

III. Original-Abhandlungen und Mitteilungen.

Ueber die petrographischen und Bodenverhältnisse der Buntsandsteinformation Deutschlands.

Von Dr. **E. Blanck** in Breslau.

(Fortsetzung und Schluß.)

Nach dieser etwas ausführlichen Betrachtung des Bindemittels der Sandsteine fahren wir in der Beschreibung der stofflichen Natur der Gesteine des mittleren Buntsandsteins fort. Dementsprechend würden nunmehr die Konglomerate oder konglomeratischen Sandsteine zu erörtern sein, die jedoch nur kurz angedeutet werden brauchen, da sie sich von den Sandsteinen nur dadurch unterscheiden, daß sie mehr oder minder kleine Gerölle eingeschlossen führen, die, solange sie nur aus Quarz, Quarziten oder Lyditen bestehen, keine wesentliche stoffliche Veränderung oder höchstens eine noch höhere Kieselsäureanreicherung bewirken. Erst dann werden sie von Bedeutung in stofflicher Hinsicht, wenn sie granitischen und porphyrischen Gesteinen angehören, denn nun reichern sie das Gestein an Kali, Kalk, Magnesia und Tonerde an. In welchem Maße dieses geschehen kann, hängt natürlich von der Anzahl und Größe der auftretenden Gerölle mehr oder weniger ab.

Eine vom reinen Quarzsandsteincharakter abweichende mehr der tonigeren Ausbildung zuneigende Gesteinsform liegt uns in der auf Seite 477 des vorigen Jahrganges unter Nr. 1 angeführten Analyse eines sandigen Lettens von HABERICH (sm₅) vor, welche die Verschiebung der stofflichen Verhältnisse wiedergibt, so daß auch hier von einer weiteren Beschreibung abgesehen werden kann.

Es dürfte daher nunmehr auf die tonigen, mergeligen Gesteine des mittleren Buntsandsteins, wie sie uns in den Kaolinen, Kaolinsandsteinen und Schiefertönen vorliegen, einzugehen sein, welche allerdings als bodenbildende Gesteine eine weit geringere Bedeutung als die vorher genannten beanspruchen können. Aber schon allein

deswegen, weil ihr Material dasjenige ist, welches, wenn auch nur fein verteilt oder in Lagen zwischen den Sandsteinen eingeschaltet, dieselben selbst zusammensetzt oder aufbauen hilft, ist seine nähere Kenntnis nicht aus unseren Erörterungen auszuschließen. Anders ist es dagegen in den Schiefertönen, denn dort macht es sogar den Hauptbestandteil der Zusammensetzung aus. Was die Kaoline anbelangt, so kommen sie namentlich in größeren Lagern und Nestern oder schichtförmig verteilt im Sandstein des Thüringer Waldes vor. Wir folgen in der Beschreibung ihrer mineralogischen wie chemischen Natur den schon einmal herangezogenen Untersuchungen E. E. SCHMIDT's¹.

Die im mittleren Buntsandstein gelegenen Hauptfundorte der Kaolinsandsteine sind, wie schon früher erwähnt, Eisenberg, Osterfeld, Weißenfels, Uhlstedt und Martinrode in Thüringen. Mit E. E. SCHMIDT wählen wir den Kaolin von ersterer Lokalität zur näheren Besprechung seiner petrographischen Verhältnisse. Man nennt ihn Chamotteton, wohl auch kaolinischen Ton oder schlechthin auch nur Kaolin. Bei weißer Färbung fühlt er sich fettig an, schlämmt sich mit vielem Wasser behandelt breiartig auf und hinterläßt nach dieser Operation einen geringen Rückstand. Es zeigte sich, daß der gesamte Ton keine wesentlichen Unterschiede in der Zusammensetzung aufweist, daß vielmehr ein allmählicher, stetiger Übergang von den gröbsten bis zu den feinsten Teilen stattfindet. Die Untersuchung des geringen Rückstandes u. d. M. läßt ihn „als seine vorwaltenden Gemengteile Blätter und Schollen, als untergeordnete gekrümmte, breite und gerade, schmale Prismen“ erkennen. Diese Blätter ähneln dem Glimmer und scheinen „lediglich ein wasserreiches, monoxydarmes, den Übergang zu Kaolin vermittelndes Zersetzungsprodukt“ zu sein. Die Schollen dürften als „kantige Trümmer gemeinen Quarzes“ gelten. Während SCHMIDT die gekrümmten, breiten Prismen Mikrovermikulite nennt, weil sie dem Chlorit oder chloritischen Mineralien namentlich dem Vermikulit nahe stehen dürften, legt er den geraden, schmalen Prismen den Namen Mikroschörlit bei, um damit ihre stoffliche Verwandtschaft zum Turmalin anzudeuten. Auch über das Auftreten und die Verbreitung dieser Gebilde in den verschiedenen Bildungen des Buntsandsteins äußert sich SCHMIDT wie folgt: „Sie sind noch allgemeiner verbreitet als die Mikrovermikulite, nicht nur durch die eigentlich kaolinischen

¹ Vergl. E. E. Schmidt. l. c. S. 92—97.

Buntsandsteine, sondern auch die Letten der unteren, wie der mittleren Abteilung der Buntsandsteinformation.“ Der abschlämmbare Anteil des Kaolins unterscheidet sich im wesentlichen nur durch die Größe des Kornes vom Rückstand. „Glimmerähnliche Blätter und Quarzschollen werden um so seltener, je später eine gesunkene Probe in Untersuchung genommen wird. Die Mikrovermikulite und Mikroschörlite treten mehr und mehr zurück, je feiner das übrige Korn ist und in dem zuletzt Gesunkenen sucht man danach vergebens.“

Die Kaoline der übrigen Fundorte zeigen sich im allgemeinen ganz ähnlich dem beschriebenen zusammengesetzt, doch ist ihre Farbe nicht immer weiß wie die der Eisenberger, vielmehr gelb oder auch rot.

Den übersichtlichsten Aufschluß über ihre chemisch-stoffliche Beschaffenheit geben uns die Analysen, die der SCHMIDT'schen Arbeit beigegeben sind.

	Eisenberg	Weißenfels	Martinrode	Uhlstedt	Rote Mühle bei Osterfeld
Quarz mit etwas Silikat			25,3	22,5	15,3
SiO ₂	59,51	53,2	40,4	36,5	37,2
Al ₂ O ₃	26,02	31,8	22,0	22,8	31,2
Fe ₂ O ₃	4,55	1,1	1,5	4,3	6,9
FeO	—	—	—	—	—
CaO	—	1,0	1,2	1,1	0,9
MgO	—	0,3	0,8	1,0	0,3
K ₂ O	—	0,5	0,8	1,2	0,6
Na ₂ O	—	—	0,2	0,4	0,3
H ₂ O	9,49	11,8	6,7	9,1	5,3
Co ₂	—	—	1,3	1,3	0,9
	99,57	99,7	100,2	100,2	100,1

Desgleichen Zusammensetzung der roten Kaoline von Osterfeld:

SiO ₂	47,6	49,1	49,5	54,2	49,4	47,6
Al ₂ O ₃	35,6	34,6	34,4	31,3	35,1	36,6
Fe ₂ O ₃	1,3	1,4	1,6	1,4	1,4	1,0
FeO	0,3	0,4	0,4	0,4	0,8	0,9
CaO	1,5	1,9	0,6	0,5	0,7	0,8
MgO	0,3	0,6	0,3	0,3	0,3	0,6
K ₂ O	0,2	0,3	0,4	0,2	0,5	0,4
Na ₂ O	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2
H ₂ O	12,9	11,3	12,5	11,3	11,5	12,3
	99,7	98,8	99,7	99,6	99,7	100,4

Hiernach haben wir die Kaolinbildungen als ein Gemenge von eigentlichem Kaolin mit Quarzstaub und untergeordneten Beimen-

ungen von verwittertem Glimmer, Mikrovermikulit und Mikroschörlit, aufzufassen. Was ihre Entstehung anbelangt, so scheinen sie unzweifelhaft Verwitterungs- und Trümmerprodukte von Mineralien der Glimmer- und Feldspatgruppe zu sein.

Anschließend an die Kaoline ist der chemischen Beschaffenheit der wiederholt als integrierende Bestandteile der Sandsteine erwähnten „Tongallen“ zu gedenken. Sie werden als Bestandmassen der Sandsteine von oft starker Verbreitung, namentlich im mittleren Buntsandstein, und als Quelle einer erhöhten Tonanreicherung in denselben mancherorts für die Bodenbildung ihres Muttergesteins von einer gewissen Bedeutung. Um nicht des Näheren auf ihre Entstehung und Vorkommen einzugehen und mich dadurch zu wiederholen, verweise ich auf eine diesbezügliche Mitteilung meinerseits in den Jahreshften des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg¹, der ich auch nachstehendes analytische Material entnehme.

Die aus dem mittleren Buntsandstein vom „Harzofen“ bei Kaiserslautern stammenden roten Tongallen erwiesen sich wie folgt zusammengesetzt:

Bauschanalyse.	Salzsäureauszug.
Si O ₂ 60,09	Unlösliches 81,372
Al ₂ O ₃ 15,35	In Lauge u. Karbonat lösl. Si O ₂ 3,307
Fe ₂ O ₃ 12,11	löslich in HCl M ₂ O ₃ 0,505
P ₂ O ₅ 0,16	Fe ₂ O ₃ 7,345
Ca O 0,31	P ₂ O ₅ 0,163
Mg O 1,52	Ca O 0,133
K ₂ O 2,96	Mg O 0,527
Na ₂ O 0,87	K ₂ O 0,533
Glühverlust 6,11	Na ₂ O 0,483
99,48	S O ₃ Sp.
	Glühverlust 6,105
	100,473

Vergleicht man diese Tonsubstanz mit den Kaolinen, so zeigt sie sich reicher an Kieselsäure und Eisenoxyd aber ärmer an Tonerde, während in den Mengen ihrer akzessorischen Bestandmassen ein großer Unterschied gegenüber den Thüringischen Kaolinen besteht. Denn die unvergleichlich hohe Menge von Magnesia, Kali und Natron, sowie die geringe Menge von Kalk fällt sofort auf. Doch auch die Tongallen stellen das Verwitterungsprodukt von glimmer- und feldspatreichen Gesteinen dar.

¹ Vergl. Blanck: „Ein Beitrag zur Chemie und Physik der Tongallen im Buntsandstein.“ Jahrg. 1907. Bd. 63. S. 355—366.

Von den kalkreichen Gesteinen, welche als Dolomiteinlagerungen auftreten, sei die Analyse eines Dolomites vom Spicherer Berge auf Blatt Saarbrücken mitgeteilt¹. Derselbe ist ein unreines, kristallisiertes Gestein von graugelber Farbe und liegt unmittelbar unter der Grenze des oberen Buntsandsteins.

Sand und SiO ₂	29,1
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	11,5
CaCO ₃	37,7
MgCO ₃	12,4
H ₂ O	9,1
	<hr/>
	99,8

Infolge der vorangegangenen Erörterungen werden wir für den mittleren Buntsandstein der Hauptsache nach vier Gesteinstypen zu unterscheiden haben, die sich vermöge ihrer petrographischen wie chemischen Beschaffenheit den Einflüssen der Verwitterung gegenüber wechselnd verhalten werden. Der verschieden starke Widerstand, den sie den Verwitterungsagentien entgegen zu stellen vermögen, spricht sich in der Art ihres Aufbereitungsprozesses aus. Die Gesteinstypen sind: 1. geröllfreier Quarzsandstein mit seinen durch die Verschiedenheit des Bindemittels bedingten Modifikationen, 2. geröllführender, konglomeratischer Sandstein, 3. Sandsteinletten bzw. lette Sandsteine und 4. Schiefertone.

Der Verbreitung und Mächtigkeit nach überwiegen die reinen Sandsteine bei weitem. Ihre Verwitterung ist durch die Momente Struktur und chemische Zusammensetzung gegeben. Um nicht allzu breit in der Schilderung dieses Vorganges zu werden, können wir im allgemeinen auf die Seite 447 besprochene Verwitterung des Sandsteins der unteren Formationsabteilung verweisen. Immerhin bleiben noch einige wichtige Unterschiede bestehen, die in der Bindemittelarmut des mittleren Sandsteins ihre Ursache haben. Auch hier beginnt die Verwitterung ihr Werk an den Stellen geringster Adhäsion, welche naturgemäß die Schichtungsfächen der Sandsteine darstellen. Da wir aber gerade den mittleren Buntsandstein als ein an Diagonalschichtung und diskordante Parallelstruktur überaus reiches Gestein kennen gelernt haben, so werden wir verstehen, daß gerade hier für die Angriffsweise der Atmosphärien das günstigste Feld eröffnet ist, so daß denn auch eine schnelle Absonderung des Gesteins nach diesen Richtungen hin erfolgt, unterstützt durch die Gegen-

¹ Vergl. Erl. z. Bl. Saarbrücken (E. Weiß), S. 34.

wart und Natur des Bindemittels. Andererseits werden die Sandsteine von zahlreichen, meist recht scharfen Spalten, sog. Lassen¹ durchzogen, deren Richtung im allgemeinen parallel zu den großen Verwerfungsspalten verläuft und die meist häufig genug in allen tektonisch gestörten Gebieten des Buntsandsteins zu finden sind. In diesen Spalten finden die Verwitterungsagentien ebenfalls geeignete Angriffsflächen für ihr Werk. Infolgedessen bildet sich bald eine Sonderung des homogenen Sandsteins nach allen diesen Richtungen hin aus, und block-, schiefer-, platten-, bankförmig bzw. parallelepipedisch zergliedert sich das Gestein². Das Endresultat dieses ersten Stadiums der Verwitterung stellen Anhäufungen größerer und kleinerer Platten und Blöcke dar³. Eine treffende Schilderung dieses Vorganges entnehmen wir den diesbezüglichen Aufzeichnungen A. SAUER'S⁴. „Die ersten Angriffspunkte für die Verwitterung und Zertrümmerung der Buntsandsteindecke bieten offenbar, wie man an tiefen Aufschlüssen erkennen kann, zahlreiche der Buntsandsteinmasse innewohnende Absonderungsfugen, die teils der Schichtung folgen, teils mehr oder weniger senkrecht dazu verlaufen. Auf diesen sickert das Wasser ein, gefriert und lockert damit den Sandstein. Den nunmehr schon etwas erweiterten Spalten folgen die Baumwurzeln; sie fassen die obersten Bänke senkrecht und seitlich gleich eisernen Klammern, schieben ihre mehr und mehr erstarkenden Wurzeln wie Keile in die Schichtfugen und beteiligen sich so in hervorragender Weise an einem Zerstörungswerke, als dessen Resultat wir die gewaltigen Felsenmeere an den Hängen der Buntsandsteinmasse anstaunen.“

Dem ersten Stadium des Zerfalls schließt sich sofort ein zweites an, dessen Beginn wohl ebenfalls schon in die Zeit des ersteren fällt und dessen Ursache in der strukturellen Anordnung der einzelnen Teile des Sandsteins unter sich begründet ist. Die angreifende Tätigkeit der äußeren Einflüsse erstreckt sich nunmehr auf das ganze Bindemittel bzw. feinere Material des Sandsteins, lockert das ganze Gefüge und läßt ein Haufwerk von Quarz und

¹ Vergl. Erl. z. Bl. Speyer. S. 12.

² Vergl. hierzu die Erl. z. geol. Spez.-Karte von Preußen etc. Bl. Hersfeld, Lengsfeld und Göttingen und von der badischen Karte Bl. Neustadt.

³ Hierzu treten lokal auch Wirkungen von Kluftbildungen tektonischen Ursprungs.

⁴ A. Sauer: Erl. z. Bl. Oberwolfach-Schenkenzell d. geol. Spez.-Karte des Großherzogtums Baden.

Sandsteinfragmenten, gebettet in einer mehr oder minder reichlichen Masse feinerer Gesteinssubstanz, die vorwiegend dem Bindemittel entspricht, zurück, während ein nicht unbeträchtlicher anderer Teil der bindenden Substanz mechanisch fortgeschafft wird.

Zwar scheint im allgemeinen sich dieser Vorgang in der Natur nicht so schnell zu vollziehen, wie es aus der Beschaffenheit des Sandsteins gefolgert werden könnte. Und führe ich daher einige Zahlen an, welche Anhaltspunkte dafür zu geben vermögen. Es stellte nämlich TH. DIETRICH¹ Versuche über den Zerfall von Gesteinen an und fand, daß sich aus dem Buntsandstein innerhalb von vier Jahren 2,61 % Feinerde und 4,32 % Sand (—4 mm Durchmesser) gebildet hatten, während in ursprünglicher Größe 93,07 % Gesteinskörner zurückgeblieben waren¹. Von anderen Gesteinen wie Muschelkalk, Basalt und Röt den gleichen Verhältnissen ausgesetzt, stellte er fest, daß die in Stücken von 8—10 mm Durchmesser angewandten Gesteine nach Ablauf von 4 Jahren folgende Mengen von Feinerde und Sand (—4 mm Durchmesser) in Prozent der angewandten Masse erzeugt hatten.

	Buntsandstein- Sandstein	Muschelkalk- Kalk	Basalt	Röt-Ton
Feinerde	2,61	1,83	0,47	3,12
Sand	4,32	4,87	2,52	49,44

oder anders ausgedrückt aus je $\frac{1}{2}$ Kubikfuß der Gesteine bildeten sich folgende Mengen Feinerde in g,

506	272	108	580
-----	-----	-----	-----

die bei einer Oberfläche von 1 Quadratfuß eine Höhe repräsentieren von:

mm 4,95	2,23	1,09	6,04
---------	------	------	------

Aus diesen Zahlen läßt sich schließen, daß der Buntsandstein-Sandstein in der Schnelligkeit des mechanischen Zerfalls zwar dem Kalk des Muschelkalkes und namentlich dem Basalt überlegen ist, daß jedoch der Röt-Ton dieses Vermögen in weit höherem Maße besitzt, in Folge seiner sowohl strukturellen wie stofflichen Beschaffenheit.

Neuere Untersuchungen in gleicher Richtung, ausgeführt von

¹ Th. Dietrich: Zentralblatt für Agrikultur-Chemie. 1872 S. 6. und auch bei A. Hilger, Landw. Jahrbücher VIII. 1879. S. 2. Ferner Th. Dietrich: „Versuche über die Verwitterung des Bodens unter den verschiedenen Einflüssen.“ Landw. Zeitschrift f. Reg.-Bez. Cassel. 1874. Nr. 21—647. Zentralblatt für Agr.-Chem. VIII. 1875. S. 5.

E. HASELHOFF¹, sprechen ebenfalls für den leichteren mechanischen Zerfall des Buntsandsteins gegenüber Grauwacke, Muschelkalk und Basalt. Unzweifelhaft gehört aber der hier untersuchte Sandstein der unteren Abteilung der Formation an, während dieses aus den früheren Untersuchungen DIETRICH's nicht hervorgeht, vielmehr die Frage nach der stratigraphischen Stellung des von ihm s. Z. angewandten Sandsteins offen bleibt.

Die Gesteine wurden in einer Korngröße von 7,5—10,0 mm in zu diesem Zwecke konstruierte Zinkkästen eingefüllt und in diesem Zustande rund vier Jahre den Atmosphärien ausgesetzt. Nach Ablauf dieser Zeit waren in Prozenten der verwendeten Gesteinsmenge folgende Mengen der ursprünglichen Korngröße noch vorhanden bzw. neue Korngrößen gebildet worden:

	über 7,5 mm	7,5—5,0 mm	5,0—0,5 mm	unter 0,5 mm
Buntsandstein . . .	48,8	48,6	1,4	1,6
Grauwacke	81,5	18,0	0,3	0,2
Muschelkalk	77,9	21,6	0,3	0,2
Basalt	70,9	28,7	0,3	0,1

Im Gegensatz zu DIETRICH's Befund zerfällt demnach der Basalt etwas schneller als der Muschelkalk und der untere Buntsandstein-Sandstein fast so schnell wie das Röt-Gestein DIETRICH's. Die Grauwacke setzt der mechanischen Aufbereitung den größten Widerstand entgegen.

Sehr interessant ist eine neuerdings in dieser Richtung von D. HÄBERLE gemachte Beobachtung, die um so erwähnenswerter ist, als sie direkt den Vorgängen der Natur entnommen ist. HÄBERLE benutzte zur Messung der Denudation alte Grenzsteine oder trigonometrische Steine, indem er die Größe der Freilegung dieser Steine durch die Abtragung bestimmte. Er konnte auf diese Weise auf einer dreiwöchentlichen Fußtour durch die Rheinpfalz feststellen, daß die Abtragung der Höhen am stärksten im Rotliegenden, sodann im Buntsandsteingebiet und dann erst im Muschelkalk erfolgt. Im Buntsandsteingebiet der Mittelpfalz vermochte er bei den im Felde auf der Höhe stehenden trigonometrischen Steinen seit 1838 eine Abtragung bis zu 30 cm, an Grenzsteinen von 1763 eine solche von 40—55 cm und von 1786 bis zu 40 cm nachzuweisen. „Im Wald oder auf Ödungen, je nach dem Geländeabfall und dem Standort

¹ E. Haselhoff: „Untersuchungen über die Zersetzung bodenbildender Gesteine.“ Landw. Vers.-Stationen. Bd. LXX. 1909. S. 58.

(ob in geschlossener Rasendecke, ob an Waldrändern, Wegen, Viehtriften usw.) bei Grenzsteinen von

1600	eine	Abtragung	von	30,	25			
1764	„	„	„	25				
1766	„	„	„	45,	40,	15		
1786	„	„	„	40,	30,	25,	20	cm ¹ . ⁴

Dennoch scheint anderen Sandsteinen gegenüber sein Zerfall recht langsam von statten zu gehen, denn A. HILGER² fand für die mechanische Auflösung eines Keupersandsteins, des Stubensandsteins vom Burgberg bei Erlangen, schon innerhalb 3 Jahren die Werte 2,9 % Feinerde, 44,6 % Feinsand und 18,3 % Grobsand, so daß nur zirka 34,2 % des ursprünglichen Kornes unzerstört verblieben. Jedoch dürfte sich mit der Zunahme an eisenschüssigen tonigen Teilen im Sandstein der Vollzug dieses Prozesses beschleunigen³.

Wie aus den früheren Betrachtungen ersichtlich, ist die Natur der besprochenen Zerfallstadien mehr mechanischer Art denn eine chemische Zersetzung, so daß KÜSTER zu dem Schluß kommt: „Von einer eigentlichen Verwitterung kann bei den meisten Sandsteinen und Letten der Formation gar nicht die Rede sein, wenn man darunter nur eine außerordentlich langsam vorschreitende chemische Zersetzung und Auflösung verstehen will⁴.“

Bei all den beschriebenen Vorgängen bleibt jedoch ein Bestandteil des Sandsteins unberührt, es ist der Quarz, der weder einer Umwandlung fähig ist noch zersetzt werden kann.

Dennoch dürfen wir den gesamten Umwandlungsvorgang nicht lediglich als einen mechanischen Zerfall ansehen. Wenn auch bei der Verwitterung des Sandsteins die physikalischen Kräfte bei weitem überwiegen, so kommt den chemischen Lösungsprozessen doch ein nicht unwesentlicher Anteil an der Aufbereitung des Gesteins zu. Schon ein Blick auf die Zusammensetzung der Quellwasser aus dem Buntsandstein lehrt uns dieses, und verweise ich bezüglich dessen auf die schon früher gemachten Angaben.

Um die durch die Verwitterung hervorgerufene stoffliche Veränderung zu erfahren, wurden vom Verfasser ein Sandstein des

¹ D. Häberle: „Zur Messung der Fortschritte der Erosion und Denudation.“ Neues Jahrbuch f. Mineralogie etc. 1907. Bd. I. S. 11.

² Vergl. A. Hilger: „Über Verwitterungsvorgänge bei kristallinen und Sedimentgesteinen.“ Landw. Jahrbücher. VIII. 1879. S. 6.

³ Vergl. Erl. zu Bl. Lindau der preuß. Spez.-Karte.

⁴ Küster: l. c. S. 61.

mittleren Buntsandsteins und sein Verwitterungsboden einer eingehenden chemischen Analyse unterworfen, und waren für mich bei diesen Untersuchungen hauptsächlich folgende Überlegungen leitend.

Nicht die chemische Bauschalyse, wie dieses sonst gewöhnlich für derartige Untersuchungen zu geschehen pflegt, wurde zum Ausgangspunkt derselben gewählt, sondern eine durch mechanische Trennung des Gesteins wie Bodens erhaltene Fraktion und zwar diejenige unter 0,11 mm Durchmesser. Der Zweck dieses Verfahrens war den unnötigen Ballast der vielen durch den Quarz bedingten Kieselsäure auszuschalten, da dieselbe wegen ihrer Unlöslichkeit für die Frage nach der Verwitterung von keiner Bedeutung ist. Vielmehr war zu erwarten, daß sich das Bild des ganzen Vorganges klarer gestalten werde, wenn nur die chemisch angreifbaren und damit chemisch verwitterungsfähigen Substanzen des Gesteins allein mit den gleichartigen Stoffen des Verwitterungsbodens in Beziehung gesetzt würden.

Auf Grund dieser Untersuchungen konnte ich folgende Veränderungen beobachten¹.

Zusammensetzung der feinsten Teile (unter 0,11 mm) des Sandsteins vom „Harzofen“ bei Kaiserslautern und seines ursprünglichen Verwitterungsbodens ergab sich zunächst zu:

	Gestein	Boden
Si O ₂	66,125	66,355
Al ₂ O ₃	14,465	10,430
Fe ₂ O ₃	5,360	4,790
Ca O	0,415	0,495
Mg O	0,335	0,535
K ₂ O	6,015	2,755
Na ₂ O	1,735	1,340
P ₂ O	0,955	0,965
SO ₃	0,116	0,390
H ₂ O	2,620	4,206
Organische Substanz . . .	—	2,810
N	—	0,042

Auch die in Salzsäure löslichen Stoffe wurden bestimmt, doch wurde hierbei vom Material unter 2 mm ausgegangen, einmal um auch die die Quarzkörner umhüllenden Überzüge mit auszuziehen, andererseits wegen der Gleichheit des Ausgangsmaterials für die

¹ Näheres vergl. E. Blanck: „Zur Kenntnis der Böden des mittleren Buntsandsteins.“ Landw. Versuchs-Station. Bd. 65. 1906. S. 182—183 und 187—188.

sog. Nährstoffauszüge, welche sich stets auf Feinboden unter 2 mm Durchmesser beziehen.

	Gestein	Boden
Si O ₂	0,3458 g ¹	1,3647 g ¹
Al ₂ O ₃	0,2921 „	1,0629 „
Fe ₂ O ₃	0,7577 „	0,9120 „
CaO	0,0145 „	0,0135 „
MgO	0,0290 „	0,0779 „
K ₂ O	0,0733 „	0,1792 „
Na ₂ O	0,1165 „	0,2566 „
P ₂ O ₅	0,0166 „	0,0451 „
SO ₃	0,0404 „	0,0644 „

Aus diesen Zahlen ergibt sich für Si O₂, Ca O, P₂ O₅, Mg O und SO₃ eine relative, zum Teil nur ganz geringe Anreicherung im Verwitterungsboden. Für Kieselsäure erklärt sich dieses Verhalten aus der chemischen Beschaffenheit der doch wohl hauptsächlich als Quarz vorhandenen Substanz von selbst. Kalk und Phosphorsäure, welche hauptsächlich in der Form des Apatits zugegen sind, werden von kohlen-säurehaltigem Wasser immerhin gelöst, denn nach BISCHOF bringen 10 000 Teile kohlen-säurehaltiges Wasser 1,036 Teile nach WILLIAMS doch nur 0,71 Teile Apatit in Lösung², aber eine Auswaschung der Phosphorsäure tritt dennoch nicht ein, weil dieselbe, sobald sie ge-löst, mit dem reichlich vorhandenen Eisen zu Eisenphosphat umge-setzt wird. Da der Phosphorsäuregehalt den Gehalt an Kalk im Gestein wie Verwitterungsboden beträchtlich übersteigt, das Mengen-verhältnis für Ca O zu P₂ O₅ im Apatit jedoch fast das gleiche ist, so ist anzunehmen, daß ein Teil der Phosphorsäure an irgend einen anderen Körper, wahrscheinlich Eisen, gebunden sein muß. Hiermit stehen die in Salzsäure löslichen Anteile von Kalk und Phosphorsäure im Gestein im Einklang. Die weit größere Löslichkeit der Kieselsäure im Verwitterungsboden läßt unmittelbar auf die Zersetzung der gering vorhandenen Silikatmengen schließen, was eine weitere Be-stätigung durch die Abnahme von Kalk und Natron im Verwitterungs-boden, sowie deren Löslichkeit in Salzsäure findet. Der Austritt dieser beiden Substanzen erfolgte in der Weise, daß Kali stärker als Natron beeinflußt wurde. Auch die Löslichkeit der Tonerde deutet auf diesen Vorgang hin, während die Verminderung des Ton-erdegehaltes im Boden wohl auf eine mechanische Fortschaffung

¹ Summe von Salzsäure- und karbonatlöslicher Si O₂, für erstere wurden allein gefunden 0,0297 bzw. 0,0647 g.

² Vergl. J. Roth: „Allgemeine und chemische Geologie.“ Bd. I S. 57.

des aus dem Silikat frei gewordenen Tons zurückzuführen ist. Ebenfalls hat das Eisenoxyd eine Verminderung durch Lösung und Auswaschung erfahren. Die Anreicherung der Magnesia dürfte vielleicht ihre Ursache in ihrer Anwesenheit im schwer zerlegbaren Muskovit haben, doch gab die mikroskopische Untersuchung (vergl. Seite 468) keinen Anhaltspunkt hierfür. Die ebenso schwer denkbare Zunahme der Schwefelsäure kann nur auf eine Neubildung eines Sulfates irgend welcher Art zurückgeführt werden, ob hierbei die Magnesia eine Rolle spielt, muß fraglich bleiben, doch ließe sich damit die Zunahme beider Stoffe in Zusammenhang bringen¹. Die Schwefelsäure selbst entstand jedenfalls durch Oxydation des im Gestein vorhandenen Pyrits.

Ganz allgemein betrachtet erweist sich die chemische Verwitterung unseres Sandsteins hiernach doch nur als verhältnismäßig gering, und dürfen wir daher wohl sagen, daß mit der Quantität des Bindemittels die Anteilnahme, welche die chemische Verwitterung an der Aufbereitung des Sandsteins hat, eng verknüpft ist und zwar in dem Sinne, daß sie mit der Menge desselben zunimmt. Das gleiche gilt auch dann, wenn der Sandstein Feldspat, Glimmer oder Kaolin in größerer Menge führt, indem diese Minerale einen Teil seiner Quarze vertreten. Im Gegensatz hierzu steht die physikalische Verwitterung, sie nimmt in gleichem Maße, als die chemische Verwitterung zunimmt, ab. In diesen Sätzen ist das für die Aufbereitungsart aller zu betrachtenden Sandsteinvarietäten ausschlaggebende Verhältnis gegeben.

In den Gang der normalen Verhältnisse des Verwitterungsverlaufes können nun aber Einflüsse lokaler Art eingreifen, die denselben stark modifizieren. Hier ist es vor allem die Lage der Gesteinsschichten, die sich von größter Bedeutung erweist. Bei geneigter oder schiefer Lage ist es das Regenwasser, welches enorme Auswaschungen im Gesteinsgrus vornimmt, aber bei ebener horizontaler Lage können sich derartige Eingriffe dagegen nur wenig oder gar nicht geltend machen. Die Folge einer solchen Auswaschung ist auf der einen Seite das gänzliche Schwinden des Zementes unter Zurücklassen eines fast völlig sterilen Sandes, auf der andern Seite die Neubildung eines Lehm- oder sogar Tonbodens in den tieferen Teilen des Geländes². Eine Erscheinung, welche sich in allen

¹ Vergl. J. Roth, l. c. Bd. I. S. 237.

² Vergl. Bischof l. c. S. 159 und Erl. z. geol. Spez.-Karte von Preußen Bl. Nörten-Hönebach und zur badischen Karte Bl. Neustadt.

Talungen der Buntsandsteingebiete beobachten läßt und die Ursache für die Bildung zweier so weit voneinander abweichender Bodenarten aus ein und demselben Muttergestein ist. Die Beschaffenheit dieser Lehme ist stets die des Zements, also eine sandige, eisenreiche Tonmasse¹.

Ferner sei an dieser Stelle die Aufmerksamkeit auch auf die namentlich im mittleren Buntsandstein und dort wiederum vorwiegend in der geröllfreien Zone durch ihr Gesteinsmaterial hervorgerufenen Schuttböden gelenkt. Diese Böden unterscheiden sich meist von ihren analogen, anstehenden Primitivböden durch Tiefgründigkeit und Lockerkeit und durch einen höheren Humusgehalt. Da sie sich mit Materialien anderer Gesteine vermengen, indem sie Böden anderer Herkunft verdecken, so bilden sie oftmals Mischböden, deren Charakter in dieser oder jener Richtung stark modifiziert wird. In der Hauptsache bleibt jedoch die durch die petrographische Zusammensetzung der überlagernden Gesteinsschicht bedingte Natur gewahrt. Es würde selbstverständlich zu weit führen, alle die hierdurch möglichen Formen nur annähernd zu betrachten. Durch die fortschaffende und denudierende Tätigkeit der Flüsse wird das an den Hängen der Berge verwitternde und dadurch abgesonderte Gesteinsmaterial einer weiteren Aufbereitung unterworfen, wodurch ebenfalls neue Bildungen, wie Schotterböden, Sand- und Tonmassen aus dem Gestein entstehen, die sich je nach den wechselnden mechanischen Bedingungen an die hierfür günstigen Stellen des Flußlaufgebiets absetzen. Aber eine Unterscheidung all dieser Gebilde in Beziehung auf ihr geologisches Alter, sowie auch vom Gehängeschutt einerseits und austretendem Primitivboden andererseits ist bei der Gleichartigkeit des Gesteinsmaterials in den Buntsandsteingebieten meist nicht durchführbar². „Daß“ aber „die Verwitterung der Felsmassen schon zur Diluvialzeit stattgefunden hat und massenhaften Sandschutt und Felsblöcke über die Gehänge ausgebreitet hat, ist nicht zweifelhaft. Aber die Unterscheidung dieses Gehängeschuttes von den Verwitterungserzeugnissen der Gegenwart ist untunlich³.“

¹ Vergl. Leppa: „Die Westpfälzische Moorniederung.“ Sitzungsber. der K. B. Akad. d. Wiss. München 1888.

² Vergl. bezüglich der Schuttböden etc. Erl. z. geol. Spez.-Karte von Baden Bl. Neckargemünd S. 96 und Mosbach S. 33, von Württemberg Bl. Freudenberg S. 91 und Bücking: „Der nordwestliche Spessart“ S. 199 und ferner v. Koenen: „Über Abhangschutt und Diluvium.“ Jahrb. d. kgl. Preuß. geol. Landesanstalt 1896. S. 136.

³ Erl. z. Bl. Speyer a. Rh. S. 62.

Hiermit kommen wir zugleich zu den aus den Sandsteinen des mittleren Buntsandsteins hervorgehenden Böden selbst. Aus dem Vorhergehenden ist es schon verständlich, daß es überwiegend ziemlich magere und trockene, z. T. flachgründige, z. T. tiefgründige Böden sind, die die Formation zu erzeugen vermag. Namentlich ist dies der Fall, wenn die Schichten dem kieselig verkitteten Sandsteine entstammen, und ist dann ihr Nährstoffgehalt dementsprechend sehr gering. „Außerdem versinken die Niederschläge recht rasch auf solchem Boden und einige Tage intensiver Besonnung dörren ihn völlig aus. Auch die übermäßig winterliche Nässe verschwindet auf diesem Boden, wie ihn der Hauptbuntsandstein und einzelne Schichtenreihen der unteren Stufe liefern, im Frühjahr rasch, so daß er sich früh erwärmen und der Pflanzenwuchs auf ihm viel eher beginnen kann als auf anderen Bodenarten. Wenn er ausgetrocknet ist, so erwärmt er sich nicht nur rasch unter dem Einfluß der Sonnenstrahlen, er kühlt sich dann in der Nacht auch rasch und tief ab, was einmal einen reichlichen Taufall, dann aber auch Spätfröste und Erfrieren der Pflanzen zur Folge haben muß. Dieser Boden ist also entschieden als ein dem Ackerbau sehr ungünstiger zu bezeichnen¹.“

Die im petrographischen Teil dargelegten Gesteinsunterschiede der einzelnen Glieder der mittleren Abteilung machen sich in der Beschaffenheit ihrer Böden ebenfalls hervorragend geltend. Die grobkörnigen Konglomerate² haben im allgemeinen die Neigung in größere Felsblöcke überzugehen oder bei kieseligem festen Bindemittel trotzen sie lange der Verwitterung, so daß sie sich als scharf markierte Bänke vom benachbarten Gestein abheben. Zerfallen sie jedoch, welche Eigenschaft mit Abnahme der Menge des Bindemittels wächst, so liefern sie grobe, geröllreiche Kiesböden. Dieses gilt vorwiegend für das obere Geröllniveau, das Hauptkonglomerat. Doch nicht immer ist das Bodenbild der geröllführenden Schichten ein solches, denn im Eck'schen Geröllhorizont³ gestalten sich die Verhältnisse wesentlich besser, als Folge des tonigen Bindemittels und der in ihm oft auftretenden Tonbänke, so daß aus

¹ Küster: l. c. S. 81.

² Vergl. Bücking: „Nordwestl. Spessart“ S. 180. Luedecke „Bodenverhältnisse des Odenwaldes“ S. 84. Erl. z. Bl. Neckargemünd S. 102. Erl. z. Bl. Obertal-Kniebis S. 130 u. 132 und Bl. Simmersfeld S. 41 u. 42.

³ Vergl. Erl. zur badischen Karte Bl. Königfeld-Niedereschach und Bl. Triberg S. 39.

dieser Schicht ein Boden hervorgeht, dessen Art sich am besten durch die nachstehenden Worte LUEDECKE'S wiedergeben läßt: „Es entstehen reiche Sandböden, bald etwas mehr grob, bald mehr feinkörnig mit hohem Gehalt an Feinboden, 12—14% feinsten Teilen und meist geringerem Gehalt an Ton, 'Glühverlust und Humus.“ . . . Der Untergrund ist der Ackerkrume entsprechend, in der Tiefe findet sich zerklüftetes, Wasser durchlassendes Gestein, so daß die Böden physikalisch sehr schlecht gestellt und für Anbau der Nadelhölzer viel besser geeignet sind als für Ackerbau. Wenn sich Lettenbänke an der Bildung des Bodens beteiligen, so erhöht sich der Gehalt an feinsten Teilen wesentlich und die physikalischen Eigenschaften gestalten sich viel günstiger¹.“

Die größte Mannigfaltigkeit zeigt der aus dem mittleren Sandstein der Abteilung hervorgegangene Boden. Hier treffen wir alle Übergänge vom sterilsten Sand bis zum guten Mittelboden, der bei fleißiger Arbeit und Düngung wohl gute Erfolge zu verzeichnen hat. Zwar ist der Sand manchmal so locker und lose, daß der Fuß des ihn Betretenden tief in ihn einsinkt² und der Wind ihn über weite Strecken hin zu verwehen vermag, weil auch kaum eine dürrtige Vegetation, die dieses verhindern könnte, auf ihm gedeiht.

Wenn sich auch der mittlere Sandstein durchaus nicht durch Nährstoffreichtum auszeichnet, so besitzt er doch in seinem Bindemittel eine Kraft, derzufolge er jene großen Kontraste in seiner Bodenbildung hervorzubringen vermag. Wird dieser, seiner wesentlichsten, bodenbildenden Kraft in zweckmäßiger Weise einmal durch entsprechende Düngung oder andermal durch Anbau von gewissen Kulturgewächsen, wie den Gründungspflanzen nachgeholfen, so ist das Bild der Böden des mittleren Buntsandsteins, wie wir es soeben aus den Worten KÜSTER'S erfahren haben, doch nur für ganz bestimmte Horizonte desselben gültig.

Denn je tonhaltiger das Muttergestein war, um so lehmiger und zugleich tiefgründiger werden die Sande. Nur in dem Fall, in welchem das Bindemittel angeschwemmt worden und sekundär zum Absatz gelangt ist, erzeugt das Gestein, nämlich auf sekundärer Lagerstätte, einen tonigen Boden, dessen Beschaffenheit nach der Stärke der stattgefundenen Auswaschung mehr oder minder sandig ist. Der Untergrund des primären Verwitterungsbodens ist

¹ Luedecke, l. c. S. 83.

² Vergl. Erl. z. geol. Spez.-Karte von Preußen Bl. Neustadt S. 21 und Bl. Stadt Ilm S. 12.

dem Obergrund ähnlich oder gleich. Da der in der Tiefe anstehende Sandstein zerklüftet ist, wodurch er für Wasser sehr durchlässig wird, beeinflußt er den überlagernden Boden in physikalischer Hinsicht meist ungünstig.

A. VON KOENEN berichtet wiederholt über die Böden des Buntsandsteins im mittleren Deutschland. Seine Mitteilungen, die er gelegentlich seiner Kartierungsarbeiten machte, enthalten im wesentlichen auch alle Ausbildungsformen des Bodens der mittleren Formationsabteilung, so daß wir einige derselben hier anführen wollen. Auch von ihm wird die große Verschiedenheit des Bodens betont und die Kalkarmut der Ackererde hervorgehoben. Ferner weist er darauf hin, daß der Boden meist nur an den Abhängen steinig ist und nur dort sehr sandig wird „wo der Buntsandstein resp. einzelne Zonen lockerer Sande zutage treten“. Nach ihm ist die Ackererde „im allgemeinen“ sogar „besser, weil tiefgründiger und bündiger, als die des unteren Buntsandsteins. Die sandige und auch die etwas tonige Ackererde hat oft die unliebsame Eigenschaft, daß sie durch stärkere Regengüsse gewissermaßen zusammengeschlämmt wird und dann oben eine dicke Kruste bekommt¹.“ Und ferner sagt er von ihr: „die obersten Schichten liefern eine hellgraue bis braune, sehr feinerdige Ackererde, welche oft fast wie Lehm aussieht und wohl auch wie solcher benutzt wird. Ganz ähnlich ist auch die Dammerde, welche sich auf Plateaus oder doch nur sanft geneigten Flächen auf den tieferen, mürbereren Schichten des mittleren Buntsandsteins befindet. Dort ist der färbende Eisenoxydgehalt meist durch hindurchsickerndes Wasser ausgelaugt oder es ist doch nur eine lehm-braune Farbe zurückgeblieben. Da bei dem geringen Gefälle das Regenwasser die feineren Teile der Verwitterungsprodukte nicht fortzuführen vermochte, so ist die Dammerde mächtiger als an den stärker geneigten Stellen und tonig-sandig. Weil aber durch die Verwitterung die Kontinuität der Schichten sowohl, als auch der sonst so zahlreichen, durch sie hindurchsetzenden Klüfte aufgehoben ist, sind solche Plateaubildungen oft naß und sumpfig².“ „Auf den lockeren Schichten der oberen Hälfte der Etage liegt ein ziemlich fruchtbarer, tiefgründiger Ackerboden, welcher gar oft sehr sandig, mitunter aber durch beigemengte Schieferntonlagen lehmig ist. In

¹ von Koenen: Erl. z. Bl. Eiterfeld S. 8.

² v. Koenen: Erl. z. Bl. Geisa S. 6 vergl. auch ferner Bl. Hersfeld (v. Koenen), Ludwigseck (Beyschlag), Langenberg (Liebe), Neustadt (Liebe).

letzterem Falle ist nicht selten auch ein gewisser Kalkgehalt vorhanden, so daß der Boden kleefähig ist. Auf solchen tonigen Schichten entspringen nicht selten schwache Quellen und teils durch diese, teils durch künstliche Bewässerung wird der Boden dann zu Wiesen geeignet².“ Andererseits aber: „Die übrigen Schichten des mittleren Buntsandsteins liefern einen trockenen, sandigen, oft sehr steinigen Boden, welcher sich nur mittelmäßig zu Ackerboden eignet und fast auch überall mit Wald bedeckt ist¹.“

„Abgesehen von den durch die verschiedenen Oberflächenformen bedingten Verschiedenheiten ist die Dammerde des Bausandsteins recht verschieden von der des übrigen Buntsandsteins in ihrer Ertragfähigkeit infolge ihrer Beschaffenheit. Die Sandsteinbänke verwittern je nach ihrer Festigkeit mehr oder minder leicht zu einem trockenen Sandboden, welcher braun und ziemlich tiefgründig sein kann und dann gewöhnlich als „Lehm“ bezeichnet wird; er unterscheidet sich von Diluviallehm aber sehr bedeutend durch die rundliche Gestalt und auch bedeutendere Größe seiner Quarzkörner und durch geringere Fruchtbarkeit, da er einerseits arm an Pflanzennährstoffen und andererseits für Wasser weniger durchlässig, mehr Schlämsand-artig ist und dann auch eine etwaige Drainierung leicht wieder verschlämmt².“

Mitunter vermögen die den Sandsteinen teilweise recht reichlich eingelagerten Tongallen den durch die Verwitterung des Sandsteins gebildeten sterilen Sandboden physikalisch, wenn auch nur im geringen Grade, aufzubessern³, so daß dann leichte lehmige Sandböden entstehen. Daß die Mächtigkeit der Dammerde von der Terrainbeschaffenheit stark beeinflusst wird, ist selbstverständlich, doch mag es hier noch besonders betont werden. In Einsenkungen auf der Oberfläche oder in geneigter Lage wird sie tiefgründiger und damit fruchtbarer, während auf steilem Terrain ihre Mächtigkeit mit dem Grade der Neigung desselben abnimmt.

Daß sich der Boden der lettigen Sandsteine bzw. Sandsteinletten und Kaolinsandsteine noch besser in chemischer wie physikalischer Beziehung verhält, braucht keiner weiteren Erwähnung und leiten uns diese Bildungen zu den eingelagerten Schiefertönen,

¹ Erl. z. Bl. Friedewald S. 5 etc.

² v. Koenen: „Über Buntsandstein des Solling.“ Jahrb. d. Kgl. Preuß. geol. Landesanstalt. 1902. XXIII. S. 615.

³ Vergl. Erl. z. Bl. Epfenbach und Neustadt der badischen Karte.

Dolomitbänken und Kaolinen über. Jedoch treten diese nur in geringer Verbreitung bodenbildend auf, da sie einerseits überhaupt nur gering vorhanden sind, andererseits nicht häufig zutage anstehen.

Welchen Einfluß die Kaolin- und Dolomiteinlagerungen auf die Böden ausüben, braucht ebenfalls nach den voraufgegangenen Erörterungen über die analogen Bildungen im unteren Buntsandstein und ihrer chemischen Natur nicht weiter hervorgehoben zu werden. Dagegen sei kurz auf ihr Verhalten gegenüber den Verwitterungseinflüssen hingewiesen.

Als Rückstände chemisch wie mechanisch aufbereiteter Minerale ist die Anteilnahme der Schiefertone und Tone an der chemischen Verwitterung nur gering oder überhaupt nicht vorhanden. Daher unterliegen sie hauptsächlich nur den Einflüssen des mechanischen Zerfalls, der sich zuerst in einer Trennung der einzelnen Schichten kundgibt, was sich jedoch meist äußerst schnell zu vollziehen pflegt, so daß nach verhältnismäßig kurzer Zeit schon ein mehr oder minder fetter Lehm, je nach der Menge des Sandgehaltes der Schieferletten und Tone resultiert. Der entstandene Boden ist meist kalt und naß und eignet sich daher hauptsächlich für Wiesenland. Ein weit vorteilhafterer Boden entsteht jedoch dann, wenn er aus Lagen, die Sandstein und Schiefertone enthalten, hervorgeht. v. KOENEN und EBERT schildern die Verwitterung eines solchen Schiefertones aus der unteren Abteilung des mittleren Buntsandsteins und äußern sich darüber wie folgt: „Eine interessante Erscheinung ist die auffällige Verwitterungsfähigkeit der Schichten dieser unteren Abteilung des mittleren Buntsandsteins, namentlich der Schiefertone. Dieselbe erstreckt sich bis zu 2 m Tiefe und sogar noch darüber und vollzieht sich mit großer Schnelligkeit. An neu angelegten Verkoppelungswegen waren die Schieferletten frisch angeschnitten. Im nächsten Jahre sah man noch die rötliche Färbung im Einschnitt des Weges, erkannte auch noch die Schieferung, doch war die Umwandlung in eine sandige, lehmartige Masse bereits stark vorgeschritten. Im dritten Jahr war nur hier und da noch eine Spur von Schiefertone zu erkennen, sonst aber scheinbar sandiger Lehm.“ Von einem Schiefertoneprofil mit 1—2 m mächtiger Verwitterungsrinde wird weiter berichtet: „Man konnte hier alle Übergänge von reinem Schiefertone bis zum Lehm verfolgen. Die Oberfläche des frischen Schiefers war wellig und wurde hier und da von trichterartigen Vertiefungen unterbrochen, welche sich auf ein schnelleres Vordringen der Verwitterung

infolge von vertikalen feinen Klüften im Gestein zurückführen ließen. So kann die eigentliche Buntsandsteinbildung dem Auge ganz entzogen werden und die Landschaft den Eindruck einer mächtigen Lehmentwicklung machen, wie z. B. östlich von Gillersheim¹⁴.

Die Dolomiteinlagerungen nehmen ebenfalls nur untergeordneten Anteil an der Bodenbildung und sind in ihrer meliorierenden Eigenschaft für die kalkarmen Verwitterungsprodukte der Sandsteine wichtiger, wie als selbständig auftretende Bodenbildner.

Die Verwitterung der Dolomite und Kalke wird durch wesentlich andere Faktoren bestimmt, als die der Sandsteine und Tone. Bei ihnen wiegt vor allen Dingen die chemische Verwitterung vor; welche in der Hauptsache in der Auflösung und Fortschaffung des kohlen-sauren Kalkes besteht. Daher ist in diesen Gesteinen für die Bodenbildung derjenige Anteil maßgebend, der nicht aus kohlen-saurem Kalk und kohlen-saurer Magnesia besteht, sondern der geringe Bestandteil an schwer zerlegbaren Silikaten und Gemengteilen. Und zwar wächst im allgemeinen mit der Menge dieser Bestandteile die Güte der Kalksteinböden. So sind z. B. Wellenkalk und Trochitenkalk im Verhältnis zum mittleren Muschelkalk und den Tonplattenkalken dieser Formation arm an in Salzsäure löslichen Anteilen², ihre Böden erreichen dementsprechend meist auch nie die Beschaffenheit der letzteren. Denn es hat sich gezeigt, daß auch ein allzu starkes Vorwalten des Kalkes, was namentlich in solchen Böden zutrifft, die ihres Gehaltes an kohlen-sauren Verbindungen erst teilweise durch die Einwirkung der Verwitterung beraubt sind, durchaus keinen vorteilhaften Einfluß auf die Kultur der Gewächse auszuüben imstande sind, vielmehr das Gegenteil davon bewirken. Ziehen wir die Erfahrung der Bodenbildung aus Kalkgesteinen für die Dolomite unserer Formation heran, so erweist sich, daß diese Gesteine keine ungünstige Einwirkung auf die übrigen, doch mehr oder weniger sandigen Böden des mittleren Buntsandsteins auszuüben vermögen, da sie als integrierende Bestandteile der Sandsteinschichten mit diesen gemeinsam an der Bodenbildung teilnehmen, mithin diesen Sanden Bestandteile zuführen, welche jenen vor allen Dingen geradezu fehlen, wie kohlen-saurer Kalk und Magnesia. Dem-

¹ v. Koenen und Ebert, Erl. z. geol. Spez.-Karte v. Preußen. Bl. Lindau.

² Vergl. C. Luedecke, „Untersuchungen über Gesteine und Böden der Muschelkalkformation in der Gegend von Göttingen.“ Zeitschr. f. Naturw. Bd. 65. 1892 und Fülberth, „Über Verwitterungsböden des Muschelkalks in Oberschlesien.“ Diss. Gießen. 1894.

entsprechend kommt den Dolomiten unserer Formation eigentlich nur meliorierende Wirkung zu und sind ihre mit dem Sandstein gemeinsam gebildeten Verwitterungsböden denen des reinen Sandsteins überlegen.

In der nun folgenden Aufzählung von mechanischen und chemischen Analysen der Böden der mittleren Buntsandsteinformation sind unsere Kenntnisse wiederum hauptsächlich auf die Arbeiten C. LUEDECKE'S angewiesen, und lasse ich daher zunächst eine Übersicht seiner mechanischen Analysen folgen.

Mechanische Schlämmanalysen von Böden des mittleren Buntsandsteins nach LUEDECKE¹.

Boden aus dem Sm	Feinboden in %	Hundertstel Sand	des Feinbodens Staub	Feinstes	Ton nach HILGARD	Glühverlust	Humus nach GRANDEAU
		2-0,05	0,05-0,01	< 0,01 mm			
Eck'scher Geröllhorizont Sm ₁ A.	92	70	15	15	4,4	2,8	1,2
Pseudomorphosen-sandstein Sm ₂ A.	90	67	21	21	—	2,7	0,9
Feinkörniger Sandstein mit Lettenbänken Sm ₃ A.	95	75	12	13	2,7	2,9	0,9
Grobkörniger Sandstein Sm ₄ A.	95	76	11	12	1,1	4,6	1,8
Hauptgeröllhorizont Sm ₅ A.	94	76	3	21	2,2	2,7	1,1
Desgl. U ₁	86	—	—	—	—	2,0	0,9

Die einzelnen Analysen, aus welchen obige Tabelle als Mittel zusammengestellt worden ist, weisen die Zahlen auf Seite 21 auf. Wie aus diesen Angaben ersichtlich, sind einige dieser Böden keine reinen Verwitterungsprodukte des Buntsandsteins, sondern mit fremdem Gesteinsmaterial vermischt, sie sind zwar hier mitverzeichnet, doch sollen aus ihren Daten keine weiteren Schlüsse gezogen werden. Aus den Zahlen der übrigen mechanischen Bodenanalysen gehen die schon früher über die Beschaffenheit der Böden geäußerten Angaben hervor.

Die mechanische Analyse des Bodens aus dem Eck'schen Geröllniveau gibt deutlich den durch die Gerölle verursachten hohen Stein-

¹ Vergl. C. Luedecke, l. c. S. 154—155 und 158—161. A. = Ackerkrume, U. = Untergrund, Wein. = Weinberg, Wd. = Wald und W. = Wiese.

	Hundertstel des Gesamtbodens		Hundertstel des Feinbodens Sand		Staub	Fein- stes	S/S HILGARD	Ton nach ver- lust	Glüh- ver- lust	Humus nach GRANDEAU				
	< 5	5—2	< 2	2—1							1—0,5	0,5—0,2	0,2—0,1	0,1—0,05
Eck'scher Geröllhorizont Sm ₁ , Steinkopf b. Heppen- heim Wein, 30	28,1	7,1	64,8	2,3	3,0	14,5	51,5	9,3	5,8	12,8	99,9	6,4	2,2	0,3
Desgl. Sm ₁ , Oberkinzig Fl. 8 Hochfläche (mit Löß!) A. 15	3,2	1,9	94,9	1,7	1,9	17,3	27,7	11,7	23,3	16,5	100,1	2,5	2,8	1,2
Pseudomorphosensandstein Sm ₂ , Mittel-Kinzig Fl. 4, am Waldrand A. 15	16,2	1,1	82,7	1,2	3,2	22,7	28,9	10,7	20,8	12,4	99,9	—	2,5	0,8
Feinkörniger Sandstein mit Lettenbänken Sm ₃ , Dorf Er- bach Fl. 3, 54, A. 15	4,2	2,4	93,3	0,7	1,4	1,3	20,0	9,5	30,0	37,3	100,2	—	2,9	0,9
Desgl. Sm ₃ mit Löß, König Fl. 3, fast wagerecht Hegend A. 15	—	—	81,2	1,7	2,3	21,5	38,7	10,9	12,4	11,6	99,1	—	2,9	0,9
Desgl. Sm ₃ , König Fl. 2 ober- halb der Gartenwirtschaft A. 15	—	—	98,7	7,3	15,5	27,1	19,0	6,5	10,8	14,0	100,2	2,7	3,5	0,9
Grobkörniger Sandstein Sm ₄ , Krimbach Fl. 3, Stei- ler Abhang (Mischboden) A. 15.	—	—	93,9	1,4	13,8	25,9	26,9	9,2	10,8	12,0	99,0	1,1	2,6	1,1
Sm ₅ Ballen, Fl. 4 Pfaffen- acker, A. 15.	—	—	96,0	0,8	2,4	23,7	16,3	7,9	21,0	27,4	99,7	2,2	—	—
Desgl. Sm ₅ , Vielbrunn nörd- lich vom Orte mit Lehm A. 15	—	—	98,5	1,7	3,2	19,5	17,1	19,2	24,4	14,4	99,5	—	—	—

gehalten zu erkennen, und spiegelt sich im Tongehalt nach HILGARD das tonreiche Bindemittel wieder. Der grobkörnige Sandsteincharakter des Muttergesteins tritt im Boden durch $14,5 + 51,5\%$ der Teile zwischen $0,5$ und $0,1$ mm ebenfalls hervor. Seinen spezifischen Charakter verliert der Boden jedoch durch das Hinzutreten eines fremden Gesteinsmaterials, wie z. B. des Lösses, wie aus der zweiten Analyse hervorgeht.

Der Boden des Pseudomorphosensandsteins zeigt einen weit geringeren Gehalt an Steinchen über 5 mm als der vorhergehende Boden, ist jedoch arm an Ton und zeichnet sich durch größere Feinheit des Sandes und hohen Gehalt an Staub und feinsten Teilen aus. Durch Hinzutreten der Lettenbänke zu dem feinkörnigen Sandsteinboden des Sm_3 wird ein sandiger Lehm erzeugt, der $30,0$ Teile Staub und $37,3$ feinste Teile aufweist. Welche Veränderung der Löß und zugleich eine ungünstige Lage auf ihn auszuüben vermögen, läßt sich aus den beiden nachfolgenden Analysen des weiteren ansehen.

Im Boden des grobkörnigen Sandsteins sehen wir wiederum die sandige Ausbildung vorwiegen und wie deren Charakter durch die Teile zwischen $0,5$ und $0,1$ mm bestimmt wird ($25,9 + 25,9$). Staub und feinste Teile treten dafür wieder sehr zurück, während der Tongehalt nach HILGARD auf den Wert $1,1$ sinkt.

Der relativ hohe Gehalt an feinsten Teilen ($27,4$) und Ton ($2,2$) des Bodens aus Sm_3 hat seine Ursache darin, daß dieser Boden nicht dem Geröllhorizont selbst entstammt, sondern zugleich den ihn überlagernden mürben Sandsteinen mit Lettenzwischen-schichten (vergl. LUEDECKE S. 84). Aus dem Horizont selbst gehen nur Böden weit geringerer Qualität hervor.

Weitere mechanische Analysen analoger Abkunft teilt C. REGELMANN¹ mit.

	>2 mm	2-1	1-0,5	0,5-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	<0,01
Boden des Eck'schen Konglomerates ($Sm\ c_1$), Rainköpfe nördlich Mitteltal, Wald.	18,3	16,5	27,1	33,4	1,8	1,6	1,3
Desgl. ($Sm\ c_1$). Un- terer Sand, Buhlbach, Wald.	18,4	10,8	15,7	41,4	5,4	4,7	3,8

¹ Vergl. Erl. zu Bl. Obertal—Kniebis, S. 134.

	> 2 mm	2-1	1-0,5	0,5-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	< 0,01
Böden des mittleren Hauptbuntsandsteins (Sm) Ellbachkopf, Wald.	10,8	0,7	2,1	79,9	3,0	2,9	1,6
Desgl. (Sm) Schramberg, Abteilung Ilgenbächle, Wald.	17,8	8,4	14,3	54,6	2,8	1,1	1,0
Desgl. (Sm) Schramberg, Abteilung Ilgenbächle, Wald.	12,0	8,1	12,3	57,0	6,3	2,5	1,8

Auch hier tritt der steinige Charakter des Bodens aus dem Eck'schen Konglomerat deutlich hervor, während die Böden des mittleren Hauptbuntsandsteins ihre sandige Natur in der mechanischen Analyse erkennen lassen.

Ferner gibt STEINRIEDE¹ eine mechanische Analyse eines mittleren Buntsandsteinbodens wieder, er fand den „Tonboden“ von der Ziegelei Feldschlößchen bei Halle-Nietleben folgendermaßen zusammengesetzt:

	Steine	Stein- freier Boden	Grob- kies	Fein- kies	Perlsand	Grob- sand	Fein- sand	Abschlamm- bare Teile
	> 5 mm	< 5 mm	5-3	3-2	2-1	1-0,5	< 0,5 mm	
A.	1,6	98,38	0,574	0,556	0,620	1,360	48,488	47,172
U.	—	100,00	0,361	0,591	0,741	2,194	47,456	48,002

Dieser sandige Lehm dürfte dem Boden LUEDECKE's aus Sm₃ von Dorf Erbach ziemlich nahestehen. Auch bestimmte STEINRIEDE die Dimensionen der abschlämbaren Teile und wies nach, daß „eine gleichmäßige Größenzunahme der Partikel nicht“ stattfindet. Beim dritten Ablauf (SCHÖNE'sches Schlämmverfahren) trat ein Zurückgehen in der Größe der Partikelchen ein, dann nahm die Größe derselben bis inkl. des sechsten Ablaufes wieder zu, um dann im Verlauf der Operation wechselnd zu- und abzunehmen².

Wir wenden uns nunmehr der chemischen Zusammensetzung der Böden zu und nehmen bezüglich der besseren Einsicht die analytischen Ermittlungen vorweg. Zunächst sei eine Wiedergabe des

¹ Steinriede, „Anleitung zur mineralogischen Bodenanalyse.“ Leipzig. 1889. S. 16 und 18. Auch der von Th. Dietrich mitgeteilte Befund der mechanischen Analyse eines Sandes aus „körnigem Buntsandstein“ darf wohl gleichfalls zum mittleren Buntsandstein gestellt werden. Dietrich fand: 3,1 Sandkörner (1-2 mm); 73,8 grobkörniger Sand; 6,1 feiner Sand; 3,2 feinsten Sand und 13,8 tonige Gemengteile. Centralbl. f. Agr. Chem. Bd. VI. 1874. S. 8.

² Vergl. Steinriede, l. c. S. 19.

Gehaltes der Böden an Humus, Kalk, Magnesia und Kohlensäure, sowie ihres Glühverlustes vorangestellt, welche sich auf die von LUEDECKE untersuchten Böden bezieht, worauf eine Übersicht des in Salzsäure löslichen Anteils von Böden des mittleren Buntsandsteins folgt.

Tabelle I.

Mittelwerte des Gehaltes an Humus, Kalk, Magnesia und Kohlensäure, sowie des Glühverlustes von Böden des mittleren Buntsandsteins im Odenwald, ausgedrückt in ‰ des lufttrockenen Feinbodens (nach C. LUEDECKE)¹.

Geolog. Horizont A. Ackerböden des	Anzahl der Be- stim- mungen	Glüh- verlust			Humus			Ca O			Mg O			CO ₂			
		A.	U ₁	U ₂	A.	U ₁	U ₂	A.	U ₁	U ₂	A.	U ₁	U ₂	A.	U ₁	U ₂	
Sm ₁																	
Eck'scher Geröll- horizont	III	28	—	—	12	—	—	0,6	0,3	—	0,3	0,07	—	0,6	—	—	—
Desgl. mit Löß . .	I	22	—	—	3	—	—	3,7	—	—	0,8	—	—	3,0	—	—	—
Sm ₂																	
Pseudomorphosen- sandstein	X	27	—	—	9	—	—	0,7	1,0	—	0,3	0,04	—	0,4	—	—	—
Sm ₃																	
Feinkörniger Sand- stein mit Letten- bänken	VIII	27	—	—	9	—	—	0,5	0,2	—	0,2	Sp.	—	0,08	—	—	—
Desgl. mit Löß . .	III	32	—	—	9	—	—	1,1	0,6	—	0,2	0,1	—	0,3	—	—	—
Sm ₄																	
Grobkörniger Sand- stein	VII	48	—	—	18	—	—	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,06	—	—	—	—
Desgl. mit Lehm .	III	—	—	—	—	—	—	0,5	0,2	—	0,1	—	—	—	—	—	—
Sm ₅																	
Hauptgeröllhorizont	VI	27	20	—	11	9	—	0,3	0,3	—	0,1	Sp.	—	0,3	—	—	—
Desgl. mit Lehm .	II	45	—	—	6	—	—	0,7	—	—	0,1	—	—	—	—	—	—
B. Wiesenboden im Buntsandstein .	VIII	48	—	—	20	—	—	0,9	—	—	0,5	—	—	0,4	—	—	—

Tabelle II.

Nährstoffanalysen von Böden aus dem mittleren Buntsandstein.

1. Sm₂ Weinbergboden, Starkenburg bei Heppenheim².
2. Sm₂ Gesteinsgrus, tieferer Untergrund von Rinhorn².
3. Sm₃ Ackerkrume 15 cm, Fl. 3 Dorf Erbach².
4. Sm₅ Wiese 10 cm, bei Zell gegen Haberich Höhe².

¹ Vergl. Luedecke, l. c. S. 164—167.

² Vergl. Luedecke, l. c. S. 172—173.

5. Sm₅ Ackerkrume 12 cm, nördlich von Vielbrunn¹.
6. u. 7. Hauptbuntsandsteinboden, Vogesensandstein (grès des Vosges)².
8. Unterer Hauptbuntsandsteinboden Sm, ungedüngt, Harzofen bei Kaiserslautern³.
9. Sm₁ mit Löß, Steinkopf bei Heppenheim, Weinbergboden¹.
10. Sm₃ Ackerkrume, 10 cm, mit Löß, Emetzwald bei Lützelbach¹.
11. Hauptbuntsandsteinboden, Kaufunger Wald, Waldboden, Oberkrume⁴.
12. Desgl. zugehöriger Untergrund⁴.
13. Desgl. Untergrund, von einer Ortsteinschicht überlagert⁴.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
Unlöslich in . . HCl	—	—	91,68	—	—	94,40	93,00	91,91	94,33	—	91,78	90,87	95,47
Löslich in HCl													
Si O ₂	—	—	2,75	—	—	—	—	1,37	1,61	—	0,05	0,08	0,02
Al ₂ O ₃	—	—	1,51	—	—	0,46	1,18	1,06	0,16	—	2,08	2,74	1,25
Fe ₂ O ₃	—	—	1,05	—	—			0,91	0,74	—	1,33	1,90	0,64
Ca O	0,15	0,05	0,09	0,17	0,19	0,02	0,00	0,014	0,36	0,23	0,05	0,06	0,03
Mg O	0,02	0,04	0,05	0,19	0,14	0,02	0,27	0,08	0,07	0,13	0,12	0,22	0,09
K ₂ O	0,04	0,05	0,06	0,06	0,06	0,03	0,09	0,19	0,12	0,15	0,07	0,16	0,05
Na ₂ O	0,09	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,06	0,26	0,01	0,29	0,01	0,01	0,02
P ₂ O ₅	—	0,04	0,05	0,07	0,09	0,02	0,09	0,05	0,04	0,07	0,05	0,03	0,03
S O ₃	—	—	0,04	—	—	—	—	0,06	0,01	—	0,03	0,02	0,03
CO ₂	—	—	0,02	—	—	—	—	0,04	0,30	—	—	—	—
H ₂ O	—	0,57	0,48	2,49	1,57	—	—	1,25	1,05	1,95	1,08	1,20	1,69
Glühverlust	—	—	2,66	—	—	3,20	4,10	4,10	1,97	—	4,43	3,91	2,37
ges. N.	—	—	0,11	—	—	—	—	0,04	0,10	—	0,05	0,02	0,02

Ogleich die Zahlen obiger Tabelle nicht ohne weiteres vergleichbar sind, da die zur Lösung benutzte Salzsäure nicht von gleicher Konzentration und auch die Dauer ihrer Einwirkung eine verschiedene war, so geht doch ganz deutlich aus allen Werten hervor, daß die Böden des mittleren Buntsandsteins außerordentlich arm an Pflanzennährstoffen sind. Denn der Kalkgehalt erweist sich in allen Fällen als viel zu gering, nur in den Böden 9 und 10 sehen wir ihn durch die Melioration mit Lößmaterial gesteigert. Gleiches gilt von der Magnesia und auch das Kali dürfte erheblich

¹ Vergl. Luedecke, l. c. S. 172—173.

² Vergl. Luedecke, l. c. S. 89. Analysen mitgeteilt von Grandeau.

³ Vergl. Blanck, Landw. Versuchs-Stationen. Bd. 65. S. 215.

⁴ Vergl. Hornberger, Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen. 40. 1908. S. 98.

höher vorhanden sein. Im Vergleich mit den Analysen der Sandböden der unteren Formationsabteilung zeigen die Zahlen für Kali hier weit niedrigere Werte. Das Natron tritt mit einigen Ausnahmen ebenfalls stark zurück und die Phosphorsäure ist höchst unzureichend zugegen. Auch lösliche Tonerde und Eisenoxyd sind weniger vorhanden, als für sie zu erwarten wäre, was namentlich für das Eisen der Fall ist, da doch die rote Färbung der Böden auf größere Quantitäten hinweist. Bezüglich des geringen Gehaltes an Tonerde läßt sich schließen, daß nur geringe Mengen zersetzbarer Silikate zugegen sind. Namentlich tritt dieses in den Analysen der Böden 6., 7. und 9. hervor, leider fehlen hierfür die Angaben der meisten aufgeführten Bestimmungen.

Die Verwitterung des mittleren Buntsandsteins, die Umwandlung desselben in Ackerboden, sowie die durch die Düngung auf ihn ausgeübten Einflüsse versuchte ich durch die Untersuchung von anstehendem Buntsandstein einerseits, Primitivboden desselben, Verwitterungsstufen wie Kulturboden aus verschiedenen Lagen andererseits zu studieren. Zu diesen Untersuchungen wählte ich die im mittleren Buntsandsteingebiet gelegenen Bodenschichten der „Sandfelder“ der Feldversuchsstation Kaiserslautern in der Pfalz¹. Die Sandfelder selbst liegen in einer, in eine Senkung übergehende Abdachung einer anstehenden Buntsandsteinschwelle. Die Lage der dort auftretenden Verwitterungsschichten ist etwa folgende. Zuerst, in einer Tiefe von im allgemeinen etwa 0,6 m beginnend, lagern rote Sande, die sich nach unten weiter fortsetzen, deren Liegendes wie Mächtigkeit ich jedoch aus Mangel an geeigneten Bohrapparaten etc. nicht festzustellen vermochte, von welchen jedoch als sicher anzunehmen ist, daß sie das Hangende des anstehenden Buntsandsteins bilden. An manchen Stellen beginnen die roten Sande schon in 0,25 m Tiefe und werden sie dann direkt von einer Schicht brauner Sande überdeckt. Gewöhnlich lagern aber zwischen den roten und braunen Sanden gelb und gelbbraun gefärbte Sandschichten. Das Vorkommen ersterer liegt zwischen 0,4 und 0,6 m, dasjenige letzterer, was aber nicht überall nachweisbar ist, zwischen 0,4 und 0,5 m Tiefe. Und zwar ist die Aufeinanderfolge beider Schichten stets so, daß die gelbe von der gelbbraunen überlagert wird.

Aus dieser etwas wechselnden Anordnung der Lagerung ist

¹ Vergl. Landw. Vers.-Stationen. Bd. 65. S. 193.

etwa nachstehendes Normalprofil des Ober- und Untergrundes zu entnehmen:

Zu oberst brauner, lehmiger Sand, die Ackererde, 1—40 cm bzw. 1—25 cm mächtig, dieser übergehend in gelbbraunen Sand, Tiefe 40—50 cm, darunter folgend gelber Sand, Tiefe 50—60 oder 40—60 cm, und zu unterst roter Sand, Tiefe von 60 cm oder schon von 25 cm an, in letzterem Fall jedoch die Zwischenschichten nicht vorhanden.

Durch einen künstlichen Aufschluß einer Sandgrube nördlich des Versuchsfeldes wurde die beschriebene Folge der Schichten im Boden bestätigt. Hier folgten alle Schichten normal aufeinander, wie an der Steilwand der abgebauten Sandgrube deutlich zu erkennen war. Die Sandgrube bildete einen Ausschnitt aus dem Kulturboden der den Versuchsfeldern benachbarten Felder, so daß ihre Untergrundschichten auch den Einflüssen früherer Bodenkulturmaßregeln wie Düngung etc. zugänglich gewesen sind¹.

Die zur Untersuchung dienenden Untergrundsproben wurden sowohl dem Versuchsfelde als auch dem künstlichen Aufschluß entnommen und gründlich durchmischt. Die Bodenproben der Ackererde wurden nur aus den Obergrundschichten der Versuchsfelder allein genommen und zwar wurde die Ackererde in zwei getrennten Bodenproben untersucht. Die eine Probe, die als „gedüngter Boden aus den höheren Lagen“ bezeichnet wurde, war den Bodenkuppen des Feldes, d. h. Stellen entnommen, welche eine geringe Erhöhung auf der Oberfläche des Feldes bildeten. Sie stellte eine Mischprobe aus dem Boden bis zu einer Tiefe von 40 cm dar. Desgleichen der „gedüngte Boden aus den tieferen Lagen“, doch stammte sein Material aus den tiefer gelegenen Teilen des Feldes. Der Grund für die Entnahme dieser beiden Ackerbodenproben lag in der Vermutung, daß sich der Boden in den verschiedenen Lagen infolge der Einflüsse von Wind und Regen abweichend verhalten könnte, was auch durch die Analyse eine Bestätigung erfuhr.

Untersucht wurden die Schichten in mineralogisch-petrographischer Hinsicht auf ihre mechanische Beschaffenheit hin und auf ihre chemische Zusammensetzung.

Die mineralogische Untersuchung beschränkte sich auf die Be-

¹ Ich führe dieses hier besonders an, weil seinerzeit von J. Hazard gewisse, jedoch recht unbegründete Einwendungen gegen die Auswahl der Schichten gemacht wurden. (Centralbl. für Agr. Chem. Bd. 17. 1908.)

stimmung der Minerale der einzelnen Korngrößen (mit der Lupe), wie sie durch die Siebanalyse gewonnen wurden und ließ erkennen, daß mit der Abnahme des Kornes die Auflösung des Sandgesteins in seine Bestandteile zunimmt. Denn es konnte festgestellt werden, daß in den Bodenteilen über 2 mm und zwischen 2 und 1 mm noch Sandsteinfragmente vorhanden sind, solche aber schon in dem Anteil von 1—0,5 mm fehlen, so daß sich dieser Anteil als völlig aufgelöster Sandstein erweist und daher der Hauptsache nach nur aus Quarzen besteht. Die noch kleineren Bodenteile setzen sich ebenfalls lediglich aus Quarzsand zusammen und unter 0,24 mm ließ sich eine deutliche Trennung der Mineralfragmente mit der Lupe nicht mehr durchführen. Entsprechend der Dauer des Verwitterungsprozesses konnte eine stärkere Beeinflussung der Oberfläche der Sandstein- und Quarzfragmente durch die Verwitterungsagentien wahrgenommen werden, was sich namentlich durch die Veränderung ihrer Farbe, hervorgerufen durch die fortschreitende Oxydation der sie umhüllenden Eisenüberzüge oder Imprägnationen zu erkennen gibt. Während auch die Auflösung des Sandsteins in den, den tieferen Untergrund bildenden, Verwitterungsstufen vornehmlich der Korngröße 1—0,5 mm angehört, tritt sie im Obergrund, d. h. dem Ackerboden schon in derjenigen zwischen 2 und 1 mm auf, wodurch gleichfalls die Stärke der Verwitterung hervorgeht.

Die durch die mechanische Siebanalyse ermittelten Mengen der einzelnen Korngrößen der Bodenteile, welche an der Zusammensetzung der Verwitterungsstufen sowie Böden teilnehmen, ergaben folgende Resultate. Doch dürfte aus ihren Zahlen nur der eine Schluß berechtigt sein, daß eine wesentliche Veränderung innerhalb der Korngrößen der verschiedenen Stufen durch die Verwitterung nicht stattzufinden scheint, was in anbetracht des Gesteinsmaterials unseres Bodens auch verständlich ist. Die in der Tabelle teilweise stark differierenden Zahlen für entsprechende Korngrößen dürften durch die Menge des Anteils über 2 mm bedingt sein, wodurch eine Verschiebung des prozentischen Gehaltes der anderen Korngrößen verursacht wird¹.

¹ Es berechnen sich z. B. für den Anteil unter 0,24 mm bei Ausschluß der Steine (über 2 mm) prozentisch abgerundet auf ganze Zahlen, folgende Werte: Verw. Stufe I 31; II 36; III 30; gedüngter Boden 38 und 35; ungedüngter Boden 31, so daß die feineren Bestandteile in ihrer Menge keine allzu großen Verschiedenheiten aufzuweisen haben.

Mechanische (Korn-)Analyse der Verwitterungsstufen und Böden.

Korngrößen :		Verw. Stufe I roter Sand	Verw. Stufe II gelber Sand	Verw. Stufe III gelbbrauner Sand	Gedüngter Boden ¹ aus den tieferen höheren Lagen		Un- gedüngter Boden
über	2 mm	5,08 %	2,73 %	22,19 %	8,25 %	16,31 %	17,88 %
von	2—1 "	0,93	1,12	2,26	1,44	3,52	1,15
"	1—0,5 "	13,84	15,32	14,39	13,38	22,11	16,84
"	0,5—0,24 "	50,38	45,70	38,18	42,39	29,09	38,73
unter	0,24 "	29,77	35,13	22,98	34,54	28,97	25,40

Die chemische Analyse erstreckte sich einmal auf die Feststellung des Gesamtgehaltes aller am Aufbau des Bodens beteiligter Verbindungen und wurde für diesen Zweck aus im vorhergehenden schon dargelegten Gründen der unter 0,11 mm liegende Anteil gewählt. Ferner wurden die sogenannten Nährstoffanalysen der Bodenproben ausgeführt, d. h. der in einer Salzsäure von gewisser Konzentration in der Hitze lösliche Anteil des Gesamtfinbodens unter 2 mm Korngröße ermittelt. Bei diesen Bestimmungen wurde von 100 g Feinboden ausgegangen, welche auf dem Sandbade mit je 200 cem Salzsäure vom spez. Gew. 1,15 eine Stunde gekocht wurden und deren in Salzsäure unlöslicher Rückstand zur Ermittlung der löslichen Kieselsäure mit einer 5 % Na_2CO_3 — NaOH -Lösung eine halbe Stunde auf dem Wasserbade behandelt wurde. In der nachfolgenden Übersicht der gefundenen Zahlenwerte sind auch diejenigen für den Sandstein selbst vorangestellt.

Chemische Gesamtanalyse des Anteils unter 0,11 mm Durchmesser².

In %	Buntsand- stein	Roter Sand	Gelber Sand	Gelb- brauner Sand	Gedüngter Boden aus den tief. Lagen höh. Lagen		Un- gedüngter Boden
SiO_2	66,125	82,345	67,685	67,955	65,460	63,605	66,355
Al_2O_3	14,465	7,505	12,475	8,515	7,375	7,430	10,430
Fe_2O_3	5,360	4,445	5,630	6,945	5,895	8,055	4,790
CaO	0,415	0,410	1,040	0,915	1,660	1,960	0,495
MgO	0,335	0,330	0,450	0,935	0,870	0,550	0,535
K_2O	6,015	3,485	3,140	2,440	2,770	3,250	2,755
Na_2O	1,735	0,555	1,575	3,130	2,020	3,755	1,340
P_2O_5	0,955	0,385	1,030	1,015	1,280	1,560	0,965
SO_3	0,116	0,142	0,260	0,305	0,560	1,020	0,390
H_2O	2,620	0,573	5,210	3,900	4,250	4,572	4,206

¹ Vergl. Anmerkung S. 30.

² Leider wurden von dem Anteil unter 0,11 mm Durchmesser keine Glühverlustbestimmungen ausgeführt, woraus sich erklärt, daß die Summen der einzelnen analytischen Werte den Wert 100 nicht erreichen.

„Nährstoffanalyse“ des Gesamtfeinbodens unter 2 mm Durchmesser.

Si O ₂	0,3458	0,5389	1,7939	1,5578	1,9808	2,1680	1,3647
Al ₂ O ₃	0,2921	0,1468	1,8670	1,2916	0,8341	0,3369	1,0629
Fe ₂ O ₃	0,7577	0,6710	1,3700	1,1655	1,6760	2,4760	0,9120
Ca O	0,0145	0,0145	0,0755	0,0545	0,2500	0,5205	0,0135
Mg O	0,0290	0,0536	0,0872	0,0840	0,0916	0,1496	0,0799
K ₂ O	0,0733	0,0610	0,1003	0,2445	0,1694	0,1258	0,1792
Na ₂ O	0,1165	0,0845	0,2037	0,4429	0,2833	0,2610	0,2566
P ₂ O ₅	0,0166	0,0132	0,0435	0,0819	0,1784	0,3411	0,0451
S O ₃	0,0404	0,0149	0,0498	0,1456	0,1717	0,3310	0,0644
H ₂ O	0,2105	0,2580	2,1850	1,2350	1,4890	1,5845	1,2450
Glüh-							
verlust	—	0,5480	4,7700	4,0750	5,7820	5,7770	4,0950
Ges.-N.	—	0,0032	0,0479	0,0708	0,0850	0,0790	0,0417

Außer den obigen analytischen Bestimmungen wurden die für den Pflanzenbau in Betracht kommenden Bodenschichten, also der ungedüngte und die gedüngten Böden, sowie der gelbbraune Sand, als Untergrund des gedüngten Bodens, nach der SCHLOESING'schen Methode auf ihre Hauptbodenkonstituenten hin untersucht, und anschließend daran ihr Wasserfassungsvermögen, sowie ihre Absorptionskraft für die drei wichtigsten Nährstoffe Kali, Phosphorsäure und Stickstoff nach den bekannten Methoden ermittelt. Die Kenntnis der Aufnahmefähigkeit dieser Stoffe durch den Boden berechtigt zu gewissen Schlüssen über die Anwesenheit und das Verhalten bestimmter Bodenelemente, woraus andererseits wieder hervorgeht, ob durch die Düngung¹ für die Pflanzenproduktion erhebliche Veränderungen des Bodens oder keine geschaffen wurden.

Hauptbodenkonstituenten nach SCHLOESING's Methode.

In %	Ungedüngter Boden	Gelbbrauner Sand	Gedüngter Boden ¹ aus den tieferen Lagen		höheren Lagen
Sand	93,525	92,870	92,640		89,540
Ton	2,035	2,425	1,392		4,185
Ca C O ₃	0,022	0,212	0,410		0,780
Mg C O ₃	0,058	0,282	0,119		0,133
Organ. Subst.	3,115	2,976	3,950		3,782
H ₂ O	1,245	1,235	1,489		1,580

¹ Zur Zeit der Untersuchung standen die Böden seit 5 Jahren in Kultur durch die Kreis-Feldversuchsstation Kaiserslautern, ihnen waren folgende Mengen und Arten von Düngern gereicht worden. Begonnen wurde im ersten Jahre mit einer einmaligen Kalkung von 15 000 kg Kalk pro Hektar, welcher im gleichen und allen nachfolgenden Jahren je eine Gabe von 60 kg Kali und 80 kg Phosphorsäure folgte. Die Phosphorsäure wurde als Thomasschlacke, das Kali an-

Absorption in Gramm auf 100 g Boden berechnet und Wasserkapazität in Gramm.

	K ₂ O	P ₂ O ₅	N.	Wasserkapazität
Gelbbrauner Sand	0,0404	0,2232	0,0058	37,78
Gedüngter Boden a. d. tieferen Lagen	0,1188	0,1464	0,0338	37,94
„ „ „ „ höheren Lagen	0,1204	0,1464	0,0408	35,36
Ungedüngter Boden	0,0252	0,2312	0,0000	—

Bei der Betrachtung der vergleichenden Übersicht der Resultate fällt zunächst für die Gesamtanalyse des Anteils unter 0,11 mm Durchmesser die völlige Verschiedenheit der Zusammensetzung des roten Sandes von der der übrigen Bodenstufen auf. Vor allen Dingen tritt dieses im Kieselsäuregehalt hervor, der sich mit einem Wert von rund 82,4 % als am höchsten von allen erweist, während die übrigen im roten Sand enthaltenen Stoffe meistens nur in den geringsten Mengen zugegen sind. Ein Vergleich mit der zugehörigen Nährstoffanalyse lehrt das gleiche Verhältnis. Hieraus läßt sich folgern, daß zum Zustandekommen des roten Sandes aus dem Buntsandstein¹ ein Fortschaffen großer Quantitäten von allen Stoffen mit Ausnahme der Kieselsäure stattgefunden haben muß, und daß daher der übrig gebliebene Sand nur ein wenig angreifbares Produkt darstellen kann, was natürlich in seinen Löslichkeitsverhältnissen zum Ausdruck kommen muß. In der Tat sehen wir aus der Bauschanalyse eine beträchtliche Fortführung von Substanz, die sich namentlich auf Tonerde, Eisenoxyd, Kali, Natron und Phosphorsäure erstreckt. Der Gehalt an Kalk, Magnesia und Schwefelsäure ist dagegen gleichgeblieben, die Kieselsäure aber stark angehäuft worden. Infolge hiervon ist (denn auch) die Löslichkeit von Tonerde, Eisenoxyd, Kali, Natron, Phosphorsäure und Schwefelsäure stark herabgemindert, weil nur noch schwerlösliche Verbindungen dieser Stoffe im Sande vorhanden sind; für Kalk ist dagegen die Löslichkeit dieselbe geblieben, für Magnesia und Kieselsäure hat sie sich um etwas erhöht. Es scheint daher, wenn man die analytischen Befunde des Gesteins mit denen des ungedüngten, primären Verwitterungsbodens in gleicher Weise vergleicht, als ob hier ein langsam verlaufender

fangs als Kainit, in den letzten Jahren als 40% Kalisalz gereicht. Ferner erhielt der Acker im dritten Jahre 30000 kg Stallmist pro Hektar und zweimal eine Gründüngung von 27000 bzw. 30000 kg pro Hektar, eine mineralische Stickstoffzufuhr erfolgte je nach Bedarf in der Form von schwefelsaurem Ammoniak.

¹ Falls der analysierte Sandstein sein Muttergestein ist, wofür aber kein Grund vorliegt, es nicht anzunehmen.

Verwitterungsprozeß wie dort nicht die Ursache der Bildung des roten Sandes gewesen sei, sondern daß wir es in der Entstehung desselben aus dem Sandstein mit einem Vorgang zu tun haben, bei welchem größere Wassermengen als Aufbereitungsmittel gewirkt haben. Auch ein Vergleich der übrigen Bodenschichten untereinander läßt einen langsamen Verwitterungsverlauf erkennen, so daß die Bildung des roten Sandes im schroffen Gegensatz zu der Entstehung der übrigen Bodenschichten steht. An Wassermassen, die eine derartige Auswaschung und Aufbereitung zu vollziehen vermocht hätten, hat es in dem unsere Böden angehörenden Gebiete, einem Erosionstal, vom Ende des Diluviums bis auf die Jetztzeit nicht gefehlt¹. In welche Epoche der jüngsten Erdgeschichte aber dieser Vorgang verlegt gedacht werden darf, ist schwer zu entscheiden, doch scheint die Annahme berechtigt, daß er früher als die Bildung des ursprünglichen (primären) Verwitterungsbodens aus dem Sandstein stattgefunden hat. Denn der noch jetzt vor unseren Augen sich vollziehende Verwitterungsprozeß läßt weder einen derartig zusammengesetzten Sand dem Sandstein aufgelagert erkennen, noch im primären Verwitterungsboden ein Produkt hervorgehen, dessen chemische Zusammensetzung eine Verwandtschaft mit ihm aufzuweisen hat.

Auf den roten Sand nach oben folgt die gelbe Sandschicht. Aus der chemischen Zusammensetzung beider läßt sich entnehmen, daß der gelbe aus dem roten Sand durch Abnahme von Kieselsäure und Zunahme aller übrigen Stoffe hervorgegangen ist. Nach der Ablagerung des roten Sandes begann also erst die chemische Verwitterung einzusetzen.

Dieses wird ersichtlich aus der Zunahme und Löslichkeit der Tonerde in den kleinsten Teilen unter 0,11 mm Durchmesser, sowie der großen Löslichkeit der Kieselsäure als Folge der stattgefundenen Silikatzersetzung. Hiermit steht das Anwachsen des Eisenoxydes, Kalkes, Magnesia sowie Phosphorsäure und Schwefelsäure im besten Einklang, welche ebenfalls alle eine vermehrte Löslichkeit aufweisen. Die mineralogische Untersuchung ließ gleichfalls eine starke Einwirkung der Atmosphärien auf die Sandsteinbruchstücke und Quarze wahrnehmen. Denn infolge der Umwandlung der Eisenoxydverbindungen in Oxydhydrate war ihre rote Färbung in eine gelbbraune

¹ Vergl. Leppla, „Zur Lößfrage.“ Geognostische Jahreshfte 1889 und Erl. z. Bl. Zweibrücken. p. 151—158. Ferner Blanck, „Der Boden der Rheinpfalz in seiner Beziehung zum geologischen Aufbau derselben.“ Vierteljahresh. des bayr. Landwirtschaftsrates zu München. 1905.

übergegangen, wofür auch andererseits der höhere Wassergehalt im gelben Sande spricht. Die Umwandlung zog aber gleichzeitig einen weiteren Zerfall des Sandes nach sich, so daß weit mehr feinste Teilchen gebildet wurden, welche sich in der kleinsten Korngröße unter 0,11 mm anhäufen mußten, wie dieses auch aus den Kornanalysen ersichtlich wird. Selbstverständlich ging hiermit andererseits auch eine relative Anreicherung an allen aus dem Bindemittel und den Ausfüllungsmassen stammenden Stoffen vor sich, in den feinsten Teilchen jedoch hiermit eine Abnahme durch Verdrängung der Kieselsäure in denselben Hand in Hand. Wenn dagegen das Kali trotzdem eine geringe Verminderung in seinem Gehalt zeigt, so ist dieses wohl auf seine Löslichkeit zurückzuführen, da es als kohlen-saures Kali dem Boden äußerst schnell entzogen wird, weswegen dieses beim Natron nicht der Fall ist, läßt sich vor der Hand nicht sagen.

Im gelbbraunen Sande nimmt die chemische Verwitterung ihren weiteren aber langsameren Verlauf, dort wird der natürliche Vorgang derselben durch den Einfluß der künstlichen Düngemittel aus dem gedüngten Boden, seinem Obergrund, schon stark modifiziert. Für Kieselsäure, welche aus der Düngung keine Zufuhr zu erwarten hat, bleibt der Gehalt fast der nämliche, die Tonerde geht zurück, da ein Teil derselben, aus dem Silikatverbände gelöst, entführt sein dürfte. Kalk und Phosphorsäure bleiben gleich, obgleich gerade von ihnen zu erwarten wäre, daß sich in ihnen die künstliche Düngung geltend mache, was jedoch aus später auseinanderzusetzenden Gründen¹, die ihre Ursache in der Absorption dieser Stoffe haben, unterbleibt. Magnesia reichert sich naturgemäß wegen der schwer löslichen Silikatverbindung, in der sie enthalten sein muß, relativ an. Die starke Anhäufung des Eisens ist auf die Düngung mit Thomasschlacke zurückführbar, desgleichen die Zunahme und Löslichkeit der Schwefelsäure² auf die Düngung mit Kalisalzen. Auch das gleiche Verhalten des Natrons ist eine Folge der Düngung, während das Kali trotzdem ausgelaugt erscheint. Seine Löslichkeit deutet darauf hin, da sie sich weit geringer als die des Natrons erweist. Die Verminderung des Verwitterungsprozesses wird neben der Löslichkeitsabnahme aller durch die Düngung unbeeinflussten Stoffe durch den fallenden Wassergehalt gekennzeichnet.

¹ Vergl. S. 34.

² Zwar übersteigt der Schwefelsäuregehalt des ungedüngten Bodens mit 0,39 den des gelbbraunen Sandes, doch ist im letzteren die Löslichkeit um das Doppelte gestiegen.

Im Obergrund oder der Ackererde wird die weiter fortschreitende chemische Verwitterung noch weit mehr als im gelbbraunen Sande durch die künstliche Düngung verdeckt. Dagegen ist ein großer Zuwachs an Stoffen aus der Düngung zu verzeichnen. So ergibt sich ein solcher vorwiegend für Kalk, Eisenoxyd, Phosphor- und Schwefelsäure, wogegen Kali und Natron nicht der so reichlich dargebotenen Kalidüngung entsprechen, was wiederum seine Ursache in der leichten Auswaschbarkeit dieser Stoffe haben dürfte. Zumal fällt im gedüngten Boden der tieferen Lagen der geringe Gehalt an Kali und Natron auf. Nach einem jeden atmosphärischen Niederschlag sammeln sich die Wassermassen in den tieferen Stellen des Bodens an, um dort ganz langsam zu versiegen, während den höheren Lagen das Wasser oberflächlich schnell entzogen wird. Die Wirkung auf die leichtlöslichen Verbindungen ist dementsprechend im letzten Fall eine weit geringere wie im ersten und erklärt den Mindergehalt an jenen Stoffen hinlänglich. Im Zusammenhang hiermit steht der zugleich größere Gehalt an Eisenoxyd, Kalk, Phosphor- und Schwefelsäure in den höheren Lagen, wenn auch deren Löslichkeit, wie der Salzsäureauszug dartut, größer ist, so ist dagegen einzuwenden, daß ein höherer Gesamtgehalt auch eine größere Menge löslichen Anteils in sich schließt.

Für das Kali und Natron ergibt sich aus den analytischen Befunden allgemein, daß sie in den Untergrund geführt werden. Für Phosphorsäure und Kalk zeigt sich eine starke Absorption im Obergrund, die für erstere als Folge der großen Eisenmengen im Boden, sowohl der Düngung mit Thomasmehl als auch aus dem Gestein und Boden selbst aufzufassen ist. Der Kalk der Düngung verbindet sich einesteils mit der Phosphorsäure zu schwer löslichen Phosphaten, andernteils mit der Schwefelsäure zu Gips, wodurch zugleich der hohe Gehalt an Schwefelsäure im gedüngten Boden verständlich wird.

Die Anreicherung der organischen Stoffe in allen Schichten nimmt, wie aus dem Gehalt an Glühverlust ersichtlich ist, entsprechend der Düngung und Pflanzenkultur nach oben hin zu. Der Gehalt an Stickstoff weist gleiches Verhalten auf.

Die oben über die Verteilung der Stoffe im Ober- wie Untergrund dargelegten Ausführungen finden in den Bestimmungen des Absorptionsvermögens für Phosphorsäure eine weitere Bestätigung.

Der gedüngte Boden absorbiert weit weniger Phosphorsäure als der ungedüngte und der gelbbraune Sand. Dieses kommt daher, daß der gedüngte Boden durch seine enorme Absorption von Phos-

phorsäure aus der Düngung nicht mehr imstande ist, noch weitere Mengen dieses Stoffes aufzunehmen. Der gelbbraune Sand wie der ungedüngte Boden vermögen dieses aber wegen ihres disponiblen Eisengehaltes.

Die Absorption des Stickstoffs und Kalis, die vorwiegend eine Funktion wasserlöslicher Doppelsilikate¹, der Zeolithe oder Argillite ist, findet nennenswert nur im gedüngten und bearbeiteten Boden statt, in dem vornehmlich die Bedingungen zur Entstehung derartiger Verbindungen gegeben sind. Im ungedüngten Boden fällt sie für Stickstoff vollends aus.

Die Ermittlung des Gehaltes an Ton, Sand, Kalk, Humus nach SCHLOESING lieferte ebenfalls einige verwertbare Zahlen. Der nach dieser Methode gefundene Ton wächst im gedüngten Boden der höheren Lagen stark an, während er in den tiefen Lagen auch gegenüber dem gelbbraunen Sand die geringste Menge erkennen läßt. Es läßt sich dieser Umstand einesteils aus den schon bei der Analyse der Teilchen unter 0,11 mm erörterten Verhältnissen der muldenförmigen Bodenlage ableiten, doch tritt noch hinzu, daß der feine Staub des Geländes auf den Kuppen desselben durch den Wind angehäuft wird. Wenn man ferner in Betracht zieht, daß das hier als Ton bezeichnete Schlammprodukt durchaus nicht den feinsten Teilen anderer Verfahren entspricht und daß die Korngrößen unter 0,11 und 0,24 mm bei chemischer und Sieb-Analyse auch sehr verschiedene, weitere Gliederungen zulassen, so kann es nicht weiter auffällig erscheinen, wenn die Werte der verschiedenen Untersuchungsmethoden auf tonhaltige Substanz scheinbar abweichende Resultate liefern. Sand nach SCHLOESING und Kieselsäure stehen im Verhältnis zueinander, kohlenaurer Kalk und Magnesia im allgemeinen ebenfalls mit den durch die anderen analytischen Bestimmungen gefundenen Werten.

Infolge ihrer Natur, die sowohl ihre Ursache in der physikalischen Beschaffenheit des Bodens als in der Armut an Pflanzennährstoffen hat, eignen sich die Böden des mittleren Buntsandsteins weit mehr für den Anbau von Forstgewächsen als für den Ackerbau.

Dieses Verhalten spricht sich denn auch in der bekannten Tatsache aus, daß die größten Forsten Deutschlands im Gebiete des Buntsandsteins angetroffen werden. Leider sind keine speziellen

¹ Vergl. R a m a n n, Forstl. Bodenkunde und Standortslehre. 1893. S. 137 und Mitscherlich, Bodenkunde für Land- und Forstwirte. 1905. S. 265.

statistischen Angaben über die Verteilung von Wald, Acker, Wiese usw. innerhalb der einzelnen Abteilungen der Buntsandsteinformation bekannt, so daß die nachfolgend aufgeführten Ermittlungen sich auf die ganze Formation beziehen. Erinnern wir uns aber, daß im allgemeinen, bedingt durch ihre Beschaffenheit, die Böden des Röts, sowie des unteren Buntsandsteins meist besser für Pflanzenkultur befähigt sind, als die der mittleren Abteilung, so werfen die nachstehenden Aufnahmen ein etwas zu günstiges Licht auf die Anbauverhältnisse der letzteren. Dementsprechend dürfen wir annehmen, daß für unsere Abteilung allein das Verhältnis von Ackerland zu Waldboden eher schlechter ist, als jene Zahlen es vermuten lassen.

Wie stark das Vorherrschen des Waldbaues auf dem Buntsandstein ausgeprägt ist und wie hervorragend der landschaftliche Charakter einer Gegend hierdurch bestimmt wird, läßt sich durch nachstehende Urteile am besten wiedergeben. So äußert sich u. a. BEYSCHLAG¹ anlässlich der Kartierung von Blatt Seifertshausen, woselbst Zechsteinböden und Buntsandsteinböden aneinandergrenzen, folgenderart: „Die Abgrenzung der der Feldkultur unterworfenen Bodenfläche gegen diejenige, welche dem Waldbau dient, folgt in rationeller Weise im allgemeinen der Grenze beider Formationen, freilich mit der Modifikation, daß bei flacher Terrainneigung die Bröckelschieferzone und letzteres freilich wohl nur aus Mangel an ertragsfähigem Ackerland, auch ein Streifen unteren Buntsandsteines noch zur Feldwirtschaft herangezogen wird. Es geschieht dies wohl vielerorts in Hessen und Thüringen, jedoch wohl selten mit so schlechtem Erfolg wie hier. Das Buntsandsteingebiet ist ein echtes Laubwaldterrain und trägt demgemäß vielerorts schöne Eichen- und Buchenbestände, die einen verhältnismäßig raschen Umtrieb haben“². A. v. KOENEN bekundet gleiches, wenn er schreibt: „Felder befinden sich auf dem mittleren Buntsandstein auf Blatt Lengsfeld eigentlich nur da, wo nicht genug besserer Boden für den Ackerbau vorhanden ist. Oft fällt die Grenze zwischen Feld und Wald deshalb mit der Grenze zwischen unterem und mittlerem Buntsandstein mehr oder weniger zusammen“³. Und desgleichen aber noch allgemeiner gefaßt sagt derselbe Autor: „Unsere Vorfahren haben nun in richtiger Würdigung nicht der geologischen Verhältnisse, sondern der Fruchtbarkeit des Bodens

¹ Beyschlag, Erl. z. Bl. Seifertshausen der geol. Spezialkarte von Preußen, S. 8.

² Vergl. hierzu auch Bl. Ludwigseck (Beyschlag), S. 9.

³ v. Koenen, Erl. z. Bl. Lengsfeld, S. 8.

auf verschiedenen Gesteinen, außerordentlich häufig die Grenzen zwischen Feld und Wald, oder zwischen Feld und Dreisch (Hute, Lede, Unland) recht genau auf die Grenzen zwischen verschiedenen Formationen oder Gebirgsschichten gelegt. Ohne Zweifel belehrt durch Mißerfolge des Ackerbaues auf gewissen Böden, die dann unbestellt liegen blieben und eben als Hutungen verwendet oder angeschont wurden. So findet sich gewöhnlich auf den Mergeln des oberen Buntsandsteins oder Röt und des mittleren Muschelkalks gewöhnlich Acker, auf dem oberen Teile des mittleren Buntsandsteins dagegen, sowie auf dem unteren Muschelkalk und mindestens dem unteren Teile des oberen Muschelkalks Wald oder Dreisch¹.“

Ein den Ackerbauverhältnissen des hessischen Odenwaldes entnommenes Beispiel möge das Gesagte zahlenmäßig darlegen. Nach den Erhebungen vom Jahre 1892² wurden nämlich im Gebiete des dortigen Buntsandsteins (Röt tritt nur spärlich bodenbildend im Odenwald auf) als Acker 27⁰/₁₀₀, als Wiesenland 8⁰/₁₀₀, als Waldland 63⁰/₁₀₀ und als Weinbergsgelände 0,04⁰/₁₀₀ der gesamten Bodenfläche genutzt. Ähnlich liegen die Verhältnisse im badischen Schwarzwald³, desgleichen im Spessart³, wo der Wald 70⁰/₁₀₀ ausmacht und im Regierungsbezirk Kassel, woselbst 66,6⁰/₁₀₀ der ganzen Buntsandsteinfläche von Wald eingenommen werden. Und man kann wohl sagen, wie es in diesen Fällen ist, so ist es auch in ganz Deutschland im Gebiete der Formation. Auch noch für ein kleineres Gebiet sei zahlenmäßig auf die Verteilung von Wald- und Ackerbau hingewiesen, so auf den Bezirk Salzungen⁴, der fast ganz von Bildungen des Buntsandsteins eingenommen wird. Hier liegen die Verhältnisse folgendermaßen:

	Acker- und Gartenland	Wiese	Weiden und Hutungen	Forsten und Hol- zungen	Haus- und Hof- räume	Wege und Ge- wässer
Bezirk Salzungen . .	38,0	11,0	3,1	44,1	0,5	3,3

Der Bestandescharakter des Waldes, wie er sich uns heute zeigt, war jedoch nicht immer der gleiche. In früheren Zeiten waren vielmehr die Waldungen des Buntsandsteins überwiegend aus Laubhölzern zusammengesetzt, erst später wurde der Laubwald durch

¹ v. Koenen, „Wie sind die Ergebnisse geologischer Untersuchungen, besonders die geologischen Karten, am besten für die praktische Landwirtschaft nutzbar zu machen.“ Journal f. Landwirtschaft. XXXVI. 1888. S. 63.

² Vergl. Luedecke, l. c. S. 87.

³ Vergl. Küster, l. c. S. 78 und 79.

⁴ Vergl. M. Weiß, l. c. S. 89.

Nadelholz verdrängt¹. Eine um so unangenehmere Tatsache, als sie durch das unzweckmäßige Eingreifen des Menschen verschuldet wurde. Kahlschlag, Streu- und Laubentnahme taten das ihrige, und nahm der Wald mehr und mehr an Ausdehnung ab. Die entblößten Flächen trockneten aus, vermochten sich von selbst nicht wieder zu bepflanzen und die anspruchsvollen Laubhölzer mußten durch Nadelholz ersetzt werden². So war z. B. in der Mitte des 18. Jahrhunderts in den Waldungen der Wesergebirge Tanne und Fichte eine unbekannte Erscheinung, erst als durch ungünstige Bewirtschaftung der Laubwald einzugehen begann, wurde er durch Nadelholz ersetzt. Da aber später der Waldwirtschaft mehr Interesse geschenkt wurde, nahm jedoch der Laubwald wieder zu, so daß Ende des 19. Jahrhunderts der hannöversche Teil des Solling 64⁰/₁₀₀ Buchen-, 20⁰/₁₀₀ Eichen- und 12⁰/₁₀₀ Fichtenwald aufwies. Andererseits sind die Nadelhölzer wie in Hessen seit alten Zeiten Bestände der Wälder unserer Formation. Im Osten des Vogelsberges, welcher selbst aus eruptivem Material besteht, aber von Buntsandstein umgeben ist, herrschen die Nadelhölzer bedeutend vor, das gleiche gilt von Thüringen, im Saalegebiet und auch anderen Orten.

Schon aus der Tatsache, daß im südwestlichen Deutschland und im westlichen Teil von Mitteldeutschland das Laubholz mehr als die Hälfte der Waldfläche einnimmt, ja bis zu $\frac{3}{4}$ desselben ansteigt und daß im östlichen und südöstlichen Deutschland das Nadelholz überwiegt, sowie daraus, daß der Buntsandstein der Hauptsache nach im südwestlichen Deutschland und westlichen Mitteldeutschland auftritt, ergibt sich ganz allgemein der Laubholzcharakter der Buntsandsteinwaldungen.

Mit Ausnahme der oben genannten Gebiete sowie des Schwarzwaldes trifft dieses denn auch für den nördlichen Teil der Vogesen, für den Pfälzer Wald, den Odenwald, die Rhön, den Spessart und die hessischen Berglande zu. Deutlicher wird aber dieses Verhältnis, wenn wir den Aufzeichnungen und Berechnungen KÜSTER's folgen. Nach ihm stellt sich der jetzige Bestand typischer Buntsandsteinwaldungen wie folgt:

¹ Vergl. Graner, „Der Boden des deutschen Waldes nach seiner geologischen Abstammung.“ Forstwissenschaftliches Centralblatt. 21. 1899. S. 453 und Graner, „Der geologische Bau und die Bewaldung des deutschen Landes. Diese Jahresh. 56. Jahrg. 1900. S. 302.

² Vergl. Küster, l. c. S. 75—80.

	Nadelholz %	Mischholz %	Laubholz %	
Im Schwarzwald	90,0	—	10,0	
Im württembergischen Bunt- sandsteingebiet	92,0	—	8,0	
In der Haardt (Pfälzer Berg- land)	26,0	20,0	53,0	
				Niederwald
Im hessischen Odenwald				%
westlicher Teil	24,5	9,6	65,7	0,2
östlicher Teil	31,7	7,4	20,2	40,7
Im Spessart	18,0	5,0	69,0	8,0
				Ödungen
Im Regierungsbezirk Kassel	39,0	—	58,5	2,5

Von den Baumarten¹ sind es Tannen, Kiefern, Fichten, Lärchen², Birken, Erlen, Buchen, Eichen und auch mancherorts echte Kastanien, wie an der Haardt, der Bergstraße u. a. O., welche am Bestande der Wälder teilnehmen. Für den mittleren Buntsandstein kommen namentlich Kiefern und Fichten³ in Betracht, soweit sie auf rein sandigem Boden stocken.

Über die Verteilung und Anteilnahme der aufgeführten Baumarten an der Zusammensetzung der Buntsandsteinwaldungen geben die von WAGNER⁴ aufgestellten Zahlen für den Regierungsbezirk Kassel nach KÜSTER⁵ nähere Einsicht. Während im ganzen Regierungsbezirk, wie schon erwähnt, 66,6% der gesamten Waldungen dem Buntsandstein angehören, „kommen nur 56,63% der Buchenwälder, 48,13% der Erlen und 56,53% der Tannen auf diese Formation, hingegen 89,33% des Bestandes an Birken, 88,53% an Kiefern und 76,37% an Lärchen: weiter von der Fichte 60,25%, der Eiche 68,58% und der Hainbuche 70,79%.“ Woraus hervorgeht, daß die bezüglich der Nährstoffe anspruchsvolleren Bäume die Durchschnittszahl 66,6% nicht erreichen, dagegen die genügsameren Baumgattungen diesen Wert beträchtlich übersteigen. Dem-

¹ Vergl. Erl. z. geol. Spezialkarte von Preußen, die Blätter Hönebach, Themar, Langenberg, Seifershausen, Gera, Neustadt, Saalfeld, Nörten und Bl. Heidelberg der badischen Karte.

² Vergl. Weinkauff, „Die Lärche auf dem Pfälzer Buntsandstein.“ Forstwissenschaftl. Centralblatt. 21, 1899. S. 82.

³ Vergl. Erl. z. d. Bl. Triptis S. 13, Gera S. 20, Neustadt S. 21, Gandersheim S. 7 und Bl. Furtwangen der geol. Spezialkarte von Baden.

⁴ Wagner, „Die Waldungen des ehemaligen Kurfürstentums Hessen.“ Hannover 1886.

⁵ Vergl. Küster, l. c. S. 79.

entsprechend ist auch die prozentische Anteilnahme des gesamten Bezirkes für Laubholz 64,4%, für Nadelholz 32,7 und für Ödung 3%, während das in der Tabelle für den Sandstein allein angegebene Verhältnis Werte gibt, die weit größere Beteiligung des Nadelholzes angibt.

Auffallend wirkt im allgemeinen in allen Wäldern des Buntsandsteins die Beschaffenheit der Bodenflora. Entweder zeigt sich der Boden in natürlicher Nacktheit frei von einer Vegetation und ist dann aber recht häufig mit einer Schicht dürrer Blattwerks überdeckt, die das ganze Jahr hindurch liegen bleibt und dadurch dem Untergrund der Waldungen einen traurigen Anblick verleiht. Ist aber eine Pflanzendecke vorhanden, so überspannt ein dichtes Gewebe oder Flechtwerk von Heidekraut und Heidelbeere, vergesellschaftet mit Polstern von Moos und Flechten, den Boden. Eine solche Pflanzendecke nimmt gleich einem Schwamm alle atmosphärischen Niederschläge in sich auf und gibt sie nur schwierig wieder ab, so daß sie es denn auch ist, welche die Ursache der Rohhumusbildungen und mit ihr die Entstehung des Ortsteins hervorruft. Gräser fehlen dem Waldboden des Buntsandsteins meist gänzlich, nur dort, wo er sumpfig wird, stellt sich eine Flora saurer Gräser ein. Außer den genannten dominierenden Heidelbeeren nehmen teilweise recht regen Anteil Erdbeere, Himbeere, Brombeere und namentlich die Preisselbeere. Farnkräuter bilden stellenweise förmliche Wälder, doch ist ihr Artenreichtum gering. Außer dem Besenstrauch mit seinen goldgelben Blüten, der allerdings ebenfalls massenhaft auftritt, sieht man in helleren Lichtungen von blühenden Pflanzen eigentlich nur *Digitalis*, *Campanula* und *Deantus*, letztere jedoch schon recht spärlich¹.

Des widrigen Einflusses der Ortsteinbildung auf die Kultur der Forstgewächse mag an dieser Stelle nochmals gedacht werden. Die mit der Zeit für die Pflanzennährstoffe undurchlässig gewordene Ortsteinschicht wird auch für die Pflanzenwurzel undurchdringlich und setzt dadurch dem Wachstum der Waldbäume ein unüberwindbares Hindernis entgegen.

Wie aus allem ersichtlich, ist die Befähigung des Verwitterungsbodens des mittleren Buntsandsteins als Ackerland zu dienen, nur eine sehr beschränkte. Für den aus kieseligen Sandstein hervorgegangenen kann sogar der Satz gelten, daß er nur dort zur land-

¹ Über die Bodenflora vergl. u. a. Ruska, „Geologische Streifzüge in Heidelbergs Umgebung.“ Leipzig 1908. S. 135.

wirtschaftlichen Kultur herangezogen wird, wo sich ein Mangel an anderen geeigneteren Ländereien geltend macht¹. KÜSTER weist in seiner anthropogeographischen Arbeit² über den Buntsandstein andererseits auch darauf hin, daß in den Gegenden dieser Sandsteinböden noch die ältesten Bewirtschaftungssysteme zu finden seien. Für die Gegenden des rheinischen Gebirgssystems und auch Württembergs nennt er die „Koppel- oder Feldgraswirtschaft“ für einige Teile Frankens und des südlichen Hessens den „Röderbau“. Weit besser eignet sich für die Landwirtschaft der Boden, der den mehr tonigen Gesteinen entstammt, wodurch er selbst einen milden lehmigen Charakter erhält, der ihn zum Anbau verschiedener Gewächse befähigt. Auf solchen Böden gedeihen sehr wohl Buchweizen, Kartoffeln, Roggen, Flachs und Hafer, deren Erträge bei richtiger Behandlung des Bodens um vieles gesteigert werden können. Zu einer zweckmäßigen Behandlung ist vor allen Dingen die Gründüngung zu rechnen, die den Boden neben günstiger bakterieller Beeinflussung namentlich physikalisch verbessert, und zwar eignen sich hierzu zunächst Lupinen. Durch ihren Anbau wird der Boden derartig verbessert, daß die verschiedenartigsten Pflanzen nicht nur sicherer gedeihen, sondern der Boden nach Jahren selbst keinen Lupinenbau mehr gestattet, sondern zur Gründüngung anspruchsvollere Leguminosen braucht; ein deutlicher Beweis seiner gänzlichen Umwandlung. Wegen der fast stets vorhandenen großen Armut an Kalk ist eine oft zu wiederholende Kalkung nicht minder wichtig. Trotz des großen Mangels an Kalk ist der Boden dennoch stellenweise klee-fähig³, welche Eigenschaft mit der Zunahme an toniger Ausbildung wächst und den Anbau vorher genannter Gewächse sicherer macht und das Gedeihen anspruchsvollerer Pflanzen wie Kohl und auch wohl Weizen zuläßt. Es braucht wohl weiter keiner Erwähnung, daß die Düngung mit zweckentsprechenden künstlichen Düngemitteln neben Gründüngung, Kalkung und Stalldungzufuhr auszuführen ist, um eine lohnende Bewirtschaftung des Bodens zu ermöglichen. Auf den aus dem Sandboden ausgeschwemmten Lehmböden in den Tälern entwickelt sich selbstverständlich ein wesentlich anderes Bild von

¹ Vergl. Bl. Ludwigseck der geol. Spezialkarte von Preußen.

² Küster, l. c. S. 81 und 82.

³ Vergl. Erl. z. Bl. Friedewald, S. 5 und F. Bornemann, „Die Bewirtschaftung der aus Schichten der Dyas und Trias entstandenen Verwitterungsböden des Thüringer Waldes.“ Festschrift zum 70. Geburtstage von Albert Orth. 1905. S. 7.

Pflanzenkultur. Hier sehen wir auch solche Gewächse mit größeren Nährstoffansprüchen, wie Gerste und Weizen, gedeihen. Der Wiesenbau ist schließlich nur auf die Talungen beschränkt und zwar sind es hier eigentlich nur die schmalen, engen Täler, die als Wiesen benutzt werden. Sie liefern den Hauptbedarf an Futterkräutern, in den gerade für Futterbau so wenig geeigneten Buntsandsteingebieten, doch ist der Wiesenbau erst dort von günstiger Wirkung auf die besseren Wiesengräser und Kräuter, wo ein reicherer Kalkgehalt auftritt¹, was aber meist erst durch künstliche Kalkzufuhr bewirkt wird. Vielfach werden die Wiesen sumpfig und moorig, so daß Drainage das einzige Mittel ist, ihre Erträge zu regeln, hierbei spielt selbstredend der Untergrund eine nicht zu unterschätzende Rolle.

Ein Beispiel für die Anbauverhältnisse auf dem Verwitterungsboden des mittleren Buntsandsteins liefern die Mitteilungen von H. WEISS², die der Anbauerhebung von 1883 der Gebirgsgegend von Schwarzbach bei Eisfeld und des Tieflands von Maienluft bei Wasungen, Oberroth und Korberoth bei Schalkau entnommen sind. Die Zahlen drücken das Anbauverhältnis in Prozenten der bebauten Ackerfläche aus.

	Schwarzbach	Maienluft	Oberroth	Korberoth
Winterroggen	38,5	36,0	25,0	36,0
Sommerroggen	13,0	7,0	10,0	11,0
Gerste	—	—	—	4,0
Hafer	10,0	25,0	10,0	4,0
Kartoffeln	32,5	3,0	25,0	26,0
Kohlrüben	3,0	—	10,0	8,0
Klee (vorwiegend Rotklee)	2,0	8,0	10,0	7,0
Brache	1,0	11,0	— Acker—Weide	10,0
Winterraps	—	—	—	4,0

Besonders möge noch darauf hingewiesen sein, daß sich die Anbauverhältnisse selbstverständlich als außerordentlich abhängig von der jeweiligen Höhenlage und des damit verbundenen Klimas erweisen. Hierdurch erleiden die obigen allgemeinen Erörterungen über diesen Gegenstand für die höheren Lagen eine gewisse Einschränkung.

Der obere Buntsandstein und sein Boden.

Den oberen Buntsandstein lassen wir, der verbreitetsten Auffassung folgend, mit einer Schichtenfolge beginnen, welche im süd-

¹ Vergl. Luedecke, l. c. S. 36 und 86 und 40—45.

² Vergl. H. Weiß, l. c. S. 90—91.

lichen und südwestlichen Verbreitungsgebiet als Zwischenschicht bezeichnet wird¹, die in der nördlichen Ausbildungszone dagegen als *Chiroterium*-Sandstein oder auch als weißer Grenzsandstein, wie in Nordhessen und am Harzrande, bekannt ist. Zu unterst lagert fast im ganzen Deutschland die Karneolbank, die infolge ihrer allgemeinen Verbreitung die Trennung vom mittleren Buntsandstein abgibt.

Beginnen wir im Südwesten des germanischen Buntsandsteingebietes mit der Betrachtung der oberen Buntsandsteinformation, so treffen wir in Elsaß-Lothringen² und im Rheinland³ genannte Schichten als oft kieselig verkittete Sandsteine entwickelt, von buntem Wechsel in Farbe und Korn, wobei sich häufig ein erstaunlicher Reichtum an Glimmer einstellt. Dolomitknollen durchsetzen das Gestein, und wenn sie fehlen, so verraten braune Flecke ihre ehemalige Gegenwart. Mit ihnen gemeinsam tritt der Karneol auf.

Diesen Zwischenschichten überlagern vorwiegend rote und violett gefärbte, feinkörnige Sandsteine mit tonigem Zement aber Armut an Glimmer und Geröllen. Sie wechsellagern mit geringen Tonschichten und glimmerreichen Sandsteinpartien und gehen zu oberst in Dolomit über. Diese als Voltziensandsteine benannten Sandsteine führen ihren Namen auf die in ihnen überaus häufig gefundenen Pflanzenreste namentlich der *Voltzia heterophylla* zurück.

In der Rheinpfalz⁴ ist die Zone der Zwischenschichten im allgemeinen gleichartig entwickelt, doch scheint eine tonigere Ausbildung in manchen Lagen stattzufinden und stellenweise der konglomeratische Charakter, der mit dolomitischem Material verbundenen Gerölle, zuzunehmen. Glimmerreiche Schichten wechseln ebenfalls mit solchen, die arm daran sind, ab. Auch charakterisieren Manganbutzen, Dolomitknollen und Karneolkonglomerate durch häufiges Auftreten die nämliche Zone. Das Material der die Karneolkonglomerate zusammensetzenden Gerölle besteht nicht allein aus diesen selbst; sondern

¹ Neuerdings wurde durch die württembergische Landesaufnahme eine knochenführende horizont-beständige Schicht zwischen dem Hauptkonglomerat Sm₂ und dem Plattensandstein So entdeckt. Dieses „Buntsandsteinbonebed“ von individueller petrographischer Ausbildung dürfte eine wichtige Grenzlegung abgeben, wenn nicht seine leichte Verwitterbarkeit es für diesen Zweck untauglich macht. Vergl. A. Schmidt „Über Fossilhorizonte im Buntsandstein des östlichen Schwarzwaldes“. Mitteil. d. geol. Abteil. d. stat. Landesamtes. 1910. No. 7.

² Benecke, „Über die Trias in Elsaß-Lothringen und Luxemburg.“ 1877.

³ Erl. z. Bl. Schweich S. 12, Bl. Saarlouis S. 10, Bl. Bittburg der geol. Spezialkarte von Preußen.

⁴ Vergl. Erl. z. Bl. Speyer S. 15, 16 u. 48, 55; Bl. Zweibrücken S. 142—146.

auch aus Milchquarz-, Quarzit- und Porphyrgeröllen. Die Mächtigkeit der Konglomerate nimmt von Süden nach Norden hin ab. Durch die tonigen Lagen wird ein typischer Quellhorizont geschaffen.

Das Hangende wird auch hier wiederum von massigen bis dünnplattigen Sandsteinen gebildet, deren Beschaffenheit im allgemeinen dem Voltziensandstein gleicht, jedoch noch feineres Korn aufweist. Die Färbung dieser Sandsteine ist entweder eine tief violettrote¹ oder auch eine helle², licht rötliche, weiße, selten gelbe. Sie sind buntgestreift und mit grünlichen oder grüngelben Flecken¹ versehen. Dünne, feine Lettenschichten sind ihnen eingebettet, auch treten vereinzelt dolomitische Einschaltungen auf. Die diesen Sandsteinen teilweise überlagernden, intensiv rotgefärbten Lettenschiefer stellen die oberste Schicht des oberen Buntsandsteins, den sogen. Röt dar, der hier im Südwesten noch ganz zurücktritt und erst im Osten eine geringe Mächtigkeit annimmt.

Die in der Rheinpfalz angedeutete Dreiteilung gewinnt für die rechtsrheinische Verbreitung des oberen Buntsandsteins mehr an Bedeutung, überhaupt macht sich in den unteren Neckargegenden der Unterschied in der petrographischen Ausbildung der Formationsabteilungen deutlicher bemerkbar. Hier beginnt der Übergang zu der mit Franken und Thüringen gemeinsamen Faziesentwicklung.

Die Karneolbank, wie die unterste Abteilung im Odenwald und Schwarzwald benannt wird, ähnelt in ihrer Ausbildung im wesentlichen auch hier dem linksrheinischen Äquivalent. Es sind bunte, tonige Sandsteine mit knolliger Absonderung und meist dolomitischem Bindemittel, jedoch tritt die Karneolausscheidung in denselben zumeist zurück³. Die auch hier die darüber folgenden Etagen einnehmenden Sandsteine sind mittel- bis feinkörnig, zeichnen sich durch Glimmerreichtum aus, sind mit sandigen Schieferletten vergesellschaftet und besitzen meist stark rote Färbungen, und nur selten sind sie weiß. Durch Glimmer- und Tonanreicherung werden sie dünnplattig, so daß ihnen infolge dieser Eigenschaft der Name Plattensandstein beigelegt wurde. An ihrer oberen Grenze führen sie eine Dolomitbank. Für den badischen Odenwald gibt SCHALCH charakteristische Angaben über dieses Gestein und folgen wir im nachstehenden seinen Aus-

¹ Vergl. Bl. Zweibrücken, S. 146.

² Vergl. Bl. Speyer, S. 17.

³ Vergl. Erl. z. Bl. Mosbach S. 4; Bl. Epfenbach S. 10; Bl. Heidelberg S. 34; Bl. Neckargemünd S. 23 und Schalch, l. c. S. 21. Benecke und Cohen, l. c. S. 327.

führungen: „Die Plattensandsteine oder Zwischenschichten stellen einen unmittelbar über der Karneolbank beginnenden, 30—40 m mächtigen, ziemlich geschlossenen Komplex eines vorwiegend dünn- und ebenplattigen, selten dickbankigen, gleichmäßig—feinkörnigen Tonsandsteins dar. Eintönig rote Farben herrschen durchweg vor, nur untergeordnet und lokal treten dunklere, durch Manganschuß bedingte Farbtöne an ihre Stelle. Der im Gestein allgemein verbreitete Glimmergehalt macht sich auf den Schichtflächen besonders bemerkbar. Hier und da sich einstellende, wenig mächtige Einlagerungen von sandig-glimmerigem Schiefertone keilen sich gewöhnlich rasch wieder aus oder zeigen doch nur eine verhältnismäßig geringe horizontale Erstreckung. In der Unter- und Oberregion erlangen die Bänke eine bisweilen ziemlich beträchtliche Mächtigkeit, während sie in der Mitte oft stark und unregelmäßig keilförmig verplattet und zerklüftet erscheinen. Da und dort ziehen eigentümlich brecciös aussehende Zwischenlagen mit weißem, kalkig-dolomitischen Bindemittel die Aufmerksamkeit auf sich.“

„In der Mehrzahl der Brüche erlangt dieser letztere (der Plattensandstein. Der Verf.) gegen oben hin durch einen an die Karneolbank erinnernden, oft nur Bruchteile eines Meters mächtigen, selten 1—2 m erreichenden, oberen Dolomithorizont eine verhältnismäßig scharfe Begrenzung. Derselbe macht sich, ähnlich wie die Karneolbank, in der Regel schon durch mehr oder weniger abweichende, bunte, häufig blaugraue Färbung, sowie durch lockere und unganze Beschaffenheit, dem Hangenden und Liegenden gegenüber, kenntlich. Die Dolomitführung ist ebensowenig wie in der Karneolbank eine allgemeine. Sie beschränkt sich vielmehr auf einzelne Partien innerhalb des sonst carbonatfreien, lockeren bis zerreiblichen, stark tonigen, manganschüssigen Sandsteins¹.“

In der Regel werden die Plattensandsteine vom Chirotherien-sandstein überlagert, einen durch auffällig helle Farben ausgezeichneten Sandstein von quarzitischem Charakter. Meist werden seine Bänke von wiederholt wiederkehrenden Zwischenlagen roter Schiefertone voneinander getrennt, so daß ein bunter Gesteins- und Farbenwechsel entsteht.

„Die Sandsteine selbst erlangen ihres quarzitisches Bindemittels halber“, schreibt SCHALCH, „in der Regel eine beträchtliche Härte und Festigkeit. Einzelne Bänke lassen durch Aufbrausen mit Säure

¹ F. Schalch, Erl. z. Bl. Epfenbach der geol. Spezialkarte von Baden, S. 10 u. 11.

auf einen geringen Dolomitgehalt des Bindemittels schließen. Nur selten ist das letztere von toniger Beschaffenheit. Manche Bänke sind mehr oder weniger reich an Trümmern von rotem Schiefertone, auf ihren Oberflächen treten häufig regellos verlaufende oder unregelmäßig netzförmig anastomosierende Leisten und Wülste resp. Vertiefungen hervor¹.

Als oberste Abteilung zeigen sich auch hier wiederum die Schichten des eigentlichen Röt, doch in weit mächtiger und ausgedehnter Entwicklung als auf der linksrheinischen Seite.

Während sich im südöstlichen Schwarzwald² der Röt aus bunten, glimmerreichen Mergeln, dolomitischen Tonen und nur gelegentlich bindemittelreichen Sandsteinen geringer Mächtigkeit und ganz vereinzelt Dolomitbänkchen³ aufbaut, sind es im Odenwald vorwiegend Schiefertone von meist roter, seltener grüner Färbung, denen untergeordnet plattige Tonsandsteine zwischengelagert sind. Nach oben zum Muschelkalk, speziell Wellenkalk, Wellendolomit, machen sich schon gelbgefärbte dolomitische Einlagerungen geltend, welche den Übergang zu dieser Formation dartun. Die Sandsteine nehmen in dieser Region eine vollkommen untergeordnete Rolle ein und nimmt die Gesamtentwicklung den Charakter der reintonigen Ausbildung des mitteldeutschen oberen Buntsandsteins mehr und mehr an. Was den Sandstein anbelangt, so ist er ein dünnschieferiges, dünnplattiges, toniges Gestein, das reichlich mit Glimmer versetzt ist und sich in seiner Färbung der Farbe des ihn einschließenden Schiefertons jeweilig anpaßt.

Im allgemeinen bleibt nunmehr in Württemberg und Franken die Ausbildung des oberen Buntsandsteins die gleiche. Auch im südlichen Spessart ist dies der Fall, wogegen im nordwestlichen Spessart die obere Buntsandsteinabteilung überhaupt fehlt.

Je weiter wir uns nach Norden wenden, destomehr erkennen wir, daß die Sandfazies zurücktritt, um der tonigen, mergeligen Platz zu machen. Die unteren Etagen des oberen Buntsandsteins werden meist von Chirotheriensandstein eingenommen, die jedoch stratigraphisch den im Odenwald usw. kennen gelerntem nicht völlig gleich sind. Im Bädinger Wald stellen sie dünnplattige, feinkörnige, bunte

¹ F. Schalch, Erl. z. Bl. Mosbach i. Baden. S. 6.

² Vergl. Schalch, Beiträge zur Kenntnis der Trias. S. 17 und 18. Benecke und Cohen, l. c. S. 321, 326, 327 und 328.

³ Vergl. Erl. z. Bl. Freudenstadt S. 27; Bl. Mosbach, Epfenbach, Neustadt i. B., Königfeld-Niedereschach.

und weiße Gesteine vor, welche auch hier wieder mit dünnen Schiefertonschichten durchsetzt sind. Überlagert werden sie von glimmerreichen, tonigen Sandsteinen, die schon der oberen Röt-
 abteilung zugestellt werden, während letzterer selbst als dünn-
 schieferiger, rotbrauner, glimmerführender Schieferton, dem aber
 Sandsteinschichten von der Natur der vorgenannten eingeschaltet
 sind, auftritt¹.

FRANTZEN beschreibt in seiner Abhandlung über den Chirotherien-
 sandstein diesen in Thüringen wie folgt: „An manchen Orten ent-
 behrt der Sandstein jeden Bindemittels; an anderen Orten ist er
 durch ein kieseliges oder durch ein ungleich verteiltes, kalkiges
 Zement verfestigt“, teilweise ist er „ganz ausgefüllt von etwa linsen-
 großen, runden gelben Flecken. Es sind dies kleine, dolomitische
 Ausscheidungen, wie das Aufbrausen beweist, wenn man solche Stücke
 mit starker Säure übergießt. Zuweilen häufen sich diese dolo-
 mitischen Kügelchen so sehr an, daß gelbe oder gelbbraune, schlecht
 vom Sandstein abgegrenzte, unregelmäßig geformte Knollen oder
 dünne Lagen von Dolomit entstehen. Wo sich solche Flecken und
 Streifen von Dolomitsubstanz häufen, findet man mit dem Dolomit
 verwachsen zahlreiche Knollen und Streifen von Karneol²“. „Wo
 der Chirotheriensandstein typisch entwickelt ist, besteht er aus einer
 Ablagerung von vorwiegend feinkörnigen, gewöhnlich weißen, oft
 getigerten Sandsteinen in mächtigen Bänken . . . Das Korn des
 Sandsteins ist, wie gesagt, gewöhnlich fein, doch erreicht es die
 Feinheit des der Voltziensandsteine gewöhnlich nicht. Hier und da
 wird der Sandstein auch wohl etwas grobkörniger; ja an manchen
 Orten sind auch wohl sehr grobe Körner eingestreut, wie man sie
 im typischen grobkörnigen Buntsandstein findet . . . Glimmer ist
 im Chirotheriensandstein nicht in großer Menge vorhanden. Nur an
 einzelnen Stellen häuft er sich auch wohl etwas mehr an und ist
 dann gewöhnlich Glimmer von weißer Farbe³.“

Toneinlagerungen führt der Chirotheriensandstein wenig und
 sind sie, wenn vorhanden, dem Sandstein gleich gefärbt.

Den tonigen Plattensandsteinen des südlichen Verbreitungs-

¹ Vergl. Erl. zu Bl. Gelnhausen.

² Frantzen, „Über Chirotheriensandstein und die konglomeratführenden
 Schichten des Buntsandsteins.“ Jahrb. d. Kgl. preuß. geol. Landesanstalt. 1888.
 S. 359.

³ Desgl. S. 350 und Bornemann, l. c. S. 45—49; Erl. z. Bl. Wasungen
 S. 11 und 12 und Erl. z. Bl. Eisfeld S. 39—41.

gebietes entsprechen in den nördlichen Gegenden Sandsteine gleicher oder ähnlicher Entwicklung, die jedoch auch quarzitische Bänke einzuschließen vermögen (z. B. in der Gegend von Meiningen, Thüringen und am Harzrande) und mit Lettenschichten durchsetzt sind. Mehr und mehr treten aber im Thüringischen Buntsandstein, namentlich am Nordwestrande des Thüringer Waldes diese feinkörnigen Sandsteine zurück und dafür die Röttone in den Vordergrund, um schließlich in der Gegend von Saalfeld am Ostrand Thüringens und in der Gegend des Harzes¹, sowie andererseits in Nordhessen und Westfalen² gänzlich die Oberhand zu gewinnen. Die Chirotheriensichten werden dagegen in Nordhessen und am Harzrande durch Sandsteine von weißer Farbe vertreten. Mit dem Vorwalten der Tonfazies gewinnen Dolomite, Kalk, Gips und Steinsalz ebenfalls an Mächtigkeit und Ausdehnung, so daß schon immer stärker die Ähnlichkeit mit dem unteren Muschelkalk bemerkbar wird. In seinem nördlichsten Verbreitungsgebiet liegt der Röt von Rüdersdorf³ als ein rein dolomitisches Gestein vor und noch mehr gilt dieses für die schlesischen⁴ Vorkommnisse. In germanischer (kontinentaler) Ausbildung sind die Bildungen des Buntsandsteins nur im westlichen Teil Oberschlesiens vorhanden, im südlichen Teil spricht sich schon die Analogie mit den Werfener Schichten der alpinen Trias aus⁵.

Der Röt als oberste Abteilung des Buntsandsteins besteht vorwiegend aus buntgefärbten Tonen und Mergeln, sowie glimmerhaltigen Schieferletten, denen nur sporadisch schwache Lagen von feinkörnigen, ton- und glimmerreichen Sandsteinen eingelagert sind. Auch feste Zwischenschichten quarzitischer Platten kommen vor. Nach oben schließt er meist mit mehr dolomitischen und kalkigen Bänken ab. Gipse und Steinsalz sind im Röt außerordentlich verbreitet. Um die Vielseitigkeit der Rötbildungen zu zeigen, sei z. B. die Gliederung des Röts im östlichen Thüringen nach PASSARGE hier angeführt. Zu unterst besteht dort der Röt aus spätigen, porphyrischen schiefrigen Gipsen, die landschaftlich ein steiles Gelände bilden,

¹ Vergl. Pröschold, „Über die Gliederung des Buntsandsteins.“ Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 39.

² Vergl. Carthaus, „Mitteilungen über die Triasformation im nordöstlichen Westfalen.“ Würzburg 1886. S. 13 und 70.

³ Vergl. Orth, Rüdersdorf etc. S. 12.

⁴ Vergl. Noetling, l. c. S. 314.

⁵ Vergl. Fraas, l. c. S. 45 und Ahlburg, „Trias im südlichen Oberschlesien.“

hierüber folgen graugrüne Mergel mit zahlreichen Dolomitbänken, welche meist wenig oder gar nicht angebaut sind und nur dürrtige Schafweide und Obstbau gestatten. Zu oberst gelangen dann die grellrot gefärbten Mergel mit hellgrünen Quarzit- und Mergelbändern zur Entwicklung, sie bilden mit Feldern bedeckte Flächen¹.

In der nun folgenden Beschreibung der Rötgesteine folgen wir den Forschungen E. E. SCHMIDT'S² über den Aufbau und Zusammensetzung der Gesteine des ostthüringischen Röt. Nach ihm ist der ostthüringische Röt im wesentlichen ein Mergelgebilde mit untergeordnetem Gips. „Die Mergel aber sind sehr mannigfaltige und wechselnde Gemenge von tonigen Silikaten und dolomitischen Karbonaten mit Quarz und gehen durch Vorwalten und Zurücktreten der einzelnen Gemengteile in schiefrige Tone, Letten, Dolomite, Quarzsandsteine und Hornsteine über. Die Gipse stellen sich zwar auch ganz rein dar, gewöhnlich aber im Gemenge mit tonigen Silikaten und dolomitischen Karbonaten.“

Die Mergel beschreibt E. E. SCHMIDT als sehr weiche, zerreibliche Massen, die im trockenen Zustande bröcklig, im nassen plastisch sind und deren Bruch glatt, erdig bis flachmuschelig ist. Ihre Farbe ist vorwiegend rot, daneben aber auch grau, bläulich oder grünlich, während die Schieferung eine sehr dünne ist. „Zwischen Mergel und Letten ist eine scharfe Grenze nicht zu ziehen. Die Mergel gehen mit allmählicher Abnahme des Karbonatgehaltes fast stetig in die Letten über.“ Auch sie sind weich und zerreiblich wie die Mergel, denen sie fast völlig gleichen, aber noch plastischer wie diese. Ihre Farbe ist vorwiegend grau, seltener ziegelrot, im übrigen aber der der Mergel gleich. Die Schieferung ist noch dünner wie die der Mergel, aber nicht mit gleicher Bröckligkeit verknüpft. Zwar saugen sie noch begieriger Wasser auf, werden daher noch schlüpfriger und quellen dementsprechend noch stärker auf, aber zerweichen nicht so leicht als die Mergel. Mit zunehmendem Gehalt an Karbonaten gehen die Mergel in tonige Dolomite über. Vermöge ihres Karbonatgehaltes werden die Gesteine fester und härter, verlieren das Aufsaugvermögen gegenüber von Wasser und sind demgemäß nicht mehr plastisch. Die reinen Karbonate des Röt's „treten nicht in gleichem Maße selbständig auf, wie die tonigen Silikate,

¹ Vergl. Passarge, Das Röt im östlichen Thüringen. S. 3. Dissertation. Jena 1891.

² E. E. Schmidt, „Das ostthüringische Röt.“ Jahrb. d. Kgl. preuß. geol. Landesanstalt. Berlin 1881. S. 92—156.

vielmehr sind sie in qualitativ wie quantitativ mannigfaltiger Weise mit tonigen Silikaten, Ferriten, Quarz und Chalcedon, auch Gips vermengt. Sie enthalten stets Calcium und Magnesium nach nahe gleichen Äquivalentverhältnissen nebeneinander, während das Eisen nur untergeordnet auftritt, auch häufig unter Bildung von Eisenoxydhydrat aus dem Karbonat ausgeschieden ist; sie sind auch meist kristallinischkörnig, wenn auch äußerst feinkörnig entwickelt; insofern bezeichnet man sie mit Fug und Recht als Dolomite. Allein sie lösen sich, worauf schon wiederholt aufmerksam gemacht wurde, bereits bei gewöhnlicher Temperatur in mäßig konzentrierter Chlorwasserstoffsäure so leicht und vollständig auf, daß man geneigt wird, sie eher für mechanische Gemenge, als für isomorphe Mischungen zu halten.

Diese Dolomite haben vorwiegend graue, in das Gelbliche, Rötliche und Bräunliche übergehende Farben: sie sind schwer zersprengbar und brechen in feinkörnigen, rauhen bis unebenen Flächen. Makroskopisch erscheinen sie homogen mit Einschlüssen von Gipslamellen, Cölestin- und Bleiglanzkörnchen, seltener Quarzbröckchen und Glimmerblättchen. Kavernen sind häufig; sie rühren gewöhnlich von resorbierten Muschelschalen her.“

Durch Überwiegen der Quarzeinlagerungen entwickeln sich aus den Dolomiten Übergänge zu den Sandsteinen und entstehen Mittelglieder beider Gesteinsformen, die sandigen Dolomite, welche aber keine nähere Besprechung erfordern, zumal sie der Häufigkeit ihres Auftretens nach nur spärlich vorkommen. Desgleichen die Sandsteine selbst, dieselben sind keineswegs den Buntsandsteinen ähnlich, denn weder reich an Quarz wie diese, noch gleichartig in der Zusammensetzung, sind es mürbe, schiefrige, oft harte und dichte, oft auch kavernöse Gesteine, die den Schaumkalken des Wellenkalkes in ihrer blasigen Ausbildung ähneln. Außer Quarz führen sie Glimmer und sind durch ein karbonathaltiges Bindemittel verbunden. Tritt die Kieselsäure in Form von Chalcedon als Ausfüllungsmasse, Zement oder Grundmasse auf, so bildet sie mit dem Dolomit Übergänge von diesem zu hornsteinartigen Gebilden von fester und harter Natur, die wenig angreifbar sind.

Fassen wir kurz die petrographischen Ausbildungsformen der Gesteine des oberen Buntsandsteins zusammen, so dürfen wir folgende Gesteine, abgesehen von einer größeren Zahl nur gering vertretener, als selbständige Glieder aufführen. Voltziensandstein, Plattensandstein, Chirotheriensandstein, Letten, Rötton, Rötmergel,

Rötdolomit und Gips. Das Steinsalz als nicht bodenbildendes Gestein fällt aus unseren Erörterungen fort. Die übrigen angeführten Gesteine treten alle einzeln oder gemeinsam mehr oder weniger bodenbildend auf.

Da in den vorausgegangenen Besprechungen bezüglich der stofflichen Beschaffenheit der Sand-, Ton- und Karbonatgesteine eingehend über die Verwitterungserscheinungen derselben berichtet worden ist und an dieser Stelle bei gleicher Behandlung des Stoffes nur Bekanntes wiederholt werden müßte, so gehen wir sofort zur Aufzählung des analytischen Materials über und wenden uns dann sogleich der Bodenbildung der einzelnen Gesteinstypen zu.

A. Sandsteine.

1. Glimmerreicher Sandstein von Neuenbürg in Württemberg, mitgeteilt von E. v. WOLFF (Mitteilungen aus Hohenheim. Stuttgart 1887 und BIEDERMANN's Centralbl. f. Agr. Chem. Bd. XVI, Heft 1)¹.

¹ Die Zugehörigkeit dieses Sandsteins zur oberen Abteilung steht nicht ganz sicher fest. Er kann zu den unteren Sandsteinen des oberen Buntsandsteins oder auch noch zum mittleren Buntsandstein zuzurechnen sein. In den Angaben Wolff's heißt es: „Bruchstück eines feinkörnigen, hellrot gefärbten, unverwitterten Sandsteins, seiner Beschaffenheit nach schon mehr dem Hauptgebilde der ganzen Formation, dem eigentlich bunten Sandstein, wenn auch dem obersten, also den Übergang zu dem „Röt“ vermittelnden Teile desselben zuzurechnen ist. Das Gestein war reich an kleinen Blättchen von weißem Glimmer und überall mit braunroten Punkten und Flecken durchsetzt, die von einer mehr tonigen und eisenreichen Masse herrührten.“ Die Abtrennung ist aber dort stets schwierig, wo die Karneolbank fehlt oder dort, wo zwischen Hauptkonglomerat und Karneolhorizont Sandsteine eingelagert sind, vergl. hierzu Sauer, Erl. z. Bl. Neckargemünd S. 23 ff., ferner Erl. zu Bl. Freudenstadt S. 23, wo es heißt: „Denn der Hauptcharakter der eigentlichen Plattensandsteine besteht neben ihrer ebenen Schichtung in ihrem gleichmäßig feinen Korn, ihrem Glimmergehalt und reichlichen tonigen Bindemittel. Die tiefsten über dem Hauptkonglomerat folgenden Schichten sind zwar vielfach schon ebenplattig entwickelt, erinnern aber in manchen Lagen durch größeres Korn, leichte Verkieselung und vereinzelte Quarzgerölle noch einigermaßen an die Schichten unter ihnen. Sie unterscheiden sich von ihnen immerhin deutlich genug durch verhältnismäßig große, parallel gelagerte Schuppen weißen Glimmers. Dazu kommt auf angewitterten Flächen oft ein Reichtum an kleinen Hohlräumen, die dem Gestein ein löcherig zerfressenes Aussehen verleihen und, wie frische Stücke lehren, wenigstens zum Teil durch Auswittern kleinster Tongallen entstanden.“ (M. Schmidt und E. Rau.) Demnach dürfte man diesen Sandstein doch wohl dem oberen Buntsandstein zurechnen oder jedenfalls ganz allgemein „den Zwischenschichten“, wengleich es auch im Referat der „Jahres-

2. „Steine und Steinchen des Untergrundes“ tiefrot gefärbt von mehr als 1 mm Durchmesser (8,6% der lufttrockenen Bodenprobe, nämlich aus dieser ausgesiebt; Centralbl. f. Agr. Chem. Bd. 16. 1887. S. 15). „Sie gehörten den obersten, mehr tonigen Schichten der Formation an, den plattenförmigen Absonderungen, welche auch wegen ihrer tiefbraunroten Farbe mit dem Namen ‚Röt‘ bezeichnet werden“. E. v. WOLFF, Mitteilungen von Hohenheim. S. 2. Ebenfalls von Neuenbürg.
3. Oberer Buntsandstein von Baden, mitgeteilt von J. NESSLER, und E. MUTH (Jahresber. über die Fortschritte der Agr. Chem. 1870—72. S. 21. Orig.: Berichte über die Arbeiten der Großherzogl. Versuchs-Station Karlsruhe 1870, Bad. landwirtschaftl. Wochenblatt. 1867. No. 99).
4. Oberer glimmerreicher, schiefriger Sandstein von Thüngersheim (A. HILGER, „Die chemische Zusammensetzung von Gesteinen der Würzburger Trias.“ Mitteilungen pharm. Inst. Lab. f. angew. Chem. Erlangen 1889 u. Jahresber. Agr. Chem. XII. 1889. S. 5).
5. Röt von Thüngersheim („große Grube“), (desgl. A. HILGER).
6. Chirotherienbank von Aura bei Kissingen (desgl. A. HILGER).
(5. und 6. dürften nicht mehr zu den reinen Sandsteinen zuzurechnen sein, namentlich No. 6 mit seinem hohen Karbonatgehalt gehört eher den Karbonatgesteinen an.)

Gesamtanalysen.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Si O ₂	91,735	81,846	69,36	68,184	82,785	63,299
Al ₂ O ₃	3,743	7,615	13,53	12,032	4,165	4,679
Fe ₂ O ₃	1,489	3,745	6,05	4,187	1,726	0,571
Mn ₃ O ₄	0,017	0,508	—	Fe O 1,120	Fe O 1,246	Fe O 0,270
Ca C O ₃	0,085	0,099	—	—	4,821	20,991
Ca O	0,095	0,088	0,51	0,867	0,016	0,573
Mg O	0,111	0,255	0,31	1,042	1,246	—
K ₂ O	1,893	2,785	6,42	4,880	2,877	1,571
Na ₂ O	0,082	0,442	2,69	1,079	0,061	1,828
P ₂ O ₅	0,025	0,046	0,10	Ca ₃ (P O ₄) ₂ 1,109	Ca ₃ (P O ₄) ₂ 0,775	Ca ₃ (P O ₄) ₂ 1,212
S O ₃	0,009	0,009	—	Ca S O ₄ 0,533	Ca S O ₄ 0,002	Ca S O ₄ 0,341
H ₂ O (Glühverlust)	0,624	2,619	—	2,720	1,061	1,609
				Na Cl 0,118	—	0,143
					Mg C O ₃ 0,021	2,641

berichte der Fortschritte auf dem Gebiete der Agrikulturchemie“, XI. und XII. Jahrg. 1868—69, heißt: „wohin das feste Gestein aus den oberen glimmerhaltigen Schichten des eigentlichen bunten Sandsteins herrührt.“!? Ich schrieb dieses 1907 nieder. Inzwischen ist nun das Bl. Schramberg mit seiner Erläuterung erschienen, in dieser wird auch von der württembergischen Landesaufnahme Wolff's Sandstein als Oberer Sandstein, Plattensandstein, angesehen. (Vergl. Bräuhäuser: Erl. zu Bl. Schramberg. S. 101.)

In Salzsäure löslicher Anteil:

	I.		II.	III.	IV.	V.	VI.
	kalte (konz.)	heiße	heiße				
Si O ₂	0,003	0,003	0,057	0,08	4,165	0,024	1,206
Al ₂ O ₃	0,076	0,277	0,988	3,27	3,100	—	0,854
Fe ₂ O ₃	1,060	1,038	3,173	4,24	2,083	1,726	0,571
Mn ₂ O ₄	—	0,017	0,508	—	Fe O 1,120	—	0,270
Ca C O ₃	0,050	0,085	0,099	—	—	4,821	—
Ca O	—	—	—	0,26	0,867	—	12,562
Mg O	Sp.	Sp.	0,052	0,19	1,042	Mg C O ₃ 0,021	1,245
K ₂ O	0,015	0,049	0,078	0,61	0,924	0,416	0,204
Na ₂ O	0,003	0,006	0,010	0,38	0,432	Sp.	0,353
P ₂ O ₅	0,009	0,025	0,046	0,06	0,702	0,775	—
SO ₃	0,008	0,009	0,009	—	0,385	0,002	—
H ₂ O	—	—	—	—	2,720	1,061	1,609
					Cl 0,072	—	—

B. Tongesteine.

1. Röt aus Baden (NESSLER und MUTH, vergl. S. 52 No. 3).
2. Röt von Hasbergen (Osnabrück), einem Forstgrunde entnommen (FISSE, Journ. f. Landw. Göttingen 1873, p. 28 u. Jahresber. d. Fortschritte a. d. Gebiete d. Agr.-Chem. 1873—74, S. 11).
3. Röt-Letten vom Kugelberg bei Cabla (E. E. SCHMIDT, Jahrb. d. Kgl. Preuß. geol. Landesanstalt 1881. S. 92. Ref. Jahresber. Agr. Chem. 1882).

	I.		II.		III.	
	Gesamt- analyse	löslich in HCl	Gesamt analyse	löslich in HCl	Gesamt- analyse	
Si O ₂	62,08	0,05	75,106 ¹	0,022	47,8	
Al ₂ O ₃	19,73	4,29	} 18,042	} 5,824	16,2	
Fe ₂ O ₃	7,92	6,08			9,1	
Ca O	0,32	0,25	0,866	—	1,6	
Mg O	0,22	0,13	0,216	—	8,7	
K ₂ O	5,94	0,84	1,744	0,156	3,9	
Na ₂ O	3,09	0,39	0,688	0,201	1,4	
P ₂ O ₅	0,14	0,08	0,044	0,044	0,5	
Ca C O ₃	—	—	0,075	0,075	Fe O 2,4	
Mg C O ₃	—	—	0,320	0,320	SO ₃ 0,3	
H ₂ O	—	—	2,756	2,756	6,3	
					CO ₂ 0,2	

Eine Rötprobe, die 3—4 m unter dem „Röt von Thüngersheim“ (S. 52 No. 5) gelegen war, ergab nach A. HILGER 0,416 % P₂ O₅, 2,214 % K₂ O und 3,569 % Ca C O₃.

¹ Unlöslich in HCl und H₂ SO₄, die übrigen Zahlen der Reihe geben den in HCl und H₂ SO₄ löslichen Anteil wieder.

Weitere Bestimmungen der hauptsächlichsten Pflanzennährstoffe im „Röt des badischen Buntsandsteins von Villingen, Wertheim und Ettlingen“ hat seinerzeit NESSLER veröffentlicht. Das mit Flußsäure aufgeschlossene Gestein enthielt in 8 Fällen im $\frac{\text{Minimum}}{\text{Maximum}}$ Mittel $\%$, für

$$\text{Ca O } \frac{0,25}{5,7} \text{ 2,0; } \text{K}_2\text{O } \frac{0,1}{5,9} \text{ 1,2; } \text{P}_2\text{O}_5 \frac{0,17}{0,55} \text{ 0,11 } \% ^1.$$

Ein Röt von Freudenstadt (Württemberg) ergab 0,24 $\%$ und ein anderer 0,31 $\%$ P_2O_5 ².

C. Karbonatgesteine.

1. Bank mit *Myophoria vulgaris* im Röt von Erlabrunn (mitgeteilt von A. HILGER).
 2. Dolomitknauer an der Karneolbank vom Rothenberge bei Karlstadt a. M. (A. HILGER).
 3. Dolomit vom Jenzig bei Jena
 4. Mergel vom Kugelberg bei Cahla
 5. Mergel vom Jenzig bei Jena
 6. Desgl.
- | |
|-------------------------------|
| mitgeteilt von E. E. SCHMIDT, |
| Jahrb. d. Kgl. Preuß. geol. |
| Landesanstalt. 1881. S. 133. |
7. Dunkelgelbe dolomitische Kalkbank (0,5 m mächtig) Bl. Lengsfeld, mitgeteilt von v. KOENEN (die Bank ist in ganz Hessen vorhanden und liegt an der Grenze des unteren Muschelkalkes).
 8. Dolomitknollen aus dem Chirotheriensandstein aus der Meininger Gegend. FRANTZEN, Jahrb. d. Preuß. geol. Landesanstalt. 1883. S. 368.
 9. Dolomit aus der Karneolbank bei Kissingen (Chirotheriensandstein), ebenfalls bei FRANTZEN.
 10. Grüner, dolomitischer Mergel von Rüdersdorf bei Berlin, nahe der Giesenschlucht.
 11. Roter Dolomitmergel von Rüdersdorf, Giesenschlucht.
 12. Gelber mergeliger Dolomit ebendaher, Hennigsche Mergelgrube.
 13. Grüner Dolomitmergel gleichen Fundortes.
 14. Mergeliger Kalkstein Rüdersdorf, Giesenschlucht.
- (10.—14. mitgeteilt von A. ORTH, Rüdersdorf und Umgegend auf geologischer Grundlage bearbeitet. 1877. Abh. z. geol. Karte von Preußen 1.)
15. Rötdolomit von Bobreck in Oberschlesien (nach GRUNDMANN vergl. H. ECK, l. c. S. 41).

¹ Vergl. C. Luedecke, l. c. S. 81.

² Vergl. Erl. z. Bl. Freudenstadt. S. 88.

	1.		2.	3.	4.	5.	6.			
	löslich in H Cl		löslich in H Cl							
Si O ₂	45,012	3,801	Unlösliches	47,046	61,7	39,2	42,4			
Al ₂ O ₃	9,900	4,642	}	9,130	5,2	11,8	16,5			
Fe ₂ O ₃	2,801	1,246			1,2	5,5	8,0	5,2		
Fe O	0,650	—			—	1,8	1,4	2,1		
Ca O	3,286	5,401		19,840	9,7	10,7	6,3			
Mg O	—	9,123		3,600	6,3	10,3	7,0			
Ca C O ₃	7,550	—		—	—	—	—			
Mg C O ₃	19,114	—		—	—	—	—			
K ₂ O	2,180	1,412		0,001	1,8	4,4	4,3			
Na ₂ O	2,204	0,812		0,026	0,6	1,5	1,2			
P ₂ O ₅ Ca ₃ (P O ₄) ₂	1,504	1,207		0,006	—	0,1	0,6			
S O ₃	—	1,601		0,266	—	0,2	0,2			
C O ₂	—	14,801		20,010	13,9	11,1	8,5			
Cl Na Cl	0,121	0,206		0,004	—	—	—			
H ₂ O	3,081	3,081		0,071	1,2	2,2	4,1			
	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	
Si O ₂ u. in H Cl } Unlösliches }	6,038	22,93	3,58	57,02	54,90	20,37	40,96	20,16	5,82	
Löslich in H Cl:										
Al ₂ O ₃	—	0,83	}	1,60	9,33	11,72	2,26	11,85	3,26	} 3,61
Fe ₂ O ₃	3,682	FeCO ₃ 2,06								
Ca O	48,290	—	—	8,22	7,77	21,42	11,61	38,12	25,95	
Mg O	8,960	—	—	6,02	5,23	15,88	10,15	2,73	18,39	
C O ₂	32,760	—	—	8,81	10,49	36,00	17,32	32,99	42,32	
Ca C O ₃	—	42,38	52,49	—	—	—	—	—	—	
Mg C O ₃	—	32,22	40,88	—	—	—	—	—	—	
Glühverlust } exkl. H ₂ O }	—	—	—	10,55	7,28	1,55	6,05	2,07	—	
H ₂ O	—	—	—	P ₂ O ₅ 0,10	—	—	—	—	1,96	
S	—	—	—	—	—	—	—	—	0,36	

Der in Salzsäure unlösliche Rückstand letzterer Gesteine enthält namhafte Mengen Kali, wie die Analyse des in Salzsäure unlöslichen Anteils des grünen dolomitischen Mergels (No. 10) erkennen läßt. Nach ORTH ist dieser wie folgt zusammengesetzt: Si O₂ 60,78%, Al₂ O₃ 24,03%, Ca O 0,35%, Mg O 3,05%, K₂ O 3,74%, Na₂ O 1,10% und Glühverlust 6,70%.

Anschließend an die Gesteinsanalysen mögen noch die Analysen einiger Kieselausscheidungen des Röts wiedergegeben sein.

No. 1 und 2 sind solche aus der Karneolzone, und zwar 1. Karneol von Bann bei Landstuhl in der Pfalz und 2. Chalcedon ebendaher. No. 3 ist ein Hornstein von Jenzig bei Jena und No. 4 ein gleicher vom Kugelberg bei Cahla.

(1 und 2 Erl. z. Blatt Zweibrücken, S. 144. Anal. A. SCHWAGER;
3 und 4 E. E. SCHMIDT, l. c. S. 133. Anal. POPP und PRAUSSNITZ.)

	I.	II.	III.	IV.
SiO ₂	97,24 ¹	99,36 ¹	81,2	87,3
Al ₂ O ₃	0,88	—	7,5	8,6
Fe ₂ O ₃	0,68	0,14	4,3	1,9
CaO	0,32	0,08	0,4	0,4
MgO	0,28	0,04	0,1	0,6
K ₂ O	0,19	0,06	4,1	0,1
Na ₂ O	0,05	0,04	2,0	0,1
P ₂ O ₅	—	—	—	0,1
H ₂ O	0,28	0,28	0,5	0,4
(MnO 0,08)				

Unzweifelhaft steht der unter A. 1 aufgeführte Sandstein in seiner chemischen Zusammensetzung den Sandsteinen des mittleren Buntsandsteins äußerst nahe und gehört, wie wir ja gesehen haben, auch solchen Schichten an, deren Stellung zum mittleren Buntsandstein in nächster Beziehung steht². Vergleichen wir dagegen die übrigen Sandgesteine des oberen Buntsandsteins mit den Sandsteinen der mittleren und unteren Formationsabteilung, so macht sich eine Analogie zwischen ihnen und dem unteren Sandstein auf der einen Seite geltend, während der mittlere Buntsandstein in seiner chemischen Natur mehr oder weniger stark kontrastiert. Diese Verhältnisse sprechen sich am klarsten durch eine Gegenüberstellung der analytischen Werte aus, wie sie die nachstehende Tabelle wiedergibt.

	S _u (Werte aus 9 Analysen)	S _m (Werte aus 8 Analysen)	S _o (Werte aus 4 Analysen)
SiO ₂	80	90	77
	77,4—80,8 ³	86,9—95,1	68,2—82,8
Al ₂ O ₃	9	5	9
	7,7—9,6	1,9—6,6	4,2—13,5
Fe ₂ O ₃	3	1	4,5
	1,4—3,6	0,4—2,3	3,7—6,0
K ₂ O	2,5	1,8	4,5
	1,8—4,5	0,2—3,4	2,9—6,4

¹ SiO₂ ist aus der Differenz ermittelt.

² Bezüglich seiner chemischen Zusammensetzung allein könnte man ihn sehr wohl als S_m auffassen.

³ Diese Werte wurden aus den früher angegebenen Analysen berechnet, und zwar gibt die allein zu oberst stehende Zahl den abgerundeten Mittelwert aus den Analysen an, während die beiden darunter stehenden Zahlen den empirisch erhaltenen kleinsten und höchsten Wert darstellen. Bei den Analysen des S_m ist der Letten ausgeschaltet, ebenso bei S_o No. 1, da er einen wenig scharfen

	Sandsteine des S _u (Werte aus 9 Analysen)	S _m (Werte aus 8 Analysen)	S _o (Werte aus 4 Analysen)
Na ₂ O	1 0,2—1,3	0,5 0,2—1,0	1 0,1—2,7
P ₂ O ₅	1 0,02—0,52	Sp. 0,0—0,08	0,4 0,05—0,7
CaO	1 0,1—3,0	0,1 Sp.—0,25	0,4 0,02—0,9
MgO	1 0,7—1,7	0,15 0,10—0,23	0,5 0,26—1,25

Hiernach sind die Sandsteine der mittleren Abteilung am kiesel-säurereichsten, die des unteren und oberen Buntsandsteins daran ärmer und übertrifft ersterer den letzteren um ein Geringes. Im Gehalt an Tonerde sind der untere und der obere Sandstein wiederum gleich und erreicht der letztere den Maximalwert von 13,5, ein Wert, der im unteren Buntsandstein für Tonerde nicht beobachtet wurde. Der mittlere Buntsandstein steht dagegen den beiden anderen Sandsteinen im Gehalt an Tonerde weit nach. Das Eisen-oxyd ist ebenfalls hauptsächlich in der unteren und oberen Abtei-lung, weit weniger in der mittleren vorhanden, doch übertrifft hierin abermals der obere den unteren Buntsandstein. Gleiches gilt für Kali und Phosphorsäure¹. Das Natron ist im oberen und unteren

Übergang vom S_m zum S_o sowohl in analytischer wie stratigraphischer Hinsicht darstellt. Von den Analysen des S_o wurden A. 2, 3, 4 und 5 zur Aufstellung der Tabelle benutzt.

¹ Bräuhäuser legt in einer neueren Arbeit interessante Beziehungen des Phosphorsäuregehaltes der einzelnen Buntsandsteinhorizonte zu ihrer Entstehungsweise dar, welche sich allerdings mit den obigen Ermittlungen nur teilweise decken. Bräuhäuser fand für sein Untersuchungsgebiet im östlichen Schwarzwald im unteren Buntsandstein von der Arkose bis zur Obergrenze Phosphorsäurewerte von 0,212 %—0,053 %. Im mittleren Buntsandstein stellte er nach Horizonten von unten nach oben geordnet folgende P₂O₅-Mengen fest:

Eck'sches Konglomerat: 0,078—0,071—0,071—0,071—0,045—0,044 %.

Geröllfreier mittlerer Buntsandstein: 0,142—0,128—0,078—0,070—0,054—0,048 %.

Hauptkonglomerat: 0,134—0,067—0,053—0,030 %.

Im „normalen oberen Buntsandstein“ vermochte er aber nur „Deutliche Spuren — Schwache Spuren — Schwache Spuren“ nachzuweisen. Erst im eigentlichen Rötten schwoh der P₂O₅-Gehalt wiederum mächtig an, nämlich zu: 0,142—0,164—0,310—0,244—0,113—0,120 %, doch sind auch dort zu verzeichnen „Sehr schwache Spuren“ und „Kaum eine Spur“.

Dieses rhythmische Aufsteigen und Fallen der Phosphorsäurewerte inner-halb eines geologisch selbständigen Horizontes erklärt Bräuhäuser durch eine

Buntsandstein gleich hoch vertreten, doch im mittleren wieder gering zugegen. Der Kalk und die Magnesia sind am stärksten im unteren Sandstein vorhanden, der oberen Abteilung kommt hieran nur die Hälfte zu und im mittleren Buntsandstein sinkt der Gehalt an Kalk und Magnesia bis auf ganz geringe Mengen herab. Daß jedoch auch diese Sandsteine einen nicht unbedeutlichen Kalkgehalt unter Umständen aufzuweisen vermögen, geht aus einer Mitteilung FRANTZEN'S über die dolomitische Chirotherien-Sandsteinbank Frankens hervor, deren Zusammensetzung nach ihm sich auf 87,42 % Sand etc., 0,71 % $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$, 11,48 % CaCO_3 und 0,34 % MgCO_3 beläuft. Diese Bank stellt dort eine 0,76 m dicke, oben aus hellfarbigem mergeligen Ton, unten aus einem harten, jedoch feinkörnigen, hellgefärbten, dolomitischen Sandstein bestehende bankige Einschaltung dar¹.

Allein schon aus der chemischen Beschaffenheit der Sandsteine ließe sich folgern, daß von ihnen die Sandsteine der oberen Abteilung die besseren Böden zu liefern vermögen, was denn auch in der Tat der Fall ist.

E. v. WOLFF² widmete der Verwitterung des Plattensandsteins eingehende Untersuchungen im Laboratorium, indem er das Gestein in Gestalt von verwitterten Bruchstücken (Steinen), sowie den aus diesen hervorgegangenen Untergrund wie Obergrund den Einflüssen verschieden stark angreifender Säuren aussetzte. Die dadurch im Lösung gegangenen Substanzmengen bestimmte er und zog aus den so erhaltenen Werten Schlüsse sowohl auf den Gang der Verwitterung als auch auf die Umwandlung des Plattensandsteins im Boden. Seinen interessanten Untersuchungen sei folgendes entnommen.

jedesmalige geologische Neubildung des Sediments. Eine jede seiner P_2O_5 -Gruppen beginnt mit einer Schicht fremder Geschiebe und Gerölle, welche bei der zu unterst liegenden Arkose, wie beim Eck'schen Konglomerat, kristallinen Gesteinen entstammen. „In jeder Gruppe ist das Verhältnis des oberen zum unteren Teil das gleiche; bei einer jeden bedeutet der erste Anfang des unteren Teils, geologisch gesprochen, ein — vielleicht katastrophentartiges — Einsetzen einer anderen Zeit nach vergangenen Perioden gleichmäßiger ruhiger Entwicklung.“ Das aus den kristallinen Gesteinen neu zugeführte Material erhöht stets den P_2O_5 -Gehalt der Sandsteine. (Bräuhäuser, l. c. S. 16 und 17.)

¹ Frantzen, Jahrb. d. Kgl. Preuß. geol. Landesanstalt. 1883. S. 359.

² Mitteilungen von Hohenheim. Stuttgart 1887 und Biedermann's Centralblatt für Agrikultur-Chemie. XVI. 1. 1887. S. 11.

	Steine des Untergrundes	Feinerde Untergrund	Ackererde
H ₂ O (getr. bei 125°)	1,1050	2,2798	4,5880
Festgebundenes H ₂ O }	1,5040	1,7878	2,1406
Humus (N-frei)		0,5567	3,9917
N		0,0394	0,2439
Gesamtglühverlust	2,6190	4,6637	10,9642

A. Löslich in kalter konzentrierter Salzsäure:	2,8878	2,9006
Si O ₂	0,0827	0,1393
Fe ₂ O ₃	1,6867	1,4267
Al ₂ O ₃	0,8814	0,9012
Mn ₃ O ₄	0,0646	0,0883
Ca C O ₃	0,0583	0,1183
Mg O	0,0462	0,0610
S O ₃	0,0062	0,0272
P ₂ O ₅	0,0219	0,0654
K ₂ O	0,0360	0,0701
Na ₂ O	0,0038	0,0031

B. Löslich in kochender konzentrierter Salzsäure.

Gesamtmenge	5,0195	4,9961	5,2266
Si O ₂	0,0566	0,1300	0,1280
Fe ₂ O ₃	3,1732	2,0177	1,9470
Al ₂ O ₃	0,9878	2,3392	2,2790
Mn ₃ O ₄	0,5078	0,1450	0,2083
Ca C O ₃	0,0988	0,1050	0,2300
Mg O	0,0519	0,0446	0,0957
S O ₃	0,0093	0,0080	0,0304
P ₂ O ₅	0,0457	0,0498	0,0940
K ₂ O	0,0783	0,1505	0,2007
Na ₂ O	0,0101	0,0063	0,0135
Karbonatlösl. Si O ₂	1,0043	3,0005	3,4665
Unlöslicher Rückstand	91,3633	87,0480	80,0893

C. Rückstand behandelt mit konzentrierter Schwefelsäure, wodurch neu in Lösung gingen:

Gesamtmenge	4,9869	7,1480	5,8192
Si O ₂	—	0,0776	0,1445
Fe ₂ O ₃	0,5718	1,0076	0,5993
Al ₂ O ₃	3,5025	5,1333	4,2873
Ca O	0,0093	0,0274	0,1296
Mg O	0,1365	0,0639	0,0709
K ₂ O	0,6519	0,7703	0,6434
Na ₂ O	0,1149	0,0679	0,0442
Karbonatlösl. Si O ₂	5,0935	7,6761	5,3153
Ungelöster Rückstand	81,3337	72,3467	69,0557

	Steine des Untergrundes	Feinerde Untergrund	Ackererde
D. Rückstand behandelt mit Flußsäure, wodurch aufgelgeschlossen wurde:			
Si O ₂	75,6916	67,9924	64,0162
Al ₂ O ₃	3,1249	2,2264	2,6977
Ca O	0,0783	0,0471	0,0862
Mg O + Mn O ₂	0,0671	0,0531	0,0501
K ₂ O	2,0545	1,7291	1,8773
Na ₂ O	0,3170	0,2986	0,3282

Demnach beträgt die Gesamtzusammensetzung:

Si O ₂	81,8463	78,8766	73,0505
Al ₂ O ₃	7,6152	9,6989	9,1640
Fe ₂ O ₃	3,7450	3,0253	2,5463
Mn ₃ O ₄	0,5078	0,1450	0,2083
Ca C O ₃	0,0988	0,1050	0,2300
Ca O	0,0876	0,0745	0,1158
Mg O	0,2555	0,1616	0,2167
S O ₃	0,0093	0,0080	0,0304
P ₂ O ₅	0,0457	0,0498	0,0940
K ₂ O	2,7847	2,6499	2,7214
Na ₂ O	0,4420	0,3728	0,3859
H ₂ O + org. Substanz	2,6190	4,6637	10,9642
S./S.	100,0569	99,8311	99,7275

Berechnet man diese Zahlen auf humusfreie Substanz, so erhält man vergleichsweise folgende Werte (vergl. BRAUNGART: „Die Wissenschaft in der Bodenkunde“):

Si O ₂	83,9985	82,8937	82,2983
Al ₂ O ₃	7,8154	10,1927	10,3241
Fe ₂ O ₃	3,8435	3,1794	2,8686
Mn ₃ O ₄	0,5212	0,1524	0,2347
Ca C O ₃	0,1014	0,1103	0,2591
Mg O	0,2622	0,1698	0,2441
K ₂ O	0,8579	2,7849	3,0659
Na ₂ O	0,4536	0,3917	0,4348
P ₂ O ₅	0,0469	0,0523	0,1059

Davon sind auflöslich in:

kalter konzentrierter Salzsäure	—	3,0344	3,2623
heißer konzentrierter Salzsäure	5,1568	2,2154	2,6169
kalter + heißer konzentrierter Salzsäure	5,1568	5,2498	5,8792
Karbonat nach Salzsäure-Auszug	1,0317	3,1528	3,9001
konzentrierter Schwefelsäure	5,1233	7,5109	6,5471
Karbonat nach Schwefelsäure-Auszug	5,2328	8,0646	5,9800
Summe der gelösten Bestandteile	16,5446	23,9783	22,3064
Unlöslicher Rückstand	83,4554	76,0217	77,6936

E. v. WOLFF deutet die Ergebnisse seiner Untersuchungen dahin, daß zunächst eine Verminderung des Eisengehaltes im Verlauf des Verwitterungsvorganges stattfindet. Aus den Löslichkeitsverhältnissen des Kalis in den drei Verwitterungsstufen zieht er sodann den weiteren Schluß, daß mit fortschreitender Verwitterung das Kali in eine leicht löslichere Form überführt wird, denn der in Salzsäure lösliche Anteil des Kalis erweist sich im Untergrunde wie Ackererde bedeutend höher als in den Steinen, aber die in Schwefelsäure gelöste Quantität zeigt sich in allen drei Stufen nahezu gleich. „Die im Buntsandstein enthaltene absolute Menge Phosphorsäure ist“ nach ihm „nicht beträchtlich und deren Leichtlöslichkeit verhältnismäßig gering“. Immerhin dürfte wohl eine relative Anreicherung der Phosphorsäure nicht zu leugnen sein.

Den in Säuren und Karbonat unlöslichen Rückstand faßt WOLFF als rein sandige Substanz auf und findet, daß sie in allen drei Stufen der Verwitterung eine fast gleiche Zusammensetzung besitzt. Hierfür gibt er nachstehende Übersicht an.

	Steine des Untergrundes	Untergrund	Ackererde
Al ₂ O ₃	3,84	3,08	3,97
Ca O	0,09	0,07	0,12
Mg O	0,08	0,08	0,07
K ₂ O	2,53	2,39	2,72
Na ₂ O	0,39	0,41	0,47
SiO ₂	93,07	93,97	92,65

„Die absoluten Mengen der verschiedenen Pflanzennährstoffe sind in den Steinen und in der Feinerde des Untergrundes ziemlich übereinstimmend. Durch allmähliche Verwitterung der Steine muß also die Feinerde des Untergrundes vermehrt werden, ohne daß die letztere dadurch eine wesentliche Veränderung in ihrer Zusammensetzung, namentlich der eigentlichen Pflanzennährstoffe, erleidet¹.“

Auch die Arbeiten WOLFF's lassen erkennen, daß sich die Verwitterung des Sandsteins vorwiegend auf das Bindemittel erstreckt und dieses in seiner Zusammensetzung verändert. Dieser Vorgang scheint der Hauptsache nach in einer Fortführung von Eisen- und Manganoxiden zu bestehen. Für die Manganoxyde geht dieses schon daraus hervor, daß sie in kalter Salzsäure fast zur Hälfte und in heißer Salzsäure fast vollständig auflöslich sind. Das Eisenoxyd

¹ Jahresbericht über die Fortschritte auf dem Gebiete der Agrikultur-Chemie. Jahrg. XI u. XII. 1868/69. S. 9.

gibt $\frac{2}{3}$ seines in heißer Salzsäure löslichen Anteils schon an kalte Salzsäure ab und läßt den Rest seines Gesamtgehaltes von etwa $\frac{1}{7}$ in den Steinen, $\frac{1}{3}$ im Untergrund und $\frac{1}{4}$ im Obergrund durch konzentrierte Schwefelsäure völlig in Lösung bringen. Daß in den beiden letzten Fällen nur noch Mengen von $\frac{1}{3}$ bzw. $\frac{1}{4}$ auszutreten vermögen gegenüber $\frac{1}{7}$ in den Steinen, zeigt, daß die Gesamtmenge im Verlauf der Verwitterung beträchtlich abgenommen hat. Auch eine geringe Abnahme an Kieselsäure läßt sich beobachten, während Magnesia und Natron nahezu gleich bleiben. Tonerde, Kali, Phosphorsäure und kohlenaurer Kalk reichern sich dagegen, wenn auch nur relativ, an. Die Zunahme des kohlen-sauren Kalks erlaubt zugleich auf den Grad der Verwitterung zu schließen.

Am wichtigsten für die Beurteilung der ganzen Frage ist jedoch der in Säuren unlösliche resp. der erst durch Flußsäure aufgeschlossene Rückstand, den WOLFF als „rein sandige Substanz“ bezeichnet. Er gibt gewissermassen dasjenige wieder, was man als das Skelett des Sandsteins und Bodens aufzufassen vermag, nämlich die Quarzindividuen, welche hier z. T. durch Glimmer und Feldspate ersetzt sind. Es ist die durch die Verwitterung schwer oder unangreifbare Hauptmasse des Sandsteins. Aus der Umrechnungstabelle auf S. 61 geht mit größter Deutlichkeit hervor, daß diese Substanz in allen Stoffen, die an ihrer Zusammensetzung teilnehmen, nahezu gleiche Mengen sowohl in den Steinen, im Untergrund wie in der Ackererde besitzt.

Vergleicht man diese Ergebnisse mit denjenigen, welche ich bei der Untersuchung des Verwitterungsvorganges des mittleren Buntsandsteins erhielt — zwar sind die analytischen Methoden beider Arbeiten wesentlich voneinander verschieden —, so läßt sich manch ähnliches Verhalten erkennen, wie z. B. der Austritt der Eisenverbindungen, die Beständigkeit der Kieselsäure (im Fall des Überganges vom Sandstein zum ungedüngten primären Verwitterungsboden meiner Arbeit) etc., doch fällt andererseits namentlich der Gegensatz in der Löslichkeit des Kalis und Natrons und auch der Tonerde auf. Während alle Verwitterungsstadien des mittleren Buntsandsteins die Abnahme der Alkalien mit fortschreitender Verwitterung dartun, bleiben diese im oberen Buntsandstein-Verwitterungsboden wie Gestein und Untergrund fast nahezu dieselben. Mir scheint, daß die Ursache dieses Verhaltens in der mineralogischen Natur dieser Verbindungen zu suchen ist, denn im untersuchten mittleren Buntsandstein scheint Kali, Natron und Tonerde in feldspatartiger Verbindung vorzuliegen, wogegen für diese Körper im oberen

Buntsandstein der WOLFF'schen Arbeit wohl eher eine Glimmerverbindung anzunehmen ist. Hierfür spricht, daß im untersuchten mittleren Buntsandstein makroskopisch wie mikroskopisch kein Glimmer nachzuweisen war¹ (Jg. 1910 S. 468), während den Plattensandsteinen die Glimmerführung als ganz besonders charakteristisch ist, denn der Begriff des Plattensandsteins ist, wie wir gesehen haben, an das Vorhandensein von Glimmer gebunden. Feldspate geben aber Kali und Natron immerhin weit leichter ab als die Glimmer, d. h. mit anderen Worten, jene verwittern, diese dagegen nur schwer wie der Biotit und fast kaum wie der Muskovit. Weißer Glimmer ist es aber gerade, welcher in den Plattensandsteinen auftritt. Eine Festlegung des Kalis im Fall des oberen Buntsandsteins dürfte wohl wenig Wahrscheinlichkeit für sich haben, doch immerhin nicht gänzlich von der Hand gewiesen werden können zufolge des relativ recht großen Anteils von in Salzsäure löslicher Tonerde.

Die Tongesteine des Röt zeigen eine erheblich verschiedene chemische Zusammensetzung. Ihr Gehalt an Kieselsäure schwankt außerordentlich. Sie gehen bei hoher Zunahme an sandigen Teilen, wie dieses z. B. die Analyse von No. 4 auf S. 52 zeigt, in die Schieferletten über. Tonerde und Eisenoxyd sind meist, entsprechend dem Charakter der Tongesteine, in größerer Quantität vorhanden, doch sinkt mit der Zunahme an sandigen Teilen in den Letten ihre Menge erheblich. Kalk und Magnesia wechseln ebenfalls äußerst stark in ihrer Anteilnahme, wodurch einerseits der dolomitische Charakter angebahnt wird, andererseits die Rötmergel bedingt sind. So teilt M. BRÄUHÄUSER die Analyse eines Rötttons² aus dem Nord-schwarzwald von nachstehender Zusammensetzung mit, die eine sehr große Menge von kohlensaurem Kalk und Magnesia erkennen läßt und das untersuchte Gestein direkt als Mergel anzusprechen heischt.

Unlöslich in 5% HCl:		Löslich in 5% HCl:			
Si O ₂ =	39,90	=	0,12	P ₂ O ₅ =	0,14
Al ₂ O ₃ =	12,88	=	0,13	CO ₂ =	16,25
Fe ₂ O ₃ =	6,42	=	0,11	H ₂ O =	2,11
Ca O =	0,05	=	9,79		
Mg O =	1,44	=	5,56		
K ₂ O =	3,883	=	0,003		
Na ₂ O =	0,642	=	0,018		

¹ Nur einmal fand ich weißen Glimmer in der Korngröße über 2 mm des „gedüngten Bodens aus den tieferen Lagen“, dessen Gegenwart ich mir aber durch Verschleppung aus Sandsteinen anderer Etagen erkläre (s. Landw. Vers.-Stationen, l. c. S. 202).

² Erl. zu Bl. Schramberg S. 103.

Der Kali- und Natrongehalt kann in den Tongesteinen teilweise recht genügend zugegen sein, teilweise sinkt er aber auch sehr herab. Auffällig ist dagegen der meist hohe Gehalt an Phosphorsäure. Durch das Auftreten von Gipsadern, Brocken oder Schnüren werden die Röttone und Mergel selbstredend reich an Calciumsulfat.

In den Karbonatgesteinen erreicht die Menge des kohlensauren Kalkes und Magnesia oftmals nahezu das Verhältnis wie in den normalen Dolomiten (vergl. hierzu die Analysen auf S. 55).

Einen interessanten Einblick in die Löslichkeitsverhältnisse des oberen Buntsandsteins gegenüber den beiden anderen Abteilungen der Formation gewähren die Analysen von Quellwassern. Hierfür teilt HASELHOFF nachstehendes charakteristische Beispiel mit.

Quellwasser aus dem	Auf 1 l Wasser berechnet in mg sind gelöst enthalten:		
	Gesamtmenge	Ca O	Mg O
unteren Buntsandstein	72,0—116,0	11,5—35,1	4,3—14,9
mittleren „	90,0— 97,0	21,0—23,5	5,3— 7,6
oberen „	2421,0	842,0	101,2

Hieraus ist der enorme Unterschied in der Menge der aus dem oberen Buntsandstein ausgelaugten Mineralstoffe gegenüber denjenigen der beiden anderen Formationsabteilungen sehr deutlich ersichtlich. Niemals werden aus dem mittleren wie unteren Buntsandstein so große Substanzmengen ausgewaschen wie aus der oberen Abteilung.

Die Sandsteine des oberen Buntsandsteins verwittern zu einem mehr oder minder leichten Sandboden. Immerhin sind die Böden im allgemeinen weit günstiger als die des mittleren Buntsandsteins gestellt, was weniger durch den geringen Zuwachs an pflanzenernährenden Mineralbestandteilen als durch den größeren Tongehalt des Ausgangsmaterials bedingt ist. Auch kommt ferner dazu, daß die meisten Sandsteine dieser Abteilung, Lettenzwischen-schichten oder auch dolomitische Einlagerungen führen, wodurch bei gemeinsamer Verwitterung der entstehende Boden physikalisch bedeutend gebessert wird.

Die Plattensandsteine des Oden- und Schwarzwaldes zerfallen zu dünnplattigem und später kleinstückig werdendem Grus, welcher durch die lettigen Einlagerungen zu einem tiefgründigen, feinsandigen Boden wird, der vermöge seines Tongehaltes absorbierend auf die dargereichten Düngstoffe einzuwirken vermag. Er stellt dadurch in physikalischer Beziehung einen weit günstigeren Boden dar, während

seine Pflanzennährstoffe selbst doch auch noch in allzu geringer Menge zugegen sind. Sein Absorptionsvermögen setzt ihn denn auch in den Stand, bei reichlicher und kräftiger Düngung gute Erträge zu liefern. Ferner kommt auch seine für den Ackerbau günstige Lage in Betracht, die meist infolge der Lagerungsverhältnisse des anstehenden Gesteins eine flache ist. Da aber auch er meist kalkfrei ist, so ist vor allen Dingen eine Kalkdüngung am Platze, die um so leichter ausgeführt werden kann, als hierfür das zu beschaffende Material meist nicht allzu fern in den Gesteinen der Muschelkalkformation und den Gipsen des oberen Röt vorhanden ist¹. Durch Melioration mit Löß oder Wellenkalk, wie dieses häufig unter natürlichen Verhältnissen geschieht, werden die Plattensandsteinböden noch bedeutend besser. Selbstverständlich kommen aber auch innerhalb der Schichten dieser Etage Abweichungen vor, die in der petrographischen Ausbildung bedingt sind, wodurch ein etwas abweichendes Bild als das angegebene, sowohl von der Verwitterung des Sandsteins als auch seines Resultates, der Bodenbildung, hervorgerufen wird.

Eine eingehende Beschreibung des Plattensandsteinbodens findet sich in den Erläuterungen zu Blatt Freudenstadt der neuen geologischen Spezialkarte von Württemberg. Hier heißt es: „Dem feineren Korn und der reichlicheren Tonbeimengung entspricht die feinsandige, gutbindige Beschaffenheit des Bodens, welcher auch für den Waldbau entschieden günstiger sich verhält, als die vorher behandelte Schichtgruppe (mittlerer Buntsandstein). Fast immer geht die Verwitterung sehr tief und läßt nur sehr kleine Sandsteinbrocken übrig, so daß ein fast vollständiger Mangel an größeren Gesteinsblöcken auf weite Strecken hin einen sehr auffallenden Gegensatz zu den felsigen Böden des mittleren Buntsandsteins darbietet. Schwierigkeiten für Pflanzungen, wie sie die Felsenmeere der älteren Schichten oft verursachen, sind hier oben unbekannt.

„Der Feinboden (unter 2 mm) besteht nach zahlreichen Schlemmanalysen aus 12—35% feinsten Teilen unter 0,01 mm. Die Hauptmasse hiervon wird wohl Ton sein, aber auch sehr feiner Quarzstaub ist darin enthalten. Selbst durch diesen reichlichen Gehalt an den feinsten Teilen wird der Boden noch nicht zu schwer. Wenn er in seinem Untergrunde etwa weniger durchlässig ist, so ist ein

¹ Über Plattensandsteinböden vergl. Erl. zu Bl. Triberg S. 39. Bl. Neckargemünd S. 102. Bl. Efenbach S. 62, sowie Bl. Neustadt und Königsfeld-Niederschach und Schramberg S. 100.

Vorzug gegenüber den tonarmen Böden des Hauptbuntsandsteins der, daß die Krümelstruktur des Oberbodens sich leichter bildet, und nicht so rasch zerstört wird, wie im größeren Sandboden. Freilich fehlen auch auf diesen Schichten missige Stellen nicht, wo oben viel Rohhumus liegt und darunter einige Dezimeter stark ausgebleicht sind. Aber wie schon oben bemerkt, kommt unter diesen alsbald der dunkelrote, noch fester sitzende Verwitterungsgrus der Plattensandsteine, ohne auch nur an einer der vielen untersuchten Stellen eine als Ortstein zu deutende Zwischenschicht erkennen zu lassen.

„Chemisch ist der Boden des oberen Buntsandsteins insofern von dem des mittleren verschieden, als daß er durch seinen reichlichen Ton die Nährstoffe besser zu binden vermag. Der Nährstoffgehalt selbst ist kaum größer, nur Kali wird in den mehr lettigen Lagen wieder etwas reichlicher. Die Zunahme an Glimmer kommt dem Boden wenig zugute, weil dieses, allerdings bis zu 10% Kali enthaltende Mineral der Verwitterung großen Widerstand leistet. Karbonate kommen in keiner den Boden irgendwie beeinflussenden Menge vor. So sind die Eigenschaften, die diese Böden für den Feldbau geeignet machen, mehr physikalischer Natur. Sie sind genügend warm und locker und reich genug an feinen und feinsten Teilen, nur vielleicht etwas steinig durch die schwer verwitternden Bruchstücke der harten Platten. Die Nährstoffe müssen regelmäßig und in genügender Menge zugeführt werden, um die physikalischen Qualitäten des Bodens voll zur Wirkung zu bringen. Die am tieferen Hange angelagerten Schuttmassen zeichnen sich durch größere Tiefgründigkeit und einen gewissen Humusgehalt aus. Alle diese Böden sind arm an Karbonaten¹.“

Zwei mechanische Schlemmanalysen der Oberschichten eines Wiesenstückes aus der Gegend von Freudenstadt in Württemberg², ausgeführt von M. BRÄUHÄUSER, sowie eine solche eines Waldbodens von Buchschollen, Abteilung Benzelbruck, Kniebis³ von REGELMANN mögen hieran angeschlossen sein⁴.

¹ M. Schmidt und K. Rau, Erl. zu Bl. Freudenstadt. S. 86.

² Vergl. Erl. zu Bl. Freudenstadt. S. 88.

³ Vergl. Erl. zu Bl. Obertal-Kniebis. S. 134.

⁴ Th. Dietrich gibt u. a. die mechanische Zusammensetzung eines Sandes aus „plattenförmigem Buntsandstein“ zu 2,1% Sandkörnern, 64,1% gröbstem, 9,2% feinem, 4,6% feinstem Sand und 19,7% tonigen Gemengteilen an (Centralblatt f. Agr.-Chem. VI. 1874. S. 8).

Im Feinboden:	I. (Wiesenboden)	II. (Wiesenboden)	III. (Waldboden)
über 1 mm	3,4	4,6	4,7
0,5 mm	6,8	3,0	2,4
0,2 „	24,6	28,4	} 51,3
0,1 „	35,4	24,8	
0,05 „	16,2	15,2	12,6
Ton	13,6	24,0	28,4

Aus diesen Analysen geht gleichfalls der hohe Gehalt an „Ton“ und feinsten Teilen deutlich hervor.

Desgleichen verdanken wir LUEDECKE zwei weitere mechanische Trennungen von Böden aus den Zwischenschichten mit der Karneolbank und den darüber liegenden kieseligen Sandsteinen und Lettenschiefern. Der eine Boden wird von ihm als „ein schwerer, zäher, steinfreier und sehr sandarmer Letten mit 52 % feinsten Teilen, aber nur 1,6 % Ton“ bezeichnet, der andere als „ein vielleicht mit Lehm gemischter Sandboden mit 26 % feinsten Teilen, 30 % Staub und 1,0 % Ton“¹.

	Hundertstel des Gesamtbodens (Feinboden > 2 mm)	Hundertstel des Feinbodens					Staub 0,05—0,01
		2—1	1—0,5	0,5—0,2	0,2—0,1	0,1—0,05	
I.	99,9	0,8	0,8	2,8	7,2	9,3	26,2
II.	95,5	0,8	0,9	8,3	17,8	15,1	30,2

	Feinstes < 0,01	S/S.	Ton nach HILGARD	Glüh- verlust	Humus nach GRANDEAU
I.	52,0	99,1	1,6	5,1	1,1
II.	25,6	98,7	1,0	4,1	1,3

I = Boden des So; lettige Schichten, Grasacker A. 15 von Michelstadt im Odenwald.

II = Boden des So; A. 15, zwischen Haisterbach und Haisterbachhof im Odenwald (Lehm?)².

Die Karneole selbst liegen weit über die Felder des aus ihren Schichten entstandenen Bodens zerstreut und kennzeichnen somit leicht die Herkunft des Bodens. Die dolomitischen Zwischenlagen werden leichter durch die chemische Verwitterung aufbereitet und vermengen sich ihre Residua mit den sandigen Teilen der sie einschließenden verwitternden Sandsteine. Ebenso die eingelagerten tonigen Schiefer bzw. Schieferletten, welche jedoch selbständig zu sandigen Lettenböden verwittern.

¹ Vergl. Luedecke, l. c. S. 84.

² Vergl. Luedecke, l. c. S. 160 u. 161.

Auch bei OSWALD¹ finden wir eine Anzahl mechanischer Analysen von niederhessischen Rötböden.

Fundort	Steine		Kies		Sand in mm		
	über 3 mm	3—2 mm	2—1	1—0,5	0,5—0,3	0,3—0,2	
Wolfsanger . .	3,20	1,10	1,22	2,38	2,00	3,37	
Walburg . . .	3,80	1,45	2,36	2,82	2,65	5,31	
Lohne	0,65	—	0,28	0,22	4,00	6,23	

	Sand in mm		Staub	Feinste Teile (Ton)
	0,2—0,1	0,1—0,05		
Wolfsanger . .	12,34	16,77	22,00	34,80
Walburg . . .	8,52	12,66	23,00	38,60
Lohne	8,15	21,00	21,33	38,56

Diese Ermittlungen belegen gleichfalls die tonige und feinsandige Beschaffenheit der Rötböden.

BRÄUHÄUSER und SCHMIDT erwähnen, daß der Verwitterungsboden des oberen Buntsandsteins an manchen Stellen besonders fein werden kann und führen dieses dann auf eine Beimischung äolischen Materials zurück. Eine von ihnen ausgeführte Schlämmanalyse solchen Bodens ergab folgende mechanische Zusammensetzung:

Angewandt Feinboden unter 2 mm Korngröße

1—2 mm	4,4 %
0,5—1 „	2,4 „
0,1—0 „	17,0 „
0,05—0,1 „	16,4 „
0,01—0,05 „	23,6 „
unter 0,01 „	36,2 „ ²
	100,0 %

Den Gehalt der Zwischenschichtenböden an Humus, Kalk, Magnesia und Kohlensäure erfahren wir aus einigen diesbezüglichen Bestimmungen LUEDECKE's. Er fand in Böden der Zwischenschichten mit Karneolbank des oberen Buntsandsteins in ‰ ausgedrückt als Mittel aus 6 Bodenuntersuchungen³.

Glühverlust	Humus	Ca O	Mg O	CO ₂
A. U ₁ U ₂				
27 25 —	13 3 —	1,1 0,9 1,0	0,3 0,4 0,5	0,2 0,2 —

Die Werte geben zwar keine hohen Mengen jener Stoffe an, übertreffen jedoch den Gehalt hieran im mittleren Buntsandstein-

¹ Vergl. Oswald, l. c. S. 35.

² Vergl. Erl. zu Bl. Simmersfeld. S. 46.

³ Vergl. Luedecke, l. c. S. 166—167.

boden beträchtlich, stehen aber denen des oberen Buntsandsteins ganz bedeutend nach.

Der mitteldeutsche Chirotheriensandstein zerfällt je nach seiner Festigkeit, die eine sehr wechselnde ist, mehr oder minder schnell zu einem steinigen, lockeren Sand oder sandigem Lehm (Malm) von brauner Farbe. Von den Gehängen in die Tiefe gespült, häuft er sich mancherorts in Gruben an, aus welchen er gegraben wird¹. Auch er wird durch andere Böden sowie Schutt der ihn überlagernden Schichten melioriert, so daß er oft schwer als selbständige Bildung zu unterscheiden ist.

Von dem Lehmboden der Zwischenschichten mit Karneolbank zwischen Haisterbach und Haisterbachhof auf Blatt Erbach in Hessen liegt auch eine Nährstoffanalyse vor, welche nachstehendes Bild zeigt²:

In 10 % HCl unlösliches		87,92
Löslich in HCl:		
Si O ₂		0,16
karbonatlöslich Si O ₂		4,00
Al ₂ O ₃		1,38
Fe ₂ O ₃		1,66
Ca O		0,12
Mg O		0,22
K ₂ O		0,09
Na ₂ O		0,04
SO ₃		0,03
P ₂ O ₅		0,04
Glühverlust		3,96
H ₂ O		1,34
Ges. N		0,17

Ein Vergleich mit den Nährstoffanalysen der Sandsteinböden der mittleren Abteilung (siehe S. 25) zeigt keine wesentlichen Unterschiede, nur fällt die weit höhere Menge in Karbonat lösliche Kieselsäure des Bodens der Zwischenschichten auf.

Den geringen „Nährstoffgehalt“ der oberen Buntsandstein-sandsteinböden legt gleichfalls eine von BRÄUHÄUSER mitgeteilte Analyse (HCl-Auszug) eines Plattensandsteinbodens³ dar.

¹ Vergl. Bl. Friedewald, Bl. Meiningen und Bl. Hersfeld. S. 6.

² Vergl. Luedecke, l. c. S. 172.

Erl. zu Bl. Schramberg S. 99.

Unlöslicher Rückstand in HCl: . . .	94,60 0/0	} hierin $\text{Al}_2\text{O}_3 = 8,7\%$ $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 1,3\%$
Gelöst in warmer konzentrierter HCl:		
SiO ₂	0,60 "	
Al ₂ O ₃	0,30 "	
Fe ₂ O ₃	2,40 "	
CaO	Sp.	
MgO	0,00	
K ₂ O + Na ₂ O	deutl. Sp.	
P ₂ O ₅	" "	
H ₂ O	0,60 "	
Glühverlust	1,42 "	
	99,92 0/0.	

Die Tongesteine des Röt zerfallen mehr oder weniger leicht in eckige, bröcklige, zuweilen auch knollige Stücke und erst später wird aus ihnen ein wenig plastischer oder zäher Ton. Nach einem Versuch von TH. DIETRICH¹ bildet der Rötton, 2 Jahre den Verwitterungseinflüssen ausgesetzt, 2,50 0/0 Feinerde und 49 0/0 Gesteinsbrocken, während „Buntsandstein“ nach jenem Autor in gleicher Zeit 2,30 0/0 Feinerde und nur 8 0/0 Gesteinsstücke liefert, Muschelkalk sogar nur je 0,75 0/0 und 9 0/0 und Basalt noch weniger leicht zerfällt, nämlich zu 0,60 0/0 Feinerde und 1 0/0 Gesteinsstücke.

Der Regen gräbt tiefe Rinnen in den Rötboden und spült bei geneigter Bodenlage das feine tonige Material in die Tiefe, so daß mit der Terrainlage die Tiefgründigkeit sehr wechselt. Da aber weiche Gesteine meist nur flache Böschungen und ebenes Gelände zufolge haben, so ist im allgemeinen der Rötboden tiefgründig und gegen die Auswaschung der meist recht reichlich vorhandenen Nährstoffe geschützt, doch kann bei Rohhumusbildung auch das Gegenteil stattfinden.

Für Wasser ist der Boden wenig durchlässig und entsprechend des hohen Wassergehaltes die Erwärmbarkeit der Rötböden teilweise eine sehr geringe. Auch die Durchlüftbarkeit ist meist sehr herabgesetzt und infolge dieser Verhältnisse die Zersetzung organischer Substanzen nur eine mangelhafte. Diese ungünstigen Verhältnisse werden oftmals durch die durchlässige Beschaffenheit des Untergrundes, nämlich dort, wo dieser aus Sanden und Sandstein besteht, einigermaßen aufgehoben. Wo der Untergrund jedoch ebenfalls aus tonigem Material besteht, wird der Boden völlig naßgallig und daher

¹ Vergl. Centralblatt für Agr.-Chem. 1872. S. 6. Desgl. A. Hilger, Landw. Jahrbücher 1879. S. 2 und Detmer, Grundlagen der Bodenkunde. S. 91.

namentlich für die flachmuldenförmigen Einsenkungen meist so feucht und naß, daß er nur zum Wiesenbau geeignet ist. Doch werden die Wiesen sogar unter Umständen derartig sumpfig, daß sie den Charakter einer Moorerde erhalten und „schwache Lagen schlechten Torfes bilden“¹.

In der wärmeren Jahreszeit trocknet der Boden jedoch leicht aus, erhält dadurch Risse und wird recht hart, so daß eine Bearbeitung des Bodens in der kälteren Jahreszeit wegen seiner Nässe, in der wärmeren wegen seiner großen Härte eine recht schwierige, ja oft unmögliche ist².

Im gleichen Sinne äußert sich auch v. KOENEN, wenn er sagt: „Der echte Rötboden ist im trockenen Zustande sehr hart, in nassem Zustande zu zähe, und nur bei einem gewissen Feuchtigkeitsgrade läßt er sich gut bearbeiten. Auch dann gibt er stets große Schollen, welche nur schwer durch Wechsel von Trockenheit und Nässe, besonders aber von Frost und Auftauen zerfallen; die Saat braucht mehr Regen, als auf Lehm- und Kalk- oder Sandboden, um keimen zu können, resp. geht auf Rötboden langsamer auf, liefert aber sehr gute Ernten“³.

Diese ungünstigen Verhältnisse werden aber dadurch gemildert, daß der Rötboden infolge der sandigen und lettigen Zwischenschichten, sowie der Dolomit- und Gipseinlagerungen in seinem Muttergestein, die gleichzeitig mit diesem verwittern, Material erhält, das den strengen Toncharakter aufhebt. Andererseits wirkt auch das Verwitterungsprodukt des Muschelkalkes, welches häufig mit ihm vergesellschaftet ist, derartig günstig auf seine Beschaffenheit ein, daß seine Böden zu den besten unseres Vaterlandes zu zählen sind. (Goldene Aue).

Flachgründig wird er nicht nur dort, wo der Böschungswinkel zu stark wird, sondern auch an Stellen, an denen schwer verwitterbare feste Sandsteinbänke mit ihm wechsellagern. Die grünlichen Rötschiefer verwittern meist noch langsamer und geben einen flachgründigen Tonboden, die blauen einen besonders nassen Boden.

Durch die Teilnahme der verschiedensten Einlagerungen im Röt-Tongestein, die wir im petrographischen Teil kennen gelernt haben, werden selbstverständlich Böden geschaffen, die in ihren ein-

¹ Vergl. Erl. zu Bl. Friedewald. S. 8.

² Vergl. Weiß, l. c. S. 49—52.

³ v. Koenen, Erl. zu Bl. Hersfeld. S. 8.

zelenen Ausbildungsformen eine sehr große Verschiedenheit aufweisen und die für alle einzelnen Fälle kaum zu beschreiben sind. Aber gerade in der Führung so vieler eingelagerter, der Gesteinsbeschaffenheit nach ungleichwertiger Schichten, liegt der große Wechsel und die Fruchtbarkeit der Rötböden bedingt. Ohne sie würde der Röt einen nur kalten, schweren, drainagebedürftigen Boden erzeugen, d. h. ein nur wenig günstiges Ackerland schaffen, und der Wiesenboden würde seine einzige Domäne sein. Daß dem aber nicht so ist, verdanken wir einerseits den meliorierenden Einflüssen der eingelagerten Schichten — und auch des überlagernden Muschelkalkes — und andererseits aber auch den Untergrundsverhältnissen¹.

Eine weitere Erläuterung der Beschaffenheit der Rötböden mag die Schlämmanalyse eines Wiesenbodens von den „Eichenäckern, nordwestlich Dornstetten, oberste Schicht 8—14 cm tief“, geben, sowie eine weitere mechanische Rötbodenanalyse aus dem Schwarzwald.

Es sind im Feinboden enthalten:

über 1 mm . . .	10,6 % ⁰	1—2 mm . . .	0,25 % ⁰
von 1—0,5 „ . . .	3,8 „	0,5—1 „ . . .	0,25 „
0,5—0,2 „ . . .	14,0 „	0,1—0,5 „ . . .	22,00 „
0,2—0,1 „ . . .	7,0 „	0,05—0,1 „ . . .	13,50 „
0,1—0,05 „ . . .	15,2 „	0,01—0,05 „ . . .	11,00 „
Ton	49,4 „	unter 0,01 „ . . .	53,00 „
	<hr/>		<hr/>
	100,0 % ⁰ ²		100,00 % ⁰ ³

Außer einigen „Nährstoffanalysen“ von Rötböden, ausgeführt von H. FISSE (1) und HILGER (2), liegen mehrere chemische Analysen noch von OSWALD vor.

1. „Normal fruchtbare“ Ackerkrume von Hasbergen, Osna-brück⁴.

2. Weinbergsboden, Callmuth bei Langfurt im unteren Main-tale⁵.

¹ Vergl. über Verwitterung und über Böden des Röts. Erl. zur geol. Spez.-Karte von Baden, die Blätter Epfenbach S. 62, Mosbach S. 8, Neckar-gemünd S. 24 u. 25. Desgl. von Württemberg Bl. Freudenstadt S. 88. Desgl. von Preußen Bl. Hersfeld S. 8, Fridewald S. 8, Vacha S. 7, Stadt Ilm S. 17, Remda S. 16, Schwarzburg S. 10, Meinungen S. 11, Wasungen S. 13, Themar S. 17, Saalfeld S. 44 u. 45, Nörten S. 8 und KÜSTER. I. c. S. 84.

² Erl. zu Bl. Freudenstadt S. 88.

³ Erl. zu Bl. Schramberg S. 103.

⁴ Fisse, Journal f. Landwirtschaft. 1873. S. 36.

⁵ A. Hilger, „Bodenuntersuchungen“, Centralblatt f. Agrikulturchemie. 1873. III. S. 130.

	1.	2.
Unlöslich in kalter Salzsäure	48,100 ‰	70,42 ‰
Löslich in Salzsäure		
Si O ₂	0,320 ‰	—
Al ₂ O ₃ }	5,184 ‰	1,97 ‰
Fe ₂ O ₃ }		6,21 ‰
Ca C O ₃	0,069 ‰	13,21 ‰
Mg C O ₃	0,078 ‰	0,91 ‰
K ₂ O	0,090 ‰	0,42 ‰
Na ₂ O	1,320 ‰	Sp.
SO ₃	—	0,22 ‰
P ₂ O ₅	0,092 ‰	0,46 ‰
H ₂ O	3,215 ‰	—
Organische Substanz	5,500 ‰	—

Niederhessische Rötböden¹:

	Wolfsanger A.	Walburg A.	Lohne U.	Lohne A.
Glühverlust . . .	8,809	6,200	6,411	6,432
Löslich in heißer konz. HCl				
Si O ₂	0,050	0,103	0,096	0,105
Fe ₂ O ₃	1,732	3,125	5,550	2,760
Al ₂ O ₃	6,728	6,075	4,788	4,282
Mn ₃ O ₄	—	0,651	—	—
Ca C O ₃	2,582	12,949	7,110	0,850
Mg C O ₃	1,170	3,693	4,958	0,266
P ₂ O ₅	0,063	0,122	0,061	0,068
S O ₃	0,100	0,100	0,036	0,045
K ₂ O	0,252	0,433	0,209	0,252
Na ₂ O	0,075	0,100	0,092	0,068
in Natron löslich Si O ₂	8,280	15,680	6,378	7,656
Rückstand löslich in H ₂ S O ₄ .				
Fe ₂ O ₃	1,020	2,340	0,648	0,820
Al ₂ O ₃	8,846	9,878	6,156	7,392
Ca O	0,110	0,156	0,056	0,179
Mg O	0,116	0,338	0,144	0,288
K ₂ O	0,578	0,780	0,630	0,596
Na ₂ O	0,145	0,127	0,106	0,132
in Natron löslich Si O ₂	10,846	15,787	8,685	9,045
Rückstand löslich in H F l.				
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ . . .	2,640	3,568	2,897	3,421
Ca O	1,365	0,980	1,298	1,559
Mg O	0,740	1,100	0,950	1,070
K ₂ O	0,612	0,680	0,600	0,848
Na ₂ O	0,527	0,510	0,592	0,720
Si O ₂	43,360	15,276	41,703	51,343
S/S.	99,645	100,716	100,178	100,194

¹ Vergl. Oswald, l. c. S. 42.

Von M. SCHMIDT und K. RAU¹ werden einige Einzelbestimmungen erwähnt, nämlich aus einer Mischprobe verschiedener Lagen, und zwar für K_2O 3,9%, Na_2O 0,7% und P_2O_5 0,14%. Auch BRÄUHÄUSER hebt ganz besonders den hohen Phosphorsäuregehalt der Rötböden hervor, indem er darauf hinweist, daß 0,12% P_2O_5 im Alpirsbacher Gebiet und 0,113% in den grünen Lagen des Aischfelder Röttons gefunden wurden². Der reichliche Karbonatgehalt soll bis zu 25% im tieferen Untergrunde steigen. In solchen Fällen wie in der Analyse von HILGER handelt es sich dann aber wohl um Rötmergelböden.

Diese letzteren liefern ebenfalls einen roten zähen Ton- oder Mergelboden, dessen Kalkgehalt jedoch meist zum größten Teil ausgelaugt ist. Vermöge dieser letzteren Beschaffenheit ist er zwar günstiger, leidet jedoch auch an der schweren Bearbeitung³. Die Verwitterung löst dieses Gestein zunächst ebenfalls zu kleinen Bröckchen auf, und wir sehen den schon oftmals beschriebenen Vorgang der weiteren Aufbereitung sich gleichartig vollziehen. Daher können wir uns hier kurz fassen und auf die Verwitterung der Karbonatgesteine verweisen.

Es mag aber auf eine Tatsache noch ganz besonders hingewiesen sein, nämlich darauf, daß dort, wo die Gesteine des oberen Buntsandsteins, wie Tone, Mergel, Gipse, Dolomite, nicht schon natürlich eine Melioration des Buntsandsteinbodens vornehmen, sie zu einer solchen künstlich ausgiebig verwandt werden. So wird der Rötton in der Gegend von Osnabrück⁴ mit Stallmist auf den Dungstätten vermengt und auf die Sandfelder gebracht. In Baden wird er auch zur Melioration der stark steinigen Böden des Muschel- und Wellenkalkes benutzt⁵. Dasselbe gilt im westlichen Württemberg für die Böden des mittleren Buntsandsteins⁶ und ebenso in Hessen, wie überhaupt in allen denjenigen Gebieten, in denen der ton- und kalkarme mittlere Buntsandsteinboden vorwiegt⁷. In Unterfranken wird er auch sogar mit Vorliebe zur Melioration der Weinberge ver-

¹ Vergl. Erl. zu Bl. Freudenstadt. S. 88.

² Vergl. Erl. zu Bl. Schramberg. S. 102.

³ Vergl. R. Wagner: „Die Formation des Buntsandsteins und Muschelkalks bei Jena.“ 1887. S. 7.

⁴ Vergl. H. Fisse, l. c. S. 33 und Jahresber. a. Gebieten d. Agr.-Chem. 7374. S. 11.

⁵ Vergl. Erl. zu Bl. Mosbach in Baden. S. 9.

⁶ Vergl. Erl. zu Bl. Freudenstadt. S. 88.

⁷ Vergl. Wahnschaffe: „Die agrogeologische Bodenaufnahme.“ Arb. d. Deutsch. geol. Ges. Heft 36. S. 7 n. 8.

wendet¹. ORTH sagt deshalb auch: „Es kann in dieser Hinsicht auf die Bedeutung der vorhandenen Tonmergel, namentlich des dolomitischen Rötmergels im Rüdersdorfer Grund nicht eindringlich genug aufmerksam gemacht werden²“.

Wir haben innerhalb des oberen Buntsandsteins zwei scharf getrennte Hauptbodentypen zu unterscheiden, die bezüglich der Bodenkultur zwei mehr oder weniger deutlich gekennzeichnete Gebietsteile hervorrufen. Einerseits ein Wald und demgegenüber ein Feld- und Wiesengebiet. Während der Sandstein, jedoch keineswegs ausschließlich, die Waldlandschaft bildet, kommt der eigentliche Röt als Waldboden nur untergeordnet in Betracht, vielmehr ist er der Boden des Feldbaues und der Wiesen. Wird er jedoch zur Forstkultur herangezogen, so zeichnen sich seine Waldungen durch ihre Schönheit und Wüchsigkeit gegenüber den auf Sandsteinboden stockenden vorteilhaft aus. Im allgemeinen findet sich denn auch nur dort Wald auf Röt, wo die Lage eine landwirtschaftliche Ausnutzung weniger nützlich oder unmöglich macht, und wo durch Trockenheit Wiesenbau nicht angängig ist, wie an steileren Gehängen. Sind solche Gehänge nicht zu steil, so werden sie auch zur Anpflanzung von Nuß- und Obstbäumen verwandt und zwar mit gutem Erfolg. Ganz besonders tritt der Unterschied dieser Bodentypen in der wildwachsenden Pflanzenwelt zutage, indem mit den Röttonen die dem eigentlichen Buntsandsteingebiet fremde Kalkflora auftritt.

Die Anpflanzung und Bebauung des Rötbodens mit landwirtschaftlichen Kulturpflanzen ist je nach der wechselnden Beschaffenheit eine verschiedene. Auf den durch günstige Melioration verbesserten Rötböden können jedoch alle selbst die anspruchsvolleren Pflanzen gedeihen. Infolge des vorwiegend tonigen Charakters tritt die Kultur des Roggens und der Kartoffel auf den eigentlichen Rötböden zurück und macht dem Anbau von Hafer, Menggetreide (Weizen und Roggen), Weizen und Gerste Platz. Neben diesen sind Rotklee, Luzerne und Esparsette, sowie Futterrüben die geeignetsten Kulturpflanzen³.

¹ Vergl. Carthaus, „Mitteilungen über die Triasformation im nordöstl. Westfalen.“ Würzburg 1886. S. 13.

² Orth, „Rüdersdorf und Umgebung.“

³ Vergl. über Bebauung des Rötbodens Erl. zu Bl. Freudenstadt, S. 87—89. ferner die Blätter Furtwangen, Hersfeld, Fridewald, Vacha. Remda, Themar, Saalfeld, Gandersheim u. a. m.

Hülsenfrüchte werden meist nur in geringer Menge gebaut, nach WEISS¹ wird Flachs in kleinen bäuerlichen Betrieben und Raps in größeren Wirtschaften und zwar in nicht unerheblicher Ausdehnung angebaut.

In Franken ist der Röt der Boden des Weinbaus, dort fällt mit seiner Grenze an vielen Orten auch die des Weinbaus zusammen².

Einige statistische Angaben über die Anbauverhältnisse der Meininger Gegend aus dem Jahre 1883 mögen zur Erläuterung den Schluß bilden.

Anbauverhältnisse auf Rötackerboden, ausgedrückt
in % der Ackerfläche.

	Kätzeroda bei Meiningen	Henneberg bei Meiningen	Einödhausen bei Meiningen
Winterweizen	10	1	14
Sommerweizen	—	4	3
Winterroggen	—	6	4
Gerste	10	10	3
Hafer	15	15	22
Erbsen	—	—	1,5
Linsen	—	—	1,5
Wicken	—	—	1,5
Menggetreide	10	6	9
Kartoffeln	5	1,5	5
Futterrüben	10	1,5	4
Kohl	—	1	1,5
Flachs	—	—	1
Klee (meist Rotklee)	10	3	7
Luzerne	5	10	4
Espartette	10	11	4
Gräser	5	—	1
Brache	10	26	13 ³

Trotz des überaus einheitlichen Gesamtcharakters des germanischen Buntsandsteins, den derselbe seiner nahezu gleichartigen petrographischen Beschaffenheit und diese wieder gleichen geologisch-dynamischen Kräften verdankt, gliedert er sich in eine nicht geringe Zahl, wenn auch nicht sehr voneinander abweichender Abteilungen, Stufen und Horizonte, so doch immerhin durch ihre

¹ Vergl. Weiss, l. c. S. 91.

² Vergl. A. Hilger und F. Nies, l. c.

³ M. Weiß, l. c. S. 90—91.

petrographische Ausbildung wohl charakterisierter und dadurch gegeneinander scharf begrenzter Gesteinsbildungen ab¹.

Es ergab sich dementsprechend nicht nur eine Hauptgliederung in drei Unterabteilungen, den unteren, mittleren und oberen Buntsandstein, sondern es war, entsprechend der petrographischen Ausbildung der Schichten, eine weitere Abtrennung innerhalb derselben, wie die vorausgegangenen Erörterungen dargetan haben, in ungezwungenster Weise durchführbar.

Diese geologisch-stratigraphisch unbestreitbare Tatsache wurde zum Ausgangspunkt vorstehender Untersuchungen gewählt und versucht, den aus den Gesteinen durch Verwitterung entstandenen Boden in Beziehung zu diesen selbst zu setzen.

Aus der Petrographie und stofflichen Beschaffenheit der Gesteine ergab sich eine eng mit diesen in Verbindung stehende, kausal bedingte Aufbereitung, die als Endprodukt den Boden hervorgehen ließ und für die ihrem Wesen nach so nahe stehenden Sandsteine verhalf die Natur ihres Bindemittels den Zusammenhang klarzulegen. Die Beschaffenheit des Aufbereitungsproduktes, des Bodens, zeigte sich sodann nicht nur maßgebend für die Bedürfnisse der Pflanzen, sondern bestimmte auch die Anbaufähigkeit der Kulturgewächse im höchsten Grade, so daß eine kausale Beziehung alle einzelnen Glieder dieser Kette miteinander verband.

Wenn aber ein derartiger Zusammenhang bis zu einem gewissen Grade — wie es die vorstehenden Darlegungen erkennen lassen — für die Bildungen einer so wenig differenzierten Formation, wie es der Buntsandstein Deutschlands ist, nachzuweisen ist, so muß zugegeben werden, daß Bildungen mit stark ausgeprägten Unterschieden ein weit deutlicheres Bild solcher Wechselbeziehungen und Abhängigkeiten ergeben werden.

¹ Von einer ursprünglich geplanten Beigabe einer schematischen Darstellung der Gliederung der Buntsandsteinformation wurde abgesehen und verweise ich daher auf die von PROESCHOLDT in der Zeitschr. d. deutsch. geolog. Gesellsch. 39. S. 356 gegebene vorzügliche Übersicht.