

Ueber die petrographischen und Bodenverhältnisse der Buntsandsteinformation Deutschlands.

Von Dr. E. Blanck in Breslau.

Ein Blick auf den derzeitigen Stand der Erforschung des Bodens zeigt das unverkennbare Bestreben mit den alten Traditionen, die bisher in dieser Disziplin bis zu einem gewissen Grade geherrscht haben, um jeden Preis zu brechen. Man bemüht sich, das geologische Moment aus der Bodenkunde auszuschalten, um eine auf rein chemischer und physikalischer Grundlage ruhende pflanzenphysiologische Bodenkunde anzubahnen. Wie weit man in diesen Bestrebungen gegangen ist, gibt am besten die „Bodenkunde für Land- und Forstwirte“ von E. A. MITSCHERLICH zum Ausdruck, in welcher der geologisch-historischen Methode mit Ausnahme der die geologische Bodenklassifikation behandelnden Seiten¹ kein Platz mehr eingeräumt wird. Ja man legt ihr sogar zur Last, daß durch sie die Bodenkunde in ein Stadium gelangt sei, „in welchem eine Weiterentwicklung nicht mehr möglich war“².

Von anderer Seite aus, ich weise hier namentlich auf die Arbeiten P. EHRENBURG'S³ und CORNU'S⁴ hin, wird versucht, der Bodenforschung durch die Anwendung der Kolloid-Chemie neues Blut in die stockenden Adern zu flößen. Ein Versuch von jedenfalls nicht zu unterschätzender Bedeutung, der ohne Frage ganz neue Gesichtspunkte für viele bisher unlösbar gewesene Fragen verspricht. J. KÖNIG und seine Schüler

¹ Vergl. S. 351—354.

² l. c. S. 3 im Vorwort.

³ P. Ehrenberg, „Theoretische Betrachtungen über die Beeinflussung einiger der sogen. physikalischen Bodeneigenschaften“. Mitt. d. Landw. Inst. der Universität Breslau. Bd. IV. S. 445 und „Die Beziehungen der Kolloidforschung zur Agrikulturchemie“. Zeitschr. f. Chemie u. Industrie d. Kolloide. II. 1908. S. 193.

⁴ F. Cornu, „Die heutige Verwitterungslehre im Lichte der Kolloidchemie“. Zeitschr. f. Chemie u. Industrie d. Kolloide. Bd. IV. S. 291.

führen andererseits mit mehr oder weniger Erfolg physikalisch-chemische Methoden zur Erforschung des Bodens heran¹ oder suchen durch Behandlung des Bodens mit strömendem Dampf oder Wasserstoff-superoxyd Lösungsverhältnisse zu finden, die Aufschluß über die von den Pflanzen aufnehmbaren Mineralstoffe zu geben erlauben². ATTERBERG³ rüttelt an die althergebrachten Methoden zur Zerlegung der Böden in einzelne Korngrößen, indem er eine auf natürlicher Grundlage aufgebaute Klassifikation der Korngrößen der Sande anstrebt. Und SJOLLEMA⁴ wendet Farbstoffe zur Trennung der Bodenkonstituenten an. Überall ein Streben nach Vervollkommnung der Kenntnis vom Boden und der zu dieser führenden Untersuchungsmethoden, zu welchem Zwecke man sich nicht scheut, die verschiedensten Wissenszweige, seien sie auch scheinbar noch so sehr entfernt, heranzuziehen.

Des weiteren beansprucht nicht zum geringsten Teil die Bakteriologie ein Anrecht auf den Böden und selbst von geologischer Seite werden die stärksten Bedenken getragen, in den alten „ausgetretenen Geleisen“ weiterzufahren.

Es ist keineswegs zu unterschätzen, wie berechtigt die Forderungen sind, neue Gesichtspunkte in eine wissenschaftliche Disziplin zu tragen, denn nur hierdurch kann ihre Lebensfähigkeit und Vervollkommnung gesichert werden. Und je vielseitiger die Einflüsse sind, die sie von anderen Forschungszweigen erfahren kann und auf sie befruchtend einzuwirken vermögen, um so größer ist die Gewährleistung für ihre sichere Weiterentwicklung gegeben.

Andererseits unterliegt es keinem Zweifel, daß dadurch, daß die Geologie, als die Bodenkunde noch in ihren ersten Anfängen begriffen war, schon eine gewisse Stufe der Entwicklung erreicht hatte, befähigt wurde für jene die Lehrmeisterin zu werden und damit

¹ J. König, Coppenrath und Hasenbäumer, „Einige neue Eigenschaften des Ackerbodens“. Landw. Versuchsstationen 1906. LXIII. S. 471 und König und Hasenbäumer, „Über die Bestimmung des osmotischen Druckes“. Zeitschr. f. angewandte Chemie. 1909. XXII. Heft 22 u. 23.

² König, Coppenrath und Hasenbäumer, „Beziehungen zwischen den Eigenschaften des Bodens und der Nährstoffaufnahme durch die Pflanzen“. Landw. Vers.-Stat. 1907. LXVI. S. 401.

³ Atterberg, „Studien auf dem Gebiete der Bodenkunde“. Landw. Vers.-Stat. 1908. LXIX. S. 93 und „Über Korngröße der Dünnensande“. Chemiker-Ztg. No. 80. 1905. S. 1074.

⁴ Sjollem a, „Anwendung von Farbstoffen bei Bodenuntersuchungen“ und „Die Isolierung der Kolloidsubstanzen des Bodens“. Journ. f. Landw. 1905. LIII. Heft 1.

ihr die ersten Wege weisen mußte. Und was lag näher, als daß diejenige Wissenschaft, welche sich die Erforschung des Aufbaus der Erde und der Beschaffenheit des die Erdrinde bildenden Materials zur Aufgabe gestellt hat, sich eng mit einer Disziplin verwandt fühlen mußte, die sich als ihr Untersuchungsobjekt, die Entstehung und Beschaffenheit des aus den Gesteinen hervorgegangenen Aufbereitungsproduktes — als welches der Boden der Hauptsache nach doch nun einmal ohne Frage aufzufassen ist — erwählt hatte.

So sehen wir schon vom Jahre 1824 einen derartigen Versuch von dem Mineralogen und Geologen HAUSMANN vorliegen, nachdem 1818 sein „Versuch einer geologischen Begründung des Acker- und Forstwesens“¹ in der Kgl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen verlesen worden war. Von dieser Zeit an wird in den späteren Bodenkunden und bodenkundlichen Abhandlungen mehr oder weniger die Bedeutung der Geologie gewürdigt. Zwar fehlte es schon in der älteren Zeit nicht an Forschern, welche vor einer allzu starken Betonung der Geologie für bodenkundliche Fragen warnten und ihre Bedeutung auf ein gewisses Maß beschränkt wissen wollten, wie dieses namentlich durch B. COTTA² geschah: „Denn es ist diese Bedeutung zwar nicht gering, aber doch auch nicht so groß und so unmittelbar, als sie bei flüchtigem Blick erscheinen kann und zuweilen dargestellt ist“, läßt er sich vernehmen, und „die Fruchtbarkeit des Bodens ist allerdings im hohen Grade von der Natur des Gesteins abhängig, aus deren Zersetzung (Verwitterung) er hervorgegangen ist, aber es ist ziemlich schwierig und zuweilen unmöglich, aus der mineralogischen Zusammensetzung oder gar aus dem bloßen Namen des irgendwo anstehenden festen Gesteins auf die Fruchtbarkeit des daraus entstehenden Bodens zu schließen“ (S. 245). Als Grund dafür, weshalb man aus der Gesteinsbeschaffenheit nicht sofort auf die Art des Bodens zu schließen vermöge und zwar auch dann nicht, „wenn wirklich die Bodenkruste durch Verwitterung an Ort und Stelle entstanden ist“, gibt er folgendes an: Einmal sei die chemische und mineralogische Zusammensetzung ein und derselben Gesteinsart zu sehr wechselnd und andererseits seien Gesteine verschiedener Gattung in dieser Beziehung oftmals zu gleichmäßig beschaffen. „Es ist daher

¹ Übersetzung von Prof. Körte aus dem Lateinischen (*Specimen de rei agrariae et salutariae fundamento geologico*) in den Möglin'schen Annalen der Landwirtschaft. Bd. 14. 1824. S. 417.

² Vergl. B. Cotta, „Praktische Geognosie für Land- und Forstwirte und Techniker“. Dresden 1852.

für jede Varietät, für jede Lokalität nötig, das Gestein entweder und wenigstens, nach seiner mineralogischen oder was freilich noch sicherer ist, nach seiner chemischen Zusammensetzung zu untersuchen, um seine Fähigkeit rücksichtlich der Bodenbildung vom chemischen Standpunkt zu beurteilen.“ Als weiteren Grund macht er geltend, daß nicht nur die Gesteinsbeschaffenheit, sondern „auch der Grad der Verwitterbarkeit“ entscheidend für den Bodenbestand sei, und daß die äußeren, klimatischen Verhältnisse, sowie die der Lage, ein gewichtiges Moment abzugeben befähigt seien. „Von noch weit geringerer Wichtigkeit als der Name des Gesteins ist für den Forst- und Landwirt das geologische Alter“, schließt er, und räumt der Geognosie insofern nur noch Bedeutung ein, als sie die Kenntnis nutzbarer Lagerstätten einschließlich solcher meliorierender Art vermittele.

An diese von COTTA ausgesprochenen Anschauungen, die keineswegs vereinzelt dastehen, sich vielmehr in neuerer Zeit mehr und mehr Anklang verschaffen, knüpft gewissermaßen L. MILCH seine Betrachtungen „über die Beziehungen der Böden zu ihren Muttergesteinen“¹ in neuester Zeit an. Bevor wir den in dieser Abhandlung von geologischer Seite aus gemachten Einwänden gegen die geologisch-historische Methode in der Bodenkunde näher treten, sei dem Wesen der Bodenkunde in formaler Hinsicht unsere Aufmerksamkeit geschenkt, um den von uns in den späteren Zeilen vertretenen Standpunkt zu rechtfertigen.

Mit der Zeit jedoch mußte die Bodenkunde eine wesentlich andere Richtung nehmen, da man in ganz natürlicher Weise entsprechend praktischen Anforderungen den Boden lediglich als Standort der Pflanzen anzusehen gewöhnt wurde, weil die Kenntnis des Bodens nur allein für die Bedürfnisse der Land- und Forstwirtschaft von Wichtigkeit schien. Hierdurch gelangte die Bodenkunde in den Zustand der „Unfreiheit“, der sie zu einer Hilfswissenschaft der Ackerbaulehre herabsinken ließ und ihr damit jede freie Entwicklung nehmen mußte. Wenn daher auf dem Gebiete der reinen Bodenkunde nur wenig geschah, so lag dies in ihrer Abhängigkeit von Agrikulturchemie, Land- und Forstwirtschaft begründet².

¹ Mitteilungen der Landwirtschaftl. Institute der Universität Breslau. Bd. III. S. 867.

² Vergl. E. R a m a n n, „Über Bodenkunde und angewandte Bodenkunde oder Technologie des Bodens“. Journ. f. Landw. 1905. S. 371.

Die Bodenkunde als Wissenschaft hat jedoch noch weitere Ziele zu erstreben, als lediglich der Pflanzenernährungslehre die notwendigen Grundlagen zum Verständnis zu bieten. Ihre erste Aufgabe ist und bleibt doch stets ihr Selbstzweck, unbeschadet davon, ob sie auf die Bedürfnisse des praktischen Lebens, in unserem Fall der praktischen Land- und Forstwirtschaft, irgend welchen Einfluß ausübt oder nicht. Dieses kann sie aber nur dann, wenn sie, losgelöst von jenen Bedürfnisfragen und Verpflichtungen, in keiner Abhängigkeit von ihnen behandelt und gelehrt wird¹. Je mehr dieser Forderung genügt wird, um so mehr wird sie einer Wissenschaft gleichen, und daß dieses Verhältnis seine volle Berechtigung hat, liegt darin, „daß die Wissenschaft an und für sich zur Reform des praktischen Lebens um so weniger berufen ist, auf einer je höheren Sprosse jener Stufenleiter von Abstraktionen sie sich befindet, deren Durchführung für die wissenschaftliche Tätigkeit so wesentlich ist²“.

Hiermit soll nun aber keineswegs gesagt sein, daß der Bodenkunde keine Beziehungen zum praktischen Leben eingeräumt werden sollen. Auch die Land- und Forstwirtschaft hat ein Anrecht auf bodenkundliche Forschungen und kann beanspruchen, daß ihr sowohl die Resultate der Bodenkunde nutzbar gemacht, als auch bodenkundliche Fragen ihrer Benutzung angepaßt werden. Doch ihren selbständigen Charakter soll sie dadurch nicht verlieren. Die Bodenkunde aber wird dadurch, daß sie diesen allseitigen Anforderungen zu entsprechen sucht, zu einer gemischten Disziplin, d. h. sie gliedert sich in eine wissenschaftliche Bodenkunde und in eine angewandte Bodenkunde, d. i. die Technologie des Bodens. Zwischen beiden bestehen jedoch enge und natürliche Beziehungen³.

Wenn aber, was nicht zu leugnen ist, der vornehmste Zweck der Bodenkunde ihr eigener Ausbau ist, d. h. alles das, was im Zusammenhang mit dem Wesen des Bodens steht, zu sichten und logisch zusammenzustellen, um aus diesem Tatsachenmaterial die Erklärung für die Wechselbeziehungen der Eigenschaften des Bodens unter sich und zu anderen Objekten der Natur zu finden, so kann die Geologie, als Lehre vom Entstehen und Vergehen alles Irdischen,

¹ Vergl. A. Sauer, „Die Behandlung der Bodenkunde als Lehrfach an den Hochschulen und Universitäten“. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1909. S. 453 u. 524.

² Vergl. W. W und t, „System der Philosophie“. S. 9.

³ Vergl. F. W. Dafer t, „Über das Wesen der Bodenkunde, eine kritische Studie“. Landw. Jahrbücher. Bd. 15. 1866. S. 243—257.

nicht aus dem Rahmen der Bodenkunde verschwinden, ohne daß diese Verzicht leisten müßte, eine Wissenschaft insonderheit eine Naturwissenschaft zu sein. Niemand wird aber im Ernstfalle der Bodenkunde das Recht, eine naturwissenschaftliche Disziplin zu sein, streitig machen wollen.

Die Notwendigkeit der Anteilnahme der Geologie an der Erforschung des Bodens unterliegt dementsprechend in formaler Hinsicht keinem Zweifel. Diese grundlegende Tatsache veranlaßte schon ALBERT ORTH im Jahre 1877, die Worte auszusprechen: „Wenn man die naturwissenschaftlichen Grundlagen der Bodenkunde erforschen oder darstellen will und berücksichtigt dabei die genannte geologische Basis nicht — so fehlen eben dabei die allerwichtigsten Grundlagen für die Bildung und die wirkliche Kenntnis des Bodens. Es ist für den Fortschritt und die Resultate der physikalisch-chemischen Untersuchungen über den Boden von der größten Bedeutung, daß hierbei in Wirklichkeit von den naturhistorischen Grundlagen ausgegangen wird. Es ist das geologische Fundament und das Bodenprofil¹.“

Jedoch ist es eine weit andere Frage, in welcher Weise und wie weit die Geologie berufen ist, auf die Bodenkunde einzuwirken und zwar auch auf denjenigen Teil, der den praktischen Bedürfnissen des Land- und Forstwirtes entgegenkommt, nämlich der Technologie des Bodens.

Die Bedeutung, welche die geologisch-agronomische Kartierung für die Bodenkunde besitzt, sowie die geologische Wissenschaft für die Auffindung von für die Melioration wichtiger Kalk- und Mergellager etc. hat, sei hier nur erwähnt². Sie erfreut sich im allgemeinen auch einer allseitigen Anerkennung. Wenn ihr jedoch von seiten mancher Praktiker die gebührende Beachtung nicht gezollt wird, so hat dieses meist seinen Grund darin, daß man entweder allzuviel von ihr verlangt, oder daß das zum Lesen und Verstehen solcher Karten notwendige geologische Wissen nicht genügend vorhanden ist. In beiden Fällen ist dann der Geologie aber nicht die Schuld

¹ A. Orth, „Die naturwissenschaftlichen Grundlagen der Bodenkunde“. Landw. Vers.-Stat. 1877. XX. S. 69.

² H. Gruner, „Landwirtschaft und Geologie“. Berlin 1879. T. Woelfer, „Die geologische Spezialkarte und die landwirtschaftliche Bodeneinschätzung“. Abhandl. d. k. preuß. geol. Landesanst. Neue Folge. Heft 11. 1892. K. Keilhack, „Einführung in das Verständnis der geol. agronom. Karten des norddeutschen Flachlandes“. Berlin 1902. Jentsch, „Zwölf landwirtschaftliche Fragen beantwortet aus einer und derselben geologischen Karte“. Berlin 1904.

beizumessen. Daß die Kartierung aber auch für die Bedürfnisse der praktischen Landwirtschaft etwas mehr zugeschnitten werden könnte, und sie dann in der Lage wäre, weit mehr zu leisten, zeigen u. a. die in dieser Richtung ausgeführten Arbeiten J. HAZARD's¹.

Auch in dem neuesten, größeren, geologischen Kartenwerk Deutschlands, der geologischen Spezialkarte von Württemberg, ist den Anforderungen der Forst- und Landwirtschaft in Hinsicht der Bodenbeschaffenheit das weitgehendste Entgegenkommen gezeitigt worden, was zwar für die Darstellung des Gebirgslandes mit besonderen Schwierigkeiten verknüpft war, aber dennoch in einfacher und geradezu vorbildlicher Weise zur Ausführung gelangte².

Wenn nun keineswegs die Bedeutung geologischer Forschung auf diesem Gebiete für die Bodenkunde zu verleugnen ist, so kommt den Versuchen, geologische Verhältnisse auf die Einteilung der Bodenarten zu übertragen, bzw. eine geologische Bodenklassifikation zu liefern, kein oder nur geringer Wert zu. Nicht ganz mit Unrecht wird daher dieses Bestreben, wie es sich in vielen älteren Lehr- und Handbüchern³ der Bodenkunde breit macht, u. a. von E. A. MITSCHERLICH getadelt. So zeigt z. B. ein Blick auf die von FESCA⁴ seinerzeit aufgestellte Bodenklassifikation nur allzudeutlich die Unmöglichkeit, diese Aufgabe in befriedigender Weise zu lösen. Hier fallen in die verschiedenartigsten Bodenklassen, wie Sand-, Kalk- und Tonboden, Vertreter ein und derselben Formation und lassen daher eine Trennung in geologisch-historischer Folge durchaus nicht zu. Dieses ist nun zwar auch nicht anders zu erwarten, denn die Gesteine einer „Formation“ bestehen nicht aus petrographisch gleichwertigen Bildungen.

Die Formationslehre oder Stratigraphie bezweckt aber auch

¹ J. Hazard, „Die geologisch-agronomische Kartierung als Grundlage einer allgemeinen Bonitierung des Bodens“. Landw. Jahrbücher, 1900. XXIX. S. 805 und „Die Geologie in ihren Beziehungen zur Landwirtschaft“. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. Jahrg. 1891. S. 811.

² Vergl. hierzu die neuen Blätter Freudenstadt, Simmersfeld, Obertal-Kniebis etc. der Karte im Maßstab 1:25 000 und A. Sauer, „Die Tätigkeit der württbg. geolog. Landesanstalt“. Jahreshefte d. Ver. f. vaterl. Naturk. in Württemberg. Jahrg. 65. 1909. S. XXXII.

³ Vergl. namentlich: F. A. Fallon, „Pedologie oder allgemeine und besondere Bodenkunde“. Dresden 1862.

⁴ Vergl. Fesca, „Die agronomische Bodenuntersuchung und Kartierung auf naturwissenschaftl. Grundlage“. Berlin 1879 u. Mitscherlich, „Bodenkunde“. S. 352 u. 353.

nicht die Aufstellung oder Zusammenfassung gleichwertiger oder ähnlicher petrographischer Bildungen zu einem System, sondern sieht ihre Aufgabe in der Gruppierung und Verbindung von stratigraphisch-paläontologischen Tatsachen gleichwertiger bzw. ähnlicher Natur¹.

Es ist daher auf den ersten Blick nicht einzusehen, wie es möglich war, eine Einteilung der Böden auf geologischer Grundlage vorzunehmen, da ein Zusammenhang zwischen dem aus einem Gestein hervorgegangenen Boden und dem Alter des Muttergesteins, denn nur in dieser Hinsicht wird das Gestein durch die geologische Nomenklatur bewertet, überhaupt nicht vorhanden zu sein scheint. Dagegen ist nun erstens einzuwenden, daß der Formationsbegriff ursprünglich aus petrographischen Erwägungen hervorgegangen ist. FÜCHSEL² hatte nämlich als erster neun Formationen unterschieden und zwar den „Muschelkalch“, das „Sandgebürge“, das „mehlbatzige Kalchgebürge“, die „Flötze“, „Weißgebürge“, „Rotgebürge“, Schwarzblaues Schalgebürge“, „Steinkohlengebürge“ und das „Grund- oder Ganggebürge“, und A. G. WERNER³, welcher diesen Begriff übernahm und bekanntlich den Absatz der Gesteine aus dem Wasser lehrte, glaubte, daß überall dieselben Schichtgesteine in der gleichen Reihenfolge und Ausbildung vorhanden wären, und daß sie in gleichmäßiger Entwicklung über die ganze Erde verfolgt werden könnten. Diese Aufstellung, die lediglich von der gleichartigen Beschaffenheit der Gesteine ausging und die organischen Reste in denselben fast gänzlich vernachlässigte, dazu in völlig einseitiger Auffassung die „neptunistische“ Entstehungsweise der Gesteine lehrte, konnte die junge Bodenkunde nur in der genannten Richtung beeinflussen, denn ihre Anfänge fielen noch in die Zeit, in welcher jene Lehre durch den Einfluß WERNER'S noch wirkte und Anerkennung fand. Zwar hatten schon 1822 CONYBEARE und PHILIPPS den Nachweis geliefert, daß die Grundlage für die vergleichende Betrachtung der Sedimentgesteine nur unter Heranziehung der Versteinerungen erreichbar sei, und schon war um 1830 durch CHARLES LEYELE, P. DESHAYES und H. G. BRONN die Grundlage für die paläontologische Altersbestimmung als

¹ Vergl. N. Neumeyer, „Erdgeschichte“. Bd. II. S. 1—8 und Credner, „Elemente der Geologie“. 7. Auflage. 1891. S. 353 etc.

² Füchsel, „Historia terrae et maris ex historia Thuringiae permontium descriptionem erecta“. Acta Acad. elect. Moguntinae zu Erfurt. 1762. Zittel, „Geschichte der Geologie und Paläontologie“. München und Leipzig. 1899. S. 51.

³ Abraham Gottlob Werner, geb. 1749, gest. 1817, hinterließ wenig Geschriebenes, seine Lehre lebte in seinen Schülern weiter: Vergl. Zittel, l. c. S. 89.

sichergestellt zu betrachten, aber dennoch wurde ihre allgemeine Anwendung erst in der Mitte des 19. Jahrhunderts namentlich durch das planmäßige Vorgehen der zu jener Zeit ins Leben gerufenen geologischen Landesanstalten befolgt und ermöglicht¹. Doch die Umgestaltung dieser Verhältnisse brachte, wahrscheinlich weil sie nicht direkt daran beteiligt war, für die geologisch behandelte Bodenkunde keine Veränderung mit sich.

Als zweites Argument für die Einteilung der Böden auf geologischer Grundlage spricht der Umstand, daß man in der Bodenkunde eigentlich wohl niemals im Ernst den Formationsbegriff als stratigraphisch-paläontologischen, sondern stets als petrographischen aufgefaßt hat. Hieraus erklärt sich nicht nur die lange Dauer seiner Anwendung in der Bodenkunde, sondern auch die gegen ihn in neuester Zeit geäußerte Schärfe der Polemik, weil man aus verfehlter Würdigung der Sachlage das bodenkundlich wichtige petrographische Moment mit dem geologisch-historischen vertauschte und bei der Unzulänglichkeit des letzteren ein leichtes Spiel gewann, auch die für die Bodenkunde wichtige petrographische Grundlage als überflüssig und unbrauchbar darzustellen. So erklärt sich denn auch ein Satz wie der folgende in einem Lehrbuch der Bodenkunde: „Es ist für unsere Kulturpflanzen ganz gleichgültig, wie der Boden, auf dem sie wachsen, einst geologisch entstand².“

So gänzlich aus der Luft gegriffen, wie es den Anschein, nach den vorausgegangenen Darlegungen, haben könnte, ist nun aber die Aufstellung von Bodentypen auf geologischer Grundlage doch auch nicht, wenn sie auch keineswegs zu einer Bodenklassifikation herangezogen werden darf. Wohl fußt in der geologischen Wissenschaft die Formationseinteilung, Zonengliederung, Horizont- und Etagenabtrennung auf paläontologische Unterschiede, aber die Existenz und das Gedeihen von verschiedenen Tieren und Pflanzen setzt auch verschiedene und zwar bestimmt differenzierte Lebensbedingungen voraus, denn nicht alle Organismen vermögen unter den gleichen Bedingungen überall auf der Erde zu leben. Für die Verhältnisse der Vorwelt hat dieses zur Aufstellung der bionomischen Bezirke geführt, und man hat schon frühzeitig erkannt, daß dieselben in

¹ Vergl. Zittel, l. c. S. 568—590.

² Vergl. Mitscherlich, l. c. S. III im Vorwort. Ganz neuerdings wird von demselben Autor dem „Boden“ überhaupt jede Funktion als „Nährstoff“ abgesprochen, ihm höchstens das Vermögen als Nährstoffträger zu dienen eingeräumt. Centralblatt f. Bakteriologie II. Bd. 26. 1910. S. 514.

enger Beziehung zu den Gesteinen stehen. Denn man findet in bestimmten Gesteinen nur ganz bestimmte Versteinerungen, während man in anderen vergebens nach ihnen Umschau hält. Wie innig diese Beziehungen sind, geht am besten aus nachstehendem Verhältnis hervor. Mit dem Worte Fazies bezeichnet der Geologe die unterscheidenden Merkmale gleichzeitig gebildeter Gesteine. „Das gemeinsame zweier, als Fazies unterschiedener Gesteine ist“ also, „die Gleichzeitigkeit ihrer Bildung, und da die Faziesunterschiede durch verschiedene äußere Umstände erzeugt worden sein müssen, so spielen bei der Faziesbezeichnung die Umstände der Bildung eines Gesteins eine hervorragende Rolle, so daß man Fazies im übertragenen Sinne, die Wechselbeziehungen zwischen den äußeren Bedingungen einerseits und dem Gesteinsmaterial und den Wohnsitzen von Organismen andererseits, genannt hat¹.“

Aus dieser Wechselbeziehung zwischen geologischer Entstehung eines Gesteins einerseits und petrographischer Beschaffenheit andererseits läßt sich die Möglichkeit der Aufstellung von geologischen Bodentypen bis zu einem gewissen Grade rechtfertigen. Es gilt dieses natürlich nur für die aus Sedimentgesteinen hervorgegangenen Böden, für solche aus eruptivem Material liegen die Verhältnisse selbstredend ganz anders.

Wären derartige Beziehungen nicht vorhanden, so wäre es geradezu unverständlich, wie sich namhafte Forscher auf diesem Gebiete mit der Frage nach dem geologischen Ursprung der Böden jemals hätten beschäftigen können².

Desgleichen wäre die Benennung eines Bodens nach seiner Herkunft unmöglich und widersinnig, und dennoch geben Bezeichnungen wie Wellenkalkboden, Trochitenkalkboden, Boden des Eck-schen Geröllhorizontes, Keupermergelboden, Schilfsandsteinboden u. dergl. mehr eigentümliche und charakteristische Merkmale für die genannten Böden innerhalb einer größeren Gruppe ähnlicher Bildungen ab. Daß die Unterschiede der einzelnen auf dieser Grundlage erhaltenen Bodentypen untereinander nicht von der tief-

¹ Joh. Walther, „Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft“. Teil I: „Bionomie des Meeres“. Jena 1893/94. S. 26 und E. v. Mojsisowics, „Die Dolomitriffe von Südtirol“. Wien 1879. S. 5.

² Hier sind in neuerer und neuester Zeit namentlich die Arbeiten C. Luedecke's in den Abhandlungen zur geologischen Spezialkarte von Hessen, sodann die Arbeiten der geologischen Landesanstalten von Baden und Württemberg unter der Leitung von A. Sauer hervorzuheben.

einschneidendsten Wirkung sein können, versteht sich von selbst, denn bedenkt man, daß die Zahl der wohl charakterisierten agronomischen Bodentypen, auch wenn man ihre Zwischen- und Übergangsformen mit einrechnet, nur eine ganz verschwindend geringe ist, wogegen die Zahl der Gesteine in Hinsicht nach Entstehung und Beschaffenheit zu ihnen in gar keinem Verhältnis steht, so muß man die Unbilligkeit dieses Verlangens ohne weiteres zugeben.

Wenn nun auch die Möglichkeit der Unterscheidung von Böden nach der geologischen Entstehung ihres Muttergesteins innerhalb gewisser Grenzen besteht, so scheint sie jedoch nicht anstrebenswert zu sein. Namhafte Gründe machen sich hiergegen geltend, die vor allem ihre Ursache in der geologischen Nomenklatur haben. So bestehen nicht alle Gesteine aus Kalk, die unter der Bezeichnung Kreideformation zu dieser vereinigt werden. Nicht jedes Muschelkalkgestein ist auch ein Kalkstein und nicht jedes Buntsandstein-
gestein ist ein Sandgestein, sondern hier wie dort sind Mergel, Tone, Sande und Kalksteine vertreten.

Es empfiehlt sich daher nicht nur, sondern wird gerade zur Notwendigkeit, die petrographische Natur des Gesteins gegenüber seiner geologischen Selbständigkeit in den Vordergrund zu stellen. Damit ist aber keineswegs die Lösung des Verhältnisses der Geologie zur Bodenklassifikation und Bodenforschung herbeigeführt, nur die Fragestellung hat sich verschoben, und es wird zu untersuchen sein, wie weit die Lehre von der Beschaffenheit der Gesteine, die Petrographie, die Bodenkunde zu beeinflussen imstande ist.

Geht man von der unumstößlichen Tatsache aus, daß alle Böden mit Ausnahme der Torf- und Moorböden der Hauptsache nach ein Haufwerk von anorganischen und speziell Mineralbestandteilen darstellen, so schließt diese Erkenntnis zugleich ihre Zugehörigkeit zu anderen, ebenfalls in der Hauptsache anorganischen speziell Mineralkörpern in sich. Die in dieser Hinsicht den Böden oder den Mineralböden am nächsten stehende Körperklasse sind die Gesteine. Und es entsteht nun die Frage: in welcher Beziehung stehen beide Körperklassen zueinander? Sie ist leicht zu beantworten und ihre Lösung allgemein bekannt. Die Böden sind das Aufbereitungsprodukt der Gesteine. Dies einmal zugegeben, läßt keinen Zweifel mehr an der überaus engen Zugehörigkeit der Böden zu den Gesteinen offen, was u. a. auch darin seinen Ausdruck findet, daß man geradezu von den „Muttergesteinen“ der Böden spricht. Doch wie weit der Einfluß der Beschaffenheit ersterer auf die Natur der

letzteren reicht, hängt nicht allein von der Ausbildung der Gesteine ab, sondern wird außerdem durch eine Anzahl weiterer Faktoren bedingt.

Den Vorgang, der die Gesteine in Böden umwandelt, nennt man die Verwitterung. Die Verwitterung selbst aber ist eine Funktion des Klimas, und als solche wird ihre Wirkung auf die Gesteine durch die Art des Klimas vornehmlich bedingt. Hierauf beruht es, daß eine beträchtliche Einschränkung in der Abhängigkeit des Bodens von seinem Muttergestein zu verzeichnen ist, wodurch diese Beziehungen an allgemeiner Bedeutung sehr verlieren. Wie z. B. daraus hervorgeht, daß dasselbe Gestein in den Tropen einen ganz anderen Boden durch seine Verwitterung hervorbringt, als wenn es in der gemäßigten Zone zur Aufbereitung gelangt. Ferner tritt noch der Umstand hinzu, daß die Böden nicht lediglich die Produkte der Verwitterung sind. Ein gut Teil ihrer Bildung, wenn auch erst in zweiter Linie, verdanken sie dem Einfluß des Pflanzenlebens. Diese Erscheinungen und ihre Einordnung in das System führten zur Aufstellung der klimatischen Bodenzonen¹, wodurch die petrographische Beschaffenheit des Gesteins nur noch unter ganz gewissen Bedingungen, d. h. in einer bestimmten Klimazone, für die Bodenbeschaffenheit von Bedeutung wurde. Für die Gebiete des mittleren Deutschlands treffen nun zufolge der dort herrschenden klimatischen Verhältnisse Bedingungen zu, nach welchen „fast jedem Gestein ein bestimmter Bodentypus entspricht“². Doch nicht nur für das mittlere Deutschland gelten diese Verhältnisse, sondern überhaupt in den gemäßigten Breiten und zwar speziell in den Gebieten der „Braunerden“. „Hier hat eine Ordnung der Bodenarten nach ihrem Ursprungsgestein volle Berechtigung“³.

Zu diesem Ausspruche RAMANN's stehen L. MILCH's vorgenannte Ausführungen zunächst scheinbar im stärksten Gegensatz, wenn er sagt: „Zunächst muß klar ausgesprochen werden, daß alle Versuche eine Klassifikation der Böden auf Grundlage der Mineralogie resp. Petrographie resp. Geologie allein oder eine Vereinigung mehrerer dieser Wissenschaften aufzubauen gescheitert sind, und daß jeder neue derartige Versuch von vornherein den Stempel der Aussichtslosigkeit an sich tragen müßte“⁴. RAMANN hat denn auch tatsächlich,

¹ Vergl. E. Ramann, „Bodenkunde“. S. 391.

² Desgl. l. c. S. 392.

³ Vergl. Ramann, l. c. S. 214.

⁴ Vergl. Milch, l. c. S. 868.

worauf MILCH ebenfalls hindeutet, in seiner auf rein geologischer und meteorologischer Grundlage aufgebauten, wissenschaftlichen Bodenkunde darauf verzichtet, eine derartige Klassifikation zu geben, vielmehr eine, die den physikalischen Eigenschaften der Böden entspricht, als vorläufige Übersicht der Hauptbodenformen an ihre Stelle gesetzt. Allerdings mit dem Vorbehalt, daß ein neues Einteilungsprinzip der Böden anzustreben sei, das sich auf klimatischen, geologischen, physikalischen und chemischen Grundlagen aufzubauen habe¹.

Sowohl aus diesen Ausführungen von kompetenter Seite, wie auch aus den vorhergegangenen eingehenden Erörterungen geht genugsam die Unzulänglichkeit einer geologischen Bodenklassifikation hervor; aber deswegen die geologischen und petrographischen Wissenschaften gänzlich aus der Bodenkunde ausschließen zu wollen, würde doch eine Verkennung der wirklichen Wechselbeziehung dieser Wissenschaften zur Bodenkunde sein. Hiergegen verwahrt sich auch MILCH entschieden, indem er contra MITSCHERLICH betont: „Für die Bodenkunde in ihrer Gesamtheit ist die Frage nach der geologischen Entstehung nicht gleichgültig: ein prinzipieller Verzicht wäre gleichbedeutend mit einem Aufgeben ihrer wichtigsten naturwissenschaftlichen Grundlage. Die Grundwissenschaften gänzlich auszuschließen, ist aber, auch wenn man diese Erwägungen nicht gelten lassen will und sich auf den ausschließlich praktischen Standpunkt stellt, unmöglich: die Einteilung in die Hauptbodenarten der Praxis (Sand-, Lehm-, Tonboden) beruht auf der mineralogisch-petrographischen Natur dieser Gebilde².“ Diesen Ausführungen ist vollauf zuzustimmen, denn das wahre Verhältnis der Petrographie zur Bodenkunde läßt sich nicht schärfer fassen, als es in dem Schlußsatz zum Ausdruck kommt.

MILCH, der die Frage nach der Benutzung des geologischen Alters eines Gesteins für die Bodenklassifikation und Bodenkunde überhaupt eingehender untersucht, kommt zu dem Schluß: „Es sind nur zwei Wege denkbar, die diesen geologischen Tatsachen Rechnung tragen und doch versuchen, das geologische Alter eines bodenbildenden Sedimentes bodenkundlich zu verwerten. Man kann entweder die Verhältnisse eines räumlich resp. zeitlich beschränkten Gebietes untersuchen oder für die Bodenentwicklung wichtige gemeinsame Eigenschaften gleicher Fazies mit ähnlicher Fazies anderer Perioden vergleichen³.“ Für die nähere Untersuchungsmethode der

¹ Vergl. Ramann, l. c. S. 379.

² Milch, l. c. S. 868.

³ Desgl. S. 869.

beiden Wege versucht er solche Beispiele beizubringen, in denen nur „die für sie günstigsten Voraussetzungen angenommen“ sein sollen.

Als erstes Beispiel wählt er „die petrographisch vielleicht eiförmigste Formationsabteilung Mitteleuropas, den Buntsandstein des mittleren und südlichen Deutschlands“ und gibt an der Hand des in den „Elemente der Geologie“ von H. CREDNER aufgestellten Schemas der petrographischen Gesteinsbeschaffenheit dieser Formation einen Überblick über sie und findet, daß infolge des immerhin noch großen petrographischen Wechsels die Untersuchung eines zeitlich beschränkten Gebietes noch zu umfangreich ist. „Für die Bodenkunde ist mithin das besprochene Gebiet im günstigsten Falle noch zu weit gefaßt¹.“ Gleiches entnimmt er auch für die petrographische Zusammensetzung eines räumlich beschränkten Gebietes aus demselben Schema, indem er wiederum auf dieses hinweist. Nun ist es aber doch ohne weiteres klar und MILCH selbst weist mit folgenden Worten darauf hin, „daß derartige geologisch wichtige und exakte kurze Zusammenfassungen für die Zwecke der Bodenkunde, für die sie gar nicht formuliert sind, nicht in Anspruch genommen werden können.“ Deswegen kann ich mich auch nicht der Ansicht anschließen, daß MILCH durch obige Beispiele den Beweis erbracht hat, daß die Untersuchung eines räumlich wie zeitlich beschränkten geologischen Gebietes für die Bodenkunde unbrauchbar sei. Es liegt viel näher anzunehmen, daß CREDNER's „Elemente der Geologie“ für die Bodenkunde in genannter Richtung nicht ausreicht, was jedoch von diesem vorzüglichen Lehrbuch auch nicht anders zu erwarten ist. Will die Geologie in dieser Richtung auf die Bodenkunde einwirken, so wird wohl für diese Zwecke eine detaillierte geologisch-petrographische Beschreibung der Gesteine einer Formation nötig sein, an welche sich eine Zusammenfassung gleichwertigen bodenbildenden Materials anzuschließen hat.

Der andere Weg, den die geologisch-historische Methode nach MILCH einzuschlagen vermöchte, wäre, gleiche fazielle Bildungen eines geologischen Abschnittes aufzusuchen und diese mit ähnlichen Fazies einer anderen Periode zu vergleichen, ausgehend von der Auffassung, „daß gleiche Faziesbildungen einer geologischen Formation sich petrographisch näher stehen als entsprechende Bildungen verschiedener Formationen².“ Daß die Durchführung bzw. Anwendung letzterer Methode zur Gewinnung einer Bodenklassifikation nicht geeignet

¹ S. 870.

² Milch, l. c.

sein kann, muß allerdings ohne weiteres zufolge der großen Verschiedenheit der faziellen Bildungen innerhalb einer Formation zugegeben werden. Als Grund hierfür tritt also abermals die große Differenzierung des petrographischen Materials auf, woraus zu schließen ist, daß eine Einteilung, die einer weiteren Verallgemeinerung fähig ist bzw. erlaubt, große Gruppen aufzustellen, auf der genannten Grundlage nicht zu erreichen ist.

Da nun aber die wissenschaftliche Bodenkunde nicht ihre einzige Aufgabe in der Aufstellung einer Bodenklassifikation — sei es auf welcher Grundlage es auch wolle — zu erblicken hat, sie vielmehr in ihrem dynamischen Teil, nämlich in der Lehre von der Verwitterung, die gegenseitigen Beziehungen vom Ausgangsmaterial, den Gesteinen, zu dem Endprodukt, den Böden, zu verfolgen und aufzudecken hat, so muß sie in letzter Linie auf die geologisch-petrographische Beschaffenheit der Gesteine zurückgreifen. Es ist daher wohl berechtigt, von den Böden einer Formation zu sprechen, doch nicht im Sinne als typische durch ihre geologische Abkunft spezifisch charakterisierte und daher selbständige Vertreter derselben, sondern als Abkömmlinge einer gleichzeitig zur Ablagerung gelangten Gesteinsserie, die in ihrer Gesamtheit den Aufbereitungszustand einer vergangenen erdgeschichtlichen Epoche darstellt, soweit derselbe bis auf uns gelangt ist. Denn wie die unter unseren Augen sich heute noch bildenden Böden das Aufbereitungsprodukt der die jetzige Erdoberfläche zusammensetzenden Gesteine sind, so sind die „Schichtgesteine“ früherer Erdperioden die Verwitterungsprodukte ihrer Vorgänger¹.

In diesem Sinne ist der dynamische Teil der Bodenkunde, die Verwitterungslehre, nichts anderes als die Geologie der Gegenwart. Aber nicht nur die Geologie ist eine historische Wissenschaft, auch die Bodenkunde als eines ihrer Glieder verlangt historisch behandelt zu werden.

¹ Vergl. E. Wüst, „Studien über Discordanzen im östlichen Harzvorlande“. Centralbl. f. Min. etc. 1907. S. 81. W. Deecke, „Die südbaltischen Sedimente in ihrem genetischen Zusammenhange mit dem skandinavischen Schilde“. Centralbl. f. Min. etc. 1905. S. 97. Olbricht, „Über einige ältere Verwitterungserscheinungen in der Lüneburger Heide“. Centralbl. f. Min. etc. 1909. S. 690.

¹ Vergl. E. Weinschenk, „Allgemeine Gesteinskunde als Grundlage der Geologie“. Freiburg 1902. S. 69. F. Frech, *Lethaea geognostica*, Continentale Trias, S. 29—35.

Im nachstehenden ist der Versuch unternommen worden, eine Übersicht und Zusammenstellung der Böden einer Formation von diesen Gesichtspunkten aus zur Darstellung zu bringen. Es wurde als solche die Formation des Buntsandsteins in Deutschland gewählt. Einmal, weil dieser wohl die allereinförmigste petrographische Ausbildung¹ zeigt, so daß er sich für die Frage nach der Anwendbarkeit der geologisch-historischen Methode in der Bodenkunde als besonders geeignet erweist, sodann aber auch, weil der weitaus größte Teil des gebirgigen Deutschlands Böden dieser Formation liefert. Dementsprechend wurde auch eine allgemeine Übersicht seiner geographischen Verbreitung vorausgeschickt. Der übrige Stoff gliedert sich zunächst nach dem geologischen Alter, sodann in Feststellung der Verbreitung und des Vorkommens sowie der petrographischen Beschaffenheit des Muttergesteins, worauf die Beschreibung der chemischen Zusammensetzung desselben sowie der Verlauf der Verwitterung auf Grund petrographischer und chemischer Natur folgt. Es schließt sich daran die Charakteristik des gebildeten Bodens sowie seine forst- und landwirtschaftliche Ausnutzung und Kultur.

Eine Arbeit wie die nachstehende, die gezwungen war, ihre Einzelheiten aus der spärlich vorhandenen und sehr zerstreuten Literatur zu entnehmen, die sich sogar manchmal entschließen mußte, nicht ganz gleichwertiges Material zusammenzufassen, weil die Bezugsquelle aus Mangel an präziser Ausdrucksweise versagte, und die nur einen Bruchteil des vorhandenen, einschlägigen Materials aus gleichen Gründen verwerten konnte, kann nicht den Anspruch auf völlige Erschöpfung des umfangreichen Stoffes erheben, sondern wünscht nur einen Beitrag zur Kenntnis der Böden nach ihrem Muttergestein zu liefern.

Das Hauptverbreitungsgebiet des germanischen Buntsandsteins liegt im Herzen von Deutschland. Hier nimmt es eine große zusammenhängende Fläche ein, welche im W durch das basaltische Vogelsgebirge und paläozoische rheinische Schiefergebirge, im NO und O durch die alten Massive des Harzes und Thüringens begrenzt wird. Im N reicht der Buntsandstein bis in die Gegend von Hameln und Hildesheim, und im S bildet der Kraichgau in Baden seine

¹ Ich wurde nicht etwa deswegen veranlaßt, den Buntsandstein zu wählen, weil ihn Milch in seiner Abhandlung als Beispiel benutzt hatte. Meine Arbeit lag zu jener Zeit, als Milch's Arbeit erschien, schon fast fertig vor, nur dadurch, daß ich während zweier Jahre verhindert war, dieselbe abzuschließen, erklärt sich ihr spätes Erscheinen.

Grenze. Dementsprechend wird also fast das ganze hessische Bergland, das westliche Waldeck, das südliche Braunschweig und Hannover, das westliche Thüringen, der Spessart und östliche Odenwald zusammenhängend von den Bildungen dieser Formation bedeckt. Diesem zentralen Verbreitungsgebiet schließt sich im S getrennt durch den Kraichgau, der Buntsandstein des Schwarzwaldes an, dessen südlichste Ausläufer bis in die Gegend von Basel vordringen. Dem Schwarzwald und Odenwald parallel verläuft im W ebenfalls ein nicht unbeträchtliches Buntsandsteingebiet, die Vogesen und das pfälzische Bergland, die getrennt durch das Einbruchstal der ober-rheinischen Tiefebene ehemals im engen geologischen Verbande mit ihnen standen. Namentlich baut sich der Westabfall der Vogesen und vor allem das eigentliche pfälzische Bergland mit seinem östlichen Teil, dem Haardtgebirge, aus Buntsandstein auf. Im südlichsten Anteil dieses Buntsandsteinbezirkes greifen die Schichten desselben noch auf französisches Gebiet über, im W dagegen bei Saarbrücken zweigt sich vom pfälzischen Bergland aus ein schmaler Arm, zunächst nach W gehend, ab, der bei St. Avold nördliche Richtung nimmt und in dieser über Merzig, Trier in die Rheinlande bis unweit Düren verläuft und einen Seitenarm ins luxemburgische Gebiet entsendet.

Hiermit ist jedoch die Verbreitung des germanischen Buntsandsteins keineswegs abgeschlossen. Auch von dem großen Hauptbuntsandsteinmassiv in der Mitte Deutschlands zweigen sich weitere Ausläufer ab, die weit in das deutsche Land vordringen. So zieht sich, ausgehend von SO desselben in der Gegend von Hildburghausen, ein schmaler Arm über Kulmbach bis Eschenbach ins fränkische Gebiet hinein. Auch nordöstlich des Thüringer Waldgebirges verläuft längs des Gebirgsmassives ein geringer Streifen von Eisenach bis Ilmenau, der in Ostthüringen, im Gebiete der Saale, größere Ausdehnung gewinnt und sich bis zur weißen Elster ausbreitet. Dieses letztere Gebiet steht nun wiederum mit dem Buntsandstein des südlichen Harzrandes durch eine schmale Brücke in Verbindung, die sich von Kamburg im S bis nach Sangershausen im N erstreckt. Weiter nach N finden sich kleinere Buntsandsteinvorkommnisse am Nordrand des Harzes und, schon ins Gebiet des norddeutschen Flachlandes hineingreifend, die Vorkommnisse zwischen Erxleben und Weferlegen und weiter nördlich einige Partien östlich Braunschweigs und Wolfenbüttels. Ganz im NO findet sich der Buntsandstein nochmals anstehend bei Rüdersdorf unweit von Berlin,

wo er mit dem Muschelkalk gemeinsam aus dem norddeutschen Diluvium auftaucht, doch nicht wie ersterer zutage tritt. Der nordwestlichste Punkt in der Verbreitung des Buntsandsteins auf dem Festlande liegt bei Osnabrück, doch tritt er auf der Insel Helgoland nochmals zutage. Im W des Hauptverbreitungsgebietes greift von dem nördlich des Vogelsgebirges gelegenen Buntsandsteinkomplex eine schmale Zone zungenförmig in das Laantal über, um nördlich von Gießen zu verschwinden. Weiter nach W vorgeschoben kommt schließlich innerhalb des westfälischen Kohlengebietes noch einmal eine kleine Buntsandsteinklave bei Menden vor. Ferner sei noch darauf hingewiesen, daß sich von Ostthüringen aus eine Zone von Buntsandsteininseln nach SO erstreckt. Es sind dies die kleinen Vorkommnisse von Riesa und Meißen, von Löwenberg, Groß-Hartmannsdorf und Goldberg in Niederschlesien, während in Oberschlesien im Steinkohlengebiet die Buntsandsteinverbreitung ihr Ende erreicht.

Die genannten Gebietsteile des Buntsandsteins nehmen nach den Berechnungen KÜSTER'S¹ einen Flächenraum von 27 100 qkm ein, d. h. etwa 7,7% des gesamten Flächeninhaltes des Deutschen Reiches.

Der untere Buntsandstein, seine petrographische Beschaffenheit sowie die Verwitterung und Bodenbildung der Gesteine desselben.

Im allgemeinen gleicht der untere Buntsandstein in seiner petrographischen Ausbildung der ihm unterlagernden Formation². So wie das Rotliegende nach oben mit roten und bunten tonigen Sandsteinen abschließt, so beginnt auch in gleicher Faziesentwicklung der Buntsandstein, denn nicht überall schaltet sich der Zechstein

¹ E. Küster, „Die deutschen Buntsandsteingebiete, ihre Oberflächen-gestaltung und anthropogeographischen Verhältnisse.“ 1891. S. 13.

² Vergl. E. Fraas, Die Bildung der germanischen Trias. Jahreshfte d. Ver. f. vaterl. Naturkunde in Württemberg. Bd. 55. 1899. S. 46; Erläuterung zur geol. Sp.-Karte des Großherzogtums Baden, Blatt Heidelberg S. 31; Erl. z. geol. Sp.-Karte d. Kgr. Württemberg, Blatt Freudenstadt S. 14; Erl. z. geognostischen Karte des Kgr. Bayern, Blatt Speyer S. 10, Bl. Zweibrücken S. 139. Leppla, Über den Buntsandstein im Haardtgebirge, Geogn. Jahreshfte 1888. S. 43. Benecke u. Cohen, Geognostische Beschreibung der Umgegend von Heidelberg. Straßburg 1880. S. 313 u. 322. Benecke, Über die Trias in Elsaß-Lothringen und Luxemburg. Erl. z. geol. Sp.-Karte v. Els.-Lothr. Bd. 1. S. 535, 540—550. Joh. Walther, Die Geschichte der Erde und des Lebens. Leipzig 1908. S. 350.

zwischen beide Formationen ein. Dort, wo jedoch der Zechstein sein Liegendes bildet, herrschen im untersten Teil der Formation Lettenbildungen vor¹, wie dieses namentlich im ganzen nordwestlichen Deutschland, im Spessart, in Thüringen, am Fichtelgebirge und z. T. in Schlesien² der Fall ist, während ihn im SW Deutschlands mehr das Rotliegende und z. T. auch das Grundgebirge³ unterlagert. In der Eifel⁴ bildet auch wohl das Devon das Liegende der Formation, doch ist im allgemeinen zu beobachten, daß der Buntsandstein konkordant dyasischen Schichten⁵ auflagert, und sein Verbreitungsgebiet im wesentlichen mit diesen zusammenfällt. Auch in England⁶, dessen „bunter“ die nördlichste Verbreitung des germanisch-kontinentalen Buntsandsteins darstellt⁷, ruhen die Schichten der „lower varigated sandstones“ auf gleichartigen permischen Sandsteinen. Infolge dieser petrographischen Gleichartigkeit der unterlagernden Schichten ist es schwierig und z. T. in manchen Gegenden geradezu fast unmöglich, eine sichere Trennung der liegenden Formationen vom unteren Buntsandstein vorzunehmen⁸.

Ohne auf eine nähere Scheidung der stratigraphischen Horizonte eingehen zu können, läßt sich für den unteren Buntsandstein fast allgemein eine Zweiteilung seiner Schichten durchführen. Eine untere Abteilung, welche vorwiegend den Charakter feiner, toniger

¹ Vergl. E. Küster, Die deutschen Buntsandsteingebiete. Forsch. z. Deutsch. Landes- u. Volkskunde. V. 4. S. 188. J. G. Bornemann, Über den Buntsandstein in Deutschland und seine Bedeutung für die Trias. S. 32 u. 39.

² Vergl. Schalch, Beiträge zur Kenntnis der Trias im südöstl. Schwarzwald. S. 9. Bücking, Der nordwestliche Spessart. S. 173. Erl. z. Bl. Freudenstadt. S. 15.

³ Vergl. Noetling, Die Entwicklung der Trias in Niederschlesien. S. 311 u. 347. In Schlesien lagert der untere Buntsandstein nach Wisogórski „unmittelbar dem Steinkohlengebirge oder dem unteren Carbon“ auf (Lethaea geognostica, S. 85), in Niederschlesien bildet mariner Zechsteinkalk sein Liegendes (vergl. G. Ahlberg, „Die Trias im südlichen Oberschlesien“. Diss. 1906).

⁴ Vergl. E. Küster, l. c. S. 181 (15).

⁵ Vergl. E. Fraas, l. c. S. 46 und Benecke u. Cohen, l. c. S. 313.

⁶ Vergl. F. v. Huene, Eine Zusammenstellung über die englische Trias und das Alter ihrer Fossilien. Centralbl. f. Min. etc. 1908. S. 9.

⁷ Ausgenommen einige geringe Vorkommnisse in West-Schottland und Irland.

⁸ Vergl. F. Frech: „Lethaea geognostica.“ Teil II. Bd. 1. Trias. S. 7. „Die untere Grenze der Trias ist im Bereiche der kontinentalen Entwicklung nur dort mit Sicherheit zu ziehen, wo die obere Dyas die Ablagerung eines Binnenmeeres (Zechstein) darstellt.“

Bildungen bis sandiger Tonschiefer zeigt und eine obere Stufe, die der Hauptsache nach aus tonigen Sandsteinen besteht.

Die untere Abteilung setzt sich im SW ihres Verbreitungsgebietes in den meisten Fällen aus tonigen dünnplattigen und lettigen Lagen von heller, grünlicher oder roter Farbe zusammen, die teils als Leberschiefer bezeichnet werden und häufig mit vielen grünlichen Flecken versehen sind, eine Folge der Reduktion von Eisenoxydverbindungen. Die Tonmasse selbst ist oft so fein, daß sie zum Schreiben Verwendung finden kann (Rötel), meist jedoch ist sie gröber, indem Glimmerblättchen und Sand ihr beigemischt sind. Ferner nehmen tiefrote oder braunrot gefärbte, weiche sandige Schiefertone, sogen. Rötelschiefer am Aufbau dieser Abteilung großen Anteil. Je nachdem ihr Tongehalt wechselt, gehen sie in feinkörnige tonige Sandsteine über, die tonreichen Schichten enthalten noch rund 20% Quarzsand¹, auch Glimmer ist ihnen in geringer Menge beigegeben. Eine tonige Ausbildung des unteren Buntsandsteins setzt sich ebenfalls nach der Mitte seines geographischen Verbreitungsgebietes fort und ist in Hessen und Thüringen als Zone der Bröckelschiefer wohl bekannt und ausgebildet². Obgleich die Bröckelschiefer sich von anderen tonigen Gesteinen dadurch unterscheiden, daß sie gar nicht schiefrig sind, so tragen sie ihre Benennung wegen ihres Zerfalls bei der Verwitterung in unregelmäßige Bröckelchen³. Diese Bildung ist jedoch nur lokaler Art, sie kommt als solche nicht mehr am Rande des rheinischen Schiefergebirges vor, ebenso östlich auch nicht mehr in der Umgegend des Harzes⁴. Hier, im SO und N des Harzes, wird sie durch z. T. mächtige Lagerzonen von Rogenstein vertreten, welche ihre Hauptverbreitung bei Artern⁵ südwestlich des Kyffhäusers, wo der Rogenstein zu 150 Fuß Mächtigkeit anschwillt, erreichen. In der Gegend von Roßla verlieren sie jedoch an Mächtigkeit, so

¹ Vergl. hierzu namentlich: Leppla, l. c. S. 43, Benecke u. Cohen, l. c. S. 312, Küster, l. c. Das Kapitel über petrographische Zusammensetzung des Buntsandsteins sowie die vorgenannten Erläuterungen der geol. Sp.-Karten von Bayern, Baden und Württemberg. Luedecke, Die Boden- und Wasserhältnisse des Odenwaldes, S. 7. Abhandlungen der Großherzogl. Hessischen geol. Landesanstalt zu Darmstadt. 1901.

² Vergl. Bornemann: S. 33 u. Erl. z. geol. Sp.-Karten von Preußen und den Thüringischen Staaten. Bl. Hönebach (Moesta), S. 14, Bl. Nordhausen (H. Eck), S. 25.

³ Vergl. Bornemann: S. 33. Bücking, l. c. S. 172.

⁴ Bl. Hönebach, S. 14.

⁵ Bl. Artern, S. 6; siehe auch Bornemann, l. c. S. 31.

daß sie hier schließlich nur noch in wenige Zoll breite Schichten, denen das rogensteinartige Gefüge fast gänzlich verloren gegangen ist, verlaufen¹. Die Rogensteine stellen sich als ein graues bis braun gefärbtes, deutlich geschichtetes, oolithisches Gestein dar, in dessen Grundmasse von sandigtoniger mitunter glimmerführender Ausbildung konzentrischschalige, Erbsengröße erreichende, dolomitische Kalkkörnchen lagern, deren einzelne Schalen wiederum durch Ton verbunden sind². In Rüdersdorf unweit Berlin ist durch Bohrungen nochmals der Rogenstein nachgewiesen worden, auch hier besteht der untere Buntsandstein weiter aus roten, grünen und blauen, z. T. glimmerführenden Mergeln und Tonen³. In Schlesien beginnt der untere Buntsandstein mit roten Letten, welche allmählich nach oben hin in Sandsteine von feinem Korn mit teils tonigem, teils kalkigem Bindemittel übergehen. Die mürben Sandsteine sind oft so lose miteinander verbunden, daß sie als reine Sande erscheinen⁴. Untergeordnet tritt an manchen Orten zu unterst der Formation ein arkoseartiger grobkörniger Sandstein⁵ auf, bestehend aus eckigem Quarz und teils verwittertem Feldspat von lockerem Zusammenhange, als Fortsetzung gleichartiger jedoch typischer Bildungen des Rotliegenden, wie überhaupt gerne Reste der unterlagernden Formationen in den untersten Schichten des unteren Buntsandsteins angetroffen werden. So finden sich denn mancherorts in den Tonen der unteren Abteilung nesterförmig Dolomitstücke, dem Zechstein entstammend, eingelagert und in den Bröckelschiefen aus gleicher Formation herrührende, gerundete Mergelknollen⁶. Je weiter nach oben, werden diese tonigen Schichten des untersten Buntsandsteins mehr und mehr sandiger

¹ Bl. Nordhausen (Beyrich u. Eck). S. 25.

² Vergl. Deicke, Die Struktur des Rogensteins vom südlichen Harzrand. Zeitschrift f. d. ges. Naturw. Halle 1853. Roßbach, Beitrag zur Kenntnis oolithischer Kalksteine. Meiningen 1884. S. 6. 13. 16. 22—24 u. 35. Bl. Sangerhausen. S. 6. Roth, Allg. u. chem. Geologie. Bd. II. Berlin 1879. S. 571—572. Küster, l. c. S. 19. Bornemann, l. c. S. 31 u. 32.

³ Vergl. A. Orth, Rüdersdorf und Umgebung. Abh. z. geol. Sp.-Karte von Preußen. Bd. II. -2. H. Eck, Rüdersdorf. Ebendasselbst. Bd. I. 1. Fiebelkorn, Geologische Ausflüge in die Umgegend von Berlin. 1896. S. 19.

⁴ H. Eck, „Über die Formationen des bunten Sandsteins und des Muschelkalks in Oberschlesien.“ Diss. Berlin. 1865. S. 29.

⁵ Vergl. Bl. Freudenstadt, S. 16. Bl. Obertal-Kniebis, S. 71. Bl. Simmersfeld, S. 14 der württembg. geol. Sp.-Karte. Benecke u. Cohen, l. c. S. 300. Schalch, l. c. S. 12. (Hier der Feldspat aus dem Algranit stammend.)

⁶ Vergl. Bornemann, l. c. S. 34.

Art, so daß sie allmählich in die rein tonigen Sandsteine der oberen Abteilung übergehen.

Die Sandsteine der oberen Abteilung des unteren Buntsandsteines sind im südlichen und südwestlichen Verbreitungsgebiet vorwiegend rot und nur selten weiß, gelblich oder sogar grünlich gefärbt, vorwiegend sind sie von feinem Korn und meist dünnplattig entwickelt. Ihr Bindemittel besteht aus Ton, Kaolin oder wird auch wohl dolomitisch; auf ihren Schichtflächen, welche von Ton gebildet werden, reichern sich die Sandsteine häufig mit hellem Glimmer an, so daß sie ein blättriges Gefüge erhalten. Auch dickbankige Lagen treten auf und innerhalb des Ganzen wechseln Sandsteinlagen mit gleichartig gefärbten lettigen, tonigen Zwischengliedern, sowie Tonbänken ab. Der Dolomitgehalt kann sich an einigen Stellen zu dolomitischen Geoden anhäufen und bildet sich dann oft zu „wirklichen halbkristallinen Knauern“ aus¹. Im NW und W des Haardtgebirges verlieren auch wohl die Sandsteine ihren festen Zusammenhang, indem sie sich zu tiefroten lockeren Sanden, den sogen. Formsandten, auflösen. Es zeichnet sich diese Stufe auch durch erhöhte Anreicherung von Eisenverbindungen aus, welche, zu einer festen Masse verbunden, als Eisenschwarten auftreten können und früher hüttenmännische Verarbeitung erfuhren. Ferner findet eine Anreicherung von Manganerzen in Gemeinschaft mit Karbonatausscheidungen in gewissen höheren Horizonten statt, die eine eigentümliche Sandsteinbildung zufolge hat und unter dem Namen Tigersandstein bekannt ist. Es sind dies mehr gelblich und weiß gefärbte, ungleichkörnige Tonsandsteine, welche durch dunkle Stellen, die sich als Rückstände schwer angreifbarer und auslaugbarer Karbonate des Mangans und Eisens erweisen, gefleckt erscheinen². „Die Quarzkörner dieses Sandsteines sind öfter kantig und kantengerundet, als völlig rund. In kleinsten Hohlräumen findet sich Bergkristall in ziemlichen Individuen ausgeschieden. Feldspat tritt reichlich und meist ziemlich zersetzt in Körnern auf; durch weiteren Zerfall entstand auch wohl aus ihm das feine, weiße oder rötliche Bindemittel, das die Körner des Gesteins bis auf die Berührungsstellen

¹ Vergl. Bl. Zweibrücken S. 136.

² Vergl. hierzu die Erl. zur geol. Sp.-Karte von Baden Bl. Neckargemünd S. 18; von Bayern Bl. Zweibrücken S. 138 und Speyer S. 12; von Württemberg Bl. Freudenstadt S. 16, Obertal-Kniebis S. 70 und Simmersfeld S. 14. Benecke u. Cohen, l. c. S. 324. Leppla, l. c. S. 44. Küster, l. c. S. 182. Schalch, l. c. S. 11 u. 12.

staubartig überzieht. Glimmer ist öfter in dunklen oder in hellen Farben vertreten. Auch kleine Turmaline und dunkle Erzkörner sind nicht selten. Neben Ausscheidungen von Dolomit findet sich auch kohlenaurer Kalk, meist fein verteilt, so daß er nur beim Betupfen des Gesteins mit verdünnter Salzsäure sich verrät¹.“ Die karbonatführenden Einlagerungen häufen sich jedoch im unteren Buntsandstein stellenweise stark an, nicht nur daß sie Sandsteinlagen imprägnieren, deren Karbonatgehalt bis zu 20% anzuwachsen vermag², sondern sie bilden auch dolomitische Knauern und größere dolomitische Lagen und Bänke. So treten u. a. in den „Tigersandsteinen“ plötzlich Bänkchen auf, die mit erbsengroßen, faustgroßen oder gar langgezogenen armdicken Dolomitknauern oder sandigen Dolomitaggregaten gespickt sind, oder es fügen sich mehr oder weniger dicke dolomitische Sandbänkchen ein, hier in den unteren, dort in den oberen Horizonten; einmal durch das ganze Profil verfolgbare, während wir ein anderes Mal vergebens nach ihnen suchen werden³.“

Die Zone der tonigen Sandsteine erstreckt sich weiter nach O und N über den Spessart, Rhön, Oberfranken, ganz Hessen und Thüringen sowie Südhannover bis zum Harz. Die Färbung der Sandsteine in diesen Gegenden ist eine äußerst wechselnde, entweder eine helle oder dunkle, so daß alle Farben wie weiß, weißgrau, grau, hellgelb, bräunlichrot und rot vorkommen⁴. Den feinkörnigen Charakter behält das Gestein auch hier bei, ohne jedoch nicht auch lokal gröberes Korn anzunehmen⁴. „Die Körnung“, sagt E. ZIMMERMANN, „ist in der Regel fein, indem die einzelnen Körnchen meist 1 mm und weniger Durchmesser haben, 1½ mm selten erreichen und noch seltener übersteigen. Die Körnchen bestehen vorwiegend aus Quarz, in einigen Schichten aber auch reichlich aus zu Kaolin verwittertem Orthoklas, und sind meist nicht völlig gerundet, weißer Glimmer innerhalb der Sandsteinschichten kommt vor, fällt aber nur selten auf. Die einzelnen Schichten sind in der Regel sehr dünn, und stärkere Bänke (1 dm) zeigen wenigstens fast immer

¹ M. Schmidt und K. Rau, Erl. z. Bl. Freudenstadt S. 16.

² Vergl. Bl. Freudenstadt S. 17 u. Bl. Simmersfeld S. 14.

³ K. Regelman, Erl. z. Bl. Obertal-Kniebis S. 72.

⁴ Vergl. u. a. die Erl. z. geol. Sp.-Karte von Preußen; Bl. Lensfeld, Stadt Ilm, Wasungen, Altenbreitungen, Sondershausen, Gelnhausen, Langenberg, Gera, Nordhausen. Bücking, l. c. S. 174.

eine zwischen entschiedenem matteren und lebhafteren Tönen wechselnde Farbenstreifung¹.“

Der Tongehalt ist stets ein sehr erheblicher, was besonders charakteristisch für alle Sandsteine des unteren Buntsandsteins ist. Entweder findet er sich fein verteilt, als Kaolinpünktchen oder, was hauptsächlich der Fall ist, im Bindemittel. Und es ist nicht unwahrscheinlich, daß dieser Tongehalt der Sandsteine als aus einer vollständigeren Verwitterung und Zersetzung des, wie oben angeführt, auch in größeren Körnchen im Sandstein enthaltenen Feldspates hervorgegangen zu betrachten ist². Recht häufig werden die Quarzkörner aber auch durch ein tonig-kalkiges oder tonig-dolomitiches Zement miteinander verbunden³. Durch vielfache Glimmereinlagerungen erhält das Gestein ein schiefriiges Gefüge, meist herrscht dann der weiße vor dem schwarzen Glimmer vor, was wahrscheinlich eine Folge der schweren Angreifbarkeit des ersteren ist. Oft scheint der Sandstein durch Auslaugung seines Bindemittels gelockert. Wächst der Tongehalt in den Schichten des Sandsteins stark an, so gibt er Veranlassung zu einer Wechsellagerung toniger und sandiger Partien, ferner auch zur Bildung von Tongallen. Die Ton- und Lettenschichten zeichnen sich gewöhnlich ebenfalls durch viele Glimmerführung aus, wodurch sie zu feinen blättrigen Schiefertönen werden⁴; auch in kalkiger Ausbildung trifft man sie an. Besondere Erwähnung verdienen sehr dickbankige, doch nicht überall auftretende, meist weiß gefärbte Sandsteine, die sogen. Kaolinsandsteine, deren Kaolingehalt bis zu 25%⁵ steigt. Kurz seien hier auch noch die bei Commern und an anderen Orten der Rheinprovinz im unteren Buntsandstein vorkommenden Knottensandsteine erwähnt. Die „Knotten“⁶ bestehen aus Sandkörnern, die durch ein Bindemittel von Bleiglanz, Weißbleierz und geringen Kupfererzmengen verbunden werden, sie liegen bald dicht nebeneinander, bald erscheinen sie nur vereinzelt. Daß außer jenen Erzen und den besprochenen Manganeinlagerungen des Tigersandsteins auch noch andere Manganverbindungen den unteren

¹ E. Zimmermann, Erl. z. Bl. Stadt Ilm.

² Schalch, l. c. S. 12.

³ Vergl. Bl. Langenburg S. 4; Bl. Gera S. 20; Bl. Neustadt S. 17.

⁴ Vergl. die Blätter Neustadt, Stadt Ilm, Wasungen und Sondershausen.

⁵ Vergl. Bl. Wasungen und Greiz.

⁶ Vergl. Blanckenhorn, Die Trias am Nordrande der Eifel. Abh. z. geol. Sp.-Karte von Preußen. Bd. VI. 2. Berlin 1885.

Buntsandstein als Muttergestein haben, sowie, daß Barytgänge mancherorts das Gestein in kräftigen Adern durchziehen, sei nur angedeutet, da diese Einlagerungen bodenkundlich wertlos sind. Zum Schluß sei jedoch auf eine in manchen Gegenden stark hervortretende Gesteinsbildung hingewiesen, nämlich die Geröllagen, die sich zu fest verbundenen Konglomeratbänken ausbilden können¹. Sie bestehen vorwiegend aus weißen Quarzen, dunkleren Quarziten, Porphy- und Granitgesteinsbrocken, d. h. Gesteinsfragmenten, welche alle den unterlagernden älteren Formationen entstammen. Die Mächtigkeit des ganzen unteren Buntsandsteins schwankt etwa zwischen 50—150 m. In seinen tonreichen Lagen gibt er Veranlassung zur Bildung eines ergiebigen Quellhorizontes.

Eine ausführlichere Gliederung des unteren Buntsandsteins sowie eine Parallelisierung seiner Schichten findet sich auf der beigegebenen diesbezüglichen Tabelle im Anhang.

Die stoffliche Natur der Gesteine ist abhängig von ihrer mineralogischen Beschaffenheit, sie ergibt sich daher aus dem petrographischen Befund der Hauptsache nach von selbst.

Die Tone, Letten und Tonschiefer des unteren Buntsandsteins bestehen vorwiegend, wie alle Vertreter ihrer Klasse, aus Kieselsäure, Tonerde und Wasser, denen ein nicht unwesentlicher Eisengehalt und geringe Mengen Kalk, Magnesia, Kali und Natron beigesellt sind; letztere namentlich hervorgerufen und vermehrt durch die Gegenwart von reichlichem Glimmer. Die Quantität der einzelnen Komponenten ist natürlich abhängig von der jeweiligen petrographischen Ausbildung des Gesteins. Es liegt eine Analyse vom Schiefer-ton des unteren Buntsandsteins, von A. HILGER² veröffentlicht, vor, welche eine nähere Einsicht in die chemische Zusammensetzung dieser Gesteine gewährt. Das untersuchte Gestein stammt aus der Gegend von Schweinheim bei Aschaffenburg, HILGER fand es wie folgt zusammengesetzt:

¹ Vergl. Leppla, l. c. S. 43; Schalch, l. c. S. 12; Blanckenhorn, l. c. S. 7—28; Erl. z. Bl. Zweibrücken S. 137 und zu Bl. Weida S. 66. Benecke, l. c. S. 552.

² A. Hilger, Die chemische Zusammensetzung von Gesteinen der Würzburger Trias. Mitteilung des pharm. Inst.-Labor. f. angew. Chemie zu Erlangen. München 1889 und Jahresber. der Fortschritte auf dem Gebiete der Agrikultur-Chemie. XII. 1889. S. 5.

	Gesamt- analyse	Davon löslich in Salzsäure
Si O ₂	59,21	24,50 ¹
Al ₂ O ₃	9,53	3,32
Fe ₂ O ₃	12,26	11,70
Fe O	1,01	1,01
Ca O	1,64	1,02
Mg O	1,31	1,31
Na ₂ O	1,67	0,76
K ₂ O	2,28	1,04
S O ₃	0,91	—
Cl	1,22	1,22
P ₂ O ₅	1,20	1,20
H ₂ O	9,01	9,01
(Li)	Sp.	—
	101,25	—

Aus dieser Analyse geht für das Gestein hervor, daß es als Tongestein nur sehr arm an Tonerde ist, dafür jedoch reich an Eisenoxyd, welches gewissermaßen die Tonerde in ihrer Funktion vertritt². Der Gehalt an Natron und Kali ist kein besonders hoher, er deckt sich vielmehr völlig mit dem Gehalt der Sandgesteine dieser Abteilung. Auch Kalk und Magnesia sind nicht überaus stark vertreten, wohl aber fällt der hohe Gehalt an Phosphorsäure auf, auch Schwefelsäure und Chlor nehmen äußerst großen Anteil an der Zusammensetzung. In den im Schiefertone vorkommenden Mergelbänken konzentriert sich ein hoher Kalk- und Magnesiagehalt neben ebenfalls reicher Phosphorsäuremenge und stark hervortretendem Kalireichtum, wie dieses eine ebenfalls von HILGER³ ausgeführte Analyse einer solchen Mergelbank zeigt.

	Gesamt- analyse	Löslich in Salzsäure
Si O ₂	15,847	4,604
Al ₂ O ₃	5,048	1,904
Fe ₂ O ₃	1,584	1,463
Fe O	0,381	0,380
Ca O	—	27,764
Mg O	—	10,687
Ca C O ₃	48,197	—
Mg C O ₃	22,442	—
Ca S O ₄	0,368	S O ₃ 0,266
Ca ₃ (P O ₄) ₂	1,301	P ₂ O ₅ 0,823
Na ₂ O	0,337	0,272
K ₂ O	8,861	0,408
Na Cl	0,720	Cl 0,448
H ₂ O	2,470	2,470
		C O ₂ 32,962

¹ Als „Ton“ ist dieses Gestein zufolge seiner Analyse eigentlich nicht mehr zu bezeichnen.

² Si O₂ nicht allein in HCl löslich, sondern auch in heißer Natronlauge nach der Behandlung mit HCl?

³ Vergl. Anmerkung auf S. 432.

Die Letten bilden als sandige, nicht plastische, dünn geschichtete, tonige Gesteine den Übergang von Tongesteinen zu reinen Sandsteinen. Dementsprechend verhält sich auch ihre chemische Zusammensetzung. Ihr Gehalt an SiO_2 verringert sich gegenüber dem der Sandsteine, übersteigt aber den der Tone, der Gehalt an Tonerde bewegt sich dagegen in umgekehrter Folge. Das Eisenoxyd nimmt bei den rotgefärbten Bildungen eine hervorragende Stelle ein, die übrigen Stoffe treten mit Ausnahme des Kalis sehr zurück.

H. Eck¹ teilt einige Analysen von Letten des unteren Buntsandsteins mit und zwar:

1. Roter Letten vom östlichen Abhang des Karlsberges bei Neudeck in Oberschlesien (nach GRUNDMANN).
2. Weißer, sandiger Letten mit ersterem in dünnen Schichten regelmäßig wechsellagernd (nach GRUNDMANN).

	1.	2.
SiO_2	54,872	68,913
Al_2O_3	14,763	14,361
Fe_2O_3	14,793	2,403
CaO	0,980	1,251
MgO	0,393	0,297
N_2O	0,480	0,511
K_2O	2,627	3,531
Eisenkies	2,250	2,625
H_2O	8,116	4,902
	99,274	98,794

Die Sandsteine sind entsprechend ihres Charakters als Sandgesteine der Hauptsache nach aus Quarz, dem sich Glimmer und Feldspat untergeordnet beigesellt, aufgebaut. Mikroskopisch dagegen enthalten sie, und dies gilt mehr oder weniger für alle Sandsteine der Formation, Zirkon, Rutil, opake Erze, Turmalin, Apatit und Baryt. Von diesen sind die ersten Minerale als Aufbereitungsrückstände aus dem das Material für den Sandstein liefernden Gestein zu betrachten, der Baryt dagegen ist autigen und tritt auch als Kluft- und Gangmineral in größerer Menge auf². Über ihre chemische Beschaffenheit sind wir dank einer größeren Anzahl vorhandener Analysen weit besser orientiert wie bei den Tongesteinen. Zunächst

¹ H. Eck, l. c. S. 40 u. 41.

² Vergl. A. Sauer, Erl. z. Bl. Neckargemünd S. 17.

sei diejenige des Sandsteins von der Kellerquelle bei Heidelberg¹ angeführt.

	Gesamt- analyse	in 10 % H Cl löslich
Si O ₂	79,66	0,088
Al ₂ O ₃	9,21	0,685
Fe ₂ O ₃	3,57	1,859
Fe O	0,08	—
Mn O	Sp.	0,067
Ca O	0,10	0,050
Mg O	0,67	0,100
Na ₂ O	0,22	0,021
K ₂ O	4,49	0,235
P ₂ O ₅	0,02	0,024
Glühverlust	1,84	—
	99,86	—

Über den unteren Buntsandstein Niederhessens sind wir infolge einer größeren Anzahl Analysen außerordentlich gut orientiert; Gestein 1 stammt von Asmushausen, 2 von Aue, 3 von Ellinghausen, 4 von Frankenhain, 5 von Lindenau und 6 von Richelsdorf in Niederhessen².

Bauschanalysen:

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Si O ₂	78,697	77,990	80,961	77,404	79,347	77,648
Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃	11,913	10,902	9,549	11,783	11,455	11,886
Davon Al ₂ O ₃	8,429	9,547	7,693	9,542	9,162	9,598
Fe ₂ O ₃	3,484	1,352	1,856	2,242	2,293	2,288
Mn ₃ O ₄	0,576	0,651	0,297	0,613	0,416	0,387
Ca O	1,280	2,513	1,450	1,672	1,130	1,596
Mg O	0,781	1,450	0,920	1,227	1,069	1,345
Ca C O ₃	0,733	1,001	0,482	1,142	0,446	1,504
Mg C O ₃	0,304	0,576	0,684	1,290	0,410	0,681
K ₂ O	2,215	2,148	2,010	1,840	1,917	1,978
Na ₂ O	1,139	1,013	1,016	0,943	1,194	1,117
P ₂ O ₅	0,090	0,110	0,110	0,099	0,052	0,081
S O ₃	0,030	0,060	0,042	0,033	0,058	0,041
Glühverlust	2,750	2,230	2,160	2,668	2,785	2,603
	100,508	100,644	99,671	100,714	100,279	100,867

¹ M. Dietrich, Die Quellen des Neckartales bei Heidelberg in geologisch-chemischer Beziehung. Mitteil. der Großherzogl. Bad. geol. Landesanstalt. Bd. IV. Heft I. 1900. S. 74. M. Dietrich, Das Wasser der Heidelberger Wasserleitung in chemischer, geologischer und bakteriologischer Beziehung. Habilitationsschrift. Heidelberg 1897. S. 22.

² A. Oswald, Chemische Untersuchung von Gesteinen und Bodenarten Niederhessens. Inaug.-Diss. Saalfeld a. S. 1902. S. 39—41.

In heißer konz. HCl sind davon löslich.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Si O ₂	2,540	1,560	1,680	1,960	3,095	3,661
Natronlöslich }						
Si O ₂	0,050	0,040	0,050	0,102	0,061	0,057
Al ₂ O ₃	1,435	0,722	1,324	1,250	2,140	2,488
Fe ₂ O ₃	1,040	1,041	1,292	1,566	1,565	1,092
Mn ₂ O ₄	0,576	0,651	0,297	0,613	0,416	0,387
Ca C O ₃	0,733	1,001	0,482	1,142	0,446	1,504
Mg C O ₃	0,304	0,576	0,684	1,290	0,410	0,681
K ₂ O	0,327	0,162	0,139	0,085	0,108	0,105
Na ₂ O	0,197	0,088	0,074	0,040	0,090	0,059
P ₂ O ₅	0,090	0,110	0,110	0,099	0,052	0,081
S O ₃	0,030	0,060	0,042	0,033	0,058	0,041

Unlöslicher Rückstand mit heißer H₂SO₄ behandelt läßt in Lösung gehen.

Fe ₂ O ₃	2,444	0,312	0,364	0,676	0,728	1,196
Al ₂ O ₃	3,386	3,473	2,169	3,738	2,461	2,384
Ca O	0,280	0,673	0,110	0,190	0,150	0,251
Mg O	0,180	0,080	0,155	0,165	0,217	0,145
K ₂ O	0,387	0,186	0,261	0,245	0,303	0,341
Na ₂ O	0,236	0,102	0,137	0,136	0,198	0,215
Si O ₂ lösl. in Natron .	4,916	3,786	3,213	5,064	3,988	3,381

Unlöslicher Rückstand mit Flußsäure in Lösung gebracht.

Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ . . .	3,608	5,354	4,200	4,553	4,561	4,726
Ca O	1,000	1,840	1,340	1,482	0,980	1,345
Mg O	0,601	1,370	0,765	1,062	0,852	1,200
K ₂ O	1,501	1,800	1,610	1,510	1,506	1,532
Na ₂ O	0,706	0,823	0,805	0,767	0,906	0,843
Si O ₂	71,191	72,604	76,018	70,278	72,230	70,549

Über die chemische Zusammensetzung der Sandsteine der fränkischen Trias geben uns zwei Analysen HILGER's weitere Auskunft. Sie sind unzweifelhaft von Sandsteinen ausgeführt, die dem unteren Buntsandstein angehören. Beide Sandsteine sind von Erlabrunn a. M. nordwestlich von Würzburg. Ersterer ist kurzweg als Buntsandstein von Erlabrunn bezeichnet, letzterer ist als grünlicher Sandstein mit Steinsalzindrücken von Erlabrunn charakterisiert¹.

¹ Jahresber. d. Fortschr. a. d. Geb. der Agrikultur-Chemie. XII. 1889. S. 5.

	Gesamtanalyse		In Salzsäure lösl. Anteil.	
	1.	2.	1.	2.
Si O ₂	80,793	80,176	1,726	2,114
Al ₂ O ₃	8,233	9,144	1,258	1,309
Fe ₂ O ₃	3,395	3,585	1,752	—
Fe O	—	0,601	0,470	0,601
Ca O	0,119	0,101	0,109	0,101
Mg O	0,581	1,090	0,581	1,021
Na ₂ O	1,275	0,763	0,531	0,101
K ₂ O	3,499	3,097	0,654	0,575
S O ₃	0,294 (CaSO ₄)	—	0,159	—
Ce	—	—	0,096	0,028
P ₂ O ₅	0,524	0,228	0,524	0,228
H ₂ O	1,037	2,506	1,037	2,506
Na Cl	0,156	0,052	—	—
Li	—	Sp.	—	—
	99,906	101,343		

Eine leider nur unvollständige Analyse des unteren Buntsandsteins vom Schwarzwald liegt in derjenigen vom Kirchgraben bei Langenbach¹ vor.

Si O ₂	82,3
Al ₂ O ₃	8,5
K ₂ O	3,4
Na ₂ O	0,2

Schließlich kommt hierzu noch diejenige Analyse HASELHOFF'S welche dieser Autor neuerdings veröffentlichte und unzweifelhaft einem Sandgestein der unteren Abteilung des Buntsandsteins zuzurechnen ist.

Buntsandstein von Gisselberg in Hessen².

Si O ₂	80,80	0,123 g löslich in HCl nach der Me-
Al ₂ O ₃	7,10	0,270 " thode vergl. den Schlußteil im
Fe ₂ O ₃	2,40	0,850 " nächsten Jahresheft
Ca O	0,50	0,260 "
Mg O	0,65	0,290 "
K ₂ O	3,67	0,068 "
Na ₂ O	1,21	0,061 "
P ₂ O ₅	0,15	0,031 "
S O ₃	0,49	— "

Ein Vergleich der Sandsteine aus den verschiedenen Gegenden untereinander läßt zunächst, ganz allgemein betrachtet, eine große Übereinstimmung im Gehalt an SiO₂, Al₂O₃ und Fe₂O₃ erkennen,

¹ Vergl. Regelman, Erl. z. Bl. Obertal-Kniebis. S. 133 u. 134.

² E. Haselhoff, Untersuchungen über die Zersetzung bodenbildender Gesteine. Landw. Versuchs-Stationen LXX. 1909. S. 57.

im letzteren allerdings mit gewissen Schwankungen. Kalk und Magnesia herrschen bei den niederhessischen, also nördlicheren Gesteinen vor, was namentlich für den Kalk gilt, während die Magnesia auch in den süddeutschen Gesteinen nicht wesentlich hinter ersterem zurückbleibt. Gegenüber den später zu betrachtenden Sandsteinen des mittleren oder Hauptbuntsandsteins, was hier vorweg genommen werden mag, zeichnen sich dagegen die Sandsteine der unteren Abteilung wesentlich durch ihren Kieselsäure- und Tonerdegehalt aus. Während sich der prozentualische Kieselsäuregehalt der Sandsteine der mittleren Abteilung um 90 herumbewegt, führen die unteren Sandsteine nur 80% dieser Substanz. Die Menge der Tonerde erreicht im mittleren Buntsandstein mit 6,6% ihren höchsten Wert, der untere Sandstein läßt ihn im Mittel zu 9% erkennen. Auch der Eisengehalt scheint im allgemeinen im unteren Buntsandstein weit höher zu sein. Kalk und Magnesia sind in den Sandsteinen der mittleren Abteilung stets nur in ganz geringen Mengen vorhanden. In der Menge des Kalis wie Natrons bestehen ebenfalls gewisse Unterschiede, sowohl innerhalb der eigenen Formation, als auch gegenüber dem mittleren Buntsandstein. Sicher ist eine große Verschiedenheit im Kaligehalt der Sandsteine des mittleren Buntsandsteins gegenüber dem unteren Sandstein von Heidelberg (Kellerquelle) und Erlabrunn vorhanden und zwar in dem Sinne, daß letztere einen weit höheren Gehalt aufzuweisen vermögen, aber dennoch geben die niederhessischen Sandsteine mit etwa 2% K_2O einen wesentlich geringeren Wert als die Sandsteine gewisser Horizonte (Pseudomorphosensandstein) des mittleren Buntsandsteins. Die Ursache für den hohen Kaligehalt zuerst genannter Gesteine dürfte in der reichen Feldspat- und z. T. auch Glimmerführung der süddeutschen Gesteine dieser Etagen zu suchen sein. Die nördlichen Verbreitungsgebiete des unteren Buntsandsteins zeigen niemals eine gleich hohe Anteilnahme des Feldspats an ihrem Aufbau¹. Die Höhe des Natrons der Sandsteine der unteren Formationsabteilung wird im mittleren Buntsandstein nur einmal im Eck'schen Konglomerat von Buhlbach² erreicht, sonst liegt der Wert für Natron weit unter demjenigen des unteren Sandsteins. Der Gehalt der unteren Sandsteine an Phosphorsäure ist meistens ein hoher, die Sandsteine der mittleren Abteilung stehen ihnen hierin weit nach. Außer den in

¹ Vergl. die Erl. zu Blatt Freudenstadt und Obertal—Kniebis.

² Vergl. S. 477.

den Analysen befindlichen Angaben über den Phosphorsäuregehalt sei noch hinzugefügt, daß BRÄUHÄUSER¹ für die Arkose des unteren Buntsandsteins 0,212% P_2O_5 ermittelte und für den Tigersandstein 0,053% P_2O_5 fand und in einer, später näher zu erörternden Arbeit interessante Beziehungen zwischen dem P_2O_5 -Gehalt der Sandsteine und ihrer Entstehung darlegte. Der große Unterschied der unteren Sandsteine von denjenigen der mittleren Abteilung, der sich schon bei makroskopischer Betrachtung durch ihren weit tonigeren Charakter, wie Feldspatführung etc. kundgibt, wird durch vorstehende chemische Charakterisierung am deutlichsten dargetan und macht sich, wie wir später sehen werden, noch weit mehr bei der Verwitterung der Gesteine und ihrer Bodenbildung geltend.

In den Kaolinsandsteinen reichert sich, wie wir im petrographischen Teil gesehen haben, der Kaolin- bzw. Tongehalt zuweilen stark an. Ein solcher Kaolinsandstein von Steinheide in Thüringen ergab durch mechanische Analyse ermittelt 24,6%, durch Aufschluß mit Schwefelsäure im Rohr festgestellt 23,4% Kaolin. Der Kaolinsandstein von Wasungen zeigte nach der mechanischen Analyse 8,3% unreinen Kaolin und sein Schlemmprodukt erwies sich wie folgt zusammengesetzt².

SiO ₂	52,76
Al ₂ O ₃ mit wenigem Fe ₂ O ₃ . . .	28,19
CaO	0,97
MgO	2,35
K ₂ O	7,57
Na ₂ O	0,59
H ₂ O	7,79
	100,22

E. E. SCHMIDT bezeichnet den roten Kaolin von Steinheide als makroskopisch nicht wesentlich verschieden von demjenigen des mittleren Buntsandsteins von Eisenberg und Osterfeld in Thüringen³ und mikroskopisch als ein Gemenge von Quarz und glimmerartigen Schuppen. Durch überhitzte Schwefelsäure wurden 7,2% Quarz mit etwas Silikat nicht aufgeschlossen, während der in Schwefelsäure gelöste Anteil nachstehende Zusammensetzung³ aufwies.

¹ Bräuhäuser, Über das Vorkommen von Phosphorsäure im Buntsandstein und Wellengebirge des östlichen Schwarzwaldes. *Mitteil. d. geolog. Abt. d. kgl. württ. stat. Landesamtes*, No. 4. S. 5.

² Analytiker E. Laufer. *Blatt Wasungen* S. 9.

³ Vergl. E. E. Schmidt, Die Kaoline des thüringischen Buntsandsteins. *Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges.* Berlin. Bd. XXVIII, 1876. S. 102 u. 105.

Si O ₂	41,9
Al ₂ O ₃	34,5
Fe ₂ O ₃	1,2
FeO	0,6
Ca O	1,6
Mg O	0,5
K ₂ O	0,4
Na ₂ O	0,2
H ₂ O	12,1
	100,3

Der Kaolin von Gleina in Thüringen, ebenfalls dem unteren Buntsandstein angehörend, entstammt einem hellgelben, sehr leetigen Ton, der Wasser ungemein begierig aufsaugt; sein Schlemmprodukt ist mikroskopisch ebenfalls dem Eisenberger Kaolin ähnlich und führt reichlich sogen. Mikroschörlite und weniger Mikrovermikulite, Mineralverwitterungsprodukte, welche wir später eingehender kennen lernen werden (s. Eisenberger Chamotte-Ton). An dieser Stelle sei nur darauf hingewiesen.

In welcher wechselnder Weise der Karbonatgehalt in den unteren Buntsandsteinen vorhanden sein kann, mögen einige der nachstehenden Ermittlungen erläutern. Die Karbonatführung erstreckt sich gewöhnlich nur auf gewisse Lagen, während sie in anderen völlig fehlt. So teilen RAU und SCHMIDT mit, daß sie in 5 von 12 Gesteinsproben keinen Karbonatgehalt nachzuweisen vermochten, daß sie aber in den übrigen 7 Proben einen solchen, zwischen 0,02 und 12,7% schwankend, erhielten; nämlich 0,02; 0,42; 1,13; 1,83; 12,24 und 12,67%. Außerdem ergaben weitere Proben 0,09; 0,12; 0,13; 0,22 und 12,61%. Sie bemerken zu diesen Befunden: „Im allgemeinen zeigten sich die rotgefärbten Lagen etwas mehr karbonathaltig, als die hell oder grünlich gefärbten und dementsprechend nimmt auch der Karbonatgehalt gegen oben ab¹.“

Zu den Kalkbildungen des norddeutschen Buntsandsteins gehören die von KALKOWSKY² neuerdings beschriebenen Oolithe und Stromatolithe, für welche selbiger Autor phytogene Entstehung beansprucht. Wir entnehmen der interessanten Abhandlung nur das für unsere Zwecke Wichtigste. Der Oolith Rogenstein baut sich nach ihm aus Ooiden auf, kugeligen Bestandteilen, „die doch nicht

¹ Schmidt und Rau, Erl. zu Bl. Freudenstadt S. 73.

² E. Kalkowsky, „Oolith und Stromatolith im norddeutschen Buntsandstein.“ Zeitschr. der deutsch. geol. Ges. Bd. 60. 1908. S. 68—125.

im gewöhnlichen mineralogischen Sinne Körner sind, vielmehr infolge ihres pflanzlichen Ursprungs eine besondere Struktur haben“ und die durch ein Zement fest untereinander verbunden sind. Von diesen Bildungen trennt er scharf die Stromatolithe, „welche Kalkmassen bezeichnen, die eine feine mehr oder minder ebene Lagenstruktur besitzen im Gegensatz zur zentrischen Struktur der Oolithkörner“. Der Hauptbestandteil aller dieser Bildungen ist Kalk in Form von Kalkspat, dann Dolomit und Eisenhydroxyde nebst weiteren Eisenverbindungen. Eingelagerter Quarz, Biotit und Ton nehmen am Aufbau mehr oder weniger Anteil und auch Feldspat, Muskovit, Granat, Turmalin etc. werden beobachtet. Die Ooide selbst bestehen fast ausschließlich aus Kalk, der in konzentrischen Lagen angeordnet ist und mit feinen Lagen von Ton abzuwechseln vermag. Sie kommen in den verschiedensten Gesteinen vor, so in den kalkigen Oolithen, in den sandig-mergeligen Oolithen, in feinkörnigen Sandsteinen und Mergeln und in den Stromatolith-Kalksteinen. Je nach Korngröße und Verschiedenheit der Ooide untereinander sowie der Beschaffenheit des Zements können die Oolithe in solche mit kalkigem und sandig-kalkigem Zement von grob-, fein-, gleich- oder ungleichkörnigem Ooidcharakter eingeteilt werden. Die wesentlichen Bestandteile der Stromatolithe sind dünne, mehr oder weniger plane Lagen kohlen-sauren Kalkes (Stromatoid). Auch hier sind feiner Ton und Sandkörnchen sowie jene oben genannten Minerale den Stromatoiden eingelagert und zementiert vorwiegend kristalliner Kalkspat die einzelnen Lagen, andererseits sind auch Ooide dem Stromatolith eingelagert. Dieser tritt im norddeutschen Buntsandstein stets in Verbindung mit Rogenstein auf und hat diesen ausnahmslos zum Liegenden, doch ist nicht mit jeder Oolithbank ein Stromatolithhorizont verknüpft. Sein Hauptverbreitungsgebiet liegt am Nordrande des Harzes und dort vorzugsweise bei Wienrode, ferner am Harlyberge bei Viennenburg und Asse bei Wolfenbüttel.

Die Rogensteine bestehen fast ausschließlich aus Kalk. Zwei aus der Gegend von Wolfenbüttel herstammende Rogensteinproben zeigten folgende Zusammensetzung:

	1.	2.
In Säuren unlöslich . . .	0,49	1,00
Tonerde und Eisen . . .	6,50	12,48
Kalk	93,08	86,06
	<hr/>	<hr/>
	100,07	99,54 ¹

¹ Vergl. Herzfeld, „Das Kalksteinmaterial der deutschen Zuckerfabriken.“ Zeitschrift für Rübenzuckerindustrie. 1896. S. 571 und Jahresber. Agr. Chem. Neue Folge. XIX. 1896. S. 139.

Verlassen wir nunmehr die stoffliche Beschaffenheit der Gesteine des unteren Buntsandsteins und wenden uns der Aufbereitung derselben zu.

Wenn man bedenkt, daß die Tone das Eudprodukt der Verwitterung feldspatführender Gesteine darstellen¹, so ist vor allen Dingen klar, daß keine weiteren chemischen Veränderungen durch die Verwitterung auf sie ausgeübt zu werden vermögen, die eine Zerlegung oder eine Neubildung bezw. Umsetzung von Gesteinskomponenten zur Folge haben könnten². Dasselbe gilt auch von der Kieselsäure als Quarz bezw. Sand, auch sie widersteht den Einflüssen der Verwitterung. Die vorwiegend weißen Glimmer, die Muskovite, die den tonigen Gesteinen unserer Formation aus gleicher Ursache, nämlich als Verwitterungsrückstände muskovitführender Gesteine, eingelagert sind, sind ebenfalls keiner weiteren chemischen Zersetzung fähig, oder nur in ganz geringem Maße. Mit anderen Worten, die Tone, Letten, Tonschiefer etc. unserer Formation bleiben in ihrer stofflichen Zusammensetzung, den Einflüssen der Verwitterung ausgesetzt, im wesentlichen unverändert. Nur dort, wo sie einen Gehalt an kalkigen, dolomitischen Einlagerungen aufweisen, findet eine mehr oder mindere Auswaschung dieser Bestandteile statt. Auch halten die locker gebundenen Eisenverbindungen den auswaschenden Einwirkungen nicht gänzlich stand. Da demnach die chemische Verwitterung an der Aufbereitung dieser Gesteine keinen wesentlichen Anteil hat, so üben fast lediglich physikalisch wirkende Kräfte einen ungehinderten Zerlegungsprozeß auf sie aus. Diese Kräfte äußern sich, wie stets, in einem mechanischen Zerfall des

¹ Ein Verwitterungsprozeß feldspatreicher Gesteine, der mit der Bildung von Laterit, eisenschüssigem Aluminiumhydrat, endet, findet unter gewöhnlichen Verhältnissen in unseren Breiten nicht statt. Vergl. hierzu: M. Bauer, Neues Jahrb. f. Mineralogie. 1898. II. S. 193 bezw. Ref. Jahresber. f. Agr. Chem. 3. Folge. VI. 1903. S. 27 und J. M. van Bemmelen, Beiträge zur Kenntnis der Verwitterungsprodukte der Silikate in Ton-, vulkanischen und Lateritböden. Zeitschr. f. anorgan. Chemie. Bd. 42. S. 302—304. W. Bruhns und H. Bücking, Beitrag zur Kenntnis der Laterite. Centralbl. f. Mineralogie etc. 1904. S. 471. H. Rosenbusch, Elemente der Gesteinslehre. S. 79. E. Rammann, Bodenkunde. 1905. S. 403. Milch, Grundlagen der Bodenkunde. S. 97. E. Weinschenk (l. c. S. 66) ist dagegen der Ansicht, daß die einfache Verwitterung in den Tropen nicht zur Bildung von Tonerdehydrat führt, „daß vielmehr Produkte von letzterer Zusammensetzung auf lokale, meist im Erdinnern vorhandene Ursachen zurückzuführen sind.“

² Vergl. P. Rohland, „Die Tone.“ Wien und Leipzig 1909. S. 1—12.

Materials, welcher in unserem Fall bei den schiefrigen Letten zunächst in einer Trennung des Gesteins nach seinen Schichtflächen besteht, um schließlich ein Haufwerk von zertrümmerten, schiefrigen, eckigen Bruchstücken mit scharfen Kanten zu hinterlassen, so daß der entstehende Boden einen grusigen Charakter trägt, was jedoch mit der Dauer des Vorgangs zu einer wenig plastischen Tonmasse führt. Die Bröckelschiefer zerfallen in unregelmäßige Bröckchen, sie zerbröckeln und gehen nur langsam in ebensolche Masse über.

Der Boden der lettigen, tonigen Lagen bildet daher meist einen recht schwer zu behandelnden, strengen, kalten Ton. Er ist schwer und bindig, neigt nicht nur zur Bildung von Naßgallen und Säuerung, sondern verursacht auch hier und dort Wasseranstauungen und damit nasse, quellige Stellen. Trocknet er infolge längerer Dürre aus, so wird er hart wie Stein und zerbricht, so daß er von tiefen Sprüngen durchsetzt ist¹. Infolge hiervon bedarf er einer recht energischen mechanischen Bearbeitung durch Egge, Pflug und Drainage. In der Regel besitzen die lettigen Schichten sanfte Böschungen, dort, wo jedoch ihre Gehänge sehr steil einfallen, vermag der Regen das zerbröckelnde Gestein leicht wegzuschaffen, die Vegetation geht hier fast ganz zurück und der Boden ist fast völlig steril². BEYSCHLAG³ kommt daher infolge der Beschaffenheit dieses Bodens zu dem Schluß: „Wo nicht durch fortgesetzte Mengung mit den abgeschwemmten Sanden der höheren Abteilung eine allmähliche Melioration stattgefunden hat, gehört der Bröckelschieferboden zu den unfruchtbarsten der Gegend.“

Einen Einblick in die Verhältnisse der Zusammensetzung von Schieferlettenböden, sowohl in mechanischer wie chemischer Hinsicht, gewähren uns einige Analysen, die von LUEDECKE⁴ ausgeführt wurden. Leider stellen diese Böden kein reines Material (in geologischer Beziehung) dar, vielmehr sind sie mit fremden Gesteinstrümmern verunreinigt. LUEDECKE bemerkt denn auch hierzu: „Die beiden Schlemmanalysen von Stellen, die ringsum vom Granit umgeben sind, zeigen einen Lettenboden mit hohem Feinerdegehalt

¹ Vergl. E. Küster, l. c. S. 249.

² Vergl. hierzu: Erl. zur geol. Spezialkarte von Preußen und den Thüringischen Staaten die Blätter Gera S. 5, Neustadt S. 12, Saalfeld S. 44, Langenburg S. 4, Rotenburg S. 5 und Themar S. 17. Bornemann, l. c. S. 33.

³ Beyschlag, Erl. zu Bl. Seifertshausen S. 8.

⁴ Luedecke, l. c. S. 158 und 159.

und viel feinsten Teilen, welcher jedoch durch beträchtliche Mengen größeren Sands des Granits und Buntsandsteins wesentlich gemildert ist. Der Tongehalt der mehr sandhaltigen Probe beträgt noch 5,2^o/₁₀. Die Wasserfassung steht über der vieler Granitböden, der Humusgehalt ist ein mittlerer¹.“

1. Mechanische Analysen.

No. 1. Schieferletten von Böllstein Fl. 1 im Odenwald vermengt mit Granitgrus, Ackerkrume aus einer Tiefe bis zu 15 cm.

No. 2. Schieferletten von Böllstein, östlich der Straße, Ackerkrume aus einer Tiefe bis zu 20 cm.

	Hundertstel des Fein- Gesamtbodens			Hundertstel des Feinbodens in mm						
	< 5 mm	5-2	< 2 mm	2-1	1-0,5	0,5-0,2	0,2-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	< 0,01
No. 1	—	—	93,3	8,9	8,0	8,8	6,0	7,8	18,5	41,7
No. 2	—	—	84,9	10,2	10,4	13,5	6,8	10,5	20,5	27,2
No. 2	Ton nach Hilgard			Wasserfassung		Glühverl.	Humus	Vol.-Gew.		
	5,2			Vol.- ^o / ₁₀		^o / ₁₀	nach			
				Max.	Min.		Grandeau			
				43	22	4,9	1,0	1,37		

2. Chemische Analyse (Nährstoffanalyse²).

Ackerkrume des Su; Böllstein, Fl. 1. bis zu 20 cm Tiefe vermengt mit Granit.

Ungelöst in 10 ^o / ₁₀ HCl:	86,05	} In Natron lösliche Si O ₂ nach der Behandlung mit HCl Si O ₂ 3,68 ^o / ₁₀ demnach Ges. Si O ₂ in lösl. Form 3,81 ^o / ₁₀ Ges. N. 0,17 ^o / ₁₀
löslich in 10 ^o / ₁₀ HCl: Si O ₂	0,13	
Al ₂ O ₃	1,75	
Fe ₂ O ₃	2,19	
Ca O	0,28	
Mg O	0,21	
K ₂ O	0,25	
Na ₂ O	0,05	
P ₂ O ₅	0,06	
S O ₃	0,03	
C O ₂	0,02	
H ₂ O	1,66	
Glühverl.	4,90	

Die Ergebnisse seiner chemischen Analyse faßt LUEDECKE mit folgenden Worten zusammen: „Kalk- und Magnesiumgehalt sind ge-

¹ Luedecke, l. c. S. 82.

² Luedecke, l. c. S. 172—173.

ring, Kohlensäure ist nur in Spuren vorhanden. Nach der Nährstoffbestimmung ist Kalk und Magnesia in etwas größerer Menge vorhanden, der Kaligehalt ist dagegen sehr gut; lösliche Tonerde und Kieselsäure sind nur in mäßiger, die Phosphorsäure in vollständig unzureichender Menge, Stickstoff dagegen mehr als ausreichend vorhanden. Die Absorption ist eine mittlere. Der Untergrund entspricht der Ackerkrume und macht systematische Drainierung wünschenswert; zu Wiese und Weide wären diese Böden vorzüglich geeignet, ebenso nach geschehener Entwässerung zu Acker¹.“ Wie wir sehen, zeigen diese von LUEDECKE beschriebenen Lettenböden, wenn auch keineswegs eine hervorragende, so doch nicht jene völlig ungeeignete Beschaffenheit, wie wir sie für gleichartige Bildungen im vorhergehenden Abschnitt unserer Betrachtungen über diesen Gegenstand erkannt haben (siehe Seite 443 u. a.). Der Grund hierfür ist in der vorteilhaften Melioration des Bodens mit eingelagertem Granitmaterial zu suchen, welches den tonigen Charakter des Bodens mildert. Diese günstige Bodenbeeinflussung tritt auch überall dort auf, wo tonige Partien mit sandigen Zwischenlagen im Gestein abwechseln und gemeinsam verwittern, oder wo auch durch Sandsteinmaterial, von oben her als Schutt, eine Melioration des Tonbodens stattfindet. Je günstiger das Verhältnis der Wechsellagerung im Gestein vorhanden ist, um ein so vorteilhafterer Boden geht aus ihm hervor. Böden dieser Art sind im Gebiete des unteren Buntsandsteins keineswegs seltene Erscheinungen. Sie leiten uns jedoch zur Betrachtung der aus dem reinen Sandstein hervorgehenden Bodenbildungen über. Bevor wir hierzu übergehen, mögen noch einige Angaben über den Kalk-, Magnesia- und Kohlensäuregehalt von Schieferlettenböden eingeschaltet sein, sie ergeben ebenfalls für diese Substanzen recht geringe Werte.

	Ackerkrume A	Untergrund U ₁	tieferer Untergrund U ₂
CaO	0,15 ‰	0,12 ‰	0,10 ‰
MgO	0,11 „	0,05 „	0,04 „
CO ₂	0,02 „	0,01 „	— ² .

Die Sandsteine erweisen sich der Verwitterung gegenüber als recht wenig widerstandsfähige Körper. Dieses Verhalten hat zum größten Teil seine Ursache in der Anordnung und Verbindung ihrer

¹ Luedecke, l. c. S. 82.

² Vergl. Luedecke, l. c. S. 164—165.

Mineralbestandteile untereinander, weniger wird es von dem stofflichen Aufbau des Gesteins beeinflusst. Der Hauptsache nach bestehen die Sandsteine unserer Abteilung, wie wir gesehen haben, aus Kieselsäure, welche in Gestalt einzelner Quarzkörner durch ein Bindemittel mehr oder weniger fest verkittet wird. Die Quarzkörner stellen den quantitativ vorherrschenden und wesentlichen Bestandteil des Sandsteins dar und sind von einheitlicher chemischer Zusammensetzung, nämlich Kieselsäure, soweit sie nicht, wie in einigen Ausbildungen innerhalb unserer Formation untergeordnet durch Feldspate ersetzt werden oder auch Glimmer an der Zusammensetzung des Gesteins Anteil nimmt. Das mineralische Bindemittel oder Zement ist dagegen von stofflicher Verschiedenheit, es bildet, da es nicht wie die Quarzkörner von den Verwitterungsagentien unangreifbar ist, das ausschlaggebende Moment für den Verlauf des chemischen Verwitterungsprozesses. Der Zerfall des Gesteins erfolgt infolge der Anordnung seiner Mineralbestandteile durch eine Auslaugung des Bindemittels, nachdem für einen solchen Vorgang physikalisch wirkende Kräfte das Gestein vorbereitet haben. Dieses besteht zunächst in einer Lockerung des Gefüges, verursacht durch die Wirkung der verschiedenen Ausdehnung der einzelnen Gesteinsgemengteile bei Temperaturschwankungen auf einander und gegen den ganzen Zusammenhang des Gesteins. Gleichzeitig wirken die Tagewässer von oben auf das Gestein ein und vermögen, falls ihnen in vorherbeschriebener Weise genügend vorgearbeitet worden ist, ungehindert in das Gestein einzudringen. Sodann unterstützt durch die Kraft des Frostes im Winter und in Gemeinschaft mit der lockernenden Tätigkeit der Pflanzenwurzeln im Sommer bringen alle diese Kräfte gemeinsam das Gestein zum zerbersten. Für eine solche Art des Angriffes ist der Sandstein der unteren Abteilung aber besonders günstig entwickelt, denn sein toniges oft mit kalkiger oder dolomitischer Beimengung versehenes Bindemittel vermag diesen Einflüssen nur wenig Widerstand entgegenzusetzen. Die Struktur des Gesteins erleichtert gewissermaßen auch noch diesen Verlauf, indem durch die Neigung des Gesteins zur Kluffbildung einerseits, sowie durch die lagenförmige Anordnung von sandigen und tonigen Teilen andererseits den atmosphärischen Agentien der Weg ihres Angriffes gezeigt wird. Der mechanischen Aufbereitung folgt, oder setzt schon gleichzeitig mit ihr ein, die chemische Verwitterung des Gesteins, sie ist bedingt durch Menge und Beschaffenheit des Bindemittels. Welcher Art das Bindemittel des näheren beschaffen

ist, ersehen wir aus dem in Salzsäure löslichen Anteil (siehe Seite 444) und erkennen es als einen vorwiegend eisenschüssigtonigen und zuweilen stark karbonathaltigen Körper. Die Gegenwart einer so großen Eisenmenge wie hier verrät zugleich ihre leichte Zersetzung.

Demnach löst die Verwitterung das Gestein zuerst in flache Lagen bzw. dünnplattige oder schiefrige, mürbe Bänke und später in Scherben auf, wobei gleichzeitig die Färbung des Gesteinsmaterials in leichtere Farbentöne übergeht. Und nun erst geht die zu Scherben und Schollen umgewandelte Sandsteinmasse mit der Zeit einer gänzlichen mechanischen Aufbereitung entgegen, die sich dann in nicht unbeträchtliche Tiefen des festen Gesteins fortsetzt. Den Vorgang der Verwitterung beschreibt A. v. KOENEN sehr anschaulich in folgender Weise: „Die Verwitterung beginnt mitunter mit einer Auslaugung des färbenden Eisenoxydes, immer aber damit, daß die Struktur deutlicher wird. Es wird dann der Sandstein schiefrig, löst sich in dünnen Platten ab, diese zerfallen in kleine mürbe Bruchstücke und endlich in feinen nur wenig tonigen Sand. Letzterer bedeckt das weniger zersetzte Gestein in der Regel derartig, daß nirgends ein Bruchstück von diesem sichtbar wird. Nur an etwas steilen Abhängen, wo fortwährend Boden durch Regengüsse fortgespült wird, und mehr Rainen, wo die Erde tiefer ausgehoben ist, kommen noch Gesteinsstücke zutage¹“.

Durch diesen Vorgang entsteht im allgemeinen aus den Sandsteinen der unteren Buntsandsteinformation ein ziemlich tiefgründiger, mit wenig groben Gesteinsstücken untermischter Boden von rötlicher, graubrauner, grauvioletter oder auch hellerer Farbe, der als ein lockerer, warmer lehmiger Sand von guter Mittelgüte zu bezeichnen ist. Seine lehmige Natur kann mehr oder minder hervortreten, je nachdem stärker tonführende Schichten oder auch Bänke an seine Bildung gleichzeitig tätig waren, so daß fast ein sandiger Lehm entstehen kann. Der reichliche Tongehalt erzeugt eine Bindigkeit, welche Sandböden der mittleren Abteilung niemals aufzuweisen haben. „Wo er steinfrei ist“, sagt H. BÜCKING, „hat er zuweilen eine solche lehmartige Beschaffenheit, daß er, zumal in den Waldungen, von dem Löß, besonders von dem entkalkten nicht scharf getrennt werden kann².“ Dort wo die Feldspäte, die sich meist schon im Zer-

¹ A. v. Koenen, Erl. zu Bl. Hersfeld S. 4.

² H. Bücking, Erl. zu Bl. Langensebold,

setzungsstadium im Gestein befinden, stärker auftreten, zeigt sein Boden einen recht hohen Kaligehalt und ist in dieser Hinsicht „nachschaffend“, wenn auch nur ein geringer Teil des Kalis direkt für die Pflanzen assimilierbar ist. Bei steiler Lage wird er flachgründig und auch steiniger und nimmt damit an Güte ab. Meist aber sind es die weißen Sandsteine, welche eine weit geringere Bodenqualität erzeugen, sie geben einen lockeren oft mehligem, trockenen Sand. Eine Beimengung von Kalk, die hier und da aus dem unterlagernden Gestein in den Boden gelangt, macht ihn wärmer und fruchtbarer, doch ist eine derartige Kalkanreicherung nur lagenweise zu beobachten¹. Vorwiegend stellt der Sandsteinverwitterungsboden der unteren Abteilung eine recht gute Bodenart dar, die in ihrer Ausbildung allerdings mannigfachen Schwankungen unterworfen ist, was in der stofflichen Natur ihres Muttergesteins nur allzusehr begründet ist². Andererseits wird aber der Boden mit dem Schutt der darüberfolgenden Buntsandsteinschichten meist sehr verunreinigt. Es liegt dann kein reiner unterer Buntsandsteinboden mehr vor und der Einfluß dieser Vermischung macht sich in unangenehmer Weise geltend, namentlich leidet der Boden in physikalischer Hinsicht bedeutend, indem seine Lockerung zu groß und sein sonst genügender Tongehalt allzusehr geschwächt wird. Da der Boden meist tiefgründig ist, so ist sich Unter- und Obergrund meist gleich. Folgt aber einer wenig mächtigen Bodenschicht direkt der Sandstein als Unterlage, was zuweilen durch die Lage der Schichten bedingt wird, so wird er sehr durchlässig.

Einen Einblick in den Gang der chemischen Verwitterung des unteren Buntsandsteins erhalten wir durch die ausführlichen Analysen OSWALD'S³, der sowohl Gestein wie Boden und zwar Untergrund und Ackerkrume mit verschieden starken Lösungsmitteln behandelte, so daß man aus den durch diese Behandlungsweise in Lösung gegangenen Stoffmengen auf die Angreifbarkeit des Gesteins, wie seiner Verwitterungsprodukte indirekt schließen kann.

¹ Vergl. hierzu den Karbonatgehalt der Sandsteine auf S. 440.

² Vergl. u. a. Erl. z. geol. Sp.-Karte von Preußen, die Blätter: Hersfeld, Friedewald, Stadt Ilm, Remda, Langenberg, Gera, Triptis, Ziegenrück, Gandersheim, Gelnhausen, Saalfeld. Erl. z. Bl. Heidelberg der bad. geol. Sp.-Karte sowie die Blätter der württembg. geol. Sp.-Karte Freudenstadt, Obertal—Kniebis und Luedecke, I. c. S. 82 u. 83.

³ A. Oswald, Chemische Untersuchung von Gesteinen und Bodenarten Niederhessens.

Fundort des Gesteins und Bodens.

No. 1. Asmushausen in
Niederhessen.No. 2. Ellingshausen in
Niederhessen.

	Gestein	Unter- grund	Acker- krume	Gestein	Unter- grund	Acker- krume
Glühverlust	2,750	3,005	2,806	2,160	5,208	8,406

Löslich in heißer Salzsäure:

SiO ₂	0,050	0,081	0,036	0,050	0,071	0,065
Fe ₂ O ₃	1,040	1,572	1,084	1,292	2,780	2,404
Al ₂ O ₃	1,435	2,328	1,836	1,324	2,503	2,296
Mn ₃ O ₄	0,576	—	—	0,297	—	—
CaCO ₃	0,733	0,578	0,485	0,482	1,441	0,712
MgCO ₃	0,304	0,550	0,364	0,684	0,428	0,381
P ₂ O ₅	0,090	0,048	0,050	0,110	0,053	0,080
SO ₃	0,030	0,023	0,020	0,042	0,042	0,032
K ₂ O	0,327	0,206	0,201	0,139	0,252	0,106
Na ₂ O	0,197	0,078	0,048	0,074	0,057	0,021
SiO ₂ löslich in Natron	2,540	3,182	2,240	1,680	3,395	3,711

Rückstand löslich in heißer

Schwefelsäure:

Fe ₂ O ₃	2,444	1,000	0,800	0,364	0,396	0,368
Al ₂ O ₃	3,386	4,402	2,482	2,169	2,404	2,847
CaO	0,280	0,067	0,162	0,110	0,134	0,126
MgO	0,180	0,180	0,210	0,155	0,115	0,140
K ₂ O	0,387	0,533	0,630	0,261	0,396	0,649
Na ₂ O	0,236	0,230	0,112	0,137	0,132	0,256
SiO ₂ löslich in Natron	4,916	6,312	3,765	2,213	3,411	4,285

Rückstand löslich in Flußsäure:

Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	3,608	3,120	2,991	4,200	3,479	3,358
MgO	1,000	0,823	0,945	1,340	1,245	1,118
CaO	0,601	0,640	0,519	0,765	0,775	0,730
K ₂ O	1,501	1,355	1,306	1,610	1,590	1,403
Na ₂ O	0,706	0,636	0,530	0,805	0,486	0,513
SiO ₂	71,191	69,026	74,813	76,018	69,002	65,938
	100,508	99,975	98,435	99,479	99,792	99,945

No. 3. Aue in Niederhessen.

No. 4. Frankenhain in
Niederhessen.

	Gestein	Unter- grund	Acker- krume	Gestein	Unter- grund	Acker- krume
Glühverlust	2,230	3,022	4,008	2,668	4,060	4,680

Löslich in heißer Salzsäure:

SiO ₂	0,040	0,062	0,051	0,102	0,068	0,092
Fe ₂ O ₃	1,041	1,782	1,664	1,566	2,724	2,248
Al ₂ O ₃	0,722	1,780	1,800	1,250	2,516	3,512
Mn ₃ O ₄	0,651	—	—	0,613	—	—
CaCO ₃	1,001	0,679	0,833	1,142	0,571	0,402
MgCO ₃	0,576	0,680	0,790	1,290	0,276	0,228
P ₂ O ₅	0,110	0,064	0,082	0,099	0,080	0,076
SO ₃	0,060	0,016	0,024	0,033	0,032	0,020
K ₂ O	0,162	0,106	0,252	0,085	0,172	0,176
Na ₂ O	0,088	0,019	0,042	0,040	0,039	0,056
SiO ₂ löslich in Natron	1,560	1,910	2,135	1,960	3,832	5,176

Rückstand löslich in heißer

Schwefelsäure:

	Gestein	Unter- grund	Acker- krume	Gestein	Unter- grund	Acker- krume
Fe ₂ O ₃	0,312	0,504	0,540	0,676	0,452	0,684
Al ₂ O ₃	3,473	3,196	2,803	3,738	2,968	4,076
Ca O	0,673	0,112	0,089	0,190	0,191	0,056
Mg O	0,080	0,086	0,079	0,165	0,079	0,057
K ₂ O	0,186	0,578	0,633	0,245	0,434	0,667
Na ₂ O	0,102	0,106	0,122	0,136	0,082	0,159
Si O ₂ löslich in Natron	3,786	4,010	3,820	5,064	5,221	5,164

Rückstand löslich in Schwefelsäure:

Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	5,354	3,626	4,716	4,553	3,985	3,573
Ca O	1,840	0,450	1,250	1,482	1,060	0,986
Mg O	1,370	0,642	0,801	1,062	1,124	0,966
K ₂ O	1,800	1,424	1,506	1,510	1,362	1,229
Na ₂ O	0,823	0,736	0,926	0,767	0,610	0,570
Si O ₂	72,604	75,036	70,422	70,278	68,044	65,588
	100,649	99,606	99,788	100,714	99,982	100,441

No. 5. Lindenau in Niederhessen.

	Gestein	Unter- grund	Acker- krume	Gestein	Acker- krume
Glühverlust	2,785	4,878	5,021	2,603	4,552

Löslich in heißer Salzsäure:

Si O ₂	0,061	0,120	0,066	0,057	0,096
Fe ₂ O ₃	1,565	2,206	1,544	1,092	2,265
Al ₂ O ₃	2,140	4,898	2,236	2,488	2,329
Mn ₃ O ₄	0,416	—	—	0,387	—
Ca C O ₃	0,446	0,845	0,373	1,504	0,555
Mg C O ₃	0,410	0,642	0,456	0,681	0,456
P ₂ O ₅	0,052	0,051	0,045	0,081	0,099
S O ₃	0,058	0,036	0,040	0,041	0,032
K ₂ O	0,108	0,252	0,277	0,105	0,226
Na ₂ O	0,090	0,084	0,084	0,059	0,041
Si O ₂ lösl. in Natron	3,095	6,030	3,627	3,661	4,521

Rückstand löslich in heißer Schwefelsäure:

Fe ₂ O ₃	0,728	0,684	0,576	1,196	0,432
Al ₂ O ₃	2,461	6,016	3,224	2,384	2,678
Ca O	0,150	0,201	0,406	0,251	0,201
Mg O	0,217	0,374	0,136	0,145	0,182
K ₂ O	0,303	0,749	0,598	0,341	0,636
Na ₂ O	0,198	0,174	0,202	0,215	0,096
Si O ₂ lösl. in Natron	3,988	10,280	5,062	3,381	3,926

No. 6. Richelsdorf in
Niederhessen.

	Gestein	Unter- grund	Acker- krume	Gestein	Acker- krume
Glühverlust	2,785	4,878	5,021	2,603	4,552

Rückstand löslich in Flußsäure:

	Gestein	Unter- grund	Acker- krume	Gestein	Acker- krume
$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$. . .	4,561	3,328	3,698	4,726	3,629
CaO	0,980	0,879	0,770	1,345	1,284
MgO	0,852	0,591	0,465	1,200	0,939
K_2O	1,506	1,044	1,290	1,532	0,960
Na_2O	0,906	0,847	1,152	0,843	0,769
SiO_2	72,230	54,480	68,144	70,549	69,018
	100,306	99,689	99,488	100,877	99,922

Die aus vorstehendem analytischen Material ableitbaren Schlüsse bezüglich der Verwitterung des Sandsteins der unteren Abteilung dürften im allgemeinen dahingehen, daß eine große Verschiedenheit zwischen Gestein und Verwitterungsboden eigentlich nicht besteht. Die chemische Verwitterung läßt die Kieselsäure und Tonerde in ihrem Bestande nahezu gleich bleiben, vermag sie also nur wenig anzugreifen, denn die Analysen für Kieselsäure ergeben meist den gleichen Gehalt sowohl für das Gestein wie für den Untergrund als auch für die Ackerkrume. Wenn man will, läßt sich auch wohl eine geringe Abnahme der Kieselsäure konstatieren, womit es im Einklang steht, daß sie in den Verwitterungsstufen, namentlich im Untergrund etwas leichter löslich wird. Für die Gesamt-Tonerde ist im allgemeinen gleiches Verhalten zu beobachten, doch scheint eine geringe relative Anreicherung derselben in den Verwitterungsprodukten, und hier vorwiegend im Untergrund, stattzufinden. Trotzdem läßt sich erkennen, daß auch sie mit der Dauer des Verwitterungsprozesses etwas leichter löslich wird.

Der größte Teil des Eisenoxyds ist schon im salzsauren Auszuge enthalten, was auf die leichte Löslichkeit dieses Stoffes hindeutet, dennoch erfährt der Gesamtgehalt keine Verminderung. Der Kalkgehalt nimmt ab, sowohl in seiner Menge als auch in seiner Löslichkeit, weil er teilweise ausgewaschen wird. Die Magnesia zeigt eine auffallend geringe Abnahme, was wahrscheinlich eine Folge ihrer schwer angreifbaren Bindung im Glimmer ist. Auch ihre gleichbleibende Löslichkeit läßt dieses vermuten, obgleich manchmal im salzsäurelöslichen Anteil eine Verminderung der Löslichkeit zu beobachten ist. Dieses aber zeigt, daß auch ein Teil aus dolomitischer Form leicht auswaschbar ist. Phosphorsäure und Schwefelsäure sind in leichtlöslicher Form vorhanden und werden daher mehr oder minder stark ausgelaugt. Das Kali zeigt ein eigentümliches Verhalten. Obgleich es in seinem schwefelsäurelöslichen Anteil ganz

deutlich allmählich löslicher wird, und auch, wenn auch nicht mit gleicher Schärfe der Salzsäureauszug dieses dartut, so bleibt der Gesamtgehalt des Kalis dennoch auf gleicher Höhe. Hierdurch wird andererseits der schwerlösliche (nur durch Flußsäure aufschließbare Teil) in seiner Menge verringert. Eine Auswaschung des Kalis findet also hiernach nicht statt. Ganz anderes Verhalten läßt sich aus dem Natron ersehen. Im Gesamtgehalt nimmt es, wenn auch nur gering, ab, seine Löslichkeit bleibt sich jedoch fast in allen Fällen gleich und dennoch dürfte auf eine gewisse Auswaschung dieses Stoffes zu schließen sein. Der Glühverlust nimmt ständig zu und kennzeichnet damit die Größe der Verwitterbarkeit, deren direkter Ausdruck er ist. Um die soeben auseinandergesetzten Beziehungen deutlich erkennen zu können, sei eine Zusammenstellung der Gesamtmengen der sowohl im Gestein als auch in den Verwitterungsprodukten enthaltenen Stoffe gegeben.

	No. 1. Asmushausen in Niederhessen.			No. 2. Ellingshausen in Niederhessen.		
	G.	U.	A.	G.	U.	A.
Si O ₂	78,697	78,601	80,854	80,961	75,879	73,999
Al ₂ O ₃	8,429	9,850	7,309	7,693	8,386	8,501
Fe ₂ O ₃	3,448	2,572	1,884	1,856	3,176	2,770
Ca C O ₃	0,733	0,578	0,485	0,482	1,441	0,712
Mg C O ₃	0,304	0,550	0,364	0,684	0,428	0,381
Ca O	1,280	0,890	1,107	1,450	1,379	1,244
Mg O	0,781	0,820	0,729	0,920	0,890	0,870
K ₂ O	2,215	2,094	2,137	2,010	2,238	2,158
Na ₂ O	1,139	0,944	0,690	1,016	0,675	0,790
P ₂ O ₅	0,090	0,048	0,050	0,110	0,053	0,080
S O ₃	0,030	0,023	0,020	0,042	0,042	0,032
Glühverlust	2,750	3,005	2,806	2,160	5,208	8,406

	No. 3. Aue in Niederhessen.			No. 4. Frankenhain in Niederhessen.		
	G.	U.	A.	G.	U.	A.
Si O ₂	77,990	81,018	76,428	77,404	77,165	76,020
Al ₂ O ₃	9,547	8,602	9,319	9,541	9,469	11,161
Fe ₂ O ₃	1,352	2,286	2,204	2,242	3,176	2,932
Ca C O ₃	1,001	0,679	0,835	1,142	0,571	0,402
Mg C O ₃	0,576	0,680	0,790	1,290	0,276	0,228
Ca O	2,513	0,562	1,339	1,672	1,251	1,042
Mg O	1,450	0,728	0,880	1,227	1,203	1,023
K ₂ O	2,148	2,008	2,391	1,840	1,968	2,072
Na ₂ O	1,013	0,861	1,090	0,943	0,731	0,785
P ₂ O ₅	0,110	0,064	0,082	0,099	0,080	0,078
S O ₃	0,060	0,016	0,024	0,033	0,032	0,020
Glühverlust	2,230	3,022	4,008	2,668	4,060	4,680

No. 5. Lindenau in Niederhessen.

	G.	U.	A.
SiO ₂	79,374	70,910	76,899
Al ₂ O ₃	9,162	14,242	9,158
Fe ₂ O ₃	2,293	2,890	2,120
CaCO ₃	0,446	0,845	0,373
MgCO ₃	0,410	0,642	0,456
CaO	1,130	1,080	1,176
MgO	1,069	0,965	0,601
Pr ₂ O	1,917	2,045	2,165
Na ₂ O	1,194	1,105	1,438
P ₂ O ₅	0,052	0,051	0,045
SO ₃	0,058	0,036	0,040
Glühverlust	2,785	4,878	5,021

No. 6. Richelsdorf in
Niederhessen.

	G.	A.
SiO ₂	77,648	77,561
Al ₂ O ₃	9,598	8,638
Fe ₂ O ₃	2,288	2,697
CaCO ₃	1,504	0,555
MgCO ₃	0,681	0,456
CaO	1,596	1,485
MgO	1,345	1,121
Pr ₂ O	1,978	1,822
Na ₂ O	1,117	0,906
P ₂ O ₅	0,081	0,099
SO ₃	0,041	0,032
Glühverlust	2,603	4,552

Gibt man sich die Mühe, den in Salzsäure löslichen Anteil mit dem in Schwefelsäure löslichen und den unlöslichen Rückstand wiederum mit diesen und dem Gesamtgehalt der Stoffe zu vergleichen, so treten jene oben ausgesprochenen Beziehungen hervor.

Wenden wir uns nun nochmals dem Boden des Sandsteins zu, indem wir für Charakterisierung seines physikalischen wie chemischen Bestandes eine Anzahl mechanischer und chemischer Analysen folgen lassen.

Zunächst sei der Analyse einer Ackerkrume des Tigersandsteinbodens von Forstel im Odenwald gedacht. Die Probe scheint nicht ganz reinen Ursprungs zu sein, sondern vielleicht mit Lehm vermischt, wir verdanken sie den Arbeiten LUEDECKES¹.

1. Mechanische Analysen.

Tigersandsteinboden, Forstel im Odenwald, Ackerkrume bis zu einer Tiefe von 15 cm.

Hundertstel des Gesamtbodens in mm		Hundertstel des Feinbodens in mm				Feinstes	Ton			
		Sand		Staub		S/S	⁵ / ₅ nach			
< 5	5-2	< 2	2-1	1-0,5	0,5-0,2	0,2-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	< 0,01	HILGARD
0,8	2,6	96,6	1,8	2,5	6,8	12,0	20,6	23,5	32,0	99,2 6,0
Wasserfassung		Glühverlust		Humus nach		Sp. Gew.				
Vol.-%		%		Grandeau						
Min.	Max.	%								
24	43	5,0		1,0		1,34				

¹ Vergl. Luedecke, l. c. S. 158—159.

2. Chemische Nährstoffanalyse¹.

Ungelöstes	86,28		
In HCl löslich:			
Si O ₂	0,14	K ₂ O	0,26
Natr.-Karbonat lösl. Si O ₂	3,76	Na ₂ O	0,06
Gesamt-Si O ₂	3,90	CO ₂	0,03
Al ₂ O ₃	0,80	P ₂ O ₅	0,07
Fe ₂ O ₃	2,27	SO ₃	0,06
Ca O	0,28	H ₂ O	1,50
Mg O	0,16	Glühverlust	5,00

Im Vergleich zur Nährstoffanalyse des Schieferlettenbodens (Seite 444) zeigt diese Bestimmung keine charakteristischen Unterschiede von jener. Es sei denn, daß die lösliche Tonerde dort überwiegt. Wohl aber fällt auch hier der hohe Kaligehalt des Bodens auf, während die Phosphorsäure in beiden Fällen als zu gering zu erachten ist. Die mechanische Analyse übertrifft mit 6 % Ton (nach HILGARD) den Tongehalt des Lettenschieferbodens, was in normaler einheitlicher Ausbildung als Produkt reinen Sandsteins wohl kaum vorkommen dürfte.

Auch noch einige weitere Bestimmungen von Bodenkonstituenten des unteren Buntsandsteinbodens, sowohl in der Ackerkrume (A.) wie im Untergrund (U.) finden sich ebenfalls bei LUEDECKE².

In % des Feinbodens:	Glühverlust	Humus	Kalk, Ca O	Magnesia, Mg O	CO ₂
A.	4,9	1,0	0,19	0,09	0,03
U.	2,6	0,2	0,05	0,06	0,002
A. } vermengt mit	4,8	0,7	1,42	0,16	0,87
U. } Lehm u. Löß	—	—	0,59	0,20	0,46

Gemeinsam mit der Nährstoffanalyse des Tigersandsteinbodens zeigen die Böden dieses Gesteins eine auffällige Armut an Karbonaten der Erdalkalien und lassen zugleich ihre Analysen erkennen, welche Bedeutung einer Melioration mit Lehm und Löß in dieser Hinsicht zukommt.

K. REGELMANN³ teilt ferner mechanische Analysen unteren Buntsandsteinbodens aus Württemberg mit:

1. Unterer Buntsandstein (Su) Eulengrund, Mittelal, Acker,

2. desgl. Breitmiß, Ellbach, Waldtrauf

und findet diese wie folgt zusammengesetzt:

	> 2 mm	2-1	1,0-0,5	0,5-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	unter 0,01 mm
No. 1	6,8	1,7	3,9	50,6	6,5	13,4	17,1
No. 2	14,8	5,7	9,9	55,2	5,1	2,9	6,4

¹ Desgl. S. 172 u. 173.

² Vergl. Luedecke, l. c. S. 164-165 und 83.

³ Vergl. K. Regelmann, Erl. z. Bl. Obertal-Kniebis S. 134.

Im Vergleich zu den Sandsteinböden des Odenwaldes (S. 453) geben diese Böden einen weit höheren Gehalt des Sandes von 1,0—0,1 mm Korngröße an, bleiben aber im Gehalt an Staub und feinsten Teilen weit hinter diesen zurück.

Ein umfangreiches analytisches Material niederhessischer Böden hat abermals OSWALD¹ in seiner wiederholt zitierten Arbeit über diesen Gegenstand niedergelegt. Es mag an dieser Stelle wiedergegeben sein.

Zusammensetzung des Gesamtbodens in Prozenten

No.	Steine über		Sand im Durchmesser von mm							Staub mm	Feinste Teile (Ton)
	3 mm	Kies 3-2 mm	2-1	1-0,5	0,5-0,3	0,3-0,2	0,2-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01		
1.	6,22	2,26	0,48	1,58	0,56	12,00	43,15	15,82	8,38	10,73	
2.	9,18	3,84	2,00	3,55	3,16	5,66	16,52	19,10	18,20	18,30	
3.	14,50	1,71	2,58	1,51	13,59	18,00	14,77	12,41	10,00	11,30	
4.	6,11	1,23	0,86	1,56	8,47	18,26	23,19	14,51	10,83	13,50	
5.	4,86	1,32	0,81	1,55	2,00	10,61	14,79	21,93	18,65	23,00	
6.	2,85	0,53	0,49	0,44	1,00	8,16	12,82	22,66	37,66	12,13	
7.	5,72	2,35	1,58	1,72	6,67	13,21	14,40	10,33	27,56	17,00	
8.	9,41	2,50	2,56	2,48	10,61	17,00	14,30	13,76	12,00	15,20	
9.	5,81	2,00	1,00	2,57	4,33	8,48	20,00	13,50	23,00	20,20	
10.	15,42	4,10	2,00	2,71	0,26	8,26	16,58	17,61	18,00	16,43	
11.	11,22	2,28	1,00	1,25	1,42	12,63	18,58	14,40	21,00	15,50	
12.	12,50	6,16	2,00	3,56	3,45	7,26	12,32	15,60	15,33	21,20	
13.	6,51	3,00	1,26	2,70	5,96	10,00	20,00	21,50	14,22	14,56	
14.	8,92	2,00	2,56	2,52	3,00	4,51	13,39	18,00	20,26	24,50	
15.	1,30	3,82	2,00	2,12	2,53	7,76	15,38	16,55	35,00	12,61	
16.	11,60	3,00	2,55	3,10	2,30	6,00	15,10	16,50	18,00	21,23	
17.	1,86	1,53	1,56	2,59	2,68	4,61	9,85	28,86	31,40	14,00	
18.	0,25	0,66	0,41	0,76	0,35	3,10	10,00	24,20	32,10	27,50	
19.	10,42	4,00	1,11	1,20	0,55	10,00	36,00	14,22	11,10	11,50	

Leider ist der Tabelle von OSWALD keine nähere Bezeichnung beigegeben worden, aus welcher ein Schluß auf die spezielle Herkunft der Böden ableitbar wäre. Die außerordentlich große prozentualische Verschiedenheit der einzelnen Korngrößen der Bodenproben läßt jedoch darauf schließen, daß sie den verschiedensten Ausbildungen des unteren Sandsteins entstammen. Mit Ausnahme einzelner Vorkommnisse läßt sich aber sagen, daß die Böden nicht reich an Stein und Kies sind, vielmehr reich an Feinboden (< 2 mm). Ihr Hauptanteil liegt erst unter 0,3 mm Korngröße, eine Erscheinung, die mit der Natur des Muttergesteins eng im Zusammenhang steht,

¹ Vergl. Oswald, l. c S. 35.

insofern sie den feinkörnigen Charakter desselben zum Ausdruck bringt. Mit den Ergebnissen der früheren mechanischen Analysen sind sie nicht ohne weiteres vergleichbar, da ihre Werte nicht in völlig gleicher Weise ermittelt wurden.

Über die chemische Zusammensetzung dieser Böden erhalten wir ebenfalls Auskunft von OSWALD. Seine diesbezüglichen Ermittlungen¹ sind in nachstehenden Tabellen zusammengestellt. Ob aber alle in dieser Tabelle angeführten Böden unvermengt mit Material anderer Böden und fremden Gesteins sind, dürfte fraglich erscheinen. Vielmehr ist anzunehmen, daß ein großer Teil nicht frei von fremden Bestandteilen ist, so weisen u. a. die mit hohem Kalkgehalt ausgestellten Böden direkt auf eine Vermengung mit fremdem Material hin².

Auch in diesen Tabellen bedeutet U. Untergrund und A. Ackerkrume.

Ort der Proben- entnahme:	Altenburschla		Dens		Dens		Birsch- hausen
	U.	A.	U.	A.	U.	A.	A.
Glühverlust .	3,762	5,206	6,427	5,602	3,066	3,602	4,551
Löslich in heißer Salzsäure:							
Si O ₂	0,080	0,110	0,056	0,106	0,110	0,092	0,092
Fe ₂ O ₃	1,886	2,500	3,216	3,304	1,222	1,200	1,042
Al ₂ O ₃	2,260	1,962	5,064	5,006	1,228	0,744	3,246
Ca C O ₃	3,555 ²	3,525 ³	0,873	0,583	0,846	0,430	0,405
Mg C O ₃	1,546	1,333	0,836	0,410	0,426	0,564	0,790
P ₂ O ₅	0,212	0,180	0,096	0,097	0,040	0,051	0,077
S O ₃	0,010	0,029	0,018	0,046	0,012	0,024	0,048
K ₂ O	0,302	0,403	0,252	0,378	0,220	0,176	0,188
Na ₂ O	0,063	0,084	0,059	0,066	0,042	0,063	0,040
Si O ₂ lösl. in Natron	3,235	2,640	7,710	6,572	1,830	1,030	3,750
Rückstand löslich in heißer Schwefelsäure:							
Fe ₂ O ₃	0,360	0,504	0,612	0,756	0,252	0,324	1,040
Al ₂ O ₃	3,540	3,376	4,808	5,544	1,398	1,176	4,602
Ca O	0,078	0,235	0,089	0,190	0,134	0,056	0,123
Mg O	0,072	0,158	0,136	0,216	0,072	0,036	0,116
K ₂ O	0,719	0,642	0,352	0,693	0,126	0,133	0,370
Na ₂ O	0,201	0,095	0,100	0,095	0,053	0,061	0,087
Si O ₂ lösl. in Natron	5,686	5,010	7,381	7,525	1,680	2,046	5,721

¹ Vergl. Oswald, l. c. S. 39—42.

² Vergl. M. Weiß, Beitrag zur Kenntnis des Verwitterungsbodens etc. Diss. Jena 1894. S. 42.

³ Der hohe Kalkgehalt ist wohl sicher fremden Ursprungs.

Rückstand löslich in Flußsäure:

Ort der Probe- entnahme	Altenburschla		Dens		Dens		Birsch- hausen	
	U.	A.	U.	A.	U.	A.	A.	
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	2,340	3,178	3,881	3,818	4,685	3,850	4,464	
Ca O	0,959	0,852	0,956	1,041	0,878	0,635	1,261	
Mg O	0,738	0,625	0,806	0,797	0,688	0,590	0,980	
K ₂ O	0,815	0,745	1,280	1,268	1,352	1,492	1,310	
Na ₂ O	0,638	0,811	0,862	0,830	1,296	1,122	1,020	
Si O ₂	66,123	65,691	54,317	55,113	78,861	80,121	63,346	
S/S	99,192	99,892	100,185	100,056	100,507	99,638	100,259 ¹	

Ort der Probe- entnahme:	Ellingshausen		Erkhausen				Eubach	
	U.	A.	U.	A.	U.	A.	U.	A.
Glühverlust . . .	5,218	6,202	5,060	6,822	2,608	3,091	8,020	7,626

Löslich in heißer Salzsäure:

Si O ₂	0,061	0,087	0,110	0,062	0,075	0,042	0,072	0,101
Fe ₂ O ₃	3,014	3,212	2,503	1,872	1,152	1,224	4,008	4,860
Al ₂ O ₃	3,656	2,584	4,111	3,848	1,348	1,878	4,806	4,042
Ca CO ₃	0,277	0,416	0,356	0,747	0,640	0,890	0,677	0,596
Mg CO ₃	0,228	0,532	0,532	0,680	0,561	0,702	0,496	0,334
P ₂ O ₅	0,077	0,102	0,046	0,064	0,045	0,046	0,056	0,067
S O ₃	0,033	0,035	0,019	0,025	0,025	0,032	0,036	0,026
K ₂ O	0,160	0,226	0,378	0,180	0,252	0,303	0,453	0,393
Na ₂ O	0,035	0,042	0,063	0,043	0,053	0,082	0,133	0,102
Si O ₂ lösl. in Natron	5,085	3,978	7,653	5,246	2,254	2,812	0,183	4,894

Rückstand löslich in heißer Schwefelsäure:

Fe ₂ O ₃	0,680	0,520	0,648	0,008	0,432	0,410	0,900	0,780
Al ₂ O ₃	3,666	2,802	6,552	6,615	2,488	2,395	9,262	4,698
Ca O	0,190	0,162	0,112	0,123	0,120	0,106	0,100	0,024
Mg O	0,136	0,126	0,072	0,136	0,054	0,079	0,331	0,103
K ₂ O	0,232	0,212	0,941	1,678	0,449	0,605	0,705	0,895
Na ₂ O	0,070	0,065	0,324	0,106	0,254	0,104	0,205	0,334
Si O ₂ lösl. in Natron	4,230	3,660	8,125	7,365	4,608	4,282	13,060	5,808

Rückstand löslich in Flußsäure:

Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ .	3,433	4,040	3,346	3,549	2,456	4,475	2,633	2,325
Ca O	1,186	1,092	1,155	1,276	1,125	1,050	1,192	1,376
Mg O	0,782	0,686	1,152	1,065	0,611	0,522	0,669	0,769
K ₂ O	1,006	1,247	0,830	0,796	1,064	1,520	0,677	0,882
Na ₂ O	0,875	1,029	0,505	0,847	0,800	1,278	0,608	0,408
Si O ₂	66,100	67,244	55,210	57,660	76,500	71,612	43,104	58,880
S/S	100,426	100,305	99,803	100,913	99,955	99,540	99,386	100,353

¹ Inkl. 1,590 Mn₃O₄.

Ort der Probe- entnahme:	Richelsdorf		Wolfterode	Wommen		Hartmut- sachsen		Dörn- hagen
	U.	A.	A.	U.	A.	A.	U.	A.
Glühverlust .	5,622	6,030	4,110	3,154	4,298	4,862	4,214	5,660
Löslich in heißer Salzsäure:								
Si O ₂	0,091	0,065	0,078	0,055	0,036	0,046	0,082	0,066
Fe ₂ O ₃	3,976	3,126	2,650	2,604	0,948	1,768	3,404	1,408
Al ₂ O ₃	4,235	3,965	3,520	3,101	1,572	2,572	3,208	1,152
Ca CO ₃	1,065	0,962	2,706 ¹	0,336	0,373	1,163	0,640	0,249
Mg CO ₃	0,314	0,342	3,622 ¹	0,395	0,304	0,155	0,630	0,486
P ₂ O ₅	0,081	0,078	0,092	0,043	0,008	0,082	0,034	0,062
S O ₃	0,052	0,058	0,059	0,052	0,016	0,052	0,012	0,025
K ₂ O	0,358	0,239	0,193	0,255	0,100	0,174	0,205	0,126
Na ₂ O	0,044	0,058	0,040	0,072	0,038	0,078	0,035	0,020
Si O ₂ lösl. in Natron	7,908	6,953	6,248	2,650	3,788	3,442	4,960	2,378
Rückstand löslich in heißer Schwefelsäure:								
Fe ₂ O ₃	0,720	1,444	1,404	0,366	0,288	1,444	0,396	0,432
Al ₂ O ₃	6,038	5,296	5,896	3,608	2,692	3,941	6,776	1,608
Ca O	0,123	0,123	0,081	0,123	0,134	0,104	0,168	0,100
Mg O	0,158	0,181	0,245	0,115	0,216	0,052	0,086	0,043
K ₂ O	0,882	0,591	0,512	0,341	0,232	0,388	0,333	0,189
Na ₂ O	0,160	0,126	0,160	0,090	0,080	0,176	0,143	0,053
Si O ₂ lösl. in Natron	7,682	6,079	7,198	5,221	4,086	5,633	9,332	3,085
Rückstand löslich in Flußsäure:								
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	3,821	3,731	2,672	4,906	4,715	4,484	3,968	4,168
Ca O	1,059	0,982	1,321	1,160	0,562	1,292	1,179	2,052
Mg O	0,751	0,661	1,242	0,755	0,550	1,818	0,908	1,365
K ₂ O	1,068	1,029	1,262	1,161	1,558	1,280	0,882	0,823
Na ₂ O	0,971	1,090	0,783	1,605	1,713	0,810	0,860	1,039
Si O ₂	52,708	57,566	53,520	67,839	71,472	63,213	57,803	74,023
S/S	100,668 ²	100,481	99,614	100,003	99,839	100,817 ³	100,264	100,612

Überblicken wir die analytischen Daten und zwar nur diejenigen für die Nährstoffanalyse, also den in Salzsäure löslichen Anteil, da dieser für die Kultur des Bodens der wichtigste ist, so dürfen wir sagen, daß hiernach die Sandsteinböden des unteren Buntsandsteins mit Kali, Kalk und Magnesia gut ausgestattet sind, dagegen mit Phosphorsäure nur mäßig bis gering, obgleich auch im einzelnen Fall, wie die Böden von Altenburschla zeigen, der Gehalt an Phosphorsäure als gut zu bezeichnen ist. Wieviel jedoch auf kulturelle

¹ Der hohe Kalkgehalt dürfte fremden Ursprung verraten.

² Inkl. 0,781 Mn₃O₄.

³ Inkl. 0,738 Mn₃O₄.

Einwirkung zu veranschlagen ist, läßt sich nicht sagen. Sowohl aus mechanischer wie chemischer Analyse läßt sich entnehmen, daß diese Böden agronomisch als lehmige Sandböden bis sandige Lehme anzusprechen sind.

Was die Verwitterung und Bodenbildung der in der unteren Abteilung des Buntsandsteins vorkommenden geröllführenden Zone bezw. Konglomeratbänke anbelangt, so spielen sich die diesbezüglichen Vorgänge völlig analog denjenigen der Sandsteinaufbereitung ab. Infolge der petrographischen Beschaffenheit des Gesteins zeigt der Boden solcher Lagen wohl eine Anreicherung von Gesteinen (Geröllen), und da sich genannte Bänke durch gröberes Korn auszuzeichnen pflegen, auch eine mehr grob-sandig-kiesige Ausbildung, doch im übrigen erweist er sich den Sandsteinböden völlig gleich.

Die Rogensteine zerfallen durch die Verwitterung zu einem grobkörnigen Kalksand, indem das die einzelnen Körner umhüllende und verbindende kalkig-dolomitische Bindematerial von den kohlen-säurehaltigen Wässern gelöst wird. Dieser Vorgang geht mit großer Leichtigkeit vonstatten und kennzeichnet sich zunächst dadurch, daß die Oberfläche des Gesteins ein löcheriges Aussehen erhält, so daß sich die einzelnen Rogensteinkörner aus dem mehr und mehr den Atmosphäriken anheimfallenden karbonatischen Gemengteil herausheben. Die konzentrisch angeordneten Körner verlieren dann mit der Zeit ebenfalls ihre Verbindung und lösen sich zu einem sandig-tonigen Gemenge auf, das einen mehr oder minderen Kalkgehalt führt, im allgemeinen aber nur als sehr gering zu betrachten sein dürfte¹. Die Hauptbedeutung kommt dem Rogenstein als Meliorationsmittel für die sonst kalkarmen Buntsandsteinböden zu. Mit den Oolithen teilen die Stromatolithe bei der Verwitterung gleiches Schicksal; sie verwittern zwar noch etwas leichter als die ersteren, doch ist für ihr Aufbereitungsprodukt wichtig, daß das Muttergestein noch weniger kalkfreie Gemengteile führt als die Kalkoolithe.

Überblicken wir die Böden des unteren Buntsandsteins nach ihrer Ausbildung, so finden wir vornehmlich zwei Hauptbodentypen entwickelt. Es sind dieses auf der einen Seite und zwar in der untersten Abteilung, Tonböden, auf der anderen Seite, in den oberen Lagen, dagegen lehmige Sandböden. Da die Tonböden, welche zuweilen eine derartig lehmige Beschaffenheit anzunehmen vermögen, daß sie vom Löß nicht zu unterscheiden sind², vom Schutt des

¹ Vergl. Erl. zu Bl. Sangerhausen S. 6.

² Vergl. H. Bücking, l. c. S. 177.

Sandsteins häufig überdeckt werden, so treten die eigentlich schweren Böden mehr zurück als zu erwarten wäre. Beide Hauptbodenarten weisen die mannigfaltigsten Übergänge ineinander auf, eigentlich sterile Sandböden kommen nur selten in der oberen Abteilung vor. So wechselnd nun die Bodenausbildung ist, so verschieden ist auch ihre kulturelle Ausnutzung. Während die Tonböden teils infolge ihrer ungünstigen Beschaffenheit einer forstwirtschaftlichen Bebauung nur wenig zugänglich sind, oder einen strengen, schwer zu bearbeitenden Boden liefern, werden sie, wie wir gesehen haben, durch Melioration mit sandigem Material oder durch natürliche Drainage äußerst geschickt zur Kultur der verschiedensten Gewächse.

Dann sind ihre sanften Böschungen und Abhänge meist mit Feldern und Wiesen bedeckt. Der lehmige Sandboden eignet sich im allgemeinen, namentlich in Einsenkungen und am Fuße von Abhängen gut für den landwirtschaftlichen Betrieb¹. Meist wird er nur dort zur Forstkultur¹ herangezogen, wo er steile Abhänge bildet. Da solche im Gebiete des unteren Buntsandsteins jedoch vorwiegend flach und sanft verlaufen und Täler im allgemeinen häufiger und breiter sind wie z. B. im mittleren Buntsandstein, so überwiegt die landwirtschaftliche Benutzung. Als Waldboden leistet er vortreffliche Dienste, nicht nur, daß Fichten, Kiefern und Tannen gut fortkommen, sondern auch Laubhölzer gedeihen bestens. Vor allen sind es Buchen, die in schönen Beständen die Berge bedecken, wogegen Eichen nur in geschützten Strichen, dann aber ebenfalls sich vorzüglich entwickeln. Nur die aus dem weißen Sandstein hervorgegangenen reinen Sandböden sind dagegen oft so schlecht, daß sie nicht einmal einen einigermaßen guten Kiefernboden abzugeben vermögen. Von den Feldfrüchten sind es Hackfrüchte jeder Art und unter diesen namentlich Kartoffeln, welche ausgezeichnet gedeihen. Roggen, Hafer, Flachs sowie Obstbäume geben gute Ernten und in den tiefen

¹ Vergl. zur Anbaufähigkeit der Böden: Erl. zur geol. Spezialkarte von Preußen etc. Blatt Ludwigseck S. 9; Gerstungen S. 9; Hersfeld S. 4; Vacha S. 7; Themar S. 12; Langenberg S. 4 und 12; Neustadt S. 12 und 17; Triptis S. 12; Saalfeld S. 44; Seifertshausen S. 8; Stadt Ilm S. 10; Remda S. 10; Friedewald S. 3; Gelnhausen S. 7 und 9 und Ziegenrück S. 32. Blatt Heidelberg der badischen Karte S. 51 und die Blätter Freudenstadt, Obertal—Kniebis und Simmersfeld der württembergischen Karte. Ferner Bücking l. c. S. 176 und 177. Küster l. c. Kap. 13 „Acker- und Wiesenbau auf dem Buntsandstein.“ F. Bornemann: „Die Bewirtschaftung der aus Schichten der Dyas und Trias entstandenen Verwitterungsböden des Thüringer Waldes.“ Festschrift zum 70. Geburtstag von Albert Orth. Berlin 1905.

Lagen ist ein trefflicher Wiesenboden vorhanden. Kleeartig wird der Boden, wenn auch nicht überall, so doch an manchen Orten. Zufuhr von Gips und Kalk wirkt auf den Boden vorzüglich ein, wie sich überhaupt eine rationelle Düngung mit natürlichen und künstlichen Düngern gut bezahlt macht.

Ein Beispiel, welches die Anbauverhältnisse innerhalb eines kleinen Bezirkes zahlenmäßig veranschaulicht, mag die bisherigen Mitteilungen vervollständigen. Es bezieht sich dieses auf die landwirtschaftlichen Verhältnisse des Blattes Wasungen, das etwa zur Hälfte dem unteren Buntsandstein angehört. In Prozenten der gesamten Bodennutzung bestand dort nachstehendes Anbauverhältnis:

Acker und Gartenland	45,2
Wiesen	15,5
Weiden und Hutungen	4,6
Forsten und Holzungen	30,6
Haus und Hofräume	0,5
Wegeland, Gewässer etc.	3,6 ¹

Vergleicht man die Zahlen mit denjenigen eines reinen mittleren Buntsandsteingebietes, wie dieses z. B. Blatt Salzungen zum Ausdruck bringt (vergl. Schlußteil dieser Arbeit im Jahresheft 1911), so erkennt man sofort die beträchtliche Beeinflussung des unteren Buntsandsteinbodens auf die Verschiebung des Verhältnisses von Ackerland zu Waldland zugunsten des ersteren.

Auf den besseren Böden des unteren Buntsandsteins gedeihen auch Gerste, Weizen, Erbsen, Wicken, Rotklee und Futterrüben. Nach WEISS wird in Sachsen-Meiningen auch großer Tabakbau betrieben, so soll in Altenbreitungen und Frauenbreitungen allein 10% der Ackerfläche mit Tabak bebaut sein (nach der Anbauerhebung von 1883).

Näheres erfahren wir ferner über die Anbauverhältnisse der Kulturpflanzen auf unterem Buntsandsteinboden durch nachstehende Statistik, die ebenfalls den Erhebungen des Herzogtums Sachsen-Meiningen vom Jahre 1883 entnommen ist. (Vergl. M. WEISS, l. c. S. 91.)

Ausgedrückt in Prozenten der Ackerfläche:

I.	W.- S.-Weizen	W.- S.-Roggen	Gerste	Hafer	Erbsen	Wicken		
Kaltenborn } b. Immelborn }	0,7	2,0	37,0	13,0	2,5	17,0	1,0	0,7
	Lupinen	Kartoffel	Futterrüben	Kohlrüben	Kohl	Klee		
	2,0	13,0	1,0	2,7	0,7	6,0		

¹ Vergl. M. Weiß: „Beitrag zur Kenntnis der Verwitterungsböden etc.“ Dissertation, Jena. 1894. Die Zahlen sind den Anbauerhebungen vom Sommer 1883 für das Herzogtum Sachsen-Meiningen entnommen.

II.	W.- S.-Weizen	W.- S.-Roggen	Gerste	Hafer	Erbsen	Wicken		
Nebelroda b. Immelborn	1,5	2,5	41,5	5,5	1,0	13,0	2,0	1,0
	Lupinen	Kartoffel	Futterrüben	Kohlrüben	Kohl	Klee		
	9,0	12,0	1,0	3,5	1,0	5,0		

Der mittlere Buntsandstein in seiner Beziehung zur Bodenbildung und zum Pflanzenwuchs.

Die Trennung des mittleren vom unteren Buntsandstein ist gewöhnlich recht schwierig durchführbar, da meist, bedingt durch den schnellen und häufigen Fazieswechsel, ein bestimmter Abschluß nach oben gar nicht oder nur unsicher vorhanden ist. Immerhin wird im südwestlichen und südlichen Deutschland eine schärfere Gliederung durch das Auftreten geröllführender Horizonte angebahnt, welche als scheidende Grenze aufgefaßt werden.

Da in den Vogesen, in der Haardt, im Schwarzwald, Odenwald und Spessart sowie in Franken in der Beschaffenheit des mittleren oder Hauptbuntsandsteins keine allzu großen Verschiedenheiten vorhanden sind, so ist im allgemeinen für dieses Verbreitungsgebiet, entsprechend der petrographischen Ausbildung der Schichten, eine Dreiteilung derselben aufzustellen.

Zu unterst eine Zone mürber und geröllführender Schichten von Sandsteinen, in der Mitte feste in Beziehung zur unteren Formationsabteilung grobkörnige und dickbankige Sandsteine mit vereinzelt Lettenschichten und zu oberst harte, teilweise verkieselte und wiederum geröllführende Sandsteine.

Die beiden geröllführenden Lagen sind jedoch in der Verteilung ihrer Gerölle durchaus nicht gleichartig. Während z. B. im Schwarzwald der untere Horizont, das Eck'sche Geröllniveau, das an Geröllen reichste ist, findet auf der linksrheinischen Seite, in den Vogesen und der Haardt, gerade das Gegenteil statt. Während im Odenwald in den höheren Lagen Gerölle häufig anzutreffen sind, kommt es in den unteren Lagen des Hauptbuntsandsteins überhaupt zu keiner eigentlichen Konglomeratbildung. Und in der Gegend des Mains treten schließlich die Gerölle gänzlich zurück.

Der Sandstein des unteren Geröllniveaus nun selbst ist ein mürbes, meist nur schwach verkittetes Gestein von mittel- bis grobkörniger Ausbildung, jedoch wechseln auch hier festere mit lockeren Schichten ab. Manchmal ist auch wohl der Zusammenhang der Gesteinsteile ein so loser, daß eher von einem Sande als Sandstein die Rede sein kann. Charakteristisch ist dem Gestein seine Diagonal-

schichtung. Seine Färbung ist vorwiegend eine rote.¹ Die Quarzkörner des Sandsteins zeigen meistens runde, abgerollte Formen, sind auch wohl mit sekundärer Kieselsäure überzogen und durch tonige Substanz verbunden. Von anderen Mineralen nehmen Feldspate, vorwiegend im zersetzten Zustande, sowie auch Glimmerblättchen an der Zusammensetzung des Gesteins untergeordneten Anteil. Die Gerölle von der Größe eines Hühnereies oder kleiner liegen zonar angeordnet in der Sandsteinmasse und gehören der Hauptsache nach dem Quarz an. Es sind weiße Quarzkiesel und rote Quarzite, seltener dagegen Lydite, Granit-, Gneis- und Porphyrgerölle. Rein tonige Partien treten als Zwischenschichten ebenfalls auf, wenn auch nicht mit großer Mächtigkeit und Häufigkeit¹.

Allmählich gehen die konglomeratischen Bänke in die eiförmigen mächtigen Sandsteinmassen des Hauptbuntsandsteins über. Zu unterst zeigen diese in manchen eingeschalteten Bänken einen auffallenden petrographischen Habitus, der darin besteht, daß das Gestein mit hellbraunen oder braunroten Flecken übersät erscheint und durch Auswitterung dieser an der Oberfläche das Aussehen eines löcherigen Gesteins erhält. Man nennt ein solches Sandgestein Pseudomorphosensandstein, da genannte Flecke von skalenoeidrisch ausgebildeten Kalkspatpseudomorphosen herrühren, die mit der Zeit durch sandiges Material verdrängt wurden. In den oberen Horizonten treten Sandsteinpartien mit sogen. Sandsteinkugeln (Kugelsandsteine) auf, deren Entstehung eng mit derjenigen der eben beschriebenen Gebilde zusammenhängt. Im übrigen besitzt der Hauptbuntsandstein den eintönigen Charakter einer mächtigen, wenig gegliederten Sandsteinmasse, die nur selten durch Lagen von Ton durchbrochen wird. Letztere zeigen häufig auf ihrer Oberfläche „Wellenfurchen“, Wülste und Leisten sowie sogen. „fossile Regentropfen“ und Kriechspuren von Tieren, oft ist aber auch der Tongehalt nur auf kleine Butzen oder ellipsoidische Einschlüsse beschränkt, man bezeichnet dann diese Vorkommnisse als „Tongallen“. Gerölle kommen nur spärlich vor und sind von keiner Bedeutung. Betrachten wir den Sandstein des mittleren Buntsandsteins ganz im allgemeinen, so können wir etwa folgendes Bild der petrographischen Ausbildung dieses Gesteins entwerfen.

¹ Vergl. u. a. Erl. zu Bl. Heidelberg S. 32 und Neckargemünd S. 18. Ferner Bl. Speyer S. 13, Zweibrücken S. 140. Bl. Freudenstadt S. 19. Benecke und Cohen l. c. S. 330. Benecke: Die Trias in Elsaß-Lothringen. Schalch l. c. S. 12. Bücking: Nordwestlicher Spessart, l. c. S. 178—180. Chelius: Geologischer Führer durch den Odenwald S. 6 und 7.

Die vorwiegend rosenrot, violettrot bis ziegelrot gefärbten, auch weißen Sandsteine des mittleren Buntsandsteins sind wie die übrigen Sandsteine der Formation ausgesprochen geschichtete Gesteinsbildungen, deren Schichtung unregelmäßig verläuft, so daß auch hier alle Formen derselben, wie Diagonalschichtung, Windschichtung bezw. diskordante Parallelstruktur, ihnen eigentümlich und wesentlich sind¹. Die Sandsteine sind meist mittel- bis feinkörnig, ohne jedoch nicht auch öfter grobes Korn zu zeigen. Die Korngröße der den Hauptbestandteil bildenden Quarze beträgt etwa 0,5 mm, doch wächst sie in manchen Schichten bis zu 1 mm Durchmesser an². Sie selbst sind vorwiegend abgerollt und gerundet, teils facettiert und wohl auch mit Kristallflächen versehen³. Daneben treten ganz untergeordnet Feldspatkörnchen, Glimmerblättchen oder Kaolinbröckchen auf. Umgeben werden die Quarzkörner mit einem dünnen Überzug von tonigem Roteisenerz oder einer Umhüllung von Kieselsäure⁴, welche letztere dem Gestein sein stark glitzerndes Äußere verleiht, indem sich solche sekundär auf die sonst runden Quarzkörnchen abgelagert und hierdurch submikroskopische Kristallfacetten von glänzender Oberfläche erzeugt hat.

„Jedes Quarzkörnchen hat sich durch diese auszuheilen und zu einem kristallisierten Individuum zu ergänzen bestrebt. Diese glitzernde Ausbildung ist hauptsächlich bei den porösen, bindemittelarmen Sandsteinen zu finden. Füllt das ergänzende Kieselsäurezement nach und nach alle Hohlräume aus, dann entstehen jene kompakten, äußerst widerstandsfähigen Bänke von verkieseltem Sandstein⁵.“ Die einfache Umhüllung der Quarze mit eisenschüssigen Tonverbindungen oder mit Kieselsäure kann für sich allein ausreichen, einen losen Verband der einzelnen Quarzindividuen herbeizuführen; stärker wird derselbe erst dann, wenn ein eigentliches Bindemittel,

¹ Vergl. Joh. Walter, „Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft.“ Teil III. S. 631. J. G. Bornemann, l. c. S. 37. H. Rosenbusch, Elemente der Gesteinslehre. S. 376. E. Weinschenk, Grundzüge der Gesteinskunde. Teil II. S. 219.

² Vergl. Leppla, l. c. S. 46. Lepsius, Zusammensetzung des bunten Sandsteins der Vogesen. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. Bd. 27. 1875. S. 90. Fraas, l. c. S. 45. Erläuterung zu Blatt Nörten d. geol. Spezial-Karte von Preußen. S. 6.

³ Vergl. Bischof, Lehrbuch der chem. u. phys. Geologie. II. Aufl. Bd. 3. S. 131. Benecke u. Cohen, l. c. p. 297.

⁴ Siehe auch Blatt Speyer und Blatt Peterstal—Reichenbach (Baden).

⁵ A. Sauer, Erläuterung zu Blatt Neckargemünd (Baden). S. 17.

ein Zement, hinzutritt, welches wiederum eisentönig oder kieselig sein kann, doch auch die mannigfaltigste Verschiedenheit in der stofflichen Ausbildung annimmt. Stets ist jedoch das für den unteren Buntsandstein so charakteristisch befundene tonige Bindemittel im mittleren Buntsandstein der Quantität nach weit geringer vorhanden. Jedoch zeichnen sich auch manche Sandsteine, wie die des Rheinlandes, durch ihre äußerst weiche und zerreibliche Beschaffenheit aus, so daß sie leicht zerfallen und einen Sand bilden, der von den angrenzenden Diluvialsanden recht schwer zu trennen ist¹. Desgleichen zeigen auch die „Formsande“ der Rehbergsschichten dieses Verhalten². Die typische Ausbildung des mittleren Buntsandsteins im südwestlichen Deutschland schildert LEPPLA mit folgenden Worten: „Der Hauptbuntsandstein zeigt im mittleren Haardtgebirge fast nur violettrote bis rosenrote, in den oberen Schichten mehr ziegelrote Färbungen, welche sich nur selten ändern und nur bei Pirmasens in der oberen Abteilung einem Wechsel von roten, gelben und weißen Tönen Platz machen. Braune und vereinzelt auch weiße Flecken unterbrechen dieses gleichmäßige Aussehen nur in der unteren Abteilung öfters. Mindestens ebenso beständig wie die Farbe bleibt das mäßige bis feine Korn des Sandsteins, welches allerdings die Feinheit des Kornes der tonigen Buntsandsteine der nächst älteren Stufe sowie des Voltziensandsteins nirgends erreicht. Die Korngröße im Hauptbuntsandstein mag etwa im Mittel 0,5 mm betragen, während sie bei den Sandsteinen des nächst älteren sowie des Voltziensandsteins selten über 0,2 mm hinausgeht. Die Quarzkörner tragen in der Regel Kristallflächen, glitzern stark und zeichnen sich durch diese scheinbar untergeordnete Eigenschaft von allen Sandsteinen der Rötelschieferstufe aus. Sie sind durch ein meist kieseliges und eisenreiches, aber quantitativ sehr untergeordnetes Bindemittel verkittet. In der oberen Abteilung tritt das Bindemittel im allgemeinen noch mehr zurück als in der unteren; der Zusammenhang ist ein so lockerer, daß die sehr dünn- und transversal geschichteten, an Wellenfurchen reichen Sandsteine sich zwischen den Fingern leicht zerreiben lassen. Die tiefere Hälfte dagegen setzt sich vorherrschend aus harten und fester gebundenen Sandsteinen zusammen, welche einen leicht zu bearbeitenden und viel verwendeten Baustein liefern. Außer dem Bindemittel wäre nur noch das untergeordnete Auftreten

¹ Vergl. Grebe, Die Blätter Laudascheid. S. 10; Schweich S. 12; Wadern S. 22 und Merzig der preuß. geol. Sp.-Karte.

² Vergl. Erläuterung zu Blatt Zweibrücken (Pfalz). S. 178.

von weißem Glimmer auf den Schichtflächen meist feinkörniger Zwischenlagen im Buntsandstein der unteren Abteilung erwähnenswert.“

„An der unteren Grenze des Hauptbuntsandsteins stellen sich zunächst mürbe, dunkelviolettrote und hellviolettrote Sandsteine ein, welche sich durch gröberes Korn und vereinzelte Geröllführung von den tonigen Sandsteinen der tieferen Schichten und durch runde, nicht glänzende Quarzkörner, etwas tonige Beschaffenheit und dunklere Färbung von den höheren Lagen des Hauptbuntsandsteins unterscheiden. Durch Anreicherung von Geröllen entstehen stellenweise in den darauffolgenden Schichten schwache Konglomeratbänke. Hinzufügen ließe sich vielleicht noch, daß im allgemeinen die untere Abteilung reicher an Kaolinpartikelchen zu sein scheint als die obere Abteilung“¹.

Folgen wir ferner der Beschreibung des mittleren Hauptbuntsandsteins, welche BÜCKING für diesen im nordwestlichen Spessart entwirft, so erhalten wir fast das nämliche Bild, wie nachstehendes Zitat erkennen läßt. „Der grobkörnige Sandstein setzt sich hauptsächlich aus abwechselnd fein- und grobkörnigen, teilweise recht kaolinreichen, teilweise auch tonarmen, bald leicht zerfallenden, bald durch kieseliges Bindemittel sehr festen Sandsteinen zusammen. Die feinkörnigen Bänke sind häufig quergeschiefert (diskordant parallelstruiert) und in der unteren Grenzzone durch schwache Lagen von Schieferton voneinander getrennt. Die groben Sandsteine bestehen vorwiegend aus gerundeten Körnern von Quarz und weißem kaolinisierten Feldspat; zuweilen enthalten sie auch Quarzkörner mit Kristallflächen, welche im Sonnenlichte lebhaft glitzern. Hin und wieder schließen sich einzelne bis erbsengroße, völlig abgerollte Körner von wasserhellem und milchweißem Quarz, sowie kleine Fragmente von teilweise in Kaolin umgewandeltem Feldspat ein. Glimmerblättchen treten nur sparsam auf. Tongallen sind, von der unteren Grenzzone abgesehen, im ganzen selten. Ebenso sind einzelne weiße, etwa 20 cm mächtige Bänke mit unregelmäßigen braunen Manganflecken, welche an die sogen. ‚Pseudomorphosensandsteine‘ des Schwarzwaldes und der Vogesen erinnern, auf die Gegend von Partenstein beschränkt. In den tieferen Lagen des mittleren Buntsandsteins herrschen braunrote bis kirschrote und violette (als Seltenheit auch lichte, hellrötliche) Farbertöne, während weiter nach oben allmählich lichtere,

¹ Leppia, Geognostische Jahreshfte 1888. S. 46. „Über den Buntsandstein im Haardtgebirge.“

zuletzt vorwiegend weiße Sandsteine sich einstellen. Im allgemeinen walten die feinkörnigen Sandsteine in den unteren Lagen vor¹."

Selbstverständlich ist es, daß in der Beschaffenheit des Gesteins nach dieser oder jener Richtung hin größere Verschiedenheiten obwalten, diese aber alle berücksichtigen zu wollen, hieße eine detaillierte geologisch-petrographische Beschreibung der Buntsandsteinformation zu geben und würde uns zu weit von unserer eigentlichen Aufgabe entfernen. Im wesentlichen geben die mitgeteilten, einzelnen lokalen Vorkommnissen entnommenen Beschreibungen ein Bild, das die Gesamtausbildung des Sandsteins unserer Abteilung vollkommen zu charakterisieren vermag. Es mag hier zwar noch an eine besonders abweichende Ausbildung erinnert werden, nämlich an einige Sandsteinvorkommnisse der Eifel, welche ein bleierzführendes Bindemittel („Knottenerz“) enthalten, doch haben diese Gesteine für uns keine weitere Bedeutung und sei dieses nur als Beispiel der großen Mannigfaltigkeit unserer Gesteinsform erwähnt. Um aber einen Einblick in die mikroskopische Anordnung der Gemengteile des Sandsteins zu erhalten, gebe ich hier eine derartige Beschreibung wieder, welche ich der Liebenswürdigkeit des Herrn Prof. Dr. W. SALOMONN in Heidelberg verdanke. Das Gestein ist der später näher zu beschreibende Sandstein vom „Harzofen“ bei Kaiserslautern in der Pfalz. „Bei Betrachtung mit einer 10fach vergrößernden Lupe erkennt man, daß die fast stets schon mit bloßem Auge unterscheidbaren Körnchen ziemlich lose nebeneinander liegen und nur unvollständig durch ein Zement verbunden sind. Das weitaus überwiegende Material ist Quarz. Daneben fallen aber einige besonders dunkle und nicht durchscheinende Körnchen, sowie weiße, trübe Körnchen auf. Die letzteren gehören zum Teil wohl noch dem Quarz an; ein anderer Teil von ihnen aber und die dunklen Körnchen unterscheiden sich deutlich von diesen.

„Mikroskopisch findet man diesem Befund entsprechend hauptsächlich Quarzkörner. Sie sind reich an Flüssigkeitseinschlüssen, die gerne die bekannte schnurförmige Anordnung im Schlicke zeigen, im Korn also nach bestimmten Ebenen angeordnet sind. Mitunter treten die Flüssigkeitseinschlüsse in so enormer Zahl auf, daß die Körner selbst im Schlicke trübe erscheinen. Dagegen enthält der Quarz nicht selten lang-nadelförmige, äußerst dünne und daher nicht bestimmbar Kriställchen, wie sie in den Quarzen der granitischen Gesteine oft auftreten. Sehr selten umschließt er kleine Zirkone, sowie abweichend

¹ H. Bücking, Abh. der Kgl. preuß. geol. Landesanstalt. Neue Folge Heft 12. „Der nordwestliche Spessart.“ S. 179.

geformte Kriställchen, deren Bestimmung ein größeres Material erfordern würde. Einmal sah ich einen anatasähnlichen Kristall darin. Außer dem Quarz treten Körner von unregelmäßig verzahnten Quarzaggregaten auf, von denen ich es dahingestellt sein lasse, ob sie von Quarziten oder von Quarzgängen abstammen. In vielleicht noch größerer Zahl als diese zweite Kategorie finden sich graue, vollständig trübe Körner von unbekannter Herkunft. In einigen Fällen ist die Trübung aber nicht so vollständig, und dann kann man nachweisen, daß sie nicht von Flüssigkeitseinschlüssen herrührt, sondern von winzig kleinen Schüppchen oder Körnchen. Ein Teil von ihnen gehört sicher zum Feldspat und bei dem gänzlichen Fehlen von Zwillinglamellierung und dem nachfolgenden Analysenbefunde (siehe S. 486) jedenfalls fast ganz und gar, wenn nicht vollständig, zum Orthoklas. Tatsächlich ist denn auch das optische Verhalten dieser Körner dementsprechend. Sie haben geringe Licht- und Doppelbrechung und sind optisch zweiachsig. Andere getrübe Körner haben aber überhaupt keine einheitliche optische Orientierung, sondern sind innig verzahnte Aggregate. Bei ihnen war es mir ohne Untersuchung eines sehr viel größeren Materials nicht möglich, festzustellen, welche Herkunft sie haben. Ein Teil hat den Habitus bestimmter schwer auflösbarer Porphygrundmassen, ein anderer könnte zu Sericitschiefern gehören, vielleicht sind beide Gesteinsarten nebeneinander vertreten.

„Seltener sind dunkle opake Körner von Eisenerz. Ich glaube Magnetit und Pyrit erkannt zu haben. Auch Zirkon und Turmalin treten in vereinzelt größeren, abgerollten Körnern auf.

„Das nur spärliche Zement besteht aus bräunlichen, gelblichen, auch rötlichen trüben, mikroskopisch nicht auflösbaren Massen, die ohne jede selbständige Form zwischen den größeren Körnchen liegen. Es dürfte nach dem folgenden Analysenbefunde (s. S. 486) wohl aus Gemengen von Kaolin und Hämatit bzw. Limonit bestehen.

„Karbonate, Apatit und Glimmer habe ich mikroskopisch nicht nachweisen können, obwohl ja Apatit, wie aus der zweiten Analyse (s. S. 486) hervorgeht, sicher vorhanden ist. Mit den langen Nadelchen der Quarze hat er schwerlich etwas zu tun. Manganerze könnten in kleinen Mengen vorhanden sein, doch läßt sich darüber nichts Sicheres sagen“¹.

¹ Briefliche Mitteilung von Herrn Prof. Dr. W. Salomonn, Heidelberg. Vergl. Blanck, Zur Kenntnis der Böden des mittleren Buntsandsteins. Landw. Vers.-Stationen. Bd. 65. S. 178 u. 179.

Unmittelbar über dem Kugelsandstein treten abermals geröllführende Schichten auf, die im Odenwald und seinen Nachbargebieten als das Hauptkonglomerat bezeichnet werden. Der Sandstein dieser Lagen ist grobkörniger und ungemein fest, da seine Gesteinsgemengteile sekundär verkieselt worden sind. Je nach dem Grade der Verkieselung ist ihre Härte verschieden, so daß auch Schichten vorkommen, die in der Härte den geröllfreien Sandsteinen gleichen. Ja, im Schwarzwald tritt das kieselige Zement mancherorts so stark zurück, daß sich die Gerölle direkt berühren und dadurch die ganze Bildung „so locker wird wie bei einer jungen fluviatilen Aufschüttung“¹. Diese festen verkieselten Sandsteine sind es namentlich, welche infolge ihrer Widerstandsfähigkeit die Veranlassung zur Bildung der berühmten Felsenmeere in Buntsandsteingebieten geben. Ein Gehalt an tonigen oder kaolinartigen Bestandteilen ist manchmal in gleicher Weise als im Gestein des mittleren Hauptbuntsandsteins zugegen, Glimmer dagegen fehlt fast ganz. Die Gerölle dieser Zone sind kleiner als die der unteren Konglomerate und bestehen fast ausschließlich aus weißen Quarzen und dunklen Quarziten².

Noch weit schwieriger wie bisher gestaltet sich eine Trennung des unteren vom mittleren Buntsandstein in den nördlich und nordöstlich gelegenen Verbreitungsgebieten des kontinentalen Buntsandsteins. Denn die im südlichen und südwestlichen Deutschland kennen gelernten, immerhin eine Grenze bildenden konglomerat- oder geröllführenden Bänke, die auch in der Eifel und am stärksten im Gebiet der Saar und Mosel, wie überhaupt auf der ganzen linken Rheinseite stark ausgeprägt sind, kommen nördlich vom Main fast gar nicht mehr vor³. Nur am südlichen Thüringer Wald wie im östlichen Thüringen sowie in Waldeck treten geröllführende Lagen nochmals auf, deren Bedeutung jedoch nur eine lokale ist⁴. Infolge des Fehlens

¹ Vergl. A. Sauer, Erl. z. Bl. Triberg (Baden). S. 29.

² Vergl. Erl. z. Bl. Freudenstadt S. 22; Neckargemünd S. 22; Epfenbach S. 8; Heidelberg S. 34; Speyer a. Rh. S. 15; Zweibrücken S. 142; ferner Chelius, Geol. Führer durch den Odenwald. S. 8; Benecke u. Cohen, l. c.

³ Vergl. Benecke u. Cohen, l. c. S. 331. Küster, l. c. S. 192 und Chelius, Geologischer Führer durch den Vogelsberg. S. 46.

⁴ Vergl. E. E. Schmidt, Jahrb. d. Kgl. preuß. geol. Landesanst. 1881; Alberti, Beiträge zur Monographie des bunten Sandsteins. S. 184; Bornemann, l. c. p. 40; Pröschhold, Über die Gliederung des Buntsandsteins am Westrande des Thüringer Waldes. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. Bd. 39. S. 356; Liebe, Über den Schichtenaufbau Ost-Thüringens. Abh. zur geol. Sp.-Karte von Preußen. 1884. S. 60 und Erl. z. Bl. Neustadt a. d. Orla. S. 18.

einer solchen natürlichen Grenze hat man sich zu helfen gesucht, indem man in diesen Gebieten die feinkörnigen Sandsteine dem unteren, die gröberen Sandsteine dagegen dem mittleren Buntsandstein hinzurechnet. Doch bleibt eine solche Grenzlegung selbstverständlich immer eine mehr oder minder willkürliche¹.

So unsicher also die Abtrennung des mittleren vom unteren Buntsandstein in diesen Gebieten ist, so schwierig ist auch im allgemeinen eine weitere Gliederung innerhalb des ersteren für diese. Da ein allzu detailliertes Eingehen auf diesen Gegenstand für unsere bodenkundlichen Zwecke keine Veranlassung bietet, vielmehr ermüden würde, so können wir von den speziellen Ausbildungen absehen und wollen nur ganz allgemein den petrographischen Habitus des mittleren Buntsandsteins dieser Gebietsteile erläutern und nur dort eine Beschreibung der lokalen Entwicklung einschalten, wo dieses zur besseren Beurteilung notwendig erscheint. Das Aussehen und die Beschaffenheit der Sandsteine in ihren verschiedenen Abstufungen bleibt auch hier wie im südlichen Verbreitungsgebiet im großen und ganzen das gleiche, vielleicht ist jedoch die Einförmigkeit in der Ausbildung hier im allgemeinen noch auffallender wie dort. Doch wechseln auch hier grobkörnige mit feinkörnigen, harte mit weichen und losen Sandsteinen ab. Die Größe der einzelnen Quarze nimmt im allgemeinen vom S nach W hin ab, wie dieses ja überhaupt für den ganzen Buntsandstein gilt². Sonst gleicht er auch jenen in Korn und Farbe, doch walten recht häufig braunrote Farbentöne vor, weiße Färbung tritt in manchen Gegenden stark in den Vordergrund, um wiederum in anderen Lagen und Gebieten gänzlich zu fehlen³. Der Hauptsache nach dürfte das Bindemittel der Sandsteine der einzig wesentliche Faktor sein, der die eintönige Ausbildung dieser großen Sandsteinmassen etwas modifiziert, indem er es ist, der Sandsteine von wechselndem Charakter und Beschaffenheit schafft. Er tritt auch hier⁴ in kieselig, kieselig-toniger, manganhaltiger, eisenschüssiger, kalkiger und besonders nach der

¹ Vergl. Chelius, Führer Vogelsberg. S. 46; Bornemann, l. c. S. 40 und Erläuterung zur geol. Sp.-Karte von Preußen: Blatt Witzenhausen, S. 18; Sondershausen, S. 3; Gerstungen, S. 9; Großalmerode, S. 8; Gerode, S. 3 etc.

² Vergl. v. Koenen, Über Buntsandstein des Solling. Jahrb. d. Kgl. preuß. geol. Landesanst. 1902. XXIII. S. 612.

³ Vergl. Erl. zu Bl. Fridewald, Wasungen, Sondershausen, Schillingstedt, Nörten, Lindau und Göttingen.

⁴ Vergl. Erl. zu Bl. Ludwigseck S. 9; Langenburg S. 12; Roda S. 5; Sondershausen S. 2; Göttingen S. 11; Ermschweida S. 11.

Grenze zum Röt hin in dolomitischer Form auf, trägt manchmal bei letzterer Ausbildung einen an die Rogensteinbildung erinnernden Charakter und kann auch schließlich mehr oder weniger ganz fehlen und dann zuweilen durch Lagen von Ton vertreten werden. Schiefer-tone und Mergel wechseln mancherorts mit den Sandsteinen im Aufbau ab und genießen gleichfalls eine mehr oder minder starke Verbreitung und Mächtigkeit (z. B. Thüringen). BÜCKING beschreibt den mittleren Buntsandstein auf Blatt Gelnhausen als einen in der Regel braunroten oder auch weißen, grobkörnigen und feinkörnigen, z. T. auch konglomeratischen Sandstein, der teilweise einen großen Reichtum an Tongallen aufweist und auch eine Lage von rotem Schiefer-ton besitzt. „Die Hauptmasse der unteren Stufe des mittleren Bunt-sandsteins, der vorherrschend grobkörnige Sandstein, setzt sich aus abwechselnden fein- und grobkörnigen, auch ungleichkörnigen, teil-weise recht kaolinreichen, teilweise auch kaolinar-men, bald leicht zerfallenden, bald durch kieseliges Bindemittel sehr festen Sand-steinen zusammen. Die groben Sandsteine bestehen bald aus wohl-gerundeten Körnern von Quarz und weißem kaolinisierten Feldspat, bald enthalten sie, häufig in ein kieseliges Bindemittel eingebettet, Quarzkörner mit Kristallflächen, welche im Sonnenlichte lebhaft glitzern. Hin und wieder schließen sie auch einzelne bis erbsen-große Körner von wasserhellem oder milchweißem Quarz, seltener solche von Feldspat ein. Glimmerblättchen treten nur sparsam auf. Auch Tongallen sind, von der unteren Grenzzone abgesehen, im ganzen selten.

„In den tieferen Lagen herrschen braunrote und kirschrote bis violette Farbentöne, während weiter nach oben lichtere, zuletzt vor-wiegend weiße Sandsteine auftreten. Im allgemeinen walten die feinkörnigen Sandsteine in den unteren Lagen vor. Es ist deshalb da, wo die konglomeratischen Bänke an der unteren Grenze durch Gehängeschutt verdeckt sind oder vielleicht ganz fehlen, nicht mög-lich, eine scharfe Grenze gegen den unteren Buntsandstein zu ziehen.

„Die mittlere Stufe des mittleren Buntsandsteins, der kong-lomeratische Sandstein, wird gebildet von heller gefärbten fein- und grobkörnigen, oft konglomeratisch entwickelten Bänken, in welchen Gerölle von Quarz und auch von Quarzit und Kieselschiefern bis zu Faustgröße nicht selten sind. Besonders an der Basis dieser Zone finden sich ziemlich regelmäßig Konglomerate, welche große Neigung zur Bildung von zusammenhängenden Felsmassen besitzen und durch einen oft 20 m hohen, steil ansteigenden Absatz topographisch ge-

kennzeichnet sind. Oft ist die Ähnlichkeit dieser Bänke mit dem in demselben geologischen Niveau gelegenen Hauptkonglomerat der Vogesen eine sehr große. An anderen Stellen können die Gerölle spärlicher auftreten, die Mächtigkeit der Grenzkonglomerate kann eine geringere sein, und es zerfallen auch wohl, indem das Bindemittel ganz zurücktritt, die Konglomerate zu grobem Kies, der sich weithin über die Abhänge verbreitet.

„Über den eben erwähnten, ein tieferes Niveau einnehmenden Konglomeratbänken folgen feine bis mittelkörnige, weiße und gelblichweiße, auch braungetigerte Sandsteine mit vereinzelt größeren Quarzgeröllen, im allgemeinen ohne Tongallen und nur spärlich etwas hellen Glimmer auf den Schichtflächen führend. Sie besitzen eine beträchtliche Festigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Verwitterung und treten in mächtigen Quadern abgesondert auf.

„Als oberste Stufe des mittleren Buntsandsteins erscheint der wenig mächtige, sogenannte „Chirotheriensandstein“, ein dünnplattiger, feinkörniger brauner oder rötlicher Sandstein¹.“

Es treten in dieser Beschreibung unverkennbar große Ähnlichkeiten zwischen den Sandsteinen der südlichen und nördlichen Verbreitzone auf. Auch die Konglomerate, die nördlich des Mains an Bedeutung verlieren, sehen wir als integrierende Bestandteile der Sandsteine hier wieder deutlich hervortreten, obgleich sich ihre Bedeutung als stratigraphischer Horizont vermindert hat. Auf den eigentlichen Chirotheriensandstein werden wir später noch ausführlicher zurückzukommen haben, da er bezüglich seiner stratigraphischen Zugehörigkeit verschieden aufgefaßt wird, unzweifelhaft werden jedoch mit seinem Namen meist Grenzsichten gegen den Röt bezeichnet, so daß dadurch die Auffassung seiner Zugehörigkeit zu beiden Hauptabteilungen unserer Formation gegeben ist.

Folgen wir einer weiteren Darstellung von KOENEN'S und G. MÜLLER'S der Sandsteine auf Blatt Nörten, so erhalten wir nachstehendes Bild derselben, wobei jedoch zu bemerken ist, daß die dargelegte Ausbildung nur wiederum eine der vielen, sich jedoch nahestehenden Formen ist. „Die Quarzkörner der Sandsteine sind meist abgerundet und etwa 0,1—0,5 mm dick, haben aber in manchen Schichten auch bis zu 1 mm Durchmesser, außerdem enthalten die Sandsteine durchweg kleine weiße Kaolinkörnchen und kleine Glimmerblättchen, letztere oft in dünnen Lagen angeordnet,

¹ H. Bücking, Erl. zu Bl. Gelnhausen. S. 10 u. 11.

so daß sie eine Spaltbarkeit des Sandsteins bedingen Der Sandstein hat zum Teil ein kieselig-toniges Bindemittel, ist aber meist nicht sonderlich fest, z. T. aber auch ein dolomitisches, welches dann oft in größeren oder kleineren rundlichen Knollen angehäuft ist¹.“ Sehr anschaulich beschreibt derselbe Autor (v. KOENEN) die sogenannte „Bausandsteinzone“, die in der Rhön, in Kurhessen, im südlichen Hannover und Braunschweig eine 40—50 m mächtige Schichtenfolge im obersten Anteil des mittleren Buntsandsteins bildet, den „Reibsandstein“ Emmerichs, den „Chirotheriumsandstein“ der Thüringer Geologen in sich einschließt. Wir folgen seinen Aufzeichnungen, um eine andere etwas abweichendere Ausbildung kennen zu lernen, die jedoch im großen und ganzen wieder dasselbe eintönige Bild des Sandsteins, abgesehen von einigen besonderen Unterschieden liefert. „Die Gesteine der Bausandsteinzone sind nun, ebenso wie die des ganzen sonstigen Buntsandsteins, in verschiedenen Gegenden sehr verschieden entwickelt, sowohl in der Gestalt und Größe ihrer Körner, als auch in dem Bindemittel und endlich in der Struktur der Gesteine und deren Farbe.“

„Helle, gelbliche bis graue Sandsteine sind in der Gegend von Marburg, am Lichtkuppel, an den Wehrdauer Steinbrüchen etc., südlich und nördlich von Kassel, bei Münden etc. verbreitet, dürften ihre helle Farbe aber größtenteils einer Auslaugung von Eisenoxyd verdanken. Ist doch oft in ganz geringer Entfernung der Sandstein noch rot an solchen Stellen, wo er von Röt bedeckt ist, oder wo Röt noch in der Nähe vorhanden ist. Immerhin kommen gelegentlich zwischen roten Bänken auch hellere vor. Häufig findet sich eine diskordante Parallelstruktur in den dickeren Bänken, doch kann sie auch ganz fehlen und auch wohl durch eine ebenschichtige oder selbst dünnplattige Absonderung ersetzt werden, zumal wenn Lager parallel-liegender Glimmerblättchen auftreten, die dann eine Spaltbarkeit des Sandsteins bedingen, wie bei den sogenannten Sollingplatten. Zuweilen ist der Glimmergehalt dünner Schichten so groß, daß sie fast wie Glimmerschiefer aussehen und auch wohl eine gewisse Biegsamkeit erlangen, ähnlich, wenn auch weit schwächer, wie der Itacolumit. Mitunter sind die Glimmerblättchen aber nicht parallel, sondern unregelmäßig im Gestein zerstreut, und häufig fehlen sie ganz oder fast ganz In der Gegend von Göttingen und im südlichen Solling, bis in die Gegend von Markoldendorf

¹ v. Koenen und G. Müller, Erl. zu Bl. Nörten S. 6.

und Dassel, kann man auch noch einzelne ziemlich grobkörnige Lagen im Buntsandstein beobachten, während etwas weiter nördlich, in der Umgebung von Vorwohle-Stadtoldendorf GRUPE solche nicht mehr fand.

„Das Bindemittel ist nicht selten kieselig zumal in der Gegend von Marburg und Münden, wo poröse, kieselige Sandsteine gute Mühlsteine liefern, an der Stoffelskuppe bei Neukirchen südlich von Hersfeld, wo gewaltige Quadern gewonnen werden, während in geringer Entfernung von diesen Stellen der Sandstein ziemlich mürbe oder selbst zerreiblich wird, aber auch wohl ein knollig verteiltes, dolomitisches Bindemittel besitzt, wie bei Rheinhausen etc. in der Gegend von Göttingen. . . .

„Besonders fest sind wohl oft gerade die untersten Bänke der Bausandsteinzone, an deren ausgehendem zuweilen lange Streifen von Blockhaufen herumliegen, wie in der Gegend von Adelebsen—Lauenburg—Stadtoldendorf, während höhere Bänke wohl gar als Streu- oder Mörtel-Sand gewonnen werden. . . . Im obersten Teile des Bausandsteins finden sich öfters rote Kieselausscheidungen, die Karneolbank Frantzen's, in mehr oder minder zerfressenem Gestein¹.“

Von einer weiteren detaillierten Besprechung der Sandsteine mag nunmehr abgesehen werden, da im großen und ganzen doch stets das nämliche Bild gewahrt bleibt.

Nur noch besonders seien die Tonsandsteine des mittleren Buntsandsteins erwähnt, welche meist helle Farben besitzen und aufgeschlämmt einen zu Porzellan- und Chamottefabrikation geeigneten Ton bezw. Kaolin ergeben. Hier mögen als hauptsächlichste Fundorte², wo solche Tonsandsteine eingeschlossen im gewöhnlichen Sandstein vorkommen, Eisenberg, Osterfeld, Weißenfels, Uhlstedt und Martinrode in Thüringen genannt werden. Eine nähere Besprechung dieser wichtigen Kaolinvorkommnisse wird bei der Betrachtung der stofflichen Zusammensetzung der Gesteine des mittleren Buntsandsteins erfolgen. In den oberen Abteilungen stellen sich in vielen Gegenden untergeordnet auch Dolomiteinlagerungen ein, so am südlichen Harzrande, im Rheinland u. a. O. mehr.

¹ A. v. Koenen, „Über Buntsandstein des Solling.“ Jahrb. d. Kgl. preuß. geol. Landesanstalt. 1902. Bd. XXIII. S. 611 u. 612—613.

² Vergl. Erl. zu Bl. Eisenberg und E. E. Schmidt, „Die Kaoline des thüringischen Buntsandsteins.“ Zeitschrift d. deutsch. geol. Ges. XXVII. 1876. S. 89.

Eine Zusammenfassung des petrographischen Materials des mittleren Buntsandsteins ergibt vier für die Bodenbildung in Betracht kommende Hauptgesteinstypen, nämlich Sandsteine, Konglomerate, Schiefertone und Dolomite. Es wird daher zunächst unsere Aufgabe sein, die stoffliche Natur derselben zu betrachten und dann weiter an der Hand dieser zu untersuchen, wie sich die einzelnen Gesteinstypen bei der Verwitterung verhalten.

Da wir es in petrographischer Hinsicht mit fast gleichem Material, wie im unteren Buntsandstein, zu tun haben, so deckt sich im großen und ganzen auch die stoffliche Beschaffenheit der Gesteine beider Formationsabteilungen. Doch kann wohl ganz allgemein behauptet werden, daß in den Sandsteinen der mittleren Abteilung neben anderen unverkennbaren Unterschieden, der rein kieselige bzw. sandige Charakter bei weitem vorwiegt. Daß durch die geröllführenden Schichten des südlichen und südwestlichen Verbreitungsgebietes vielleicht noch eine größere Konzentration von Kieselsäure und auch andererseits von Silikaten (in den Porphyr- und Granitgeröllen) herbeigeführt wird, versteht sich von selbst, jedoch kommen diese Verhältnisse als lokale Faziesentwicklung in Beziehung auf die Gesamtheit nur untergeordnet in Betracht. Denn stofflich bleibt dennoch, sowohl für den Sandstein wie für die Konglomerate, der gleiche Charakter bestehen. Nur in der Wirkung der Verwitterung auf diese Gesteinsvarietäten werden wir später bei der Betrachtung dieser Erscheinungen einen gewissen Unterschied wahrnehmen, der aber lediglich durch physikalische und strukturelle Verhältnisse bedingt erscheint und unabhängig von ihrer chemischen Natur erfolgt. Auf die chemische Zusammensetzung der Tonsandsteine und Tone, die zwar auch nur eine lokale Verbreitung genießen, müssen wir jedoch näher eingehen, schon allein aus dem Grunde, weil uns in den Arbeiten von E. E. SCHMIDT¹ und HEROLD¹ ein vorzügliches mineralogisches und analytisches Material vorliegt, das für die bodenbildenden Faktoren dieser Bildungen wichtige Aufschlüsse liefert. Selbstverständlich ist es auch hier die chemische Beschaffenheit des Bindemittels, die das ausschlaggebende Moment für die abweichende stoffliche Natur dieser Sandsteine liefert und dadurch die Aufbereitungsart derselben bestimmt. Ohne uns aber vorläufig über diese in Beziehung zum Gesamtcharakter doch nur

¹ Vergl. Anmerkung S. 474 und Herold, „Über die Kaoline des mittleren Buntsandsteins in Thüringen.“ Dissertation Jena. 1875.

relativ geringen abweichenden Verhältnisse näher zu verbreiten, wollen wir direkt auf das analytische Material, und zwar zunächst der Sandsteine selbst, übergehen, in welchem uns jene Unterschiede ohne weiteres entgegentreten, verständlicher, als bei einer eingehenden Beschreibung der chemischen Natur einer jeden Gesteinsvarietät.

Nachstehende Tabelle gibt eine Übersicht der mir bisher bekannten Sandgesteinsanalysen des mittleren Buntsandsteins wieder. Sie zeigt die, schon bei der Besprechung der Sandsteinanalysen der unteren Formationsabteilung, vorweggenommenen wesentlichen Verschiedenheiten im höheren Gehalt von SiO_2 und geringeren Gehalt von Al_2O_3 , ausgenommen desjenigen des sandigen Lettens, der überhaupt als solcher aus dieser Gruppe der reinen Sandsteine herausfällt, desgleichen eine Verminderung des Kali gegenüber dem teilweise hohen Kaligehalt der unteren Abteilung. (Vergl. Analysen auf Seite 435—437.)

No. 1. Sandiger Letten von Haberich¹ (Erl. zu Blatt König der geol. Spezialkarte des Großherzogtums Hessen);

No. 2. Kieseliger Sandstein vom Kugelhorizont bei Wörth¹ (ebenda);

No. 3. Oberer Pseudomorphosensandstein von Seckmauern¹ (ebenda);

No. 4. Pseudomorphosensandstein von der Molkenkur bei Heidelberg¹ (Erl. zur geol. Spezialkarte des Großherzogtums Baden, Blatt Heidelberg);

No. 5. Mittlerer Buntsandstein, der unteren Abteilung angehörend, vom „Harzofen“ bei Kaiserslautern¹;

No. 6. Eck'sches Konglomerat ($\text{Sm}c_1$), Mosesbrunnen (Murgbrunnen²);

No. 7. Eck'sches Konglomerat ($\text{Sm}c_1$), Unterer Sand (Buhlbach²);

No. 8. Mittlerer Hauptbuntsandstein (Sm), Ruhstein, alter (württembergischer) Steinbruch²;

No. 9. Mittlerer Hauptbuntsandstein (Sm), weicher Sandstein, Ruhstein, badischer Steinbruch².

¹ Die ersten vier Analysen sind bei Luedcke, l. c. S. 178 zusammengestellt, ebenso und No. 5 bei Blanck, Landw. Versuchs-Station. Bd. 65. S. 192.

² K. Regelmann, Erl. zu Bl. Obertal-Kniebis. S. 133 u. 134. Analysen von Hundeshagen u. Philipp.

	No. 1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
SiO ₂	77,0	94,5	86,9	90,72	90,82	90,00	88,55	95,05	90,60
Al ₂ O ₃	9,1	1,9	6,6	4,64	4,10	5,60	6,45	2,95	4,94
Fe ₂ O ₃	3,3	2,0	1,3	0,36	2,25	0,74	0,85	0,45	0,94
FeO	—	—	—	0,10	—	—	—	—	—
CaO	0,5	0,1	0,0	0,11	0,11	0,12	0,25	kaum Sp.	0,13
MgO	0,6	0,2	0,3	0,11	0,14	0,14	0,23	0,095	0,105
K ₂ O	1,9	0,2	3,4	2,84	1,33	2,20	1,68	0,80	2,04
Na ₂ O	2,0	0,2	0,2	0,49	0,64	0,40	1,02	0,20	0,34
P ₂ O ₅	0,0	—	—	0,08	Sp.	—	—	—	—
H ₂ O mech.	—	0,7	0,2	—	—	—	—	—	—
Chem. geb.	—	0,2	0,7	—	—	—	—	—	—
Glühverlust	5,2	—	—	0,42	0,63	0,60	0,95	0,50	0,70
S/S	99,6	99,0	99,6	99,83	100,02	99,80	99,98	100,045	99,795

In konz. Salzsäure waren, von dem, von mir untersuchten Sandstein des „Harzofens“ bei Kaiserslautern folgende Mengen chemischer Bestandteile löslich:

In 100 g karbonatlösl. SiO ₂	0,3161 g
Lösl. in HCl: SiO ₂	0,0297 „
Al ₂ O ₃	0,2921 „
Fe ₂ O ₃	0,7577 „
CaO	0,0145 „
MgO	0,0290 „
K ₂ O	0,0733 „
Na ₂ O	0,1165 „
P ₂ O ₅	0,0166 „
SO ₃	0,0404 „
H ₂ O	0,2105 „

Vergleicht man diese Zahlen mit denjenigen, welche DIETRICH durch gleiche Operation für unteren Buntsandstein ermittelte, so zeigen sich auch hier wesentliche Unterschiede in der Löslichkeit der Sandsteine beider Abteilungen.

Während im unteren Buntsandstein größere Mengen von Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, K₂O und P₂O₅, also fast alle Bestandteile, gelöst werden, gibt der mittlere Buntsandstein weit geringere Quantitäten von diesen Stoffen an HCl ab. Nur SiO₂ und Na₂O fand ich im mittleren Buntsandstein stärker gelöst, da aber meine Werte nicht nach ganz gleicher Methode wie diejenigen DIETRICH's gefunden wurden, so sind, genau genommen, die Zahlen beider Befunde nicht völlig vergleichbar. Aber auch DIETRICH, Heidelberg, bestimmte die durch Salzsäure, und zwar nach gleicher Methode wie beim unteren Buntsandstein, in Lösung gegangenen Stoffe seines Pseudomorphosen-sandsteins und fand in 100 g:

Si O ₂	0,107
Al ₂ O ₃	0,199
Fe ₂ O ₃	0,381
Ca O	0,022
Mg O	0,022
K ₂ O	0,071
Na ₂ O	0,008
P ₂ O ₅	Sp. gelöst.

Also ebenfalls höheren Gehalt an Si O₂, niedrigeren Gehalt an Al₂ O₃, Fe₂ O₃, Ca O, Mg O, K₂ O und P₂ O₅, aber auch weit geringeren Na₂ O-Gehalt.

DIETRICH faßt infolgedessen seine Resultate mit nachstehenden Worten zusammen: „Die Analysen ergeben ein ziemliches Abbild des ursprünglichen Gesteins; man beobachtet aber auch in den Auszügen allein einige wesentliche Verschiedenheiten. In beiden Fällen überwiegt, wie auch im Gestein, bei den Alkalien das Kali, während das Natron ganz zurücktritt; jedoch ist die Auslaugung aus unterem Buntsandstein zirka um das Doppelte größer als aus mittlerem. Ebenso ist dem unteren Buntsandstein verhältnismäßig mehr Kalk und noch mehr Magnesia entzogen worden. Von Eisen ist aus Pseudomorphosensandstein, die ganze darin enthaltene Menge, aus unterem Buntsandstein nur zirka die Hälfte in Lösung gegangen. Interessant ist ebenfalls der verhältnismäßig erhebliche Gehalt des Auszuges des unteren Buntsandsteins an Mangan, von dem im Gestein relativ wenig nachgewiesen war¹.“

Ob die von DIETRICH ausgesprochenen Löslichkeitsbeziehungen der einzelnen Gesteinsbestandteile im salzsauren Auszug unter sich und in Beziehung zum bezüglichen chemischen Gesteinsanteil eine allgemeine Anwendung auf die Sandgesteine beider Abteilungen beanspruchen können, läßt sich aus Mangel an einschlägigem Material nicht sagen, jedoch dürfte als sicher festgestellt zu betrachten sein, daß dem unteren Buntsandstein weit größere Mengen Substanz als dem mittleren durch Lösungsmittel entzogen werden, was indirekt mit der Menge der unlöslichen Kieselsäure im Gestein im Zusammenhang steht.

Hierfür spricht auch die durch A. BAUER aus Sandsteinen vermittels CO₂-gesättigten Wassers in Lösung gebrachte Menge von Mineralstoffen. Denn er fand ebenfalls, daß diese im Zusammenhang

¹ M. Dietrich, „Das Wasser der Heidelberger Wasserleitung in geol. etc. Beziehung.“ Habilitationsschrift. Heidelberg 1897. S. 22.

mit der Menge der im Gestein befindlichen Kieselsäure steht und zugleich einen Ausdruck für die Intensität des Verwitterungsprozesses abgibt. Seine Zahlen geben daher eine willkommene Ergänzung der soeben besprochenen Lösungsverhältnisse der Sandsteine in Salzsäure und mögen daher an dieser Stelle Platz finden.

Die Herkunft und Beschaffenheit der von BAUER untersuchten Gesteine wird von ihm folgendermaßen angegeben¹, 1. und 2. rote, grobkörnige Sandsteine aus dem Odenwald, 3. roter, feinkörniger Sandstein aus dem Elsaß, 4. ebensolcher vom Main, 5. und 6. ebensolcher vom Neckar.

	Chemische Zusammensetzung der Gesteine.			Menge der in mit CO ₂ -gesättigtem Wasser gelösten Substanz.
	Si O ₂	Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	Ca O	
1.	92,66	4,15	0,32	1,57
2.	92,87	4,38	0,39	1,38
3.	86,29—86,30	9,48—9,73	0,37—0,33	2,06
4.	86,65	8,87—9,05	0,51—0,54	1,83
5.	73,61	10,52	4,72—4,71	8,93
6.	73,42—73,61	10,23	4,71—4,88	8,72

Jedoch noch deutlicher treten diese Verhältnisse in den Quellwasseranalysen jener Gesteine zutage. So fand z. B. M. DIETRICH² in der oberen Rombachquelle bei Heidelberg, die ihr Wasser aus dem Gebiet des mittleren Buntsandsteins bezieht, 1,8777 g, in der Küchenquelle bei Heidelberg, deren Wasserversorgungsgebiet im unteren Buntsandstein liegt, dagegen die fast doppelte Substanzmenge, nämlich 3,2731 g, in 100 l gelöst.

Von den einzelnen Stoffen der Gesteine konnte er folgende als in Lösung gegangene nachweisen:

Obere Rombachquelle im mittleren Buntsandsteingebiet.		Küchenquelle im unteren Buntsandsteingebiet.
Si O ₂	0,7054	1,0720
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	0,0320	0,0544
Ca O	0,7240	1,3844
Mg O	0,0961	0,3157
K ₂ O	0,1253	0,1417
Na ₂ O	0,1849	0,3049

¹ A. Bauer, „Sandsteinanalysen“ Schweiz. Pharm. Wochenschrift 1895. 33. S. 105. Jahresber. u. Agr. Chemie. Neue Folge XVIII. 95. S. 63.

² M. Dietrich, „Die Quellen des Neckartales bei Heidelberg in geol.-chem. Beziehung.“ Mittlg. d. Großherzogl. bad. geol. Landesanstalt IV. 1. 1900. S. 79 u. 80.

Ja, nach DIETRICH, ist der Unterschied in der Menge der gelösten Bestandteile im Quellwasser stark genug, um als Erkennungsmittel zu dienen, aus welchem Gesteinsgebiet eine Quelle ihr Wasser entnimmt. „Vergleicht man mit diesen beiden Wassern,“ schreibt DIETRICH, „die nach ihrem Ursprung nicht ganz sichere Stiftsquelle, so springt eine große Ähnlichkeit mit der oberen Rombachquelle in die Augen. Sie unterscheidet sich nur durch einen freilich wesentlich höheren Natrongehalt; vom chemischen Standpunkt dürfte man daher wohl berechtigt sein, auch diese Quelle dem aus mittlerem Buntsandstein entspringenden zuzuzählen¹.“

Der gelöste Anteil beträgt für diese in Summa 2,0710 g für 100 l. Nachstehende Bestandteile beteiligen sich daran in folgender Quantität:

SiO ₂	0,9100
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	0,0500
CaO	0,5350
MgO	0,0790
K ₂ O	0,1200
Na ₂ O	0,3770

Ein ähnliches Verhältnis geht auch aus den Quellwasseranalysen hervor, welche HASELHOFF gelegentlich der Untersuchung hessischer Böden mitteilt. Er fand auf ein Liter Wasser berechnet im Quellwasser des unteren Buntsandsteins 72,0—116,0 mg, in denjenigen des mittleren dagegen nur 90,0—97,0 mg Substanz gelöst. Es zeigen auch diese Angaben, daß das Wasser des mittleren Buntsandsteins mit 90,0—97,0 mg gelöster Bestandteile den höchsten Wert von 116,0 mg in Quellwasser des unteren Buntsandsteins nicht zu erreichen vermag, wenn auch der niedrigste Wert desselben mit 72,0 unter den Werten des Quellwassers aus dem mittleren Sandstein liegt. Von diesen Gesamtmengen kamen auf die einzelnen Bestandteile:

	des unteren	Im Quellwasser Buntsandsteins	des mittleren
CaO	11,5—35,1	mg	21,0—23,5 mg
MgO	4,3—14,9	„	5,3—7,6 „
K ₂ O	—		2,0—4,6 „ ²

¹ Mitteilung der Großherzogl. bad. geol. Landesanstalt. IV. Heft 1. 1900. S. 79 u. 80.

² E. Haselhoff, „Das Düngungsbedürfnis einiger typischer hessischer Böden und Versuche zur Ermittlung desselben“. Fühlings Landw. Ztg. 1906. S. 75.

Anhangsweise möge die Beschaffenheit weiterer Quellen aus dem mittleren und unteren Buntsandstein angegeben sein. Die Angaben sind nach den Untersuchungen M. DIETRICH's über die Quellen des Neckartales zusammengestellt.

In 1 l H₂O sind in mg gelöst:

Name der Quelle	Geolog. Herkunft	Abdampf-Rückstand	Glüh-Rückstand	Ca O	Mg O	Härte
Gartenquelle. W. . .	Su	2,19	1,66	0,22	Sp.	0,49
Quelle hinter dem kleinen Sammler }	Su	2,45	1,89	0,22	Sp.	0,42
Laichgraben	Su	2,89	2,18	—	—	0,43
Gartenquelle S . . .	Su	3,11	2,49	0,44	Sp.	0,84
Lange Stollenquelle	Su	5,33	4,20	1,20	0,25	1,58
Strahlquelle	Su	5,37	4,19	1,40	0,22	1,98
Lucienquelle	Su	5,86	5,56	1,00	0,26	2,27
Küchenquelle	Su	6,19	4,30	1,48	0,34	1,85
Kellerquelle	Su	6,61	4,67	1,56	0,40	1,99
Felsenmeerquelle . .	Sm	2,41	1,64	—	Sp.	0,50
Mambachquelle . . .	Sm	2,44	2,24	—	—	0,67
Untere Rombachquelle	Sm	2,69	1,97	—	Sp.	0,50
Obere Rombachquelle	Sm	3,13	2,82	0,68	0,08	1,04
Rauschbrunnen . . .	Sm	3,20	2,32	—	—	1,09
Wirtschaftsquelle . .	Sm	3,42	2,85	—	0,07	0,84
Stiftsquelle	Sm?	3,82	3,30	0,54	0,07	1,19
Michelsbrunnen . . .	Sm u. So?	3,76	2,91	—	—	0,89
Roßbrunnen	Sm u. So?	2,64	2,05	—	—	0,50

Bei diesen Untersuchungen machte DIETRICH zugleich die interessante, für die Verwitterung der Gesteine wichtige Beobachtung, nach welcher eine „auffallende Umkehrung der Verhältnisse von Ca O zu Mg O und von K₂O zu Na₂O“ bezüglich ihrer Mengen im Gestein und Quellwasser vorhanden ist. Während die Menge von Ca O im Gestein gleich groß oder geringer der Menge an Magnesia ist, ist dieses im Quellwasser umgekehrt der Fall, und während das Kali im Gestein das Natron überwiegt, herrscht im Quellwasser das Natron vor. Er gibt dieser Erscheinung durch Aufstellung folgender Proportionen Ausdruck.

Mittlerer Buntsandstein:

	Gestein	Wasser: Obere Rombachquelle	Stiftsquelle
Ca O : Mg O	1 : 1	7,5 : 1	6,8 : 1
K ₂ O : Na ₂ O	5 : 1	0,6 : 1	0,3 : 1

Unterer Buntsandstein:

	Gestein	Wasser: Küchenquelle
Ca O : Mg O	0,15 : 1	4,3 : 1
K ₂ O : Na ₂ O	20 : 1	0,5 : 1

Auch für den Granit fand er dieses bestätigt:

	Gestein	Wasser: Löwenbrunnen
CaO : MgO	1,2 : 1	3 : 1
K ₂ O : Na ₂ O	1 : 1	0,2 : 1 ¹

Da nun selbstverständlich die im Quellwasser gelösten Stoffe nur aus dem Bindemittel der Sandsteine stammen können, weil die Quarzkörner, der Hauptbestandteil des Gesteins, aus nahezu unangreifbarer Kieselsäure bestehen, so ist vor allen Dingen eine eingehende Betrachtung des Bindemittels in stofflicher Hinsicht für unseren Gegenstand erforderlich. Bevor wir jedoch hierzu übergehen, soll die Begriffsbestimmung dessen, was wir unter Bindemittel zu verstehen haben, vorausgeschickt werden. Denn das Bindemittel ist nicht allein für die Petrographie des Sandsteins von größter Wichtigkeit, sondern auch bodenkundlich ist sein Wert nicht zu unterschätzen. Er bestimmt namentlich den Gang der Aufbereitung des Sandsteins und die Natur seines Verwitterungsproduktes, wie wir dieses ja auch schon gelegentlich der Besprechung der Sandsteine der unteren Abteilung erkannt haben. Wenn wir hier an dieser Stelle nun nochmals und zwar ausführlicher auf diesen Gegenstand zurückkommen, so geschieht es um seine Wichtigkeit ganz besonders zum Ausdruck zu bringen.

Fassen wir die Quarzsandsteine, und mit solchen haben wir es hier fast ausschließlich zu tun, als Trümmergesteine auf, welche aus einzelnen unter sich gleichen oder verschiedenen bis Erbsengröße erreichenden Quarzindividuen bestehen, die durch ein Bindemittel mehr oder minder fest verkittet sind, so setzt diese Begriffsbestimmung des Sandsteins zwei wesentliche Bedingungen für sein Zustandekommen voraus. Zugleich entnehmen wir aber auch dieser Auffassung, daß die Konglomerate oder konglomeratischen Sandsteine nur als Spezialfälle des in vorstehender Form definierten Gesteins zu betrachten sind, indem ihre Quarzindividuen zum Teil außerordentlich große Dimensionen annehmen. Die vorgenannten Bedingungen sind erstens die Gegenwart fester Quarzindividuen, die als Hauptmaterial gleichsam das Gerippe des Sandsteins bilden und zweitens das Hinzutreten eines die Quarzkörner vereinigenden Mittels, durch welches der sonst lose Sand zu einem Gestein verfestigt wird. Die Quarzkörner stellen demnach sowohl quantitativ wie qualitativ den wesentlichen Bestand-

¹ Vergl. Dietrich, Mitteilung d. Großherzogl. bad. geol. Landesanstalt. IV. 1900. S. 81.

teil des Sandsteins dar und sind von einheitlicher chemischer Beschaffenheit; das mineralische Bindemittel oder Zement ist von stofflicher Verschiedenheit, gibt daher nicht allein die Veranlassung zu einer systematischen Gruppierung der Sandgesteine, sondern bildet das ausschlaggebende Moment für den Verlauf der vielen Prozesse, die durch äußere Einflüsse auf das Gestein ausgeübt werden können. Es ist aber nur in geringer Menge vorhanden. Da nun, wie wir gesehen haben, die chemische Natur der Quarze konstanter Art ist nämlich aus schwer bis unangreifbarer Kieselsäure besteht, so wird für die Umwandlung des Gesteins nur das Bindemittel bezw. Zement infolge seiner chemischen Verschiedenheit und Angreifbarkeit in Frage kommen¹. Daß aber das Bindemittel nicht allein durch seine chemische Zusammensetzung, sondern auch durch die Art seiner sonstigen Beschaffenheit bezüglich seiner Bildung äußerst günstig befähigt ist, sein Material an die Quellwasser abzugeben, geht aus nachstehender Überlegung hervor. Desgleichen würden die später zu betrachtenden Pflanzenkulturversuche auf ursprünglichem Buntsandsteinboden kaum erklärbar sein, wenn dem nicht so wäre. Denn stoffliche Körper, welche von Natur lösliche Verbindungen zu bilden vermögen und sich vorzugsweise in dieser Form befinden, jedoch zeitweise durch Einflüsse, die ihre löslichen Eigenschaften behindern, festgelegt sind oder denen quasi das Lösungsmittel entzogen wurde, haben stets die Tendenz, leicht in ihren ursprünglichen löslichen Zustand überzugehen, sobald die hierfür günstigen Bedingungen eintreten. Dagegen vermögen andere Körper infolge ihrer starren Verbindung erst starken Einflüssen gegenüber in die lösliche Form überführt zu werden. Bindemittel in Gesteinen gehören nun stets zu ersterer Körperklasse, da sie selbst sekundär in gelöster Form in das Gestein (bezw. Mineralaggregat) eindringen, dort, ihren löslichen Eigenschaften beraubt, sich absetzen und mit dem vorgefundenen Material Verbindungen eingehen, welche meist leicht löslicher Art sind. Den lösenden Gewässern und Atmosphärien, wie der zersetzenden Tätigkeit der Pflanzenwurzeln sind sie daher leicht zugänglich.

Um die chemische Zusammensetzung des Bindemittels zu erfahren, bietet sich nach BIBRA und BISCHOF² ein Weg in der Ermittlung

¹ Vergl. Braumgart, „Die Wissenschaft in der Bodenkunde.“ Berlin u. Leipzig 1876. Küster, l. c. S. 74. Detmer, „Grundlagen der Bodenkunde.“ S. 124 u. 125.

² Bischof, „Chemische und Physikalische Geologie.“ Bd. III. 2. Aufl. S. 137—138 und Bibra, Journal für prakt. Chemie. Bd. XXVI. S. 523.

der in Salzsäure löslichen Bestandteile der Sandsteine und in Bestimmung der karbonatlöslichen Kieselsäure nach Extraktion des Materials mit Salzsäure. Doch dürfte diese Methode aus gewissen Gründen nicht ganz einwandfreie Resultate liefern, was auch schon BISCHOF selbst Veranlassung zu den Worten gab: „Es hält schwer, auf diesem Wege die wahre Zusammensetzung des Bindemittels zu erfahren.“ Immerhin geben sie eine Vorstellung von dem Aufbau der die Quarzkörner verkittenden Substanz. Die nachstehende Tabelle gibt die Angaben genannten Autors wieder, doch ist zu bemerken, daß sie sich nicht ausschließlich auf Sandsteine des mittleren Buntsandsteins beziehen dürften, sondern auf Lagen der gesamten Formation. Leider ist ihnen von BISCHOF eine nähere Bezeichnung nicht beigegeben, als daß die Bindemittel aus Buntsandsteinen aus der Umgebung von Schweinfurt, Oppenheim und aus der Rhön herkommen.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
SiO ₂	2,74	16,67	—	17,64	5,26	2,44	16,67	13,24	76,86
Al ₂ O ₃ . . .	13,70	} 33,33	16,67	} 23,53	} 36,84	} 36,59	13,88	} 33,33	14,95
Fe ₂ O ₃ . . .	64,38		23,33				4,99		
CaO	} 8,22	} 16,67	10,00	} 29,42	} 31,58	} 12,19	22,22	} 20,00	3,20
MgO			20,00				—		
H ₂ O	10,96	33,33	30,00	29,32	26,32	48,78	16,67	33,33	—

und der prozentische Gehalt des zugehörigen Gesteins an Bindemittel betrug:

	7,3	0,6	3,0	1,7	1,9	0,82	3,6	1,5	—
--	-----	-----	-----	-----	-----	------	-----	-----	---

Aus diesen Bestimmungen geht der Reichtum des Bindemittels an Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO und MgO und teilweise auch an SiO₂ hervor, außerdem aber sprechen sie auch für eine große Variabilität in den Mengen dieser Stoffe. Hiernach scheint das Bindemittel der Buntsandsteine im wesentlichen ein eisenschüssig-toniges mit mehr oder minder basischer Silikat-Vermengung zu sein, oder auch fast gänzlich aus Eisenoxydhydrat, wie bei I, bzw. Kieselsäure, wie bei IX, zu bestehen.

Die gleichartig gefundenen Werte berechnet auf das Bindemittel des Sandsteins vom Harzofen bei Kaiserslautern, sowie diejenigen von M. DIETRICH ermittelten für die Heidelberger Sandsteine, Pseudomorphosensandstein von der Molkenkur und unterer Buntsandstein von der Kellerquelle ergeben dementsprechend folgende Zusammensetzung ihrer Bindemittel berechnet auf wasserfreie Substanz:

	Sm Harzofen (bei Kaiserslautern)	Sm Molkenkur (bei Heidelberg)	Su Kellerquelle (bei Heidelberg)
Si O ₂	20,59	13,21	2,81
Al ₂ O ₃	17,06	24,57	21,89
Fe ₂ O ₃	44,70	47,04	59,41
Mn ₂ O ₃	—	—	2,14
Ca O	1,18	2,72	1,60
Mg O	1,76	2,72	3,20
K ₂ O	4,12	8,77	7,51
Na ₂ O	7,06	0,99	0,67
P ₂ O ₅	1,18	—	0,77
SO ₃	2,35	—	—
Prozentischer Gehalt des Gesteins an Bindemitteln:			
	1,69 ¹	0,81	3,13

In der chemischen Zusammensetzung dieser Bindemittel und der von BISCHOF angegebenen fallen zunächst gewisse Unterschiede, wie der Kalk- und Magnesiagehalt derselben, stark auf, sie dürften darin zu suchen sein, daß die kalk- und Magnesiareichen Bindemittel der Gesteine BISCHOF's nicht analogen Gesteinen des mittleren und unteren Buntsandsteins zugehören. Andererseits unterscheiden sich die drei letzten Bindemittel durch die Angabe ihrer Mengen an K₂O, Na₂O, P₂O₅ und SO₃ schon so wie so von jenen. Doch außer dieser Ungleichheit springt eine nicht zu unterschätzende Tatsache bei der Betrachtung der Bindemittelzusammensetzung sofort ins Auge, das ist die prozentualische Beteiligung des Bindemittels selbst am Aufbau des Gesteins.

Sehen wir von den Werten in der BISCHOF'schen Tabelle ab und wenden wir uns zu den Daten der drei zuletzt verzeichneten Bindemittel, so finden wir dort 1,69² und 0,81 für den mittleren Buntsandstein verzeichnet und 3,13 für den unteren, nehmen wir dazu noch den Wert 5,4, der das Mittel der von OSWALD untersuchten unteren Sandsteine für das Bindemittel repräsentiert, so beträgt danach der Gehalt der unteren Buntsandsteine an Bindemittel das Doppelte oder sogar Mehrfache von dem der mittleren Buntsandsteine. Es ist nun ohne weiteres klar, daß ein derartiges Verhältnis von weit einschneidender Bedeutung für die lösende Wirkung des Wassers auf das Gestein sein muß, denn indem es das mehrfache Material im unteren Buntsandstein vorfindet, das seinen Einflüssen tributär ist, so wird es auch das Mehrfache in Lösung zu bringen vermögen. Dürfte man diese Zahlen zugrunde legen, so

¹ Die in Natron lösliche Kieselsäure wurde nicht berücksichtigt.

² Da von mir zur Gewinnung des salzsauren Auszuges größere Hitze und stärkeres Lösungsmittel als von Dietrich angewandt wurde, so dürfte diese Zahl etwas höher gegen die anderen ausgefallen sein.

ergäbe sich aus ihnen, daß um dieselbe Menge löslicher Stoffe zu erhalten, für den mittleren Buntsandstein die doppelte oder vielfache Gesteinsmasse ausgelaugt werden müßte, um die gleiche Quantität, wie sie im unteren Buntsandstein disponibel ist, zu erhalten. Doch muß daran erinnert werden, daß Wasser und Salzsäure sehr differente Lösungsmittel in ihrer Wirkungsweise darstellen.

Es drängt sich uns aber naturgemäß eine weitere Frage auf. Ist denn der in Salzsäure lösliche Anteil dasjenige, was man Bindemittel nennt, oder haben wir als ein solches noch eine andere Substanzmenge aufzufassen?

Aus der petrographischen Beschreibung des Sandsteins wie seiner empirischen Definition hatte sich ergeben, daß der Sandstein aus Quarzkörnern und aus einer dieselben verbindenden Masse besteht, daß die Quarzindividuen eine gewisse Größe erreichen, und daß schließlich die bindende Masse oder das Zement von recht wechselnder Beschaffenheit nach Quantität und Qualität sein kann. Siebt man nun einen oberflächlich zerstoßenen, d. h. nur seines festen Gefüges beraubten Sandstein durch Maschennetze von bekanntem Durchmesser, so erkennt man bald, daß eine Zerlegung seiner Gesteinstrümmen und zwar nicht solcher, die durch den mechanischen Eingriff geschaffen wurden, sondern lediglich durch die Lockerung des Gesteinsgefüges hervorgegangen sind, in verschiedene Fraktionen vorgenommen werden kann. Und man fragt sich, wo nun eigentlich die Grenze zwischen beiden Komponenten, den Quarzkörnern und der verbindenden Masse, liegt? Mineralogisch zeigt sich jede Fraktion aus Quarz bestehend. nur die, die geringsten Dimensionen aufweisende, zeigt mehr den Charakter eines sandig-tonigen Gemenges. Deutlicher wird dieses, wenn man die Analysen des Gesamtgesteins mit einer solchen Fraktion vergleicht. So fand ich eine solche Fraktion unter 0,11 mm Durchmesser gegenüber seinem Gestein wie folgt zusammengesetzt. Das Material lieferte der schon wiederholt angeführte Buntsandstein vom Harzofen bei Kaiserslautern.

	Bauschanalyse des Gesteins	Partialanalyse des Anteils unter 0,11 mm
Si O ₂	90,820	66,125
Al ₂ O ₃	4,100	14,465
Fe ₂ O ₃	2,249	5,360
Ca O	0,108	0,415
Mg O	0,135	0,335
K ₂ O	1,334	6,015
Na ₂ O	0,641	1,735
P ₂ O ₅	Sp.	0,955
Glühverlust	0,633	2,620

Es geht hieraus hervor, und die mikroskopische Untersuchung bestätigt es (siehe Seite 468), daß der Sandstein neben der Anwesenheit verschieden großer Quarzkörner, die in Gruppen gleicher Größe zerlegt werden können, noch eine Substanzmasse besitzt, welche die Zwischenräume der einzelnen Quarzindividuen einnimmt und dadurch einen Zusammenhang dieser herbeiführt. Diese Masse erscheint nun ihrerseits wiederum mit jenen durch eine umhüllende und verkittende mineralische Substanz verbunden zu sein, welche sämtliche Teile des Sandsteins zu einem festen Gefüge vereint.

Es dürfte daher zweckmäßig sein, zwischen Bindemittel und Zement zu unterscheiden. Zement würde dann die zwischen den Quarzindividuen liegende Masse kleinster Teilchen inkl. des Bindemittels sein, während dieses selbst resp. die verkittende Substanz die aus einer Lösung chemisch abgeschiedene Mineralsubstanz darstellt, welche ihrerseits das Ganze umhüllt und durchzieht. Letztere dürfte hauptsächlich als der in Salzsäure lösliche Anteil des Gesteins aufzufassen sein.

Eine Bestätigung der oben ausgeführten Anschauungen bezüglich des Verhaltens des „Bindemittels“ gegenüber lösenden Agentien findet sich in der Aufnahme mineralischer Substanz durch die Pflanzen aus ursprünglichem, unverwittertem Gestein. Hier sind vor allen Dingen die Versuche HASELHOFF's und DIETRICH's, die diese Verhältnisse klar erkennen lassen, anzuführen. HASELHOFF bestimmte zunächst diejenige Menge Substanz, welche sich löst, wenn eine bekannte Gesteinsmenge den Einflüssen der Atmosphärien ausgesetzt wird. Diese Quanten ermittelte er derartig, daß er das während 2¹/₂ Jahren gefallene und durch gleiche Mengen verschiedener Gesteine hindurch filtrierte Regenwasser auffing und im Filtrat die „Nährstoffe bestimmte, welche durch die Einwirkung der Atmosphärien verfügbar werden können“. Zu seinen Versuchen dienten außer Buntsandstein, Basalt, Grauwacke und Muschelkalk, welche drei letzteren Gesteine als Vergleichsmaterial auch von uns zu berücksichtigen sind. HASELHOFF fand während des genannten Zeitraums der Einwirkung durch die Atmosphärien gelöst:

in g aus	Gesamtmenge	Ca O	Mg O	K ₂ O
Buntsandstein	3,85	0,1884	0,0414	0,0219
Basalt	3,40	0,1618	0,2612	0,0407
Grauwacke	5,42	0,5760	0,0733	0,0018
Muschelkalk	5,33	0,7579	0,0154	0,0109 ¹

¹ Haselhoff, „Das Düngedürfnis einiger typischer hessischer Böden und Versuche zur Ermittlung derselben.“ Fühlings Landw. Ztg. 1906. Bd. 55. S. 75—76.

Der Gesamtgehalt an diesen Stoffen beträgt in diesen Gesteinen im unverwitterten Zustande etwa im Mittel wie folgt:

	CaO	MgO	K ₂ O
für Buntsandstein ¹	0,16	0,38	2,56
„ Basalt (Nephelinbasalt) ²	12,24	9,36	2,15
„ Grauwacke ³	0,62	1,50	0,87
„ Muschelkalk (Trochiten- oder Wellenkalk) ⁴	49,80	1,69	0,21

Nach HASELHOFF waren nun in den von ihm zu seinen Untersuchungen benutzten Gesteinen durch eine heiße 10%ige Salzsäure folgend⁵ Mengen in Lösung gebracht worden:

	CaO	MgO	K ₂ O
aus dem Buntsandstein	0,160	0,146	0,034
„ „ Basalt	1,797	0,524	1,610
„ der Grauwacke	3,206	0,666	0,101
„ dem Muschelkalk	50,562	0,044	0,067

Betrachten wir an der Hand nachstehender Tabelle alle Zahlen gemeinsam, so bemerken wir bald, daß die an die Lösungsmittel, Salzsäure und Wasser, abgegebenen Mengen von CaO, MgO und K₂O durchaus nicht immer im gleichen Verhältnis zu ihren Gesamt mengen im Gestein stehen.

Buntsandstein	Gesamtgehalt im Gestein	in 10% HCl löslich	in H ₂ O löslich
CaO	0,16	0,160	0,188 g
MgO	0,38	0,146	0,041 „
K ₂ O	2,56	0,034	0,022 „
Basalt			
CaO	12,24	1,797	0,162 „
MgO	9,36	0,524	0,261 „
K ₂ O	2,15	1,610	0,041 „

¹ Als Mittel aus 5 Analysen (vergl. Luedecke, l. c. S. 174) berechnet, und zwar gemeinsam für mittleren und unteren Buntsandstein, da Haselhoff wahrscheinlich seinen Sandstein aus dieser Abteilung und nicht aus dem oberen Buntsandstein genommen hat.

² Als Mittel aus 9 Analysen (nach H. Rosenbusch, Elemente der Gesteinslehre, S. 357) von Nephelinbasalt, weil die meisten hessischen Basalte solche sind, und 1,61% in HCl lösliches Kali nach Haselhoff's Analyse kaum bei einem Feldspatbasalt vorkommen dürfte.

³ Als Mittel aus 3 Analysen (nach Rosenbusch, l. c. S. 391).

⁴ Als Mittel aus 6 Analysen von Luedecke (Untersuchungen über Gesteine und Böden der Muschelkalkformation in der Gegend von Göttingen. Zeitschrift für Naturwissenschaft. Bd. 65, 1892, S. 324 u. 325) und zwar von Trochiten- oder Wellenkalk, da 50,56% in HCl löslicher CaO, wie dieses Haselhoff für sein Gestein angibt, im mittleren Muschelkalk nicht vorkommen dürfte.

Buntsandstein	Gesamtgehalt im Gestein	in 10 % HCl löslich	in H ₂ O löslich
Grauwacke			
CaO	0,62	3,206	0,576 g
MgO	1,50	0,666	0,073 „
K ₂ O	0,87	0,101	0,002 „
Muschelkalk			
CaO	49,80	50,562	0,758 „
MgO	1,69	0,044	0,015 „
K ₂ O	0,21	0,067	0,011 „

Der Gesamtgehalt an Kalk ist im Buntsandstein 0,16 % und der in HCl lösliche Anteil ist der gleiche, d. h. der Kalk geht durch die Säure völlig in Lösung, durch die Einwirkung der Atmosphärlilien werden ebenfalls nicht unbedeutende Mengen von Kalk ausgewaschen, nämlich 0,188 g, also weit mehr als aus dem kalkreichen Basalt unter gleichen Verhältnissen. Denn dieser gibt bei einem Gesamtgehalt von 12,24 % nur 1,797 % an Salzsäure ab und nur 0,162 g CaO werden durch die Verwitterung gelöst. Bei der Grauwacke liegen die Verhältnisse ähnlich wie beim Sandstein, dort übt die Salzsäure ein großes Lösungsvermögen auf ihren Kalkgehalt aus. Beim Muschelkalk kommt zwar der hohe Gesamtkalkgehalt auch im Salzsäureauszug zum Ausdruck, denn er wird durch diese vollkommen aufgelöst, dennoch steht der an das Wasser abgegebene Anteil in keinem Verhältnis zu jenen Mengen.

Die Magnesia ist in allen vier Gesteinen mit Ausnahme des Basaltes nur gering zugegen und ihre Löslichkeit auch nur eine geringe, doch zeigt die Magnesia des Buntsandsteins das relativ größte Lösungsvermögen sowohl der Salzsäure als auch den Atmosphärlilien gegenüber. Die Grauwacke steht auch hierin dem Buntsandstein nahe.

Wenden wir uns nun zum Kali, so ist es der Buntsandstein, der den höchsten Gesamtgehalt hieran aufzuweisen hat, aber nur ein verschwindend kleiner Anteil geht hiervon in Lösung und bei der Grauwacke ist dieses Verhältnis sogar noch ungünstiger. Der Basalt steht dem Buntsandstein in der Gesamtmenge an Kali nahezu gleich, aber die Löslichkeit seines Kalis ist eine weit größere. Der Muschelkalk gibt dagegen bei seinem geringen Gesamtgehalt an Kali relativ große Mengen an die Lösungsmittel ab.

Die Erklärung dieses Sachverhältnisses liegt einzig in dem Umstand, daß die Stoffe in den Gesteinen in wesentlich verschiedenen Verbindungsformen vorhanden sind. Wenn aber z. B. so große

Mengen Kalk wie bei dem Buntsandstein durch die Atmosphäriken in Lösung gebracht werden, so liegt dieses daran, daß der Kalk im Bindemittel enthalten ist, und auch aus gleichen Ursachen tritt der Kalk der Grauwacke aus dem Gestein aus. Im Basalt ist der Kalk jedoch im Silikatverband zugegen, was daher weit andere Löslichkeitsverhältnisse bedingt. Bei dem Muschelkalk ist jedoch wohl als sicher anzunehmen, daß hier bei der Löslichkeit des Kalkes Massenwirkungen zur Geltung kommen müssen, denn, um so enorm große Mengen von kohlenurem Kalk in Lösung zu bringen, wie sie derselbe besitzt, sind auch große Mengen mit Kohlensäure gesättigten Wassers unbedingt notwendig.

Finden wir das Kali des Buntsandsteins schwerer in Wasser löslich wie das des Basaltes, so ist auch hier wiederum die Ursache in der Gegenwart des Kalis als Feldspatsubstanz einerseits und als Zeolithsubstanz andererseits zu suchen, was auch besonders deutlich durch die in Salzsäure lösliche Kalimenge des Basaltes zum Ausdruck kommt.

Auch das Verhalten der Magnesia läßt sich ebenfalls in den oben genannten Richtungen ungezwungen deuten, so daß sich ein näheres Eingehen auf diesen Gegenstand erübrigt.

Es scheint also auch aus diesen Betrachtungen hervorzugehen, daß den Gesteinen in ihrem Bindemittel ein Faktor erwächst, der für die Löslichkeit der Gesteinsbestandteile von großer Bedeutung ist und dadurch wiederum günstige Bedingungen für die Aufnahme von Nährstoffen durch die Pflanzen schafft.

Letzteres Vermögen tritt uns namentlich in den im frisch gebrochenen und zerkleinerten Gestein gezogenen Pflanzenkulturen und ihrer Ernteprodukte entgegen, wie sie uns HASELHOFF dergestalt mitteilt.

Derselbe erntete ohne Zugabe irgend welchen Düngers folgende Mengen Erntesubstanz in g bei Anwendung nachstehender unverwitterter Gesteinsart und Pflanzen.

	Buntsandstein	Basalt	Grauwacke	Muschelkalk
Pflanzenart:				
Bohne	31,4	8,3	14,7	10,0
Erbse	35,6	19,3	23,3	17,6
Lupine	47,7	7,4	15,0	3,6
Gerste	1,6	1,6	1,9	3,1
Weizen	2,5	1,9	2,8	3,8

Man sieht, daß der „Buntsandsteinboden“ durchweg eine bessere Ernte erzielt hat als die drei übrigen Versuchsgesteine in

der Leguminosenernte erreicht er weitaus die höchsten Werte und in derjenigen der Gramineen steht er den übrigen mit Ausnahme des Muschelkalkes keineswegs nach. Auch die Grauwacke zeigt hier die nämliche, für die Leguminosen allerdings etwas verminderte Erscheinung.

In den durch die Ernte den Gesteinen entzogenen Nährstoffmengen für die oben genannten Pflanzen geht jedoch noch instruktiver das Verhältnis dieser Pflanzen zu den Gesteinen hervor. Es seien daher auch diese Ergebnisse mitgeteilt, doch bestimmte HASELHOFF nur die von den Pflanzen aufgenommenen Mengen von Kalk und Kali, die Magnesia blieb unberücksichtigt.

Aufnahme an Ca O :

	aus dem Bunt- sandstein	Basalt	Grauwacke	Muschelkalk
Bohne	0,478	0,130	0,380	0,397
Erbse	0,572	0,336	0,547	0,548
Lupine	0,984	0,224	0,539	0,114
Gerste	0,019	0,095	0,129	0,031
Weizen	0,026	0,010	0,010	0,027

Aufnahme an K₂ O :

Bohne	0,197	0,115	0,175	0,012
Erbse	0,247	0,253	0,189	0,114
Lupine	0,410	0,084	0,118	0,019
Gerste	0,019	0,017	0,020	0,003
Weizen	0,034	0,021	0,032	0,027

Die aus diesen Befunden ableitbaren Schlüsse fassen wir am besten mit den eigenen Worten HASELHOFF's zusammen :

„Nach obigen Untersuchungen ist der Buntsandstein das kalkärmste aller vier Gesteine, der Basalt ist zehnmal reicher daran (dieses bezieht sich natürlich nur auf den in Salzsäure löslichen Anteil d. Verf.). Grauwacke steht noch höher und der Muschelkalk am höchsten im Kalkgehalt. Vergleichen wir die durch die Bohne den Gesteinen entzogenen Mengen an Ca O, so finden wir, daß hier in bezug auf die Kalkmenge eher das umgekehrte Verhältnis stattfindet, als wie beim Kalkvorrat im Boden, daß nämlich aus dem Buntsandstein die Bohnen den meisten Kalk entnommen haben, weniger aus dem Muschelkalk, dann aus der Grauwacke und am wenigsten aus dem Basalt. Darin liegt ein Beweis dafür, daß die Bohne sich den Kalk des Buntsandsteins hat leichter aneignen können, als den Kalk anderer Gesteine. Auch beim Kali bestehen solche Unterschiede, wenn auch nicht in so erheblichem Maße wie beim Kalk.“

Ähnliche Versuche wie diese werden auch schon früher von TH. DIETRICH angestellt. Er zog in frisch gebrochenem, noch völlig unverwittertem Sand, hergestellt aus Buntsandstein, Buchweizen, Gerste, Hafer, Bohnen, Erbsen und Lupinen. Durch die drei ersten Pflanzen erhielt er zwar fast gar keine Pflanzenproduktion, dagegen gaben Erbsen und Lupinen gute Erträge. Ein Resultat, was mit den Untersuchungen HASELHOFF's im allgemeinen übereinstimmt. 10 Buchweizenpflanzen ergaben ein Trockensubstanzgewicht von nur 0,5 g, die Erbsen dagegen 5,7 g und die Lupinen 9,5 g, dabei führten die Erbsen 5 0/0, die Lupinen 4 0/0 Mineralstoffe. DIETRICH verglich die durch Erbsen und Lupinen aus dem Gestein löslich gemachten Mengen von Mineralstoffen mit denjenigen Bestandteilen, welche durch den Verwitterungsprozeß unter gleichen Verhältnissen innerhalb eines Jahres (in Wasser mit 0,3 Salpetersäure) frei geworden waren und fand, daß die vegetierenden Erbsen und Lupinen größere Quanten Mineralbestandteile löslich zu machen vermocht hatten als der Verwitterungsprozeß selbst, denn es wurden nach ihm gelöst:

	K ₂ O	CaO	MgO	P ₂ O ₅
durch die Verwitterung	0,0388	0,4516	0,0892	0,0356
unter dem Einfluß der Erbsen	0,0684	0,5218	0,1230	0,0868
desgl. Lupinen	0,0920	0,4625	0,1332	0,0971 ¹

Weiter fand er bei vergleichenden Pflanzenkulturversuchen auf grobgepulvertem Buntsandstein und Basalt eine beträchtliche Menge von Mineralstoffen durch die Pflanzen nicht nur leicht löslich gemacht und aufgenommen, sondern auch noch im „Boden“ als solche vorhanden.

Er verzeichnet hierfür nachstehende Werte, welche er dadurch erhielt, daß er von der Summe der in der Ernte enthaltenen und im Boden löslich gewordenen Mineralstoffe, diejenige Menge der Mineralbestandteile in Abzug brachte, welche durch den Samen in den Boden gelangte und welche lediglich durch den Einfluß der Atmosphäre löslich geworden war.

¹ Vergl. Th. Dietrich, Centralbl. f. Agr. Chem. VIII, 1875. S. 4—8.

So betrug die Menge der löslich gewordenen Mineralstoffe

durch	im Buntsandstein	im Basalt
3 Lupinen-Pflanzen	0,6080 g	0,7492 g
3 Erbsen- „	0,4807 „	0,7132 „
20 Spörgel- „	0,2678 „	0,3649 „
10 Buchweizen- „	0,2322 „	0,3274 „
4 Wicken- „	0,2212 „	0,2514 „
8 Weizen- „	0,0272 „	0,1958 „
8 Roggen- „	0,0137 „	0,1316 „ ¹

Zwar ist der Basalt von allen Pflanzen hiernach stärker angegriffen worden als der Buntsandstein, dennoch war ein umgekehrtes Verhalten in den Erträgen zu erkennen. Die Pflanzenmasse war auf dem Buntsandstein-Standort eine kräftigere gewesen, auch war ihr prozentischer Mineralstoffgehalt ein höherer. Daraus schließt DIETRICH, daß „das Verhältnis der Bestandteile des Sandsteins, in welchen diese löslich werden, der Aufnahme in die Pflanzenwurzeln günstiger ist“.

Inzwischen — 2 Jahre nach diesen Aufzeichnungen — ist eine interessante Arbeit von HASELHOFF erschienen, welche sich ganz besonders eingehend mit diesen Verhältnissen beschäftigt. Aus dem umfangreichen Material entnehme ich nur das für meine Ausführungen wesentlichste und verweise im übrigen auf das Original² selbst.

In seinen Versuchen bediente sich diesmal HASELHOFF unzweifelhaft des unteren Buntsandsteins, wie aus der Bauschanalyse des Gesteins ersichtlich ist, denn Sandsteine mit nur 80,80% SiO_2 und dagegen mit 7,10% Al_2O_3 sowie 0,5% CaO , 3,67% K_2O und 0,15% P_2O_5 dürften nur der unteren Abteilung zuzurechnen sein. Sehr wünschenswert wäre es daher, wenn stets eine genaue Angabe des geologischen Horizontes bei derartigen Untersuchungen beigegeben würde, denn wie aus dieser Arbeit hervorgehen dürfte, genügt es keinesfalls, als Herkunftsquelle schlechthin Buntsandstein anzugeben, gleiches gilt auch für die übrigen Gesteine. Infolge solcher allgemeinen Angaben erhalten die sich darauf beziehenden Schlüsse, wie im vorstehenden Fall, eine Unsicherheit und Ungenauigkeit, die zu den schwersten Irrtümern führen können. Denn auch aus den neuen Angaben HASELHOFF's ist leider nicht zu erfahren, ob seine früheren Untersuchungen vom unteren oder mittleren Bunt-

¹ Vergl. Th. Dietrich, „Wirkung der Pflanzen auf die Zersetzung der Gesteine.“ I. Ber. aus Heidau S. 83 und Jahresber. Agr. Chem. 1864 S. 1—3.

² E. Haselhoff, „Untersuchungen über die Zersetzung bodenbildender Gesteine.“ Landw. Versuchsstationen 1909. Bd. LXX. S. 53—143.

sandstein ausgingen, so daß ich die auf Seite 488 angeführte Tabelle des Gesamtgehaltes seiner früheren Versuchsgesteine in ihrer Fassung belassen habe.

HASELHOFF's Versuchsgesteine waren in seiner neuen Arbeit Buntsandstein von Gisselberg, Grauwacke von Cyriaxweimar, Muschelkalk von Altmorschen und Basalt von Dreihausen. Die chemische Zusammensetzung dieser Gesteine war die folgende:

	Buntsandstein	Grauwacke	Muschelkalk	Basalt
	%	%	%	%
Si O ₂	80,80	66,40	1,80	41,90
Al ₂ O ₃	7,10	11,60	0,50	11,50
Fe ₂ O ₃	2,40	6,40	0,80	14,33
Ca O	0,50	3,30	52,90	11,00
Mg O	0,65	2,47	0,64	13,17
K ₂ O	3,67	1,74	0,34	1,90
Na ₂ O	1,21	3,75	0,19	3,60
P ₂ O ₅	0,15	0,38	0,20	0,77
SO ₃	0,49	0,31	0,39	0,58

Nach vierjähriger Versuchsdauer waren aus diesen Gesteinen durch die Atmosphärien gelöst worden. Die angewandte Korngröße der Gesteinsbruchstücke betrug dabei 7,5—10,0 mm Durchmesser.

Sickerwasser aus:	Gesamtmenge der gelösten Bestandteile:	gelöste Mengen in g			
		Si O ₂	Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	Ca O	
Buntsandstein . . .	0,8172	0,0182	0,0044	0,1800	
Grauwacke	2,9227	0,0235	—	1,0345	
Muschelkalk	2,9697	0,0015	—	1,3993	
Basalt	1,4282	0,0455	—	0,1339	
		gelöste Mengen in g			
	Mg O	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	P ₂ O ₃
Buntsandstein . . .	0,0368	0,0173	0,0474	0,0148	0,0043
Grauwacke	0,1155	0,0104	0,0161	—	0,0011
Muschelkalk	0,0393	0,0057	0,0037	—	—
Basalt	0,4570	0,0540	0,1400	—	—

Der Verlauf dieses Vorganges ist durch nachstehende Tabelle gegeben, welche den gelösten Gesteinsanteil nach etwa 2 Jahren und zum Schluß der Versuchsdauer angibt. Hiernach nimmt die Auswaschung von Kalk und Phosphorsäure mit der Zeit zu, wegen Kali und Magnesia in der zweiten Periode weniger gelöst zu sein scheinen. Hiervon macht der Muschelkalk eine Ausnahme.

Auswaschung in der I. Periode vom 2. Juni 1902 bis 15. Oktober 1904:

In g:	Ca O	Mg O	K ₂ O	P ₂ O ₅
Buntsandstein . . .	0,0725	0,0205	0,0110	0,0015
Grauwacke	0,5125	0,0600	0,0135	—
Muschelkalk	0,6825	0,0020	0,0175	—
Basalt	0,0500	0,2410	0,0305	—

Auswaschung in der II. Periode vom 15. Oktober 1904 bis 2. Juni 1906.

Buntsandstein . . .	0,1077	0,0163	0,0063	0,0027
Grauwacke	0,5220	0,0555	—	0,0031
Muschelkalk	0,7168	0,0373	—	0,0018
Basalt	0,0839	0,2160	0,0235	0,0015

Da die Gesamtmenge in den Versuchsgesteinen betrug

In g:	Ca O	Mg O	K ₂ O	P ₂ O ₅
Buntsandstein	41,6	46,4	10,9	5,0
Grauwacke	369,0	230,4	12,2	17,3
Muschelkalk	5852,0	55,1	6,5	Sp.
Basalt	262,5	98,7	237,3	37,8

so werden durch die Atmosphäriken folgende Mengen in Prozenten der Gesamtmenge gelöst.

in %	Ca O	Mg O	K ₂ O	P ₂ O ₅
Buntsandstein	0,433	0,073	0,159	0,086
Grauwacke	0,280	0,050	0,085	0,006
Muschelkalk	0,024	0,071	0,088	—
Basalt	0,051	0,463	0,023	—

Auch hier fällt wieder die größere Löslichkeit des Buntsandsteins auf und die geringe Löslichkeit des Muschelkalkes und Basaltes. Die Grauwacke steht in diesem Verhalten dazwischen. Auch HASELHOFF spricht sich bezüglich der geringen Löslichkeit des Kalkes im Muschelkalk im Verhältnis besonders zum Buntsandstein dahin aus, daß „sie im wesentlichen darin begründet sein“ wird, „daß im Muschelkalk derselben Menge des Lösungsmittels eine erheblich größere Menge Kalk entgegenwirkt, als im Buntsandstein.“

Die mit den Gesteinen ausgeführten Vegetationsversuche lassen ebenfalls die „leichtere Aufschließbarkeit des Buntsandsteins im Vergleich mit den übrigen Gesteinen“ erkennen und stimmen damit mit den Resultaten der früheren Versuche HASELHOFF's und DIETRICH's überein. Zu seinen Vegetationsversuchen verwandte HASELHOFF diesmal die Gesteine in zwei verschiedenen Korngrößen und konnte zufolge dessen feststellen, daß das feinkörnigere Gestein durchweg günstiger als das grobkörnige gewirkt hat, was wahrscheinlich dadurch zu erklären ist, daß „den Pflanzenwurzeln in den feineren Gesteinskörnern eine größere und leichtere Angriffsfläche geboten

ist, als in den gröbereren Gesteinsstücken.“ Das Mittel der Ernteerträge aus je 3 Töpfen in g gibt folgende Tabelle an:

	Grobkörniges Gestein 5,0—7,5 m			
	Buntsandstein	Grauwacke	Muschelkalk	Basalt
Ackerbohne	31,0	8,5	7,3	6,9
Erbse	36,4	24,0	14,2	18,1
Lupine	46,6	12,7	3,1	6,4
Gerste	1,5	1,8	2,5	1,0
Weizen	2,4	2,5	2,1	2,3

	Feinkörniges Gestein 0,5—5,0 mm			
	Buntsandstein	Grauwacke	Muschelkalk	Basalt
Ackerbohne	31,8	20,9	12,6	9,7
Erbse	34,7	22,7	21,0	20,5
Lupine	48,8	17,3	4,0	8,4
Gerste	1,7	2,0	3,6	2,1
Weizen	2,5	3,1	3,4	3,5

Und zwar waren durch die Ernten den Gesteinen an Nährstoffen entzogen worden in g pro Topf:

	durch: Erbse	Ackerbohne	Lupine	Gerste	Weizen
aus dem Buntsandstein:					
N	1,033	0,957	1,266	0,026	0,033
Ca O	0,668	0,536	1,116	0,023	0,030
Mg O	0,215	0,152	0,326	0,015	0,010
K ₂ O	0,310	0,264	0,475	0,025	0,043
P ₂ O ₅	0,324	0,259	0,427	0,023	0,053
aus der Grauwacke:					
N	0,437	0,394	0,286	0,015	0,020
Ca O	0,626	0,428	0,585	0,014	0,015
Mg O	0,102	0,072	0,093	0,023	0,013
K ₂ O	0,239	0,235	0,140	0,027	0,040
P ₂ O ₅	0,053	0,034	0,034	0,007	0,008
aus dem Muschelkalk:					
N	0,319	0,254	0,060	0,024	0,032
Ca O	0,863	0,808	0,256	0,039	0,027
Mg O	0,102	0,044	0,289	0,016	0,014
K ₂ O	0,159	0,053	0,036	0,034	0,035
P ₂ O ₅	0,078	0,038	0,020	0,009	0,008
aus dem Basalt:					
N	0,378	0,213	0,122	0,014	0,021
Ca O	0,401	0,152	0,267	0,021	0,019
Mg O	0,197	0,149	0,148	0,016	0,019
K ₂ O	0,313	0,176	0,112	0,024	0,045
P ₂ O ₅	0,048	0,033	0,023	0,006	0,007

Noch schärfer wie in obigen Zahlen tritt die dem Gestein durch die Pflanzen entnommene Nährstoffmenge hervor, wenn man diese

mit der im Gestein enthaltenen Menge in Vergleich setzt und angibt, wie viel Prozent sie von jener ausmacht. Für den Kalk ergibt sich in dieser Weise berechnet folgendes Bild:

haben entzogen	Erbse		Bohne		Lupine	
	der Gesamtmenge	des in HCl lösli. Anteils	der Gesamtmenge	des in HCl lösli. Anteils	der Gesamtmenge	des in HCl lösli. Anteils
Buntsandstein .	1,473	2,833	1,175	2,261	2,469	4,748
Grauwacke . .	0,179	0,289	0,121	0,196	0,167	0,269
Muschelkalk . .	0,015	0,025	0,014	0,024	0,004	0,008
Basalt	0,029	0,260	0,016	0,144	0,009	0,081

haben entzogen	Gerste		Weizen	
	der Gesamtmenge	des in HCl lösli. Anteils	der Gesamtmenge	des in HCl lösli. Anteils
Buntsandstein . .	0,047	0,090	0,062	0,119
Grauwacke . . .	0,003	0,006	0,004	0,006
Muschelkalk . . .	0,001	0,001	0,004	0,001
Basalt	0,001	0,008	0,002	0,013

Fassen wir die Ergebnisse dieser Untersuchungen zusammen, so lehren sie ebenfalls, daß von den untersuchten Gesteinen der Buntsandstein seine Bestandteile am leichtesten an die Pflanzen abgibt. Auch vermochte HASELHOFF ferner nachzuweisen, daß „die Mengen der von den Pflanzen aufgenommenen Gesteinsbestandteile ähnliche Beziehungen zeigen, wie die durch die Atmosphärien gelösten Bestandteile“. Die vielen und eingehenden Vegetationsversuche, welche HASELHOFF außerdem mit den vier Versuchsgesteinen ausführte und welche hauptsächlich den Einfluß des Fruchtwechsels auf die Zersetzung der Gesteine klarstellen sollten, ergaben gleichfalls das in der nämlichen Richtung liegende Resultat, nämlich, daß der Buntsandstein auch hier am günstigsten gewirkt hat. Es dürfte sich also auch aus den neuen Arbeiten HASELHOFF's die leichtere Zugänglichkeit der im Buntsandstein enthaltenen Nährstoffe gegenüber denjenigen in den drei anderen Versuchsgesteinen ergeben¹.

¹ Es möge an dieser Stelle erlaubt sein zu bemerken, daß die seinerzeit von mir zur Feststellung der „verkittenden Bindemittelsubstanz“ beim Buntsandstein angewandte Methode (Auszug eines bestimmten Gesteinsanteils mit Salzsäure etc.) nicht auf andere Gesteine, wie dieses von Haselhoff geschehen ist, übertragen werden kann. Denn weder beim Basalt noch beim Muschelkalk kann von einem Bindemittel gesprochen werden.

Vom pflanzenphysiologischen Standpunkte könnte man gewiß mit diesem Erfolg zufrieden sein, doch scheinen die Ergebnisse der Pflanzenkulturversuche im unverwitterten Gestein noch von größerer Tragweite zu sein, wenn man ihre Resultate in kausale Beziehung zur Petrographie der Gesteine selbst zu setzen versucht. Denn es scheint nicht reiner Zufall zu sein, wie es die Beobachtungen zeigen, daß gerade die mit einem Bindemittel versehenen Gesteine ihre Nährstoffe leicht abzugeben vermögen. Buntsandstein und Grauwacke, zwei klastische Gesteine, deren Pflanzennährstoffreichtum, als allgemein anerkannt, für gering gilt, vermögen den Pflanzen mehr Nahrung darzubieten, wie der an Nährstoffen so reiche Basalt, der als eruptives Magma von homogener Beschaffenheit eines Bindemittels entbehrt und als der Muschelkalk, der als zoogenes Sediment ebenfalls kein solches aufzuweisen hat. Die im allgemeinen etwas geringer gefundenen Werte der Nährstoffaufnahme für Kalk und Kali aus der Grauwacke gegenüber Buntsandstein (nach HASELHOFF) lassen sich ungezwungen aus der größeren Bindemittelarmut der ersteren erklären und dürften auch darin eine Stütze finden, daß das Bindemittel der Grauwacken teilweise in kristalliner Ausscheidung festgelegt ist¹. Gewiß gehören die Buntsandsteinböden nicht zu den kräftigsten, doch müßte, wenn allein der Gehalt an Nährstoffen der Quantität nach hierfür ausschlaggebend wäre, ihr Verhältnis zur Pflanzenwelt noch ein weit unbefriedigenderes sein, als es tatsächlich ist. Daß dem aber nicht so ist, kann nur seine Ursache in der leichteren Zugänglichkeit der Nährstoffe für die Pflanzen, bedingt durch den stofflichen Aufbau und Anordnung der Muttergesteine in dieser Richtung, haben. Durch die Auffassung aber, daß die leichtere Zugänglichkeit der Nährstoffe in an Nährstoffen armen Gesteinen mit reichlichem Bindemittel eine Folge der Natur dieses Bindemittels ist, glaube ich, dem Verständnis dieser Erscheinung etwas näher zu kommen². Andererseits wird man aber auch nach diesem Vorgange

¹ Vergl. H. Rosenbusch, l. c. S. 393 und Credner, Elemente der Geologie, S. 115.

² Pettit und Tollens, die in einer ganz neuen Arbeit die leichtere Nährstoffaufnahme der Pflanzen aus Buntsandsteinböden gegenüber Lehm Böden ebenfalls beobachten konnten, glauben diesen Unterschied auf die mechanische Zusammensetzung dieser Böden zurückführen zu müssen. „Bei dem porösen Buntsandsteinböden begegnen die empfindlichen Wurzelhaare der Keimlinge nicht einem so großen Widerstand wie bei dem dicht zusammengedrängten Lehm Böden, folglich war ihre Entwicklung eine vollkommener auf dem Buntsandstein als auf dem Lehm. Die stärkere Wurzelentwicklung der jungen

die schnelle Verarmung solcher Böden an Nährstoffen leichter begreifen können, da, wenn der Nährgehalt der Bindemittel erschöpft ist, keine weitere Substanz diesen Verlust zu decken vermag. Nur das Kali kann in unserem Fall eine Ausnahme machen und „nachwachsend“ wirken, weil es in den zuweilen recht häufig auftretenden Feldspatbrocken der Sandsteine zum Teil seinen Sitz hat. Betrachtet man von diesem Gesichtspunkt aus die von WOHLTMANN¹ mitgeteilten Untersuchungsergebnisse über das Verhältnis der geologischen Herkunft eines Bodens und der von ihm aufgestellten chemischen Bonität zur Katasterbonität, so fällt namentlich die Tatsache auf, daß die bindemittelführenden Sandsteine, wie Grünsandstein, Kohlsandstein und Buntsandstein Böden von weit höherer Katasterbonität erzeugen, als nach ihrer petrographischen Beschaffenheit wie chemischen Bonität zu erwarten ist. Es dürfte nach dem Voraufgegangenen als sicher anzunehmen sein, daß diese Erscheinung eng mit dem Vorhandensein eines Bindemittels der Muttergesteine im Zusammenhang steht.

Aber auch in der Natur selbst sehen wir einen Vorgang vor unseren Augen sich vollziehen, der gleichfalls für die leichte Lösbarkeit der Nährstoffe unseres Sandsteins spricht. Das Auftreten des Ortsteins in den tieferen Schichten des Buntsandsteinbodens läßt uns die leichte Lösung und Wanderung der aus dem Bindemittel stammenden Stoffe erkennen. Nun ist zwar die Ortstein-

Pflanzen ermöglichte ein nachfolgendes besseres Wachstum des oberirdischen Teils, welches durch die immer mehr fortschreitende Entwicklung des Wurzelsystems begünstigt wurde. Bei dem Buntsandsteinboden war also eine größere Wurzelhaaroberfläche vorhanden als bei dem Lehm, und es war deswegen bei dem Buntsandstein eine größere Zahl der Bodenpartikel unmittelbar in Berührung mit den Wurzelhaaren, durch deren Tätigkeit ein Teil der in dem Bodenwasser unlöslichen Bodenbestandteile für die Pflanzen nutzbar gemacht werden kann.“ Diese Erklärung dürfte aus dem Grunde schon nicht ganz zureichend sein, weil der zu ihren Versuchen dienende Muschelkalkboden ebenfalls eine bessere Nährstoffausnutzung durch die gleichen Pflanzen gezeigt hat wie der Lehmboden, und der Muschelkalkboden wohl kaum auch eine „poröse“ Bodenbeschaffenheit gleich dem des Buntsandsteins aufgewiesen haben dürfte. Sodann teilen die Verfasser mit, und dieses dürfte wiederum für das Bindemittel sprechen, daß „obgleich der Muschelkalk mehr „Gesamt-P₂O₅“ als der Buntsandstein enthält, sein Gehalt an leicht löslicher P₂O₅ nur ungefähr ein Drittel von dem des Buntsandsteins“ beträgt, „und während der Lehm 2¹/₂mal soviel „Gesamt-K₂O“ als der Buntsandstein enthält, ist sein Gehalt an leicht löslichem K₂O nur ³/₄ von dem des Buntsandsteins.“ (J. H. Pettit, Ref. B. Tollens) „Beiträge zur Bodenanalyse“ Journal für Landwirtschaft. Bd. 17. 1909. S. 261 u. 262.

¹ Vergl. F. Wohltmann, „Das Nährstoffkapital West-Deutscher Böden.“ Bonn 1901.

bildung¹ nicht ausschließlich auf bindemittelführende Sandsteine beschränkt, denn wie schon das Auftreten desselben lehrt, sind seine häufigsten Vorkommnisse im norddeutschen Diluvium bekannt, in welchem von Sandsteinen überhaupt keine Rede sein kann. Hier sind es aber doch auch fast nur Sande allein, die diese für den Waldbau so unangenehme Erscheinung zeitigen, und ihr hoher Gehalt an leicht löslichen Eisenverbindungen, der aus dem bei ihrer Bildung entstandenen Aufbereitungsschutt primärer Gesteine stammt, gibt der Hauptsache nach die Veranlassung zur Entstehung des Ortsteins. Hier wie dort spielt aber die lösende Eigenschaft der Humussäuren die Hauptrolle. Nämlich überall dort, wo sich der Waldboden des Buntsandsteins mit einer Schicht von Rohhumus bedeckt, was unter gewissen Verhältnissen namentlich im Gebiete des mittleren Buntsandsteins der Fall ist, dort sind auch die Bedingungen zur Bildung des Ortsteins gegeben. Die sich aus dem Rohhumus bildenden Humussäuren wirken in Gemeinschaft mit Kohlensäure und Wasser energisch lösend auf die den Rohhumus direkt unterlagernden Gesteins- oder Bodenschichten ein, wodurch eine rasch fortschreitende Verwitterung derselben eingeleitet wird und eine beschleunigte Auswaschung des Bodens bzw. Gesteins erfolgt. Die lösende Einwirkung auf die Eisenverbindungen der oberen Lagen ist namentlich auf den Abschluß der Luft durch die Humusschicht zurückzuführen, denn da das Eisen des Bodens zunächst durch die Humussubstanzen zu leichtlöslichen Ferrosalzen reduziert wird und aus Mangel an oxydierender Luft nicht sogleich wieder in schwerlösliche Ferriverbindungen überführt werden kann, so geht dasselbe zunächst gelöst in den Untergrund, wo es erst später festgelegt wird. Denn nach dem Vorgang von A. MEYER² dringt in den trockenen Jahreszeiten der Luftsauerstoff ungehindert in die unteren Schichten ein und bringt dann die gelösten Stoffe zur Ausscheidung und Absatz, indem er die Humussäure durch Oxydation als unlösliches Ferrihumat ausfällt und dadurch die bis dahin lockeren Sande verkittet. Bei diesem Vorgang ist die geringe Menge von Feinerde, wie sie der mittlere

¹ E. Ramann, „Bodenkunde.“ S. 162—168. E. Ramann, Jahrb. d. preuß. geol. Landesanstalt 1885. K. v. Zimmermann, „Über die Bildung von Ortstein im Gebiet des nordböhmischen Quadersandsteins.“ Leipa 1904 und Graf Leiningen, „Bleisand und Ortstein am Peißenberg.“ Naturw. Zeitschrift f. Land- u. Forstwirtschaft. 1906. S. 214—217.

² Vergl. A. Meyer, „Bleisand und Ortstein.“ Landwirtschaftliche Versuchstation. Bd. LVIII. S. 88.

Buntsandsteinboden führt, von ganz besonderer Bedeutung¹, und durch ihn erklärt es sich, daß die eigentliche Ortsteinbildung auch nur in seinem Gebiete und nicht im oberen und unteren Sandstein vorkommt. Wie das Eisen, so werden auch die übrigen leichter löslichen Stoffe, wie Kali, Kalk, Magnesia und Phosphorsäure, in die unteren Schichten geführt und dortselbst ausgeschieden. Wir haben es demnach bei der Ortsteinbildung mit vier charakteristischen Schichten zu tun, erstens der Rohhumusschicht, zweitens der verwitternden und ausgewaschenen Schicht, die als Bleisand wegen ihrer hellen Färbung benannt wird, drittens der Schicht, in welcher die Ausscheidung stattfindet, dem Ortstein, und viertens, wenn man will, der unter diesem befindlichen normalen, von den genannten Einflüssen unberührten Schicht.

Ein solches typisches Profil für den mittleren Buntsandstein schildern SCHMIDT und RAU vom „Heinzelbergstraße“ im östlichen Schwarzwald. „Unter einem lichten, über 100jährigen Mischbestand von Forchen und Fichten breitet sich die bekannte Bodendecke des Schwarzwaldes aus: Heidekraut, Heidelbeerstauden, Adlerfarn und Moos. Solche Stellen des Waldes bezeichnet der Einheimische als hardtig. Im wesentlichen aus abgestorbenen Teilen dieser Pflanzen, daneben auch aus den abgefallenen Nadeln, Zweigen, Zapfchen und Rindfetzen der Bäume setzt sich eine 10—20 cm dicke dunkelbraune Rohhumusschicht zusammen, welche gegen unten weiße Sandkörner beigemischt enthält. Darunter folgt eine 20—45 cm mächtige lockere, ziemlich reine Sandschichte von ausgesprochen weißgrauer Farbe mit nur wenig rötlicher Tönung. Hierunter, also in einer Tiefe von 40—60 cm, ändert sich plötzlich die Farbe und Festigkeit des Bodens vollständig. Es kommt eine 20—50 cm umfassende rostrote bis rostbraune Lage von steinhart verkittetem Sandschutt, welcher nach der Tiefe allmählich an Härte abnimmt. Auch die Farbe ändert sich von oben gegen unten aus ihrem tiefen Rostrot in ein weniger auffallendes Braunrot und geht schließlich nach etwa $\frac{1}{4}$ bis 1 m in die mehr rosarote ursprüngliche Farbe des Buntsandsteinschuttes über.“²

Die Mächtigkeit der Bleisandzone beträgt nach K. REGELMANN³ im Schwarzwald im Gebiet des mittleren Buntsandsteins 30—60 cm, kann jedoch auch mitunter bis auf 80 und 100 cm anwachsen. Die

¹ Vergl. Regelmann, Erl. zu Bl. Obertal-Kniebis. S. 138.

² Schmidt und Rau, Erl. zu Bl. Freudenstadt. S. 76.

³ Vergl. K. Regelmann, Erl. zu Bl. Obertal-Kniebis.

Ortsteinschicht erreicht dagegen meist nur eine solche von 10—20 cm, schwillt aber wohl manchmal auch bis zu 50, ja 80 cm an.

Die chemische Seite des Vorganges erfahren wir u. a. durch Analysen von Ortstein nebst Bleisand und Untergrund aus dem Buntsandstein des Schwarzwaldes von M. HELBIG¹, welcher den in Salzsäure löslichen Anteil dieser Schichten bestimmte.

	Bleisand	Ortstein	Untergrund
K ₂ O	0,0244	0,0843	0,0746
CaO	0,0360	0,1110	0,0400
MgO	0,0229	0,1856	0,0465
Fe ₂ O ₃	0,1610	1,2575	0,2414
Al ₂ O ₃	0,3387	3,7219	0,5634
P ₂ O ₅	0,0153	0,0636	0,0340
Gesamtmenge . .	0,5983	5,4329	0,9999
Organ. Stoffe . .	2,2300	7,5200	1,1500

Die durch diesen Vorgang hervorgerufene physikalische Veränderung der Schichten erfahren wir aus diesbezüglichen Angaben REGELMANN'S².

Vorkommen: Sesterteich, nördlich Mitteltal.

Aus einer Tiefe von:	Bleisand 20—35	Ortstein 40—50	Normaler mittlerer Buntsand- steinschutt 80 cm
über 2 mm	6,8	5,6	4,6
„ 1 „	4,4	7,6	3,8
„ 0,5 „	9,0	12,0	16,4
„ 0,1 „	71,6	63,2	64,2
„ 0,05 „	5,0	6,0	5,6
„ 0,01 „	2,4	4,2	3,8
unter 0,01 „	0,8	1,4	1,6

Ferner teilt HORNEBERGER³ eingehende Untersuchungen über die Zusammensetzung von Bleisand- und Ortsteinbildungen im Buntsandsteingebiet des Kaufunger Waldes mit, die zur Ergänzung des bisher Mitgeteilten an dieser Stelle Platz finden mögen.

Die von ihm untersuchten Bildungen gehören ebenfalls dem mittleren Buntsandstein an und entstammen der nordöstlichen Abdachung des Kaufunger Waldes in etwa 300 m Höhe im Revier

¹ Vergl. M. Helbig, „Ortsteinbildung im Gebiete des Buntsandsteins.“ Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen, 1903. S. 273 und Graf Leiningen, l. c. S. 216.

² Vergl. Regelman, Erl. zu Bl. Obertal-Kniebis, S. 148. „Der Bleisand ist graulichweiß und reagiert mit NH₃ nicht auf Humusstoffe. Die Analyse des Ortsteins bezieht sich auf eine mit NH₃ behandelte Probe.“

³ Hornberger, „Ein Beitrag zur Kenntnis der Zusammensetzung von Buntsandsteinböden.“ Zeitschr. für Forst- u. Jagdwesen, Jahrg. 40, 1908, S. 94.

Kattenbühl. Sein Boden I war mit 10—15 cm Rohhumus und Moos bedeckt, unter welcher Schicht bis zu einer Tiefe von etwa 45 cm „ausgebleichter weißgrauer Sand mit z. T. großen Gesteinsbrocken“ folgte, „dann eine mechanisch ebenso beschaffene 15—20 cm mächtige Schicht mit braunen Ortsteineinlagerungen, darunter gelber Sand mit Steinen.“ Der Boden selbst trug zur Zeit der Probeentnahme 90jährigen Fichtenbestand. Sein Boden II war einer abgeholzten, kahl liegenden Fichtenfläche entnommen, er war von bindiger sandig-toniger Beschaffenheit, gemengt mit vielen und z. T. großen Gesteinsfragmenten.

Da die Ortsteinschicht nicht nur aus Ortsteinmaterial, sondern auch aus unveränderten Sandsteinbrocken und nicht durch Humus verkittetem, gelben Sand bestand, so wurden zu ihrer Untersuchung nur die braunen Brocken und Bröckchen herausgelesen, und die sie teils führenden braunen Steinkerne von ursprünglicher Härte des Sandsteins ebenfalls ausgeschieden, so daß nur braunes, mürbes Material, das durch das Feinerdesieb (2,7 mm) hindurchgeschlagen werden konnte, zur Analyse verwandt wurde. Für die mechanische Analyse wurde der Ortstein durch Ammoniak von seinen störenden Humussubstanzen befreit. Die chemische Analyse wurde derartig ausgeführt, daß die in kalter konzentrierter Salzsäure vom spez. Gew. 1,15, in heißer konzentrierter Salzsäure, in heißer konzentrierter Schwefelsäure und in Fluorwasserstoffsäure sich lösenden Teile der Stoffe einzeln nacheinander bestimmt wurden.

HORNBERGER'S mechanische Analyse ergab folgende Resultate, das Schlämmen geschah im SCHÖNE'Schen Apparat:

In % der Feinerde:

Steine und Kies über 2,7 mm %	Fein- erde unter 2,7 mm %	Sand					Tonbaltige Teile	
		sehr grober 2,7—1 mm	grober 1—0,5 mm	mittel- feiner 0,5—0,2 mm	feiner 0,2—0,1 mm	sehr feiner 0,1—0,05 mm	Staub 0,05—0,01 mm	feinste Teile unter 0—0,1 mm

Boden I.

Bleichsand	21,75	78,25	6,30	18,92	38,46	5,93	2,96	14,56	12,86
Ortstein	—	—	3,88	19,06	38,29	7,76	7,69	9,93	13,38
Untergrund	26,83	73,17	6,40	26,73	35,65	4,43	2,83	13,40	10,55

Boden II.

Oberboden	46,70	53,30	5,73	13,32	15,05	7,97	10,06	23,82	24,04
Untergrund	54,10	45,90	5,37	8,22	11,18	9,04	11,92	22,46	31,81

In % des Lufttrockenen Bodens:

Boden I.									
Bleichsand	21,75	78,25	4,93	14,80	30,09	4,64	2,32	11,39	10,06
Untergrund	26,83	73,17	4,68	19,56	26,08	3,24	2,07	9,80	7,72

Boden II.

Oberboden	46,70	53,10	3,05	7,10	8,02	4,25	5,36	12,70	12,81
Untergrund	54,10	45,90	2,46	3,77	5,13	4,15	5,47	10,31	14,60

Je 100 Teile der lufttrockenen Feinerde enthalten:

	Boden I.			Boden II.	
	Bleichsand	Ortstein	Untergrund	Oberboden	Untergrund
Glühverlust	4,433	10,669	2,366	4,434	3,908
Chem. geb. H ₂ O	0,003	0,843	0,768	1,542	2,317
Hygr. geb. H ₂ O	0,805	2,990	0,690	1,080	1,200
Humussubstanz	3,625	6,836	0,908	1,812	0,391
Stickstoff	0,063	0,123	0,023	0,050	0,021

a) in kalter konzentrierter Salzsäure wurden gelöst:

K ₂ O	0,008	0,012	0,011	0,015	0,037
Na ₂ O	0,007	0,008	0,006	0,011	0,013
CaO	0,011	0,012	0,011	0,012	0,020
MgO	0,004	0,024	0,048	0,048	0,097
Mn ₃ O ₄	0,002	0,032	0,010	0,115	0,050
Fe ₂ O ₃	0,060	1,435	0,513	0,995	1,624
Al ₂ O ₃	0,045	1,134	0,714	0,914	0,899
P ₂ O ₅	0,008	0,035	0,011	0,039	0,020
SO ₃	0,011	0,020	0,019	0,024	0,013
SiO ₂	0,010	0,006	0,005	0,007	0,008
	0,166	2,718	1,348	2,180	2,781

b) in heißer konzentrierter Salzsäure wurden gelöst:

K ₂ O	0,054	0,049	0,052	0,067	0,162
Na ₂ O	0,062	0,026	0,024	0,014	0,012
CaO	0,014	0,022	0,034	0,046	0,059
MgO	0,013	0,076	0,090	0,124	0,224
Mn ₃ O ₄	0,002	0,030	0,038	0,140	0,050
Fe ₂ O ₃	0,162	1,662	0,642	1,331	1,895
Al ₂ O ₃	0,207	1,560	1,245	2,075	2,738
P ₂ O ₅	0,014	0,047	0,026	0,052	0,031
SO ₃	0,013	0,037	0,026	0,031	0,016
SiO ₂	0,030	0,164	0,023	0,054	0,078
	0,571	3,673	2,200	3,934	5,265

c) durch heiße konzentrierte Schwefelsäure wurden aufgeschlossen:

K ₂ O	0,057	0,140	0,097	0,136	0,318
Na ₂ O	0,030	0,035	0,024	0,032	0,041
CaO	0,018	0,038	0,043	0,047	0,043
MgO	0,020	0,052	0,038	0,058	0,157
Al ₂ O ₃	1,077	2,528	1,680	3,383	6,093
SiO ₂	2,207	5,856	3,555	7,477	11,369
	3,409	8,649	5,437	11,133	18,021

d) durch Flußsäure wurden aufgeschlossen:

K ₂ O	0,267	0,390	0,400	0,640	0,875
Na ₂ O	0,340	0,225	0,165	0,300	0,390
Ca O	—	0,040	0,030	—	—
Mg O	—	0,035	—	—	—
Al ₂ O ₃	0,627	0,865	1,000	1,940	1,610
Si O ₂	90,552	75,719	88,282	78,068	70,291
	91,789	77,274	89,877	80,948	73,166
S/S	100,199	100,265	99,880	100,449	100,360

Folglich stellt sich die prozentische Gesamtmenge der einzelnen Bestandteile wie folgt:

Si O ₂	92,789	81,739	91,860	85,599	81,748
Al ₂ O ₃	1,911	4,953	3,925	7,398	10,441
Fe ₂ O ₃	0,162	1,662	0,642	1,331	1,895
Mn ₂ O ₄	0,002	0,030	0,038	0,140	0,050
Ca O	0,032	0,100	0,107	0,093	0,102
Mg O	0,033	0,163	0,128	0,182	0,381
K ₂ O	0,378	0,579	0,549	0,843	1,355
Na ₂ O	0,432	0,286	0,213	0,346	0,443
P ₂ O ₅	0,014	0,047	0,026	0,052	0,031
S O ₃	0,013	0,037	0,026	0,031	0,016
Glühverlust	4,433	10,669	2,366	4,434	3,908
S/S	100,199	100,265	99,880	100,449	100,360

Soweit überhaupt Schlüsse aus den mechanischen Analysen in der Richtung zu ziehen sind, lassen es dieselben als wahrscheinlich erkennen, daß sowohl Bleisand wie Untergrund bzw. normaler zugehöriger Boden dem Ortstein gegenüber reicher an größeren Bestandteilen und ärmer an feineren Teilchen sind. Der „Boden II“ zeigt, daß er infolge seines hohen Gehaltes an Staub und feinsten Teilen überhaupt nicht zur Ortsteinbildung befähigt ist. Die chemischen Analysen HELBIG's wie HORNBERGER's zeigen dagegen eine starke Anhäufung von organischer Substanz im Ortstein und gleichzeitig eine hiermit im Zusammenhang stehende erhebliche Vermehrung fast aller anderen Stoffe, was sowohl dem Bleisand als dem Untergrund gegenüber gilt. Der Untergrund führt selbstverständlich weniger organische Bestandteile als der Bleisand, doch die Menge seiner Mineralteile übertrifft die des Bleisandes ganz beträchtlich, steht aber der des Ortsteins andererseits nach, so daß bei der Gegenüberstellung dieser Befunde die Auslaugung des Bleisandes und die Anhäufung der gelösten Stoffe im Ortstein deutlich sichtbar wird. Ganz besonders interessant ist die leichte Lösbarkeit der Mineral-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg](#)

Jahr/Year: 1910

Band/Volume: [66](#)

Autor(en)/Author(s): Blanck Edw.

Artikel/Article: [Ueber die petrographischen und Bodenverhältnisse der Buntsandsteinformation Deutschlands. 408-505](#)