

KARL-HEINZ SCHNEIDER, Stuttgart-Hohenheim*)

Untersuchungen typischer Bodenprofile der Pfalz

Aus dem Institut für Bodenkunde und Bodenerhaltung der Justus Liebig-Universität Gießen, Direktor: Prof. Dr. H. Kuron, und der Pfälz. Landw. Untersuchungs- und Forschungsanstalt Speyer/Rhein, Leiter: Dir. Dr. habil. O. Siegel.

Inhaltsverzeichnis

- I Einleitung
- II Erläuterung und Begründung der angewandten Methoden
- III Auswertung der Ergebnisse
 - A. Reihe im Unterrotliegenden (Alsenz Stufe)
 - B. Reihe im Oberrotliegenden (Standenbühler Stufe)
 - C. Reihe im Unteren Buntsandstein (Staufer Stufe)
 - D. Reihe im Oberen Buntsandstein (Votziensandstein)
 - E. Reihe im Quartär (Löß)
- IV Diskussion
- V Zusammenfassung
- VI Schrifttum

I. Einleitung

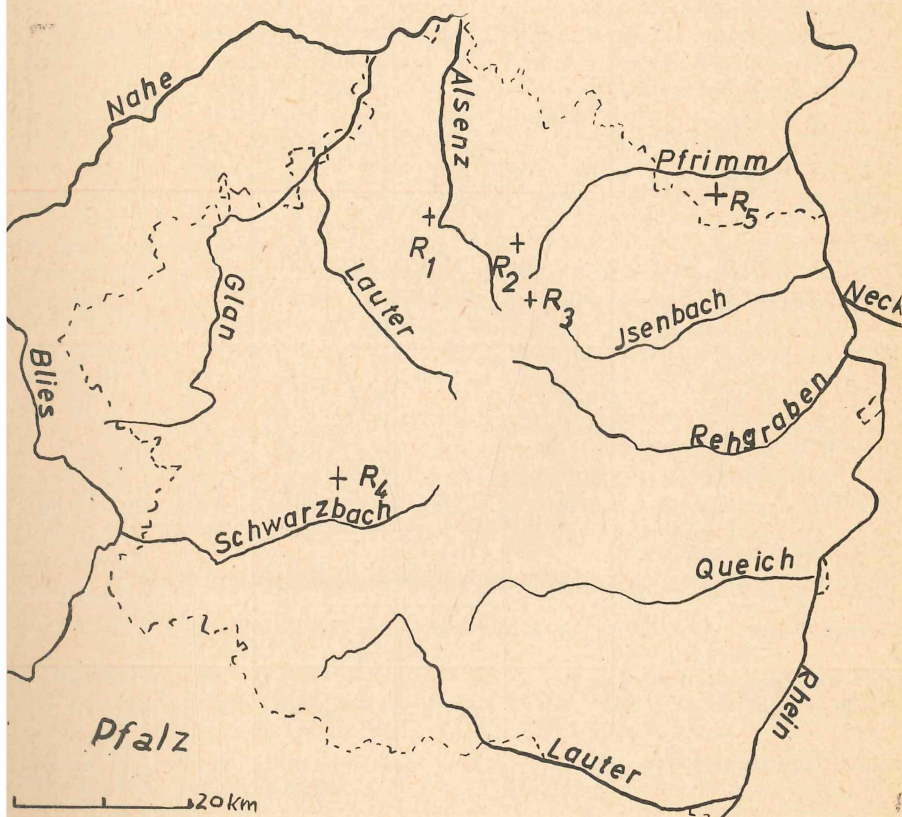
Die für die Ausbildung der Böden maßgeblichen Umweltfaktoren sind im Gebiet der Pfalz äußerst vielfältig vergesellschaftet. Dies gilt ganz besonders für den westlichen Teil des Landes außerhalb des Rheingrabens, wo in einer Mittelgebirgslandschaft die topographischen Verhältnisse eine große Rolle spielen.

Aus diesem Grunde wurden in der vorliegenden Arbeit stets mehrere Profile im Verband untersucht. Diese Profilkreihen folgen dem Gefälle von Hängen und bestehen in der Regel aus einem Höhen-, einem Mittelhang- und einem Senkenprofil. Es sollte auf diese Weise versucht werden, den Einfluß der Bodenerosion auf die Ausbildung der Profile zu erfassen.

*) Herrn Prof. Dr. H. Kuron, Gießen, danke ich für die Überlassung des Themas dieser Arbeit, sowie für wertvolle Anregungen und Hinweise.
Für die Bereitstellung eines Arbeitsplatzes während der experimentellen Untersuchungen sowie für großzügige Unterstützungen und Anregungen danke ich Herrn Dir. Dr. habil. O. Siegel, Speyer.
Herrn Dr. W. Hannemann, Speyer, sage ich für seine vielseitigen Beratungen und Anregungen meinen verbindlichsten Dank, ebenso Herrn Dr. H. Zakosek für die grundlegenden Einführungen in das Gelände der Pfalz.

Die Entnahme der Profilreihe erfolgte nach geologischen Gesichtspunkten. Sie wurden auf permokarbonischen Sedimentgesteinen des Nordpfälzer Berglandes und des Mesozoikums genommen. Außerdem wurde noch eine Reihe im Quartär, und zwar im Löß der Rheinebene, bearbeitet.**)

Die ungefähre Lage der einzelnen Profilreihen ist in der Übersichtskarte 1 eingetragen. Alle untersuchten Böden liegen ausschließlich unter Acker bzw. Wiese.



Karte 1

R₁ = Unterrotliegend

R₂ = Oberrotliegend

R₃ = Unterer Buntsandstein

R₄ = Oberer Buntsandstein

R₅ = Löß

**) In der Originalarbeit wurden noch Profilreihen aus der Odenbach- und Hooper Stufe, sowie eine weitere Reihe aus dem Oberrotliegenden besprochen, die mit Rücksicht auf den zur Verfügung stehenden Raum hier nicht behandelt werden können.

Tabelle 1: Schätzung über die Flächenausbreitung der einzelnen Formationen in der Pfalz¹⁾

Formationen	Fläche		Unter Wald und Forst liegen in qkm	Nicht von Wald und Forst bestandene Fläche	
	qkm	% der Gesamtfläche		in qkm ²	in % bezogen auf Fläche der einzelnen Formationen
Löß und Lößlehm im Rheingraben	438	8	0	438	
Haupt- und Oberer Buntsandstein	1401	26	868	755	46
Unterer Buntsandstein	222	4			
Oberrotliegendes	153	3	10	143	94
Unterrotliegendes a. Odenbacher Stufe	131		29	328	92
b. Alsenz Stufe	128	7			
c. Hoofer Stufe	98				
Summe	2571	48	907	1664	31 ²⁾
Quartär und Tertiär des Rheingrabens	1253	23	n. b.	n. b.	
Muschelkalk	893	16	n. b.	n. b.	
alle übrigen Formationen	705	13	n. b.	n. b.	
Gesamtfläche der Pfalz	5422		2160	3262	

Wie aus der Tabelle 1 hervorgeht, umfassen diese geologischen Schichten ungefähr 2570 qkm. Das sind etwa 48% der gesamten Grundfläche der Pfalz. Davon sind etwa 1660 qkm nicht mit Wald bestanden. Dies ist mehr als die Hälfte der in der Pfalz landwirtschaftlich genutzten Fläche.

¹⁾ Dieser Schätzung liegt das Zahlenmaterial des Statistischen Landesamtes Rheinland-Pfalz (31) zu Grunde.

²⁾ Gesamte landwirtschaftlich genutzte Fläche = 2675 qkm
Fläche für Straßen, Gewässer, Flugplätze usw. 587 qkm

³⁾ Bezogen auf die Gesamtfläche der Pfalz.

II. Erläuterung und Begründung der angewandten Methoden

Um die Veränderungen der Profile von der Höhe nach der Senke in den einzelnen geologischen Formationen zu erfassen, wurden Bodenprofile aufgedigelt und jeweils eine Probe aus den einzelnen Horizonten genommen. Diese Proben wurden auf ihre Korngrößenzusammensetzung durch die Schlämmanalyse nach KÖHN, mit Natriumpyrophosphat als Dispergierungsmittel, untersucht (LÜTTMER und JUNG [28]). Ferner wurde die organische Substanz nach der Methode LICHTERFELDE, sowie die laktatlösliche Phosphorsäure und Kali nach EGNÉR-RIEHM bestimmt. KURON (25) fand, daß auf nicht erodierten Flächen die Humus- und Nährstoffgehalte von Krume und Unterboden näher beieinander liegen als in Hanglagen, die dem Bodenabtrag stark ausgesetzt sind, wo ein schroffes Absinken der Humus- und Nährstoffgehalte stattfindet. In den Senken sind dann die Werte für Krume und Unterboden oft nahezu gleich. KURON führt deshalb das prozentuale Humus- und Nährstoffverhältnis zwischen Unter- und Oberboden ein und erhielt daraus Hinweise auf den Bodenabtrag. Eine Vorstellung über den Kolloidgehalt der untersuchten Böden, sowie über ihren Charakter, geben die Werte der Sorption und der Kationenbelegung der natürlichen Feinerde. Die T-Werte wurden nach MEHLICH (29) mit Ba-Triäthanolamin bei pH 8.1 bestimmt. Da bei diesen Werten sowohl die mineralischen als auch die organischen Kolloide zur Auswirkung kommen, sind Beziehungen verwickelter Natur zu erwarten. Deshalb wurde die Sorption der natürlichen Feinerde¹⁾ und der Feinerde, in welcher die organische Substanz durch Perhydrol zerstört worden war, bestimmt. Der T-Wert der organischen Substanz ergibt sich angenähert aus der Differenz zwischen T-Wert n. Feinerde und T-Wert oxyd. Feinerde. Um die Eigenschaften der Kolloide näher zu erfassen, wurden sie isoliert, und, wie die Feinerde, auf ihre Sorptionskapazität hin untersucht. Zur weiteren Charakterisierung der Tontypen wurden nach Aufschluß mit Ätznatron die SiO_2 -, Al_2O_3 - und Fe_2O_3 -Gehalte des isolierten Tons bestimmt. Zur Kennzeichnung der organischen Substanz wurden ihre T-Werte je 100 g einmal für die Feinerde zum anderen für die der Kolloide errechnet und miteinander verglichen.

III. Auswertung der Ergebnisse

A. Reihe im Unterrotliegenden (Alsenz-Stufe)

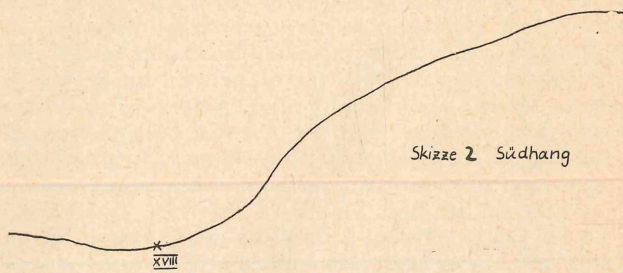
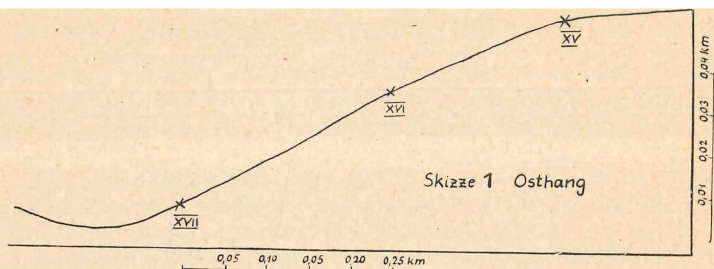
a) Angaben über diese Reihe

Diese Reihe wurde am Osthang des „Eichstock“ rund 800 m südlich von Dörrmoschel genommen. Es handelt sich um die Profile:

XV	an der Plateaukante	(430 m über NN)
XVI	in Mittelhanglage	(400 m über NN)
XVII	in Hangfußlage (O-Hang)	(370 m über NN)
XVIII	in Hangfußlage (S-Hang)	(360 m über NN)

Am Hangfuß des Osthanges zieht sich eine Senke mit schwachem Gefälle in südwestlicher Richtung entlang. Da das Profil XVII in dieser Senke liegt, mußte mit einem weiteren Bodenabtrag nach Norden gerechnet werden. Aus diesem Grund wurde zur Ergänzung das Profil XVIII genommen. Es liegt in der Senke, die sich mit einem Gefälle von 3,5% in westlicher Richtung am Südhang des Berges erstreckt. In den Skizzen 1 und 2 sind die Gefälle des Ost- und Südhanges durch die jeweiligen Profilschnitte wiedergegeben.

¹⁾ Für Sorption der natürlichen Feinerde soll T-Wert n. Feinerde und für die Sorption der H_2O_2 -behandelten Feinerde soll T-Wert oxyd. Feinerde als Abkürzung verwendet werden.



Skizze 1 und 2

Klimatische Daten:

Niederschläge: 500—600 mm

Temperatur: 8—9° C

Regenfaktor: 56—75

Profilbeschreibungen:

Profil XV:

Pseudogley, unter Rübenacker

- | | | | |
|----|-----------------|------------|---|
| 43 | A _p | 0—16 cm | dunkelbrauner, staubschluffiger Lehm ¹⁾ in krümeliger Struktur; Wurmlosungen und Wurmgänge; Glimmerplättchen. |
| 44 | B _{g1} | 16—50 cm | graugrünlicher, stark rostfarben gefleckter, lehmiger Staubschluff in kantiger bis prismatischer Struktur; kleine schwarze Konkretionen; mäßig durchwurzelt. |
| 45 | g ₂ | 50—90 cm | dunkelgraugrüner, rostfarben gefleckter, (aber nicht mehr so stark wie B _{g1}) lehmiger Staubschluff in kantiger Struktur; kleine schwarze Konkretionen. Ab 75 cm mit Sandsteinfetzen durchsetzt. |
| 46 | C | über 90 cm | glimmerhaltiger, toniger Sandstein. |

Profil XVI:

Unentwickelter, stark erodierter Boden, unter Luzerne

- | | | | |
|----|----------------|----------|---|
| 47 | A _p | 0—15 cm | graubrauner, staubschluffiger Lehm in kantig-krümeliger Struktur; gut durchwurzelt; mit vereinzelt Sandsteinbröckchen durchsetzt. |
| 48 | BC | 15—60 cm | graubrauner, rostfarben geflammt, sandiger Lehm; mäßig durchwurzelt; mit glimmerhaltigem Sandstein durchsetzt. |

¹⁾ Die Bodenart wurde nach dem Dreieck von KURON bestimmt. (Vortrag auf der Tagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft im September 1955 in Göttingen.)

48₀ C über 60 cm glimmerhaltiger, toniger Sandstein.

Profil XVII:

Unentwickelter Boden, unter Rübenacker

- 49 A_p 0—10 cm graubrauner, sandiger Staubschluff in kantig-krümeliger Struktur; gut durchwurzelt; schwach steinig.
- 50 B 10—26 cm dunkelbrauner, steiniger Staubschluff; kleine Fe-Ausscheidungen; vereinzelte Wurmtätigkeit; noch durchwurzelt.
- 51 BC 26—50 cm dunkelbrauner, stark mit Sandsteinkonglomeraten durchsetzter, sandiger Staubschluff.
- 51₀ C über 50 cm glimmerhaltiger, toniger Sandstein.

Profil XVIII:

Gleyboden, unter Wiese

- 52 A 0—25 cm dunkelbrauner, toniger Staubschluff in krümeliger Struktur; vereinzelte stecknadelkopfgroße Fe-Konkretionen.
- 53 BG₁ 25—60 cm graubrauner, steiniger, toniger Staubschluff in kantiger Struktur; stark rostgefleckt, vereinzelte schwarze Konkretionen; noch durchwurzelt.
- 54 G₂ über 60 cm blaugrauer, toniger Staubschluff; schwach steinig. Dieser Horizont ist vom Grundwasser beeinflusst. Tal-Alluvium.

b) Mechanische Zusammensetzung

Das Höhenprofil wurde nicht auf der Mitte des Plateaus sondern an der Plateaukante genommen. Aus Abbildung 1, die die Schlämmanalyse der Profile graphisch darstellt¹⁾, ergeben sich Wirkungen des Bodenabtrags.

Obwohl das Höhenprofil XV relativ hohe Werte für den Ton und Gesamtschluff aufweist und auch verhältnismäßig flachgründig ist, zeigt sich in der Krume eine deutliche Abnahme der feinsten Bodenbestandteile gegenüber den tieferen Horizonten. Dieser Verlust deutet auf einen schwachen Bodenabtrag hin. Im Mittelhangprofil XVI nimmt der Ton- und Schluffgehalt stark ab, während die Sandfraktionen auf 70% ansteigen, was auf eine merkliche Auswirkung der Erosion in dieser Lage hindeutet. Das Hangfußprofil XVII ist flachgründiger als das Mittelhangprofil. Die Gehalte an abschlämmbaren Bodenbestandteilen sind auch dort geringer als in dem höher gelegenen Profil. Diese Ergebnisse lassen sich durch das Gefälle der Senke nach Norden erklären. Das Profil XVII liegt auf einer, dem Osthang vorgelagerten Bodenwelle, die sich nach Norden in die Senke erstreckt. Die Sandkomponente erreicht im Profil XVII ähnliche Werte wie im Mittelhangprofil. Zur Ergänzung dieser Reihe wurde, wie schon oben erwähnt, ein Senkenprofil am Nordhang genommen. Bei diesem Profil XVIII wurden die höchsten Ton- und Schluffgehalte ermittelt, während der starke Rückgang der Sandfraktion ein Zeichen für das Überwiegen abgelagerten Bodenmaterials ist.

¹⁾ Genauere Angaben der Analysen befinden sich auf der Übersichtstabelle 9 am Ende dieser Reihe.

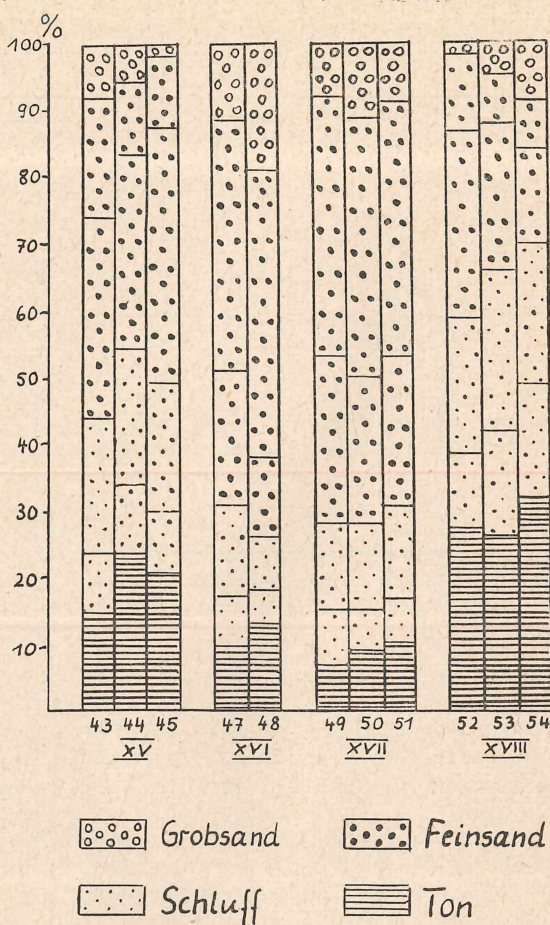


Abbildung 1: Schlämmanalyse der n. Feinerde.

c) Humus- und Nährstoffgehalte

Die Bodenverlagerung wird normalerweise gut durch die Humus- und Nährstoffgehalte wiedergegeben. Es ist bei der Auswertung dieser Zahlen jedoch zu beachten, daß es sich bei der Reihe nicht, wie z. B. bei den Arbeiten von KURON (25), um einheitliche Profilreihen handelt, sondern um einzelne Felder, die durch ihre unterschiedliche Bewirtschaftung und Nutzungsweise nicht ohne weiteres Vergleiche im Sinne von KURON zulassen. Ferner ist zu beachten, daß Profil XVIII in einer Wiese liegt. Trotz dieser Verschiedenheiten bestehen Beziehungen zwischen Bodenabtrag und Humusgehalt in den einzelnen Profilen. (vgl. Tab. 2).

Der relative Humusgehalt im Unterboden im Verhältnis zum Oberboden ist im Höhenprofil XV recht hoch, während er im Mittelhangprofil XVI absinkt. Im Profil XVII ist im Gegensatz zu der Schlämmanalyse ein Anstieg dieses Wertes zu verzeichnen. Er ist sogar höher als der des Hö-

henprofils. Vermutlich handelt es sich dabei um eine Zwischenablagerung, was auch durch den relativ hohen Humusgehalt der Probe 51 angedeutet wird. Die Relativzahl in der Senke des Nordhangprofils XVIII ist verhältnismäßig klein. Sie ist bedingt durch den hohen Humusgehalt in der Grasnarbe.

Ein entsprechender Vergleich der für die Pflanzen aufnehmbaren Nährstoffe (Phosphorsäure und Kali) kann hier nicht durchgeführt werden. Wegen der unterschiedlichen Nutzung und Bewirtschaftung der einzelnen Felder kann keine Abhängigkeit der Nährstoffe mit dem Bodenabtrag erwartet werden. Der Vollständigkeit halber wurden die Gehalte und die Relativzahlen der Nährstoffe mit in der Tabelle 2 aufgeführt. Die oben erwähnte Vermutung, daß es sich bei dem Profil XVII um eine Zwischenablagerung handelt, wird durch den Phosphorsäuregehalt in der Probe 51 bestätigt, der genau wie der Humusgehalt auf einen verschütteten A-Horizont hindeutet.

Tabelle 2: Humus- und Nährstoffgehalte

Profil	Nr.	Phosphorsäure			Kali			Humus		Kultur
		mg/ 100 g	Rela- tiv- wert	Zst.	mg/ 100 g	Rela- tiv- wert	Zst.	%	Rela- tiv- wert	
XV	43	10.8		II	40.0		II	2.00		Rüben
	44	0.2	1.8	III	8.0	20.0	III	0.65	32.5	
	45	2.0	18.5	III	8.0	20.0	III	0.99	49.5	
XVI	47	5.0		II	20.0		II	1.78		Luzerne
	48	0.2	4.0	III	8.0	40.0	III	0.50	28.1	
XVII	49	8.5		II	22.0		I	1.92		Rüben
	50	0.6	7.1	III	7.0	31.8	III	0.80	41.7	
	51	2.8	33.3	III	8.0	36.4	III	1.13	58.8	
XVIII	52	1.4		III	6.0		III	4.81		Wiese
	53	0.2	14.3	III	4.0	66.7	III	1.15	23.9	
	54	0.2	14.3	III	8.0		III	0.60	12.5	

d) Sorption und Basensättigung der n. Feinerde

Betrachtet man die Sorptionswerte der Krumen im Hinblick auf den Bodenabtrag, so werden die bei der mechanischen Zusammensetzung gefundenen Ergebnisse bestätigt. Wie schon oben gezeigt wurde, hat das Höhenprofil XV nur wenig unter dem Bodenabtrag gelitten. Dies kommt auch in den T-Werten der n. Feinerde zum Ausdruck (vgl. Tab. 3). Die n. Feinerde des Oberbodens im Profil XV hat einen T-Wert von 12.3, während die Sorption des Mittelhangprofils XVI und die des Hangfußprofils XVII sich ähnlich verhält, wie die entsprechenden Tongehalte. Das Hangfußprofil XVIII, das aus angeschwemmtem, humusreichem Bodenmaterial besteht, hat mit 27.2 mval den höchsten Wert.

Noch besser werden die Verhältnisse durch die Sorptionswerte der mineralischen Substanz (T-Wert der oxyd. Feinerde) charakterisiert. Es zeigt sich, daß in dem am wenigsten erodierten Profil XV der T-Wert nach der Tiefe hin ansteigt, während er in dem Profil XVI, das von der Erosion am meisten betroffen wurde, praktisch gleich bleibt. Die relativ hohe Sorption in der Probe 51 des Hangfußprofils XVII, die besonders in den Werten der n. Feinerde zum Ausdruck kommt, bestätigt die oben angeführte Vermutung, daß es sich bei diesem Horizont um einen verschütteten Oberboden handelt.

Tabelle 3: Anteil der mineralischen und organischen Komponente am T-Wert der n. Feinerde.

Profil	Nr.	T-Wert		Anteil der org. Subst.	
		n. Feine. mval/100 g	oxyd. Feine. mval/100 g	am T-Wert d. n. Feine. mval	%
XV	43	12.30	8.64	3.66	29.8
	44	13.00	11.05	1.95	15.0
	45	15.80	11.62	4.18	26.5
XVI	47	9.08	6.72	2.36	26.0
	48	7.78	6.99	0.79	15.15
XVII	49	8.90	5.62	3.28	36.8
	50	7.17	5.28	1.89	26.4
	51	8.41	5.96	2.45	29.1
XVIII	52	27.20	19.13	8.07	29.7
	53	18.40	12.17	6.23	33.9
	54	21.40	12.64	8.76	40.9

Im Profil XVIII dagegen liegt der höchste Sorptionswert für die mineralische Substanz im oberen Horizont. Dies dürfte allerdings, abgesehen von dem hohen Tongehalt, auch auf eine unvollständige Zerstörung der organischen Substanz durch H_2O_2 zurückzuführen sein. Die T-Werte der tieferen Horizonte sind dann wieder nahezu ausgeglichen. In den beiden letzten Spalten der Tabelle 3 sind die Anteile der organischen Substanz am T-Wert der n. Feinerde aufgeführt. Die Zahlen ergeben für das Profil XV einen Abfall vom obersten zum mittleren Horizont, während der Wert in 70 cm Tiefe mit 4.2 mval bzw. 26.5% wieder stark ansteigt. Da dieses Profil kaum unter dem Bodenabtrag gelitten hat, ist eine Verlagerung der Humusstoffe nach der Tiefe hin anzunehmen. In dem flachgründigen Mittelhangprofil XVI wurde eine solche Anreicherung nicht gefunden. Beim Hangfußprofil XVII ist im Oberboden der Anteil der organischen Substanz am T-Wert relativ hoch und fällt im mittleren Horizont, wie im Mittelhangprofil, stark ab. Der Anstieg in der Probe 51 deutet wieder auf einen begrabenen Oberboden hin. Im Hangfußprofil XVIII steigt der Anteil der organischen Substanz am T-Wert nach der Tiefe hin an, obwohl die entsprechenden Humusgehalte (Tab. 2) stark abnehmen. Dies ist durch die verschiedenen Humusformen zu erklären, die in den tieferen Horizonten durch Behandlung mit Perhydrol stärker zerstört werden.

Bezüglich der Kationenbelegung der n. Feinerde ergibt sich folgendes. Es besteht in allen Profilen dieser Reihe eine enge Beziehung zwischen V-Wert und pH-Zahl (vgl. Tab. 4). Die V-Werte und pH-Zahlen der Ober-

Tabelle 4: Sättigung der n. Feinerde

Profil	Nr.	T-S	S	T	V	pH in KCl
XV	43	2.7	9.6	12.3	78.05	6.15
	44	4.6	8.4	13.0	64.6	4.3
	45	9.2	6.6	15.8	41.8	3.8
XVI	47	3.6	5.5	9.1	60.4	5.2
	48	1.8	6.0	7.8	76.7	5.6
XVII	49	3.2	5.7	8.9	64.0	5.5
	50	2.4	4.8	7.2	66.7	5.5
	51	2.6	5.8	8.4	69.05	5.55
XVIII	52	14.0	13.2	27.2	48.5	4.25
	53	5.3	13.1	18.4	71.2	5.25
	54	2.4	19.0	21.4	88.8	6.05

böden der einzelnen Profile spiegeln die verschiedene Bewirtschaftung wieder. Die beiden Profile unter den Rübenäckern zeigen in den oberen Horizonten die höchste Basensättigung, während die Profile unter dem Luzerneschlag bzw. der Wiese niedrigere V-Werte aufweisen. Auch lassen sich durch diese Werte Beziehungen zu dem Bodenabtrag erkennen. Die Abnahme der pH-Zahlen und V-Werte im Höhenprofil zeigen, daß dieses Profil kaum erodiert ist. Durch die Bewirtschaftung hat der Oberboden eine Nährstoffzufuhr erfahren, wahrscheinlich eine starke Kalkung, die auf Grund des geringen Bodenabtrages weitgehend erhalten geblieben ist. Dagegen weist die Zunahme der V-Werte und pH-Zahlen im Mittelhangprofil XVI auf Oberbodenverluste hin. Im Hangfußprofil XVII deuten die Werte wieder eine Zwischenablagerung an. Die pH-Zahlen steigen im Senkenprofil XVIII nach der Tiefe hin stark an, was hier sowohl durch eine Durchwaschung, wie Zufuhr von mineralreichem Grundwasser zu erklären ist.

In der Tabelle 5 sind die sorbierten Basen, sowie der Wasserstoff, bezogen auf den T-Wert der n. Feinerde aufgeführt. Der Anteil der sorptiv gebundenen H-Ionen entspricht im wesentlichen den pH-Zahlen der Böden. Die Werte für das sorbierte Na-Ion sind zu niedrig, um eine Auswertung zuzulassen. Bei dem sorptiv gebundenen Kalium und Calcium in der Krume der einzelnen Profile muß mit einer Beeinflussung durch Düngung gerechnet werden. Für die Höhe des sorbierten Calciums gilt im wesentlichen das gleiche, wie für die pH-Zahlen und die V-Werte, weil das Ca-Ion den größten Teil der sorbierten Basen einnimmt und somit den V-Wert am meisten beeinflusst. Der Anteil des Magnesiums steigt vom Höhenprofil bis zum Hangfußprofil XVII ständig an, während er in der Krume des Hangfußprofils XVIII wieder absinkt. Die Magnesiumwerte zeigen weiter eine Verlagerung in die tieferen Horizonte. In den Profilen XV und XVII sind die Werte für das sorbierte Mg-Ion in den oberen Horizonten jeweils ausgeglichen, was auf eine Mg-Zufuhr durch Düngung der Rübenäcker zurückzuführen sein dürfte. Die tieferen Horizonte erfahren durch die Auswaschung eine Zunahme.

Durch die molekularen Verhältnisse der sorbierten Kationen werden die Beziehungen der einzelnen Basen zueinander deutlich (Tab. 5). In den Zahlen kommt für das Höhenprofil XV in allen Verhältnissen die Kalkung

Tabelle 5: Sorbierte Kationen in % vom T-Wert der n. Feinerde

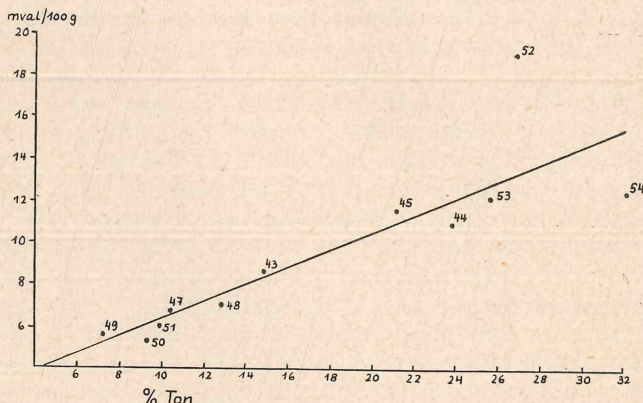
Profil	Nr.	H	Na	K	Ca	Mg	Rest ¹	Mg/Ca ²	K/Ca ²
XV	43	21.95	1.1	7.3	60.4	7.5	+1.85	20.4	6.2
	44	35.4	0.7	1.7	51.15	7.6	+3.45	24.5	1.7
	45	58.2	1.2	1.2	28.8	10.95	—0.35	62.7	2.1
XVI	47	39.65	0.9	5.3	42.4	8.6	+3.15	33.3	6.4
	48	23.1	1.0	2.4	59.1	15.0	—0.6	41.9	2.1
XVII	49	35.95	1.35	5.6	42.7	14.8	—0.4	57.2	6.7
	50	33.5	0.6	2.4	48.1	15.1	+0.3	51.6	2.5
	51	30.9	0.95	2.3	49.9	17.1	—1.15	56.5	2.3
XVIII	52	51.5	0.85	0.4	36.0	11.2	+0.05	50.95	0.6
	53	28.8	1.0	0.6	48.15	21.3	+0.15	72.8	0.6
	54	11.2	0.9	1.2	58.8	27.8	+0.1	77.6	1.1

und eine gleichzeitige Auswaschung zum Ausdruck. Das K/Ca-Verhältnis zeigt im Oberboden den höchsten Wert, der durch eine Kalidüngung bedingt ist. Eine Auslaugung aller Nährstoffe und eine Kalianreicherung im A-Horizont ist im Profil XVI zu erkennen. Im Profil XVII läßt sich aus allen Verhältnissen eine schwache Zufuhr der Nährstoffe feststellen. In dem Profil XVIII deuten die Mg/Ca- und K/Ca-Verhältnisse auf eine Auswaschung hin.

e) Die Sorptionsträger

Der mineralische Sorptionsträger

Von der Voraussetzung ausgehend, daß der Kationenaustausch sich nur an Teilchen unter 0.002 mm vollzieht, wurden in der Darstellung 1 die Tongehalte mit den T-Werten der oxyd. Feinerde verglichen.



Darstellung 1: Abhängigkeit zwischen T-Wert der oxyd. Feinerde und dem Tongehalt

¹) Als Rest wird die Größe bezeichnet, die sich aus der Differenz zwischen dem analytisch gefundenen T-Wert der n. Feinerde und der Summe aller gebundenen Kationen, einschließlich Wasserstoff ergibt.

²) Mg/Ca und K/Ca sind die molekularen Verhältnisse der sorbierten Basen $\times 100$.

Die Abhängigkeit ist linear. Der hohe Sorptionswert der Probe 52 dürfte auf eine ungenügende Zerstörung der organischen Substanz zurückzuführen sein, während der ziemlich niedrige T-Wert der Probe 54 sich durch einen Tonabbau infolge Vergleyung erklären läßt.

Tabelle 6: Gefundene und berechnete T-Werte der oxyd. Feinerde

Profil	Nr.	T-Wert oxyd. Feinerde		Differenz
		gefunden	berechnet ¹⁾	mval
XV	43	8.6	4.8	3.8
	44	11.05	8.0	3.05
	45	11.6	7.0	4.6
XVI	47	6.7	3.3	3.4
	48	7.0	4.1	2.9
XVII	49	5.6	2.7	2.9
	50	5.3	2.7	2.6
	51	6.0	3.6	2.4
XVIII	52	19.1	10.25	8.85
	53	12.2	8.5	3.7
	54	12.6	9.8	2.8

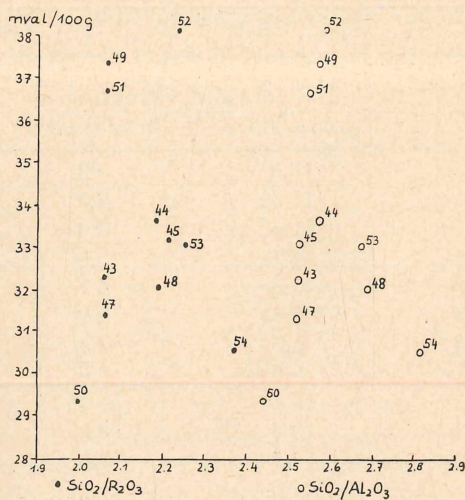
$$^1) \text{ errechn. T-Wert} = \frac{\text{T-Wert je 100 g oxyd. Ton} \times \text{Tongehalt der 2 mm Feine.}}{100}$$

In der Tabelle 6 ist die Sorption der oxyd. Feinerde berechnet und dem gefundenen T-Wert gegenüber gestellt. Dabei wird zunächst festgestellt, daß alle errechneten Werte wesentlich unter dem gefundenen T-Wert liegen. Ein Grund für diese Unterschiede besteht darin, daß bei der Schlämmanalyse eine auf 2 mm gesiebte Feinerde verwendet wird, während die Bestimmung für die T-Werte nach MEHLICH (29) von einem 1 mm gesiebten Boden ausgeht. Je größer der Anteil der Fraktion 1—2 mm ist, umso mehr steigt der Tongehalt in der 1 mm gesiebten Feinerde. Nach Berücksichtigung der Verschiebung des Tongehaltes wird der gefundene T-Wert durch den errechneten noch immer nicht erreicht. Demnach ist die restliche Sorption den Fraktionen größer als 0.002 mm zuzuschreiben, vorausgesetzt, daß alle organische Substanz vollständig oxydiert wurde.

Vergleicht man die Differenz zwischen beiden T-Werten (Tab. 6) mit den Abweichungen in der Darstellung 1, so kann die oben gegebene Erklärung für die Probe 52 durch die hohe Differenz von 8.85 mval und für die Probe 54 durch die geringe Differenz von 2.8 mval bestätigt werden. Denn würde die hohe Sorption der Probe 52 nicht auf der organischen Substanz beruhen, sondern auf den sorptiven Eigenschaften der Tonfraktion, so müßte die Differenz klein sein, wie es in der Probe 54 der Fall ist, wo die Abweichung (Darst. 1) durch den Tonabbau zu erklären ist.

Ein weiteres Mittel zur Charakterisierung der Tontypen ist das molekulare Verhältnis $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$. Auf Grund zahlreicher Analysen besteht eine Beziehung zwischen dem $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ -Verhältnis und dem T-Wert der Tonfraktion, und zwar nimmt mit steigendem $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ -Verhältnis der T-Wert zu. In der Darstellung 2 und der Tabelle 7 wurden diese Verhältnisse mit dem T-Wert der oxyd. Kolloide verglichen. Es zeigt sich, daß die erwartete

Beziehung gilt, wenn auch die Streuung der Werte groß ist. Dies ist z. T. darin begründet, daß bei der Berechnung der Verhältniszahlen freie Kieselsäure (Quarz) und freies Eisenoxyd nicht abgezogen wurden. Es sind ferner



Darstellung 2: Beziehungen zwischen T-Wert oxyd. Ton und den SiO₂/R₂O₃- und den SiO₂/Al₂O₃-Verhältnissen

die molekularen Verhältnisse SiO₂/Al₂O₃ in der Darstellung 2 eingetragen. Ein Vergleich zeigt, daß außer kleinen Abweichungen für beide Molekularverhältnisse die Werte entsprechende Beziehungen aufweisen. Für vier Proben sind die Abweichungen sehr auffallend: die Proben 49, 51 und 52 sind A-Horizonte (bzw. verschütteter A-Horizont 51), bei denen der hohe T-Wert durch unvollkommene Zerstörung der relativ stabilen organischen Substanz zu erklären sein dürfte. Dies wurde für die Probe 52 bereits festgestellt, während es für 49 und 51 aus dem Vergleich zwischen Tongehalt und T-Wert der oxyd. Feinerde weniger deutlich hervorging. Die Abweichung bei Probe 54 wurde bereits durch einen Tonzerfall in dem Gleyhorizont erklärt.

Tabelle 7: Bauschanalysen der Tonfraktion

Profil	Nr.	T-Wert mval/100 g oxyd. Ton	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂
			%	%	%	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	R ₂ O ₃
XV	43	32.3	40.86	27.12	8.89	2.52	11.33	2.06
	44	33.7	43.36	28.38	7.95	2.57	14.40	2.18
	45	33.2	43.73	29.35	6.17	2.52	18.25	2.21
XVI	47	31.4	40.61	27.31	9.37	2.52	11.33	2.06
	48	32.1	41.82	26.96	9.89	2.69	11.67	2.19
XVII	49	37.4	38.70	25.89	9.63	2.56	10.67	2.06
	50	29.4	39.90	27.29	10.00	2.44	11.00	2.00
	51	36.7	39.84	26.31	10.11	2.54	11.00	2.06
XVIII	52	38.2	40.19	26.55	7.14	2.58	16.75	2.23
	53	33.1	43.41	27.23	8.25	2.67	14.40	2.25
	54	30.6	45.57	27.65	7.88	2.81	15.20	2.37

Der organische Sorptionsträger

Bei der Betrachtung des Sorptionsvermögens des Humus muß beachtet werden, daß dieser sich aus sehr unterschiedlichen Stoffen zusammensetzt. So werden alle unverrotteten pflanzlichen Reste bei der Humusbestimmung mit erfaßt, die ein sehr geringes Sorptionsvermögen besitzen. In der Tabelle 8 sind für die Feinerde und für die Kolloide die Humusgehalte angegeben, sowie die T-Werte der organischen Substanz berechnet. Die für die organische Substanz der Feinerde und der Kolloide berechneten T-Werte liegen im allgemeinen in der gleichen Größenordnung und zeigen in einzelnen Fällen sogar gute Übereinstimmung. Mit Rücksicht auf Fehler, die bei

Tabelle 8: Humusgehalte und Sorption der organischen Substanz

Profil	Nr.	Feinerde		Kolloid	
		Humus %	T-Wert mval/100 g org. Subst.	Humus %	T-Wert mval/100 g org. Subst.
XV	43	2.00	183	3.43	236
	44	0.65	300	1.25	278
	45	0.99	422	1.43	315
XVI	47	1.78	133	4.48	130
	48	0.50	158	1.65	302
XVII	49	1.92	171	5.65	102
	50	0.80	236	3.10	257
	51	1.13	217	4.73	32
XVIII	52	4.81	168	6.00	209
	53	1.15	542	1.88	278
	54	0.60	?	0.85	381

der Berechnung der T-Werte, besonders bei sehr niedrigen Humusgehalten entstehen können, dürfen deutlichere Beziehungen nicht erwartet werden. Hierzu sei noch bemerkt, daß die für die organische Substanz errechneten T-Werte im allgemeinen zu niedrig sein müssen. Dies beruht darauf, daß zwar der Gesamtgehalt an organischer Substanz nach der CrO_3 -Methode unter der Voraussetzung eines gleichen durchschnittlichen C-Gehaltes voll erfaßt wird. Viel unvollkommener ist dagegen die Zerstörung der organischen Substanz durch Perhydrol. An dem T-Wert des mineralischen Sorptionsträgers ist also meist unzersetzte, sorptionsfähige organische Substanz beteiligt. Da der T-Wert der organischen Substanz als Differenzwert errechnet wird — unter der Voraussetzung ihrer Zerstörung durch H_2O_2 — so muß dieser umso niedriger ausfallen, je widerstandsfähiger sie gegen Perhydrol ist. In diesem Zusammenhang sind bei den vorliegenden Profilen auftretende Tendenzen bemerkenswert. Durchweg nehmen die errechneten T-Werte mit der Tiefenlage des Horizontes im Profil zu. Dies deutet auf eine mit der Tiefe zunehmende Angreifbarkeit der organischen Substanz durch H_2O_2 . Sie kann erklärt werden durch ihre zunehmend größere Dispersität in tieferen Bodenschichten, das Zurücktreten größerer organischer Bestandteile, weiterhin auch durch die Verminderung des Anteiles angreifbarer Stoffe durch biologischen Abbau.

Tabelle 9 1. Übersichtstabelle zu der Reihe im Unterrotliegend

Profil	Lage*	Nr.	Horizont	Stärke cm	Entnahme- tiefe cm	Humus %	Nährstoffe mg/100 g		Ton % < 0,002 mm	Schluff		Feinsand		Grob- sand % 0,2-2,0 mm	Stein- gehalt 2,0 mm
							P ₂ O ₅	K ₂ O		Fein- % 0,002- 0,006 mm	Grob- % 0,006- 0,02 mm	% 0,02- 0,06 mm	% 0,06- 0,2 mm		
XV	P	43	Ap	0—16	0—16	2,00	10,8	40,0	14,9	9,3	20,2	30,4	17,6	7,6	9,0
		44	Bg ₁	16—50	40—50	0,65	0,2	8,0	23,8	9,6	21,2	27,9	10,9	6,6	25,0
		45	g ₂	50—90	70	0,99	2,0	8,0	21,1	8,9	19,3	27,7	20,8	2,2	6,0
		46	C	90+	95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XVI	MH ₀	47	Ap	0—15	0—15	1,78	5,0	20,0	10,4	6,8	13,9	20,2	36,7	12,0	8,0
		48	BC	15—60	45	0,50	0,2	8,0	12,8	5,3	8,3	11,6	42,9	19,1	61,0
		48 _c	C	60+	70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XVII	HF ₀	49	Ap	0—10	0—10	1,92	8,4	22,0	7,2	6,5	13,4	24,8	38,7	9,4	13,0
		50	B	10—26	20	0,80	0,6	7,0	9,3	6,2	12,9	21,8	39,2	10,6	17,0
		51	BC	26—50	40	1,13	2,8	8,0	9,9	7,0	13,6	22,5	37,5	9,5	72,0
		51 _c	C	50+	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XVIII	HF _S	52	A	0—25	10—20	4,81	1,4	6,0	26,8	12,4	20,4	27,9	11,2	1,3	9,0
		53	BG ₁	25—60	40—50	1,15	0,2	4,0	25,6	16,3	24,6	21,6	7,4	4,5	11,0
		54	G ₂	60+	75	0,60	0,2	8,0	32,1	16,8	21,0	13,6	6,8	9,7	16,0

*) P — Plateau; MH₀ — Mittelhang (Osthang); HF₀ — Hangfuß (Osthang); HF_S — Hangfuß (Südhang)

Tabelle 10

2. Übersichtstabelle zu der Reihe im Unterrotliegend

Nr.	pH KCl	V	Austauschkapazität in mval/100 g						T - Wert			
			B a s e n						oxyd. Feine.	Gesamt- Kolloid	oxyd. Kolloid	
			T-S	Na	K	Ca	Mg	n. Feine.				
43	6.15	78.05	2.70	0.13	0.90	7.43	0.92	— 0.22 12.30	8.64	40.39	32.30	
44	4.3	64.61	4.60	0.09	0.22	6.65	0.99	— 0.45 13.00	11.05	37.20	33.73	
45	3.8	41.77	9.20	0.19	0.19	4.55	1.73	+ 0.06 15.80	11.62	37.75	33.25	
46	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
47	5.2	60.35	3.60	0.08	0.48	3.85	0.78	— 0.29 9.08	6.72	37.20	31.36	
48	5.6	76.86	1.80	0.08	0.19	4.60	1.17	+ 0.06 7.78	6.99	37.13	32.14	
48 _c	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
49	5.5	64.04	3.20	0.12	0.50	3.80	1.32	+ 0.04 8.90	5.62	43.13	37.37	
50	5.5	66.53	2.40	0.04	0.17	3.45	1.08	— 0.03 7.17	5.28	37.37	29.39	
51	5.55	69.08	2.60	0.08	0.19	4.20	1.44	+ 0.10 8.41	5.96	38.24	36.73	
51 _c	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
52	4.25	48.53	14.00	0.23	0.12	9.80	3.05	0.00 27.20	19.13	50.80	38.24	
53	5.25	71.20	5.30	0.19	0.11	8.86	3.92	— 0.02 18.40	12.17	38.32	33.10	
54	6.05	88.79	2.40	0.20	0.26	12.59	5.94	— 0.01 21.40	12.64	33.81	30.57	

Bemerkenswert ist, daß de LEENHEER (27) bei entsprechenden Berechnungen sowohl der Größenordnung wie der Tendenz nach für belgische Polderböden zu ähnlichen Werten kommt. Er erklärt die Zunahme von T_0 mit der Tiefe durch einen höheren Gütegrad des aus Wurzel gebildeten Humus.

B. Reihe im Oberrotliegenden (Standenbühler Stufe)

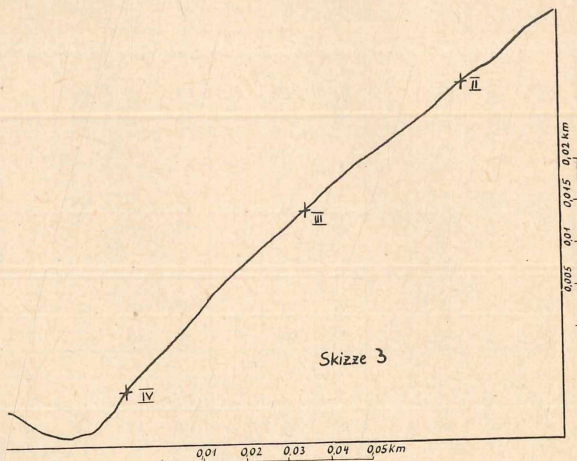
a) Angaben über diese Reihe

Diese Reihe wurde SSW des Hofes Neumühle, südlich Münchweiler auf einem früher beackerten Steilhang (SO-Hang) mit 21 % Gefälle genommen.

Es handelt sich um die Profile:

II	in oberer Hanglage	(300 m über NN)
III	in Mittelhanglage	(290 m über NN)
IV	in oberer Hangfußlage	(280 m über NN)

Da das Plateau oberhalb des Hanges mit einem Gehölz bestanden ist, konnte das Profil II nur in oberer Hanglage genommen werden. Das Profil IV wurde deswegen in oberer Hangfußlage gewählt, weil sich im Hangfuß eine starke Lößbeimengung zeigte. Dies läßt darauf schließen, daß früher der ganze Hang eine Lößauflage trug. Bei dem starken Gefälle ist der Löß relativ stark erodiert worden, da der Hang lange Zeit hindurch Ackerland war. So zeigen hier die Profile noch am besten die Verwitterung eines „reinen“ Oberrotliegenden. Alle Stellen, die in dieser Gegend auf der geologischen Karte als Oberrotliegendes kartiert sind, tragen mehr oder weniger starke Lößauflagen.



Klimatische Daten:

Niederschläge: 500—600 mm
 Temperatur: 8—9° C
 Regenfaktor: 56—75

Profilbeschreibungen:

Profil II:

Buntlehm, unter Wiese

4	A	0—20 cm	rotbrauner Lehm in kantig-krümeliger Struktur; vereinzelte Konglomerate; stark durchwurzelt.
5	(B)C	20—85 cm	ziegelroter, staubschluffiger Ton in kantig-krümeliger Struktur mit vereinzelt Sandsteinfetzen, die fast völlig verwittert sind, durchsetzt. Bis auf 70 cm durchwurzelt; Wurmtätigkeit. Dieser Horizont ist von Arkosebändern durchzogen.
6 _c	C	über 65 cm	dünnschichtig, schiefrig gelagerter, toniger Sandstein.

Profil III:

Buntlehm, unter Wiese

7	A	0—20 cm	rotbrauner, staubschluffiger Lehm in kantig-krümeliger Struktur; lockere Konglomerate; stark durchwurzelt.
8	(B)	20—80 cm	ziegelroter, staubschluffiger Lehm, der vereinzelt mit stark angewitterten Sandsteinbröckchen durchsetzt ist. Dieser Horizont ist bis zu 60 cm durchwurzelt; Wurmtätigkeit bis 70 cm. Er ist von Arkosebändern durchzogen.
8 _c	C	über 80 cm	ziegelroter, schiefrig gelagerter, toniger Sandstein.

Profil IV:

Gleyartiger Buntlehm, unter Wiese

9	A	0—20 cm	rötlichbrauner, staubschluffiger Lehm in kantig-krümeliger Struktur; vereinzelt, schwarze, stecknadelkopfgroße Konkretionen.
10	(B)	20—45 cm	rötlicher Lehm in kantig-krümeliger Struktur; kleine weiße Arkosebröckchen; noch durchwurzelt, in den Wurzelröhrchen schwarze und rostbraune Konkretionen.
11	(B) _g	45—65 cm	ziegelroter, staubschluffiger Lehm in kantiger Struktur; kleine Sandsteinstückchen und verhältnismäßig unverwitterte Arkosebröckchen. Bis etwa 60 cm noch durchwurzelt und Wurmtätigkeit.
12	g	65—80 cm	ziegelroter, staubschluffiger Lehm in kantiger Struktur; etwas stärker als (B)g von Sandsteinen durchsetzt, langsam in ziegelroten, tonigen Sandstein übergehend.
12 _c	C	über 80 cm	

Der Hangfuß fällt unterhalb von Profil IV mit 8% weiter ab (vgl. Skizze 3). Die Senke, in der eine Straße liegt, zieht sich mit einem Gefälle von rund 2% nach Westen an dem Hang entlang.

b) Mechanische Zusammensetzung

Die überwiegend feinkörnige Beschaffenheit des bodenbildenden Gesteins kommt in der mechanischen Zusammensetzung der einzelnen Profile

zum Ausdruck (vgl. Abb. 2). Für das Profil II, unmittelbar am Waldrand, ist hier der schwächste Abtrag zu erwarten, während dieser bei den Profilen III und IV durch stärkere Überströmung der Tagewässer fortgeschrittener sein muß. Infolge des früheren Abtrages steigt wohl für die Oberböden der Gehalt an abschlämbbaren Bodenteilchen vom Oberhang zum Unterhang etwas an. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die Oberböden der Profile III und IV durch das Gefälle von 21 % zur Zeit der Acker-
 nutzung weitgehend abgetragen wurden und der feinkörnigere Unterboden an die Oberfläche gerückt ist. Dafür spricht auch der erhöhte Steingehalt der Proben 7 und 9 (vgl. Abb. 2, Gesamtboden). In Profil II dagegen ist der Oberboden noch weitgehend erhalten geblieben.

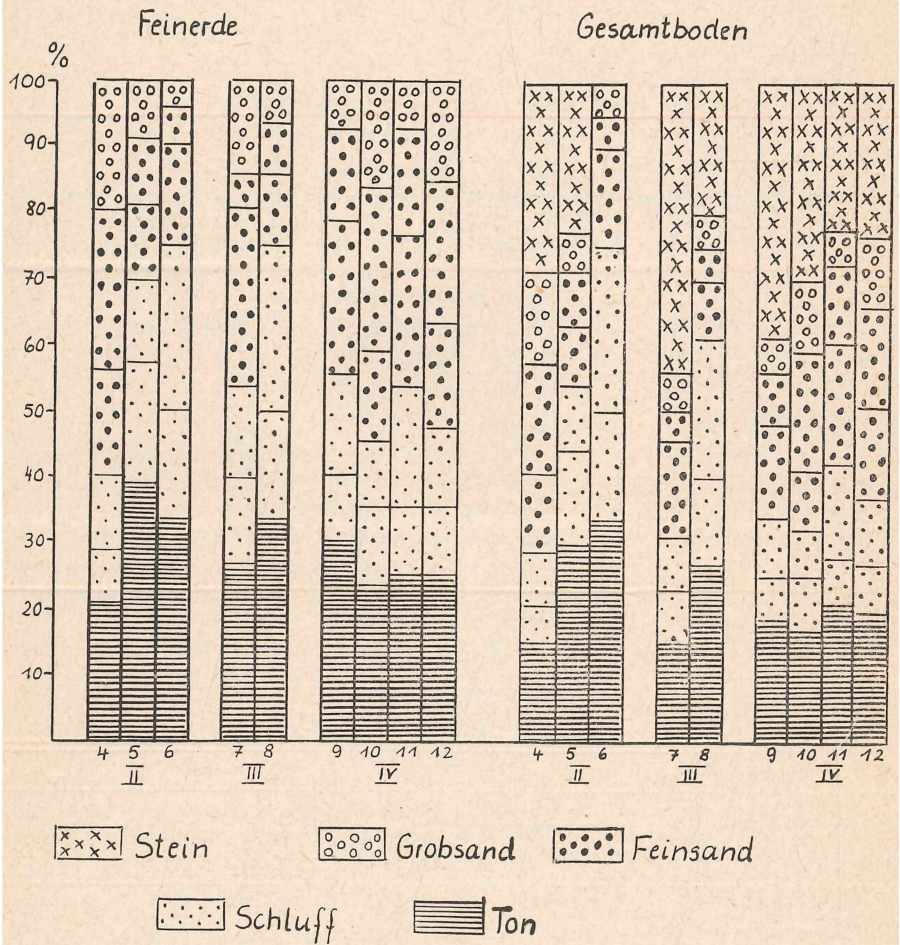


Abbildung 2: Schlammanalysen

c) Humus- und Nährstoffgehalte

Die Humusgehalte sind auf Grund des Grasbestandes in den oberen Horizonten der einzelnen Profile relativ hoch, sie fallen aber in den Unter-

böden stark ab. Die Relativzahlen der Humusgehalte sind in allen Profilen niedrig. Alles deutet auf einen merklichen Bodenabtrag zur Zeit der Nutzung als Acker hin.

Eine Auswertung der Nährstoffzahlen kann hier nur mit größter Vorsicht vorgenommen werden, weil die Verteilung von Mineraldünger auf Grünland recht ungleichmäßig ist. Dies zeigt sich in den starken Schwankungen der P_2O_5 -Werte (vgl. Tab. 11). Bei dem besser beweglichen Kali ist dies nicht in dem Maße der Fall. Die Abnahme der Kali-Werte vom oberen zum unteren Hang spiegelt recht gut das in dieser Richtung zunehmende Ausmaß des Abtrages wieder.

Tabelle 11: Humus- und Nährstoffgehalte

Profil	Nr.	Phosphorsäure			Kali			Humus		Kultur
		mg/ 100 g	Relativ- wert	Zst.	mg/ 100 g	Relativ- wert	Zst.	%	Relativ- wert	
II	4	21.0		I	36.0		I	3.25		Wiese
	5	4.8	22.9	III	10.0	27.8	II	0.34	10.5	
Arkose	6	7.2			9.0			0.06		
III	7	1.3		III	27.0		I	1.99		Wiese
	8	8.6		II	9.0	33.3	III	0.12	6.0	
IV	9	4.5		III	13.0		II	2.37		Wiese
	10	2.6	57.8	III	7.0	53.8	III	0.07	3.0	
	11	0.4	8.9	III	6.0	46.1	III	0.20	8.4	
	12	3.4	75.6	III	11.0	84.1	II	0.03	1.3	

Der hohe P_2O_5 -Wert in der Probe 8 ist wohl auf eine größere Beimengung von Arkose zurückzuführen. Eine Analyse (Probe 6) ergab, daß die Arkose einen relativ hohen Phosphorsäuregehalt hat.

d) Sorption und Basensättigung der n. Feinerde

Die Höhe der Sorptionswerte der n. Feinerde in den oberen Horizonten der einzelnen Profile wird stark von dem Humusgehalt beeinflusst. Die T-Werte der oxyd. Feinerden entsprechen weitgehend ihren Tongehalten. Dies gilt auch für den Anteil der organischen Substanz am T-Wert und den Humusgehalt.

Tabelle 12: Anteil der mineralischen und organischen Komponente am T-Wert der n. Feinerde.

Profil	Nr.	T-Wert		Anteil der org. Substanz am T-Wert d. n. Feinerde	
		n. Feine. mval/100 g	oxyd. Feine. mval/100 g	mval	%
II	4	16.17	8.91	7.26	44.9
	5	16.00	15.11	0.99	6.2
III	7	14.69	11.00	3.69	25.1
	8	16.46	16.09	0.37	2.25
IV	9	15.83	11.35	4.48	28.3
	10	10.38	10.22	0.16	1.5
	11	12.95	11.88	1.07	8.3

Der Sättigungsgrad der n. Feinerde ist in allen Profilen dieser Reihe verhältnismäßig hoch (vgl. Tab. 13). Solche V-Werte können bei einem Boden, der rund 20 Jahre unter Wiese liegt, nur durch intensive Bewirtschaftung erreicht werden. Außerdem dürfte ein großer Teil der Basen durch Nachlieferung aus dem leicht verwitterbaren Ausgangsgestein stammen. Dies deuten die hohen Werte der Proben 5 und 11 an, die beide mit angewitterten Gesteinsresten durchsetzt sind. Eine Ausnahme macht der (B)-Horizont des Profils III (Probe 8) und des Profils IV (Probe 10), worin wohl die Auswirkung der geringeren Tongehalte gegenüber dem Unterboden von Profil II (Probe 5) zum Ausdruck kommt. In allen Profilen besteht eine gute Übereinstimmung zwischen pH-Zahl und Sättigungsgrad.

Tabelle 13: Sättigung der n. Feinerde

Profil	Nr.	T-S	S	T	V	pH in KCl
II	4	2.2	14.0	16.2	86.4	6.35
	5	2.9	13.1	16.0	81.9	5.55
III	7	3.8	10.9	14.7	74.1	5.35
	8	6.0	10.5	16.5	63.6	3.8
IV	9	3.1	12.7	15.8	80.4	5.45
	10	3.4	7.0	10.4	67.3	4.0
	11	2.4	10.55	12.95	81.5	5.2

Die Kationenbelegung (Tab. 14) im einzelnen läßt eine Anreicherung an Calcium und Kalium in den oberen Horizonten durch die Düngung erkennen. Die im Unterboden allgemein beobachtete Zunahme an sorptiv gebundenem Magnesium kann mit der oben erwähnten Basennachlieferung des Gesteins erklärt werden. Auch für die Probe 8 ist dies erkennbar. Der niedrige V-Wert ist hier vor allem durch den geringen Gehalt an sorbiertem Calcium bedingt.

Tabelle 14: Sorbierte Kationen in % vom T-Wert der n. Feinerde

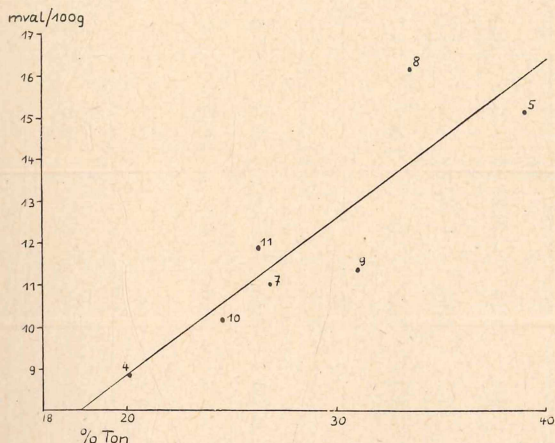
Profil	Nr.	H	Na	K	Ca	Mg	Rest	Mg/Ca	K/Ca
II	4	13.6	0.0	4.5	74.1	8.2	— 0.4	18.2	15.8
	5	18.1	0.4	1.6	66.6	14.0	— 0.7	34.6	1.2
III	7	25.9	0.4	4.15	61.3	8.8	— 0.55	23.7	3.5
	8	36.45	1.5	1.0	44.8	21.1	— 4.85	77.7	1.2
IV	9	19.6	0.25	2.4	70.75	10.2	— 3.2	23.7	1.7
	10	32.75	0.0	1.25	51.8	16.4	— 2.2	52.1	1.2
	11	18.5	0.0	1.2	69.3	12.2	— 1.2	29.0	0.9

In den höheren Werten des K/Ca-Verhältnisses (Tab. 14) für die Oberböden der Profile II und III ist die Wirkung der Düngung sichtbar. Der niedrige Wert in Profil IV ist vielleicht noch eine Nachwirkung des dort besonders großen Bodenabtrages. Die Basennachlieferung ist für die mit Gestein durchsetzten B-Horizonte durch hohe Mg/Ca-Verhältnisse gekennzeichnet.

e) Die Sorptionsträger

Der mineralische Sorptionsträger

Bei dem Vergleich zwischen dem T-Wert je 100 g oxyd. Feinerde mit dem Tongehalt ergibt sich eine recht gute Übereinstimmung (vgl. Darst. 3). Die für alle Werte errechnete Ausgleichsgerade¹⁾ schneidet die Ordinatenachse bei 0.9 mval. Für die stärkeren Abweichungen der Werte von den Proben 8 und 9 lassen sich ohne spezielle Untersuchungen keine begründeten Erklärungen geben.



Darstellung 3: Abhängigkeit zwischen T-Wert der oxyd. Feinerde und dem Tongehalt.

In Tabelle 15 sind die Bauschanalysen der Tonfraktion angeführt. Bei dem Vergleich der molekularen $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ - und $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ -Verhältnisse mit den T-Werten lassen sich recht gute Beziehungen feststellen.

Tabelle 15: Bauschanalysen der Tonfraktion

Profil	Nr.	T-Wert mval/100 g oxyd. Ton	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$
II	4	26.5	44.48	23.78	9.66	3.22	12.33	2.55
	5	21.8	44.13	23.77	10.60	3.17	10.43	2.43
III	7	28.1	42.80	23.79	9.85	3.09	11.83	2.45
	8	26.7	44.27	23.98	9.89	3.08	12.33	2.47
IV	9	29.9	44.48	23.95	9.70	3.22	12.33	2.55
	10	26.5	44.62	25.22	10.41	2.96	10.57	2.31
	11	28.9	44.08	23.95	9.85	3.17	12.17	2.52

Die in Darstellung 4 ermittelten Abhängigkeiten sind praktisch für beide Verhältnisse gleich. Probe 5 weicht stark ab. Dies dürfte durch freie Kieselsäure bedingt sein. Ähnliches kann für die Proben 4 und 8 gelten, wo allerdings die Abweichungen nicht so groß sind.

¹⁾ Berechnet nach dem Verfahren der kleinsten Summen der Fehlerquadrate nach GAUSS.

1. Übersichtstabelle zu der Reihe im Oberrotliegend

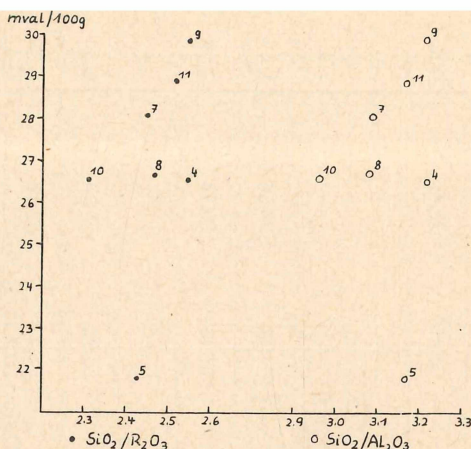
Profil	Lage*	Nr.	Horizont	Stärke cm	Entnahme- tiefe cm	Humus %	Nährstoffe mg/100 g		Ton % < 0,002 mm	Schluff		Feinsand		Grob- sand % 0,2-2,0 mm	Stein- gehalt 2,0 mm
							P ₂ O ₅	K ₂ O		Fein- % 0,002- 0,006 mm	Grob- % 0,006- 0,02 mm	% 0,002- 0,06 mm	% 0,06- 0,2 mm		
II	OH	4	A	0—20	15	3,25	21,0	36,0	21,4	8,2	10,9	16,4	23,6	19,5	30,0
		5	(B)/C	20—85	30	0,34	4,8	10,0	39,0	18,2	13,1	11,2	10,4	8,1	22,0
		6	Arkose	—	—	0,06	7,2	9,0	34,1	16,1	24,9	14,7	5,7	4,5	—
		6 _c	C	85+	90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
III	MH	7	A	0—20	15	1,99	1,3	27,0	26,9	13,5	13,8	27,1	7,5	11,2	44,0
		8	(B)	20—80	60—70	0,12	8,6	9,0	33,6	16,2	26,2	11,5	6,7	5,8	20,0
		8 _c	C	80+	85	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
IV	OHF	9	A	0—20	0—20	2,37	4,5	13,0	31,0	10,2	14,9	22,9	13,0	8,0	40,0
		10	(B)	20—45	30	0,07	2,6	7,0	24,6	11,6	9,8	13,0	25,2	15,8	30,0
		11	(B)g	45—65	50	0,20	0,4	6,0	26,3	9,1	18,2	23,4	14,8	8,2	21,0
		12	g	65—80	65	0,03	3,4	11,0	25,9	9,6	12,0	18,2	20,1	14,2	24,0
		12 _c	C	80+	95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

*OH - Oberhang; MH - Mittelhang; OHF - oberer Hangfuß

Tabelle 18

2. Übersichtstabelle zu der Reihe im Oberrotliegend

Nr.	pH KCl	V	Austauschkapazität in mval/100 g									
			Basen					T - Wert				
			T-S	Na	K	Ca	Mg	n. Feine.	oxyd. Feine.	Gesamt- Kolloid	oxyd. Kolloid	
4	6.35	86.39	2.20	0.00	0.73	11.98	1.32	+0.06 16.17	8.91	31.36	26.54	
5	5.55	81.87	2.90	0.06	0.25	10.66	2.24	+0.11 16.00	15.11	23.40	21.80	
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
6 _c	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
7	5.35	74.13	3.80	0.06	0.61	9.00	1.29	+0.07 14.69	11.00	29.55	28.12	
8	3.8	63.55	6.00	0.25	0.17	7.38	3.48	+0.82 16.46	16.09	26.78	26.70	
8 _c	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
9	5.45	80.42	3.10	0.04	0.38	11.20	1.61	+0.50 15.83	11.35	33.49	29.86	
10	4.0	67.24	3.40	0.00	0.13	5.38	1.70	+0.23 10.38	10.22	28.10	26.50	
11	5.2	81.47	2.40	0.00	0.15	8.98	1.58	+0.16 12.95	11.88	34.37	28.91	
12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
12 _c	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	



Darstellung 4: Beziehungen zwischen T-Wert oxyd. Ton und den $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ - und den $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ -Verhältnissen.

Der organische Sorptionsträger

Die für 100 g organische Substanz errechneten T-Werte für die Kolloide und für die Feinerde liegen im allgemeinen in gleicher Größenordnung und stimmen in einzelnen Fällen ganz gut überein.

Tabelle 16: Humusgehalte und Sorption der organischen Substanz

Profil	Nr.	Feinerde		Kolloid	
		Humus %	T-Wert mval/100 g org. Subst.	Humus %	T-Wert mval/100 g org. Subst.
II	4	3.25	223	3.78	128
	5	0.34	291	0.80	200
III	7	1.99	185	2.40	(60)?
	8	0.12	308	0.95	(8)?
IV	9	2.37	189	3.00	121
	10	0.07	229	0.65	246
	11	0.20	535	0.80	684

Nur im Mittelhangprofil III sind die Werte der Kolloide auf Grund der an anderer Stelle angeführten Fehlerquellen nicht auswertbar. Im übrigen trifft die bei der vorangegangenen Profilvereihe gegebene Darlegung auch hier zu.

C. Reihe im Unteren Buntsandstein (Staufer Stufe)

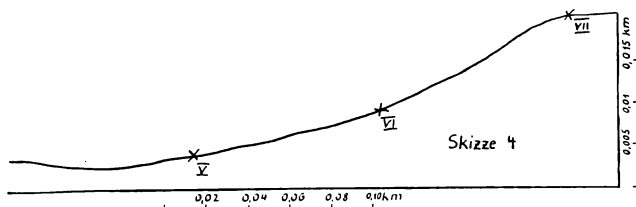
a) Angaben über diese Reihe

Diese Reihe wurde an einem SO-Hang ca. 1 km NNO von Neuheimsbach an der Straße nach Sippersfeld genommen. Es handelt sich um die Profile:

VII	an der Plateaukante	(315 m über NN)
VI	in Mittelhanglage (Hohlhang)	(308 m über NN)
V	in Hangfußlage	(290 m über NN)

Wie aus Skizze 4, die den Profilschnitt des Hanges darstellt, hervorgeht, liegt das Mittelhangprofil VI in einem schwach ausgeprägten Hohlhang. Da

die tiefste Stelle der Senke auch von anderen Einzugsgebieten beeinflusst wird, ist das Profil V in unterer Hangfußlage gewählt worden.



Klimatische Daten:

Niederschläge: 500—600 mm

Temperatur: 8—9° C

Regenfaktor: 56—75

Profilbeschreibungen:

Profil VII:

Braunerde, unter Haferacker

20	Ap	0—25 cm	hellbrauner, schwach steiniger, staubschluffiger Sand in krümeliger Struktur; stark durchwurzelt.
	(B)	25—65 cm	hellbrauner Sand (fast kein Unterschied zwischen A und (B)); auch der Übergang von A nach (B) ist nicht scharf abgegrenzt; Wurmtätigkeit.
21	(B) C	65—80 cm	ziegelroter, kiesiger Sand ohne Struktur; noch schwach durchwurzelt.
21 _c	C	über 80 cm	violett, fester Sand (regellos geschichteter weicher Sandstein).

Profil VI:

Mäßig entwickelte podsolige Braunerde, unter Maisacker

17	Ap	0—20 cm	dunkelbrauner, schwach steiniger, sandiger Lehm in krümeliger Struktur.
18	B ₁	20—40 cm	rötlichbrauner, sandiger Lehm in krümeliger Struktur, noch durchwurzelt.
19	B ₂	40—100 cm	rötlichbrauner (etwas rötlicher als B ₁), sandiger Lehm; vereinzelte, schwarze Konkretionen.
19 _c	C	über 100 cm	violett, regellos geschichteter fester Sand mit weichem Sandstein.

Profil V:

Gleyboden aus dem Alluvium des Unteren Buntsandstein, unter Wiese

13	A	0—15 cm	dunkelbrauner, sandiger Lehm; vereinzelt mit Fe-Flecken durchsetzt; stark durchwurzelt.
14	G ₁	15—35 cm	fahlgrauer, stark rostgefleckter, sandiger Lehm; schwarze kleine Ausscheidungen; gut durchwurzelt.
15	G ₂	35—70 cm	violettgrauer, sandiger Lehm, stärker rostgefleckt als G ₁ , auch hier kleine, stecknadelkopfgroße, schwarze Ausscheidungen; noch durchwurzelt; ziemlich klebrig (Kapillarsaum).
16	G ₃	über 70 cm	dunkelgrauer (bräunlicher), sandiger Lehm; noch durchwurzelt; sehr feucht und klebrig (Reduktionshorizont).

b) Mechanische Zusammensetzung

Charakteristisch für die mechanische Zusammensetzung des Unteren Buntsandstein ist der sehr hohe Anteil der Sandkomponente und der geringe Gehalt an abschlämmbaren Bestandteilen. Das Höhenprofil VII ist relativ flachgründig. Die Flachgründigkeit wird besonders in den Analysen, die auf den Gesamtboden bezogen wurden, beim Vergleich mit den anderen Profilen dieser Reihe sichtbar.

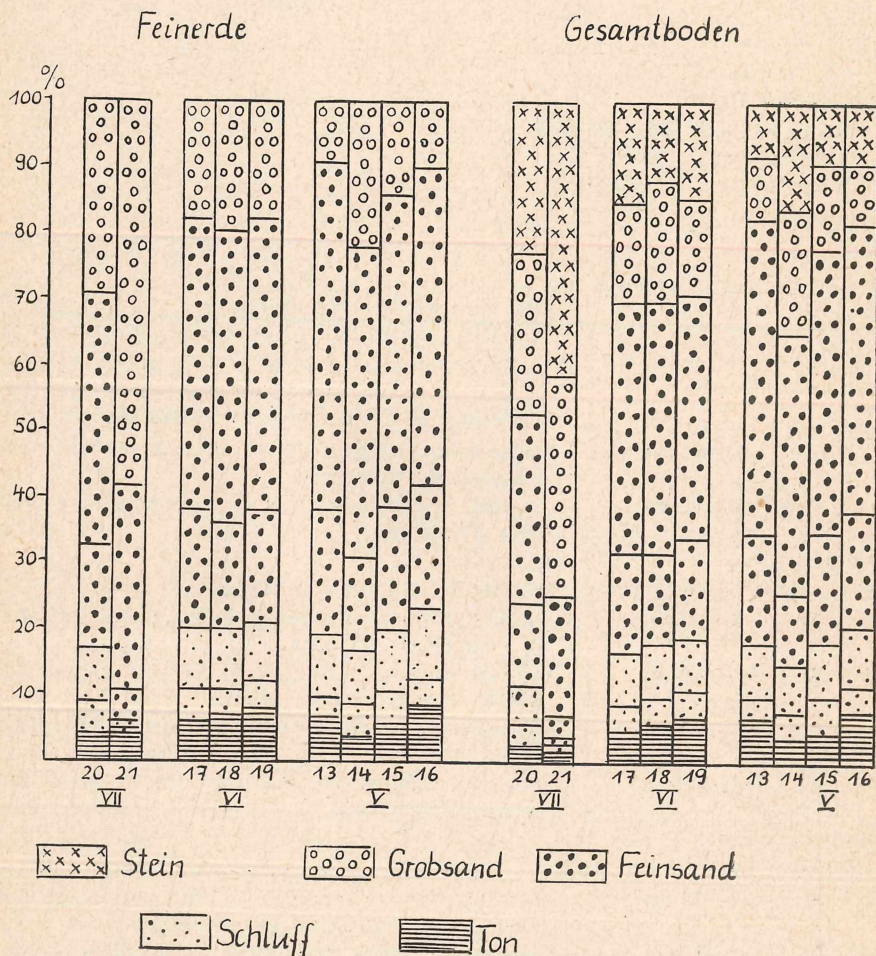


Abbildung 3: Schlämmanalysen

Obwohl der Tongehalt in den beiden Horizonten (20 und 21) bei den Schlämmanalysen der Feinerde gleich ist, sinkt doch im Unterboden die Schluff- und Staubsandkomponente zu Gunsten der Fein- und Grobsandfraktion stark ab, wodurch sich hier schon der Einfluß durch Erosion bemerkbar macht. Die Gleichmäßigkeit der Korngrößenverteilung in allen drei Horizonten des Mittelhangprofiles VI deutet auf eine Zwischenabla-

gerung in dem Hohlhang hin, wobei der leichte Anstieg der Tonkomponente in den tieferen Horizonten den Übergang zum gewachsenen Boden darstellt. Im unteren Hangfuß dagegen ist aus den Analysen eine schwache Anschwemmung zu erkennen, die besonders durch die Zusammensetzung des A-Horizontes (Probe 13) zum Ausdruck kommt.

c) Humus- und Nährstoffgehalte

Der Relativwert des Humusgehaltes im Unterboden des Höhenprofils läßt einen ständigen Abtrag erkennen (vgl. Tab. 19). Im Hohlhang dagegen ist an dem schwächeren Absinken der Humusgehalte im Unterboden das Vorliegen einer Zwischenablagerung unverkennbar. Der sehr hohe Humusgehalt der Probe 16 im Hangfußprofil V läßt auf einen begrabenen A-Horizont schließen. Die niedrigeren Relativwerte der Proben 14 und 15 sind durch den hohen Humusgehalt im Oberboden unter Gras bedingt. Die absoluten Werte liegen merklich höher als in den entsprechenden Horizonten der Profile VI und VII.

Tabelle 19: Humus- und Nährstoffgehalte

Profil	Entnahme- tiefe cm	Nr.	Phosphorsäure		Kali		Humus		Kultur
			mg/100 g	Relativ- wert	mg/100 g	Relativ- wert	%	Relativ- wert	
VII	10—20	20	13.1		15.0		1.47		Hafer
	60—75	21	2.6	19.9	11.0	73.3	0.20	13.6	
VI	0—20	17	5.8		22.0		1.40		Mais
	35	18	0.6	10.3	14.0	63.6	0.57	40.7	
	90	19	0.2	3.5	9.0	40.9	0.32	22.9	
V	0—15	13	0.6		12.0		2.93		Wiese
	20	14	0.2		5.0	41.7	0.78	26.6	
	40	15	0.2		4.0	33.3	0.94	32.1	
	75	16	0.2		8.0	66.7	4.77		

Die Versorgung an Phosphorsäure ist in allen Profilen dieser Reihe sehr schlecht. Der Relativwert der Phosphorsäure im Unterboden des Höhenprofils VII liegt wegen der Entnahmetiefe der Probe 21 sehr niedrig. Auch im Mittelhangprofil sind die Gehalte im Unterboden im Vergleich zur Krume recht gering. Die Phosphorversorgung des unteren Hangfußes ist so schlecht, daß keine Verhältniszahlen aufgestellt werden konnten. Die Relativwerte des Kalis hingegen lassen die Erosionserscheinungen in dieser Reihe noch am besten erkennen.

d) Sorption und Basensättigung der n. Feinerde

Die Sorption der n. Feinerde muß wegen ihres geringen Tongehaltes stark von dem Gehalt an organischer Substanz beeinflusst werden (vgl. Tab. 20). Die T-Werte zeigen gut die Beziehung zu den Humusgehalten der einzelnen Horizonte. Deutlich gibt sich der unterste Horizont des Hangfuß-

Tabelle 20: Anteil der mineralischen und organischen Komponente am T-Wert der n. Feinerde

Profil	Nr.	T-Wert		Anteil der org. Subst. am T-Wert d. n. Feine.	
		n. Feine. mval/100 g	oryd. Feine. mval/100 g	mval	%
VII	20	6.04	3.68	2.36	39.1
	21	3.03	2.84	0.19	6.3
VI	17	6.36	5.03	1.33	20.9
	18	4.87	4.04	0.83	17.1
	19	4.47	4.26	0.21	4.7
V	13	11.76	8.91	2.85	24.2
	14	5.11	3.87	1.24	24.3
	15	4.90	4.41	0.49	10.0
	16	10.79	8.94	1.85	17.2

profiles V als überlagerter A-Horizont zu erkennen. Der Anteil der organischen Substanz an dem Sorptionsvermögen der n. Feinerde erreicht in der Krume des erodierten Höhenprofils VII (Probe 20) fast 40%, liegt aber im Profil VI (Zwischenablagerung) und V (Aufschüttung) entsprechend den größeren Tongehalten niedriger.

Die Basensättigung ist in dieser Reihe im Gegensatz zu den bisher betrachteten Böden sehr klein (vgl. Tab. 21). Dennoch gibt sie im großen und ganzen die Tendenz des Bodenabtrages für die einzelnen Profile dieser Reihe wieder. Das Höhenprofil VII zeigt in der Krume und Unterboden den gleichen V-Wert, während die pH-Zahlen leicht nach der Tiefe hin absinken. Daraus ergibt sich, daß die durch Düngung mit Nährstoffen angereicherte Krume etwas abgetragen wurde, wobei sich die etwas höhere pH-Zahl im Oberboden noch erhalten hat. Das Mittelhangprofil VI zeigt die niedrigste Basensättigung in dieser Reihe. Das Abfallen dieser Werte nach den tieferen Horizonten läßt die Zwischenablagerung erkennen, ähnlich wie sich die Anschwemmung durch die sinkende Sättigung im Hangfußprofil äußert.

Tabelle 21: Sättigung der n. Feinerde

Profil	Nr.	T-S	S	T	V	pH in KCl
VII	20	3.4	2.6	6.0	43.3	5.5
	21	1.7	1.3	3.0	43.3	5.05
VI	17	4.2	2.2	6.4	34.4	4.9
	18	3.4	1.5	4.9	30.6	4.7
	19	3.5	1.0	4.5	22.2	4.3
V	13	5.0	6.8	11.8	57.6	5.7
	14	2.4	2.7	5.1	52.9	5.5
	15	2.6	2.3	4.9	46.9	5.1
	16	6.6	4.2	10.8	38.9	5.0

Wie schon aus den niedrigen V-Werten hervorgeht, ist der Anteil des Wasserstoffs an den sorbierten Kationen sehr hoch (Tab. 22). Sorbierte Na- und Mg-Ionen sind im Höhenprofil und im Mittelhangprofil überhaupt nicht vorhanden. Die Zahlen für das Calcium und Kalium deuten beim

Höhenprofil VII eine Durchwaschung an. Der verhältnismäßig hohe Prozentsatz an gebundenem Calcium im Oberboden des Hangfußprofiles kann

Tabelle 22: Sorbierte Kationen in % vom T-Wert der n. Feinerde

Profil	Nr.	H	Na	K	Ca	Mg	Rest	K/Ca	Mg/Ca
VII	20	56.3	0.2	5.6	35.9	0.0	+2.0	8.0	0.0
	21	56.1	0.0	7.9	45.2	0.0	—9.2	9.0	0.0
VI	17	66.0	0.0	7.9	25.6	0.0	+0.5	15.8	0.0
	18	69.8	0.0	6.2	27.7	0.0	—3.7	11.4	0.0
	19	78.3	0.0	4.0	26.4	0.0	—8.7	7.8	0.0
V	13	42.5	0.85	1.5	42.35	10.7	+2.1	1.85	41.7
	14	47.0	0.8	1.6	31.3	14.7	+4.6	2.6	77.25
	15	53.1	0.8	1.2	24.5	19.0	+1.4	2.6	127.7
	16	61.2	0.5	1.1	24.6	13.0	—0.4	2.3	87.0

mit der Ablagerung in Zusammenhang stehen, wobei die Einwirkungen mineralischer Bodenwässer ebenfalls mitsprechen dürften. Auch die höheren Werte für das Mg-Ion lassen darauf schließen. Der Anteil der sorbierten K-Ionen ist dagegen in diesem Profil durchweg niedrig. In den Werten für K/Ca ist für das Höhenprofil VII eine Auswaschung angedeutet, während beim Mittelhangprofil eine Zufuhr erkennbar ist. In dem Mg/Ca-Verhältnis kommt wieder die Sonderstellung des als verschütteter A-Horizont angesprochenen tiefsten Horizontes (16) von Profil V zum Ausdruck.

e) Die Sorptionsträger

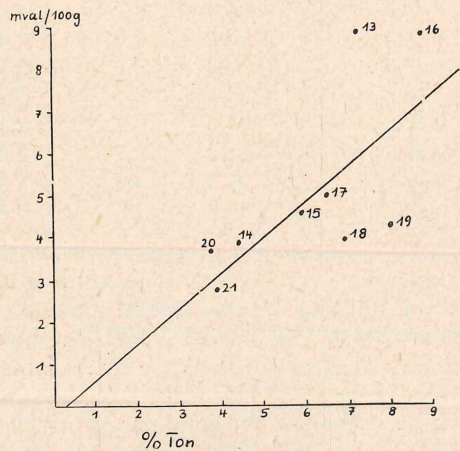
Der mineralische Sorptionsträger

In Darstellung 5 ist die Sorption der oxyd. Feinerde mit den Tongehalten verglichen, wobei sich eine relativ gute Übereinstimmung ermitteln läßt. Nach dieser Darstellung liegen die T-Werte der Proben 18 und 19 im Vergleich zu ihren Tongehalten zu niedrig, während die Verhältnisse bei den Proben 13 und 16 umgekehrt sind. Diese Abweichungen dürften bei den Proben 18 und 19 mit der Zusammensetzung der Tonfraktion zusammenhängen. Für Probe 13 ist es naheliegend, daß der hohe T-Wert durch die unvollkommene Oxydation der organischen Substanz zustande gekommen ist. Bemerkenswert ist die ebenfalls starke Abweichung bei Probe 16. Es

Tabelle 23: Gefundene und berechnete T-Werte der oxyd. Feinerde

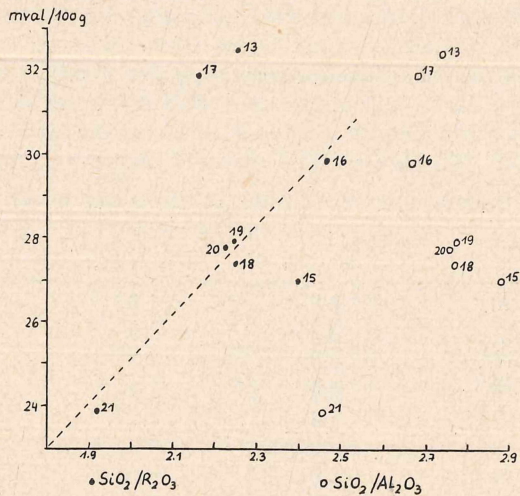
Profil	Nr.	T-Wert oxyd. Feinerde		Differenz mval
		gefunden	berechnet	
VII	20	3.7	1.0	2.7
	21	2.8	0.9	1.9
VI	17	5.0	2.1	2.9
	18	4.0	1.9	2.1
	19	4.3	2.2	2.1
V	13	8.9	2.3	6.6
	14	3.9	n. b.	n. b.
	15	4.4	2.25	2.15
	16	8.9	4.9	4.0

kann angenommen werden, daß auch die organische Substanz dieses verschütteten Oberbodens der Oxydation mehr widersteht. Die Annahmen werden durch die Differenz zwischen gefundenen und berechneten T-Werten bestätigt (Tab. 23). Für die Proben 13 und 16 sind die Unterschiede zwischen beiden Werten mit 6.6 und 4.0 mval am höchsten, während die Differenz für die Proben 18 und 19 niedrig ist.



Darstellung 5: Abhängigkeit zwischen T-Wert der oxyd. Feinerde und dem Tongehalt

In der Tabelle 24 sind die Bauschanalysen der Tonfraktionen angeführt. Der Vergleich der molekularen $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ -Verhältnisse mit dem T-Wert der Tone ergibt ganz gute Beziehungen (vgl. Darst. 6). Die beiden A-Horizonte der Profile VI und V (Probe 17 und 13) weichen dabei stark ab,



Darstellung 6: Beziehungen zwischen T-Wert oxyd. Ton und den $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ - und den $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ -Verhältnissen.

wobei sich die hohen Sorptionswerte durch mangelhafte Zerstörung der organischen Substanz im Ton erklären lassen, während die Unstimmigkeit für Probe 15 wohl durch den Tonzerfall in dem Gleyhorizont bedingt ist. Bei Betrachtung des molekularen $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ -Verhältnisses zeigen sich außer bei der Probe 16, keine wesentlichen Unterschiede gegenüber dem $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ -Verhältnis. Diese Abweichung läßt sich mit Hilfe dieser Untersuchungsmethoden nicht klären.

Tabelle 24: Bauschanalysen der Tonfraktion

Profil	Nr.	T-Wert mval/100 g oxyd. Ton	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$
VII	20	27.8	41.53	25.67	9.06	2.76	11.50	2.23
	21	23.9	41.31	28.18	12.28	2.46	8.62	1.92
VI	17	31.9	40.29	25.45	9.62	2.68	11.17	2.16
	18	27.4	43.48	26.04	9.34	2.77	12.00	2.25
	19	27.9	43.53	26.49	9.65	2.77	12.00	2.25
V	13	32.55	38.18	23.03	8.51	2.74	12.60	2.25
	14	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
	15	27.05	42.98	25.87	7.71	2.88	14.00	2.40
	16	29.9	38.34	24.37	3.82	2.67	32.00	2.46

Der organische Sorptionsträger

Die errechneten T-Werte für die organische Substanz der Feinerde und der Kolloide zeigen hier ganz eigentümliche Verhältnisse (Tab. 25). Der Größenordnung nach klaffen sie zwischen Feinerde und Tonkolloiden weit auseinander. Die besonders geringen Werte für die organische Substanz der Feinerde deuten eine sehr geringe Zersetzbarkeit durch H_2O_2 an. Dies kann durch den rohhumusartigen Charakter der organischen Substanz erklärt werden, die bei dem niedrigen Tongehalt der Böden nur zum geringen Teil mit diesen zu mineral-organischen Kolloiden vereinigt sein dürften. In den

Tabelle 25: Humusgehalte und Sorption der organischen Substanz

Profil	Nr.	Feinerde		Kolloid	
		Humus %	T-Wert mval/100 g org. Subst.	Humus %	T-Wert mval/100 g org. Subst.
VII	20	1.47	160.5	5.78	336.8
	21	0.20	95.0	0.95	349.5
VI	17	1.40	95.0	5.75	269.2
	18	0.57	145.6	3.35	255.2
	19	0.32	65.6	1.68	363.1
V	13	2.93	97.3	8.60	245.2
	14	0.78	n. b.	n. b.	n. b.
	15	0.94	52.1	5.45	203.1
	16	4.77	38.8	12.70	209.7

Kolloiden sind vor allem die hoch dispersen organischen Stoffe vertreten, die dementsprechend von Perhydrol angegriffen werden. So liegen die errechneten T-Werte hier wieder in der bisher beobachteten Größenordnung. Bemerkenswert ist der niedrige T-Wert, der sich für die organische Substanz des Kolloids des verschütteten A-Horizontes (Probe 16) ergibt. Darin ist das Vorliegen stabiler Humusformen angedeutet.

Tabelle 26 1. Übersichtstabelle zu der Reihe im Unteren Buntsandstein

Profil	Lage*	Nr.	Hori- zont	Stärke cm	Ent- nahme- tiefe cm	Humus %	Nährstoffe mg/100 g		Ton % < 0,002 mm	Schluff		Feinsand		Grob- sand % 0,2-2,0 mm	Stein- gehalt 2,0 mm
							P 2 O 5	K 2 O		Fein- % 0,002- 0,006 mm	Grob- % 0,006- 0,02 mm	% 0,02- 0,06 mm	% 0,06- 0,2 mm		
XII	PK	20	A _p (B)	0—25 25—65	10—20	1.47	13.1	15.0	3.7	3.7	7.6	15.9	37.8	31.3	24.0
		21	(B)C	65—80	60—75	0.20	2.6	11.0	3.9	1.2	1.4	5.1	31.4	57.3	41.0
		21 _c	C	80+	85	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
VI	MH	17	A _p	0—20	0—20	1.40	5.8	22.0	6.5	4.8	9.3	17.8	44.1	17.5	15.0
		18	B ₁	20—40	35	0.57	0.6	14.0	6.9	4.4	9.2	16.1	43.4	20.0	12.0
		19	B ₂	40—100	90	0.32	0.2	9.0	8.0	4.3	8.8	17.3	43.6	18.0	14.0
		19 _c	C	100+	110	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
V	UHF	13	A	0—15	0—15	2.93	0.6	12.0	7.2	3.1	9.0	18.7	52.6	9.4	8.0
		14	G ₁	15—35	20	0.78	0.2	5.0	4.4	4.4	8.1	13.6	46.9	22.6	17.0
		15	G ₂	35—70	40	0.94	0.2	4.0	5.9	5.3	9.0	18.9	47.1	13.8	8.0
		16	G ₃	70+	75	4.77	0.2	8.0	8.7	4.4	10.2	18.6	47.9	10.2	9.0

*PK - Plateaukante; MH - Mittelhang; UHF - unterer Hangfuß

Tabelle 27 2. Übersichtstabelle zu der Reihe im Unteren Buntsandstein

Nr.	pH KCl	V	T-S	Basen				T - Wert			
				Na	K	Ca	Mg	n. Feine.	oxyd. Feine.	Gesamt- Kolloid	oxyd. Kolloid
20	5.5	43.71	3.40	0.01	0.34	2.17	0.00	— 0.12 6.04	3.68	47.28	27.81
21	5.05	43.89	1.70	0.00	0.24	1.37	0.00	+ 0.28 3.03	2.84	27.26	23.94
21 _c	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17	4.9	33.96	4.20	0.00	0.50	1.63	0.00	— 0.03 6.36	5.03	47.40	31.92
18	4.7	30.18	3.40	0.00	0.30	1.35	0.00	+ 0.18 4.87	4.04	35.96	27.41
19	4.3	21.70	3.50	0.00	0.18	1.18	0.00	+ 0.39 4.47	4.26	33.99	27.89
19 _c	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13	5.7	57.48	5.00	0.10	0.18	4.98	1.26	— 0.24 11.76	8.91	53.64	32.55
14	5.5	53.03	2.40	0.04	0.08	1.60	0.75	— 0.24 5.11	3.87	—	—
15	5.1	46.94	2.60	0.04	0.06	1.20	0.93	— 0.07 4.90	4.41	38.12	27.05
16	5.0	38.83	6.60	0.05	0.12	2.65	1.40	+ 0.03 10.79	8.94	56.57	29.94

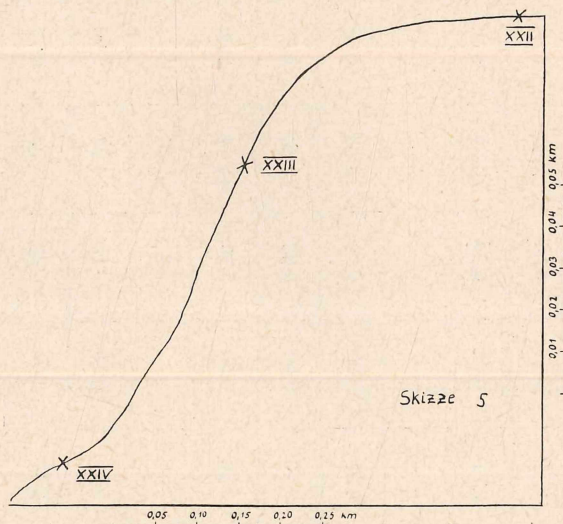
D. Reihe im Oberen Buntsandstein (Voltziensandstein)

a) Angaben über diese Reihe

Diese Reihe wurde vom Ziegelkopf etwa 1 km südlich Queidersbach nach SO zum Hüttenberg genommen. Beide Berge sind aus Voltziensandstein. Legt man vom Ziegelkopf oder Hüttenberg die Reihe nach einer anderen Himmelsrichtung, so stößt man in Hangfußlage oder an anderen Stellen in der Mittelhanglage auf die Zwischenschicht des Oberen Buntsandstein, die den Voltziensandstein umsäumt. Es handelt sich um die Profile:

XXII	auf dem Plateau	(315 m über NN)
XXIII	in Mittelhanglage	(308 m über NN)
XXIV	in unterer Hanglage	(290 m über NN)

Wie aus dem Profilschnitt (Skizze 5) hervorgeht, liegt diese Reihe an einem Steilhang, der stellenweise ein Gefälle von 27% zeigt. Da im Hangfuß bereits die Zwischenschicht des Buntsandstein gefunden wurde, erfolgte die Entnahme des Profils XXIV in unterer Hanglage.



Klimatische Daten:

Niederschläge:	700—800 mm
Temperatur:	8—9° C
Regenfaktor:	78—100

Profilbeschreibungen:

Profil XXII:

Podsolige Braunerde (schwach gleyartig), unter Wiese

65	A ₁	0— 13 cm	dunkelbrauner, sandiger Lehm in krümeliger Struktur; rege biologische Tätigkeit (Ameisen und Regenwürmer).
----	----------------	----------	--

66	A ₂	13— 45 cm	hellbrauner, sandiger Lehm in krümeliger Struktur; bis zu 40 cm gut durchwurzelt und Wurmtätigkeit.
67	(B)	45— 85 cm	rotbrauner, sandiger Lehm in kantig-krümeliger Struktur; vereinzelte Fe-Konkretionen; bis zu 65 cm schwach durchwurzelt; vereinzelte, angewitterte Buntsandsteinbröckchen.
68	BC _(g)	85—100 cm	violettroter, sandiger Lehm in kantiger Struktur. In diesem Horizont sind mehr Sandsteinbrocken zu finden als in (B). Hier sind Verdichtungserscheinungen zu erkennen.
69	C	über 100 cm	toniger Sandstein.

Profil XXIII:

Braunerde, unter Kartoffelacker

70	A _p	0—13 cm	rotbrauner, sandiger Lehm in krümeliger Struktur; gute Bewurzelung und Regenwurmtätigkeit.
71	(B)	13—56 cm	rotbrauner, sandiger Lehm in krümeliger Struktur; vereinzelte kleine Fe-Ausscheidungen; bis zu 40 cm gut durchwurzelt.
72	C	über 56 cm	toniger Sandstein (etwas weniger tonig als im Plateau).

Profil XXIV:

Leicht podsolige Braunerde, unter Wiese

73	A ₁	0—17 cm	rötlichbrauner, sandiger Lehm in krümeliger Struktur; allmählicher Übergang in (B).
	A ₂	17—30 cm	
74	(B)	30—70 cm	rötlichbrauner, etwas heller als A ₁ und A ₂ , sandiger Lehm in krümeliger Struktur; stecknadelkopfgroße Fe-Konkretionen; noch durchwurzelt; vereinzelte Sandsteinbröckchen.
75	BC	über 70 cm	ziegelroter, mit runden Sandsteinbröckchen durchsetzter, sandiger Lehm in krümeliger Struktur. Allmählicher Übergang nach C.

b) Mechanische Zusammensetzung

Wie im Unteren Buntsandstein zeichnen sich die Verwitterungsböden des Voltziensandstein durch den hohen Anteil der Sandkomponente in ihrer Korngrößenzusammensetzung aus. Allerdings sind die Tongehalte auf Grund des tonigen Ausgangsmaterials etwas höher. Die mechanische Zusammensetzung des Plateauprofiles XXII ist in den obersten Horizonten (Proben 65 und 66) weitgehend ausgeglichen (vgl. Abb. 4). Ab 45 cm Tiefe verdoppelt sich der Tongehalt, wodurch gleyartige Erscheinungen in diesem Profil bedingt sind. Der höhere Tonanteil stammt in diesen Horizonten aus dem Gestein. Die Flachgründigkeit des Mittelhangprofils XXIII läßt den Einfluß der Erosion in dieser Lage erkennen. Auch die Tongehalte sind um die Hälfte geringer als im Profil XXII. Sie verschieben sich zu Gunsten der Feinsandkomponente. Das Profil XXIV am Unterhang liegt,

wie aus der Skizze 5 hervorgeht, auf einer Bodenschwelle. Die Fließgeschwindigkeit des Wassers wird hier bei starken Regenfällen oder bei der

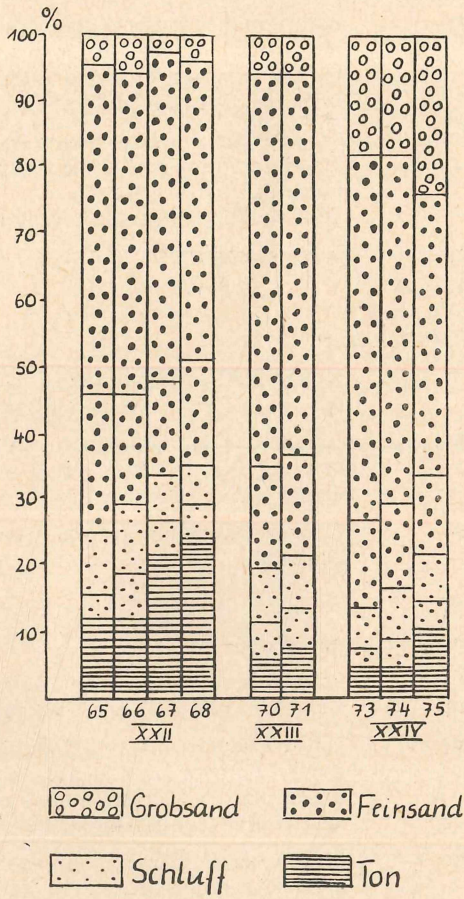


Abbildung 4: Schlamm-analyse der n. Feinerde

Schneeschnelze verringert. Auf diese Weise werden die gröberen Bestandteile abgelagert, wobei jedoch die feineren Bodenteilchen weiter nach der Senke verfrachtet werden. Dies läßt sich deutlich durch die Schlamm-analysen verfolgen. Die Tongehalte sind wie im Mittelhangprofil sehr niedrig, während der Anteil am Grobsand bis zu 24% ansteigt.

c) Humus- und Nährstoffgehalte

Bei der Auswertung der Humus- und Nährstoffgehalte ist in dieser Reihe die Kulturart der einzelnen Profile zu berücksichtigen. Das Plateau- und das Unterhangprofil liegen beide unter Wiese, während der Mittelhang mit Kartoffeln bestanden ist. Dies erschwert hier einen Vergleich im Hinblick auf den Bodenabtrag. Immerhin zeigen die Humusgehalte der Krume den Einfluß des Bodenabtrages an.

Tabelle 28: Humus- und Nährstoffgehalte

Profil	Nr.	Phosphorsäure			Kali			Humus		Kultur
		mg/100 g	Relativwert	Zst.	mg/100 g	Relativwert	Zst.	%	Relativwert	
XXII	65	3.6		III	4.0		III	2.95		Wiese
	66	0.6	16.7	III	2.0	50.0	III	1.60	54.2	
	67	0.2		III	4.0		III	0.49	16.6	
	68	0.2		III	6.0		III	0.46	15.6	
XXIII	70	3.4		III	9.0		III	1.95		Kartoffel
	71	0.8	23.5	III	7.0	77.8	III	1.12	57.4	
XXIV	73	4.2		III	2.0		III	2.00		Wiese
	74	0.4	9.5	III	2.0		III	1.08	54.0	
	75	0.2		III	2.0		III	0.45	22.5	

Der Wert ist im Höhenprofil XXII unter Wiese am höchsten. Die einander sehr ähnlichen Werte bei den Profilen XXIII und XXIV deuten den Bodenabtrag bzw. die Überspülung an. Die Relativzahlen der Humusgehalte der Unterböden sind für alle Profile praktisch gleich (vgl. Tab. 28).

Die Nährstoffversorgung ist sowohl für die Phosphorsäure, als auch für Kali in allen Profilen sehr schlecht. Bei der Geringfügigkeit der Werte und der verschiedenartigen Nutzung der Flächen können keine deutlichen Beziehungen zwischen den pflanzenaufnehmbaren Nährstoffen und der Erosion erwartet werden.

d) Sorption und Basensättigung der n. Feinerde

Die Sorption der n. Feinerde wird, wie aus der Tabelle 29 zu entnehmen ist, ziemlich stark von dem Humusgehalt der einzelnen Horizonte beeinflusst. Besonders wird dies durch den prozentualen Anteil der organischen Substanz am T-Wert der n. Feinerde wiedergegeben, der sich wie die dazugehörigen Humusgehalte verhält. In den Werten für die Sorption der oxyd. Feinerde kommt der Unterschied im Tongehalt zwischen dem Plateauprofil und den beiden Hangprofilen deutlich zum Ausdruck.

Tabelle 29: Anteil der mineralischen und organischen Komponente am T-Wert der n. Feinerde

Profil	Nr.	T-Wert		Anteil der org. Subst. am T-Wert d. n. Feine.	
		n. Feine. mval/100 g	oxyd. Feine. mval/100 g	mval	%
XXII	65	11.53	8.26	3.27	28.4
	66	8.39	7.43	0.96	11.4
	67	7.25	7.04	0.21	2.9
	68	8.53	8.37	0.16	1.9
XXIII	70	7.42	4.98	2.44	32.9
	71	5.49	4.25	1.24	22.6
XXIV	73	7.74	4.36	3.38	43.7
	74	4.82	3.95	0.87	18.05
	75	5.13	4.67	0.46	9.0

Vergleicht man in Tabelle 30 die Basensättigung in den einzelnen Profilen mit den pH-Zahlen, so kann mit einer Ausnahme (Probe 75) eine gute Übereinstimmung festgestellt werden.

Die verhältnismäßig niedrigen V-Werte weisen schon darauf hin, daß ein großer Teil der sorbierenden Oberfläche mit H-Ionen belegt ist. So zeigt die Tabelle 31, daß etwa 50 bis 90% des T-Wertes von Wasserstoff eingenommen wird. Das Ca-Ion verhält sich gerade umgekehrt wie das Wasserstoffion. Die übrigen Basen haben im Plateauprofil praktisch keine

Tabelle 30: Sättigung der n. Feinerde

Profil	Nr.	T-S	S	T	V	pH in KCl
XXII	65	5.4	6.1	11.5	53.0	5.7
	66	5.5	2.9	8.4	34.5	4.9
	67	6.4	0.85	7.25	11.7	4.2
	68	7.5	1.0	8.5	11.8	4.2
XXIII	70	5.6	1.8	7.4	24.3	4.7
	71	4.4	1.1	5.5	20.0	4.5
XXIV	73	3.3	4.4	7.7	57.1	5.6
	74	3.2	1.6	4.8	33.3	5.2
	75	2.8	2.3	5.1	45.1	5.0

Bedeutung. Die deutliche Zunahme des Ca-Gehaltes im Oberboden dürfte auf Kalkung zurückzuführen sein, wahrscheinlich bei früherer Nutzung als Acker. Im Mittelhangprofil XXIII ist an der Oberfläche eine leichte Anreicherung an Kalium und Magnesium durch Düngung zu beobachten. Auffallend ist im Profil XXIV die relativ hohe Beteiligung des sorbierten Mg-Ions. Die einwertigen Ionen spielen in dieser Reihe eine sehr untergeordnete Rolle und sollen daher nicht weiter besprochen werden.

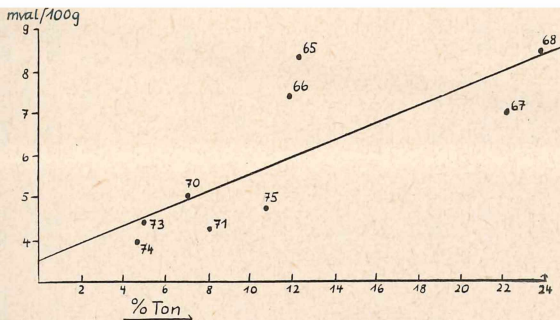
Tabelle 31: Sorbierte Kationen in % vom T-Wert der n. Feinerde

Profil	Nr.	H	Na	K	Ca	Mg	Rest
XXII	65	46.8	0.1	0.5	49.3	2.6	+0.7
	66	65.55	0.0	1.55	35.4	0.0	—2.5
	67	88.3	0.0	0.7	13.4	0.0	—2.4
	68	87.9	0.0	1.2	12.5	0.7	—2.3
XXIII	70	75.5	0.0	2.4	22.4	4.45	—4.75
	71	80.15	0.0	1.8	20.0	1.6	—3.55
XXIV	73	42.6	0.5	0.1	42.1	12.8	+1.9
	74	66.4	0.0	0.0	29.5	4.6	—0.05
	75	54.6	1.0	1.0	35.7	8.2	—0.5

e) Die Sorptionsträger

Der mineralische Sorptionsträger

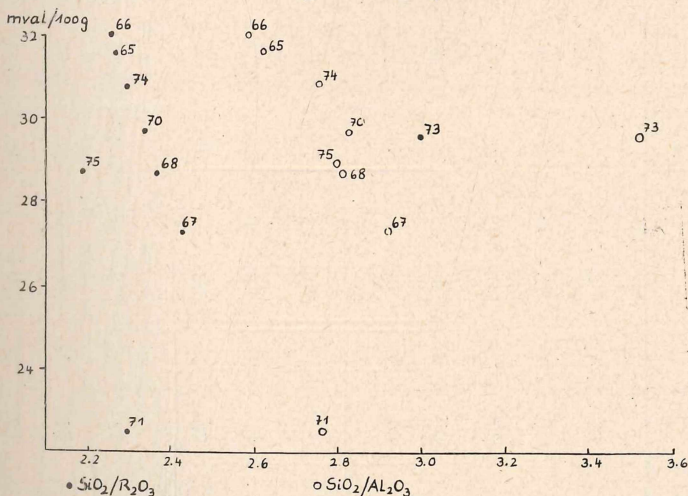
Bei dem Vergleich zwischen T-Wert je 100 g oxyd. Feinerde mit dem jeweiligen Tongehalt läßt sich eine relativ gute Übereinstimmung erkennen (vgl. Darst. 7). Die errechnete Ausgleichsgerade dieser Werte schneidet die Ordinatenachse bei 3.5 mval. Diese Sorption liegt für 0% Ton etwas hoch und wird wesentlich von den stark herausfallenden Werten der Proben 65 und 66 bestimmt. Es handelt sich bei diesen Proben um den A₁-bzw. A₂-Horizont des Plateauprofiles. Die hohen T-Werte dieser Horizonte sind durch ungenügende Oxydation der organischen Bestandteile zu erklären.



Darstellung 7: Abhängigkeit zwischen T-Wert der oxyd. Feinerde und dem Tongehalt

Diese Beziehungen zwischen Tongehalt und T-Wert der oxyd. Feinerde werden auch durch die Sorption der Tonfraktion nicht wesentlich verändert, obwohl diese Werte ziemliche Unterschiede für die einzelnen Horizonte aufweisen (vgl. Tab. 32), werden sie durch den Tongehalt weitgehend ausgeglichen.

Eine klare Abhängigkeit zwischen der Sorption und dem molekularen $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ -Verhältnis besteht hier nicht. Fast deutet sich eine Umkehrung der üblichen Beziehung an, d. h. der T-Wert nimmt mit steigendem $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ -Verhältnis ab (vgl. Darst. 8). Da es sich hier um Gesamtanalysen handelt, also weder die freie Kieselsäure noch das freie Eisenoxyd berücksichtigt wurden, soll versucht werden, an Hand der einzelnen molukularen Verhältnisse diese Beziehungen zu deuten. Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß dabei nur Vermutungen ausgesprochen werden können. Die



Darstellung 8: Beziehungen zwischen T-Wert oxyd. Ton und den $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ - und den $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ -Verhältnissen.

Abweichungen der Proben 75, 73 und 71 in der Darstellung 8 lassen erkennen, daß in der Probe 75 der Eisengehalt und in den Proben 73 und 71 der Kieselsäuregehalt die Unstimmigkeiten hervorrufen. Nach Ausschalt-

Tabelle 34

1. Übersichtstabelle zu der Reihe im Oberen Buntsandstein

Profil	Lage*	Nr.	Hori- zont	Stärke cm	Ent- nahme- tiefe cm	Humus %	Nährstoffe mg/100 g			Ton % ＜ 0,002 mm	Schluff		Feinsand		Grob- sand % 0.2-2.0 mm	Stein- gehalt 2.0 mm
							P ₂ O ₅	K ₂ O			Fein- % 0.006- 0.006 mm	Grob- % 0.006- 0.02 mm	% 0.02- 0.06 mm	% 0.06- 0.2 mm		
XXII	P	65	A ₁	0—13	5—15	2.95	3.6	4.0	12.4	4.4	8.9	21.4	48.4	4.5	7.0	
		66	A ₂	13—45	30	1.60	0.6	2.0	11.9	6.7	10.3	17.4	47.7	6.0	3.0	
		67	(B)	45—85	60	0.49	0.2	4.0	22.3	5.5	7.0	13.7	48.9	2.6	8.0	
		68	BC(g)	85—100	95	0.46	0.2	6.0	23.9	5.5	5.5	15.6	45.6	3.9	38.0	
		69	C	100+	110	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
XXIII	MH	70	A _p	0—13	5—10	1.95	3.4	9.0	7.1	5.7	8.3	14.9	58.2	5.8	8.0	
		71	(B)	13—56	25	1.12	0.8	7.0	8.1	5.7	8.3	15.0	57.4	5.5	5.0	
		72	C	56+	70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
XXIV	UH	73	A ₁ A ₂ }	0—30	15—25	2.00	4.2	2.0	5.0	2.9	6.0	13.3	54.8	18.0	6.0	
		74	(B)	30—70	50	1.08	0.4	2.0	4.7	4.2	7.7	12.6	52.0	18.8	7.0	
		75	BC	70+	95	0.45	0.2	2.0	10.9	4.3	7.5	11.8	42.4	23.1	29.0	

* P - Plateau; MH - Mittelhang; UH - Unterhang

Tabelle 35

2. Übersichtstabelle zu der Reihe im Oberen Buntsandstein

Nr.	pH KCl	Austauschkapazität in mval/100 g									
		V	T-S	Basen				T - Wert			
				Na	K	Ca	Mg	n. Feine.	oxyd. Feine.	Gesamt- Kolloid	oxyd. Kolloid
65	5.7	53.17	5.40	0.01	0.06	5.68	0.30	—0.08 11.53	8.26	49.30	31.60
66	4.9	34.45	5.50	0.00	0.13	2.97	0.00	+ 0.21 8.39	7.43	41.08	32.00
67	4.2	11.72	6.40	0.00	0.05	0.97	0.00	+ 0.17 7.25	7.04	28.48	27.33
68	4.2	12.07	7.50	0.00	0.10	1.07	0.06	+ 0.20 8.53	8.37	28.76	28.68
69	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
70	4.7	24.53	5.60	0.00	0.18	1.66	0.33	+ 0.35 7.42	4.98	46.73	29.70
71	4.5	19.85	4.40	0.00	0.10	1.10	0.09	+ 0.20 5.49	4.25	41.48	22.51
72	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
73	5.6	57.36	3.30	0.04	0.01	3.26	0.99	—0.14 7.74	4.36	61.38	29.55
74	5.2	33.61	3.20	0.00	0.00	1.40	0.22	0.00 4.82	3.95	46.22	30.81
75	5.0	45.40	2.80	0.05	0.05	1.83	0.42	+ 0.02 5.13	4.67	32.15	28.83

tung des Eisens in dem $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ -Verhältnis ordnet sich die Probe 75 besser ein, während in den Proben 73 und 71 der zu hohe Kieselsäuregehalt in dem großen $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ -Verhältnis zum Ausdruck kommt.

Aus den Zahlen der Tabelle 32 läßt sich die Verlagerung des Eisens in den einzelnen Profilen erkennen. So handelt es sich bei den Proben 74 und 75 um einen (B)- bzw. BC-Horizont einer podsoligen Braunerde (Profil XXIV). Im Mittelhangprofil XXIII kann man nach dem relativ hohen Eisen-gehalt im Ap- bzw. (B)-Horizont auf eine ehemalige, podsolige Braunerde schließen, die durch Bodenabtrag den A-Horizont eingebüßt hat. Auch in dem Plateauprofil XXII ist eine Eisenverlagerung vorhanden. Die höheren T-Werte der Tonfraktion im A-Horizont (Proben 65 und 66) deuten darauf hin, daß bei mäßiger Ausprägung der Podsolierung wohl ein Teil des Eisens abgewandert ist, dagegen ein merklicher Zerfall der Mineralkolloide noch nicht vorliegt.

Tabelle 32: Bauschanalysen der Tonfraktion

Profil	Nr.	T-Wert mval/100 g oxyd. Ton	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$
XXII	65	31.6	41.01	26.46	6.68	2.62	17.00	2.27
	66	32.0	42.17	27.07	6.72	2.59	17.50	2.26
	67	27.3	43.59	25.13	8.75	2.92	14.60	2.43
	68	28.7	45.82	27.34	8.19	2.81	15.20	2.37
XXIII	70	29.7	40.59	24.58	7.99	2.83	13.60	2.34
	71	22.5	41.48	25.91	8.03	2.76	13.80	2.30
XXIV	73	29.55	48.71	23.72	6.80	3.52	20.25	3.00
	74	30.8	41.36	25.44	8.15	2.76	13.80	2.30
	75	28.8	41.86	25.01	11.05	2.80	10.00	2.19

Der organische Sorptionsträger

Die Berechnung der T-Werte der organischen Substanz (vgl. Tab. 33) ergibt das gleiche Bild wie bei der vorangehenden Profilverihe. Die T-Werte der organischen Substanz für die Feinerde liegen durchweg wesentlich niedriger, als die der Kolloide. Die Erklärung der in diesen beiden Profilverihen festgestellten Besonderheiten ist wahrscheinlich in der gleichen Richtung zu suchen. Da diese in allen anderen Böden nicht vorliegen, dürfte der Zusammenhang mit der Humusform in diesen basen- und ton-armen Böden erwiesen sein.

Tabelle 33: Humusgehalte und Sorption der organischen Substanz

Profil	Nr.	Feinerde	T-Wert mval/100 g org. Subst.	Kolloid	T-Wert mval/100 g org. Subst.
		Humus %		Humus %	
XXII	65	2.95	110.9	7.30	251.8
	66	1.60	60.0	4.40	206.4
	67	0.49	42.9	0.82	140.2
	68	0.46	34.8	0.58	10.3
XXIII	70	1.95	125.1	7.00	243.3
	71	1.12	110.7	4.73	401.1
XXIV	73	2.00	169.0	8.68	366.7
	74	1.08	80.5	5.88	262.1
	75	0.45	102.2	1.40	237.1

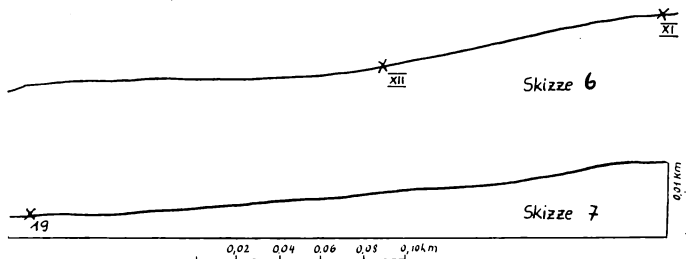
E. Reihe im Quartär (Löß)

a) Angaben über diese Reihe

Diese Reihe wurde ungefähr 1 km SO von Pfeddersheim, von SW nach NO genommen, wobei es sich um folgende Profile handelt:

XI	an der Plateaukante	(142 m über NN)
XII	in Mittelhanglage	(130 m über NN)
19	in Hangfußlage	(126 m über NN)

Die drei Profile liegen im Dreiecksverband, da das Hangfußprofil 19 östlich von dem Mittelhangprofil XII liegt (Karte 2). Das Gefälle der beiden Geländeteile, die für die Betrachtung dieser Profile von Bedeutung sind, werden in den Skizzen 6 und 7 wiedergegeben. Danach ist das stärkste Gefälle (13 %) im Mittelhang zu beobachten. Unterhalb des Profils XII läuft der Hang mit schwacher Neigung gegen die Landstraße Pfeddersheim—Pffligheim aus.



Klimatische Daten:

Niederschläge:	500—600 mm
Temperatur:	8—10° C
Regenfaktor:	50—60

Profilbeschreibungen:

Profil XI:

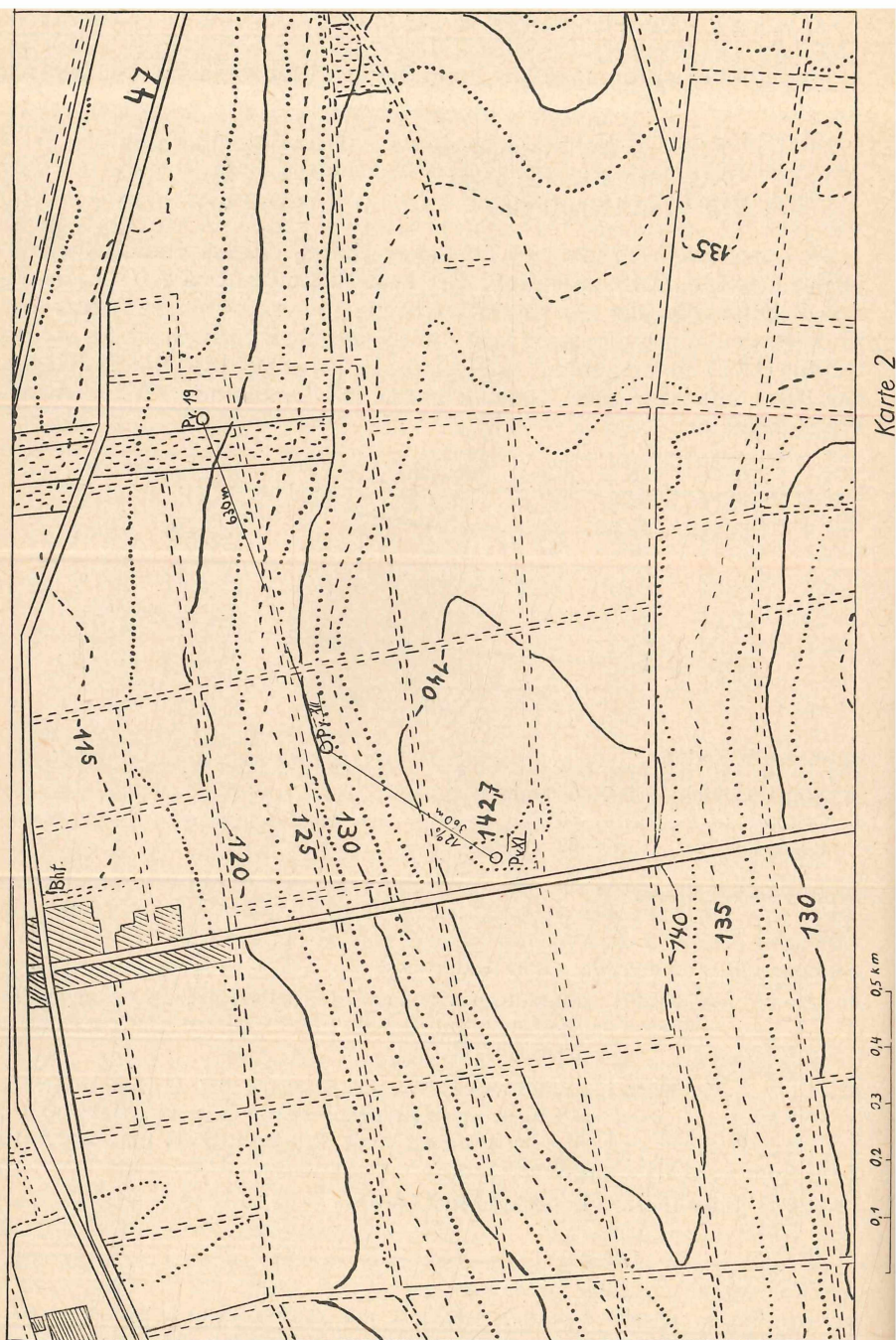
Humusarme Schwarzerde, unter Haferacker

31	Ap	0—35 cm	dunkelbrauner, toniger Staubschluff in kotkrümeliger Struktur; gut durchwurzelt; kleine CaCO_3 -Ausscheidungen.
32	C ₁	35—70 cm	graubrauner, toniger Staubschluff in guter Krümelstruktur; stark gesprenkelt durch kleine, weiße CaCO_3 -Ausscheidungen; noch Wurmtätigkeit und Durchwurzeln.
33	C ₂	über 70 cm	unbeeinflusster Löß.

Profil XII:

Stark erodierter Lößlehm, unter Luzerne

34	Ap	0—15 cm	brauner, schwach humoser, lehmiger Staubschluff in krümeliger Struktur.
----	----	---------	---



35	C ₁	15—50 cm	kreisfarbener, kotkrümeliger Staubschluff; gut durchwurzelt und Wurmtätigkeit.
36	C ₂	über 50 cm	unbeeinflusster Löß.

Profil 19 (siehe Kunstdrucktafel II):

Humusarme Schwarzerde, unter Acker

64 ₅₃	Ap	0—16 cm	hellbrauner, toniger Staubschluff in krümeliger Struktur; Regenwurmtätigkeit.
65 ₅₃	(A ₁)	16—36 cm	kaffeebrauner, toniger Staubschluff in guter Wurmkotstruktur.
66 ₅₃	(AC)	36—65 cm	etwas heller als (A ₁), toniger Staubschluff in krümeliger Struktur; noch durchwurzelt.
67 ₅₃	C	über 65 cm	unbeeinflusster Löß.

Wie aus den Lageverhältnissen der Profile und aus ihren Beschreibungen hervorgeht, ist das Profil XI an der Plateaukante verhältnismäßig stark von dem Bodenabtrag in Mitleidenschaft gezogen worden. Am stärksten jedoch ist die Erosion am Mittelhang zu erkennen, während das Hangfußprofil 19 durch die starke Abnahme des Gefälles normal als AC-Horizont ausgebildet ist. Der Oberboden ist allerdings mit Bodenteilchen aus höher gelegenen Flächen vermischt. Da durch die geringe Neigung des Hangfußes eine Abflußmöglichkeit vorhanden ist, handelt es sich hier um eine schwache Zwischenablagerung. Nach der Nomenklatur erodierter Böden (JUNG 14) ergibt sich für die einzelnen Profile folgendes Bild.

Profil XI		Profil XII		Profil 19	
0—35 cm	NA ₂	0—15 cm	NC	0—16 cm	NAZ
35—70 cm	C ₁	15—50 cm	C ₁	16—36 cm	A ₁
über 70 cm	C ₂	über 50 cm	C ₂	36—65 cm	A ₂ C
				über 65 cm	C

N = Nutzungshorizont; Z = Zwischenablagerung

b) Calciumcarbonat- und Humusgehalte

In einer Arbeit über die Erosion von Lößböden zeigte JUNG (16), daß der CaCO₃-Gehalt dieser Böden ein guter Indikator für den Bodenabtrag ist. So bestätigen sich in diesen Werten die morphologischen Feststellungen der einzelnen Profile. Da der C-Horizont als primärer Löß ansteht, ist er durch hohen Calciumcarbonatgehalt ausgezeichnet, der für die C₂-Horizonte mit 29 bis 36% ermittelt wurde. Betrachtet man die CaCO₃-Gehalte der obersten Horizonte, so läßt sich für das Höhenprofil XI der Abtrag des A₁-Horizontes erkennen. Der schwach kalkige A₂-Horizont ist bereits zum A_p- bzw. N-Horizont geworden. Schon durch die hohen Werte im Oberboden des Mittelhangsprofils XII ist ohne weiteres zu ersehen, daß hier durch starke Erosion der anstehende Löß in die Bearbeitungsschicht gerückt ist. Im Hangfußprofil 19 hat dagegen der CaCO₃-Gehalt im Oberboden stark abgenommen, beträgt aber immerhin noch 4%. Da ein größeres Gefälle oberhalb des Profils 19 vorhanden ist, kommen in dieser Lage noch Teile, der aus dem Mittelhang stammenden, carbonathaltigen C-Horizonte zu vorübergehender Ablagerung, die sich mit dem NAZ-Horizont vermischen.

Die Humusgehalte, die im allgemeinen ebenfalls die Verlagerung des Bodens anzeigen, liegen in dieser Reihe für die Oberböden fast in gleicher Höhe, wodurch sich aus den Werten der oberen Horizonte keine Abtragserscheinungen ableiten lassen; wohl aber ist im Profil XI im C₁-Horizont (65 cm Entnahmetiefe) noch ein relativ hoher Gehalt von 1.23% vorhanden, während in entsprechender Tiefe im Profil XII (Probe 36) der Humusgehalt eine wesentlich stärkere Abnahme gegenüber des NC-Horizontes erfahren hat. Im Hangfuß dagegen deuten die Humusgehalte in den drei obersten Horizonten einmal die Zwischenablagerung in NAZ-Horizont, zum anderen aber auch die Ablagerung der ehemaligen A-Horizonte an.

Tabelle 36: Calciumcarbonat- und Humusgehalte

Profil	Nr.	Tiefe cm	Entnahme- tiefe cm	Hori- zont	CaCO ₃ %	Humus %
XI	31	0—35	20	NA ₁	3.8	2.23
	32	35—70	65	C ₁	27.4	1.23
	33	über 70	90	C ₂	35.4	0.68
XII	34	0—15	10	NC	26.2	2.34
	35	15—50	35—40	C ₁	25.2	0.84
	36	über 50	70	C ₂	29.4	0.44
19	64 ₅₃	0—16	10	NAZ	4.2	2.51
	65 ₅₃	16—36	25—30	A ₁	5.0	1.47
	66 ₅₃	36—65	45	A ₂ C	18.6	1.24
	67 ₅₃	über 65	70	C	35.6	0.46

c) Mechanische Zusammensetzung

Auch in der Korngrößenzusammensetzung der einzelnen Profile sind die Abtragungerscheinungen besonders für das Mittelhangprofil gut zu erkennen. Durch die Abnahme des Tongehaltes und die Zunahme der Fraktion 0.02—0.06 mm wird auch hier der C-Horizont gekennzeichnet. Aus dem hohen Tongehalt im Höhenprofil kann geschlossen werden, daß die tonigen Bestandteile weniger dem Abtrag unterliegen, da sie nach JUNG (16)

Tabelle 37: Schlämmanalyse der n. Feinerde

Profil	Nr.	Schluff			Feinsand		Grobsand
		Ton %	Fein- %	Grob- %	%	%	%
		< 0,002 mm	0.002- 0.006 mm	0.006- 0.02 mm	0.02- 0.06 mm	0.06- 0.2 mm	0.2-2.0 mm
XI	31	21.6	6.5	19.3	44.8	5.7	2.1
	32	26.0	8.8	20.9	40.6	3.4	0.3
	33	19.9	7.9	22.5	45.0	4.4	0.3
XII	34	12.7	4.5	19.5	50.6	9.9	2.9
	35	13.9	6.6	21.9	49.4	7.4	0.8
	36	12.0	5.7	23.5	53.4	4.9	0.5
19	64 ₅₃	22.6	5.1	18.9	45.1	5.8	2.5
	65 ₅₃	22.5	7.0	20.7	43.1	4.8	1.9
	66 ₅₃	24.7	8.6	20.7	42.1	3.4	0.5
	67 ₅₃	15.0	6.8	22.2	51.6	4.1	0.3

infolge ihrer Koagulation fester zusammenhalten und geringen abtragen- den Kräften größeren Widerstand entgegen setzen. Bei stärkerem Gefälle jedoch, wie es im Mittelhang der Fall ist, wird auch der Ton weitgehend abgewaschen, und die mechanische Zusammensetzung dieser Böden verschiebt sich zu Gunsten der Feinsandkomponente. So ist auch der Ton- gehalt von 22.6% in dem NAZ-Horizont des Hangfußprofils 19 verständlich, der durch die Zufuhr aus höher gelegenen Hangteilen mit abgelagertem Material vermischt ist.

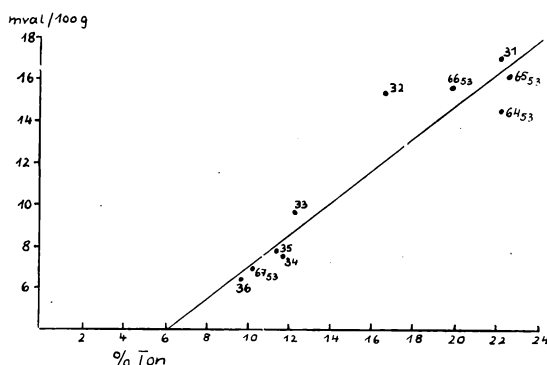
d) Sorption der n. Feinerde

In dem Austauschvermögen der n. Feinerde spiegelt sich sowohl der Humus- als auch der Tongehalt der einzelnen Proben wieder. So ist ver- ständlich, daß das stark erodierte Profil XII im Mittelhang die niedrigsten T-Werte für die n. Feinerde besitzt.

Tabelle 38: Anteil der mineralischen und organischen Komponente am T-Wert der n. Feinerde.

Profil	Nr.	n. Feine. mval/100 g	T-Wert oxyd. Feine. mval/100 g	Anteil d. org. Subst. am T-Wert d. n. Feine. mval	%	T-Wert org. Subst. mval/100 g
XI	31	19.62	16.99	2.63	13.4	117.9
	32	15.62	15.36	0.26	1.7	21.1
	33	10.20	9.66	0.54	5.3	79.4
XII	34	11.53	7.62	3.91	33.9	167.1
	35	9.51	7.71	1.80	18.9	214.3
	36	7.87	6.38	1.49	19.0	338.6
19	64 ₅₃	19.25	14.39	4.86	25.2	193.6
	65 ₅₃	18.08	16.13	1.95	10.8	132.65
	66 ₅₃	16.48	15.60	0.88	5.3	71.0
	67 ₅₃	7.37	6.38	0.99	13.4	215.2

Soll die Sorption der oxyd. Feinerde mit dem Tongehalt verglichen wer- den, so darf hier nicht der Tongehalt der n. Feinerde dem Vergleich zu Grunde gelegt werden, sondern der der kalkfreien Feinerde. Wie sich bei



Darstellung 9: Abhängigkeit zwischen T-Wert der oxyd. Feinerde und dem Tongehalt der CaCO₃-freien Feinerde.

Untersuchungen einiger Tonfraktionen der n. Feinerde herausstellte, war der CaCO_3 -Gehalt dieser Fraktionen teilweise sehr hoch. So wurden z. B. in dieser Korngröße für die Proben 32 und 66₅₃ CaCO_3 -Gehalte von 18,1% bzw. 20.7% ermittelt.

Wie aus der Darstellung 9 zu ersehen ist, besteht zwischen dem Tongehalt der CaCO_3 -freien Feinerde und der Sorption der oxyd. Feinerde eine gute Abhängigkeit. Die geringen Abweichungen, die hierbei auftreten, können nicht gedeutet werden, da für diese Reihe kein Ton insoliert wurde.

Auffallend ist, daß der Anteil der organischen Substanz am T-Wert der n. Feinerde und die Sorption berechnet auf 100 g organische Substanz für das Mittelhangprofil XII in dieser Reihe am höchsten ist (vgl. Tab. 38). Dies dürfte darauf zurückzuführen sein, daß die höher disperse organische Substanz des bloßgelegten Unterbodens leichter oxydiert wird. Wie die Unterschiede gegenüber den tieferen Horizonten des Höhenprofils zeigen, müssen aber noch grundlegende Verschiedenheiten vorliegen. Im Hangfußprofil 19 ist der NAZ-Horizont durch die Zwischenablagerung auch mit organischen Bestandteilen angereichert. Der überlagerte A₁-Horizont (Probe 65₅₃) ist noch durch den Anteil von 10.8% und die Abnahme des T-Wertes deutlich zu erkennen. Die organische Substanz des A₂C-Horizontes (Probe 66₅₃) ähnelt in ihrer Sorption derjenigen des C-Horizontes in Profil XI. In 70 cm Tiefe (Probe 67₅₃) jedoch ist wieder ein erheblicher Anstieg des T-Wertes der organischen Substanz festzustellen. Dies deutet wieder auf höhere Dispersität und entsprechende Oxydierbarkeit hin.

IV. Diskussion

In der Tabelle 39 sind die Feinerden der Böden aus den einzelnen geologischen Formationen miteinander verglichen. Bei dieser Betrachtung müssen natürlich außer der Beschaffenheit des Ausgangsgesteins der Verwitterungsgrad, sowie die jeweiligen Veränderungen durch Bodenabtrag berücksichtigt werden. Um den Einfluß der beiden letztgenannten Faktoren möglichst weitgehend auszuschalten, werden nur die Höhenprofile jeder Reihe betrachtet, die im allgemeinen von der Erosion am wenigsten beeinflußt waren. Außerdem werden aus diesen Profilen nur die Unterböden (B- und BC-Horizonte) für die Betrachtungen herangezogen. Sie stehen dem Gesteinszersatz am nächsten.

In der Abb. 5 ist die Korngrößenzusammensetzung für die in Betracht kommenden Proben graphisch dargestellt. Bei dem Vergleich der Feinerden des Unterrotliegenden (44, 45) mit der Feinerde des Oberrotliegenden (5) ist der größere Tongehalt des letzteren festzustellen, während die Schluffkomponente bei beiden Böden praktisch gleich ist. Auch liegen die Kaligehalte (vgl. Tab. 39) fast in der gleichen Größenordnung. Sie geben einen Anhaltspunkt für den Glimmergehalt in diesen Gesteinen. Bei den Buntsandsteinböden ist der Anteil der Sandkomponente hoch, wobei die Feinerde des Unteren Buntsandsteins nahe zu 60% Grobsand und sehr niedrige Gehalte an abschlämbbaren Bodenbestandteilen gegenüber des Oberen Buntsandsteins aufweist. Der Kaligehalt des Unteren Buntsandsteins ist im Gegensatz zu dem des Oberen Buntsandsteins wesentlich höher.

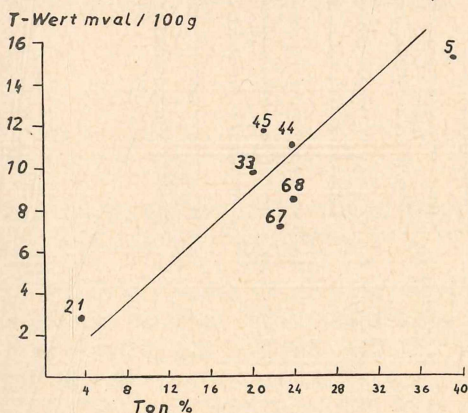
Tabelle 39: Schlämlanalyse und Kaliegehalt

Formation	Nr.	Ton < 0.002 mm	Schluff		Feinsand		Grob- sand 0.2- 2.0 mm	K ₂ O mg/100 g Feine.
			0.002- 0.006 mm	0.006- 0.02 mm	0.02- 0.06 mm	0.06- 0.2 mm		
1. Aلسنز- Stufe	44	23.8	30.8		38.8		6.6	8
			9.6	21.2	27.9	10.9		
	45	21.1	28.2		48.5		2.2	8
			8.9	19.3	27.7	20.8		
2. Oberrot- liegendes A	5	39.0	31.3		21.6		8.1	10
			18.2	13.1	11.2	10.4		
3. Staufer- Stufe	21	3.9	2.6		36.5		57.3	11
			1.2	1.4	5.1	31.4		
4. Voltzien- Sandstein	67	22.3	12.5		62.6		2.6	4
			5.5	7.0	13.7	48.9		
	68	23.9	11.0		61.2		3.9	6
			5.5	5.5	15.6	45.6		
5. Löß	33	19.9	30.4		49.4		0.3	n. b.
			7.9	22.5	45.0	4.4		

Die mechanische Zusammensetzung der Probe 33 aus dem Lössprofil zeigt den für Löss charakteristischen hohen Anteil der Fraktionen von 0.002—0.06 mm an mit 95%.

Nach dieser Betrachtung lassen sich die Verwitterungsböden aus diesen geologischen Formationen in drei Gruppen zusammenfassen.

1. Böden mit einem relativ hohen Gehalt an abschlämmbaren Bodenteilchen (mehr als 50% Ton und Gesamtschluff). Dazu gehören die



Darstellung 10: Abhängigkeit zwischen T-Wert oxyd. Feinerde und dem Tongehalt.

Böden der Alsenz-Stufe des Unterrotliegenden und die Böden des Oberrotliegenden.

2. Böden, in denen die feineren Fraktionen gegenüber der Sandkomponente stark zurücktreten (der Sandanteil beträgt bei ihnen mehr als 60%). In diese Gruppe gehören die Buntsandsteinböden.
3. Böden, für die der hohe Anteil der Korngröße 0.002—0.06 mm charakteristisch ist. Sie sind aus Löss entstanden.

In der Darstellung 10 ist für die gleichen Böden der Tongehalt mit dem T-Wert der oxyd. Feinerde verglichen. Es zeigt sich dabei eine gute Abhängigkeit.

Für die Probe 5 ist die Unstimmigkeit durch den niedrigen T-Wert der Tonfraktion (vgl. Tab. 40) zu erklären, während die geringe Sorption der oxyd. Feinerde für die Proben 67 und 68 sich nicht aus den Eigenschaften der Tone deuten läßt.

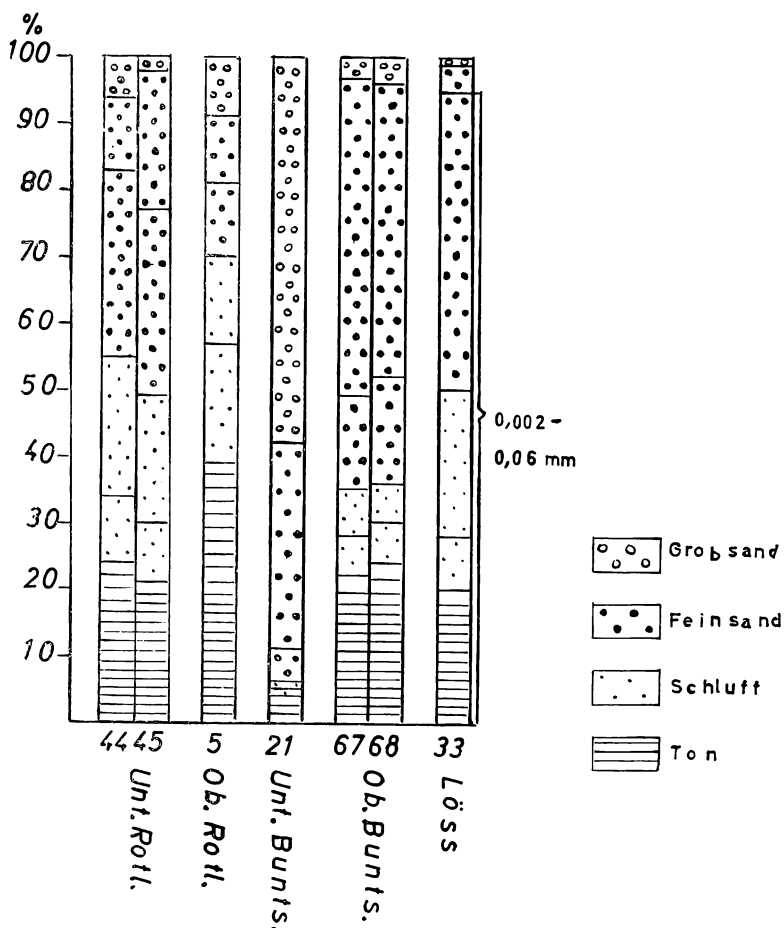


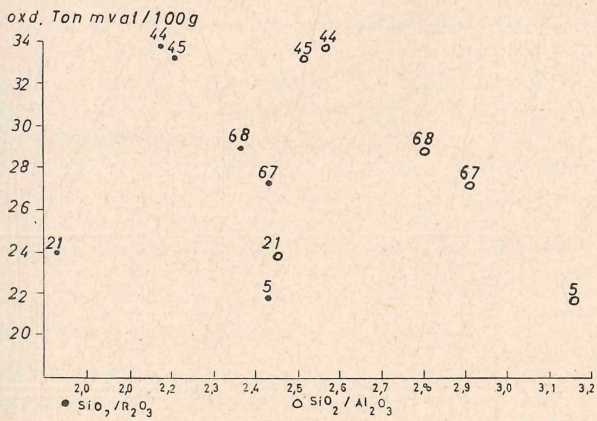
Abbildung 5: Schlämmanalyse der n. Feinerde

Wie schon bei Besprechung der einzelnen Reihen wiederholt festgestellt wurde, lassen sich nicht immer einfache Beziehungen zwischen den molekularen $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ - und $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ -Verhältnissen des Tons und dessen Sorption ermitteln, da bei den Bauschanalysen die freie Kieselsäure und das freie Eisenoxyd nicht berücksichtigt wurden.

Tabelle 40: T-Wert und molekulare Verhältnisse der Tonfraktion

Nr.	T-Wert mval/100 g oxyd. Ton	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{Fe}_2\text{O}_3}{\text{Al}_2\text{O}_3}$
44	33.7	2.57	14.40	2.18	0.18
45	33.25	2.52	18.25	2.21	0.14
5	21.8	3.17	10.43	2.43	0.30
21	23.9	2.46	8.62	1.92	0.29
67	27.3	2.92	14.60	2.43	0.20
68	28.9	2.81	15.20	2.37	0.19

In der Darstellung 11 ist die Sorption des oxyd. Tons mit den $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ - und $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ -Verhältnissen für die Feinerden der einzelnen Gesteine mit der Sorption der Tonfraktion verglichen. Dabei läßt sich keine eindeutige Abhängigkeit ermitteln. Fast deutet sich hier eine Umkehrung der üblichen Beziehungen an, d. h. mit steigendem T-Wert nehmen die Molekularverhältnisse ab. Eine ähnliche Beobachtung wurde schon bei der Reihe im Oberen Buntsandstein gemacht.



Darstellung 11: Beziehung zwischen T-Wert oxyd. Ton und den $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ - und $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ -Verhältnissen.

Werden die in Darstellung 11 aufgetragenen Beziehungen für alle untersuchten Proben aufgestellt, so zeigt die errechnete Ausgleichsgerade dieselbe Tendenz. Diese Abweichung von der üblichen Abhängigkeit wird neben der Verschiebung der Molekularverhältnisse durch die inaktive Kieselsäure (Quarz) und das freie Eisenoxyd der Tone, auch durch die unterschiedliche Angreifbarkeit der organischen Substanz durch Perhydrol verursacht.

In der Abbildung 6a ist die Verteilung aller Werte des $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ -Verhältnisses graphisch dargestellt. Daraus läßt sich ein Maximum bei 2,25 erkennen. Die Häufung wird hauptsächlich von dem Proben der Buntsandsteinreihen bestimmt (vgl. 6d). Anders verhält sich die Verteilung für die Reihen des Rotliegenden. Die Häufungswerte des Oberrotliegenden (soweit man bei einer so geringen Anzahl von Proben überhaupt von einer Häufung sprechen kann) liegen in dem Klassenbereich von 2,30—2,60 (vgl. 6c), während im Unterrotliegenden das Maximum bei 2,05 ist (vgl. 6b).

Ganz ähnlich wie die $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ -Verhältnisse verhalten sich die analogen Häufungen der molekularen $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ -Verhältnisse. Auf ihre Darstellung wird deshalb verzichtet.

Zahl der Fälle

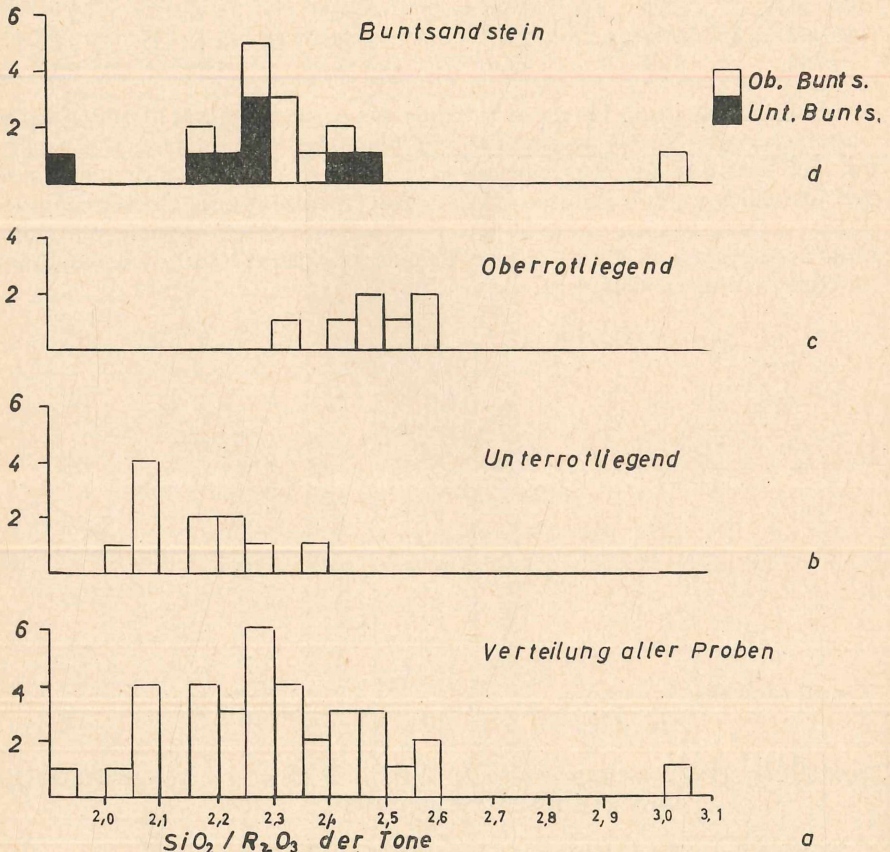


Abbildung 6: Verteilung der molekularen $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ -Verhältnisse der Tone.

Auswirkungen der bodenbildenden Faktoren auf die Bodenentwicklung.

Unter der Einwirkung der verschiedensten Faktoren entsteht aus dem Ausgangsgestein ein mehr oder weniger entwickelter Bodentyp. In welcher Richtung die Bodenentwicklung verläuft, ist von dem Zusammenwirken

aller bodenbildenden Faktoren abhängig. Den größten Einfluß haben dabei das Klima, das Ausgangsgestein und die Reliefgestaltung.

Neben dem Klima ist besonders bei der Betrachtung begrenzter Räume das Ausgangsgestein ein beherrschender Faktor der Bodenbildung. Von der physikalischen und chemischen Zusammensetzung des Gesteins hängt es ab, in welcher Weise alle übrigen bodenbildenden Kräfte zur Auswirkung kommen. Bei der Korngrößenzusammensetzung der Feinerde, die für die im einzelnen untersuchten geologischen Substrate charakteristisch sind, konnten die Böden der verschiedenen Formationen in drei Gruppen unterschieden werden (vgl. Abb. 5). Da die mechanische Zusammensetzung der Feinerde im wesentlichen die physikalischen Eigenschaften des „Filtergerüsts“ (PALLMANN 32a) wiedergibt, zeigen sich auch innerhalb dieser drei Gruppen Beziehungen der Bodenprofilausbildung zum Ausgangsmaterial. Im ganzen herrscht der Braunerdetyp vor. Je nach der Feinkörnigkeit und dem Basengehalt des Muttergesteins tendiert die Bodenentwicklung nach der Vergleyung bzw. nach der Podsolierung hin. So haben sich im allgemeinen auf den Sandstein des Unterrotliegenden Braunerden, auf den Letten des Oberrotliegenden dagegen Buntlehme entwickelt, die je nach ihrem Feinkornanteil und Wasserverhältnissen mehr oder weniger stark gleyartig sind. Die Böden des Buntsandsteins dagegen zeigen auf Grund ihres höheren Sandgehaltes mehr die Neigung zu Podsolierungserscheinungen, wobei diese nicht allein von physikalischen, sondern auch von den chemischen Eigenschaften des Filtergerüsts bestimmt werden. Dies kommt deutlich in den Zahlen der Tabelle 41 zum Ausdruck. In ihr ist für alle Proben jeder Reihe der Mittelwert der Basensättigung angeführt. Die niedrigen V-Werte der Böden im Unteren und Oberen Buntsandsteins sprechen für die Basenarmut dieser Substrate. Allerdings sind auch die höheren Niederschläge von 700—800 mm im Bereich des Voltziensandsteins zu berücksichtigen. Die dadurch bedingte stärkere Durchfeuchtung und Auslaugung des ohnehin schon basenärmsten Gesteins, fördert die Podsolierung weitgehend. In der Reihe auf Unterem Buntsandstein ist dagegen bei 500—600 mm Niederschlägen die Podsolierung noch nicht so weit fortgeschritten.

Tabelle 41: Mittelwert der Basensättigung

Formation	V-Wert
Unterrotliegend (Alsenz Stufe)	66
Oberrotliegend (Standenbühler Stufe)	76.5
Unterer Buntsandstein (Staufer Stufe)	41
Oberer Buntsandstein (Voltziensandstein)	32
Quartär (Löß)	(100)

Die physikalische Beschaffenheit der Lößböden ist günstiger als die der beiden Gruppen des Rotliegenden und des Buntsandsteins. Sie stellt mit ihrem hohen Anteil der Korngröße 0.002—0.06 mm ein Zwischenglied zwischen den beiden extremen Filtergerüsten dar. Dadurch besteht bei diesen Böden keine Tendenz zur Vergleyung oder Podsolierung. Eine Degredation kann nur dann eintreten, wenn die chemischen Eigenschaften (besonders die Basensättigung und das Sorptionsvermögen) dieser Böden

nachlassen. Für die Lößreihe wurden die V-Werte nicht bestimmt, da in allen Horizonten CaCO_3 gefunden wurde, und somit auf eine 100%ige Sättigung der Kolloide geschlossen werden darf. Dieser hohe Gehalt an reaktionsfähigen zweiwertigen Ionen bewirkt eine ständige Ausflockung und Stabilisierung der gebildeten Huminsäuren. So entstehen auf Löß bei reger biologischer Tätigkeit und in trockenerem Klima schwarzerdeähnliche Böden.

Einen wesentlichen Einfluß auf die Bodenentwicklung hat unter den gegebenen Verhältnissen die Reliefgestaltung. Von ihr ist das Ausmaß der Erosion weitgehend abhängig. So zeigen sich in allen Reihen Profile, deren Entwicklung durch Bodenabtrag gestört oder gehemmt ist. An Hohlhängen und in Senken werden die ursprünglichen Profile durch die vom Hang abgetragenen Bodenmassen, z. T. als Zwischenablagerung, überlagert, während in nicht konkaven Hanglagen infolge der Erosion nur verstümmelte bzw. unentwickelte Bodentypen vorliegen. Dabei ist die Erosion um so stärker, je größer und je länger das Gefälle und je undurchlässiger der Boden ist, wobei auch die Niederschlagsmenge und -intensität einen wesentlichen Einfluß haben.

Außerdem beeinflußt das Relief durch die Inklinaton und Exposition das Mikroklima jedes Standortes. In diesem Zusammenhang soll aber nicht weiter darauf eingegangen werden, da diese klimatischen Abweichungen von den anderen bodenbildenden Faktoren weitgehend überdeckt werden.

VII. Zusammenfassung

1. Es wurden fünf Profilvereiien untersucht, die im Bereich der geologischen Formationen genommen wurden, die den größten Teil der landwirtschaftlich genutzten Fläche der Pfalz einnehmen.
2. Jede Profilvereiie besteht aus einem Höhen-, einem Mittelhang- und einem Unterhang- bzw. Senkenprofil. Es wurden die Veränderungen der Profile von der Höhe nach der Senke hin verfolgt.
3. Die Untersuchungen erstreckten sich auf die mechanische Zusammensetzung, den Nährstoffgehalt der Feinerde, sowie auf die kolloidchemischen Eigenschaften, wobei die Sorptionskapazität und die Basenbelegung ermittelt wurden.
4. Die Zusammensetzung der Tonfraktion wurde durch die Bauschanalysen gekennzeichnet.
5. An der Korngrößenzusammensetzung konnte der Einfluß der Erosion gut verfolgt werden, während die Nährstoff- und Humusgehalte der Feinerde nicht in allen Fällen als Maß für den Bodenabtrag verwendet werden konnten, da sie oft zu stark durch unterschiedliche Düngung beeinflußt wurden.
6. Die Kationenbelegung der Feinerde läßt Schlüsse sowohl auf die Erosion als auch auf die Düngung zu, die besonders deutlich durch die molekularen Mg/Ca - und K/Ca -Verhältnisse der sorbierten Basen zum Ausdruck kommt.

7. Eine gute Abhängigkeit besteht im allgemeinen zwischen dem Sorptionsvermögen der Feinerde und ihrem Tongehalt.
8. Der T-Wert des oxyd. („humusfreien“) Tons und die molekularen $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ - und $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ -Verhältnisse zeigen nicht in allen Fällen die übliche Abhängigkeit, da die freie Kieselsäure und das freie Eisenoxyd bei der Berechnung nicht berücksichtigt werden konnten.
9. Die berechneten T-Werte der organischen Substanz der Feinerde und der Kolloide sind sehr unterschiedlich und in den meisten Fällen zu niedrig. Dies beruht auf der unterschiedlichen Oxydation der organischen Substanz der beiden angewandten Oxydationsmittel CrO_3 und H_2O_2 .
10. Die Bodenentwicklung der untersuchten Profile läßt sich nach dem jeweiligen Filtergerüst in drei Gruppen einteilen.
 - a) Böden auf Unterrotliegenden: Braunerden, zur Vergleyung neigend;
 - b) Böden auf Buntsandstein: Braunerden, zur Podsolierung neigend;
 - c) Böden auf Löß Ausbildung schwarzerdeähnlicher Profile.

VIII. Schrifttum

- 1 AMMON V., L.: Erläuterungen zu dem Blatte Zweibrücken. München 1903. Verlag Piloty.
- 2 „ Erläuterungen zu dem Blatte Kusel. München 1910. Verlag Piloty.
- 3 BLOOMFIELD, C.: The Distribution of Iron and Aluminium Oxides in Gley Soils. J. Soil. Sci. 3. No. 1. 1952. 167—171.
- 4 GEIGER, R.: Das Klima der bodennahen Luftschicht. Braunschweig 1950. Verlag F. Vieweg & Sohn.
- 5 GLINKA, K.: Die Typen der Bodenbildung. Berlin 1914. Verlag Gbr. Bornträger.
- 6 GÜMBEL V., W.: Kurze Erläuterungen zu dem Blatte Speyer. Kassel 1897.
- 7 HISSINK, D. G.: Results of the Investigation of the seven Standard Soil Samples, No. I—VIII of the International Society of Soil Science. Referat in: Bodenkundliche Forschung 7. No. 1/2. 1940. 1—21.
- 8 HERBERHOLD, R.: Über die Zusammensetzung und die Eigenschaften von Tonkolloiden in Abhängigkeit von den Entstehungs- und Umweltsbedingungen. Sonderdruck: Notizblatt des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung. Wiesbaden 1954. 82.
- 9 HOCK, A. und A. GOETTING: Erläuterungsheft zur Geologischen Übersichtskarte der Pfalz (1:100 000). Stuttgart 1937. Reise- und Verkehrsverlag.
- 10 HOCK, A.: Beitrag zum Humusproblem in der Bodenkunde. Sonderdruck aus dem Jahrbuch des Reichsamtes für Bodenforschung für 1942. 63. 296.
- 11 JACOB, A.: Ist die Zusammensetzung der Tonfraktion des Bodens dynamisch oder statisch aufzufassen? Bodenkundliche Forschung. VII. 1940. 251.
- 12 JÄSMUND, K.: Die silikatischen Tonminerale. Monographie zu „Angewandte Chemie“ und „Chemie-Ingenieur-Technik“. Weinheim 1951.
- 13 JUNG, E.: Zur Kenntnis der Ton-Humusverbindungen. Pflern., Düngung und Bodenkunde. 32. H. 6. 1932. 325.

- 14 JUNG, L.: Zur Frage der Nomenklatur erodierter Böden. Mitteilungen aus dem Institut für Raumforschung. Bonn. H. 20. 1953.
- 15 „ Die Bodenverhältnisse und ihre Beeinflussung durch die Bodenerosion. In: Landwirtschaft und Bodenerosion. I. Der Roßbacher Hof bei Erbach im Odenwald. Mitteilungen aus dem Institut für Raumforschung. Bonn. Heft 23. 1954.
- 16 „ Die Bodenverhältnisse und ihre Beeinflussung durch die Bodenerosion. In: Landwirtschaft und Bodenerosion. II. Der Steinheimer Hof bei Eltville im Rheingau. Mitteilungen aus dem Institut für Raumforschung. Bonn. Heft 29. 1956.
- 17 JUNG, L. und J. LÜTTMER: Über die Eignung des Vibro-Mischers bei der Schlämmanalyse. Notizblatt Hess. Landesamt f. Bodenforschung. **83**. Wiesbaden 1955. 275—781.
- 18 KAYSER, E.: Abriß der Geologie, 1. Bd. Allgem. Geologie. Stuttgart 1950.
- 19 KICK, H.: Untersuchungen über die Wirkung von Mineral- und Stalldünger auf Reaktionsverhältnisse und Kalkzustand. Pflern., Düngung und Bodenkunde. **50**. 1950. 297.
- 20 KUBIENA, W. L.: Entwicklungslehre des Bodens. Wien 1948.
- 21 „ Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas. Stuttgart 1953.
- 22 KURON, H.: Beobachtungen über die Bedeutung des Bodenabtrags in Norddeutschland. Pflern., Düngung und Bodenkunde. **21/22**. 1940. 181.
- 23 „ Bodenerosion auf der Schwarzerde der Magdeburger Börde. Pflern., Düngung und Bodenkunde. **37**. 1946. 244.
- 24 „ Löss und Bodenerosion. Pflern., Düngung und Bodenkunde. **50**. 1950. 74.
- 25 „ Bodenerosion und Nährstoffprofil. Mitteilungen aus dem Institut für Raumforschung. Bonn. Heft 20. 1953. 73.
- 26 LAATSCH, W.: Dynamik der mitteleuropäischen Mineralböden. 1954. Steinkopf-Verlag. Leipzig-Dresden.
- 27 DE LEENHEER, L.: Les constituants et les propriétés lithologiques des polders marins de la région de Farnes (Belgique). Sédimentations et Quarternaire. Bordeaux. 1949. 113.
- 28 LÜTTMER, J. und L. JUNG: Über die Eignung des Natriumpyrophosphates zur Dispergierung bei der mechanischen Bodenanalyse. Notizblatt des Hess. Landesamtes für Bodenforschung. Wiesbaden. **83**. 1955. 282.
- 29 MEHLICH, A.: Determinations of Cation and Anion Exchange Properties of Soils. Soil Sci. **66**. 1948. 429—446.
- 30 MITSCHERLICH, A.: Bodenkunde f. Landwirte, Forstwirte und Gärtner. Halle 1949.
- 31 Mitt. d. Statistischen Landesamtes, Rheinland-Pfalz. Jhrg. 1951. II/2132-52. Nr. 52 Bad Ems. Endgültige Ergebnisse der Bodennutzungserhebung. 1951.
- 32 MÜNCHSDORFER, F.: Bayerns Boden, 1. Teil Südbayern. München 1932.
- 32a PALLMANN, H.: Verh. d. Schweiz. Naturf. Ges. 1948. 23.
- 33 PENNINGSFELD, F.: Zur Kenntnis der Böden Albaniens. Berlin 1942.
- 34 RAMANN, F.: Bodenbildung und Bodeneinteilung. 1918.

- 35 REIS, O. W.: Untersuchungen über Böden im Blatte Speyer und Böden im Blatte Kusel. Sonderdruck aus den Geogn. Jahresh. 35. Jhrg. 1923.
- 36 „ Erläuterungen zu dem Blatte Donnersberg. München 1921. Verlag Piloty.
- 37 SCHACHTSCHABEL, P.: Die Bindung der Kationen und die Bestimmung der Sorptionsträger im Boden. Landw. Jhrb. **91**, 1942. 355.
- 38 SCHEFFER, F. und SCHACHTSCHNABEL, P.: Lehrbuch der Agrikulturchemie und Bodenkunde. 1. Teil, Bodenkunde. Stuttgart 1956.
- 39 SÜCHTING, H.: Lehrbuch der Bodenkunde und Pflanzenernährung. Hannover 1949.
- 40 STEBUTT, A.: Lehrbuch der allgemeinen Bodenkunde. Berlin 1930.
- 41 THUN, R. und R. HERMANN: Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethoden. Methodenbuch 1. Bd. Berlin 1949.
- 42 TYULIN, TH.: Herkunft, Struktur und Eigenschaften der organomineralischen Bodenkolloide. Pflern., Düngung und Bodenkunde. **21/22**. 1940. 544.
- 43 WEBER, E.: Grundriß der biologischen Statistik für Naturwissenschaftler, Landwirte und Mediziner. Jena 1956.