl. Baden 1871—1950.
- KLIMA-ATLAS: Klima-Atlas von Baden-Württemberg. — Bad Kissingen 1953.

- KNICKMANN, E.: Untersuchungen zur Frage der Bodenazidität. — Z. Pflanzenern. u. Düngg., Teil A, 5, H. 1/2, S. 1—92, Leipzig 1924.
- KUBIENA, W.: Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas. — Stuttgart 1953.
- LAATSCH, W.: Dynamik der mitteleuropäischen Mineralböden. — Dresden/Leipzig 1954.
- LAIS, R.: IX. Diluvium und Alluvium. — In: Die Geologie des Kaiserstuhls, S. 85—101, Freiburg im Breisgau 1933.
- Der Kaiserstuhl in Ur- und Frühgeschichte. — In: Der Kaiserstuhl, S. 403—445, Freiburg im Breisgau 1933.
- LANG, G.: Neue Untersuchungen über die spät- und nacheiszeitliche Vegetationsgeschichte des Schwarzwaldes. — Beitr. naturk. Forsch. Südwestdeutschland, XIII, H. 1, S. 1—42, 1954.
- LANGEN, G.: Das Problem des Rheinseitenkanals. — Bad. Heimat, 36, H. 4, S. 235—253, Freiburg im Breisgau 1956.
- MAYER-KRAPOLL, H.: Beiträge zur Frage der Nährstoffversorgung der Forstpflanzen. — Dtsch. Ammoniak-Vertrieb Bochum, Landwirtschaft. Abt., S. 1—33, 1951.
- MEHNERT, K. R.: Petrographische Übersichtskarte des Hochschwarzwaldes. — N. Jb. Mineral., Abh. 85, S. 70, 1953.
- MEIGEN, W., und SCHERING: Chemische Untersuchungen über Löß und Lehm aus der Oberrheinischen Tiefebene. — Mitt. Großherzog. Bad. Geol. Landesanst., VII, H. 2, S. 643—669, Heidelberg 1914.
- MEIGEN, W., und KUMMER, R.: Beiträge zur Kenntnis der Gneise des südlichen Schwarzwaldes. — Z. Chemie d. Erde, 1, H. 2, S. 156—170, Jena 1915.
- MEIGEN, W., und STECHER, G.: Chemische Untersuchungen über die Gesteine der Limburg bei Sasbach a. Kaiserstuhl. — Mitt. Großherzog. Bad. Geol. Landesanst., VIII, H. 1, S. 163—190, Heidelberg 1915.
- MELVILLE, R.: Eine Beobachtung über das Verhalten der Tonsubstanzen bei der Bildung von Eluvialhorizonten im Boden. — Z. Pflanzenern., Düngg., Bodenkde., 27 (72), S. 16—32, Berlin 1942.
- MOLL, W.: Die wichtigsten Böden des Breisgaus. — Maschinenschr. Diss. 132 S., Freiburg im Breisgau 1958.
- MÜCKENHAUSEN, E.: Die wichtigsten Böden der Bundesrepublik Deutschland. — Frankfurt 1957
- MÜLLER, K.: Die Vegetationsverhältnisse im Feldberggebiet. — In: Der Feldberg im Schwarzwald, S. 211—362, Freiburg im Breisgau 1948.
- OBERDORFER, E.: Der europäische Auenwald. — Beitr. naturk. Forsch. Südwestdeutschland, XII, H. 1, S. 23—69, 1953.
- Süddeutsche Pflanzengesellschaften. — Pflanzensoziologie Bd. 10, Jena 1957
- OLTMANN, F.: Pflanzenleben des Schwarzwaldes. — Freiburg im Breisgau 1927
- PFANNENSTIEL, M.: Die Geologie des Kaiserstuhls. — In: Der Kaiserstuhl, S. 18—126, Freiburg im Breisgau 1933.
- Grundgebirge. — In: Freiburg und der Breisgau, S. 21—24, Freiburg im Breisgau 1954.
- RAMANN, E.: Bodenkunde. — 3. Aufl., S. 283—295, Berlin 1911.
- REHFUSS, K. E.: Beiträge zur Kenntnis der Bodenentwicklung auf Tephrit Kaiserstuhl. — Maschinenschr. Diss., Freiburg im Breisgau 1957
- REICHSAMT FÜR WETTERDIENST: Klimakunde des deutschen Reiches. — 2, Tab., 1939.

- RICHARD, F., und BEDA, J.: Methoden zur Bestimmung der Wasserbindung und der Porengrößen in natürlich gelagerten Waldböden. — Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchswesen, **XXIX**, H. 2, S. 293—314, Zürich 1953.
- ROCHOW, v. M.: Die Pflanzengesellschaften des Kaiserstuhls. — Vegetationskarte 1 : 25 000, Jena 1951.
- ROSSMANN, F.: Wetter und Klima des Feldberges. — In: Der Feldberg im Schwarzwald, S. 122—210, Freiburg im Breisgau 1948.
- SCHAEFFER, F., und WELTE, E.: Pflanzenernährung, Teil II. — Stuttgart 1955.
- SCHAEFFER, F., und SCHACHTSCHABEL, P.: Bodenkunde. — Stuttgart 1956.
- SCHMID, E.: Ein Lehmprofil bei Denzlingen. — Bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz e. V., N. F. V, H. 3, S. 150—152, Freiburg im Breisgau 1950.
- SCHREPFER, H.: Die Morphologie des Kaiserstuhls. — In: Der Kaiserstuhl, S. 1—17, Freiburg im Breisgau 1933.
- Die Klimatologie des Kaiserstuhls. — In: Der Kaiserstuhl, S. 144—157, Freiburg im Breisgau 1933.
- SCHROEDER, D.: Neuere Methoden zur Bestimmung der Tonminerale im Boden. — Z. Pflanzenern., Düngg., Bodenkde., **64** (109), H. 3, S. 209—216, 1954.
- SEKERA, F.: Was ist Bodengare? — Die Phosphorsäure, **10**, F. 3, S. 257—300, Berlin 1941.
- SLEUMER, H.: Die Pflanzen des Kaiserstuhls. — In: Der Kaiserstuhl, S. 158—267, Freiburg im Breisgau 1933.
- STEBUTT, H.: Die Braunerde. — Z. Pflanzenern., Düngg., Bodenkde., **15**, Teil A, S. 134—167, 1930.
- STEEGMAYER, E.: Beiträge zur Kenntnis der Braunerden unter natürlicher Waldvegetation im südlichen Hochschwarzwald. — Maschinenschr. Dipl.-Arb., Univ. Freiburg im Breisgau 1957
- STEINMANN, G., und GRAEFF, FR.: Blatt Hartheim—Ehrenstetten m. Erläut. — Geol. Spezialkarte d. Großherzogtums Baden. Großherzog. Bad. Geol. Landesanst., Heidelberg 1897
- STREMME, H.: Die Braunerden. — Handb. Bodenlehre, **3**, S. 160—182, Berlin 1930.
- STREMME, H., jun.: Quantitative Untersuchungen über Zersetzung und Bildung von Mineralien im braunen Waldboden. — Z. Pflanzenern., Düngg., Bodenkde., **53** (98), H. 3, S. 193—203, Berlin 1951.
- SÜCHTING, H.: Die Ernährungsverhältnisse des Waldes. — Allg. Forst- u. Jagdztg., Nr. 119, S. 29—75, 1943.
- THEMLITZ, R.: Bewertung von Bodenanalysen zur Beurteilung forstlich genutzter Standorte. — Z. Pflanzenern., Düngg., Bodenkde., **61** (106), H. 1, S. 65—71, 1953.
- WILDE, S. A.: Forest Soils And Forest Growth. — Waltham (Mass.) USA, 1946.
- WIMMENAUER, W.: Geol. Exkursionskarte des Kaiserstuhls, 1 : 25 000. — Geol. Landesamt Baden-Württbg. 1957
- WITTIG, W.: Der heutige Stand unseres Wissens vom Humus und neue Wege zur Lösung des Humusproblems im Walde. — Frankfurt 1952.
- WUNDT, W.: Die Hydrographie des Feldberggebietes. — In: Der Feldberg im Schwarzwald, S. 97—121, Freiburg im Breisgau 1948.
- ZINECKER, E.: Über die bodensystematische Stellung des Blutlehms. — Chemie der Erde, **17**, H. 3, S. 187—191, Jena 1955.



Profil-Nr.	Blatt 1: 25000	Ort / Lage / Gestein	Vegetation	Bodentyp	cm	Horizont	pH		Humus %	C %	N %	C:N	Umtauschkapazität						V %	Sesquioxid-Auszug in 3%iger HCl				Korngrößenanteile in % vom Gesamtgewicht									
							H <sub>2</sub> O	KCl					T ges.	Ulrich		Kappen				R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	CaO mg/100 g Boden	K <sub>2</sub> O mg/100 g Boden	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100 g Boden	CaCO <sub>3</sub> %	< 0,002 mm	0,02 bis 0,002 mm	0,2 bis 0,02 mm	2,0 bis 0,2 mm	> 2,0 mm		
														T anorg.	T org.	Sorpt. org. Subst. mval/100 g Boden	T	S														T-S	
																													Korngrößenanteile in % vom Gesamtgewicht				
F 2	Ehrenstetten R 10 060 H 13 900	Freiburg/Schönberg Höhe NN: 430 m Expos. : W Hangn. : 25° Gestein : Tertiärkonglomerat	Cephalanthero-Fagetum	Kalksteinbraunerde (lehmiige Variante)	0—10	A	7,5	7,1	8,03	4,66	0,36	13	35	13	22	268	28	25	3	89	3,21	2,42	0,89	nb	32,5	3,5	0,0	4,2	22,4	50,5	6,1	16,8	
					10—20	A/B	7,4	6,9	2,06	1,19	0,09	13	23	16	7	nb	33	30	3	90	3,37	2,19	1,18	nb	15,8	1,8	0,0	6,9	23,4	38,2	1,0	30,5	
					20—65	B	6,6	6,0	—	—	—	—	—	—	—	—	29	29	—	26	21	5	80	3,52	2,33	1,19	nb	9,5	1,3	0,0	28,2	26,8	34,2
					+ 65	B/CCa	7,6	7,0	—	—	—	—	14	14	—	nb	nb	nb	nb	1,54	0,89	0,65	nb	6,5	4,1	5,3	8,9	7,5	22,0	1,1	60,5		
G 1	Waldkirch R 22 360 H 23 480	Glottental/Ahlenbach Höhe NN: 380 m Expos. : NE Hangn. : 35° Gestein : Gneis + Schwemmlöß	Querceto-Carpinetum	Pseudogley	0—20	A	5,3	4,6	5,97	3,46	0,26	13	16	6	10	169	26	11	15	44	4,26	3,51	0,75	91,9	15,0	3,9	—	1,3	14,7	36,0	37,8	10,2	
					20—30	A/B	5,5	4,5	1,13	0,66	0,05	13	11	10	1	nb	19	6	13	47	4,10	3,22	0,88	79,6	9,0	2,2	—	8,3	22,3	20,5	30,5	18,4	
					30—60	B <sub>1</sub> /Gr	5,4	4,3	—	—	—	—	—	—	—	—	9	9	—	14	7	7	51	3,84	2,95	0,89	88,6	9,0	2,6	—	10,0	26,5	39,5
					60—180	B <sub>2</sub> /G	5,3	4,0	—	—	—	—	13	13	—	nb	nb	nb	nb	4,39	3,46	0,93	124,5	8,0	3,8	—	14,0	31,3	43,5	8,0	3,2		
					+180	C	5,3	4,0	—	—	—	—	12	12	—	—	—	—	nb	nb	nb	nb	8,3	3,5	—	6,5	9,2	19,0	27,5	37,8			
G 2	Ehrenstetten R 12 080 H 12 880	Au/Sandgrube Höhe NN: 360 m Expos. : E Hangn. : 10° Gestein : Gneis + Schwemmlöß	nicht näher bestimmt	Braunerde, eutroph	0—25	A	6,4	6,2	3,09	1,79	0,13	13	nb	nb	nb	nb	19	16	3	83	nb	nb	nb	nb	18,7	11,2	—	3,6	21,6	37,5	30,9	6,4	
					25—45	B	7,1	6,5	—	—	—	—	—	—	—	—	nb	17	15	2	91	nb	nb	nb	nb	5,7	10,0	—	6,9	31,8	21,7	34,8	4,8
					45—60	B/C	7,0	6,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	17	15	2	86	nb	nb	nb	nb	4,7	7,5	—	3,5	15,8	28,3	37,9	14,5
					+ 60	C	7,0	5,7	—	—	—	—	—	—	—	23	20	3	89	nb	nb	nb	nb	3,5	5,6	—	0,3	2,9	19,3	50,4	27,1		
H 1	Waldkirch R 24 860 H 27 440	Vord. Holzplatz/Kandel Höhe NN: 510 m Expos. : E Hangn. : 32° Gestein : Gneis	Melico-Fagetum → Abieto-Fagetum	Braunerde, mesotroph	0—12	A <sub>1</sub>	4,4	3,8	8,24	4,78	0,29	16	22	9	13	157	39	4	35	9	3,92	1,90	2,02	16,8	8,3	5,3	—	2,6	2,5	25,5	20,8	48,6	
					12—35	A <sub>2</sub>	4,5	3,9	4,02	2,33	0,17	14	17	11	6	149	25	4	21	16	3,89	1,70	2,19	10,1	2,8	3,7	—	3,6	17,9	24,7	25,9	27,9	
					35—80	B	4,6	3,9	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	14	11	2	nb	17	3	14	20	3,53	1,42	2,11	10,1	2,0	2,0	—	8,5	17,4
					+ 80	B/C	4,8	3,8	—	—	—	—	11	11	—	—	20	4	16	18	3,07	1,52	1,55	15,7	3,5	4,8	—	0,4	16,4	15,9	21,8	45,5	
H 2	Waldkirch R 15 640 H 18 760	Immental/Freiburg Höhe NN: 330 m Expos. : NW Hangn. : 30° Gestein : Gneis	Querceto-Carpinetum	Braunerde, mesotroph	0—7	A	4,8	3,9	6,59	3,82	0,23	15	18	14	4	61	31	6	25	21	4,04	2,09	1,95	nb	23,0	4,3	—	1,9	13,6	29,2	24,5	30,8	
					7—22	A/B	4,5	3,7	1,85	1,07	0,06	15	12	10	2	108	20	2	18	8	4,57	2,62	1,95	nb	8,3	2,3	—	5,3	17,7	20,4	27,9	28,7	
					22—42	B	4,6	3,6	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	14	11	3	nb	17	3	14	16	4,35	2,57	1,78	6,0	1,0	—	6,8	9,7	11,9
					+ 42	B/C	4,8	3,8	—	—	—	—	12	12	—	—	nb	nb	nb	nb	4,28	2,57	1,71	6,0	2,2	—	2,9	3,9	6,6	18,2	68,9		
H 3	Freiburg R 19 400 H 11 450	Rappeneck Höhe NN: 920 m Expos. : N Hangn. : 20° Gestein : Gneis	Abieto-Fagetum rhenanum	Braunerde, mesotroph	0—8	A <sub>1</sub>	4,8	4,0	11,56	6,72	0,47	14	32	15	17	147	nb	nb	nb	nb	7,34	2,52	4,82	44,9	nb	nb	—	1,7	20,7	50,1	27,5	nb	
					8—25	A <sub>2</sub>	4,6	3,9	9,81	5,70	0,38	15	28	16	12	122	nb	nb	nb	nb	nb	6,34	2,24	4,10	13,5	nb	nb	—	2,2	20,0	48,4	29,4	
					25—45	A <sub>3</sub>	4,7	4,1	8,10	4,71	0,35	14	28	17	11	136	nb	nb	nb	nb	nb	6,23	2,31	3,92	11,2	nb	nb	—	3,0	18,0	49,8	29,2	
					45—60	A/B	4,7	4,1	5,21	3,65	0,24	15	25	20	5	95	nb	nb	nb	nb	6,57	2,15	4,42	8,9	nb	nb	—	2,4	19,9	46,2	31,5		
					60—75	B	4,8	4,1	nb	nb	nb	nb	23	20	3	91	nb	nb	nb	nb	6,53	2,23	4,30	7,8	nb	nb	—	2,8	17,1	49,0	31,1		
					+ 75	B/C	4,9	4,2	—	—	—	—	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	7,05	2,39	4,66	8,4	nb	nb	—	3,0	31,0	35,5	30,5			
H 4	Feldberg R 28 000 H 03 450	Karl-Egon-Weg/Feldberg Höhe NN: 1160 m Expos. : NE Hangn. : 40° Gestein : Gneis	Acero-Fagetum	Braunerde, mesotroph	0—15	A <sub>1</sub>	4,8	4,1	16,70	9,72	0,62	16	35	8	27	162	nb	nb	nb	nb	3,81	1,52	2,29	96,5	nb	nb	—	nb	27,9	63,3	nb		
					15—28	A <sub>2</sub>	4,8	4,0	10,94	6,36	0,44	15	27	8	19	174	nb	nb	nb	nb	nb	4,22	1,68	2,54	61,1	nb	nb	—	1,2	8,7	28,5	61,5	
					28—40	A/B	4,9	4,1	8,20	4,77	0,35	14	22	9	13	159	nb	nb	nb	nb	nb	4,18	1,60	2,58	37,5	nb	nb	—	0,8	9,5	33,6	56,1	
					+ 40	B/C	4,9	4,1	—	—	—	—	22	10	12	177	nb	nb	nb	nb	3,91	1,52	2,49	39,8	nb	nb	—	1,2	11,9	36,2	50,7		

Profil-Nr.	Blatt 1: 25000	Ort / Lage / Gestein	Vegetation	Bodentyp	cm	Horizont	pH		Humus %	C %	N %	C:N	Umtauschkapazität				V %	Sesquioxid-Auszug in 3%iger HCl				Korngrößenanteile in % vom Gesamtgewicht										
							H <sub>2</sub> O	KCl					Ulrich		Kappen			R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	CaO mg/100 g Boden	K <sub>2</sub> O mg/100 g Boden	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100 g Boden	CaCO <sub>3</sub> %	< 0,002 mm	0,02 bis 0,002 mm	0,2 bis 0,02 mm	0,2 bis 0,02 mm	> 2,0 mm			
													T ges.	T anorg.	T org.	Sorpt. org. Subst. mval/100 g Boden														T	S	T-S
H 5	Freiburg R 14 180 H 15 780	Sternwald/Freiburg Höhe NN: 320 m Expos. : W Hangn. : 20° Gestein : Gneis	Querceto-Carpinetum	Braunerde, mesotroph	0— 10 10— 40 + 40	A A/B B/C	4,7 4,5 4,4	3,8 3,8 3,7	4,53 1,44 —	2,62 0,83 —	0,16 0,05 —	16 15 —	nb	nb	nb	nb	29 14 14	4 1 1	25 13 13	14 3 10	3,32 3,75 3,73	2,14 2,34 2,45	1,18 1,41 1,28	nb	12,0 5,0 5,0	3,1 2,1 1,8	— — —	1,6 4,6 3,9	10,5 10,7 8,2	17,6 16,0 12,1	31,2 28,2 25,8	39,1 40,5 50,0
H 6	Freiburg R 15 340 H 14 760	Günterstal/Freiburg Höhe NN: 300 m Expos. : SW Hangn. : 15° Gestein : Gneis	Querceto-Carpinetum	Braunerde, mesotroph	0— 10 10— 50 + 50	A B B/C	4,9 5,0 5,2	3,6 3,6 4,0	3,2 — —	1,9 — —	0,2 — —	16 — —	nb	nb	nb	nb	29 19 nb	9 5 nb	20 14 nb	29 25 nb	nb	nb	nb	109,8 46,3 72,6	7,5 5,8 6,4	2,5 2,9 5,5	— — —	1,8 8,8 nb	3,2 10,4 nb	12,2 45,7 nb	16,4 35,1 nb	66,4 0,0 nb
H 7	Freiburg R 20 020 H 09 880	Maienstein/Oberried Höhe NN: 800 m Expos. : NE Hangn. : 35° Gestein : Gneis	Abieto-Fagetum	Braunerde, mesotroph	0— 35 35— 85 + 85	A B C	5,2 5,2 5,4	4,2 4,0 3,9	4,06 nb	2,35 nb	0,15 nb	15 nb	15 16 13	8 14 13	7 2 —	175 nb	17 11 nb	5 3 nb	12 8 nb	29 23 nb	3,77 3,89 3,01	1,70 2,09 1,90	2,07 1,80 1,11	nb	8,5 4,8 4,0	3,2 3,8 6,0	— — —	1,7 2,3 0,3	12,7 12,5 2,9	38,6 31,2 28,0	36,6 45,3 61,7	10,4 8,7 7,1
H 8	St. Peter R 30 700 H 24 820	Militärschlag/Kandel Höhe NN: 1030 m Expos. : S-SE Hangn. : 10° Gestein : Gneis	Acero-Fagetum	Braunerde, mesotroph	0— 10 10— 35 35— 42 + 42	A A/B B (G) B/C	4,4 4,6 4,6 4,7	3,7 4,0 4,0 4,1	9,28 7,21 nb	5,38 4,18 nb	0,35 0,28 nb	15 nb	21 19 20 23	14 14 19 23	7 5 1 —	75 69 nb	46 27 28 29	3 3 3 3	43 24 25 26	8 11 12 12	5,17 5,48 5,19 6,67	2,41 2,50 1,86 2,74	2,76 2,98 3,33 3,93	17,9 7,8 10,1 8,4	16,3 8,8 10,5	5,0 2,9 4,0 2,2	— — — —	3,1 3,0 3,3 1,5	19,0 21,5 17,8 9,3	51,2 46,7 38,8 28,6	26,7 24,7 32,5 51,8	0,0 4,1 7,6 8,8
H 9	Freiburg R 16 280 H 11 080	Diesentobel/Schauinsland Höhe NN: 620 m Expos. : SW Hangn. : 20° Gestein : Gneis	Melico-Fagetum	Braunerde, mesotroph	0— 25 25— 70	A B	4,5 5,1	3,9 3,9	3,86 —	2,24 —	0,13 —	18 —	nb	nb	nb	nb	21 14	2 3	19 11	12 21	nb	nb	nb	11,2 8,4	5,8 3,5	3,7 3,4	— —	2,9 3,6	14,6 10,6	29,1 18,4	27,7 39,8	25,7 27,6
H 10	St. Peter R 26 320 H 19 140	Lindenberg/St. Peter Höhe NN: 750 m Expos. : S Hangn. : 8° Gestein : Gneis	nicht näher bestimmt	Braunerde, mesotroph	0— 23 23— 40 40— 60 + 60	A A/B B C	5,7 5,5 5,6 5,1	4,7 4,3 4,3 4,3	9,06 2,57 —	5,25 1,49 —	0,31 0,10 —	16 14 —	nb	nb	nb	nb	25 19 14 11	11 5 4 7	14 14 10 4	44 28 25 61	nb	nb	nb	nb	6,5 5,3 4,8 5,3	5,3 3,4 3,5 3,9	— — — —	2,8 2,9 3,0 0,4	13,8 12,4 6,9 1,2	26,6 29,9 31,7 17,0	38,5 40,6 45,3 71,3	18,3 14,2 13,1 10,1
H 11	Todtnau R 17 040 H 07 300	Halde/Schauinsland Höhe NN: 1160 m Expos. : SW Hangn. : 10° Gestein : Gneis	nicht näher bestimmt	Braunerde, mesotroph	0— 4 4— 8 8— 14 14— 28 + 28	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C	5,1 4,9 4,8 4,9 5,4	4,2 4,0 4,0 4,2 4,7	8,86 2,26 nb	5,14 1,31 nb	0,32 0,08 nb	16 15 nb	nb	nb	nb	nb	27 21 56 11 nb	8 6 2 5 nb	19 15 3 6 nb	29 28 3 48 nb	3,79 4,71 4,41 4,27 3,40	1,58 1,38 1,86 1,85 1,82	2,21 3,33 2,55 1,85 1,58	nb	18,6 6,6 5,2 nb	5,8 3,4 5,8 nb	— — — —	1,9 2,1 1,8 3,7 2,6	10,8 9,8 10,4 9,5 6,6	39,7 32,1 22,1 20,2 10,8	47,6 41,6 27,0 27,4 24,6	0,0 14,4 38,7 39,2 55,4

Profil-Nr.	Blatt 1:25000	Ort / Lage / Gestein	Vegetation	Bodentyp	cm	Horizont	pH		Humus %	C %	N %	C:N	Umtauschkapazität					V %	Sesquioxid-Auszug in 3%iger HCl			CaO mg/100 g Boden	K <sub>2</sub> O mg/100 g Boden	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100 g Boden	CaCO <sub>2</sub> %	Korngrößenanteile in % vom Gesamtgewicht						
							H <sub>2</sub> O	KCl					Ulrich		Kappen				R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %					< 0,002 mm	0,02 bis 0,002 mm	0,2 bis 0,02 mm	2,0 bis 0,2 mm	> 2,0 mm		
							%	%					T ges.	T anorg.	T org.	Sorpt. org. Subst. mval/100 g Boden	T		S	T-S	%					%	%	mm	mm	mm	mm	mm
J 1	Höllensteig R 26 540 H 10 940	Höllental Höhe NN: 750 m Expos. : W Hangn. : 35° Gestein : Gneis	Abieto-Fagetum	Braunerde, podsolig	0—10 10—60 + 60	A B B/C	5,1 5,2 5,7	4,0 4,0 4,3	6,69 nb —	3,88 nb —	0,25 nb —	15 nb —	24 25 20	14 20 20	10 5 —	149 nb —	31 22 nb	4 4 nb	27 18 nb	15 21 nb	4,54 5,54 5,28	2,50 2,62 2,14	2,04 2,92 3,14	33,6 19,6 25,8	25,3 10,0 9,0	3,7 1,2 2,9	— — —	1,7 1,4 1,6	13,8 12,9 8,8	38,7 38,7 34,5	45,8 47,0 55,1	nb
J 2	St. Peter R 25 440 H 26 380	Rotwasen/Kandel Höhe NN: 880 m Expos. : W Hangn. : 25° Gestein : Gneis	Luzulo-Fagetum	Braunerde, podsolig	0—10 10—35 35—80 80—110 + 110	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> B B/C B/C(G)	4,3 4,5 4,7 4,7 4,8	3,6 3,8 3,9 3,9 3,9	11,12 3,19 — — —	6,45 1,85 — — —	0,37 0,13 — — —	17 15 nb — —	nb nb nb nb nb	nb nb nb nb nb	nb nb nb nb nb	56 30 18 nb	5 4 4 nb	51 26 14 nb	9 12 25 nb	8 5 6 19	1,67 1,72 2,35 2,42	0,70 0,57 1,30 1,46	0,97 1,15 1,05 0,96	25,8 10,6 12,3 13,8	11,0 6,5 5,0 6,8	5,6 3,5 4,8 6,5	— — — —	2,8 4,2 2,8 2,1	12,3 13,5 6,9 5,4	23,6 23,9 12,2 12,0	41,4 41,0 28,2 25,3	19,9 17,4 49,9 55,2
J 3	Waldkirch R 24 520 H 28 840	Bruckwald/Kandel Höhe NN: 390 m Expos. : NW Hangn. : 25° Gestein : Gneis	Querceto-Carpinetum (nicht typisch)	Braunerde, podsolig	0—6 6—25 25—75 + 75	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> B B/C	4,0 4,3 4,6 4,9	3,3 3,6 4,0 4,1	12,05 2,27 — —	6,99 1,85 — —	0,35 0,12 — —	20 19 — —	nb nb nb nb	nb nb nb nb	nb nb nb nb	47 27 17 12	4 2 1 3	43 25 16 9	8 5 6 19	1,67 1,72 2,35 2,42	0,70 0,57 1,30 1,46	0,97 1,15 1,05 0,96	25,8 10,6 12,3 13,8	11,0 6,5 5,0 6,8	5,6 3,5 4,8 6,5	— — — —	2,8 4,2 2,8 2,1	12,3 13,5 6,9 5,4	23,6 23,9 12,2 12,0	41,4 41,0 28,2 25,3	19,9 17,4 49,9 55,2	
J 4	St. Peter R 30 140 H 22 700	Schafteck/St. Peter Höhe NN: 980 m Expos. : W Hangn. : 15° Gestein : Gneis	Abieto-Fagetum	Braunerde, podsolig	0—15 15—40 + 40	A B B/C	4,8 4,8 4,7	4,1 4,4 4,2	8,55 nb —	4,96 nb —	0,28 nb —	18 nb —	33 25 26	19 23 26	14 2 —	164 nb —	32 20 nb	5 5 nb	27 15 nb	16 25 nb	7,23 7,74 7,59	2,66 2,38 2,30	4,57 5,36 5,29	7,8 6,2 6,7	4,0 2,5 2,0	5,2 1,8 0,8	— — —	2,2 1,8 1,7	16,3 11,5 9,8	45,1 40,5 33,6	16,4 35,3 29,1	20,0 10,9 25,8
J 5	Freiburg R 14 700 H 14 360	Sägentobel/Günterstal Höhe NN: 430 m Expos. : NE Hangn. : 35° Gestein : Gneis	Abieto-Fagetum (nicht typisch)	Braunerde, podsolig	0—10 10—130 + 130	A B C	4,2 4,3 5,2	3,6 3,9 4,0	6,18 nb —	3,58 nb —	0,17 nb —	20 nb —	nb nb nb	nb nb nb	nb nb nb	33 18 nb	2 1 nb	31 17 nb	6 6 nb	nb 4,71 2,19	nb 2,87 1,55	nb 1,84 0,64	11,2 7,8 20,2	7,0 2,8 nb	2,8 2,0 nb	— — —	2,8 5,4 3,6	12,5 14,0 2,6	20,9 21,3 12,0	27,4 25,0 52,2	36,4 34,3 29,6	
J 6	Freiburg R 14 240 H 10 160	Stutz/Horben Höhe NN: 770 m Expos. : N Hangn. : 32° Gestein : Gneis	Luzulo-Fagetum	Braunerde, podsolig	0—7 7—27 + 27	A B B/C	4,6 5,1 5,1	3,8 4,0 3,9	12,98 nb —	7,53 nb —	0,38 nb —	19 nb —	nb nb nb	nb nb nb	nb nb nb	41 16 nb	2 2 nb	39 14 nb	5 13 nb	5,74 6,09 5,75	3,14 2,87 2,82	2,60 3,22 2,93	nb nb nb	8,3 2,3 2,3	7,6 1,3 2,3	— — —	2,2 2,5 2,6	14,6 14,2 12,7	45,5 29,7 27,7	37,7 34,7 37,9	0,0 19,5 19,1	
J 7	Freiburg R 22 000 H 07 800	Dachsbühl/Hochfahrn Höhe NN: 1140 m Expos. : S Hangn. : 30° Gestein : Gneis	Luzulo-Fagetum	Braunerde, podsolig	0—20 + 20	A B	4,7 4,9	4,0 4,3	10,92 nb	6,33 nb	0,35 nb	18 nb	nb nb nb	nb nb nb	nb nb nb	39 14	2 3	37 11	6 21	nb nb nb	nb nb nb	7,5 4,8	2,5 1,5	— —	— —	nb nb	nb nb	nb nb	nb nb	nb nb		

Profil-Nr.	Blatt 1:25000	Ort / Lage / Gestein	Vegetation	Bodentyp	cm	Horizont	pH		Humus %	C %	N %	C:N	Umtauschkapazität mval/100 g Boden						Sesquioxid-Auszug in 3%iger HCl mg/100 g Boden				Korngrößenanteile in % vom Gesamtgewicht											
							CaO	K <sub>2</sub> O					P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaCO <sub>3</sub>	V %	Ulrich			Kappen			R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	CaO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaCO <sub>3</sub>	< 0,002 mm	0,02 bis 0,002 mm	0,2 bis 0,02 mm	2,0 bis 0,2 mm	> 2,0 mm	
																T ges.	T anorg.	T org.	Sorpt. org. Subst.	T	S													T-S
J 8	Höllenstein R 27 200 H 09 480	Höllental Höhe NN: 990 m Expos.: NE Hangn.: 40° Gestein: Gneis	Luzulo-Abietetum	Braunerde, podsolig	0-5 5-25	A B	5,0 5,0	4,0 4,2	11,53 nb	6,69 nb	0,34 nb	19 nb	nb	nb	nb	nb	42 30	6 4	36 26	nb	nb	nb	nb	37,5 20,5	3,4 4,3	— —	nb	nb	nb	nb	nb			
J 9	Waldkirch R 23 380 H 25 220	Kranzkopf/Glottertal Höhe NN: 700 m Expos.: SW Hangn.: 45° Gestein: Gneis	Luzulo-Fagetum	Braunerde, podsolig	0-22 + 22	A B/C	4,7 5,0	3,7 3,9	2,93 —	1,70 —	0,09 —	18 —	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	7,0 5,5	4,4 1,6	— —	3,1 6,3	—	26,7 20,3	32,4 27,1	21,3				
K 1	Freiburg R 17 160 H 09 200	Bergstation/Schauinsland Höhe NN: 1200 m Expos.: W Hangn.: 15° Gestein: Gneis	Luzulo-Abietetum	Kryptopodsol	0-5 5-9 9-15 15-35 + 35	A <sub>0</sub> A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> /B B/C C	3,8 4,0 4,1 4,5 5,0	3,1 3,3 3,6 4,0 4,5	12,21 21,63 13,08 — —	30,17 12,54 7,58 — —	1,30 0,66 0,43 — —	23 19 18 nb —	59 42 32 26 20	nb nb nb nb nb	nb nb nb nb nb	nb nb nb nb nb	nb nb nb nb nb	nb nb nb nb nb	1,96 3,92 5,36 5,76 4,83	0,90 1,66 2,46 2,46 2,08	1,06 2,26 2,90 3,30 2,75	71,8 21,3 9,5 9,5 9,0	48,5 15,0 8,0 2,8 2,1	10,3 6,8 5,5 4,3 3,5	— — — — —	nb nb 1,6 1,0 0,9	nb nb 8,4 8,9 8,0	nb nb 32,7 21,3 12,7	nb nb 21,1 25,3 32,8	nb nb 36,2 43,5 47,6				
K 2	Freiburg R 16 160 H 10 000	Staffelfels/Schauinsland Höhe NN: 810 m Expos.: SW Hangn.: 33° Gestein: Gneis	Melanphyro-Fagetum	Kryptopodsol	0-4 4-11 11-50 + 50	A <sub>0</sub> A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> /B B/C	3,3 3,4 4,5 4,6	3,7 3,8 4,0 3,9	18,02 11,43 4,94 —	10,45 6,63 2,87 —	0,46 0,29 0,14 —	23 22 20 —	nb	nb	nb	nb	49 36 22 14	5 3 2 1	44 33 20 13	9 8 11 11	3,35 4,76 5,01 4,47	1,38 2,06 2,06 1,79	1,97 2,70 2,95 2,68	51,0 28,0 7,8 14,6	18,5 11,3 5,3 7,0	4,7 3,5 3,5 3,1	— — — —	1,4 3,2 2,2 3,7	7,3 13,7 10,5 11,9	18,9 27,4 17,2 19,6	29,9 28,0 27,4 23,9	42,5 27,7 42,7 41,0		
K 3	Höllenstein R 30 800 H 12 980	Naturfreunde/Breitnau Höhe NN: 1080 m Expos.: NW Hangn.: 5° Gestein: Gneis	Piceetum (künstl.)	Kryptopodsol	0-4 4-8 8-13 13-20 + 20	A <sub>0</sub> A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> /B B B/C	3,8 3,7 3,9 4,2 4,8	3,0 2,8 3,3 3,8 4,1	52,53 29,87 2,06 — —	30,47 17,32 1,20 — —	1,05 0,75 0,63 — —	29 23 19 — —	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	0,60 1,62 1,20 7,8 3,96 4,96	0,11 0,42 1,20 1,73 1,94 1,90	0,49 1,20 1,20 7,8 2,02 3,04	96,5 67,3 20,7 7,4 9,8 4,5	61,7 20,7 6,1 2,8 4,8 2,9	22,5 6,1 — — — —	— — — — — —	nb nb 3,0 1,5 2,1	nb nb 10,4 9,0 7,8	nb nb 31,8 28,9 22,0	nb nb 27,8 30,2 26,4	nb nb 27,0 30,4 41,7
K 4	St. Peter R 27 300 H 25 000	Das schwarze Moos/Kandel Höhe NN: 1140 m Expos.: NE Hangn.: 10° Gestein: Gneis	Piceetum (künstl.)	Kryptopodsol	0-8 8-18 + 18	A <sub>0</sub> A <sub>1</sub> B/C	3,8 4,2 4,7	3,2 3,5 4,1	30,90 11,74 nb	17,92 6,81 nb	0,57 0,25 nb	30 27 nb	nb	nb	nb	nb	97 55 21	5 4 2	92 51 19	6 6 10	3,00 3,24 5,94	2,07 2,50 3,27	0,93 0,74 2,67	63,9 11,7 5,0	23,0 9,3 2,3	8,3 4,5 2,0	— — —	nb 1,5 1,3	nb 10,5 11,3	nb 31,2 29,1	nb 31,2 32,8	nb 25,6 25,5		
K 5	Höllenstein R 27 200 H 09 100	Hinterwaldkopf Höhe NN: 1130 m Expos.: NW Hangn.: 23° Gestein: Gneis	Piceetum (künstl.)	Kryptopodsol	0-15 15-30 + 30	A <sub>0</sub> /1 B B/C	4,3 4,6 4,9	3,4 3,8 4,1	29,87 17,32 —	17,32 6,81 —	0,47 — nb	37 nb —	nb	nb	nb	nb	93 45 23	10 3 3	83 42 20	11 7 11	3,66 5,95 5,82	1,88 3,02 2,82	1,78 2,93 3,00	96,5 14,6 7,3	36,3 12,0 10,3	6,5 4,9 2,8	— — —	nb 4,0 4,9	nb 20,2 23,1	nb 34,1 34,6	nb 21,0 22,5	nb 20,7 14,9		

Profil-Nr.	Blatt 1:25000	Ort / Lage / Gestein	Vegetation	Bodenryp	cm	Horizont	pH		Humus %	C %	N %	C:N	Umtauschkapazität							Sesquioxyd-Auszug in 3%iger HCl				Korngrößenanteile in % vom Gesamtgewicht															
							H <sub>2</sub> O	KCl					T ges.	Ulrich		Kappen			V %	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	CaO mg/100 g Boden	K <sub>2</sub> O mg/100 g Boden	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100 g Boden	CaCO <sub>3</sub> %	< 0,002 mm	0,02 bis 0,002 mm	0,2 bis 0,02 mm	2,0 bis 0,2 mm	> 2,0 mm								
														T anorg.	T org.	Sorpt. org. Subst. mval/100 g Boden	T	S														T-S							
																														Korngrößenanteile in % vom Gesamtgewicht									
K 6	St. Peter R 28 540 H 22 600	Sägentobel/St. Peter Höhe NN: 790 m Expos.: SW Hangn.: 30° Gestein.: Gneis	Luzulo-Abietetum	Kryptopodsol	0-4	A <sub>0</sub>	4,2	3,5	30,90	17,92	0,66	27	43	10	33	107	85	9	76	11	3,61	1,40	2,21	60,6	20,2	1,8	—	nb	nb	nb	nb	nb							
					4-15	A <sub>1</sub>	4,3	3,6	21,01	12,18	0,50	24	38	16	22	104	68	5	63	7	4,79	2,08	2,71	25,8	9,3	1,8	—	2,8	19,4	52,3	25,5	nb							
					15-40	A <sub>2</sub> /B	4,8	4,1	7,31	4,24	0,20	20	26	17	9	123	30	5	25	17	5,77	2,62	3,15	29,2	4,0	0,0	—	1,4	12,4	45,4	40,8	nb							
					+40	B/C	5,4	4,5	—	—	—	—	—	—	—	—	19	17	2	—	nb	nb	nb	nb	5,26	2,04	3,22	20,2	2,2	0,1	—	3,8	16,1	48,6	31,5	nb			
K 7	St. Peter R 32 080 H 22 540	Zweribach Höhe NN: 1000 m Expos.: NE Hangn.: 18° Gestein.: Gneis	Piceetum (künstl.)	Kryptopodsol	0-7	A <sub>0</sub>	4,2	3,4	24,17	14,02	0,52	26	nb	nb	nb	nb	79	5	74	6	3,59	1,42	2,17	nb	30,5	6,8	—	nb	nb	nb	nb	nb							
					7-17	A <sub>1</sub> /B	4,2	3,6	10,19	5,91	0,29	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
					17-45	B	4,4	3,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
					+45	C	4,7	4,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
K 8	Höllenstein R 27 680 H 07 240	Zastleral Höhe NN: 1120 m Expos.: SW Hangn.: 25° Gestein.: Gneis	Luzulo-Abietetum	Kryptopodsol	0-12	A	4,3	3,6	11,54	6,70	0,25	27	nb	nb	nb	nb	42	4	38	11	5,89	2,42	3,47	nb	9,8	4,1	—	nb	nb	nb	nb	nb							
					12-37	A/B	4,5	3,7	10,09	5,85	0,31	19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
					37-60	B	4,8	4,0	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
L 1	Todtnau R 19 200 H 05 880	Notschrei Höhe NN: 940 m Expos.: E Hangn.: 5° Gestein.: Moränenmat. (granitisch)	Piceetum (künstl.)	Podsol	0-7	A <sub>0</sub>	3,6	2,8	48,46	28,11	0,70	40	76	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	0,74	0,40	0,34	127,8	35,0	9,0	—	nb	nb	nb	nb	nb							
					7-12	A <sub>1</sub>	3,8	3,2	17,51	10,15	0,36	38	39	11	28	157	82	3	79	4	3,21	1,39	1,82	15,7	10,0	3,5	—	1,7	11,9	35,0	39,0	12,4							
					12-20	A <sub>2</sub>	4,3	3,9	15,04	8,72	0,34	26	34	12	22	146	50	1	49	2	4,12	1,77	2,35	6,7	6,0	3,0	—	0,9	8,8	31,6	44,7	14,0							
					20-40	A <sub>2</sub> /B	4,5	3,9	7,62	4,42	0,20	22	30	13	17	123	38	2	36	5	4,55	1,94	2,61	6,7	3,5	1,8	—	2,0	8,3	37,7	37,0	15,0							
L 2	Todtnau R 17 240 H 06 200	Notschrei Höhe NN: 1140 m Expos.: E Hangn.: 5° Gestein.: Moränenmat. (granitisch)	Piceetum (künstl.)	Gleydopsol	0-8	A <sub>0</sub>	4,1	3,5	73,13	42,41	1,13	37	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	30,5	11,1	—	nb	nb	nb	nb	nb	nb						
					8-26	A <sub>1</sub>	4,3	3,5	36,26	21,03	0,15	21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
					26-50	A <sub>2</sub>	4,0	3,1	5,46	3,16	0,15	21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
					50-91	G <sub>1</sub>	4,8	3,9	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
M 1	Eichstetten R 07 100 H 21 950	Umkirch Höhe NN: 205 m Expos.: Ebene Hangn.: — Gestein.: Gneisschotter + Lößlehm	Pruno-Fraxinetum	Aueboden	0-10	A <sub>1</sub>	4,8	3,8	10,71	6,21	0,38	16	24	9	15	140	30	5	25	18	4,36	2,89	1,47	nb	6,5	6,2	—	3,2	28,1	52,0	16,7	0,0							
					10-35	A <sub>2</sub>	5,3	4,1	2,10	1,22	0,08	15	14	12	2	119	21	8	13	38	4,61	3,13	1,48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
					35-55	B/G	5,4	4,0	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
					55-70	B/G	5,6	4,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
M 2	Eichstetten R 03 360 H 24 480	Wasenweiler Ried Höhe NN: 189 m Expos.: Ebene Hangn.: — Gestein.: Rheinschotter	Pruno-Fraxinetum (nicht typisch)	Gley (Anmoor)	0-15	A <sub>1</sub>	6,0	5,7	59,74	34,65	2,26	15	78	0	78	132	107	88	19	82	2,94	1,81	1,13	nb	4,3	4,9	0,0	nb	nb	nb	nb	nb							
					15-30	A <sub>2</sub> /G	6,9	6,6	20,19	11,71	0,81	14	61	5	56	275	96	88	8	92	1,81	0,65	1,16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
					30-45	A <sub>2</sub> /G	7,2	6,6	5,05	2,93	0,18	16	24	7	17	nb	34	31	3	92	2,18	0,85	1,33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
					45-70	G <sub>1</sub>	7,6	7,2	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
M 2	Eichstetten R 03 360 H 24 480	Wasenweiler Ried Höhe NN: 189 m Expos.: Ebene Hangn.: — Gestein.: Rheinschotter	Pruno-Fraxinetum (nicht typisch)	Gley (Anmoor)	0-15	A <sub>1</sub>	6,0	5,7	59,74	34,65	2,26	15	78	0	78	132	107	88	19	82	2,94	1,81	1,13	nb	4,3	4,9	0,0	nb	nb	nb	nb	nb							
					15-30	A <sub>2</sub> /G	6,9	6,6	20,19	11,71	0,81	14	61	5	56	275	96	88	8	92	1,81	0,65	1,16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
					30-45	A <sub>2</sub> /G	7,2	6,6	5,05	2,93	0,18	16	24	7	17	nb	34	31	3	92	2,18	0,85	1,33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
					45-70	G <sub>1</sub>	7,6	7,2	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
M 2	Eichstetten R 03 360 H 24 480	Wasenweiler Ried Höhe NN: 189 m Expos.: Ebene Hangn.: — Gestein.: Rheinschotter	Pruno-Fraxinetum (nicht typisch)	Gley (Anmoor)	0-15	A <sub>1</sub>	6,0	5,7	59,74	34,65	2,26	15	78	0	78	132	107	88	19	82	2,94	1,81	1,13	nb	4,3	4,9	0,0	nb	nb	nb	nb	nb							
					15-30	A <sub>2</sub> /G	6,9	6,6	20,19	11,71	0,81	14	61	5	56	275	96	88	8	92	1,81	0,65	1,16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
					30-45	A <sub>2</sub> /G	7,2	6,6	5,05	2,93	0,18	16	24	7	17	nb	34	31	3	92	2,18	0,85	1,33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
					45-70	G <sub>1</sub>	7,6	7,2	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
M 2	Eichstetten R 03 360 H 24 480	Wasenweiler Ried Höhe NN: 189 m Expos.: Ebene Hangn.: — Gestein.: Rheinschotter	Pruno-Fraxinetum (nicht typisch)	Gley (Anmoor)	0-15	A <sub>1</sub>	6,0	5,7	59,74	34,65	2,26	15	78	0	78	132	107	88	19	82	2,94	1,81	1,13	nb	4,3	4,9	0,0	nb	nb	nb	nb	nb							
					15-30	A <sub>2</sub> /G	6,9	6,6	20,19	11,71	0,81	14	61	5	56	275	96	88	8	92	1,81	0,65	1,16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
					30-45	A <sub>2</sub> /G	7,2	6,6	5,05	2,93	0,18	16	24	7	17	nb	34	31	3	92	2,18	0,85	1,33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
					45-70	G <sub>1</sub>	7,6	7,2	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
M 2	Eichstetten R 03 360 H 24 480	Wasenweiler Ried Höhe NN: 189 m Expos.: Ebene Hangn.: — Gestein.: Rheinschotter	Pruno-Fraxinetum (nicht typisch)	Gley (Anmoor)	0-15	A <sub>1</sub>	6,0																																

## Durchschnittliche Ausbildung der Böden im Kreis Freiburg

Bodentyp	Horizont	pH (H <sub>2</sub> O)	Humus %	Humus Form	CaCO <sub>3</sub> %	Basensättigungsgrad (V-Wert) %	Wasserhaushalt	Gründigkeit	Gestein	Bodenart	Bodenzahl	Nutzung
A-C-Silikatboden, basenreich	A C (B)	7,5—6,0	2—3	Mull	—	93	trocken — mäßig feucht	flach — mittel	ultrabasische Eruptiva	sandiger Lehm	30—60	Eichen-Buschwald, Weinbau
Rendzina	A C	8,5—6,5	5—7	Mull	5—50	91	trocken — mäßig feucht	flach — mittel	Kalke	anlehmiger Skelett- boden	30—60	Laubwald (Acker- bau)
Pararendzina	A C (Ca)	8,5—6,5	3—6	Mull	5—35	89	trocken — mäßig feucht	mittel — tief	Löß, Mergel, Schotter	sandiger Lehm — Lehm	60—80	Ackerbau, Weinbau
Pararendzina, steppenboden- artig	A C (Ca)	8,5—7,5	2—2,5	Mull	2—3,5	89	trocken — mäßig feucht	tief	Löß, Schotter	sandiger Lehm	60—80	Ackerbau, Weinbau
Braunlehm	A B C (Ca)	7,5—6,0	2—6	Mull	—	86	mäßig frisch	mittel — tief	Kalke, Mergel	Lehm	45—60	Ackerbau, Laubwald
Braunerde, basenreich	A B C	7,5—5,0	4—7	Mull	—	75	mäßig frisch	mittel — tief	Löß, Mergel (+ Gneis)	sandiger Lehm — Lehm	50—70	Ackerbau, Laubwald
Braunerde, basenärmer	A B C	5,5—4,5	5—15	Mull	—	20	mäßig frisch — frisch	mittel — tief	Grundgebirgs- material (Gneis)	lehmgiger Sand — sandiger Lehm	40—55	Laub-Mischwald, Grünland (Acker- bau)
Braunerde, mäßig podsoliert	A B C	4,5—3,5	5—15	Mull — Moder	—	13	mäßig frisch	mittel	Grundgebirgs- material (Gneis)	grusig — lehmiger Sand	25—40	Nadel-Misch- wald
Braunerde, stark podsoliert, Kryptopodsol	A <sub>0</sub> A <sub>1</sub> (A <sub>2</sub> ) B C	3,5	15—70	Rohhumus — Moder	—	9	mäßig frisch — frisch	mittel — flach	Grundgebirgs- material (Gneis)	grusig — sandig	15—25	Nadelwald
Pseudogley (gleyartiger Boden)	A B/G C/G D	5,5—4,5	5—15	Mull (— Moder)	—	67	mäßig frisch — frisch wechselfeucht	mittel — tief	Gneis, Löß	sandiger Lehm — Lehm	35—50	Laub-Mischwald
Auenboden	A B/G G/C	6,5—4,0	5—10	Mull — Moder	—	40/85	frisch — sehr feucht	mittel- tief	Rheinschotter, Schwarzwald- schotter, Löß	toniger Lehm	40—55	Auenwald, Grün- land
Gleyboden	A A/G G	6,5—4,0	10—60	Mull — Moder anmoorig	0—8	40/85	sehr feucht — naß	mittel — tief	Rheinschotter, Schwarzwald- schotter, Löß	lehmgiger Ton — Ton	15—30	Niedermoor- Bruchwald Grün- land

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau](#)

Jahr/Year: 1959

Band/Volume: [49](#)

Autor(en)/Author(s): Moll Wolfgang

Artikel/Article: [Bodentypen im Kreis Freiburg i. Br. 5-58](#)