

# Mineralogische Untersuchungen an Sedimentgesteinen und Böden des südlichen Oberrheingrabens und der Schwarzwaldvorbergzone

## I. Mitteilung: Mineralbestand der Gesteine

von

Winfried E. Blum und Hansjosef Maus, Freiburg i. Br.

mit 1 Abbildung und 5 Tabellen

### Inhalt

1.	Einführung . . . . .	177
2.	Fundorte und stratigraphische Beschreibung . . . . .	180
3.	Untersuchungsmethoden . . . . .	180
3.1	Probenahme im Gelände . . . . .	180
3.2	Laboruntersuchungen . . . . .	180
3.21	Bestimmung des Kalk- und Dolomitgehalts . . . . .	180
3.22	Karbonaterzörung und Gewinnung des säureunlöslichen Gesteinsrückstands . . . . .	180
3.23	Korngrößenbestimmung und Gewinnung einzelner Fraktionen . . . . .	181
3.24	Mineralogische Untersuchung der Fraktionen $> 2 \mu$ . . . . .	181
3.25	Mineralogische Untersuchung der Fraktion $< 2 \mu$ . . . . .	181
3.26	Bestimmung organischer Gesteinsbestandteile . . . . .	183
4.	Ergebnisse . . . . .	183
4.1	Säurelösliche Gesteinsbestandteile (Kalk- und Dolomitgehalt) . . . . .	183
4.2	Säureunlösliche Gesteinsbestandteile . . . . .	185
4.21	Korngrößenverteilung und Schwermineralanteil . . . . .	185
4.22	Minerale der Fraktionen $> 2 \mu$ . . . . .	185
4.221	Leichte Minerale ( $d < 2,9$ ) . . . . .	185
4.222	Schwerminerale ( $d > 2,9$ ) . . . . .	186
4.23	Minerale der Fraktion $< 2 \mu$ . . . . .	189
4.24	Organische Gesteinsbestandteile . . . . .	193
5.	Diskussion . . . . .	193
5.1	Die marinen Sedimentgesteine der Trias, des Jura und des Tertiär . . . . .	193
5.2	Der Löß als äolisches Sedimentgestein des Quartär . . . . .	195
5.21	Typische Leitminerale in der Schwermineralfraktion des Lösses . . . . .	195
5.22	Bedeutung der Leitminerale für die Lößstratigraphie und Probleme der angewandten Geologie und Bodenkunde . . . . .	198
6.	Angeführte Schriften . . . . .	199

## Z u s a m m e n f a s s u n g

13 verschiedene Gesteinsproben triassischer, jurassischer, tertiärer und quartärer karbonathaltiger Sedimentgesteine des südlichen Oberrheingrabens und der Schwarzwaldvorbergzone wurden mineralogisch untersucht. Neben Kalk- und Dolomitgehalt wurden der Mineralbestand verschiedener Korngrößenfraktionen des säureunlöslichen Gesteinsrückstands sowie organische Gesteinsbestandteile bestimmt und im einzelnen näher beschrieben. Als Ergebnisse von besonderer Bedeutung seien genannt:

1. Verschiedene marine Sedimentgesteine der Badischen Fazies wurden erstmalig mineralogisch untersucht. Anhand der Ergebnisse wurden Rückschlüsse auf Sedimentationsbedingungen und Diagenese gezogen sowie Vergleiche mit anderen Faziesbereichen angestellt. Dabei zeigte sich im Tonmineralbestand eine auffallende Übereinstimmung mit der Schwäbischen Fazies.
2. Es wurden allgemeine Kriterien für Leitminerale in äolischen Sedimenten aufgestellt und somit in der Schwermineralfraktion des jüngsten Lösses 3 Leitminerale entdeckt. Dadurch konnte die Herkunft des Lösses eindeutig geklärt werden.
3. Bei Schwermineraluntersuchungen an Lössen außerhalb des Untersuchungsgebietes wurden Hinweise auf ein großräumliches Lößvorkommen einheitlichen Ursprungs im südwestdeutschen Raum gefunden. Die Bedeutung der entdeckten Leitminerale für die Lößstratigraphie sowie Probleme der angewandten Geologie und Bodenkunde wurde an Beispielen diskutiert.

## R é s u m é

13 échantillons différents de roches sédimentaires calcaires triassiques, jurassiques, tertiaires et quaternaires dans le Sud du fossé rhénan et ses versants sont étudiés par des méthodes minéralogiques. Le teneur en calcaire et en dolomite, les minéraux des fractions granulométriques différentes et le carbone organique du résidu insoluble en acides sont déterminés et décrits séparément. Notons les résultats les plus importants:

1. Il s'agit des premiers résultats obtenus par des analyses minéralogiques effectuées sur des roches sédimentaires marines de la faciès de Baden. Les résultats nous permettent de donner quelques conclusions sur les conditions de sédimentation et la diagenèse. Nous avons trouvé des argiles comparables à celles de la faciès de Württemberg.
2. En déduisant des critères généraux pour des minéraux caractéristiques dans des sédiments éoliens nous avons découvert parmi les minéraux lourds du loess 3 minéraux caractéristiques, qui nous permettent de dater définitivement l'origine du loess dans la région étudiée.
3. Par des recherches minéralogiques hors de notre région nous avons trouvé les mêmes minéraux caractéristiques qui indiquent une grande étendue du loess dans le Sud-Ouest de l'Allemagne provenant d'une même origine. Soulignant l'importance de ces minéraux caractéristiques pour l'analyse des profils du loess, nous avons discuté, en donnant des exemples, l'importance de ces minéraux pour la solution de beaucoup de problèmes de géologie appliquée et de pédologie.

## S u m m a r y

13 different samples from carbonate sedimentary rocks of the triassic, jurassic, tertiary and quaternary period in the upper Rhine valley and the eastern borderlands are analysed by mineralogical methods. The content of lime and dolomite, minerals of different size fractions and organic matter in the acid-insoluble residue are determined and described. We consider the following results to be of greater interest:

1. This is the first mineralogical analysis of different marine sedimentary rocks of the facies of Baden. It was possible to give some conclusions about conditions of sedimentation and diagenesis. The clay content corresponds to that of the facies of Württemberg.
2. By deriving general criteria for characteristic minerals in aeolian sediments, we could find in the fraction of heavy minerals of the loess 3 characteristic minerals, which give very good indications of the origin of loess in our region.
3. By further mineralogical investigations out of our region we found also these characteristic minerals, which indicate very large loessial deposits of one origin in southwestern Germany. The importance of these characteristic minerals for examinations of loess profiles and for resolving many problems of soil science and geology is discussed by giving examples.

## 1. Einführung

Bei der Untersuchung verschiedener Böden der Rendzina-Reihe auf triassischen, jurassischen, tertiären und quartären Karbonatgesteinen des südlichen Oberrheingrabens und der Schwarzwaldvorbergzone erwies es sich als notwendig, den Mineralbestand der bodenbildenden Gesteine näher zu kennzeichnen. Dabei standen zwei Fragen im Vordergrund:

1. Der Nachweis der vertikalen Homogenität des Ausgangsgesteins für die Bodenbildung, insbesondere die Erfassung evtl. Lößbeimengungen mit Hilfe einer Bilanzierung der Mineralfractionen.
2. Die Veränderung der Mineralfractionen der Ausgangsgesteine bei der Bodenbildung.

Da bisher nur sehr wenige mineralogische Untersuchungen von karbonathaltigen Sedimentgesteinen dieses Gebiets vorliegen, sollen in zwei Mitteilungen die Ergebnisse der bisher durchgeführten Analysen dargestellt werden.

In der vorliegenden ersten Mitteilung wird der Mineralbestand der untersuchten Gesteine näher beschrieben.

In der zweiten Mitteilung soll der Mineralbestand der Gesteine mit dem der untersuchten Böden verglichen werden.

Untersuchungsgebiet und Fundorte sind in Abb. 1 dargestellt.

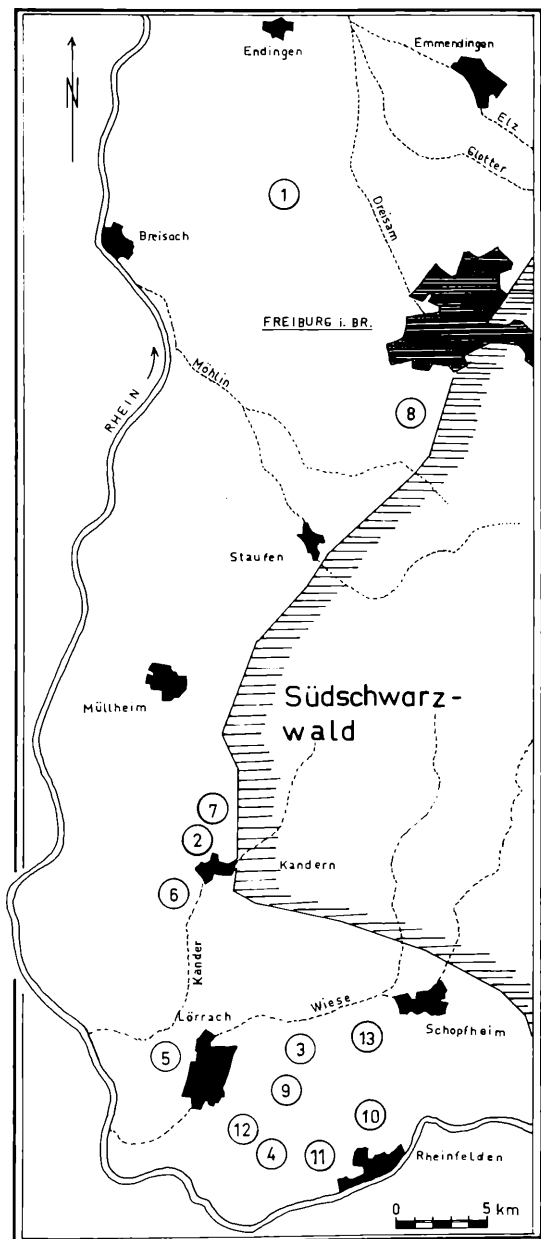


Abb. 1.  
Untersuchungsgebiet  
und Fundorte

Tabelle 1  
Fundorte und stratigraphische Beschreibung

Probe Nr.	Geologische Formation	Ort (Gemarkung/Gewann) Lage	Blatt 1:25 000	Geologische und bodenkundliche Karten und Beschreibungen
1	<i>Würmlöß</i>	Bötzingen/Seelenberg Höhe NN: 255 m	Eichstetten R 03580 H 26660	WIMMENAUER, HASEMANN & SCHREINER (1957) SCHMID & SCHREINER (1958)
2	<i>Würmlöß</i> , z. T. verlehmt	Feuerbach/Steineck Höhe NN: 528 m	Kandern R 99340 H 89960	SCHNARRENBERGER (1915)
3	<i>Würmlöß</i> , z. T. verlehmt	Brombach/Vogelhütte Höhe NN: 411 m	Schopfheim R 03220 H 76920	METZ & REIN (1957) ROEDIG (1964)
4	<i>Würmlöß</i> , z. T. verlehmt	Inzlingen/Ringlishalde Höhe NN: 408 m	Rheinfelden R 03620 H 72150	MOLL (1964) ROEDIG (1964)
5	<i>Tüllinger Kalk</i> O3T	Ötlingen/Giesinplatz Höhe NN: 451 m	Lörrach R 97580 H 89960	WITTMANN (1951)
6	<i>Malm</i> Rauracien ma <sub>2</sub>	Riedlingen/Suffert Höhe NN: 451 m	Kandern R 97560 H 86060	SCHNARRENBERGER (1915)
7	<i>Dogger</i> Hauptrogenstein dg <sub>5</sub>	Feuerbach/Steineck Höhe NN: 554 m	Kandern R 99320 H 90260	SCHNARRENBERGER (1915)
8	<i>Dogger</i> Hauptrogenstein dg <sub>5</sub>	Ebringen/Fusaacker Höhe NN: 498 m	Ehrenstetten R 11060 H 14620	STEINMANN & GRAEFF (1897) HASEMANN (1950)
9	<i>Lias</i> Lias $\alpha$ l $\alpha$	Lörrach/Mezelhöhe Höhe NN: 483 m	Schopfheim R 03100 H 75240	BUBNOFF (1912 a)
10	Mittlerer <i>Keuper</i> Obere bunte Mergel km <sub>3</sub>	Minseln/Gitzbühl Höhe NN: 419 m	Rheinfelden R 08080 H 73200	BUBNOFF (1912 a) BUBNOFF (1912 b) GENSER (1959)
11	Oberer <i>Muschelkalk</i> Trigonodusdolomit mo <sub>3</sub>	Herten/Hirschenleck Höhe NN: 520 m	Rheinfelden R 04660 H 70620	M. BRÜDERLIN, Geol. Inst. der Universität Freiburg, frdl. mündliche Mitteilung
12	Oberer <i>Muschelkalk</i> Trigonodusdolomit mo <sub>3</sub>	Inzlingen/Nasser Grund Höhe NN: 490 m	Rheinfelden R 01300 H 72020	TREFZGER (1925 a) TREFZGER (1925 b)
13	Oberer <i>Muschelkalk</i> Nodosuskalk mo <sub>2</sub>	Maulburg/Mauerhaldebuck Höhe NN: 495 m	Schopfheim R 08920 H 78100	BUBNOFF (1912 a)

## 2. Fundorte und stratigraphische Beschreibung

Die näheren Angaben zu den untersuchten Gesteinsproben sind in T a b. 1 zusammengestellt. Die Kennzeichnung der Proben entspricht der Numerierung in A b b. 1. Die Lößproben Nr. 2 bis 4 wurden vor allem zur vergleichenden Untersuchung der Schwermineralfractionen herangezogen.

## 3. Untersuchungsmethoden

### 3.1 Probenahme im Gelände

Die Gesteinsproben wurden dem unterhalb der Bodenprofile Anstehenden entnommen. Dabei wurde jeweils eine Lage von 20 bis 40 cm Mächtigkeit erfaßt und ca. 30 bis 50 kg Gestein aufbereitet.

### 3.2 Laboruntersuchungen

#### 3.21 Bestimmung des Kalk- und Dolomitgehalts

Der Kalk- und Dolomitgehalt wurde nach G. MÜLLER (1964) komplexometrisch bestimmt und die sonstigen säurelöslichen Bestandteile (Oxide, org. Substanzen u. a.) als Differenz zum ausgewogenen unlöslichen Rückstand berechnet. Parallel dazu durchgeführte DTA- und DTK-Bestimmungen erbrachten keine genaueren Ergebnisse.

#### 3.22 Karbonatzerstörung und Gewinnung des säureunlöslichen Gesteinsrückstands

Das frische Gestein wurde mechanisch grob vorzerkleinert und nach Mischung der Gesamtprobenmenge ein aliquoter Teil von ca. 8 bis 10 kg auf 2 mm gebrochen. Das dabei anfallende Mahlgut wurde durch Sieben in weitere Fraktionen zerlegt, um für die Karbonatzerstörung möglichst einheitliche Korngrößen zu erhalten.

Zur Gewinnung des säureunlöslichen Rückstands wurde eine s c h o n e n d e K a r b o n a t z e r s t ö r u n g durchgeführt. Dabei wurde das fraktionierte Mahlgut in 2-Liter-Bechergläsern mit H<sub>2</sub>O versetzt und das Wasser-Gesteins-Gemisch mit Elektrorührern aufgewirbelt. Danach erfolgte tropfenweise Zugabe von ca. 20prozentiger HCl. Durch Regulierung der Umdrehungszahl des Rührers, der Tropfgeschwindigkeit der Säure und durch die Einheitlichkeit der Korngrößen konnte der pH-Wert der Angriffslösung während der Karbonatzerstörung sehr genau reguliert werden. Er wurde laufend mittels Glaselektrode überprüft und auf pH 3,5 bis 4,0 konstant gehalten. Nach jeweils einer Stunde wurde die Lösung dekantiert und deren pH auf 6 bis 6,5 angehoben.

Zur Entfernung von Chloriden wurde der Rückstand wiederholt gewaschen und anschließend getrocknet und gewogen.

Auf diese Weise konnte bei gleichzeitiger Verwendung mehrerer Rührer der unlösliche Gesteinsrückstand innerhalb kürzester Zeit schonend gewonnen werden (vgl. SCHROEDER, 1952; YAALON, NATHAN, KOYUMDJINSKY und DAN, 1966).

### 3.23 Korngrößenbestimmung und Gewinnung der einzelnen Fraktionen

Die Korngrößenbestimmung des unlöslichen Rückstands erfolgte nach dem Pipettverfahren nach KÖHN (1928), vgl. KNICKMANN (1955), KÖSTER (1960) und SCHLICHTING-BLUME (1966). Bei der Doppelbestimmung wurde 0,01 n Na-Hexametaphosphat bzw. Na-Pyrophosphat als Dispergierungsmittel verwendet.

Die Gewinnung der einzelnen Fraktionen des Gesamtrückstands erfolgte durch Sieben bzw. Schlämmen nach ATTERBERG (1912), vgl. KNICKMANN (1955), KÖSTER (1960) und SCHLICHTING-BLUME (1966). Dabei wurde der Gesamtrückstand in folgende Fraktionen getrennt:  $< 2 \mu$ ,  $2 - 200 \mu$ ,  $> 200 \mu$ .

Außerdem wurde bei zwei Proben die Fraktion  $< 2 \mu$  an der Zentrifuge nach TANNER und JACKSON (1947) weiter fraktioniert:  $2 - 0,6 \mu$ ,  $0,6 - 0,2 \mu$ ,  $< 0,2 \mu$ .

### 3.24 Mineralogische Untersuchung der Fraktionen $> 2 \mu$

Um auftretende verkrustende Oxidhüllen, organische Substanzen sowie eventuelle restliche Tonhäutchen von den Mineraloberflächen der Fraktionen  $> 2 \mu$  zu entfernen, wurden diese einer Vorbehandlung unterworfen. Dabei wurde nochmals intensiv mit Na-Hexametaphosphat dispergiert, fraktioniert, anschließend mit 3prozentiger HCl behandelt und über dem Filter gewaschen. Die anschließende Abtrennung der Schwerminerale an der Zentrifuge erfolgte mit Tetrabromäthan ( $d = 2,9$ ) und einer von F. TABORSZKY im Mineralog. Inst. Freiburg i. Br. weiterentwickelten Trenneinrichtung<sup>1</sup>. Damit konnten auch noch Schwerminerale bis  $2 \mu$  Korngröße sauber abgetrennt werden. Die Schwerminerale wurden gewogen und in Prozent auf säureunlöslichen Gesteinsrückstand berechnet (vgl. Tab. 3).

Die Minerale der Fraktionen  $> 2 \mu$  wurden hauptsächlich auf optischem Wege untersucht. Für die quantitative Bestimmung der einzelnen Mineralanteile wurden durchschnittlich 2000 Körner je Präparat ausgezählt. Wegen der zum Teil sehr geringen Korngrößen erwies es sich als notwendig, fragliche Minerale zu isolieren bzw. mit verschiedenen Verfahren anzureichern und röntgenographisch zu bestimmen. Das Maximum der Korngrößenverteilung der untersuchten Mineralfraktionen lag bei allen Proben, bei einigen sogar ausschließlich, unterhalb  $60 \mu$ . Wir verweisen insbesondere auf die Bedeutung dieses Korngrößenbereichs für Mineraluntersuchungen an Lössen (vgl. SCHEFFER, MEYER und KALK, 1958).

### 3.25 Mineralogische Untersuchung der Fraktion $< 2 \mu$

Die nach dem Schlämmverfahren nach ATTERBERG gewonnene Suspension der Fraktion  $< 2 \mu$  wurde mit  $MgCl_2$  ausgeflockt, mehrmals gewaschen

<sup>1</sup> An dieser Stelle danken wir Herrn Dr. F. TABORSZKY für seine freundliche Unterstützung.

und anschließend einer kombinierten Dithionit-Citrat- und  $H_2O_2$ -Behandlung unterworfen, um Oxidhüllen und organische Substanzen zu entfernen (MEHRA und JACKSON, 1960; SCHWERTMANN, 1964 a; SCHLICHING-BLUME, 1966).

Die röntgenographische Bestimmung der Minerale an Pulver- und Texturpräparaten erfolgte mittels MÜLLER-MIKRO 111-Röntgengerät mit PHILIPS-Goniometer.

Die Texturpräparate wurden nach dem Verfahren DÜMLER und SCHROEDER (1964), durch Absaugen der Tonfraktion auf Keramikplatten, hergestellt. Die getrennte Untersuchung verschiedener Feintonfraktionen (vgl. Abschn. 3.23) brachte keine zusätzlichen Ergebnisse und wurde daher nicht bei allen Proben durchgeführt.

Die Texturpräparate wurden nach folgenden Behandlungen röntgenographisch untersucht: Mg-Belegung lufttrocken + Glycerin, K-Belegung lufttrocken + Glycerin, K-Belegung  $50^\circ C$ -trocken, K-Belegung  $50^\circ C$ -trocken + Glycerin sowie nach zweistündiger Aufheizung der K-belegten Präparate auf  $400^\circ$  bzw.  $550^\circ C$ . Aus der Veränderung der Basisreflexe wurde auf die qualitative und annäherungsweise auf die quantitative Zusammensetzung der Probe geschlossen. Zur Definition der einzelnen Minerale und deren röntgenographische Bestimmung aufgrund von Expansions- und Kontraktionsverhalten bei verschiedenen Behandlungen sei auf SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL (1966) und die dort zitierte weitere einschlägige Literatur verwiesen. Zu Definition der Minerale in Tab. 5 vergleiche SCHWERTMANN (1964 b) und die weiteren Ausführungen in Abschn. 4.23.

Als Maß für die quantitative Zusammensetzung der Fraktion  $< 2 \mu$  wurde die Impulsrate der Basisreflexe verwendet, wobei für Kaolinit zusätzlich Eichkurven herangezogen wurden. Hierbei sei auf die bisher noch bestehenden Unsicherheiten bei der quantitativen Bestimmung von Tonmineralen hingewiesen (vgl. BEUTELSPACHER und FIEDLER, 1963; VAN D. MAREL, 1966). — Es werden daher zur Zeit verschiedene Paralleluntersuchungen durchgeführt, deren Ergebnisse in einer späteren Arbeit veröffentlicht werden.

Neben den Texturpräparaten wurden auch Pulverpräparate nach Mg- und K-Belegung röntgenographisch untersucht. Durch Vergleich der Verschiebung der Reflexintensitäten zu höheren Winkelgraden hin konnten die an Texturpräparaten gewonnenen Aussagen überprüft werden. Insbesondere wurde versucht, den Gitteraufbau näher zu bestimmen, um damit auf Genese und Herkunft einiger Minerale schließen zu können.

Zur Erhärtung der semiquantitativen Angaben wurden zusätzlich an allen Proben DTA- und DTK-Bestimmungen durchgeführt und außerdem die Kationenumtauschkapazität nach MEHLICH (1948) gemessen (vgl. KNICKMANN, 1955; SCHLICHING-BLUME, 1966).



### 3.26 Bestimmung organischer Gesteinsbestandteile

Um den zum Teil erheblichen organischen Anteil der Gesteine zu erfassen, wurde der C-Gehalt der Fraktion  $< 2 \mu$  des säureunlöslichen Gesteinsrückstands durch trockene Verbrennung mit dem Gasanalysegerät „CARMOGRAPH 8“ der Firma WÖSTHOFF bestimmt.

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Säurelösliche Gesteinsbestandteile (Kalk- und Dolomitgehalt)

Von den säurelöslichen Bestandteilen wurde der Kalk- und Dolomitgehalt bestimmt. Die Werte sind in T a b. 2 dargestellt. Ein Vergleich mit den Untersuchungen von KAISER (1923) am Malm von Istein und dem Hauptrogenstein bei Herbolzheim ergibt eine gute Übereinstimmung in

Tabelle 2  
Säurelösliche Gesteinsbestandteile (Kalk- und Dolomitgehalt)

Probe Nr.	Formation	CaCO <sub>3</sub> %	CaMg (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> %	Gesamt- karbonat %	Unlös- Rückstd. %	Sonstige säurelös- Bestandteile (Oxide, org. Subst. u. a.) %
1	Löß	22,42	11,99	34,41	64,31	1,28
2—4	Löß	n. b.	n. b.	n. b.	s. Tab. 3	n. b.
5	03 T	97,69	< 0,1	97,69	1,26	1,05
6	ma <sub>2</sub>	99,09	< 0,1	99,09	0,28	0,63
7	dg <sub>5</sub>	95,48	< 0,1	95,48	3,82	0,70
8	dg <sub>5</sub>	97,60	< 0,1	97,60	1,76	0,64
9	l <sub>a</sub>	92,88	< 0,1	92,88	6,24	0,88
10	km <sub>3</sub>	24,28	34,63	58,91	40,40	0,69
11	mo <sub>3</sub>	8,51	88,61	97,12	2,13	0,75
12	mo <sub>3</sub>	4,88	93,04	97,92	1,17	0,91
13	mo <sub>2</sub>	72,16	23,89	96,05	3,14	0,81

den  $\text{CaCO}_3$ -Werten. Die Unterschiede bei den  $\text{MgCO}_3$ - bzw. Dolomit-Angaben rühren daher, daß wir es bei den von uns komplexometrisch bestimmten geringen Mg-Werten unterlassen haben, dieselben in Karbonate umzurechnen. Bei diesen geringen Anteilen liegt das Mg keineswegs ausschließlich als Karbonat gebunden vor. Dies wurde durch die DTA- und DTK-Bestimmungen bestätigt.

Bei der Bilanzierung von Gesamtkarbonat und ausgewogenem Rückstand ergab sich ein Fehlbetrag zu 100 Prozent, der den bei der Karbonatzerstörung in Lösung gegangenen Oxiden, organischen Substanzen und sonstigen säurelöslichen Anteilen entsprechen dürfte.

Tabelle 3  
Korngrößenverteilung und Schwermineralanteil des säureunlöslichen Gesteinsrückstands

Probe-Nr.	Formation	Säureunlösliche Gesteinsrückst. %	Schwermineralanteil > 2 $\mu$ in % v. säureunlösliche Gesteinsrückst.	Korngrößenverteilung in %				
				Ton < 2 $\mu$	Schluff 2—20 $\mu$	Feinsand 20—60 $\mu$	Grobsand 60—200 $\mu$	> 200 $\mu$
1	Löß	64,31	3,68	11,1	26,5	57,3	5,1	0
2	Löß	65,14	3,49	12,4	27,6	55,4	4,6	0
3	Löß	64,87	3,56	13,7	27,5	54,7	4,1	0
4	Löß	66,21	3,34	12,9	26,2	56,1	4,8	0
5	03T	1,26	0,02	54,6	22,8	13,4	9,2	0,01
6	ma <sub>2</sub>	0,28	0,33	49,5	19,7	15,6	14,3	0,9
7	dg <sub>5</sub>	3,82	0,44	53,4	20,7	11,4	9,2	5,3
8	dg <sub>5</sub>	1,76	0,09	61,6	21,7	12,3	4,4	< 0,01
9	l $\alpha$	6,24	0,30	62,7	21,4	15,4	0,5	< 0,01
10	km <sub>3</sub>	40,40	0,01	64,2	20,7	15,1	0	0
11	mo <sub>3</sub>	2,13	0,11	45,0	39,2	5,4	4,1	6,3
12	mo <sub>3</sub>	1,17	0,03	50,8	36,6	9,8	2,8	< 0,01
13	mo <sub>2</sub>	3,14	0,05	52,3	33,8	8,6	5,2	0,1

## 4.2 Säureunlösliche Gesteinsbestandteile

### 4.21 Korngrößenverteilung und Schwermineralanteil

In Tab. 3 ist der Anteil des unlöslichen Gesteinsrückstands in Prozent vom Gesamtrückstand dargestellt. Ebenso sind Korngrößenverteilung und Schwermineralanteil der Fraktionen  $> 2 \mu$  aus Tab. 3 zu ersehen.

Bei der geringen Anzahl untersuchter Proben je Formation scheint eine Interpretation einzelner Werte zunächst wenig sinnvoll. Deshalb sollen diese erst nach Darstellung aller Untersuchungsergebnisse zusammen diskutiert werden (vgl. Kap. 5).

### 4.22 Minerale der Fraktionen $> 2 \mu$

Die Ergebnisse der Untersuchungen der Fraktionen  $> 2 \mu$  sind in Tab. 4 aufgeführt. — Die leichten Minerale des Lösses wurden nicht bestimmt.

Die mineralogische Zusammensetzung der untersuchten Fraktionen wird im folgenden näher beschrieben.

#### 4.221 Leichte Minerale ( $d < 2.9$ )

##### Detritisch

**Quarz** Quarz tritt in verschiedenen Formen als detritischer Bestandteil der untersuchten Gesteine auf, teils gut gerundet und mit einer Eisenoxidhaut, teils nur kantengerundet oder ohne Abrollungserscheinungen in klar durchsichtigen oder milchigweißen Bruchstücken.

**Feldspat**: Feldspat wurde nur in den Proben 6 und 13 gefunden. Es handelt sich hier um kantengerundete Spaltstücke, die bereits äußerlich eine Zersetzung (vermutlich Serizitisierung) erkennen lassen.

**Kaolinit** Bei Röntgenaufnahmen der Fraktionen 2—20  $\mu$  wurden in den Proben 6, 7, 10, 11, 12 und 13 geringe Anteile Kaolinit gefunden (vgl. Kap. 4.23).

##### Authigen

**Quarz**: Quarz kommt in sehr vielen Proben als authigene Neubildung vor. Es handelt sich um maximal 150  $\mu$  lange Dihexaeder mit unterschiedlich lang ausgebildetem Prisma. Sie sind farblos und zeigen häufig Karbonat- und Toneinschlüsse. Nur die kleinsten Exemplare sind Einzelkristalle, mit zunehmender Größe überwiegen die Verwachsungen von zwei, drei und mehr Kristallen. Die Probe 11 enthält in der Grobsandfraktion fast nur igelförmige Konkretionen von authigen gebildetem Quarz.

**Feldspat**: In einigen Proben tritt authigen gebildeter Orthoklas auf. Es handelt sich um idiomorphe Kristalle von maximal 100  $\mu$  Länge. Sie sind farblos und häufig durch eingelagerte Tonpartikel getrübt. Die Kristalle sind tafelig nach (010) mit den Flächen (001) und (100); statt (100) können auch (1 $\bar{1}$ 0) und (110) auftreten; (10 $\bar{1}$ ) ist selten. Bei den größeren Kristallen

kann man nicht selten einen unregelmäßig begrenzten Kern feststellen, der wohl als Keimpunkt gedient hat. Dieser Kern ist häufig etwas getrübt und besitzt neben einer etwas höheren Lichtbrechung fast stets eine um geringe Winkelbeträge abweichende optische Orientierung. Die Röntgenaufnahme zeigt die Anwesenheit von Orthoklas und Albit. Der Kern besteht infolgedessen vermutlich aus (detritischem) Albit, während der Saum als authigene Bildung aus Orthoklas besteht (vgl. auch FÜCHTBAUER, 1950).

### Biogen

In einigen Proben tritt noch Quarz in Form von zerbrochenen Fossilien-schalen auf.

## 4.222 Schwerminerale ( $d > 2.9$ )

### Detritisch

**Erz** Unter dieser Bezeichnung sind alle im Körnerpräparat undurchsichtigen oder nur schwer durchsichtigen Minerale zusammengefaßt. In beinahe jeder Probe findet sich etwas Hämatit. Magnetit konnte mit dem Handmagneten in allen Schwermineralkonzentraten nachgewiesen werden. Ebenso ist Goethit stets vorhanden. Ilmenit konnte zwar nur in den Lößproben röntgenographisch bestimmt werden, scheint jedoch auch in den anderen Proben nicht selten vertreten zu sein.

**Turmalin** Turmalin tritt in allen untersuchten Proben auf, zum Teil jedoch nur in sehr geringer Menge. Es handelt sich stets um langsäulige Prismen und deren Bruchstücke. Blaugüne und graugüne Farbtöne herrschen bei weitem vor. Daneben wurden auch rein braune Farben beobachtet. Sogar Farbwechsel von braun nach grün sind nicht allzu selten. In solchen Fällen scheint der grüne Teil des Kristalls stets der ältere gewesen zu sein. Er ist voller Einschlüsse, die an der Grenze gegen den braunen Teil abrupt aufhören. Da diese Grenze in beliebiger Richtung zur c-Achse des Turmalins verläuft, darf wohl auf das Vorliegen eines Bruchstückes geschlossen werden. Der Dichroismus geht auch bei den sehr kräftig gefärbten Kristallen häufig bis zur Farblosigkeit.

**Zirkon** Der Zirkon ist stets farblos. Er tritt in gut ausgebildeten kurz- bis langprismatischen Kristallen, in abgerollten Formen und in Bruchstücken auf. Idiomorphe Formen sind etwa doppelt so häufig wie die Bruchstücke. Vielfach lassen sich verschiedene Wachstumsstadien an getrühten Kernen und Anwachssäumen erkennen.

**Granat** Soweit Granat in den Gesteinsproben auftritt, handelt es sich um einschlußfreie, meist farblose Bruchstücke. Die Löss enthalten daneben noch eine zweite Art von Granaten. Sie sind ebenfalls farblos bis schwach rötlich, führen aber stets helizitische Einschlüsse.

**Hornblende** Hornblende ist in den Gesteinen nur in sehr geringem Maße vertreten. Es handelt sich stets um eine grüne Hornblende, vermutlich Aktinolith, mit kräftigem Pleochroismus grün/blaugrün. Neben dieser grünen Hornblende führt der Löß noch zwei weitere Arten, nämlich Glaukophan mit kräftigem Pleochroismus blau/lila und Syntagmatit (?) mit deutlichem Pleochroismus hellbraun/dunkelolivbraun.

**Rutil**: Die idiomorphen Formen des Rutil variieren von stengelig bis dicksäulig. Dazu treten in gleicher Menge noch Bruchstücke. Die Farbe reicht von hellgelb bis dunkelbraungelb. Zwillinge sind nicht selten, wobei Herz-Zwillinge etwa doppelt so häufig auftreten wie Knie-Zwillinge. Eine Zwillingslamellierung nach (101) findet sich häufig bei den etwas dickeren Kristallen.

**Picotit** Picotit tritt nur in den Lössen auf. Es handelt sich stets um Fragmente, die deutlich muscheligen Bruch zeigen. Die Farbe schwankt zwischen gelb und gelbbraun bis rotbraun.

#### Au th i g e n

**Anatas** Fast alle untersuchten Gesteine enthalten authigen gebildeten Anatas in geringen Mengen. Lediglich in der Probe 12 besteht etwa die Hälfte des Schwermineralanteils aus Anatas. Es handelt sich stets um idiomorphe Kristalle von tafeligem Habitus mit den Flächen (001) und [111]. Statt der Bipyramide {111} kann auch in seltenen Fällen das Prisma [110] auftreten. Die Farbe variiert zwischen braungelb und graublau, wobei die gelben Farbtöne meist im Zentrum auftreten, die blauen dagegen stets in den zuletzt gewachsenen Partien. Nicht selten beobachtet man auch einen Zonarbau, der sich sowohl in der Farbe (gelb → blau) wie auch in der Farbintensität (hellgraublau → dunkelblaugrau) auswirkt. Unabhängig von diesem Zonarbau treten noch feinste Lamellen parallel (110) auf, die eine abweichende optische Orientierung besitzen, da sie unter gekreuzten Nicols bei der Betrachtung in der c-Richtung nicht mit dem Hauptkristall auslöschen.

**Goethit** Zum authigen gebildeten Goethit sind die vereinzelt auftretenden lockeren Goethitpakete zu zählen, die aus einzelnen kleineren Plättchen bestehen. Kompaktere Bildungen dürften als Pseudomorphosen von Goethit nach Pyrit anzusprechen sein.

Neben diesen Mineralen, die etwa 90 bis 95 Prozent der Schwermineralfraktion ausmachen, treten noch auf:

Glimmer, Pyroxen, Staurolith, Disthen, grüner Spinell, Titanit, Epidot und Apatit. Sie sind jedoch nur in sehr geringer Menge vorhanden und außerdem nicht charakteristisch, so daß auf eine Auszählung dieser Komponenten verzichtet wurde.

Tabelle 4

Schwere und leichte Minerale der Fraktionen  $> 2 \mu$  des säureunlöslichen Gesteinsrückstands

Probe-Nr.	Geol.-Formation	Schwere Minerale ( $d > 2,9$ ) in %								Leichte Minerale in %	
		Erz	Turmalin	Zirkon	Granat	Anatas	Rutil	Hornblende	Picotit	Feldspat	Quarz *
1	Löß	37	5	6	14	1	22	13	1	n. b.	n. b.
2	Löß	38	5	7	12	2	23	12	1	n. b.	n. b.
3	Löß	37	6	6	11	1	22	16	1	n. b.	n. b.
4	Löß	36	5	6	13	1	23	15	1	n. b.	n. b.
5	O3 T	50	12	20	3	Sp.	15	—	—	2	x
6	ma <sub>2</sub>	82	4	6	4	Sp.	4	—	—	1	x
7	dg <sub>5</sub>	74	6	6	Sp.	—	14	—	—	1	x
8	dg <sub>5</sub>	66	9	7	3	1	14	Sp.	—	—	x
9	l $\alpha$	65	15	10	—	Sp.	10	—	—	1	x
10	km <sub>3</sub>	58	14	8	—	Sp.	19	Sp.	—	3	x
11	mo <sub>3</sub>	92	1	5	—	1	1	—	—	—	x
12	mo <sub>3</sub>	19	Sp.	8	2	50	16	5	—	3	x
13	mo <sub>2</sub>	45	5	25	10	Sp.	15	—	—	2	x

\* Der Quarz wurde nicht quantitativ bestimmt, wenn vorhanden, so durch x gekennzeichnet. Sp = Spuren.

#### 4.23 Minerale der Fraktion $< 2 \mu$

Der Mineralbestand der Fraktion  $< 2 \mu$  ist aus Tab. 5 ersichtlich. Auf die methodischen Schwierigkeiten bei der quantitativen Bestimmung wurde schon früher hingewiesen. Die Ergebnisse der röntgenographischen Auswertung stimmen jedoch mit den DTA- bzw. DTK- sowie den Werten der Kationenumtauschkapazitäts-Bestimmungen sehr gut überein, so daß durch diese Paralleluntersuchungen die Werte als ausreichend gesichert angesehen werden können.

Der Tonmineralbestand des Lösses weist eine von den bisher bekannten Analysen wenig abweichende Zusammensetzung auf (vgl. SCHROEDER, 1955; BEUTELSPACHER, MÜCKENHAUSEN, FLAIG und FIEDLER, 1966; BRONGER, 1966; BRONGER, GRAF VON REICHENBACH und SCHROEDER, 1966). Der überwiegende Anteil besteht aus Glimmern bzw. Illiten sowie geringen Anteilen Kaolinit, Chlorit, Montmorillonit und unregelmäßigen Wechsellagerungsmineralen (vgl. Tab. 5).

Der Tonmineralbestand der übrigen, sehr verschiedenen stratigraphischen Einheiten zeigt eine auffallend gleichförmige Zusammensetzung. Die in Tab. 5 dargestellten Ergebnisse können wie folgt zusammengefaßt werden:

1. Der weitaus überwiegende Anteil der Tonfraktion aller Gesteine besteht aus Illit.
2. Die übrigen Mineralanteile variieren oder sind wie Chlorit und Montmorillonit kaum vertreten. Jedoch zeigen sich folgende Tendenzen:
  - a) der Kaolinitanteil nimmt in den jüngeren Sedimenten stark zu,
  - b) gleichzeitig erhöht sich der Anteil an Wechsellagerungsmineralen und Mineralen, die durch Illitumwandlung entstehen können, wie Vermiculit, Montmorillonit und Chlorit, bei letzteren jedoch weniger deutlich ausgeprägt.

Im folgenden werden die einzelnen Minerale näher beschrieben.

#### K a o l i n i t

Der Kaolinit wurde durch die Basisinterferenzen (001) = 7,16 Å und (002) = 3,56 Å identifiziert, die nach K- und Glycerinbehandlung unverändert bleiben, sowie durch den (060)-Reflex, der bei den verschiedenen Proben zwischen  $d = 1,493$  und  $1,489$  Å lag. Wegen des untergeordneten Auftretens von Kaolinit in den meisten Gesteinen war es nur bei den Proben 5 bis 8 möglich, dessen strukturellen Aufbau näher zu bestimmen. In Anlehnung an BROWN (1961) wurden die  $(1\bar{1}1)$  und  $(1\bar{1}\bar{1})$ -Reflexe bei  $d = 4,18$  bzw.  $4,13$  Å sowie die Ausbildung der Reflexintensitäten in Richtung höherer Winkelgrade bei k-Werten von 1 und 2 in den Bereichen  $d = 3,5 - 2,5$  Å und  $2,2 - 1,9$  Å untersucht. Dabei zeigte sich, daß alle Kaolinite gut kristallisiert waren und keine feststellbaren Fehlordnungen aufwiesen.

Eine Verwechslung mit Chlorit konnte durch Erhitzungstests an Texturpräparaten ausgeschlossen werden, ebenso durch Vergleich der (003)- bzw. (006)-Reflexintensitäten beider Minerale bei  $d = 2,383 \text{ \AA}$  (vgl. BROWN, 1961).

### Illit

Der erste Basisreflex des Illits lag bei  $d = 9,9 - 10,0 \text{ \AA}$  und damit im Bereich von reinem, synthetischem Muskovit (vgl. YODER und EUGSTER, 1955). Aus dem (060)-Reflex bei  $d = 1,503 \text{ \AA}$  konnte bei Ausschluß koinzidierender Quarzreflexe sein dioktaetrischer Charakter erkannt werden (vgl. JASMUND, 1955). Trotz dem stärkeren Anteil an Wechsellagerungsmineralen wurde beim Vergleich der Basisintensitäten (001), (002) und (003) wahrscheinlich, daß in den Oktaederpositionen überwiegend Al auftritt. Eine Ausnahme scheint der  $\text{km}_3$  mit einem stärkeren Fe-Anteil zu bilden. Beim Vergleich mit den von YODER und EUGSTER (1955) angegebenen Indices für verschiedene Muskovitmodifikationen, die bei Auftreten oder Fehlen bestimmter Reflexe insbesondere im Bereich von  $d = 4,5 - 2,5 \text{ \AA}$  eine genauere Identifizierung ermöglichen, wurde in den von uns untersuchten Proben die stabile Hochtemperaturform der Modifikation 2 M gefunden. Dies würde bedeuten, daß der in den marinen Sedimentgesteinen vorkommende Illit nicht authigen im Sediment entstanden sein kann, sondern detritischen Ursprungs ist.

### Unregelmäßige Wechsellagerungsminerale

Bei den Mg-belegten und Glycerin-gesättigten Texturpräparaten zeigte sich zwischen  $d = 10 - 14 \text{ \AA}$  eine breite Reflexbande mit einem Maximum zwischen  $d = 11,8 - 12,8 \text{ \AA}$ , die bei K-Belegung (lufttrocken) und anschließender Glycerinbehandlung kontrahierte, wobei die  $10 \text{ \AA}$ -Basisinterferenz deutlich zunahm. Dabei dürfte es sich bei diesen Mineralien um Illite verschiedener Umwandlungsstufen mit randlich bis völlig aufgeweiteten Schichten in unregelmäßiger Wechsellagerung vom Typ Illit-Vermiculit bzw. Montmorillonit handeln (vgl. SCHWERTMANN, 1964 b; SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL, 1966). Ihr quantitativer Anteil wurde aus der Intensitätsdifferenz des  $10 \text{ \AA}$ -Reflexes nach Mg- + Glycerin- und K- + Glycerin-Behandlung bestimmt (vgl. DÜMLER und SCHROEDER, 1965).

### Vermiculit

Bei einem Teil der untersuchten Proben zeigte sich nach Mg-Belegung und Glycerinsättigung ein Reflex bei  $d = 14,0 - 14,2 \text{ \AA}$ , der jedoch nur bei Probe 10 sehr scharf ausgeprägt war. Dieser verschwand bei K-Belegung und Trocknung bei  $50^\circ \text{ C}$  vollständig bei gleichzeitiger weiterer Verstärkung des  $10 \text{ \AA}$ -Reflexes. Bei nachträglicher Glycerinbehandlung erfolgte keine Aufweitung. Daraus wird auf das Vorliegen eines durch Glimmerumwandlung entstandenen Vermiculits geschlossen (vgl. SCHWERTMANN, 1964 b).

### Montmorillonit

Der Montmorillonit wurde durch seine Aufweitbarkeit auf  $d = 18 \text{ \AA}$  bei Glycerinsättigung Mg-belegter Präparate bestimmt. Während die



Probe 1 einen deutlichen 18-Å-Reflex zeigte, war bei Probe 5 nur ein breites Reflexband mit einem schwachen Maximum bei  $d = 17,6 - 18 \text{ \AA}$  festzustellen. Schon bei K-Belegung  $50^\circ$ -trocken verschwand dieses vollständig unter Bildung einer breiten Bande zwischen  $d = 10 - 14 \text{ \AA}$ , die auch bei nachträglicher Glyzerinbehandlung keine Aufweitbarkeit mehr zeigte. Der Montmorillonit der Probe 1 kontrahierte bei  $K-50^\circ$ -Behandlung nur unvollständig auf ca.  $14 \text{ \AA}$ , wobei sich dieser Reflex bei nachträglicher Glyzerineinlagerung noch deutlich verstärkte. Dieses ungleiche Kontraktions- bzw. Expansionsverhalten deutet auf eine verschiedene Gesamtladung hin, insbesondere in den tetraedrischen Anteilen, was auf eine verschiedene Herkunft beider Minerale schließen läßt (vgl. SCHWERTMANN, 1961 und 1962). Der Montmorillonit des tertiären Kalksteins (Probe 5) dürfte demnach durch Glimmerumwandlung entstanden, der des Lösses (Probe 1) anderer Herkunft sein (vgl. Kap. 5).

### Chlorit

Der Chloritanteil wurde durch die Veränderung der Basisinterferenzen nach Erhitzung der K-belegten Präparate auf  $550^\circ$  bestimmt (vgl. auch Beschreibung des Kaolinitis).

Aus dem Fehlen eines (060)-Reflexes im Bereich von  $d = 1,53 - 1,54 \text{ \AA}$  und einem deutlich sichtbaren Reflex bei  $d = 1,503 \text{ \AA}$  wurde geschlossen, daß es sich um ein dioktaedrisches 4-Schicht-Phyllosilikat handelt. Dies dürfte für die Herkunft und Genese des Chlorits in den marinen Sedimenten von Bedeutung sein.

Aus der Zusammenfassung der in Tab. 5 dargestellten Ergebnisse, der Beschreibung der einzelnen Minerale sowie unseren bisherigen Kenntnissen über die Umwandlungsprozesse des Glimmers bzw. Illits (vgl. SCHWERTMANN, 1964 b) kann für die marinen Sedimentgesteine abgeleitet werden, daß außer dem Kaolinit alle übrigen Minerale direkte Glimmer- bzw. Illit-Abkömmlinge sind. Als Ausgangsmineral für den Illit und seine Umwandlungsprodukte dürfte ein Muskovit mit dioktaedrischem Charakter und der 2 M-Modifikation in Frage kommen.

Eine diagenetische Neubildung von Kaolinit, z. B. durch Feldspatzerfall, ist wenig wahrscheinlich. Hierzu wären zeitweise saure Porenlösungen notwendig gewesen, wie sie bei terrestrischen, allenfalls lakustrischen, nicht jedoch bei marinen Sedimenten auftreten konnten (vgl. MILLOT, 1949). Es wird daher angenommen, daß auch der Kaolinit detritischen Ursprungs ist (vgl. auch Feldspatneubildung Abschn. 4.221).

Damit könnte aus der parallelen Zunahme von Kaolinit und Glimmer- bzw. Illit-Abkömmlingen in den jüngeren stratigraphischen Einheiten auf eine stärkere Verwitterungstendenz auf dem anliefernden Festland geschlossen werden, wobei das Auftreten von Illiten und dessen verschiedenen Umwandlungsstufen durch eine nachträgliche K-Kontraktion, je nach vorlie-

Tabelle 5

Tonmineralgehalt und organisch gebundener Kohlenstoff der Fraktion  $< 2 \mu$  des säureunlöslichen Gesteinsrückstands

192

Probe Nr.	Forma- tion	Kaolinit	Illit	unregelm. Wechsell. Illit/Vermiculit bzw. Illit/Montmorillonit	14 Å-Minerale		18 Å-Minerale	org. gebundener Kohlenstoff C  in %
					Vermi- culit	Chlo- rit	Montmorillonit	
1	Löß	+	++++	+		+	++	n. b.
2-4	Löß				n i c h t b e s t i m m t			n. b.
5	03T	++	++++	++	+		+	12,88
6	ma <sub>2</sub>	+++	+++	++	+	+		4,72
7	dg <sub>5</sub>	+++	++++	++	+			3,10
8	dg <sub>5</sub>	+++	++++	++				4,10
9	l <sub>a</sub>	++	++++	+				2,89
10	km <sub>3</sub>	+	++++	+		++		1,12
11	mo <sub>3</sub>	+	++++					3,50
12	mo <sub>3</sub>	+	++++	+				5,53
13	mo <sub>2</sub>	+	++++	+				2,88

+ sehr wenig (0—10%)

++ wenig (10—30%)

+++ viel (30—50%)

++++ sehr viel (&gt; 50%)

gendem Umwandlungsgrad, im stärker K-haltigen Meerwasser erklärt werden könnte (vgl. auch WEAVER, 1958, und BLEICH, 1965). Möglicherweise dürfte hierbei auch eine K-Kontraktion sog. sekundärer Chlorite (diokt. 4-Schicht-Phyllosilikate; vgl. SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL, 1966, S. 59 bzw. 67) nach Lösung blockierender  $(Al, Fe)_x(OH)_y$ -Schichten in stärker alkalischem Milieu von Bedeutung sein.

Das gleichbleibende Verhältnis von Kaolinit zu 10 Å-Mineralen innerhalb verschiedener Sedimentgesteine (vgl.  $d_{g_5}$  und  $m_{o_3}$ ), bestimmt an den 400°-erhitzten K-belegten Präparaten, spricht ebenfalls für diese Annahme.

#### 4.24 Organische Gesteinsbestandteile

Obwohl die folgenden Ausführungen streng genommen nicht in das Gebiet der mineralogischen Untersuchungen gehören, sei trotzdem kurz auf den Anteil der untersuchten Gesteine an organisch gebundenem Kohlenstoff eingegangen. In Tab. 5 sind die prozentualen Anteile des organischen C der Fraktion  $< 2 \mu$  aufgeführt. Dabei ist zu betonen, daß je nach Zusammensetzung dieser organischen Substanzen die wahren Gewichtsprozent bedeutend höher liegen können, da der Kohlenstoff nur einen Teil der organischen Substanzen ausmacht. Außerdem dürften bei der Karbonaterstörung mehr oder weniger große Verluste je nach säurelöslichen Anteilen der organischen Substanzen eingetreten sein, so daß die Angaben nur vergleichbare Anhaltswerte darstellen können. Über weitere Untersuchungen an diesen organischen Gesteinsanteilen (Fraktionierung bei verschiedenen pH-Stufen, u. a.) wird in einer späteren Arbeit berichtet.

Beachtenswert sind die hohen Gehalte an organischen Substanzen im Tüllinger Kalk (Probe 5), worüber schon WITTMANN (1951) berichtet, und im  $ma_2$  (Probe 6), was KAISER (1923) bei seinen Gesteinsanalysen erwähnt, ohne jedoch Analysendaten zu nennen.

### 5. Diskussion

Trotz der vorliegenden geringen Anzahl untersuchter Gesteinsproben können aus den Analysenwerten einige Rückschlüsse gezogen und gewisse allgemeine Beziehungen abgeleitet werden. Da die einzelnen Analysenwerte in ihrer Aussagekraft je nach Genese der Sedimente, marin oder terrestrisch (bzw. äolisch), eine sehr verschiedene Wertigkeit besitzen, erscheint es sinnvoll, die Ergebnisse der untersuchten marinen Sedimente und des äolisch gebildeten Lösses getrennt zu diskutieren.

#### 5.1 Die marinen Sedimentgesteine der Trias, des Jura und des Tertiär

Ausgehend von den Sedimentationsbedingungen bei der Entstehung mariner Sedimente, insbesondere den Transportentfernungen verschiedener

Korngrößen, bzw. Minerale, die nur in bestimmten Korngrößenbereichen vorkommen, unterscheiden wir zwei Gruppen:

#### Die Tonfraktion $< 2 \mu$

Sie kann die weitesten Transportentfernungen überbrücken und dürfte somit über längere Sedimentationszeiten hinweg einen konstanten Faktor darstellen. Daher erlaubt sie weiträumige Vergleiche mit anderen Faziesbereichen und gibt bei genaueren Untersuchungen auch Aufschluß über Herkunft und Genese verschiedener Minerale sowie über Verwitterungsbedingungen anliefernder Festlandsmassen.

Die Einheitlichkeit des Tonmineralbestands der verschiedenen Formationen und die auffallende Übereinstimmung beim Vergleich der Ergebnisse in Tab. 5 mit Untersuchungen des Schwäbischen Fazies (KNOBLAUCH, 1963; KROMER, 1963; PAPENFUSS, 1965) macht dies besonders deutlich. Insbesondere sei auf die Untersuchungen von PAPENFUSS (1965) verwiesen, der in allen Sedimenten der Schwäbischen Fazies ebenfalls überwiegend Illite und im Jura eine starke Zunahme des Kaolinitanteils festgestellt hat.

Unsere Annahme bezüglich veränderter Verwitterungsbedingungen auf den anliefernden Festlandsmassen während der Genese der jüngeren Sedimente wird neben den Tonmineralwerten auch durch eine Zunahme an „Erzen“, insbesondere von Hämatit, in der Schwermineralfraktion der Sedimente gestützt (vgl. Tab. 4).

#### Die Fraktionen $> 2 \mu$

Die Korngrößenfraktionen  $> 2 \mu$ , insbesondere die Feinsand-, Grobsand- und Schwermineralfraktion, letztere wegen ihres höheren spezifischen Gewichts, besitzen aufgrund ihrer kürzeren Transportdistanz eine mehr lokale Bedeutung. Dieser Zusammenhang wird in den verschiedenen Korngrößenverteilungen der untersuchten Formationen (vgl. Tab. 3) besonders deutlich. Aus demselben Grund waren auch größere Unterschiede in der Schwermineralführung der verschiedenen stratigraphischen Einheiten zu erwarten, was aus Tab. 4 ersichtlich wird.

Der hohe Anteil an gröberen Korndurchmessern und Schwermineralen dürfte daher auf litorale Sedimentationsbedingungen hinweisen. In dieser Hinsicht sind die Werte des  $dg_5$  Schönberg (Probe 8) und Kander (Probe 7) besonders interessant. Der säureunlösliche Rückstand, Schwermineral- und Grobsandanteil nimmt im selben Faziesbereich des Untersuchungsgebiets von Norden nach Süden zu, der Tonanteil dagegen ab, was mit den Angaben von SINDOWSKY (1936 a und 1936 b) gut übereinstimmt. Im  $mo_3$  ist innerhalb der Fazies (vgl. Tab. 1) vertikal von unten nach oben eine ähnliche Tendenz festzustellen. Insbesondere scheint die Rotfärbung im obersten Faziesbereich des  $mo_3$  auf ein hohes Oxydationspotential bei der Sedimentation, also auf flaches Wasser, hinzudeuten, was

sich auch in der starken Zunahme an Fe-Oxiden ausdrückt (vgl. Erzanteil der Schwermineralfraktion in Tab. 4). — Diese Annahmen erfahren durch die Tonmineralbestimmungen eine gewisse Bestätigung.

Mit Ausnahme der Interpretationen einiger Untersuchungsergebnisse des Hauptrogensteins und Oberen Muschelkalks sind weitere Rückschlüsse aufgrund der geringen Anzahl untersuchter Proben je Formation wenig sinnvoll. Wir beschränkten uns daher auf einige weiterführende Überlegungen, soweit dies anhand der Ergebnisse interessant erschien.

## 5.2 Der Löß als äolisches Sedimentgestein des Quartär

Im Gegensatz zu den marinen Sedimenten zeigt der Löß ein völlig anderes Korngrößenspektrum. — Seine gleichförmige Ausbildung im gesamten Untersuchungsgebiet ist aus der Verteilung der Korngrößen und Schwerminerale im säureunlöslichen Rückstand (vgl. Tab. 3) sowie der Schwermineralzusammensetzung (vgl. Tab. 4) ersichtlich (s. a. MEIGEN und SCHERING, 1914).

### 5.21 Typische Leitminerale in der Schwermineralfraktion des Lösses

Das Ziel unserer Untersuchungen war, Herkunft und Verbreitung des jüngsten Lösses im Untersuchungsgebiet mit Hilfe von Leitmineralen zu bestimmen. Für diese Leitminerale wurden vier verschiedene Kriterien aufgestellt, die sich aus unserer speziellen Fragestellung ergaben (vgl. Kap. 1). Dabei wurde insbesondere der Zusammenhang zwischen Korngrößenverteilung und Entstehung äolischer Sedimente sowie Verwitterungszustand und Verbreitung der heutigen Lößvorkommen berücksichtigt, was im folgenden näher erläutert wird.

Aufgrund seiner äolischen Entstehung liegt das Maximum der Korngrößenverteilung des Lösses mit über 80 Prozent zwischen  $2 - 60 \mu$ . Die Fraktionen  $< 2 \mu$  mit ca. 10 bis 14 Prozent und  $> 60 \mu$  mit ca. 5 bis 6 Prozent sind nur von untergeordneter Bedeutung (vgl. Tab. 3). Will man daher Ursprung und Verteilung des Lösses großräumlich untersuchen, so sind vor allem diejenigen Fraktionen entscheidend, die die weitesten Transportentfernungen zurücklegen können.

Daß hierbei die Untersuchung der Tonfraktion  $< 2 \mu$  bei der Frage nach Herkunft und Verbreitung des Lösses jedoch kaum Anhaltspunkte liefern kann, hat mehrere Gründe:

- Die Verbreitung dieser Feinstfraktion konnte über sehr große Entfernungen erfolgen und damit petrographisch bedingte Grenzen überbrücken.
- Der überwiegende Teil dieser Feinstsedimente ist quantitativ schwierig zu bestimmen und außerdem, abgesehen vom Kaolinit, wenig witterungsstabil.

— Die Tonminerale entstanden vor allem aus Primärmineralen, die in den meisten Gesteinsarten unseres Raumes vorkommen können (Glimmer, Feldspäte u. a. Minerale).

Diese Annahmen werden durch die auffallend übereinstimmenden Ergebnisse von Tonmineraluntersuchungen im gesamten deutschen Raum bestätigt, so daß geringe örtliche Unterschiede nur im Zusammenhang mit anderen Analysen diagnostische Hinweise liefern können. Unsere Tonmineralbestimmungen haben in dieser Hinsicht gewisse Aussagemöglichkeiten, wobei insbesondere der höhere Anteil an Montmorillonit von Bedeutung sein dürfte (vgl. Tab. 5 und Abschn. 4.23). — Ein weiterer Hinweis für die Richtigkeit unserer Annahme ergibt sich aus Tonmineraluntersuchungen an Lößvorkommen außerhalb Europas. So wurde z. B. in karbonathaltigen Lössen Israels von YAALON (1955) ebenfalls überwiegend Illit, Montmorillonit und weniger Kaolinit und Chlorit gefunden.

Da andererseits die Minerale  $> 60 \mu$  im Löß mit ca. 5 bis 6 Prozent nur untergeordnet vertreten sind, und durch die Größe der Korndurchmesser nur kurze Transportwege zurücklegen konnten, erfassen also Analysen, „die nur den gröberen Kornanteil untersuchen in erster Linie die aus größerer Nähe herangebrachten Körner und erlauben daher für die Gesamtmenge des jeweiligen Lösses keinen allgemeingültigen Schluß“ (GUENTHER, 1961, S. 12).

Damit verbleibt für eine Untersuchung diagnostisch wichtiger Minerale nur noch der Korngrößenbereich von  $2 - 60 \mu$ , der sich mit dem Maximum der Korngrößenverteilung des säureunlöslichen Rückstands deckt.

Als weiterer Gesichtspunkt bei der Auswahl von Leitmineralen war zu berücksichtigen, daß der Löß in vielen Gebieten, insbesondere bei weniger mächtigen Vorkommen, vollständig verlehmt und infolge postglazialer und rezenter Verwitterungseinflüsse teilweise umgelagert und mit Verwitterungsresten anderer Gesteine vermischt ist.

Nach diesen Überlegungen mußten für die Leitminerale im Löß folgende vier Kriterien gefordert werden:

- starkes Auftreten in den Mineralfraktionen  $2 - 60 \mu$
- gewisse Verwitterungsstabilität
- eindeutige Bestimmbarkeit
- Vorkommen in seltenen oder zumindest wenigen Gesteinsarten.

Bei einem Schwermineralanteil von ca. 3,5 Prozent des säureunlöslichen Rückstands (vgl. Tab. 3) und dem überwiegenden Auftreten dieser Minerale in den Fraktionen  $2 - 60 \mu$  (vgl. auch SCHEFFER, MEYER und KALK, 1958) war es naheliegend, die Schwermineralfraktion dieser Korngrößen näher zu untersuchen.

Die oben genannten Kriterien trafen hierbei auf drei Schwerminerale zu:

**Picotit**; ein Chromspinell, der in unserem Raum außer sporadisch in Olivinknollen von Basalten nur in metamorphen Olivinfelsen und den daraus hervorgegangenen Serpentiniten vorkommt.

**Glaukophan**; eine Alkalihornblende und typischer Vertreter der alpinen Glaukophanschieferfazies und alpinotyper Eklogite.

**Granat mit helizitischen Einschlüßwirbeln**; ein typisches Mineral der Gesteine der Regionalmetamorphose, die in vielen Varianten in den Alpen auftreten.

Damit gelang es zum ersten Male im Löß unseres Untersuchungsgebiets drei spezifische Leitminerale zu identifizieren<sup>1</sup>, die seine Herkunft eindeutig und endgültig beweisen dürften, zumal es sich bei den Ausgangsgesteinen der gefundenen Leitminerale um eine typisch alpine Vergesellschaftung handelt, die an der Herkunft des Ausgangsmaterials für den Löß unseres Untersuchungsgebiets keinen Zweifel läßt.

Bei Schwermineralanalysen an weiteren Lößvorkommen außerhalb unseres Gebiets wurden diese Leitminerale auch im jüngsten Löß bei Waiblingen im Stuttgarter Raum gefunden, jedoch nicht mehr in den jüngsten Lössen bei Worms, in der Gegend von Monsheim und Dalsheim (vgl. dazu die Bodenübersichtskarte von Rheinland-Pfalz 1:500 000).

Der Löß im badischen Raum dürfte aus Schottern des Rheintals ausgeblasen sein. Da deren alpiner Anteil durch Zuführung aus Schwarzwald und Vogesen von Süden nach Norden stark abnimmt, wäre das Fehlen eines Mineralanteils alpiner Herkunft in den Lössen des Wormser Raums erklärbar, wenn man von der Annahme ausgeht, daß der Löß durch westliche bzw. südwestliche Winde verblasen wurde. Daß daneben auch eine direkte Verblasung von Löß aus Schottern der alpinen Vereisung über die flache Südostabdachung der Schwäbischen Alb in nördlicher Richtung möglich war, bleibt durchaus denkbar. Ohne daher die Herkunft des Lösses bei Waiblingen näher zu diskutieren, läßt das weitere Auftreten von Leitmineralen alpiner Ursprungs in diesem Raum vermuten, daß im Südwesten ein einheitliches, großflächiges Lößvorkommen südlichen bzw. südwestlichen Ursprungs existiert, dessen Grenze nördlich des Stuttgarter und südlich des Wormser Raums liegt.

Wenngleich auch noch weitere Untersuchungen notwendig sind, um die Herkunft des Lösses im gesamten südwestdeutschen Raum zu beweisen, so

<sup>1</sup> Zum Beispiel haben schon MEIGEN & SCHERING (1914) den Glaukophan in den Lössen der Oberrheinischen Tiefebene bestimmt, ohne ihn jedoch als Leitmineral für die Herkunft und Verbreitung des Lösses in Betracht zu ziehen.

dürfte doch feststehen, daß eine Abgrenzung der südwestdeutschen Lößverbreitung anhand von Leitmineralen möglich ist. Weitere Untersuchungen in dieser Richtung sind im Gange.

Daß es bisher nicht gelang, Herkunft und Verbreitung großräumlicher Lößvorkommen sicher zu bestimmen, liegt einfach daran, daß man die zwangsläufig sich ergebenden Kriterien für Leitminerale (insbesondere Mineralspezifität und Korngrößenbereich) nicht beachtet und versucht hat, z. B. mit Hilfe von Karbonaten, Feldspäten, Glimmern und sonstigen mineralogischen „Ubiquisten“, oder z. B. durch Schwermineralbestimmungen an Korngrößen  $> 60 \mu$ , die Herkunft der Lössen nachzuweisen und dabei nicht bedachte, daß diese Minerale durch Umlagerung und Verwitterung auf dem Transportweg z. T. angereichert oder zerstört werden können. Daß alle letztgenannten Minerale für lokale Lößvorkommen und evtl. auch für die Lößstratigraphie von gewisser Bedeutung sein können, wird hiermit nicht in Frage gestellt.

Die Feststellung von EDELMANN (1938), „daß es im Löß Westeuropas petrologische Grenzen gibt, und dies bedeutet, daß die Festlegung dieser Provinzen eine Deutung der Herkunft des Materials grundsätzlich ermöglicht“, dürfte nach unseren neueren Untersuchungen auch für den südwestdeutschen Raum voll und ganz zutreffen.

## 5.22 Die Bedeutung der Leitminerale für die Lößstratigraphie und Probleme der angewandten Geologie und Bodenkunde

Das Auftreten der drei bestimmten Leitminerale im jüngsten Löß unseres Untersuchungsgebiets und weiteren Gebieten des südwestdeutschen Raumes ist in verschiedener Hinsicht von Bedeutung.

Es kann nunmehr versucht werden, wie schon oben dargelegt, Herkunft und großräumliche Verbreitung der Lößvorkommen im südwestdeutschen Raum zu bestimmen. — Aber auch Fragen der lokalen Lößverbreitung von regionalem Interesse, z. B. wieweit der Löß an der Westflanke des Schwarzwalds, auf den Gipfeln der Vorbergzone oder eventuell sogar noch in höher gelegenen Gebieten des Schwarzwaldes verbreitet ist, können nunmehr geklärt werden. — Außerdem dürfte es möglich sein, durch Bilanzierung dieser Minerale deren verschiedene Verwitterungsstabilität zu lößstratigraphischen Untersuchungen heranzuziehen.

Von ganz besonderer Bedeutung für Geologie und Bodenkunde ist der Nachweis des Lösses bei der Kartierung und bei Beurteilung bodengenetischer Prozesse.

Dabei ist es bei fehlenden geologischen Aufschlüssen oft schwierig zu klären, ob es sich bei den Verwitterungsprodukten um verlehnte Lössen, Umwandlungsprodukte der anstehenden Gesteine oder um Mischungen



beider handelt. So wurden z. B. in früherer Zeit auf großen Flächen des Dinkelbergs im Süden unseres Untersuchungsgebietes Verwitterungsprodukte des Unteren Keupers als Lößlehm kartiert, was GENSER und MOLL (1963) anhand eingehender Untersuchungen richtigstellen konnten. In diesem Fall hätte eine einfache Schwermineralbestimmung diesen Nachweis sehr erleichtert (vgl. auch HÄDRICH, 1966, S. 61).

Besonders wichtig ist auch die quantitative Erfassung verschiedener Ausgangsmaterialien bei bodengenetischen Untersuchungen. So können oft geringe Lößanteile, vor langer Zeit abgelagert, durch zoogene Durchmischung so in den Boden eingearbeitet sein, daß sie makroskopisch nicht mehr festzustellen sind. Hier ist ein quantitativer Nachweis der Lößbeimischungen mit Hilfe von Leitmineralien möglich, wobei vor allem der Picotit, in zweiter Linie der Granat in der besonderen Ausbildung mit helizitischen Einschlußwirbeln in Betracht kommt. Der Glaukophan ist wegen seiner geringeren Verwitterungsstabilität weniger geeignet. Als ein weiteres Beispiel seien die „lessivierten Kalkverwitterungslehme“ der Schwäbischen Alb genannt, deren Genese seit vielen Jahren diskutiert wird. Eine mögliche Lößaufwehung wäre auch hier anhand von Leitmineralen leicht nachzuweisen.

In einer zweiten Mitteilung sollen diese geologisch-bodenkundlichen Aspekte unserer bisherigen Untersuchungen an Mineralbilanzierungen bei Böden näher erläutert werden.

Außerdem ist beabsichtigt, in einer späteren Veröffentlichung über weitere Lößuntersuchungen im südwestdeutschen Raum zu berichten.

### Angeführte Schriften

- ATTERBERG, K.: Die mechanische Bodenanalyse und die Klassifikation der Mineralböden Schwedens. — Intern. Mitt. f. Bodenkde., 2, H. 4, S. 312—342, 1912.
- BEUTELSPACHER, H., & FIEDLER, E.: Einfluß verschiedener Vorbehandlungen auf aufweitbare Tonminerale und ihre Identifizierung. — Landbauforschung Völkenrode, 13, H. 2, S. 85—98, 1963.
- BLEICH, K. E.: Terrestrische Bodenbildung und marine Sedimentation im Bereich des Schwäbischen Jura-Beckens. — N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 8, S. 449—460, 1965.
- BRONGER, A.: Löss, ihre Verbraunungszonen und fossilen Böden, ein Beitrag zur Stratigraphie des oberen Pleistozäns in Südbaden. — Schriften des Geogr. Inst. d. Universität Kiel, Bd. 24, H. 2, 1966.
- BRONGER, A., H. GRAF v. REICHENBACH & SCHROEDER, D.: Über den Tonmineralbestand des Lößprofils von Heitersheim, Südbaden. — Z. f. Pflanz. Düng. Bodenkde., 113, S. 193—203, 1966.
- BODENÜBERSICHTSKARTE v. RHEINLAND-PFALZ, 1:500 000. — Deutscher Planungsatlas, Bd. VII, Rheinland-Pfalz, 1965. Akademie f. Raumforschung u. Landesplanung Rhld.-Pfalz, 1965.

- BROWN, G.: The X-ray identification and crystal structures of clay minerals. — Mineralogical Society, London, 1961, 544 S.
- BUBNOFF, S. v.: Die Tektonik der Dinkelberge bei Basel. — Mitt. Großherzogl. Bad. Geol. L. A., VI, H. 2, S. 523—634, 1912 a.
- Das Gebiet der Dinkelberge zwischen Wiese und Rhein. Mit einem Beitrag von Wilser, J. — Jber. Mitt. Oberrhein. Geol. Ver. N. F., II, H. 2, S. 3—16, 1912 b.
- DÜMMLER, H., & SCHROEDER, D.: Zur qualitativen und quantitativen röntgenographischen Bestimmung von Dreischicht-Tonmineralen in Böden. — Z. f. Pflanz. Düng. Bodenkde., 109, S. 35—47, 1965.
- FÜCHTBAUER, H.: Die nichtkarbonatischen Bestandteile des Göttinger Muschelkalks. — Heidelberger Beitr. Mineralog. Petrogr., 2, 235—254, 1950.
- GENSER, H.: Stratigraphie und Tektonik der Vorbergzone am südwestlichen Schwarzwaldrand zwischen Staufen und Badenweiler. — Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br., 49, S. 59—112, 1959.
- GENSER, H., & MOLL, W.: Geologisch-bodenkundliche Notizen zu Schlagbohrungen und Schürfen im westlichen Dinkelberg. — Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br., 53, S. 225—231, 1963.
- GUENTHER, E. W.: Sedimentpetrographische Untersuchung von Lössen. 1. Teil. — Fundamenta, Reihe B, Bd. 1, Köln, Graz 1961, 91 S.
- HÄDRICH, F.: Die Böden der Emmendinger Vorbergzone (Südl. Oberrheingebiet). — Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br., 56, S. 23—76, 1966.
- HASEMANN, W.: Geologische Kartierung und Beschreibung von Blatt Jesuitenschloß 1:5 000. — Diplomarbeit, masch.-schriftl., Geol. Inst. Freiburg i. Br., 1950, 96 S., 1 Karte.
- JASMUND, K.: Die silikatischen Tonminerale. — Weinheim/Bergstr., 1955, 192 S.
- KAISER, L.: Chemische Untersuchung von Kalksteinen. — Diss., masch.-schriftl., Phil. Fak. Gießen, 1923.
- KNICKMANN, E.: Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik, Bd. I. — Berlin 1955.
- KNOBLAUCH, G.: Sedimentpetrographische und geochemische Untersuchungen an Weißjurakalken der geschichteten Facies von Urach und Neuffen. — Diss., Nat.-math. Fak. Tübingen, 1963, 106 S.
- KÖHN, M.: Korngrößenbestimmung mittels Pipettanalyse. — Tonindustrie-Ztg., Jg. 53, 1. Halbj., S. 729—731, 1929.
- KÖSTER, E.: Mechanische Gesteins- und Bodenanalyse — Leitfaden der Granulometrie und Morphometrie. — München, 1960, 171 S., 38 Abb.
- KROMER, H.: Untersuchungen über den Mineralbestand des Knollenmergel-Keupers. — Diss., Nat.-math. Fak. Tübingen, 1963, 71 S.
- MEIGEN, W., & SCHERING, H. G.: Chemische Untersuchungen über Löß und Lehm aus der oberrheinischen Tiefebene. — Mitt. Großh. Bad. Geol. L. A., VII, H. 2, S. 642—669, 1914.
- MEHLICH, A.: Determination of cation-and anion-exchange properties of soils. — Soil Sci., 66, S. 429—445, 1948.
- MEHRA, O. P., & JACKSON, M. L.: Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium carbonate. — Proc. 7. Nat. Conf. Clays a. Clay Min., S. 317, 1960.

- METZ, R., & REIN, G.: Geologisch-petrographische Übersichtskarte des Südschwarzwaldes, 1:50 000. — Amt f. Bodenforschung, Hannover, 1957
- MILLOT, G.: Relations entre la constitution et la g n se des roches sédimentaires argileuses. — Géol. appl. et prosp. min., 2, S. 1—352, 1949, Nancy, Frankreich.
- MOLL, W.: Übersichtskarte der Bodentypen im südlichen Oberrheingebiet mit Erläuterungen. I. Abschnitt Basel-Staufen (Maßstab 1:70 000). — Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br., 54, S. 135—156, 1964.
- MÜLLER, G.: Methoden der Sedimentuntersuchung. — Stuttgart, 1964, 303 S., 91 Abb., 30 Tab., 3 Beil.
- PAPENFUSS, K.-H.: Der Tonmineralbestand von südwestdeutschen Kalk- und Tongesteinen und seine Veränderung durch die Bodenbildung. — Mitt. Deutsch. Bodenk. Ges., Bd. 4, S. 263—270, 1965.
- ROEDIG, K.-P.: Bodentypen und Standorte im westlichen Dinkelberg und am Westrand der Weitenauer Vorberge. — Diss., masch.-schriftl. Nat.-math. Fak. Freiburg i. Br., 1964.
- SCHEFFER, F., MEYER, B., & KALK, E.: Mineraluntersuchungen an W rm-L  s süd-niedersächsischer L  sfluren als Voraussetzung für die Mineralanalyse verschiedener L  sbodentypen. — Chemie d. Erde, 19, S. 338—360, 1958.
- SCHEFFER, F., & SCHACHTSCHABEL, P.: Lehrbuch der Bodenkunde. — Stuttgart, 1966, 473 S., 114 Abb., 84 Tab., 1 Farbtafel.
- SCHLICHTING, E., & BLUME, H. P.: Bodenkundliches Praktikum. — Hamburg, Berlin, 1966, 209 S., 35 Abb., 38 Tab., 1 Farbtafel.
- SCHMID, E., & SCHREINER, A.: Das Quartär (des Kaiserstuhls). — in: Erläuterungen zur Geologischen Exkursionskarte des Kaiserstuhls 1:25 000. Herausgeg. v. Geol. L. A. Freiburg i. Br., S. 68—89, 1958.
- SCHNARRENBERGER, K.: Blatt Kandern mit Erläuterungen. — Geol. Spezialkarte d. Großherzogtums Baden. — Großherzogl. Bad. Geol. L. A. Heidelberg, 1915.
- SCHROEDER, D.:  ber die nichtkarbonatischen Bestandteile von Wei jurakalken. — Z. f. Pflanz. Düng. Bodenkde., 57, S. 215—244, 1952.
- Mineralogische Untersuchungen an L  sprofilen. — Heidelberger Beitr. Mineralog. Petrogr., 4, 443—463, 1955.
- SCHWERTMANN, U.: Der Mineralbestand der Fraktion  $< 2 \mu$  einiger Böden aus Sedimenten und seine Eigenschaften. — Z. f. Pflanz. Düng. Bodenkde., 95, S. 209—227, 1961.
- Eigenschaften und Bildung aufweitbarer (quellbarer) Dreischicht-Tonminerale in Böden aus Sedimenten. — Beitr. z. Min. u. Petr., 8, S. 199—209, 1962.
- Differenzierung der Eisenoxide des Bodens durch photochemische Extraktion mit saurer Ammoniumoxalat-Lösung. — Z. f. Pflanz. Düng. Bodenkde., 105, S. 194—202, 1964 a.
- Neuere Ergebnisse auf dem Gebiet der Tonmineralogie von Böden. — Landw. Forschung, 18. Sonderh., S. 34—42, 1964 b.
- SINDOWSKI, K. H.: Sediment und Fauna im Dogger des Breisgaves. — Z. Deutsch. Geol. Ges., 88, S. 380—389, 1936 a.
- Der Hauptrogenstein im Breisgau. — Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br., 35, S. 2—102, 1936 b.

- STEINMANN, G., & GRAEFF, F.: Blatt Hartheim—Ehrenstetten mit Erläuterungen. — Geol. Spezialkarte d. Großherzogtums Baden. Großherzogl. Bad. Geol. L. A. Heidelberg, 1897.
- TANNER, C. B., & JACKSON, M. L.: Nomographs of sedimentation times under gravity or centrifugal acceleration. — Proc. Soil Sci. Soc. Amer., 12, S. 60—65, 1947.
- TREFZGER, E.: Die Tektonik des westlichen Dinkelbergs und des nördlichen Tafeljuras bei Basel. — Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br., 24, S. 262—324, 1925 a.
- Geologische Karte 1:25 000 vom Gebiet des westlichen Dinkelbergs und des nördlichen Tafeljuras bei Basel. — Im Privatbesitz des Verfassers (wahrscheinlich angefertigt als Arbeitskarte zur Veröffentlichung in den Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br., 24, S. 262—324, 1925; z. Z. im Geol. Inst. d. Universität Freiburg Br.) 1925 b.
- VAN DER MAREL, H. W.: Quantitative analysis of clay minerals and their admixtures. — Contr. Mineral. and Petrol., 12, S. 96—138, 1966.
- WEAVER, C. E.: Potassium fixation by expandable clay minerals. — Amer. Min., 43, 839—861, 1958.
- WIMMENAUER, W., HASEMANN, W., & SCHREINER, A.: Geologische Exkursionskarte des Kaiserstuhls 1:25 000. — Herausgeg. v. Geol. L. A. in Baden-Württemberg, 1957.
- WITTMANN, O.: Blatt Lörrach und Blatt Weil (deutscher Anteil) mit Erläuterungen. — Geol. Spezialkarte von Baden. Bad. Geol. L. A. Freiburg i. Br., 1951.
- YAALON, D. H.: Notes on the clay mineralogy of the major soil types of Israel. — Bulletin of the Research Council of Israel, Vol. 5 B, No. 2, S. 168—173, 1955.
- YAALON, D. H., NATHAN, Y., KOYUMDJINSKY, H., & DAN, J.: Weathering and catenary differentiation of clay minerals in soils on various parent materials in Israel. — Proceedings of the International Clay Conference, 1966, Jerusalem, Israel, Vol. 1, S. 187—198, 1966.
- YODER, H. S., & EUGSTER, H. P.: Synthetic and natural muscovites. — Geochim. et Cosmochim. Acta, 8, S. 225—280, 1955.
- Anschriften der Verfasser:*
- WINFRIED E. BLUM, Institut für Bodenkunde der Universität Freiburg i. Br., Bertoldstraße 17.
- DR. HANSJOSEF MAUS, Geologisches Landesamt Freiburg i. Br., Albertstraße 5.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1967

Band/Volume: [57](#)

Autor(en)/Author(s): Blum Winfried E., Maus Hansjosef

Artikel/Article: [Mineralogische Untersuchungen an Sedimentgesteinen und Böden des südlichen Oberrheingrabens und der Schwarzwaldvorbergzone I. Mitteilung: Mineralbestand der Gesteine 175-202](#)