

Zur Tektonik und Stratigraphie des Unterdevons zwischen Loreley und Lorchhausen am Rhein

(Rheinisches Schiefergebirge)

Von

Bruno Engels

Mainz

Mit 5 Tafeln, 31 Abbildungen, 2 Tabellen und 15 Diagrammen

Herausgegeben von

der Direktion des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung

Wiesbaden 1955

Im Vertrieb beim Hessischen Landesamt für Bodenforschung,

Wiesbaden, Mainzer Straße 25

Abhandlungen des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung

Herausgegeben von
der Direktion des Hessischen Landesamtes
für Bodenforschung

Heft 14

Zur Tektonik und Stratigraphie des Unterdevons zwischen Loreley und Lorchhausen am Rhein

(Rheinisches Schiefergebirge)

Von

Bruno Engels

Mainz

Mit 5 Tafeln, 31 Abbildungen, 2 Tabellen und 15 Diagrammen

Herausgegeben von

der Direktion des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung

Wiesbaden 1955

Im Vertrieb beim Hessischen Landesamt für Bodenforschung,

Wiesbaden, Mainzer Straße 25

Inhalt

	Seite
I. Einleitung	7
II. Zur Untersuchungsmethodik	13
III. Tektonisch-stratigraphische Analyse	16
A. Tektonik (im gefügekundlichen Sinne)	16
1. Die kleintektonischen Merkmale	16
a) Schichtung	16
b) Faltung	19
c) Schieferung	25
d) Schubklüftung	28
e) Knitterung	29
f) Auf- und Überschiebung	30
g) „Kauber Walzen“	34
h) Abschiebung	35
i) Blatt- oder Seitenverschiebung	35
k) Spaltung (Gänge)	36
l) Klüftung	40
m) Lineare Paralleltexur (Riefung)	41
2. Gefügediagramme zum „Bereich Aufschluß bis Handstück“	42
3. Korngefüge-Analysen (Gefügediagramme zum Dünnschliff-Bereich)	45
a) Quarzitischer Grauwackensandstein	47
b) Grauwackenschiefer	50
c) Mylonit einer Überschiebung	51
d) Mylonit einer Schicht	53
B. Stratigraphie	56
1. Petrographische Verhältnisse	56
a) Begriffliches und Dünnschliffuntersuchungen	56
b) Über chemische, physikalische und schwermineralogische Leitmerkmale	60
c) Gesteinsprofile	61
2. Fossilinhalt	64
a) Organismen	65
b) Lebensspuren	70
c) Auswertung der Fossilisten	71
IV. Synthese und Folgerungen	72
A. Querprofil	72
B. Längsprofil	80
Zusammenfassung	82
Schriftenverzeichnis	88

I. Einleitung

Einen tektonisch wie stratigraphisch besonders problemreichen Teil des Rheinischen Schiefergebirges stellt das Mittelrheingebiet zwischen der Loreley im Norden und Lorchhausen im Süden dar.

Die bisherigen tektonischen Vorstellungen über diesen Raum wurden fast ausschließlich auf Grund stratigraphischer Untersuchungen, denen das Hauptaugenmerk galt, gewonnen. Diesen Mangel hat bereits FUCHS (1907) erkannt, indem er schrieb, daß „das Hauptgewicht auf die Lagerungsverhältnisse gelegt werden müsse“. Allerdings hat er selbst diesen Gedanken nicht in die Tat umgesetzt. Erst QUIRING (1926)

machte den Versuch, die Strukturen nicht nur für die Klärung der tektonischen Verhältnisse, sondern auch für stratigraphische Zwecke zu berücksichtigen.

KIENOW (1934) hat bei seiner Untersuchung der „inneren Tektonik“ im Rheinischen Schiefergebirge vor allem gewisse Ergebnisse über Schieferung und Schubklüftung veröffentlicht. Neue Gesichtspunkte für eventuelle Sattel- oder Muldenstellungen in dem Gebiet zwischen Loreley und Lorchhausen zeigte er nicht auf, weil er die stratigraphisch bereits in Karten niedergelegte Anschauung als richtig voraussetzte. — NÖRING (1939) nahm an der Frankener Mühle auf Blatt Bad-Schwalbach aus tektonischen Gründen einen Großsattel an. Zum gleichen Ergebnis kam später auch KUBELLA (1951). Da der erwähnte Sattel in nordöstlicher Fortsetzung der „Mulde von Bacharach“ (nach QUIRLING 1930) bzw. einer Muldenstellung des Sauertaler und des Lorchhauser Horizonts (nach FUCHS 1930c) liegt, lehnt KUBELLA (1951) die Ansichten von FUCHS und QUIRING (1930) ab.

Aus stratigraphischen Erwägungen spricht NÖRING (1939) außer an der Loreley auch am Spitznack und Roßstein je von einer größeren



Abb. 1. Übersichts-Skizze des Mittelrheingebiets zwischen St. Goarshausen und Lorchhausen.

Aufsattlung der Schichten. Die von HOLZAPFEL (1893) und FUCHS (1915) kartierten Mulden, Sättel und Störungen sind ebenfalls auf Grund stratigraphischer Überlegungen konstruiert worden.

Die vorstehend angeführten tektonischen Einheiten bestehen aus unterdevonischen Schichten, und zwar im wesentlichen aus Hunsrückschiefer und zurücktretend Unterems. Die Ansichten über die genaue stratigraphische Einstufung dieser Schichtverbände, speziell des Hunsrückschiefers, sind im Verlaufe der geologischen Forschung starken Schwankungen unterworfen gewesen, deren Problematik im folgenden aufgezeigt werden soll.

Nach NÖRING (1939, S. 64) treten die Porphyroidtuffite verschiedentlich an der Basis der Kauber Schichten auf, so daß er auch aus diesem Grunde für ein Ems-Alter des Hunsrückschiefers eintritt. SOLLE (1950a) lehnt die Ansicht NÖRINGS ab, indem er für das benachbarte Vorkommen von Porphyroidtuffiten und Taunusquarzit größere Überschiebungen geltend macht, die bekanntlich schon lange angenommen werden und zu denen auch die Taunusüberschiebung gehört.

KAYSER, E. (1892) sah im Hunsrückschiefer und Taunusquarzit Vertreter der Siegen-Stufe („Siegener Grauwacke“, Rauhfäser) und begründete damit eine auf lange Zeit unbestrittene Lehrmeinung. Auch HOLZAPFEL (1893-1904) vertrat immer wieder diese Ansicht. Doch äußerte er bereits Zweifel hinsichtlich der Beweiskraft der Hunsrückschiefer-Fauna, indem er auf den Einfluß der faziellen Unterschiede hinwies. Im übrigen rechnete er (1893, geologische Karte) die Schichten an der Loreley bis Roßstein bzw. Oberwesel ganz überwiegend noch zum Unterems. Erst die hierunter (hauptsächlich südlich davon) folgenden Tonschiefer betrachtete er als Hunsrückschiefer bzw. als Siegen. DREVERMANN (1904) setzte den Hunsrückschiefer dem Tonschiefer-Horizont der Siegen-Stufe gleich, weil in beiden *Rhenorenselaeria crassica* nicht gefunden wurde. LEPPLA (1904-1924) folgte ebenfalls der Meinung E. KAYSERS hinsichtlich der Stellung des Hunsrückschiefers. Die Schichten an der Loreley und am Roßstein [Bornicher Horizont nach FUCHS (1915)] hielt er indessen für Einlagerungen im Hunsrückschiefer.

FUCHS (1899-1933) versuchte 1915 den Hunsrückschiefer aufzugliedern, und zwar auf biostratigraphischer und petrographischer Grundlage. Trotz intensivster Untersuchungen und trotz umfangreichen Tatsachenmaterials, vor allem faunistischer Art, blieb sein Versuch der Untergliederung und Einstufung unsicher und damit unbefriedigend. Anfangs (1915) unterschied er 5 Horizonte, später (1930a) nur noch 3 (vergl. Tab. 1). In Übereinstimmung mit HOLZAPFEL (1893) hatte FUCHS (1899) seine Assimilizone (ab 1915 als Bornicher Horizont bezeichnet) zunächst als Basis des Unterems angesehen; später (1907) sah er diese Schichten als obersten Teil des Hunsrückschiefers an. Als tiefste Hunsrückschiefer schied FUCHS (1915) einen Lorchhauser und einen Wispertaler Horizont aus. KOCH (1881) glaubte in streichender Fortsetzung des sog. „Grauwackensandsteinzugs der Scheuer“ (wichtigstes Glied des Lorchhauser Horizonts) auf Blatt Schwalbach die Fauna des Bornicher Horizonts wiederzufinden; er rechnete deshalb diese Schichten noch zum Unterems. FUCHS (1915) fand die sog. „Bornicher Fauna“ auch im Scheuersandstein selbst vor und hielt damit den Lorchhauser Horizont für gleichaltrig mit dem Bornicher Horizont. Weiterhin sah er sich folgerichtig gezwungen, den Wispertaler Horizont und z. T. auch den

Sauertaler Horizont wegen der angenommenen Muldenstellung des Scheuersandsteins als zum Kauber Horizont gehörig zu betrachten. Somit wurden der Lorchhauser und der Wispertaler Horizont völlig überflüssig. Schließlich zweifelte FUCHS (1930a) überhaupt am einheitlichen Aufbau des Hunsrückschiefers und zog immer mehr fazielle Unterschiede zur Erklärung der Schwierigkeiten heran. Hinsichtlich der stratigraphischen Stellung des Hunsrückschiefers insgesamt neigte er zuletzt dazu, in dessen Bereich eine besondere Hunsrück-Stufe zwischen dem Siegen und dem Ems auszuscheiden.

QUIRING (1926) übernahm von den 5 bzw. 3 FUCHSschen Horizonten des Hunsrückschiefers nur noch 2 und betonte die selbständige Stellung als eigene Stufe zwischen Siegen und Ems. ASSELBERGHS (1927) und HENKE (ASSELBERGHS & HENKE 1935) setzten sich für ein Herdorfer Alter der Hunsrückschiefer ein. KUTSCHER (1937) dagegen lehnte unter Hinweis auf die faunistischen Beziehungen des Hunsrückschiefers zum Unterems „für den untersuchten und fossilmäßig belegten Teil eine Gleichsetzung oder fazielle Vertretung mit den Herdorfer Schichten“ ab. 1937 schien sich KUTSCHER mehr für eine Zwischenstellung des Hunsrückschiefers im Sinne von QUIRING zu entscheiden. Neuerdings (1951, S. 251) neigt er — wohl mit NÖRING (1939) — zu der Ansicht, daß der Hunsrückschiefer nur eine Fazies des Unterems darstellt. NÖRING (1939) trat entschieden für ein Ems-Alter des Hunsrückschiefers ein, und zwar sowohl auf Grund regionalgeologischer Gesichtspunkte als auch wegen der eigenartigen Faunen-Gemeinschaft, die schon FUCHS als der des Unterems näherstehend bezeichnet hatte als etwa der Siegener Fauna. Auch hatte FUCHS (1907, S. 105) bereits ein Ems-Alter des Hunsrückschiefers in Erwägung gezogen, aber dann doch wegen verschiedener Bedenken zurückgestellt. SOLLE (1950a) kam nach einer umfangreichen Auswertung der bis dahin beschriebenen Hunsrückschiefer-Fauna und gleichfalls auf

Tabelle 1. Die gegenwärtig wichtigsten Ansichten über die Stratigraphie am Mittelrhein.

STUFE	GRUPPE	FUCHS (1899-1933)	NÖRING (1939) und KUTSCHER (1951)		SOLLE (1950)	
			Sandige Fazies	Tonige Fazies	Loreley	S-Taunus u. SE-Hunsrück
EMS	Unterems	Singhofener Sch. Eger Sch. Porphyroidtuffit	Singhofener Sch. mit Porphyroidtuffit	Kauber Sch. $\frac{\text{ohne}}{\text{mit}}$ <i>Spir.</i> <i>ass.</i>	Singhofener Sch. mit Porphyroidtuffit	
		Spitznack Sch. (= Plattensandst.)	Spitznack Sch.	Bornicher Sch.	Spitznack Sch.	
SIEGEN	Ulmen	Bornicher Sch.	Fazies des Unterems		Bornicher Sch.	Sauertaler Sch.
		Kauber Sch.			Kauber Sch.	
Sauertaler Sch. (Lorchhauser Sch.) (Wispertaler Sch.)	a. d. Basis sandig					
	Herdorf	Oberer Taunusquarzit	Oberer Taunusquarzit		Tiefste Hunsrück- schiefer	Oberer Taunus- quarzit

Grund regionalgeologischer Betrachtungen zu dem Ergebnis, daß der Hunsrück-schiefer im wesentlichen doch Siegen-Alter besitzt. Zum größten Teil soll er zur Ulmen-Gruppe gehören. SOLLE behält die Namen der 3 FUCHSschen Horizonte bei, bevorzugt aber den Ausdruck Schichten statt Horizont, nämlich als Untergliederung einer Schicht-Gruppe (in diesem Falle der Ulmengruppe). Er betont in besonderem Maße die gegenseitige fazielle Vertretung derselben; vor allem sinken die Sauertaler Schichten gänzlich zu einer Fazies der Kauber herab. Überhaupt verschwimmen alle Grenzen im Bereich des Hunsrück-schiefers immer mehr zu Faziesgrenzen. Die Tabelle faßt die z. Z. wesentlichen Anschauungen zusammen, die sich am Mittelrhein gegenüberstehen.

Besonders wichtig ist die Übereinstimmung der Ansicht aller Autoren hinsichtlich der Stellung des Porphyroidtuffits als allgemein anerkannter und „gesicherter“ Bezugshorizont. Die Bedeutung der Porphyroidtuffite unterstreicht auch KUTSCHER (1951, S. 253): „Sie (die Porphyroidtuffite, d. Verf.) spielen in den Singhofener Tonschiefern des Rheintales, ebenso auch im Taunus, eine große Rolle und nehmen für die Stratigraphie und somit auch für die Tektonik eine Art Schlüsselstellung ein.“

Das Fehlen der Porphyroidtuffite in dem weiten Verbreitungsgebiet des Hunsrück-schiefers führt NÖRING auf einen entsprechenden ortsgebundenen Vulkanismus zurück. Das Auskartieren des Unterems ist nach ihm z. T. aus „kartiertechnischen Gründen“ mehr an das Vorkommen von Porphyroidtuffiten gebunden als etwa faunistisch begründet. Tatsächlich finden sich faunistisch im mittelhiesischen Hunsrück-schiefer immer wieder Anklänge an das Ems. Dabei wird meist stillschweigend vorausgesetzt, daß die vorliegenden Kartierungen im Prinzip richtig sind. Solange aber ein Gebiet wie das mittelhiesische so voller Widersprüche ist — auch faunistischer Art —, muß man wohl oder übel mit allerlei Überraschungen rechnen. Ähnliches gilt auch für vermutete Störungen und nicht sicher erwiesene Faziesverhältnisse.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß trotz intensiver und umfassender Bearbeitungen seitens namhafter und gewissenhafter Forscher unsere Kenntnis hinsichtlich der Stratigraphie des Hunsrück-schiefers zunehmend unsicherer geworden ist. Dasselbe gilt auch für den stratigraphischen Rahmen des Hunsrück-schiefers, so z. B. für die Vorkommen von Kieselgallenschiefer: SOLLE (1950a) „Die Kieselgallenschiefer in der Nähe der Mosel, die NÖRING (1939, S. 55) ins obere Unterkoblenz (jetzt Unterems, d. Verf.) stellt, vereinigen wir bis zum Beweise des Gegenteils mit den Kauber Schichten.“

Auch über die Mächtigkeit des Hunsrück-schiefers ist man sich nicht im klaren (vergl. SOLLE 1950a).

Aus den angeführten Gründen steht der Verfasser auf dem Standpunkt, daß vor allem eine Bearbeitung des Hunsrück-schiefers von innen her not tut, d. h. insbesondere ein exaktes Zusammentragen örtlicher Tatsachen anzustreben ist. Das gilt vor allen Dingen für die innere Tektonik des Hunsrück-schiefers. Selbst SOLLE (1950a), der einer Bearbeitung von außen her den Vorrang gibt, regt dazu an: „Hier zeigt sich besonders deutlich, wie gering immer noch die Kenntnis der inneren Tektonik des Hunsrück-schiefers ist“ oder (S. 358) „das meiste in der inneren Erforschung der Hunsrück-schiefer bleibt noch zu tun.“

In diesem Sinne wurde 1950 zunächst mit einer kleintektonischen Untersuchung

der Dachschiefergrube Wilhelm Erbstollen/Kaub a. Rhein einschließlich der nächsten Umgebung begonnen (vergl. Übersichtskarte, Abb. 1).

In der Folgezeit wurden diese Untersuchungen auf Grund günstiger Aufschlußverhältnisse einerseits nach Süden bis Lorchhausen und andererseits nach Norden bis zur Loreley ausgedehnt. Hierbei war vor allem der Anschluß an den bislang allgemein als Leit- und Bezugshorizont anerkannten Porphyroidtuffit der Loreley wichtig.

Ziel der Bearbeitung dieses so problemreichen Gebiets war nicht etwa eine geologische Karte; vielmehr handelte es sich darum, auf neuen Wegen, vor allem durch tektonische Methoden, neues Tatsachen-Material zu sammeln, das geeignet ist, in absehbarer Zeit eine zuverlässige Stratigraphie und damit auch die erforderliche Grundlage für eine geologische Kartierung zu schaffen.

II. Zur Untersuchungsmethodik

Normalerweise wird man — besonders in relativ einfach gebauten Krustenteilen — versuchen, mit Hilfe von Makrofossilien oder charakteristischen Gesteinen schnell zu einem Überblick über die regionale Verteilung (Geologische Karte) und das relative Alter (Erdgeschichte) der betreffenden Schichten zu gelangen. Daraus läßt sich dann leicht auch eine Vorstellung von dem groben Bau (Großtektonik) des untersuchten Raumes gewinnen.

Bei fortschreitender Erforschung eines Gebietes wird in der Regel das Bedürfnis aufkommen, eine Feingliederung der vorher nur im Überblick betrachteten Schichtkomplexe durchzuführen. Dazu genügt häufig der Fossilinhalt nicht mehr — sei es aus Mangel an charakteristischen Fossilien oder sei es wegen ihrer Persistenz. In diesem Falle wird meist Zuflucht bei der Petrographie gesucht und eine Untergliederung an Hand leitender Gesteinsbänke, Leitschichten oder Leitschichtgruppen vorgenommen, oft werden auch Schwermineral-Analysen, Kornanalysen (Kornart, Kornform, Rundung usw.), Mikrofossilien u. a. m. herangezogen. Die Anwendung der einen oder anderen Methode hängt im wesentlichen vom Objekt ab, nicht zuletzt aber auch von der Neigung des Bearbeiters.

Ohne Zweifel dürften die sichersten Ergebnisse bei Heranziehung der größtmöglichen Zahl von Methoden erzielt werden. Daher hat sich der Verfasser grundsätzlich bemüht, dem nachzukommen, insbesondere auch, möglichst viel Tatsachenmaterial in jeder Hinsicht zu sammeln.

Wie teilweise bereits aus der Einleitung ersichtlich und im folgenden zusammenfassend dargelegt, ist der Hunsrückschiefer in ganz besonderem Maße problematischer Natur.

1. Der Hunsrückschiefer ist relativ fossilarm. Ob dies primär oder sekundär bedingt ist — etwa infolge eines ursprünglich lebensfeindlichen Sedimentationsraumes oder infolge einer Metamorphose — ist in diesem Zusammenhang gleichgültig.

2. Die vorhandenen Fossilien sind untypisch (nicht leitend), wenigstens für die Zwecke einer Untergliederung. Dies kann man entweder auf ihre Persistenz zurückführen oder auch auf schnelle Sedimentation in diesem Bereich (SOLLE, 1950a), so daß für eine erkennbare Entwicklung der Fossilien keine Zeit blieb.

3. Der Hunsrückschiefer ist petrographisch sehr eintönig. Auch aus diesem Grunde ist es schwierig, Leitschichten oder Leitschichtgruppen aufzufinden. Daher stehen auch der Anwendung der Leitschicht-Methode, wie sie FALKE (1950b) im Nahegebiet oder PILGER (1952c) im Siegerland benutzt haben, hier besondere Schwierigkeiten entgegen.

4. Es ist vermutlich ebenfalls mit stark wechselnder Fazies zu rechnen, wodurch es noch schwieriger wird, gleichaltrige Schichten wiederzuerkennen.

5. Die tektonischen Verhältnisse sind überaus kompliziert und wechselvoll. Sie sind am wenigsten erforscht (vergl. Einleitung) und deshalb auch nur wenig berücksichtigt worden.

Aus den angeführten Gründen ist es im Hunsrückschiefer besonders notwendig, mit den verschiedensten Untersuchungsmethoden an eine Klärung der Probleme heranzugehen. Da bisher die tektonischen Untersuchungen gegenüber den paläontologischen und lithogenetischen stark vernachlässigt zu sein scheinen, liegt es nahe, auch einmal von den Strukturen (tektonische Elemente) auszugehen. Dies um so mehr, als die Ergebnisse der paläontologischen und lithogenetischen Arbeitsweisen hinsichtlich des „Hunsrückschieferproblems“ teilweise recht fragwürdig erscheinen. Man kann erwarten, daß in einem tektonisch so komplizierten Gebiet wie am Mittelrhein eine Klärung des strukturellen Aufbaus eines der größten Hindernisse für die Lösung selbst stratigraphischer Probleme aus dem Wege zu räumen vermag. Es muß sogar möglich sein — bei metrisch genauer Kenntnis des Faltenwurfs und der Verschiebungen —, die Schichten-Abfolgen und -Mächtigkeiten abzulesen.

Über das relative Alter der Schichtkomplexe im Rahmen der geologisch-stratigraphischen Zeittabelle können natürlich nur die Leitfossilien, über das absolute Alter nur entsprechende physikalische Methoden — z. B. quantitative Bestimmungen der Zerfallsprodukte des Urans — Auskunft geben.

In den letzten Jahrzehnten hat neben der besonders von CLOOS benutzten Methode der Kleintektonik (Profil bis Handstückbereich) eine solche der Kleinsttektonik, die von SCHMIDT-SANDER-FAIRBAIRN entwickelt wurde (Dünnschliffbereich), immer mehr an Bedeutung gewonnen. Es erscheint daher reizvoll, im Rheinischen Schiefergebirge auch einmal neben der kleintektonischen die kleinsttektonische Methode (Korngefüge-Analyse im Dünnschliff) anzuwenden. Unter Verwendung der dabei erzielten Ergebnisse soll über petrographische und nicht minder auch paläontologische Untersuchungen eine Deutung der stratigraphischen Verhältnisse angestrebt werden, d. h. vor allem Klärung der lokalen Schichtfolge, Schichtmächtigkeit und Altersdatierung. Wichtiger als eine hierauf fußende großräumige Kartierung oder etwa eine endgültige Lösung des „Hunsrückschieferproblems“ dürfte im gegenwärtigen Stadium der Erforschung des Rheinischen Schiefergebirges der methodische Weg sein mit dem Nachweis, daß hierdurch tatsächlich neue Einblicke in Tektonik und Stratigraphie gewonnen werden können. Daß diese Methode erfolgreich zu sein scheint, zeigte sich bereits bei Bearbeitung der Dachschiefergrube Wilhelm Erbstollen in Kaub, indem eine wichtige Leitschicht an Hand der Strukturen erkannt wurde (vergl. ENGELS, 1953).

Die Untersuchungen erfolgten — kurz und schematisch umrissen — etwa in nachstehender Reihenfolge:

1. Strukturelle Aufnahme (metrisch genau!) aller Aufschlüsse. Dabei gleichzeitig auch Beobachtung der petrographischen und paläontologischen Eigenheiten.
2. Konstruktion von Quer- und Längsprofilen, Sammelprofilen bzw. auch Profilschichten.

Hierdurch wird bereits ein gewisser räumlicher Überblick über die tektonischen Verhältnisse gewonnen. Vor allem dürfte es sich dabei erweisen, wie weit mit homogenen oder inhomogenen Bereichen der Verformung zu rechnen ist, weil davon die Anwendung der kleinsttektonischen Methode abhängt.

3. Ablesen der aufeinanderfolgenden Schichten (petrographisch) und deren Mächtigkeiten.

4. Bestimmung des Alters der Schichtverbände mit Hilfe der vorgefundenen Leitfossilien.

5. Ergänzung und Überprüfung der voraufgehend gewonnenen Ergebnisse an Hand spezieller Methoden:

A) Gefügekundlicher Art

a) Korngefüge-Analyse an orientiert entnommenen Gesteinsproben im Sinne der von SCHMIDT-SANDER-FAIRBAIRN entwickelten kleinsttektonischen Untersuchungsweise.

Von der sehr zeitraubenden Achsen-Verteilungs-Analyse nach RAMSAUER-SANDER wurde vorläufig noch abgesehen.

b) Gefüge-Analyse am Aufschluß (Profil) und am orientierten Handstück. Besonders wichtig für Deutung der Gefügebilder aus der Korn-Analyse.

B) Petrographisch-mineralogischer Art

a) Dünnschliff-Untersuchungen zur Bestimmung der Mineralkomponenten, u. U. auch der Korngröße usw.

b) Der Vollständigkeit halber sei hier auch auf die Schwermineral-Analyse hingewiesen, die aber im vorliegenden Falle nicht angewendet wurde. Aus der Literatur, z. B. BAUSCH VAN BERTSBERGH (1940), geht hervor, daß diese Methode im Altpaläozoikum des Rheinischen Schiefergebirges vorläufig noch wenig Erfolg verspricht. Es scheint, daß vor allem die bisherigen Aufbereitungsmethoden unzulänglich sind. Bislang sind im wesentlichen nur die 3 wenig besagenden Schwerminerale Rutil, Zirkon und Turmalin gewinn- und bestimmbar gewesen, und zwar nur in sehr geringen Mengen.

c) Bestimmung seltener Elemente auf spektroskopischem Wege. Dankenswerterweise durch die Herren Dr. EICHHOFF und Dr. REINECK an 6 bzw. 7 Proben aus dem Arbeitsgebiet durchgeführt.

Leider sind die vorgefundenen Mengenabweichungen von den Normalgehalten an seltenen Elementen in den hier untersuchten Gesteinen nicht genügend groß, um sie für stratigraphische Parallelisierungsversuche bzw. zur Klärung etwaiger Altersbeziehungen der verschiedenen Schichten zueinander zu verwenden.

d) Radiographische Untersuchungen, ebenfalls von den Herren Dr. EICHHOFF und Dr. REINECK freundlicherweise durchgeführt, leider mit einem ähnlichen negativen Resultat wie die spektroskopischen.

C) Paläontologischer Art

a) Untersuchung der Lebensspuren — im vorliegenden Falle insbesondere der Chondriten.

b) Bearbeitung fossilreicher Fundpunkte.

Wiederum sei hier der Vollständigkeit halber auf eine Untersuchungsmethode hingewiesen, die vorläufig zwar nicht angewendet wurde, aber in Betracht zu ziehen ist, nämlich eine Untersuchung der Ostrakoden, Conodonten u. dgl.

Auf Einzelheiten der verschiedenen Methoden wird an dieser Stelle bewußt verzichtet, weil sie einerseits aus der Literatur bekannt sind und weil damit andererseits der Rahmen der Arbeit überschritten würde.

III. Tektonisch-stratigraphische Analyse

Während im Teil III in erster Linie eine Darstellung der beobachteten Tatsachen angestrebt wird, soll im Teil IV sodann eine Synthese versucht werden, die im wesentlichen auf den hier dargelegten Tatsachen aufbaut, selbstverständlich aber auch die früheren Beobachtungen und Ergebnisse der Bearbeiter des Unterdevons am Mittelrhein berücksichtigt. Zunächst handelt es sich also nur um eine Analyse der tektonischen, petrographischen und paläontologischen Verhältnisse. Daß in den Beobachtungen selber oft schon eine gewisse Deutung enthalten ist, dürfte sich kaum vermeiden lassen. Noch mehr ist dies beim Versuch einer Typisierung der Gefügediagramme oder einer Beurteilung der stratigraphischen Verwertbarkeit von Fossilien usw. der Fall.

A. Tektonik (im gefügekundlichen Sinne)

I. Die kleintektonischen Merkmale

Im folgenden werden die einzelnen tektonischen Elemente, die Verschiedenartigkeit ihres Auftretens und ihr örtliches Verhalten beschrieben.

a) Schichtung ¹⁾

Ohne Zweifel ist die Schichtung das wichtigste tektonische Bezugselement bei der hier durchgeführten Untersuchungsweise.

Begriffliches: Schichtung kann sowohl den Vorgang der Sedimentation (Schichtbildung) bezeichnen als auch einen Zustand des Sediments (Materialwechsel) angeben. Während man unter einer Schicht einen geometrischen Körper (dreidimensionales Gebilde) versteht, ist die Schichtfläche (oder Schichtfuge) nur eine Grenzfläche (zweidimensional). Die Bezeichnung Ober- oder Unterseite einer Schicht bezieht sich auf normale Lagerungsverhältnisse, d. h. auf die mehr oder weniger horizontale Lage zur Zeit der Schichtbildung.

Im Bereich des Hunsrückschiefers und des Unterems sind die Schichten mit reichlichem Sand- und Glimmer-Gehalt verhältnismäßig gut zu erkennen, z. B. quarzitisches Sandsteine, Grauwacken und Grauwackenschiefer. Dagegen ist im Tonschiefer die Schichtung mitunter kaum erkennbar, und zwar um so weniger, je intensiver eine innere Verformung etwa infolge Schieferung, Schubklüftung, Klüftung, Umkristallisation u. dgl. stattgefunden hat. Hier bedarf es dann oft recht mühsamer Untersuchungen; aber fast immer ist erfahrungsgemäß noch ein Materialwechsel — wenn

¹⁾ Die Wörter auf -ung (Schichtung, Schieferung u. dergl.) werden auch hier — wie üblich — als Ausdruck einer Erscheinungsform verwendet.

auch sehr versteckt — feststellbar und damit auch die Schichtung. Doch ist darauf zu achten, daß der vorgefundene Materialwechsel auch wirklich primär, d. h. infolge Schichtung als Vorgang entstanden ist und nicht etwa auf einer sekundären, also nachträglichen Veränderung des Gesteins beruht (vorgetäuschte Schichtung, „Pseudoschichtung“).

Als Pseudoschichten können z. B. Diabas- und Quarzgänge auftreten. Auch Umkristallisationen und Ausscheidungen auf Schieferflächen, Schubklüften, Verschiebungsflächen und normalen Gesteinsklüften sowie an Grenzflächen von Wasserhorizonten (z. B. Wasserstandslinien in den Stollen der Dachschiefergruben) oder subparallel zur Tagesoberfläche täuschen vielfach eine Schichtung vor.

Bei gewöhnlichen Lagerungsverhältnissen werden normale Schieferungsflächen leicht mit Schichtfugen verwechselt. So findet sich zwischen Roßstein und Kaub überraschenderweise nicht selten horizontale Schieferung (Taf. I Fig. 1), die wegen dieser gänzlich unerwarteten Lagerung sehr leicht für Schichtung gehalten wird. Offenbar haben nach der Schubklüftung noch Bewegungen auf Hauptscherflächen der Schieferung stattgefunden und die Schubklüfte sigmoidal verbogen (Taf. I Fig. 2). Bei oberflächlicher Betrachtung sind auch hier wieder die Hauptscherflächen leicht mit Schichtfugen zu verwechseln.

Zur Schieferung transversal verlaufende, paarweise auftretende Klüfte, an denen eine Knickung der ersteren (ansetzende Verschiebung) stattgefunden hat — von KIENOW (1934) als „Knitterung“ bezeichnet — täuschen ebenfalls häufig eine Schichtung vor (Taf. I Fig. 3). Oft hat sich in den geknickten Teilen diffus verteilter Quarz abgesetzt, so daß — vor allem auch beim Anschlag mit dem Hammer — diese „Knitterung“ von quarzitären Grauwackenbänkchen kaum zu unterscheiden ist. Solche geknitterte Partien lassen sich daher oft nur schwer analysieren.

Auch Überschiebungsbahnen (Taf. I Fig. 4), auf denen sich Quarzmylonite mit tonigen oder glimmerigen Lagen gebildet haben, können leicht Anlaß zu einer Verwechslung mit der Schichtung geben. Leider ist es so, daß andererseits tatsächlich die Überschiebungsbahnen häufig in die Schichtflächen einlenken oder aus solchen hervorgehen. Auch sind bisweilen die Schichtflächen größerer Schichtpakete — genau wie die Überschiebungsbahnen — mit einer Tapete aus Quarzmylonit überzogen. Örtlich finden sich oft reichliche Milchquarz-Ausscheidungen auf Schieferfugen, teils als lange, geradlinig, mehr oder weniger seiger verlaufende Striemen, teils in leicht bis wirbelig gefalteter Form (Taf. I Fig. 5 u. Taf. 4 Fig. 18). Auch hier handelt es sich also um einen sekundär bedingten Materialwechsel, der mit Schichtung nichts zu tun hat („Pseudoschichtung“).

Den Schichtflächen kommt insofern noch eine besondere Bedeutung zu, als an ihnen vielfach das stratigraphisch Jüngere und Ältere zu erkennen ist. In diesem Sinne stellen sie tektonisch ein nahezu unentbehrliches Hilfsmittel dar. Allerdings ist es notwendig, Schicht-Oberseite und -Unterseite erkennen zu können. Das ist insbesondere an Hand der Lebensspuren tatsächlich häufig der Fall (RICHTER, R., KREJCI-GRAF u. a.).

Bekanntlich läßt auch die Beobachtung der Rippelmarken (Strömungsrippeln und Oszillationsrippeln) eine Unterscheidung der Schichtseiten zu. Doch sind eigenartigerweise derartige Rippelmarken guter Ausbildung bislang nur im nördlichen Teil des Arbeitsgebiets, d. h. in der Loreley-Gegend, anzutreffen. Aber auch dort sind sie

häufig von der Tektonik stark überprägt und daher nur von untergeordneter Bedeutung. Auf die rein strukturellen Hilfsmittel zur Unterscheidung von Jüngerem und Älterem wird erst in einem späteren Kapitel näher eingegangen.

Ein immer wieder sich bewährendes Hilfsmittel stellt bekanntlich die bogige Schrägschichtung dar. Wie die Rippelmarken sind auch die bogigen Schrägschichten fast ausschließlich auf die Loreley-Gegend beschränkt. Weiter südlich, z. B. in den quarzitischen Sandsteinen und sandigen Grauwackenschiefern zwischen Kaub und Lorchhausen, ist sie merkwürdigerweise gar nicht oder nur undeutlich ausgeprägt.

Bekanntlich läßt sich aus der Schrägschichtung die örtliche Schüttrichtung bestimmen. Etwa 30 Messungen in der Loreley-Gegend ergaben nach einer entsprechenden Reduktion der Lagerungsverhältnisse immer wieder eine ursprüngliche Schüttrichtung aus Norden bis Nordosten. Einige Messungen an undeutlicher Schrägschichtung in quarzitischen Grauwacken-Sandsteinen unmittelbar südlich des Schenkelbachtals deuten offenbar auch noch auf Schüttung aus Norden hin. Ausgezeichnete bogige Schrägschichtung findet sich ca. 5 km südlich des Arbeitsgebiets in einem großen Steinbruch (oberer Taunusquarzit) an der Burg Sooneck, wo die Schrägschichtung auf eine Schüttung aus Süden bis Südwesten hindeutet.

Infolge der intensiven tektonischen Beanspruchung des Hunsrückschiefers ist es meist äußerst schwierig, primäre von sekundären Schwankungen der Schichtmächtigkeiten zu unterscheiden. Es hat aber durchaus den Anschein, als ob neben den sicher sekundären Schwankungen (z. B. Anschwellen der Schichten in den Faltscharnieren, Reduzierungen auf den Faltschenkeln, verstärkte Reduzierungen auf den steilen Faltenflügeln usw.) auch mit erheblichen primären Mächtigkeitsschwankungen zu rechnen ist.

Daß die geringmächtigen quarzitischen Grauwackenbänkechen z. T. aus wenig umfangreichen Sandlinsen hervorgegangen sind, ist bisweilen im Aufschluß unmittelbar beobachtbar. Andererseits bleiben oft wenige, mächtige Bänkechen auf weite Erstreckung — meist soweit der Aufschluß reicht — in offenbar unveränderter Mächtigkeit erhalten.

Da dieses Problem auch eine große wirtschaftliche Bedeutung für die Dachschiefer-Lagerstätten besitzt, wurden bei der Untersuchung der Grube „Wilhelm Erbstollen“/Kaub einige spezielle Beobachtungen und Messungen gemacht, weil hier infolge der guten, räumlich überblickbaren Aufschlußverhältnisse ein guter Einblick in die fraglichen Verhältnisse zu erhoffen war. Und zwar interessierte vor allem das Verhalten einer ca. 1 bis 1,20 m mächtigen quarzitischen Grauwackenbank, die ENGELS (1953) auf Grund des Faltenwurfs als eine markante Leitschicht der Grube erkannte. Es handelt sich dabei um ein aus meist 3–4 Einzelbänken bestehendes quarzitisches Grauwackenpaket. In steilstehenden Faltenflügeln ist diese Leitschicht bis zur Unkenntlichkeit zerschert und dann nur noch auf Grund des Faltenverlaufs als solche zu identifizieren.

140 Meter südöstlich des Erbstollens ist im 8. Querschlag offenbar das Auskeilen der hangenden Teilbank der Leitschicht aufgeschlossen. Da keinerlei Anzeichen für eine Störung ersichtlich sind, dürfte es sich in der Tat um ein primäres Auskeilen handeln, indem der Tongehalt zunimmt und damit der Grauwackencharakter verlorengeht. Die Schieferung scheint diese Tatsache noch zu unterstreichen, da sie in „tonigem“ Material engständig (Fließschieferung) und in „sandigem“ weitständig (Bruchschieferung) erscheint.

Das tektonische Verhalten der Schichtfläche, ob sie Unstetigkeitsfläche und damit Bewegungsfläche (Scherfläche) oder bloße Vorzeichnung (mechanisch unwirksam) ist, wird später erörtert werden.

b) Faltung

Die Falte ist zweifellos eines der wichtigsten kleintektonischen Merkmale. Von Brucherscheinungen abgesehen, vermittelt sie im Aufschluß oft unmittelbaren Einblick in den Bau eines Gebirges.

Im folgenden werden zunächst die verschiedenen Faltenarten des untersuchten Gebietes beschrieben. Nach einer kurzen Betrachtung der Häufigkeit, der regionalen Verteilung und der auftretenden Größenordnungen wird auch auf die Mächtigkeitsverhältnisse der Falten-Scharniere und -Schenkel eingegangen. Eine etwas ausführlichere Behandlung erfahren sodann die an die Faltung geknüpften Begriffe Vergenz, Krümmung der Achsenebenen, Achsengefälle, Faltenpiegel und Disharmonie.

Unter den Erscheinungsformen der Falten (Faltenarten) sind am Mittelrhein vor allem die schiefen (Abb. 2) bis überkippten Falten (Taf. 1 Fig. 6) hervorzuheben.

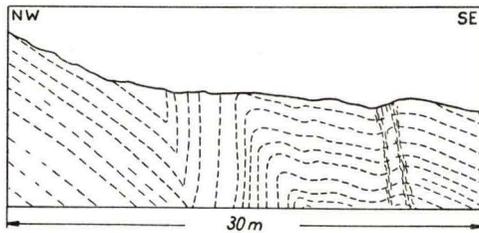


Abb. 2. Schiefe Falte. Schwache Krümmung der Achsenebene in der Mulde. Im SE-Teil eine „Kauber Walze“ im statu nascendi. Hartungsberg/Kaub.

Praktisch finden sich alle Übergänge von der schiefen über die wenig bis stark überkippte bis zur liegenden Falte (Abb. 3). Das häufige Auftreten der letzteren stellt

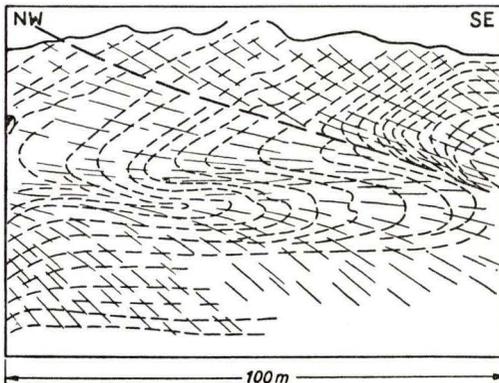


Abb. 3. Liegende Falte in Ton- und quarzitischen Grauwackenschiefern. Unterhalb des Lennig, südlich des Roßsteins.

am Mittelrhein eine Überraschung dar, zumal es in einem Gebietsstreifen stattfindet, den man bisher für besonders einfach gebaut hielt.

Stellenweise finden sich auch stehende Falten (Abb. 4), meist mit Übergängen zu schiefen Falten. Damit ist gewissermaßen ein von der räumlichen Lage der Achsen-ebene abhängender Formenkreis der Faltentypen geschlossen.

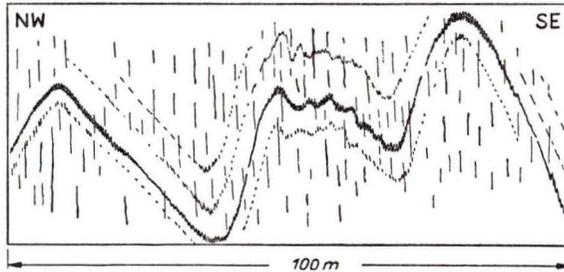


Abb. 4. Stehende Falten in Borden Schiefer. · Westhang der Kauber Platte.

Lediglich HOLZAPFEL (1893) und nebenbei auch QUIRING (1926) haben „liegende Falten“ erwähnt, und zwar vom Hartungsberg. Offenbar war beiden nur das Vorkommen beim Kilometerstein 21 aufgefallen, so daß sie der Erscheinung keine weitere Beachtung schenkten und keine Rückschlüsse daraus zogen.

Ein weiterer Formenkreis bezieht sich auf das Ausmaß der Sehnenverkürzung bzw. Zusammenstauchung infolge der Faltung. Es finden sich dabei alle Übergänge von der weiten, flachwelligen Falte bis zu den eng aneinander gepreßten Isoklinalfalten sowie auch den Fächerfalten (Taf. 2 Fig. 7).

Die Form des feingeschichteten Sandsteins der Fig. 7 (Taf. 2) entspricht nahezu einer extremen Kurve der „EULERSchen Elastika“. Sowohl der Form nach als auch in den Dimensionen sich entsprechend, hat CADISCH (1953) dieselben Fächerfalten in Bündnerschiefern des Unterengadins beobachtet. A. HEIM (1919) beschreibt ähnliche Formen aus dem Schweizer Jura, allerdings mit weit größeren Dimensionen. Nach KIENOW (1942, S. 65) sprechen Fächerfalten nach Art der „EULERSchen Elastika“ für „freie Faltung“ (!) bzw. (S. 105) für relativ große Faltenlänge geringmächtiger Schichten. Vergenz und Schieferung stimmen völlig mit der Umgebung überein, so daß es sich sehr wahrscheinlich um normaltektonische Verformung und nicht etwa um das Produkt einer subaquatischen Rutschung handelt.

Nach der Erscheinungsform zu urteilen, könnte man sich die voraufgehend beschriebenen Faltentypen als durch vorherrschende Biegefaltung entstanden denken. Es finden sich jedoch nicht selten auch Falten, die nur durch einzelne Knollen angedeutet sind. Offensichtlich handelt es sich dabei um Scherprodukte, die infolge einer intensiven Schieferung aus vorher zusammenhängenden härteren Gesteinsbänken hervorgegangen sind. Derartige Scherfalten scheinen vorzugsweise in Tonschiefern, in die geringmächtige Grauwackenbänke eingeschaltet sind, aufzutreten. Auch die sogenannten „Kieselgallen“ sind z. T. solche aus dem Verband gelöste Scherprodukte, womit jedoch nicht etwa bestritten wird, daß die Kieselgallen zum größten Teil echte Konkretionen sind.

Im untersuchten Gebiet kommen auch immer wieder Schleppepfalten (drag folds) vor (Taf. 2 Fig. 8 u. Abb. 5). Es handelt sich meist nur um flexurartige Wellungen, vor allem in steilstehenden mächtigen Gesteinspartien. Bisweilen scheinen sich die Schleppepfalten wieder auszuglätten, manchmal gehen sie auch in normale Kleinfalten über (vergl. Abb. 5).

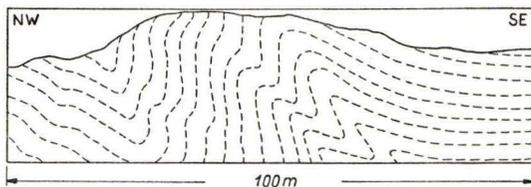


Abb. 5. Schleppepfalten, teils wellig, teils in Form normaler Kleinfalten. Oberhalb der Winzervereinigung in Kaub.

Wenn die Schleppepfalten mit der Großfaltung harmonieren und nicht etwa infolge einer nachträglichen Störung hervorgerufen wurden, kann man an ihnen die Großfalten erkennen. Es ist dies an Hand der Achsenebene der Schleppepfalten möglich, die unter obiger Voraussetzung parallel bis höchstens spitzwinklig zur Mittelebene der Großfalten verlaufen muß. Auf diese Weise wird der Faltenwurf geklärt und gestattet, das stratigraphisch Ältere und Jüngere (bzw. Schicht-Ober- und -Unterseite) zu unterscheiden. Somit erweisen sich die Schleppepfalten als ein wichtiges Hilfsmittel bei der tektonischen Analyse, vor allem des isoklinalen Faltenbaus.

Die Größe einer Falte kann man in Anbetracht der Ähnlichkeit des Faltenprofils mit Schwingungsbildern durch die „Wellenlänge“ (Faltenlänge) und die „Amplitude“ (Faltenhöhe) ausdrücken. Die „Wellenlänge“ veranschaulicht damit die Weitspannigkeit, die „Amplitude“ den Hoch- bzw. Tiefgang der Falte. Im Arbeitsgebiet kommen praktisch alle Größenordnungen vor, und es wurde keine vorherrschende Faltengröße beobachtet.

Da die Falten großenteils sicher durch Scherung entstanden sind, ist das „Gesetz der Stauchfaltengröße“ allein nicht in der Lage, die verschiedenen Faltengrößen zu erklären.

Mit der Faltung sind erhebliche Änderungen der Schichtmächtigkeit verbunden. So ist die „Wanderung des Materials“ in die Faltencharniere — reell bei Biegefalten, scheinbar bei Scherfalten — immer wieder zu sehen (vergl. Taf. 2 Fig. 9).

Die von ENGELS (1953) im „Wilhelm Erbstoren“ beobachtete geringere Mächtigkeit der steilen Faltenchenkel gegenüber den flach einfallenden (nach SE) war im gesamten Arbeitsgebiet immer wieder festzustellen (Taf. 2 Fig. 9 und 10). Allerdings hat bei sehr mächtigen Steilschenkeln die Reduzierung der Schichten nur in einem engbegrenzten Teil des Schenkels stattgefunden und darf daher nicht ohne weiteres auf die gesamte steilstehende Schichtpartie übertragen werden. Die größere Mächtigkeit auf dem relativ flach einfallenden Schenkel wird oft auch infolge Aufschuppung hervorgerufen.

Besonders starke Schenkelreduzierungen kommen bei den „liegenden“ Falten vor, und zwar ist die invers liegende Schichtpartie stets sehr ausgedünnt.

Die Vergenz der Faltung kann durch die Neigungsrichtung der Achsenebene ausgedrückt werden. In diesem Falle liegt es nahe, je nach dem Neigungsgrad von einem entsprechenden Vergenzgrad zu sprechen. Dieser Begriff dürfte zweckmäßig sein, weil er etwas Wesentliches über die tektonischen Verhältnisse aussagt. Die stehenden Falten haben in dem angeführten Sinne den niedrigsten Vergenzgrad (0°); über die schiefen und überkippten Falten wird sodann bei den liegenden Falten der höchste Vergenzgrad (90°) erreicht. Eintauchende und sich einwickelnde Falten sind Sonderfälle.

Im Arbeitsgebiet ist bis auf örtlich begrenzte Ausnahmefälle NW-Vergenz zu beobachten, und zwar treten alle Grade (Neigung der Achsenebene) von $0-90$ auf, unter denen allerdings die geringeren vorherrschen. Ausnahmsweise findet man örtlich SE-Vergenz (Abb. 6), jedoch nur mit geringem Neigungsgrad.

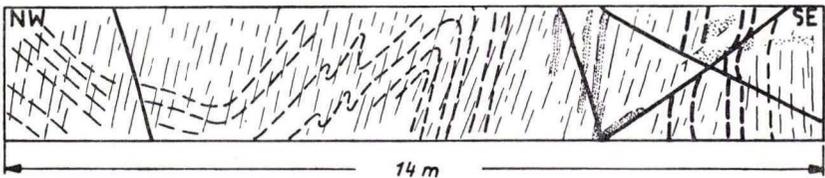


Abb. 6. Geringe SE-Vergenz (Ausnahme). Schichtung dick gestrichelt, Schieferung dünn gestrichelt, Verschiebungen = dicke Linien, Verquarzung = punktiert. Wilh. Erbstollen, I. Sohle, 8. Querschlag.

Häufig ist mit der Änderung des Vergenzgrades eine Krümmung der Achsenebene verbunden; diese kann bisweilen im Aufschluß unmittelbar beobachtet werden (Abb. 7, vergl. auch Abb. 2). Sie beweist, daß im Verlauf der Faltung Torsion stattgefunden hat, oder daß die Faltung in mehreren Bewegungsakten vor sich gegangen ist.

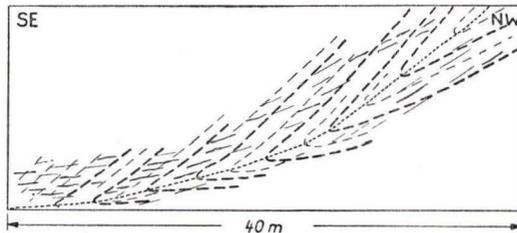


Abb. 7. Krümmung der Achsenebene einer Mulde. Südlich Oberwesel bei km-Stein 130,2 linksrheinisch.

Eine erhebliche Bedeutung für die Untersuchung (tektonisch) des Arbeitsgebiets kommt der Konstruktion des Faltenspiegels zu (Abb. 8). Dadurch lassen sich nämlich übergeordnete Sättel (Antiklinorien) und Mulden (Synklinorien) erkennen. Unter der — leider nur selten verwirklichten — Voraussetzung, daß die Faltenschinkel längengleich sind, läßt sich schon aus dem Faltenyp oder dem Vergenzgrad der Faltenspiegel ableiten. Das schließt eine Aussage über „Sattel-“ oder „Muldenstellung“ (bzw. tektonisches Hoch- oder Tiefgebiet) im großen ein (KUBELLA, 1951). Es ist aber im vorliegenden Falle sehr schwierig und gewagt, einen Faltenspiegel zu

konstruieren, weil die Beträge der Verschiebungen (vor allem Aufschiebungen) nicht zu ermitteln und die Falten in ihrer Größe wechselvoll und außerdem disharmonisch sind.

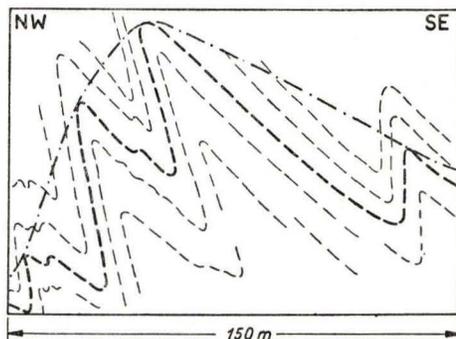


Abb. 8. Falten Spiegel unter Burg Gutenfels in Kaub.

Besondere Schwierigkeiten bereitet die Disharmonie der Faltung (Abb. 9). Leider ist sie nur selten im Aufschluß zu überblicken; in den Dachschiefergruben erschwert sie vor allem eine Koordinierung der verschiedenen Profile. Das gilt sowohl für das vertikale als auch für das horizontale disharmonische Verhalten der Faltung. Gewiß ist die Disharmonie im wesentlichen auf den Materialunterschied der Schichten zurückzuführen, z. B. im Sinne des „Gesetzes der Stauchfaltengröße“. Hinzu kommt offenbar eine örtlich sehr stark schwankende Scherkraft, und zwar sowohl hinsichtlich ihrer Stärke als auch Richtung. Infolgedessen ergibt sich nicht nur eine Disharmonie in bezug auf Größe, sondern auch auf Form und Lage der Falten.

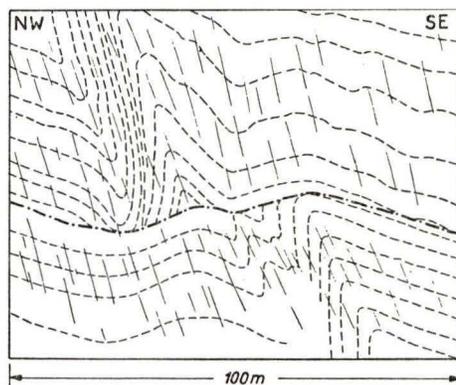


Abb. 9. Spitznack-Sattel und Überschiebung, teils echte, teils vorgetäuschte disharmonische Faltung. Südlich Loreley.

Die bisherige Betrachtung der Falten bezog sich fast ausschließlich auf das Querprofil. Nicht minder bedeutsam ist das Verhalten der Falten im Längsprofil, wodurch ja erst ein räumlicher Überblick erreicht wird. Das wichtigste tektonische Element des Längsprofils ist im vorliegenden Falle zweifellos die Faltenachse (Abb. 10, vergleiche auch die Längsprofile in Teil IV).

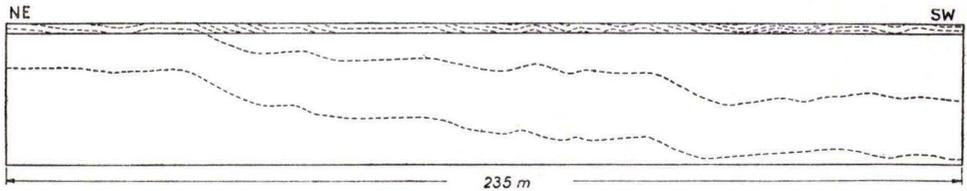


Abb. 10. Längsprofil (Faltenachse) zwischen Mahnert-Stollen und 3. Querschlag der III. Sohle, Grube Rhein, gegenüber Kaub.

Sie gibt uns Auskunft über den Verlauf der Falten im Streichen (senkrecht zum Querprofil). Die Längsprofile sind aber meist nicht so gut aufgeschlossen wie die Querprofile. Deshalb sind Hilfsmittel zur Feststellung des Verlaufs der Faltenachse (Achsengefälle) auch an sonst unbedeutenden Aufschlüssen sehr wertvoll. Die dazu gebräuchlichsten Meßmethoden sind folgende:

1. Unmittelbares Einmessen der ab- oder auftauchenden Faltencharniere.
2. Einmessen des Streichens und Fallens von Faltenchenkeln; Eintragung der Meßergebnisse ins SCHMIDTSche Netz und Ermittlung der Faltenachse als Schnittpunkt der Großkreise (vergl. Oleate 1 usf. d. Abb. 25). Hierbei ist allerdings zu beachten, daß die natürliche Falte bei weitem nicht so einfach gebaut ist, wie es die erwähnte Meßmethode voraussetzt. Infolge der wechselvollen Verhältnisse von Ort zu Ort, vor allem in Abhängigkeit vom Material und der Intensität der Beanspruchung, pendeln die Faltenachsen sehr lebhaft hin und her. Leider verlieren damit auch die bisherigen Bemühungen um eine rechnerische, graphische oder tabellarische Erfassung der Beziehungen zwischen Faltenachsen und Faltenchenkeln erheblich an Wert. Dagegen bleibt bei Verwendung und Handhabung des SCHMIDTSchen Netzes — bei Winkelbeziehungen auch des WULFFSchen Netzes — weit mehr der Überblick gewahrt, so daß eine gewisse Kontrolle möglich ist. Es ist dies insbesondere ein Ergebnis, zu dem der Verfasser bei dem Versuch, den Anregungen von v. GAERTNER (1952) nachzukommen, gelangte.

Es sei noch darauf hingewiesen, daß mit dieser Bestimmungsmethode der Faltenachse das Streichen derselben nur annäherungsweise durch die Winkelhalbierende („Mittalebene“ nach v. GAERTNER, 1952) der Faltenchenkel ermittelt werden kann. Ähnliches gilt sinngemäß auch für das Einfallen der Faltenachse, wenn man als solches den Fallwinkel der ideellen Schnittkante (zwischen den beiden Faltenchenkeln) in der gewonnenen Mittalebene nimmt. Man muß sich bewußt bleiben, daß selbst bei einer hohen Symmetrie der Falte und der Möglichkeit, die Messungen entsprechend symmetrisch anzusetzen, die Mittalebene trotzdem nicht ohne weiteres der Achsenebene gleichgesetzt werden darf; so differieren im mittelhessischen Hunsrückschiefer die Mittel- und die Achsenebene oft sehr erheblich voneinander (vergl. Taf. 2 Fig. 9). Das gilt selbstverständlich im gleichen Maße und Sinne auch für die Beziehungen der Mittalebene zu den Schieferflächen (vergl. Oleate 2 der Abb. 25).

3. Erschließung aus dem Streichen und Fallen der Schnittkanten zwischen Schichtung und Schieferung. Hierzu sind in letzter Zeit mehrfach Bedenken geäußert

worden. Vor allem hat v. GAERTNER (1952) darauf hingewiesen, daß die gemessene Streichrichtung der Schnittkante (d. h. deren Projektion auf die Horizontale) anders verläuft als die Schieferung, die (nach v. GAERTNER) für das wahre Streichen der Faltenachsen ausschlaggebend ist. Im übrigen gelten hier ähnliche Erwägungen, wie bereits bei der 2. Meßmethode angeführt. Außerdem muß nach den Untersuchungsergebnissen des Verfassers mit mehreren Scherflächenscharen (Schieferungen) am gleichen Ort gerechnet werden (dabei wird von verschiedenen lokalbedingten Schieferungen zunächst ganz abgesehen). Dadurch treten Schwierigkeiten auf, welcher der Scherflächenscharen die Faltenachse zuzuordnen ist (vergl. Oleate 5 der Abb. 25).

4. Erschließen aus dem umlaufenden Streichen der Schichten, vor allem bei guten horizontalen Aufschlüssen oder aus Karten.
5. Mit Hilfe der Querklüftung oder Querspalten (Quarzgänge). Bekanntlich fällt die Faltenachse antithetisch zu den Querklüften ein. Doch wird hierbei die Ungenauigkeit bereits bedenklich, so daß diese Methode schon sehr gewagt ist. Ähnliches gilt auch für Rückschlüsse auf das Verhalten der Faltenachse vermittels der Bewegungsstreifen auf den Schichtflächen oder auf Grund der Lage von quer- und diagonalverlaufenden Scherklüften. Das wechselnde Einfallen der Faltenachse im Arbeitsgebiet deutet auch auf eine innige „zopfartige“ Verflechtung der Faltenstränge hin (vergl. ENGELS & BANK 1954). Trotzdem kann man gebietsweise ein allgemeines Achsengefälle feststellen (Achsenrampen nach CLOOS). Auch quer zum Streichen lassen sich Bereiche mit charakteristischem Verhalten der Faltenachsen unterscheiden: So sind Zonen mit starken Anpressungserscheinungen offenbar durch starkes Achsengefälle ausgezeichnet. Dagegen können nach Ansicht des Verf. vorerst keine Rückschlüsse auf ältere Faltungsphasen oder Kippung von Schollen gezogen werden. Dafür ist die Faltenachse allein ein zu unsicheres, weil wechselvolles tektonisches Element (vergl. Oleate 4 der Abb. 25).

c) Schieferung

Die Schieferung gehört zu den auffälligsten Gefügemerkmalen, wie bereits die zahlreichen Wortbildungen mit „Schiefer“ andeuten, z. B. Rheinisches Schiefergebirge, Hunsrückschiefer, Dachschiefer, Tonschiefer u. a. m. Gefügemäßig wird damit eine ausgezeichnete Spaltbarkeit — oft transversal zur Schichtung verlaufend — zum Ausdruck gebracht.

Da die Bezeichnung Schieferung vielfach für recht heterogene Zustände und Vorgänge verwendet wird, muß zunächst definiert werden, was im Sinne dieser Arbeit unter dem Begriff zu verstehen ist: Man meint damit eine fast parallel zur Achsen-ebene der Falten verlaufende Spaltbarkeit (axial plane foliation). Die in der Definition genannte Beziehung zwischen Schieferung und Faltung ist für die kleintektonische Untersuchungsweise von ausschlaggebender Bedeutung. Sie ermöglicht es, den Faltenwurf bis zu einem gewissen Grade örtlich vorauszusagen und sich damit tektonisch schnell zu orientieren: So ist z. B. aus der räumlichen Lage der Schieferung unmittelbar die *Vergenz der Faltung* ablesbar, ausgenommen in horizontaler Stellung (zwei-

deutig). Ferner sind bereits auf Grund kleiner Aufschlüsse Aussagen über sonst nicht erkennbare Sättel und Mulden möglich, wie das Beispiel der Abb. 11 erläutern soll: Ausschnitt a und c lassen unmittelbar nach links jeweils nur Mulden, nach rechts nur Sättel zu, im Falle b verhält es sich umgekehrt. Auch für das Längsprofil, speziell für das Verhalten der Faltenachse, lassen sich an Hand der Schnittkante zwischen Schichtung und Schieferung wichtige Schlußfolgerungen ziehen.

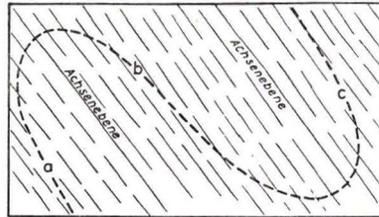


Abb. 11. Schieferung und Faltung (schematisch).

Wenn die Schiefer-Tektonik tatsächlich in der definierten Weise „gebunden“ ist — und das kann für das Untersuchungsgebiet nur bestätigt werden —, so ist mit dem schnellen Überblick über den Faltenwurf gleichzeitig auch eine Wahrscheinlichkeitsaussage über das Jüngere und Ältere bzw. über die Schicht-Ober- und -Unterseite möglich.

Je nach den Abständen zwischen den aufeinanderfolgenden Spaltflächen kann man eine Bruchschieferung (fracture cleavage z. T.) von einer Fließschieferung (flow cleavage) unterscheiden. Während die Fließschieferung verhältnismäßig parallel zur Achsenebene verläuft, weicht die Bruchschieferung erheblich davon ab. Im letzteren Falle ordnet sich die Schieferung in Sätteln und Mulden fächer- oder meilerförmig an (Taf. 2 Fig. 11 und Abb. 12). Diese Divergenz führt zwar auch zu einer Abweichung der Schieferung von der Achsenebene, geht aber offenbar nicht über einen gewissen Betrag hinaus, sondern lenkt immer wieder in letztere ein. Und zwar scheint diese Art der Schieferungsdivergenz hauptsächlich in mehr oder weniger spröde reagierenden Gesteinsschichten aufzutreten. SCHOLTZ und KIENOW vergleichen die Erscheinung mit dem Brechen des Lichts beim Eintritt in ein dichteres Medium. CLOOS (1948) und HOEPPENER (Vortrag in Betzdorf 1953) neigen zu der Ansicht, daß es sich um eine divergente Verstellung zuvor achsenparalleler Schieferungsflächen infolge einer nachträglichen Fortsetzung der Faltung handelt. Schließlich können auch zwei Scher-

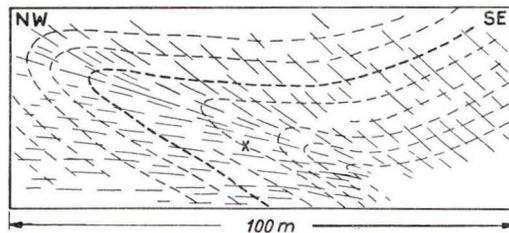


Abb. 12. Divergente Schieferung (fächerartig) in einem nahezu liegenden Faltenattel. X ist die Stelle der Fig. 1 auf Taf. 1. Km-Stein 21,8 nördlich Kaub, rechtsrheinisch.

flächenscharen in Betracht gezogen werden, indem z. B. nach ROTHAML (brieflich 1954) je eine der Scherflächenscharen versteckt im Schicht-s liegen soll und nur die transversal zur Schichtung verlaufende Schär in Erscheinung tritt. Es ist damit zu rechnen, daß je nach Objekt und örtlichen Bedingungen die eine oder andere Erklärung zutrifft.

Bisweilen schmiegen sich die Schieferungsflächen den Schichtfugen an, wodurch ebenfalls ein Abweichen von der Achsenebene hervorgerufen wird. Aber die Richtung der Divergenz ist der voraufgehend beschriebenen entgegengesetzt, was offenbar auf gut schieferbare Gesteine zwischen Grauwacken und Quarziten beschränkt ist.

In gebankten Grauwacken findet sich häufig sigmoidal verbogene Schieferung (Taf. 3 Fig. 14), die gleichfalls auf ein Anschmiegen der Schieferungsflächen an die Schichtung zurückgehen dürfte. Während oder nach der Schieferung haben also noch Bewegungen auf den Schichtflächen stattgefunden, und zwar im Sinne einer Biegegleitung auf Schichtflächen (bei Biegefaltung). Diese Erscheinung wurde bisher nur auf den flach nach Südosten einfallenden Faltenschenkeln beobachtet. Auf den steilen Faltenschenkeln ist der Schnittwinkel zwischen Schieferung und Schichtung fast immer wesentlich spitzer als auf den flachen. So schmiegen sich auch hier die Schieferungsflächen an die Schichtung an und schlichten sich z. T. so vollkommen ein, daß Schichtung und Schieferung nicht mehr auseinanderzuhalten sind. Geht der steile Faltenflügel in die überkippte oder gar liegende Stellung über, so dreht sich die Schieferung mit und verläuft im letzteren Falle mehr oder weniger horizontal.

Mit diesen Erscheinungen dürfte auch die unterschiedliche Mächtigkeit der Faltenschenkel in Zusammenhang stehen (vergl. Taf. 1 Fig. 6; Taf. 2 Fig. 9 u. 10). Und zwar ist z. B. bei den NW-vergenten Sätteln der NW-Flügel ausgedünnt und der SE-Flügel verdickt. Das Umgekehrte ist eigenartigerweise im Kulm der Thüringer Hauptmulde der Fall; außerdem wurden dort an Stelle der Aufschiebungen des Rheinischen Schiefergebirges hauptsächlich flache Abschiebungen festgestellt (ENGELS 1952a).

Wie im Bereich des Frankenwälder Quersattels (Thüringer Wald) (ENGELS 1952a), so wurden auch im vorliegenden Untersuchungsgebiet verschiedentlich mehrere am gleichen Ort im Streichen voneinander abweichende Schieferungen beobachtet (Taf. 3 Fig. 12 und 13; vergl. auch Oleate 6 und 7 der Abb. 25).

Zum gleichen Ergebnis führten auch Korngefügeanalysen (vergl. III, A, 3), die z. T. an Proben ohne eine makroskopisch ersichtliche zweite Schieferung vorgenommen wurden.

Somit liegen auch im Rheinischen Schiefergebirge Anzeichen für eine mehraktige Schieferung vor, die wahrscheinlich wie im Thüringer Wald i. a. von einer „dichten“ (von Umkristallisationen begleitet) über engständige bis zur weitständigen Zerschierung führt. Auch THIENHAUS (1953b, S. 77) nimmt für das Siegerland sowohl prae- als auch synsideritische Schieferungen an, also ebenfalls eine Mehraktigkeit.

Recht merkwürdig verhalten sich die Diabas-Gänge gegenüber der Schieferung (siehe III, A, 1, k). Derselbe Diabas-Gang ist z. T. ungeschiefert und z. T. geschiefert. Das deutet darauf hin, daß die Schieferung der Diabase von den örtlichen Bedingungen abhängt. Es liegt nahe, damit auch örtlich verschiedene Intensität der Schieferung anzunehmen. Dasselbe bestätigen die recht unterschiedlich starken Verformungen der Fossilien und nicht zuletzt auch lokal auftretende „reine“ Scherfalten. Auf

örtlich besonders intensive Beanspruchung weisen auch stark ausgedünnte Falten-schenkel hin, die z. T. sogar überleiten zu Aufschiebungen und Überwälzungen. In Abhängigkeit von der Intensität der Schieferung sehen dieselben Schichten je nach ihrer tektonischen Stellung — ob steil oder flach gelagert, ob normal oder invers usw. — makroskopisch oft sehr verschieden aus. Es scheint also das ursprüngliche Material infolge einer unterschiedlichen Intensität der Schieferung eine entsprechende Veränderung (Metamorphose) zu erfahren, die nach MOSEBACH (1952) und BREDDIN (Vortrag 1953) mit erheblichen Kristallisationsvorgängen verbunden ist.

Auf Hauptscherflächen der Schieferung haben offensichtlich z. T. nachträglich noch beträchtliche Bewegungen stattgefunden, und zwar sowohl vertikaler (vergl. Taf. 1 Fig. 2) als auch horizontaler Art (Taf. 4 Fig. 19). Bei den horizontalen Verschiebungen scheint jeweils der NW-Teil relativ zum SE-Teil nach NE verschoben zu sein. Z. T. wird bei nicht seiger einfallenden Quarzgängen eine seitliche Verschiebung vorge-täuscht, indem auf horizontalen Aufschlüssen (z. B. an der Stollendecke) in dem genannten Falle auch bei rein vertikalen Verschiebungen eine scheinbare seitliche Versetzung auftritt.

Trotz der oben beschriebenen Abweichungen der Schieferung von der Achsenebene ist regional doch eine erstaunliche Konstanz vor allem in der Streichrichtung fest-zustellen. Entsprechend dem regionalen Auftreten der verschiedenen Faltenantypen wechselt die Schieferung dagegen häufig ihr Einfallen, und zwar von einem allerdings nur ausnahmsweise vorkommenden steilen Einfallen nach NW über die Seigerstel-lung und ein vorwiegendes SE-Einfallen bis zur horizontalen Lage, aber grundsätz-lich nur in Übereinstimmung mit dem Verhalten der Achsenebene und damit des Faltenwurfs überhaupt. Daraus geht eindeutig hervor, daß sich Faltung und Schie-ferung durchaus entsprechen und daß sich beide bei Rückschlüssen auf die Unter-grundverhältnisse gegenseitig stützen müssen bzw. ergänzen können.

d) Schubklüftung

Als Schubklüftung (false cleavage) wird eine Scherflächenschar bezeichnet, die zwar ungefähr wie die Schieferung streicht, aber anders — meist entgegengesetzt — einfällt. Man faßt sie oft als zweite Schieferung auf. Während bei einer echten Schie-ferung von Spaltbarkeit (makroskopisch nicht ohne weiteres erkennbare Gefügeeigen-schaft) gesprochen werden kann, die meist große Gebirgstteile durchgehend betrifft, handelt es sich bei der Schubklüftung nur um mehr oder weniger weitständige Scher-flächen, die örtlich oder zonenweise auftreten. Die mit Schubklüftung verbundene Zerschering erzeugt nur flexurartige „Falten“ bzw. unbedeutende „Fältelung“. Aus der Literatur geht hervor, daß man dabei im wesentlichen zwei Erscheinungsformen unterscheidet, die auch im Arbeitsgebiet vorkommen:

1. weitständige, kluftähnliche Flächenscharen,
2. weniger weitständige Flächenscharen = Runzelung.

Überraschenderweise ist im untersuchten Bereich des mittelhheinischen Hunsrück-schiefers mit den weitständigen Schubklüftungszonen (Taf. 3 Fig. 15) meist eine flexur-artige Wellung im Sinne einer Abschiebung verbunden. In der Grube Rhein wirken sich solche Zonen als Störungen im bergmännischen Sinne aus.

Das Dachschieferlager ist dort wellig verbogen, sowie durch die Schubklüfte und eine reichliche Ausscheidung von Milchquarz völlig unkenntlich gemacht. Es stellte sich heraus, daß die Schubklüftzonen nicht genau im Streichen der Schieferung verlaufen, sondern spitzwinklig — entgegengesetzt dem Bewegungssinn des Uhrzeigers — davon abweichen. Die weitständigen Schubklüfte scheinen fast immer nahezu senkrecht zur Schieferung bzw. Achsenebene der Faltung einzufallen (vergl. Taf. 3 Fig. 15). So sind sie bei stark überkippten bis liegenden Falten fast seiger und bei stehenden Falten \pm waagrecht. Die in Abb. 13 wiedergegebene Schubklüftung verläuft im ganzen gesehen schwach gebogen (gewölbt), und zwar im Sinne des verhältnismäßig spitzen Faltensattels.

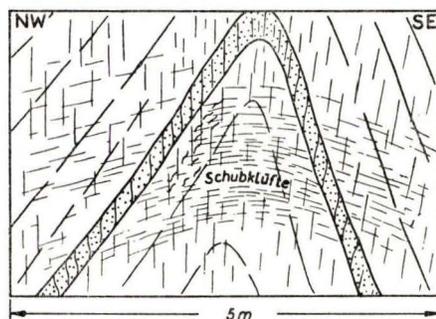


Abb. 13. Im ganzen \pm waag rechte Schubklüftung, z. T. an Hauptscherflächen der Schieferung sigmoidal verbogen (vergl. Taf. 1 Fig. 2). Kaub.

Zweitens wird von SCHOLTZ (1930) und KIENOW (1934) die schon längst als Runzelung bekannte Erscheinung ebenfalls zur Schubklüftung gerechnet. Im Arbeitsgebiet tritt sie vor allem im Zusammenhang mit „Kauber Walzen“, Überschiebungen und in der Nähe irgendwelcher Einlagerungen im Tonschiefer auf, z. T. auch in den Zonen mit weitständiger Schubklüftung. Manchmal kommt Runzelung in zwei sich spitzwinklig schneidenden Flächenscharen vor.

Regional betrachtet, scheint die Schubklüftung — wie schon oben angedeutet — im untersuchten Gebiet NE-SW bis NNE-SSW zu streichen und mit der Schieferung fast stets nach SW einfallende Schnittkanten zu bilden (vergl. Oleate 4 u. 9 der Abb. 25). Aus dem geschilderten Verhalten der Schubklüftung geht hervor, daß sie zwar im wesentlichen nach Faltung und Schieferung entstanden, aber noch eng damit verknüpft erscheint. Da auch Beziehungen zu den Verschiebungen und „Kauber Walzen“ bestehen, ist vielleicht für die Schubklüftung Mehraktigkeit der Bewegung in Erwägung zu ziehen.

e) Knitterung

Bei der Knitterung (KIENOW 1934) handelt es sich um Knickungen der Schieferung an paarweise auftretenden Kluftflächen (Abb. 14, vergl. auch Taf. 1 Fig. 3). Ähnliche Verstellungen der Schieferung finden sich manchmal auch an dünnen Bänken (ca. 2—5 cm mächtig), wobei auf Schicht-Ober- und -Unterseite (wie oben an paarweise auftretenden Kluftflächen geschildert) entsprechende Verschiebungen statt-

gefunden haben (vergl. Abb. 14). Diese Knickung an den Schichten behält beim Kreuzen mit der normalen Knitterung die Oberhand (jünger?).

Kinematisch gedeutet, scheinen im Arbeitsgebiet nur abschiebende Knitterungen vorzukommen. Doch konnten vom Verf. in gleichartigen Schichten der Umgebung von Zell an der Mosel — allerdings in liegende Falten mit horizontaler Schieferung

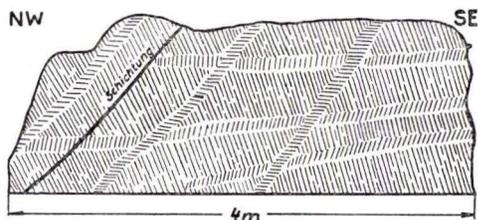


Abb. 14. Knitterung an flach nach NW einfallenden Kluftpaaren und an Schichten. Hartungsberg.

gelegt — auch aufschiebende Knitterungen beobachtet werden. Allgemein kann festgestellt werden, daß die Knitterung in ihrem Verhalten der Schubklüftung nahesteht und vielleicht zu deren Formenkreis gehört.

f) Auf- und Überschiebung

CLOOS (1936) unterscheidet je nach Neigung der Schubbahn — über oder unter 45° — Auf- von Überschiebung bei relativen Aufwärtsbewegungen der Hangendscholle. „Weite, im Mittel horizontale oder flachgeneigte Verfrachtungen über waagerechten, auf- und absteigenden Verschiebungsflächen (Deckensohlen)“ nennt er „Deckenschübe“.

Die beobachteten Auf- und Überschiebungen des Arbeitsgebiets gehören alle zu streichenden Störungen. Dazu kann man auch Auf- und Überwalzungen sowie manche Aufschuppungen, die keine deutlich ausgeprägte Schubbahn erkennen lassen, rechnen. Da vielfach dieselbe Schubbahn an der einen Stelle steiler, an der andern flacher als 45° einfällt (z. B. an der Loreley, vergl. Taf. 3 Fig. 16), erscheint eine Aufgliederung durch den genannten Winkel unzweckmäßig.

Zum Teil ist es recht schwierig, Auf- und Überschiebungen als solche zu erkennen, vor allem in Zonen mit \pm horizontaler bis mittelsteil nach SE einfallender Schieferung und Schichtung. Gewisse, leider keine eindeutigen Hinweise geben oft nasse Stellen und Quellen (z. B. südlich der Schönburg bei Oberwesel, ferner in der ersten Runse nördlich Bacharach und südlich des Spitznack). Noch schwieriger gestaltet sich die Ermittlung des Verschiebungsbetrages, wenn er nicht — wie im Spitznack — infolge günstiger Aufschlußverhältnisse ohne weiteres erkennbar ist. Diese Schwierigkeiten beruhen vor allem auf dem Mangel an zuverlässigen Bezugsmerkmalen (Leitschichten oder Strukturen), denn der Gesteinscharakter im Arbeitsgebiet ist zu eintönig und die Tektonik zu kompliziert. Hinzu kommt, daß die Schubbahnen oft nur aus dünnen, unauffälligen Tapeten aus Quarzmylonit bestehen, die nicht selten auch auf Schichtflächen ohne nennenswerte Verschiebungen vorkommen. Auch können stark ausgedünnte Faltenschenkel als versteckte Auf- und Überschiebungen aufgefaßt werden

(Auf- und Überwalzungen nach ENGELS, 1953), untergeordnet auch manche streichende Quarzgänge (striemig und unrein) und „Kauber Walzen“ (vergl. III A, 1, g).

Wenn man das ungefähre Einfallen der Schubbahn zugrunde legt, lassen sich im untersuchten Gebiet die Auf- und Überschiebungen folgendermaßen aufteilen:

1. Steile Aufschiebungen (i. a. über 60°) nach SE, selten. Die in Abb. 6 (im Bild rechts) wiedergegebene Aufschiebung nach SE ist eine solche Ausnahme. Schieferung und Schichtung stehen seiger, die Schubbahn fällt mit ungefähr 45° nach NW ein. Der Verschiebungsbetrag ist an einem 2—3 cm mächtigen quarzitischem Grauwacken-

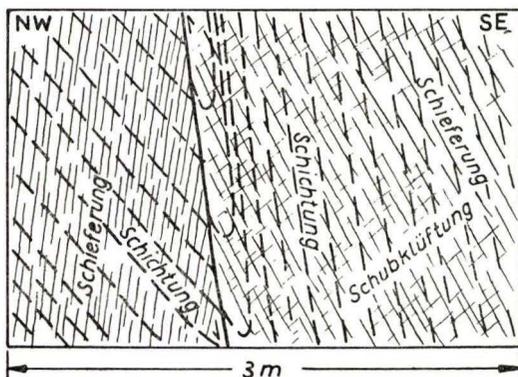


Abb. 15. Steile Aufschiebung nach NW (Aufschuppung). Unterhalb des „Tempels“, Kaub. bänken mit ca. 50 cm ablesbar. Auf horizontalen Begleitklüften hat sich z. T. Milchquarz abgesetzt, stellenweise auch auf der Schubbahn.

2. Seiger stehende Verschiebungen, an denen teils die SE- und teils die NW-Scholle relativ auf- oder abwärts bewegt wurde, ebenfalls selten. Vorkommen: Bei Kaub (Wilhelm Erbstollen) und an der Loreley.

3. Steile Aufschiebungen nach NW (Abb. 15 und 16), ebenfalls selten. Die Aufschiebungsbahn der Abb. 15 fällt im Aufschluß kaum auf. Und doch muß mit einem beträchtlichen Verschiebungsbetrag gerechnet werden, denn es stoßen recht unterschiedliche Schichten (Kieselgallenschiefer im NW, Bordenschiefer im SE) und Strukturen aneinander.

Die Abb. 16 stellt die Aufschuppung einer quarzitischem Grauwackenbank mit einem Verschiebungsbetrag von ca. 3 Metern dar.

4. Mittelmäßig (ca. 30° — 60°) nach SE einfallende Auf- bzw. Überschiebungen (Taf. 3 Fig. 16), häufig. Der Versetzungsbetrag, der auf Fig. 16 der Taf. 3 gezeigten Verschiebung scheint ziemlich groß zu sein, weil die Strukturen beiderseits der Schubbahn sehr verschieden sind.

5. Flache (i. a. unter 30°) Aufschiebungen (Überschiebungen) nach NW (siehe Abb. 3). Auf diesen Schubbahnen finden sich meist die bereits erwähnten Quarzmylonite (vergl. Taf. 1 Fig. 4).

In der Grube Rhein dürfte es sich bei den sogenannten „Deckeln“ zum Teil um solche Überschiebungen handeln (vergl. Abb. 17). Da dort auf der höchsten Sohle der Faltenwurf wesentlich verschieden ist von dem der unteren, kann man mit einer beträchtlichen Überschiebung rechnen.

Im übrigen konnte in der Grube Rhein (mittlere Sohle) nachgewiesen werden, daß die „Deckel“ z. T. nur \pm horizontal verlaufende Schichtung mit intensiven Schubklüfterscheinungen und vermehrter Quarzausscheidung sind (Abb. 17). Der Dachschiefer ist in einer solchen Partie völlig unbrauchbar und kaum wiederzuerkennen. Die Schichtung läßt sich deutlich an verschiedenen Lagen aus Kieselgallen feststellen. Der „Deckel“ besteht aus einem 2–5 cm mächtigen Grauwackenbänkchen.

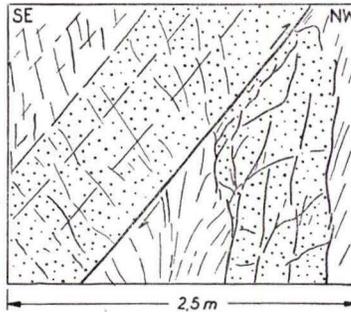


Abb. 16. Steile Aufschiebung nach NW (Aufschuppung). Wilhelm Erbstollen, I. Sohle, 5. Querschlag, am Schacht.

Oberhalb des Wilhelm Erbstollens findet sich eine flache Aufschiebung nach NW mit fast horizontalen quarzgefüllten Fiederspalteln (Taf. 3 Fig. 17), die an Hauptscherflächen der Schieferung zerschert und kleingefältelt sind.

6. Fast horizontale Überschiebungen (Hangendscholle nach NW bewegt), selten. (Ab. 18, vergl. auch Abb. 9.) Die Schubweite der Spitznack-Überschiebung beträgt auf Grund der Versetzung des Spitznack-Spezialsattels etwa 35 Meter. Eigenartig

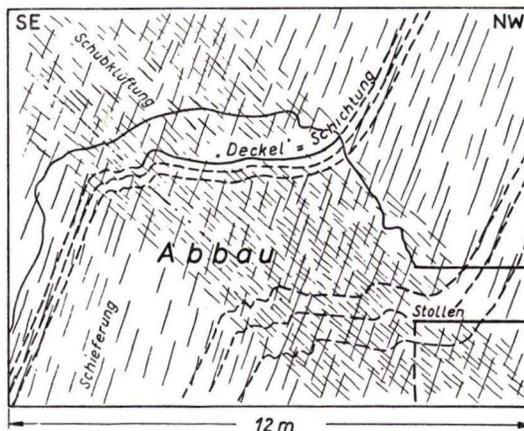


Abb. 17. „Deckel“ in der Grube Rhein, mittlere Sohle.

dabei ist, daß dem Spitznacksattel unter der Überschiebung noch ein kleiner Sattel im NW vorgelagert ist und die Schubbahn in Form einer flachwelligen Falte auf- und absteigt.

Südlich des Kauber Friedhofs sind über einem Eiskeller 2 Überschiebungen abgeschlossen. Während für die untere eine Schubweite von 40 Metern ermittelt werden konnte, war die obere metrisch nicht zu erfassen.

Regional betrachtet (von Lorchhausen in Richtung Loreley) scheinen enge Zusammenhänge zwischen den Auf- und Überschiebungen einerseits und dem Verhalten der Faltung und Schieferung andererseits zu bestehen. (Das bezieht sich vor allem auf den Vergenzgrad, welcher — auf die Auf- und Überschiebungen übertragen, indem man letztere wie eine Achsenebene [vergl. S. 22] behandelt — unmittelbar aus der Neigung [nicht dem Einfallen] der Schubbahn zu entnehmen ist.)

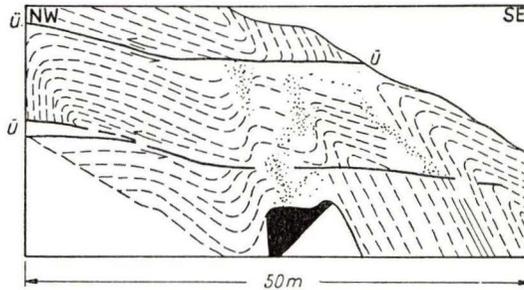


Abb. 18. Horizontale Überschiebungen am Eiskeller südlich des Kauber Friedhofs.
Ü = Überschiebungen, punktierte Stellen = Verquarzungen.

Zwischen Lorchhausen und dem Schenkelbachtal südlich von Kaub kommen vor allem mittelsteile Aufschiebungen nach NW vor. Vom Schenkelbachtal bis Kaub treten steile Aufschuppungen und Aufwalizaciones, z. T. sogar seigerstehende und steile Aufschiebungen nach NW hinzu. In den Kauber Dachschiefergruben (Wilhelm Erbstillen und Grube Rhein) finden sich auch mittelsteile und sogar flache Überschiebungen, die weiter nach Nordwesten noch mehr verflachen und über dem Eiskeller südlich des Kauber Friedhofs nahezu horizontal liegen („Deckenschübe“). Die flachen Überschiebungen scheinen rheinabwärts bis über den Spitznack hinaus das Bild zu beherrschen. An der Loreley richten sie sich offenbar wieder etwas mehr auf zu mittelsteilen Aufschiebungen nach NW.

Die Verschiebungsweiten im Bereich des „Porphyrroidsattels“ können nicht sehr groß sein, da der Porphyrroidtuffit nicht nennenswert verschoben ist.

Zum Schluß sei ausdrücklich betont, daß in den verschiedenen Zonen lediglich der vorherrschende Neigungsgrad der Schubbahnen geschildert wurde. Wie weit dabei auch eine Kerbwirkung der Schieferung zum Ausdruck kommt, läßt sich vorerst nicht sagen. Aus den verschiedenen Arten der Auf- und Überschiebungen, vor allem auch aus deren Beziehungen zu Faltung, Schieferung, Schub- und Fiederklüftung ergibt sich, daß die Schübe in mehreren Bewegungsakten vor sich gingen. Und zwar scheinen die mit einer Ausdünnung von Faltenschenkeln verbundenen Auf- und Überwalizaciones sowie ein Teil der Aufschuppungen und Überschiebungen während der Faltung und Schieferung (synorogen) stattgefunden zu haben. Zum Teil sind die Auf- und Überschiebungen — besonders solche mit ruscheligen oder lettigen, ebenen Schubbahnen — erst nachträglich (postorogen) entstanden bzw. wieder aufgelebt.

g) „Kauber Walzen“

Als „Kauber Walzen“ werden am Mittelrhein eigenartige wirbelförmige Verquarungen (im Querprofil betrachtet) verstanden. (Taf. 4 Fig. 18, vergl. auch Taf. 1 Fig. 5.) In Wirklichkeit dehnen sich die „Quarzwirbel“ im „tektonischen Streichen“ (RÜGER 1937) noch beträchtlich aus, so daß die Bezeichnung „Walzen“ durchaus zu Recht besteht. Im wesentlichen handelt es sich dabei um eine lokale Faltung der Schieferungsflächen (Schleppfalten), wobei das Gestein unregelmäßig aufgeblättert wurde und sich Milchquarz in die entstehenden Lücken absetzte. Meist ist an die „Kauber Walzen“ eine intensive Schubklüftung gebunden, die teils weitständig (vergl. Taf. 4 Fig. 18) und teils in Form der Schieferunzelung auftritt.

Wie auch aus den beiden Abbildungen (Taf. 4 Fig. 18 u. Taf. 1 Fig. 5) hervorgeht, ist jeweils der südöstliche Teil relativ „aufgewalzt“ bzw. der nordwestliche Teil relativ abgeschoben. Die Abschiebungen erfolgten zumindest teilweise auf Schubklüften! Der ausgeschiedene Quarz ist dabei z. T. zerbrochen und gefaltet worden. Somit dürfte die Entstehung der „Kauber Walzen“ wahrscheinlich in mehreren Bewegungsakten vor sich gegangen sein.

Genetisch stehen vermutlich auch andere Verquarungserscheinungen im Streichen mit den „Kauber Walzen“ in engem Zusammenhang, so z. B. in Schleppfalten (vergl. Abb. 2) oder auf Schubklüftzonen (vergl. Abb. 17), desgleichen auf „Aufschuppungen“ bzw. „Aufwälzungen“ (vergl. Abb. 2), welche praktisch eine Mittelstellung zwischen einem normalen Faltenschenkel und einer Aufschiebungsbahn einnehmen. Auch „streichende“ Quarzgänge mit Schleppungserscheinungen von Schichtung und Schieferung (Abb. 19) in unmittelbarer Nachbarschaft dieser „Störungen“ gehören wahrscheinlich noch zum Formenkreis der „Kauber Walzen“. Jedenfalls kann immer wieder festgestellt werden, daß in den genannten Fällen zumindest die räumliche Orientierung der Bewegungen im Prinzip dieselbe ist und vermutlich auch der Beanspruchungsplan.

Schließlich sei in diesem Zusammenhang auf die sehr häufig und gesellig (zonenweise) vorkommenden „Quarzstriemen“ hingewiesen, die — im tektonischen Streichen verlaufend — meist seiger bis steil nach NW einfallen. Ein Bewegungssinn ist an diesen „Quarzstriemen“ in der Regel nicht zu erkennen. Aber immerhin zeigen diese mehr oder weniger seigerstehenden, streichenden „Spalten“ an, daß mit vertikalktektonischen Beanspruchungen gerechnet werden muß.

Zusammenfassend ergibt sich, daß die „Kauber Walzen“ einschließlich der anderen streichenden Verquarungserscheinungen teils spätrogen (Zerschierung und Fäl-

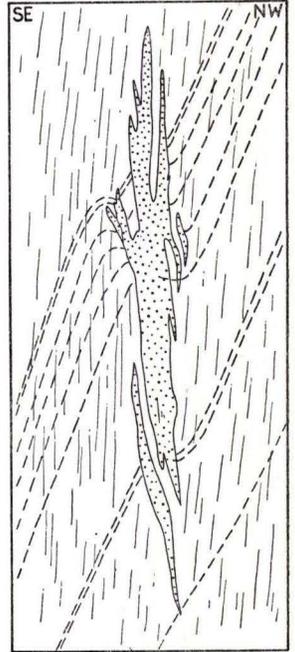


Abb. 19. „Streichender“ Quarzgang mit Verschleppung der Schichtung. — Grube Rhein.

telung der Quarzausscheidungen) und teils postorogen (keine nennenswerte Beanspruchung der Quarzstriemen erkennbar) entstanden sind. Die Orientierung des Gefüges (und der Bewegung) ist praktisch dieselbe wie bei Faltung, Schieferung, Schubklüftung sowie Auf- und Überschiebungen.

h) Abschiebung

Nach CLOOS (1936) u. a. handelt es sich bei den Abschiebungen um Gleitflächen, auf denen sich die hangende Scholle relativ abwärts bewegt hat.

Weder im Gelände noch in den Gruben konnten im Arbeitsgebiet größere Abschiebungen beobachtet werden; dies gilt sowohl für die Aufschlüsse senkrecht zum Streichen der Schichtung und Schieferung als auch für die z.T. kilometerlangen Aufschlüsse im Streichen. Soweit Abschiebungen festgestellt wurden, handelte es sich nur um solche mit geringen Gleitbeträgen. Hierzu gehören auch Schubklüftung und Knitterung. Andeutungsweise finden sich noch in der Anordnung der Fiederspaltenspalten Hinweise für abschiebende Beanspruchungen. Dieses Ergebnis ist um so erstaunlicher, als nach den geologischen Karten von FUCHS, QUIRING und vor allem PAECKELMANN mit zahlreichen NW-SE streichenden Abschiebungen gerechnet werden müßte. Es kommen lediglich NW-SE streichende Quarzgänge — z.T. in Form der oben genannten Fiederspaltenspalten — recht häufig vor (vergl. III A, 1, k), ohne daß wesentliche Verschiebungen erkennbar sind.

i) Blatt- oder Seitenverschiebung

Als Blatt- oder Seitenverschiebungen werden vornehmlich steilstehende Gleitbahnen angesprochen, auf denen horizontale Bewegungen stattgefunden haben.

ENGELS (1953) beschreibt aus der Dachschiefergrube Wilhelm Erbstollen bei Kaub nahezu seigerstehende Seitenverschiebungen, die im wesentlichen WNW-ESE streichen und an denen die Nordscholle stets relativ nach Osten verschoben ist. Dieselbe Beobachtung wurde im gesamten Arbeitsgebiet gemacht. Untergeordnet fanden sich zusätzlich auch NNE-SSW streichende Seitenverschiebungen, an denen die Ostscholle jeweils relativ nach Norden verschoben ist. Soweit feststellbar, handelt es sich bei den Verschiebungsbeträgen immer nur um wenige Meter. Im übrigen scheinen die sehr markanten Verschiebungsbahnen verhältnismäßig jung zu sein: Offene Fugen ohne nennenswerte Kluftbestege, deutliche Rutschstreifen (Harnisch), oft auch ruschelig und mit Fiederklüften versehen, sprechen dafür.

Auch im übrigen Rheinischen Schiefergebirge lassen sich immer wieder Blattverschiebungen der beiden genannten Richtungen und mit den gleichen Bewegungen der Schollen beobachten, z.B. im Lahn-Dill-Gebiet, Siegerland, Ruhrgebiet, Hunsrück und in der Eifel. Im Siegerland haben sie nach THIENHAUS (1953b) größere Bedeutung für die Genese der Spateisensteingänge.

Die beschriebenen Blattverschiebungen lassen sich zu einem sehr einfachen Bewegungsplan zusammenstellen (Abb. 20) (vergl. auch Oleate 12 der Abb. 25), welcher auf einen ebenso einfachen Beanspruchungsplan zurückgeführt werden kann, nämlich auf Pressung in NNW-SSE-Richtung und Dehnung in WSW-ENE-Richtung. Die

gleichen Pläne liegen auch dem Faltenwurf des Rheinischen Schiefergebirges zugrunde! Also scheint auch noch zur Zeit der Entstehung der Blatt- oder Seitenverschiebungen dieselbe tektonische (im Sinne Verformung) Beanspruchung geherrscht zu haben wie während der Faltung, Schieferung, Schubklüftung, Auf- und Überschiebung, die im Arbeitsgebiet im wesentlichen abgeschlossen waren. Dagegen sollen im Siegerland auch noch während der Seitenverschiebung Faltung und Schieferung in geringem Ausmaß stattgefunden haben (THIENHAUS 1953).

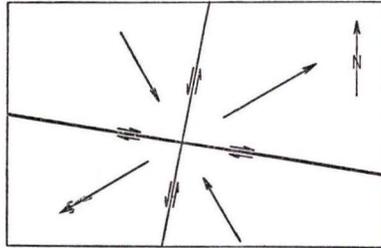


Abb. 20. Bewegungsplan der Blatt- oder Seitenverschiebungen im Rheinischen Schiefergebirge (schematisch).

Nicht selten können seitliche Verschiebungen auch auf Hauptscherflächen der Schieferung beobachtet werden (Taf. 4 Fig. 19). Die Nordscholle ist dabei ebenfalls regelmäßig nach Osten versetzt, so daß diese Erscheinung mit der normalen E-W streichenden Seitenverschiebung zusammenhängen dürfte und auf Kerbwirkung der Schieferungsflächen zurückzuführen ist.

Zu beachten ist, daß besonders bei Aufschiebungen von schrägeinfallenden Quarzgängen z.B. an Schieferungsflächen eine Seitenverschiebung oft vorgetäuscht wird. Deshalb ist in diesen Fällen den die Bewegungsrichtung anzeigenden kleintektonischen Merkmalen, wie Rutschstreifen, Flexuren, Fiederklüften u. dgl., besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

k) Spaltung (Gänge)

Im Aufschluß kommt die Spaltung (klaffende Gesteinsfugen) am sinnfälligsten in Form von Gängen zum Ausdruck. Diese sind im Arbeitsgebiet hauptsächlich mit Quarz und Diabas gefüllt.

Quarzgänge, die im wesentlichen senkrecht und parallel zum tektonischen Streichen verlaufen (Quer- und Längsspalten), treten am häufigsten auf. In den Dachschiefergruben Rhein und Wilhelm Erbstollen führen sie nicht selten etwas Kupferkies, Bleiglanz, Zinkblende und Kalzit.

Die quarzgefüllten Querspalten scheinen im untersuchten Bereich höchstens 1–3 m mächtig zu werden. Sie wechseln zwar häufig ihr Einfallen, lassen aber deutliche Beziehungen zur Faltenachse erkennen. So ist zu beobachten, daß — der Q-Klüftung im Sinne von CLOOS entsprechend — zahlreiche Quarzgänge senkrecht zur Faltenachse stehen. Daneben finden sich jedoch nicht selten auch diagonal dazu verlaufende Querspalten, die bisweilen deutlich in zwei sich schneidenden Scharen auftreten

(Taf. 4 Fig. 21). Offenbar handelt es sich bei den letzteren um Spalten auf Scherflächen, so daß man — genetisch ausgedrückt — von Scherspalten sprechen kann (während einer Beanspruchung auf Scherflächen entstandene Spalten).

Häufig finden sich Quarzgänge in Form von sogenannten Fiederspalten angeordnet. Bei diesen „querverlaufenden“ Fiederspalten wurde beobachtet, daß die einzelne Spalte \pm senkrecht zur Faltenachse steht, dagegen die Richtung der fieder-geklüfteten Zone (CLOOS 1936) mehr oder weniger diagonal dazu. Mechanisch gedeutet handelt es sich also bei diesen Zonen um latente Scherflächen, auf denen manchmal die oben beschriebenen Scherspalten aufsitzen.

Auch im Grundriß ist häufig eine fiederförmige Anordnung von querverlaufenden Quarzspalten zu beobachten (Abb. 21). Wieder stehen die einzelnen Spalten senkrecht zur Faltenachse und die resultierenden Scherzonen diagonal dazu. Letztere verlaufen somit genau wie die Blatt- oder Seitenverschiebungen und stimmen auch hinsichtlich des Bewegungs- wie des Beanspruchungsplanes mit ihnen überein. Indessen scheinen die Fiederklüfte hauptsächlich auf ungefähr N-S streichenden Scherzonen vorzukommen.

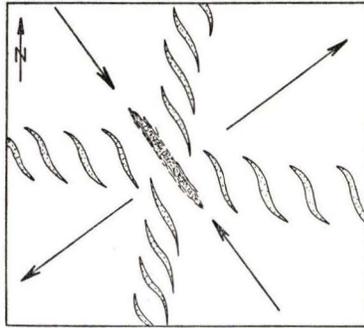


Abb. 21. Anordnung der Fiederspalten im Grundriß (schematisch).

Schließlich sind auch an Verschiebungsbahnen häufig Fiederspalten geknüpft und — wie bereits am Beispiel einer Überschiebung gezeigt wurde — z. T. sogar gefaltet und geschiefert worden (vergl. S. 32).

Merkwürdigerweise treten die auf kompetentere Gesteinsbänke beschränkten

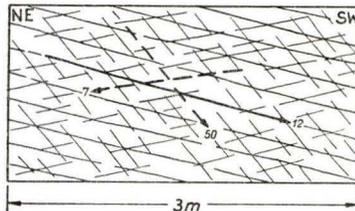


Abb. 22. Schichtfläche eines 1 cm mächtigen Grauwackenbänkechens mit Gesteinsspalten. Grube Rhein.

Q-Spalten (= der Q-Klüftung entsprechend) gegenüber den streichenden oft stark zurück (Abb. 22). Die Abb. 22 zeigt eine Schichtfläche eines dünnen Grauwackenbänkechens, das mit 70° nach SE einfällt. Der Faltenachse, die mit 12° nach SW

abtaucht, entspricht die Schnittlinie zwischen der Schichtfläche und einer Schar paralleler Gesteinsspalten. Zwei weitere Scharen, von denen die eine mit der Schichtung 7° nach NE und die andere 50° nach SW einfallende Schnittkanten bildet, verlaufen diagonal dazu. Die Q-Spalten fehlen!

Die parallel dem tektonischen Streichen verlaufenden Gesteinsspalten, welche — wie oben bereits angedeutet — oft auf einzelne Bänke beschränkt sind, stellen bisweilen ein wichtiges tektonisches Hilfsmittel dar, um Jüngerer und Älteres bzw. Schicht-Ober- und -Unterseite zu erkennen (Taf. 4 Fig. 22 u. 20). In Fig. 22 der Taf. 4 ist zu sehen, daß die „streichenden“ Gesteinsspalten an Schichtflächen aufgeschoben wurden, woraus geschlossen werden kann, daß es sich um normale Lagerungsverhältnisse handelt, d. h. stratigraphisch Jüngerer oben und das Ältere unten. Dagegen geht aus der Fig. 20 der Taf. 4 hervor, daß — vor allem an den Spaltenenden erkennbar — auf den Schichtflächen Abschiebungen stattgefunden haben, was auf inverse Lagerung hinweist, d. h. Jüngerer unten (hier unten links) und Älteres oben (hier oben rechts). Die auf diesen Befunden beruhenden Rückschlüsse haben sich im Arbeitsgebiet immer wieder als zutreffend erwiesen. Die Erklärung für dieses Verhalten ist wahrscheinlich in den Faltungsvorgängen selber zu suchen. Bei Biegefaltung gleiten nämlich auf den Schenkeln der Sättel und Mulden die — von den Scharnieren aus gesehen — Außenteile jeweils zu den entsprechenden Scheiteln hin.

Wesentlich auffälliger als die soeben beschriebenen „Gesteinsspalten“ sind die bereits im Abschnitt III A, 1, g („Kauber Walzen“) angeführten streichenden Verquarungen, die im Gelände oft deutliche und weit hinziehende Gesteinsrippen bilden. Die Diabasgänge („Weißes Gebirge“) treten im Arbeitsgebiet überwiegend in Form von Lagergängen auf, d. h. der „Diabas“ ist hauptsächlich auf Schicht- und Schieferfugen aufgedrungen (Abb. 23). Er kommt z. T. aber auch in örtlich begrenzten Apophysen und in Form kleiner Kuppeln vor. Die Gänge sind tektonisch erheblich beansprucht. So ist der Diabasgang der Abb. 23 von fast sämtlichen Störungsarten betroffen: z. T. geschiefert, z. T. überschoben und schubgeklüftet (siehe Bildmitte) und — oben links — auch an einer E-W streichenden, schräg nach NW abschiebenden Störung abgeschnitten.

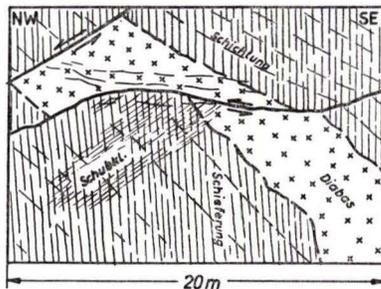


Abb. 23. Diabas-Lagergang. Südlich des Roßsteins (Steinbruch).

Besonders eigenartig ist das Verhalten der Diabasgänge gegenüber der Schieferung. Im Wilhelm Erbstollen bei Kaub ist ein örtlich begrenztes Diabasvorkommen (zwar einige Meter mächtig, aber nicht weit verfolgbare) von der Schieferung offenbar völlig

überwältigt worden. Dabei sind die normale Struktur und Textur des Diabases gänzlich verlorengegangen. Das Gestein ist nur noch ein heller pelitischer Schiefer, vornehmlich aus Kalzit, Chlorit, Serizit und Leukoxen bestehend. Die Salbänder lassen eine intensive Schieferung und Fältelung erkennen. Auch nach v. GRODDECK (1883) und HOLZAPFEL (1893) handelt es sich beim „Weißen Gebirge“ (wozu das vorliegende Gestein gehört) um veränderten Diabas. Die helle Farbe wird von den genannten Autoren auf Serizitisierung zurückgeführt; doch dürfte der reichliche Leukoxen- und Kalzitgehalt ebenfalls dazu beitragen. Ferner beschreibt HOLZAPFEL einen Diabasgang im Feuerbachtal bei St. Goarshausen, der im Innern noch ziemlich unverändert körnig ist, randlich aber das Aussehen von „Weißen Gebirge“ annimmt und schließlich schiefrig wird. Diese Beobachtung konnte auch an Diabasvorkommen des Arbeitsgebiets mehrfach bestätigt werden, z. B. nördlich des Blüchertals, ferner linksrheinisch bei Kilometerstein 131,780 der Bundesstraße 9, und vor allem auch an dem der Abbildung 23. Dagegen sieht der Diabas von Oberwesel unverändert aus.

Bei einer regionalen Betrachtung fällt auf, daß sich die Diabasvorkommen im untersuchten Gebiet auf eine bestimmte Zone zu konzentrieren scheinen. Und zwar ist diese durch stark überkippte bis liegende Falten, teilweise horizontale Schieferung und sehr flache Auf- bzw. Überschiebungen gekennzeichnet (zwischen Oberwesel und Kaub). GUNDLACH (1933), dem die geschilderten Verhältnisse unbekannt waren, bezweifelt einen Zusammenhang zwischen Gebirgsbau und Auftreten der Diabasgänge. Eine endgültige Stellungnahme zu diesem Problem dürfte vor einer regional ausgedehnteren und genaueren Untersuchung der Verhältnisse verfrüht sein.

FUCHS (1932) hat am Mittelrhein und im Hunsrück die Streichrichtungen der Diabasgänge näher untersucht. Er kam zu dem Ergebnis, daß die beiden folgenden bevorzugt werden:

1. WSW-ENE bis SW-NE.
2. $\pm 23^\circ$ beiderseits N-S.

Diesen Richtungen sollen ältere gleichgerichtete „Verwerfungssysteme, auf denen der Diabas aufgedrungen“ sei, entsprechen. Infolge der Überwältigung des Diabases durch die oben dargelegten Ereignisse ist eine Beurteilung auch dieser Frage sehr erschwert. Mit Sicherheit kann vorläufig nur behauptet werden, daß es sich bei den Diabasvorkommen des Arbeitsgebiets um Lagergänge handelt (WSW-ENE bis SW-NE streichend).

In diesem Zusammenhang sei auf eine eigenartige Übereinstimmung der Diabasgänge mit den von M. RICHTER (1953) beschriebenen Blei-Zink-Erzgängen im südlichen Rheinischen Schiefergebirge hingewiesen. Danach gehören auch die Diabasgänge des Arbeitsgebiets zu den sogenannten „Schieferungsgängen“. Dasselbe trifft auch für einen Teil der streichenden Verquarzungen zu. Die von M. RICHTER angedeuteten Schwierigkeiten der Raumbeschaffung für die Erzgänge gelten im gleichen Maße auch für die Diabasgänge. Die Lösung dieser Probleme dürfte wohl ohne Zweifel in der Mehraktigkeit der tektonischen Ereignisse, vor allem in einer vertikal-tektonischen Reaktion auf voraufgehende Horizontalbewegungen starken Ausmaßes, zu suchen sein. Ein weiteres, vieldiskutiertes Problem ist das Alter der Diabasgänge. HOLZAPFEL (1893) nahm an, daß sie anschließend an die nach seiner Meinung im wesentlichen beendete Hauptfaltung im jüngeren Devon entstanden sind.

QUIRING (1930) führt die Diabase des Mittelrheingebiets auf Phasen der Zerrung zur Wissenbacherzeit und im tiefsten Unterkarbon zurück. FUCHS (1932) zog für die die verschiedenen Streichrichtungen unterschiedliches geologisches Alter in Erwägung, und zwar Mitteldevon bis Kulm.

KIENOW (1934) berief sich auf die Beobachtungen von HOLZAPFEL und trat für Intrusionen „während der Ausbildung der Schieferung“ ein. GUNDLACH (1933) nahm Deckdiabas-Alter an, ob alt- oder jungbretonisch, ließ er offen.

Die Entstehung der Blei-Zink-Erzgänge fällt nach KIENOW (1934) zwischen Schieferung und Schubklüftung. M. RICHTER (1953) kam auf Grund seiner Untersuchungen zu dem Schluß, daß die Vererzung „während der Faltung und Schieferung vor sich gegangen“ sei und „bis in die Zeit der Schubklüftung hinein (Altlay) ange-dauert hat“. Und diese Zeit veranschlagt er als bretonisch-sudetisch. Dasselbe kann auf Grund der dargelegten Beobachtungen auch für die Diabasgänge geltend gemacht werden.

1) Klüftung

Als Klüfte werden nach CLOOS (1936) alle latenten oder sichtbaren, ebenen, nicht nennenswert offenen und verschobenen Bruchflächen der Gesteine zusammengefaßt. Schichtung, Schieferung und Schubklüftung (2. Schieferung) werden i. a. nicht als normale Gesteinsklüfte betrachtet.

Die Forderung, daß als „normale Gesteinsklüfte“ nur die sogenannten „tektonischen“ zu gelten haben — wobei „tektonisch“ gleichzusetzen ist mit endogen verursacht — hält der Verfasser für unzumutbar, weil die Frage, ob durch endogene oder andere Kräfte hervorgerufen, meist sehr schwierig zu beantworten ist und erst genauer untersucht werden muß. Es dürfte deshalb für alle gefügekundlichen Untersuchungen zweckmäßig sein, die Frage nach den verursachenden Kräften zurückzustellen und nicht von vornherein die Tatsachen mit einer Deutung zu verknüpfen.

Im Untersuchungsgebiet treten die Klüfte nach Zahl und Richtung in einer verwirrenden Fülle auf, so daß selbst eine statistische Darstellung ohne die entsprechenden Bezugselemente vorerst wenig Erfolg verspricht. Leider sind die Klüfte i. a. mechanisch vieldeutig und daher zur Aufstellung eines zuverlässigen Bewegungs- oder gar Kräfteplanes nicht ausreichend. Wie mannigfaltig die Entstehungsmöglichkeiten sind, zeigt auch das sogenannte „Biegungsfließen“ (HOEPPENER, 1953).

An Versuchen, in die Vielfalt der Klüfte eine Ordnung zu bringen, hat es nicht gefehlt; so unterscheidet z. B. CLOOS Q-, S-, L-Klüfte; Längs-, Quer- und Diagonalklüfte; Scherklüfte gegenüber Reiß- (Zerr- oder Dehnungs-) Klüften. Doch spielte hierbei stets die Bezugsmöglichkeit zu bekannten Bewegungs- oder Kräfteplänen eine ausschlaggebende Rolle (vergl. Benennung!). Dabei ist die Abhängigkeit vom Gesteinsmaterial, welches mit Sicherheit eine bedeutsame Rolle für das Verhalten der Klüfte im Raum spielt, noch gar nicht berücksichtigt. Dennoch können gewisse Klüftarten infolge leicht erkennbarer Beziehungen zueinander — oder zur nächsten Umgebung — immer wieder nutzbringend verwendet werden, indem aus ihnen eindeutige Bewegungs- oder Beanspruchungspläne ablesbar sind:

- a) Fiederklüfte. Diese verhalten sich grundsätzlich wie Fiederspalten (siehe oben).
- b) Knickklüfte (Knitterung nach KIENOW, „Unkenköpfe“ im rheinischen Schiefer-

bergbau, „Knie“ im thüringischen Schieferbergbau). Es handelt sich um paarweise parallel zueinander auftretende Klüfte, zwischen denen die Schicht- oder Schieferflächen einsinnig geknickt wurden und somit eine Relativbewegung anzeigen. KIENOW (1934, S. 69 und 70) bezeichnet diese Erscheinung, die auch schon von SCHOLTZ (1930, S. 257) und BORN (1929, S. 382) beobachtet wurde, als Knitterung. Eigenartig hierbei ist fast immer abschiebender Charakter. Vielleicht deutet dies auf einen Zusammenhang zwischen Knick- und Schubklüftung hin.

c) Q-Klüfte. An sich sind diese nicht ohne weiteres als solche zu erkennen und deshalb kritisch zu bewerten. Aber wo immer eine Faltenachse zu sehen war, konnte fast jedesmal diese senkrecht dazu auftretende Kluffart festgestellt werden. Und umgekehrt war es oft möglich, an Hand dieser markanten Klüftung Hinweise für das Achsengefälle zu finden.

m) Lineare Paralleltexur (Riefung)

Auf Schichtflächen findet man nicht selten mehrere sich kreuzende „lineare Paralleltexuren“, wobei besonders zwei Richtungen bevorzugt werden: 1. parallel zu den Faltenachsen (Striung), 2. senkrecht dazu (Rutschstreifen), vergl. Abb. 24.

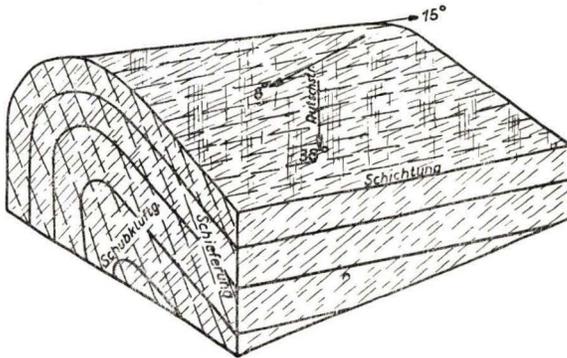


Abb. 24. Schichtfläche mit Riefen, teils Striung, teils Streifung. Burg Gutenfels bei Kaub.

Jede der beiden Arten von Riefung tritt manchmal in mehreren sich spitzwinklig schneidenden Richtungen auf (vergl. Taf. 3 Fig. 12 und 13).

Striung kommt meist in Form der Schnittkanten zwischen Schichtung und Schieferung vor. Davon unabhängig findet sich häufig eine Striung als Schnittkante zwischen Schichtung und Schubklüftung. Selbstverständlich können sich mehrere Schieferungen gleichfalls untereinander schneiden und eine Striung hervorrufen (tektonisches Streichen nach RÜGER), ebenso auch Schieferung und Schubklüftung.

Rutschstreifen sind bekanntlich vor allem auf normalen Verschiebungsflächen z. B. von Auf-, Ab- und Seitenverschiebungen zu beobachten. Aber auch auf gefalteten Schichtflächen kommen sie häufig vor (vergl. Abb. 24) und werden sodann als bezeichnendes Kriterium für Biegefaltung angesehen. Aus der Richtung der Bewegung — meist auf Grund kleiner Stufen (Reißklüftchen) erkennbar — läßt sich oft Jüngeres und Älteres bzw. Schicht-Ober- und -Unterseite feststellen, weil das Jüngere jeweils in Richtung zum Sattelscheitel und das Ältere zum Muldenscheitel verschoben wird.

2. Gefügediagramme zum „Bereich Aufschluß bis Handstück“

Die Zusammenhänge zwischen den tektonischen Merkmalen untereinander sind im Aufschluß oft schwierig zu überblicken. In solchen Fällen ist es zweckmäßig, die gemessenen Daten in ein SCHMIDTSches Netz einzutragen, weil dann die tektonischen Verhältnisse in ihren unmittelbaren Beziehungen zueinander übersichtlich dargestellt und ablesbar sind (vgl. auch SANDER, 1948).

Mit Hilfe des SCHMIDTSchen Netzes kann man in vielen Fällen die mit Kompaß und Klinometer gewonnenen Meßergebnisse kontrollieren. So läßt sich z. B. die direkt eingemessene Faltenachse auch aus den Lagerungsverhältnissen der Schichtung und Schieferung auf verschiedene Weise (vgl. S. 41) auf dem SCHMIDTSchen Netz ermitteln und somit überprüfen. Tektonisch bedingte Abweichungen der Gefügemerkmale sind meist mühelos von Meßfehlern und Verwechslungen zu unterscheiden. Gegenüber tabellarischen und graphischen Darstellungen (v. GAERTNER, 1952) hat das SCHMIDTSche Netz den Vorteil der Einfachheit, und vor allem bleibt der Überblick erhalten.

Ferner erlauben es die gewonnenen Gefügediagramme, in leicht übersehbarer Weise die tektonischen Verhältnisse der verschiedenen Orte und Größenordnungen miteinander zu vergleichen und damit Homogenität und Inhomogenität der tektonischen Verformungen zu beurteilen. Letzteres ist entscheidend für eine sinnvolle Anwendung einer Korngefüge- oder Achsen-Verteilungsanalyse, sofern diese etwas über die Verformung auch außerhalb des Dünnschliffbereichs aussagen soll. Auch sind die makroskopisch ermittelten Gefügediagramme nach den Erfahrungen des Verfassers für die Deutung der unter 3. dargestellten Korngefüge-Diagramme wichtig.

Schließlich kann man die tektonischen Merkmale auch statistisch in der bekannten Weise (vgl. RÜGER, 1928) im SCHMIDTSchen Netz darstellen. Mit dem damit gewonnenen Überblick gehen allerdings oft gewisse Einzelheiten verloren. Wieweit diese oder jene Art der Anwendung des SCHMIDTSchen Netzes zweckmäßig ist, hängt — wie so oft — von der Eigenart des Objektes ab und muß von Fall zu Fall entschieden werden.

Nachdem vorausgehend die kleintektonischen Gefügemerkmale beschrieben wurden, soll im folgenden eine Auswahl der makroskopisch ermittelten Gefügediagramme (Bereich Aufschluß bis Handstück) wiedergegeben werden, die z. T. auch zur Deutung der Korngefüge-Diagramme Verwendung finden.

Entsprechend der international üblichen Darstellungsweise für gefügekundliche Daten wird die Projektion der unteren Halbkugel gewählt. S bedeutet planare Paralleltexur (paralleles Flächengefüge bzw. s-Flächen im Sinne SANDERS), g hingegen lineare Paralleltexur (abgeleitet von „Gerade“). M = Mittellinie, Q = quarzgefüllte Spältchen. Die Zeichen s und g in Klammern () sind Daten einer zweiten Meßstelle. S₁ entspricht stets der Schichtung. Die Schieferung ist immer gestrichelt und die Schubklüftung strichpunktliert.

Oleate 1 der Abb. 25: Schiefe Falte (Mulde) in Grauwackenschiefern nördlich von Bacharach (Aufschluß).

Auf beiden Muldenschenkeln [Schichtung s₁ und (s₁)] wurden je zwei Schieferungen [s₂ und s₃ sowie (s₂) und (s₃)] gemessen. Aus s₁ und (s₁) ergibt sich als Winkelhalbierende die Mittelebene M; die resultierende Schnittgerade g₃ fällt mit 14° nach Südwesten ein.

s₁ bildet mit s₂ ± horizontale Schnittkanten g₁ und mit s₃ nach Südwesten (32°) einfallende Kanten g₂.

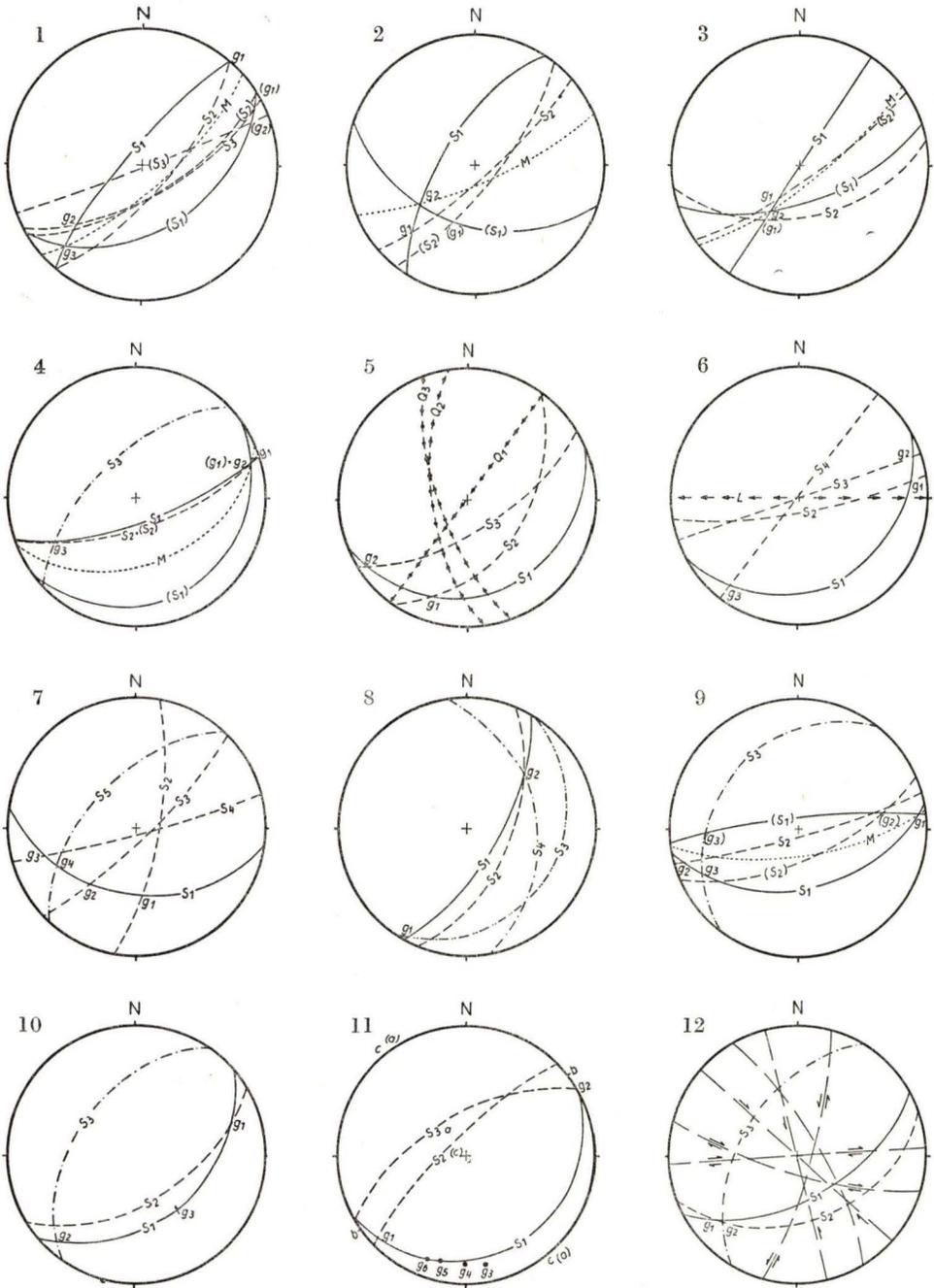


Abb. 25: 12 Oleaten von Aufschlüssen und Handstücken. Erläuterung im Text.

(s_1) und (s_2) führen ebenfalls zu \pm horizontalen Schnittkanten, nämlich (g_1); (s_1) und (s_2) schneiden sich in Kanten, die (g_2) mit 13° nach ENE einfallen.

Da s_2 von s_3 bzw. (s_2) von (s_3) geschnitten und verschleppt wird, dürfte letztere jünger sein. Somit scheint im Diagramm die Schieferung auf beiden Muldenschenkeln im Sinne der Uhrzeigerbewegung zu „wandern“. Dabei kommt es auf s_1 zu einem SW-Fallen der Schnittkanten g_2 , während auf (s_1) die entsprechenden Schnittkanten (g_2) nach Nordosten einfallen. Die Ermittlung der Faltenachse aus s_1 und (s_1) führt zu g_3 (Streichen von M, Einfallen von g_3); dieser Wert ist aber abhängig vom Ansatz der Messungen, wenn die Falte — wie üblich — nicht völlig symmetrisch ist. Die Schnittkanten zwischen Schichtung und Schieferung liefern recht unterschiedliche Werte, im Mittel jedoch stimmen sie recht gut — unter Berücksichtigung der Fehlergrenzen — mit g_3 überein. Leider muß in diesem und mehr noch in den übrigen Diagrammen festgestellt werden, daß die Mittelebene M keiner Schieferung gleichgesetzt werden darf, wie dies v. GAERTNER (1952) voraussetzt; dagegen scheint die Achsenebene — wie das bereits SCHOLTZ u. a. richtig erkannten und entsprechend postulierten — die von v. GAERTNER der Mittelebene zugeordnete Rolle zu spielen. Allerdings ist die Achsenebene nicht so einfach faßbar wie die Mittelebene.

Im vorliegenden Fall bildet M auch ungefähr die Mittelebene der älteren Schieferung s_2 - (s_2). Vielleicht ist dies ein Hinweis dafür, daß letztere für Form und Gepräge der Faltung maßgebend und während der Hauptfaltung wirksam war.

s_3 - (s_3) würde alsdann lediglich von sekundärer Bedeutung, also nachträglich in einem mehr oder weniger abschließenden Akt der Faltung entstanden sein. Die Schnittkanten der Schieferungen untereinander machen sich eigenartigerweise kaum bemerkbar.

Oleate 2 der Abb. 25: Schiefer Faltensattel in sandig-glimmerigem, quarzitischem Grauwackenschiefer bei km 132,6 nördlich Bacharach (Aufschluß).

Die Schieferung s_2 (s_2) weicht erheblich von der Mittelebene der Falte ab, so daß die Achsenebene keineswegs mit M gleichgesetzt werden kann. Die Faltenachse fällt überraschend steil nach Südwesten ein.

Oleate 3 der Abb. 25: Derselbe Sattel wie Oleate 2, aber 10 Meter hangaufwärts (Aufschluß).

s_2 (zu s_1 gehörend) divergiert erheblich mit (s_2), was wahrscheinlich auf einer materialbedingten Fächerstellung der Schieferung beruht („Brechung zum Lot“). Während (s_2) mit M praktisch zusammenfällt, würde s_2 völlig irreleiten, wenn man daraus auf M oder die Achsenebene schließen wollte.

Oleate 4 der Abb. 25: Überkippte Falte (Mulde) in Bänderschiefern des Blüchertals/Kaub (Aufschluß).

Die Schieferung s_2 (s_2) streicht und fällt offenbar unabhängig vom Faltenschenkel überall konstant, sie liegt jedoch nicht in der Mittelebene M, sondern schmiegt sich dem steil überkippten Faltenschenkel an.

Oleate 5 der Abb. 25: Flach nach SE einfallender Faltenschenkel in quarzitischem Grauwackensandstein, nördlich Bacharach (Handstück).

Makroskopisch zwei deutliche Schieferungen (vgl. Taf. 3 Fig. 12) s_2 und s_3 erkennbar, die beide aus mehr oder weniger gleichmäßig abschiebenden Scherflächen bestehen. Davon unabhängig treten dünne quarzgefüllte Fugen auf (Q_1 , Q_2 und Q_3). Vgl. hierzu die Korngefügeanalyse 3a (Diagramm 1 bis 4).

Oleate 6 der Abb. 25: Flach nach SE einfallender Faltenschenkel in quarzitischen Grauwackenschiefern über dem Südausgang des Roßsteintunnels (Handstück).

Neben mehreren Schieferungen ist die Längsachse eines verformten Krinoidenstielgliedes — E-W streichend — eingetragen. Möglicherweise kann dies als Anzeichen für eine älteste völlig überprägte „Schieferung“ aufgefaßt werden.

Oleate 7 der Abb. 25: Mittelsteil nach Süden einfallender Faltenschenkel in Grauwackenschiefern des oberen Leimbachtals (Steinbruch).

Mehrere Schieferungen, wahrscheinlich im Diagramm im Sinne der Uhrzeigerbewegung „wandernd“. Das Verhalten und die Beziehungen der tektonischen Merkmale zueinander sprechen für normale, durch Faltung bedingte Verstellungen und nicht für Schollen-Verschiebung oder -Kippung. Die Schnittkante und „Faltenachse“ g_1 streicht N-S!

Oleate 8 der Abb. 25: Überkippter Faltenschenkel in Tonschiefern mit quarzitischen Bänken (Handstück eines 4 cm mächtigen Bänkens).

Sowohl Schichtung als auch mehrere Schieferungen anormal (nicht varist. streichend) verlaufend, also wahrscheinlich sekundär „en bloc“ verstellt. Die Schieferung s_3 findet sich im Quarzit und entspricht s_2 im Tonschiefer.

Oleate 9 der Abb. 25: Zwei beliebige, d. h. nicht zum gleichen Sattel oder zur selben Mulde gehörige Faltenschenkel in Tonschiefern des Wilhelm Erb-stollens/Kaub (Aufschluß).

Die Schubklüftung s_3 weicht erheblich von der Schieferung ab. Während die Schieferung im Streichen und Fallen schwankt, verhält sich die Schubklüftung konstant (s_3 entspricht mehreren Messungen).

Oleate 10 der Abb. 25: Mittelsteil nach SE einfallender Faltenschenkel in Bänderschiefern südlich Burg Gutenfels/Kaub (Aufschluß).

Striung g_1 und g_2 neben Rutschstreifen g_3 (vgl. Abb. 24).

Oleate 11 der Abb. 25: Flach nach SE einfallende Schicht in sandigem Schiefer am Weinbergsweg südlich der Winzervereinigung Kaub (Aufschluß und Handstück).

Problematische Riefung (Striung oder Streifung?). (Vergl. Korngefüge-Analyse 3d und die Diagramme 14 und 15.)

Oleate 12 der Abb. 25: Blattverschiebungen zwischen Bacharach und Leimbachtal. Starkes Streuen der Blattverschiebungen (vgl. Abb. 20).

3. Korngefüge-Analysen (Gefügediagramme zum Dünnschliff-Bereich)

Im folgenden werden die in Abschnitt 2 gewonnenen Ergebnisse der Untersuchung des makroskopischen Gefüges im Bereich „Aufschluß bis Handstück“ im Dünnschliff-Bereich überprüft. Hierzu regt vor allem die in den letzten Jahrzehnten von SCHMIDT

und SANDER entwickelte Methode der Korngefüge-Analyse an (vgl. SANDER 1950). Im Rahmen dieser Methode ist es in besonderer Weise möglich, das innere und äußere Gefüge der Gesteinskomponenten (Mineralkörner) statistisch zu untersuchen und raumorientiert darzustellen (Gefügediagramme zum Dünnschliff-Bereich).

Abgesehen von dem vertieften Einblick in die Verformungsvorgänge lassen sich aus den mikroskopisch gewonnenen (im Dünnschliff) Gefügediagrammen auch wichtige Rückschlüsse auf das makroskopische Gefüge im Handstück-, Aufschluß- und Kartenbereich ziehen. Dabei darf nicht übersehen werden, daß die Korngefüge-Analyse zunächst nur für den Dünnschliff-Bereich gilt. Will man die Ergebnisse jedoch für einen größeren Raum sinnvoll verwerten, dann muß eine entsprechende regionale Homogenität des Gefüges erwiesen sein, bzw. müssen entsprechende makrotektonische Untersuchungen vorausgehen. Im vorliegenden Falle führten die Aufnahmen im Gelände leider zu dem Ergebnis, daß im Arbeitsgebiet keineswegs von einer allgemeinen Homogenität des Gefüges die Rede sein kann. Dies gilt vor allem für die Verformung der Schichten durch Faltung. Um diese Verformung mit der genannten Methode hinreichend zu analysieren, müssen sehr viele Korngefüge-Untersuchungen durchgeführt werden. Doch gibt es andererseits einzelne Gefügeigenschaften, die sich offensichtlich über größere Bereiche homogen verhalten — wenn auch in weiten Fehlergrenzen —. Hierzu gehören z. B. die Schieferung sowie die Mylonitisierung auf einer Überschiebungsbahn. In diesen Fällen können demnach auch schon wenige Korngefüge-Analysen gewisse regional verwertbare Hinweise geben. Auch dürfte es interessieren, wie weit die erkannte Inhomogenität der größeren Bereiche das Korngefüge erfaßt hat und darin zur Abbildung kommt. Hierdurch wird u. U. die Deutung des makroskopischen Gefüges für Bewegungs- und Beanspruchungspläne erleichtert.

So ergeben sich trotz der oben gemachten Einschränkungen zahlreiche Möglichkeiten, die Korngefüge-Analyse auch für großtektonische Probleme zu verwerten. Außerdem sind von den Korngefüge-Untersuchungen z. T. entscheidende Beiträge zur Klärung spezieller Probleme hinsichtlich der Schieferung und des Transportes auf Überschiebungsbahnen des Arbeitsgebiets zu erwarten. Bei der Schieferung interessieren z. B. die Fragen: Ob ein- oder mehrscharige Scherung, ob ein- oder mehraktig, ob richtungskonstant oder nicht; bei den Überschiebungsbahnen: Ob den verschiedenen Riefen ein parallel dazu verlaufender Transport (Rutschstreifen oder Harnisch) entspricht oder senkrecht dazu (Striierung im Sinne SANDERS), daneben treten auch hierbei dieselben Fragenkomplexe auf, wie schon bei der Schieferung angeführt.

Die Untersuchungen und Darstellungen der Korngefüge wurden im wesentlichen nach der SCHMIDT-SANDER-Methode durchgeführt, z. T. auch nach FAIRBAIRN (1949). Die verwendeten Begriffe und Symbole gehen hauptsächlich auf SANDER (1930 und 1950) zurück. Dagegen erfolgt die Typisierung der Quarzdiagramme (Maxima und Minima der c-Achsen) vor allem in Anlehnung an die erweiterten Vorstellungen von FAIRBAIRN (1949).

In Abbildung 26 wird versucht, die 8 Grundtypen der bisher beschriebenen c-Achsen-Maxima von Quarz übersichtlich darzustellen, um einen unmittelbaren Vergleich mit den Diagrammen zu ermöglichen. Auf die Typen aus maximafreien Gürteln wurde dabei verzichtet, weil sie nach Ansicht des Verfassers im vorliegenden Falle

nicht auftreten. Selbstverständlich entstehen aus der Kombination wie auch aus symmetriegemäßen Verschiebungen der Maxima (inkl. Gürtel), die dann oft noch zusätzlich zu den Grundtypen auftreten und ein ziemlich kompliziertes Bild ergeben,

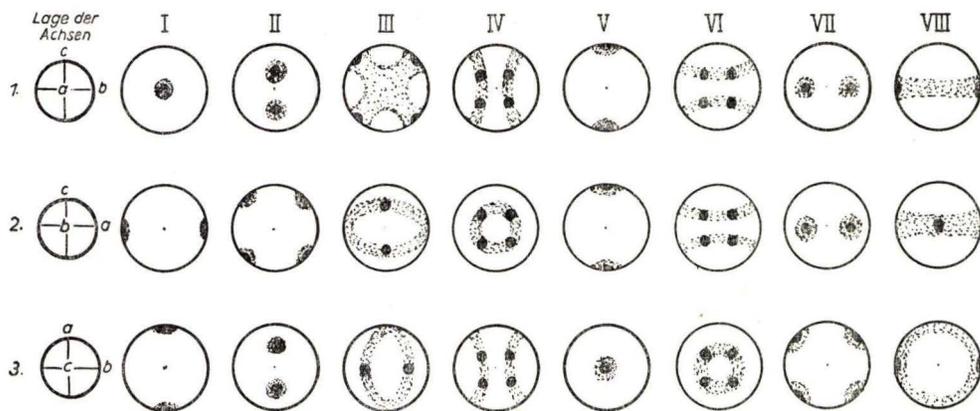


Abb. 26. Grundtypen der c-Achsen-Maxima bei Quarz (nach SANDER und FAIRBAIRN).

recht mannigfaltige Sondertypen. Neben den c-Achsen der Quarze wurden auch die Spaltflächen der Muskovite in der bekannten Weise gefügekundlich untersucht. Hierdurch ergaben sich weitere Vergleichsmöglichkeiten, womit zugleich eine Kontrolle der Ergebnisse durchgeführt werden konnte. Die Vermessung der Azimute der mikroskopisch feinen Scherflächen (Schieferung) erlaubte einen Vergleich mit den übrigen Diagrammen.

Vorläufig wurden vier orientiert entnommene Proben des Arbeitsgebiets untersucht. Die beiden ersten dienten der Behandlung des Schieferungs-Problems und die zwei übrigen der Klärung des Transports in mylonitisierten Lagen (vgl. die S. 46 aufgeworfenen Fragen).

a) Quarzitischer Grauwackensandstein nördlich Bacharach

Geologische Position und makroskopisches Gefüge siehe Oleate 5 der Abb. 25. Petrographische Einzelheiten (Struktur und Textur sowie Mineralbestand) siehe S. 57.

Die Untersuchung des Mikrogefüges wurde an zwei Dünnschliffen durchgeführt, die jeweils ungefähr senkrecht zur Schieferung liegen (\pm parallel ac und \pm parallel ab). Da bereits makroskopisch zwei \pm gleichwertige Scherflächenscharen (Schieferungen) erkennbar sind, ist die Lage der Gefügeachsen nicht eindeutig. Der Schliff parallel ac zeigt überraschend viele Maxima, Submaxima und Minima der c-Achsen der Quarzkörner (Diagramm 1). Das erschwert die Typisierung. Am sichersten ist das Maximum V (vergl. Abb. 26) deutbar, nämlich als TRENER- α -Regelung (Regelung der c-Achsen senkrecht zur Schieferung). In den Maxima und Submaxima II dürfte z. T. noch V (TRENER- α -Regelung) zusätzlich enthalten sein, und zwar als Ausdruck zumindest einer Scherflächenschar (Schieferung) sowie der Schichtung, auf der ebenfalls Scherbewegungen stattgefunden haben.

Die undeutlichen Maxima II (peripher) und IV (im Innenfeld) scheinen mehrfach vertreten zu sein, V wahrscheinlich ebenfalls. Auch die peripheren Minima sprechen für die Richtigkeit der Deutung von IV.

Das wiederholte Auftreten der verschiedenen Maxima-Typen weist zweifellos auf mehrere Prägungen mit Rotation um B hin. Es handelt sich hier also um einen B-Tektonit bzw. R-Tektonit im Sinne SANDERS. Makroskopischer und mikroskopischer Befund stimmen mithin gut überein. Doch zeigt letzterer, daß die regelnde Scherung nicht nur auf den sichtbaren Scherflächen, welche erst in beträchtlichen Abständen aufeinanderfolgen, vor sich gegangen ist, sondern auch das Material dazwischen betroffen hat. Somit muß auch noch mit völlig überprägten Schieferungen gerechnet werden. Die Serizit-Schüppchen (Diagramm 2) sind hauptsächlich zu mehreren deutlichen Maxima und Submaxima parallel der Schichtung geregelt; parallel der Schieferung s_2 treten nur Submaxima auf. Querglimmer kommen nur untergeordnet vor (sowohl senkrecht der Schichtung als auch der Schieferung). Auch die Regelung der Serizite weist auf mehrfache Prägung hin und bestätigt somit das Ergebnis der Quarzkorn-Untersuchung.

Im Schliff \pm parallel ab wurde zunächst die Regelung der Quarz-c-Achsen einer nahezu längsstreichenden Fuge untersucht (Diagramm 3). Typus V tritt wieder besonders deutlich hervor, offenbar mehrfach. In V_1 und V_3 können zusätzlich schwache Maxima des Typus II enthalten sein. Auch IV kommt wieder mehrfach vor (2 Gürtelpaare parallel ac) und VIII tritt neu hinzu. Alles in allem bestätigt sich das Ergebnis der Regelung im Schliff parallel ac. Es überrascht dies insofern, als daraus hervorgeht, daß die quarzgefüllte Fuge offenbar dieselbe Beanspruchung erlebt hat wie das Nebengestein.

Die zweifellos sekundären Quarze in der Fuge löschen undulös aus und enthalten flächenhaft orientierte Einschlüsse (Bläschen) nebst undeutlichen BÖHMISCHEN Streifen senkrecht zum Salband. Auch die Eigenschaft der undulösen Auslöschung wird auf



Diagramm 1. 300 Quarzachsen
> 5-3-2-1-0

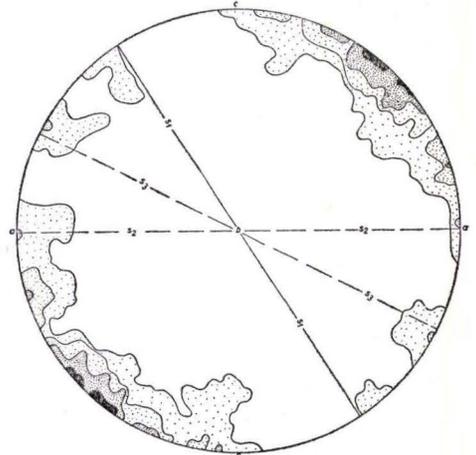


Diagramm 2. 150 Serizite
> 15-10-5-3-0

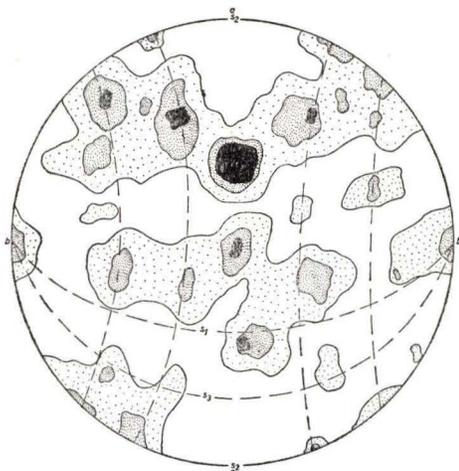


Diagramm 3. 200 Quarzachsen
> 3-2-1-0

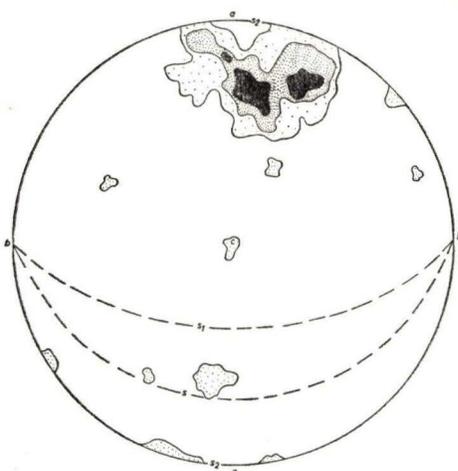


Diagramm 4. 150 Serizite
> 12-8-4-0

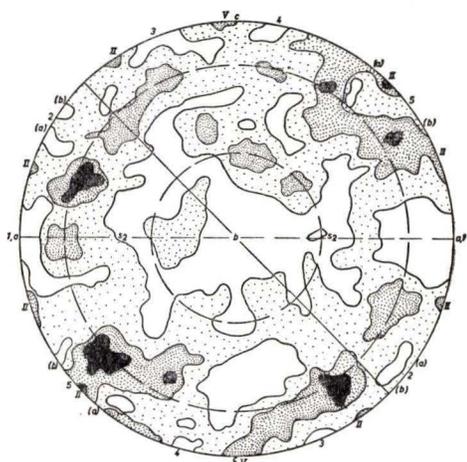


Diagramm 5. 300 Quarzachsen
> 3-2-1-0

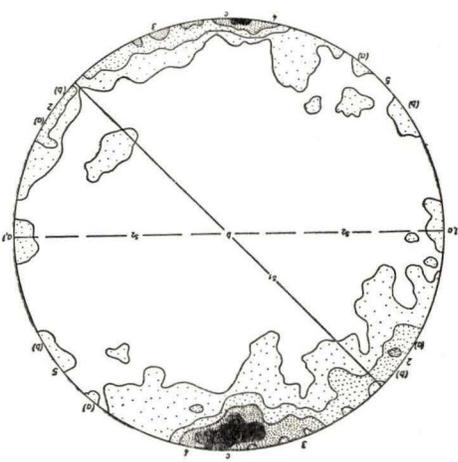


Diagramm 6. 200 Serizite
> 5-3-2-1-0

eine nachträgliche Beanspruchung des Quarzes zurückgeführt. Die Fuge mit ihrer Quarzfällung ist mithin wahrscheinlich paratektonisch entstanden — ob in einem frühen oder späten Stadium, bleibt offen.

Die Regelung der Serizite (Diagramm 4) im vorliegenden Schriff parallel ab ergibt dasselbe Bild wie beim Schriff parallel ac: Zwischen a und c mehrere Maxima, die wahrscheinlich im wesentlichen auf Schichtung zurückgehen und mehrere Prägungen zum Ausdruck bringen. Wieweit die primären Ablagerungsverhältnisse eine Rolle spielen, ist nicht abzusehen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß zweifellos mehrere Prägungen im Mikrogefüge zum Ausdruck kommen, und zwar mindestens zwei, was mit dem Makrogefüge gut übereinstimmt.

b) Grauwackenschiefer des Bettunnels (linksrheinisch)

Die Gesteinsprobe wurde gleichfalls einem flach nach Südosten einfallenden Falten-schenkel orientiert entnommen. Aber in diesem Falle handelt es sich um angeblisches Ems (Nordteil des Arbeitsgebiets) und um eine Probe, die ka um Schichtung und nur eine Schieferung makroskopisch erkennen läßt. (Petrographische Einzelheiten — Struktur usw. — siehe S. 56/7.) Wiederum wurde je ein Dünnschliff parallel ac und ab untersucht.

Im Schliff parallel ac ergibt sich eine durchaus gleichartige Regelung der Quarze (Diagramm 5) wie beim entsprechenden Schliff der Grauwacke von Bacharach. Auf Grund der entsprechenden Maxima — einschließlich der parallel ac verlaufenden Gürtel — sowie der peripheren Minima (arabische Ziffern) tritt IV am deutlichsten hervor. Die undeutlichen Maxima II könnten der Schichtung entsprechen, während die Häufungsstellen V nach der TRENER- α -Regelung wieder senkrecht zur Schieferung liegen. Alle Maximatypen sind mehrfach vertreten und deuten auf eine entsprechende Anzahl von Prägungen hin, jedoch erschwert ihr Hin- und Herpendeln die Deutung. Die Betrachtung der Minima führt zum gleichen Ergebnis. Minimum 1 ist besonders deutlich und erweist sich als die am stärksten betonte (h01-) Fläche des Gesteins (übliche Schieferungsebene parallel ab). Die übrigen Minima sprechen für zwei und mehr Prägungen mit Rotation um B. Also handelt es sich auch hier um einen mehrphasigen Tektonit bzw. um einen R-Tektonit im Sinne SANDERS. Hinsichtlich der Symmetrie lassen sich z. T. — wenn auch nur schwach — triklone Züge erkennen bei an sich monoklinem Habitus (ac-Gürtel, bei welchem die meisten Maxima nahe, aber nicht auf dem Rande liegen). Demnach zeichnet sich auch eine schiefe Überprägung ab.

Die Regelung der Serizite (Diagramm 6) läßt mehrere deutliche Maxima senkrecht c erkennen, d. h. der Schieferung als wichtigster Fläche (h01). Den Minima im Quarz-Diagramm entsprechen Submaxima im Serizit-Diagramm (vergl. 1, 2a, b, 3a, b usw.). 1 dürfte dabei ein undeutliches Maximum von Querglimmern darstellen, die hauptsächlich in Porphyroblasten und in SCHMIDT'schen Einschlußwirbeln vorkommen. 2 ist vermutlich auf Schichtung zurückzuführen. In den verschiedenen Maxima und Submaxima des Serizitdiagramms kommen also ebenfalls mehrere Prägungen zum Ausdruck.

Im Schliff parallel ab wurde lediglich die Regelung der Quarze untersucht (Diagramm 7). Es ergab sich grundsätzlich das gleiche wie beim Schliff parallel ac: Deutliche Maxima IV bzw. VII, undeutliche Maxima II und V, jeweils mehrfach auftretend. Zusammenfassend ist festzustellen, daß entgegen dem makroskopischen Gefüge im Mikrogefüge mehrere Prägungen erkennbar sind. Und zwar gleicht das Mikrogefüge des Gesteins vom Bettunnel durchaus dem unter a) beschriebenen, wo die mehrfachen Prägungen auch makroskopisch in Erscheinung treten (vergl. Taf. 3 Fig. 12). Es dürfte damit sich mikrogefügekundlich ergeben, daß die Tonschiefer des Arbeitsgebiets mehrfachen Prägungen ausgesetzt waren, auch wenn makroskopisch nur eine Schieferung (Spaltbarkeit) zu sehen ist.

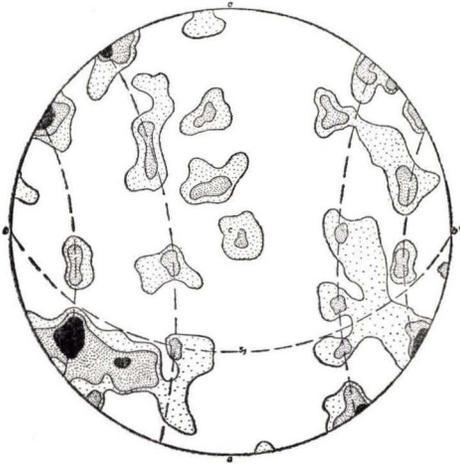


Diagramm 7. 200 Quarzachsen
> 6-4-2-0

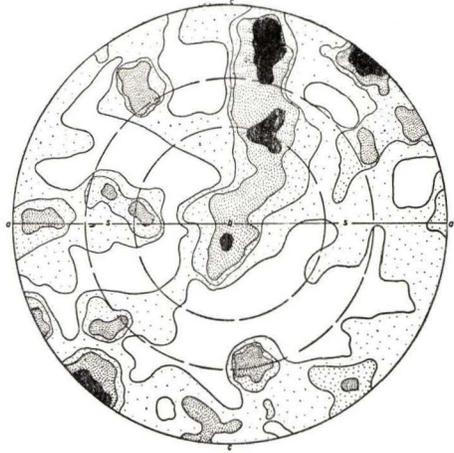


Diagramm 8. 300 Quarzachsen
> 5-3-2-1-0

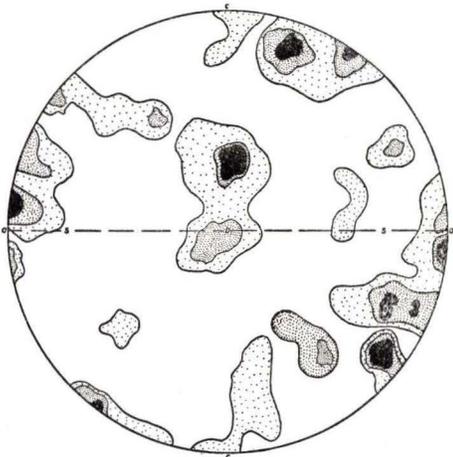


Diagramm 9. 200 Quarzachsen
> 5-3-1-0

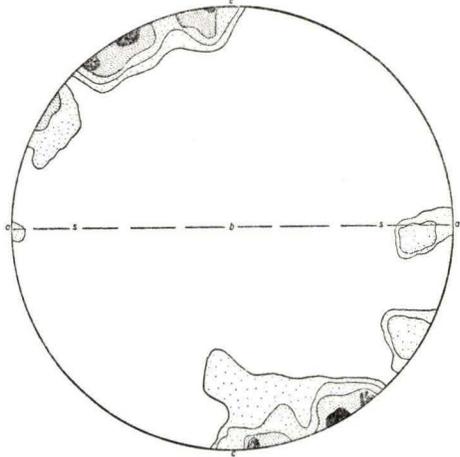


Diagramm 10. 150 Serizite
> 4-3-2-1-0

c) Mylonit einer Überschiebungsbahn an der Loreley

Die orientierte Probe wurde einer flach nach Südosten einfallenden Überschiebung unmittelbar an der Rheinstraße entnommen. Die mylonitisierte Lage ist im Durchschnitt 6 bis 7 cm mächtig und besteht im wesentlichen aus porösem Milchquarz (vergl. Taf. 1 Fig. 4), der teils parallel zur Überschiebungsbahn gleitbrettartig zerschert aussieht, z. T. aber auch leicht gewellt und gestaucht erscheint; bisweilen ist auch eine Zerschering winklig zur Überschiebungsbahn erkennbar. Infolge der Milchquarz-Ausscheidungen bilden diese Mylonite relativ helle Lagen, sofern sie nicht

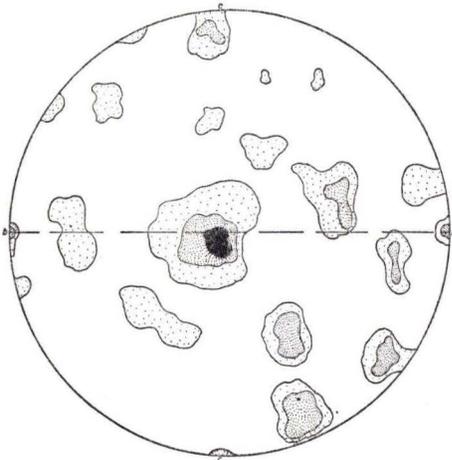


Diagramm 11. 150 Quarzachsen
> 6-3-1-0

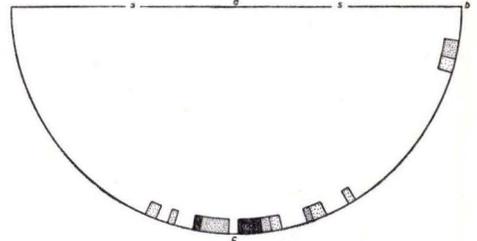


Diagramm 12. 200 Serizite
> 15-10-5-0

nachträglich durch Brauneisen oder andere Verwitterungsprodukte verschmutzt wurden. (Petrographische Einzelheiten siehe S. 58/9.) Wiederum wurden zwei Dünnschliffe untersucht, der eine parallel ac bzw. parallel R , der andere parallel bc bzw. senkrecht R (R bedeutet Riefung, hier wahrscheinlich Rutschstreifen).

Im Schriff parallel R überrascht die Quarzregelung mit einer verwirrenden Fülle an Maxima und Submaxima, was eine Deutung erschwert. In den feinkörnigen Lagen (Diagramm 8) tritt der Grundtyp I (γ -Regel SANDERS), der besonders charakteristisch für Transporte parallel a (Rutschstreifen) ist, nur als sehr undeutliches Submaximum auf, evtl. mehrfach. Typus II scheint gleichfalls schwach in einem oder in zwei Submaxima zum Ausdruck zu kommen. Die betonten Randmaxima zwischen a und c im NE- und SW-Quadranten des Diagramms 8 dürften auf einer Überlagerung mit I oder V beruhen. Davon ist V relativ kräftig. Da nach SANDER die TRENER- α -Regelung auf laminare Gleitung parallel ab hinweist, kommt in V die erwartete Scherung parallel zur Überschiebungsbahn am deutlichsten zum Ausdruck. In dem oben erwähnten „betonten Randmaximum“ II kann — wie schon angedeutet — ein weiteres Maximum V enthalten sein. Schließlich scheinen auch IV und VIII in mehreren undeutlichen Maxima aufzutreten. Es zeigt sich mithin, daß keine Rede von einer strengen Regelung nach a sein kann, daß also kein ausgesprochener S-Tektonit im Sinne SANDERS vorliegt, wie man ihn hätte erwarten sollen. Statt dessen scheint sich viel eher die B- bzw. R-Tektonik des Nebengesteins abzuzeichnen. In den grobkörnigen Lagen (Diagramm 9) tritt I nunmehr wesentlich deutlicher hervor, und zwar in mehrfachen Häufungsstellen, desgleichen auch V. Dagegen kommen II, IV und VIII viel weniger zum Ausdruck.

In diesem Schriff finden sich auch hin und wieder langgestreckte Großindividuen (aus Quarz), deren Längsachsen parallel ab verlaufen. Die gemessenen c -Achsen der Subindividuen scheinen über das gesamte SCHMIDTSche Netz verstreut zu liegen. Die Anzahl der Messungen (ca. 20) war leider zur diagrammatischen Darstellung zu gering.

Die Regelung der Serizite (Diagramm 10) führt in diesem Schriff zu mehreren (3-4) Maxima (zwischen a und c), denen offenbare Quarz-Minima entsprechen (Normal-Fall). Es liegt nahe, diese Maxima auf mehrfache Prägungen mit Rotation um B zurückzuführen. Das Submaximum bei a bringt wieder die eigenartigen Querglimmer zum Ausdruck, deren Deutung sehr schwierig ist. Im Schriff senkrecht R zeigt die Quarzregelung (Diagramm 11) ein sehr deutliches Maximum in I, womit der Transport in a betont wird. V und VIII sind je durch zwei Submaxima vertreten, und jedem Paar V/VIII scheinen jeweils zwei Paare vom Typ IV zu entsprechen. Das betonte Maximum I spricht ohne Zweifel für einen S-Tektonit mit Scherung parallel ab. Daneben kommt aber in den übrigen Häufungsstellen auch immer noch die B- bzw. R-Tektonik des Nebengesteins zum Ausdruck.

Die Serizite (Diagramm 12) sind nur durch ihre Azimute dargestellt, weil hieraus bereits alles Wesentliche zu ersehen ist. Neben den Querglimmern bei b fällt eine nahezu symmetrische Verteilung der Häufigkeitsstellen um c auf. Es scheint sich dabei um 3 Paar sich spitzwinklig schneidende Scherflächenscharen zu handeln (Plättung?, hin und her pendelnde Gleitflächen?).

Die Azimute der mikroskopisch erkennbaren Scherflächen wurden wie die Spalt-risse der Serizite gemessen. Das resultierende Diagramm (Diagramm 13) gleicht praktisch dem der Serizite, wenn man von den merkwürdigen Querglimmern absieht.

Zusammenfassend ergibt sich für den vorliegenden Mylonit überraschenderweise ein recht kompliziertes Gefüge, in welchem sowohl S- als auch B- bzw. R-Tektonik enthalten sind, und zwar in jedem Falle mit mehreren Prägungen.

d) Mylonit auf einer Schichtfläche in der Nähe des Rathauses Kaub

Geologische Position und makroskopisches Gefüge siehe Oleate 11.

Petrographisch erscheint dieser Mylonit tonreicher, sonst gleicht er durchaus dem Überschiebungs-Mylonit.

Es wurde lediglich ein Dünnschliff dieses Schicht-Mylonits untersucht, und zwar im Schnitt parallel R.

Die Quarzregelung (Diagramm 14) in den grobkörnigen Lagen ist auch hier wieder durch zahlreiche Maxima und Submaxima gekennzeichnet. Versucht man dieses Diagramm zu typisieren, so kann man folgende Maxima herauslesen: V, IV und I. Jeder Typ scheint dreimal vertreten zu sein, wobei die Deutlichkeit in der genannten Reihenfolge abnimmt. Die Quarzregelung führt auch hier zu einem ganz ähnlichen korngefügeanalytischen Ergebnis wie beim Überschiebungs-Mylonit, selbst wenn II und VIII unterdrückt scheinen: Mehrphasiger S- + B- bzw. R-Tektonit im Sinne SANDERS. Zweifellos drückt sich die Tektonik des Nebengesteins wieder in starkem Maße (vergl. Diagramm 1) aus. Auch die Serizitregelung (Diagramm 15) bestätigt das voraufgehend genannte Ergebnis: Drei ausgesprochene Maxima neben zahlreichen Submaxima lassen hier mehrfache Prägungen vermuten; Querglimmer kommen nur vereinzelt vor (im Diagramm nicht dargestellt). Bei den Seriziten tritt deutlich hervor, daß sich diese im Mylonit praktisch nur ins Schicht-s bzw. in die parallel und spitzwinklig dazu verlaufenden Scher- (gleichbrettartig?) Flächen einregeln und nicht etwa in die nur makroskopisch erkennbare Fließschieferung.

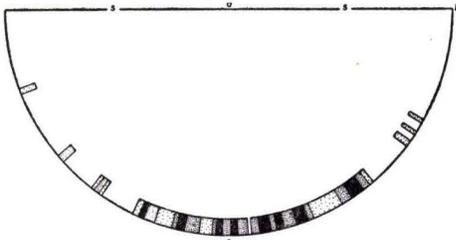


Diagramm 13. 200 Scherflächen
> 6-4-2-0

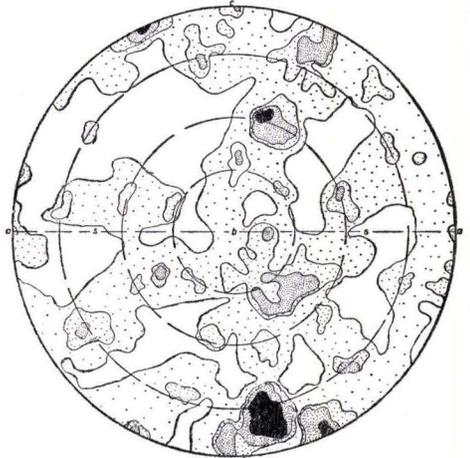


Diagramm 14. 300 Quarzachsen
> 4-3-2-1-0

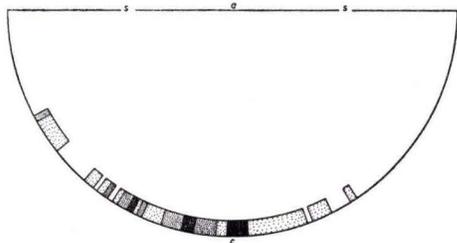


Diagramm 15. 200 Serizite
> 10-6-3-0

Beim Vergleich der Oleate 11 (Abb. 25) mit den Diagrammen 14 und 15 ist zu beachten, daß die Gefügeachsen abc im makroskopischen Diagramm anders liegen als im mikroskopischen, weil jeweils vom ausgeprägtesten s-Gefüge ausgegangen wurde. In Oleate 11 der Abb. 25 sind deshalb die den Diagrammen 14 und 15 entsprechenden Richtungen der Gefügeachsen abc zusätzlich in Klammern beigelegt.

Beide Mylonitarten (Überschiebungs- und Schichtmylonit) ergeben korngefügeanalytisch recht ähnliche Bilder, nämlich jeweils eine eigenartige Mischung von S- und B-Tektonik. Dabei wird die S-Tektonik hauptsächlich durch die Serizit-, die B-Tektonik durch die Quarzregelung unterstrichen (jedoch nicht ausschließlich).

Da für den Schichtmylonit mit Sicherheit keine großen Transporte in Frage kommen, kann die Gleichartigkeit der Bilder ein Hinweis dafür sein, daß auch in der Überschiebung kein allzu großer Transport zu erwarten ist. Hierfür spricht auch die eigenartige Mischung von B- und S-Tektonik im Überschiebungsmylonit selber. Denn der wesentlichste Transport erfolgt in den B-Tektoniten bekanntlich senkrecht zu a und steht damit auch senkrecht auf dem der S-Tektonite, für die ein Transport parallel a charakteristisch ist. Da die Verformung sicher in mehreren Akten erfolgte, sind natürlich auch Um- und Überprägungen zu erwägen.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß sowohl die Serizite (in SCHMIDTSchen Einschlußwirbeln z. T. sichtlich deformiert) als auch die Quarze (zwar rekristallisiert, aber deutlich S- und vor allem auch B-tektonisch beansprucht) als prae- bis paratektonisch hinsichtlich Faltung und Schieferung angesehen werden müssen. Somit zeigt sich auch mikrogefügekundlich, daß die Überschiebungen in sehr engem Zusammenhang mit den orogenetischen Vorgängen selber stehen.

Die Ergebnisse dieser gefügekundlichen Untersuchungen im Dünnschliff-Bereich dürfen lediglich als erste Versuche gewertet werden, um auf diesem Wege in die innere Tektonik des Rheinischen Schiefergebirges einzudringen. Jedenfalls zeigen sie, daß die Korngefüge-Analysen im Sinne SANDERS auch im Hunsrückschiefer möglich sind und sehr wohl zur Klärung der tektonischen Verhältnisse beitragen können.

B. Stratigraphie

I. Petrographische Verhältnisse

Im folgenden Abschnitt ist nicht etwa eine erschöpfende petrographische Beschreibung der Gesteine des Arbeitsgebiets beabsichtigt. Vielmehr sollen in erster Linie die petrologischen Erkenntnisse für die örtlichen stratigraphischen Verhältnisse — also für die Beschreibung von Gesteinsprofilen — verwendet werden. Dabei wird man besonders danach trachten, Leitmittel — z. B. in Form petrologischer Eigenarten gewisser Schichten (Leitschichten- bzw. Leitgruppen-Methode) oder auch bestimmter Eigenschaften, welche die zeit- und ortsverschiedenen Schichten charakterisieren und identifizieren lassen (Schwerminerale, U-Gehalt bzw. Strahlungseigenschaften, seltene Elemente bzw. deren Mengenverhältnisse, Art des Bindemittels, Korngrößenverhältnisse, Korngestalt u. dgl.) — ausfindig zu machen.

a) Begriffliches und Dünnschliffuntersuchungen

Da die Bezeichnung der paläozoischen Gesteine nicht einheitlich ist, dürfte es zweckmäßig sein, kurz darzulegen, was mit den in der vorliegenden Arbeit verwendeten Gesteinsnamen gemeint ist. In bescheidenem Umfange werden hierzu auch mikroskopische Beobachtungen herangezogen.

Schiefer bedeutet hier nur eine gefügekundliche Eigenschaft der Gesteine, nämlich der Textur: Winklig (transversal) zur Schichtung verlaufende, bis ins Mikrogefüge reichende \pm planparallele Spaltbarkeit.

Tonschiefer ist ein meist aus Ton hervorgegangener schiefriger Pelit. Bezüglich einer mikroskopischen Untersuchung sei auf MOSEBACH (1952) verwiesen. Wegen der Feinkörnigkeit ist der Mineralbestand z. T. noch problematisch, so z. B. die Schmiermasse auf den Scherflächen (nach MOSEBACH hauptsächlich verschmutzter Serizit und kein Chlorit!).

Bordenschiefer (aus dem Sprachschatz der Thüringer Dachschieferindustrie entlehnt) bezeichnet einen feingeschichteten Tonschiefer, also ein noch durchgehend pelitisches Gestein. Dachschiefer hat nur technische Bedeutung, meist handelt es sich um Ton- und Bordenschiefer.

Bänderschiefer stellt ein gut geschichtetes Übergangsglied von schiefrigem Pelit zu schiefrigem Psammit dar. Er besteht aus verschiedenen Schichten von merklich unterschiedlicher Korngröße. Feinkörnige Lagen (dunkel, „tonig“, bordenartig) wechseln mit gröberen (hell, „sandig“-glimmerig, bänderartig), die im allgemeinen mächtiger sind, ab.

Grauwackenschiefer ist ein schiefriger Psammit mit den üblichen Bestandteilen der Grauwacke (Quarzkörner, Feldspäte, Tonschieferfetzen, Serizite). Ein Grau-

wackenschiefer vom Bettunnel (linksrheinisch, vgl. S. 50) z. B. sieht makroskopisch einheitlich dunkelgrau und feinkörnig aus. Neben Quarzkörnern sind vor allem Serizit-Schüppchen erkennbar. Schichtung ist kaum festzustellen, dagegen tritt eine ausgezeichnete Schieferung auf — wie es äußerlich scheint — in Form nur einer einzigen Scherflächenschar (siehe jedoch Korngefüge-Analyse 3b). Mikroskopisch erweist sich die Struktur als pelitisch-psammitisch bzw. „pseudoporphyrisch“. Grobe Bestandteile (im Durchschnitt 0,12 bis 0,04 mm Durchmesser) sind wie Einsprenglinge in einer Grundmasse aus sehr feinen Komponenten (i. D. 0,006 mm) verteilt. Die Textur ist — verallgemeinert — als „schiefrig, undeutlich geschichtet“ zu bezeichnen. Mineralbestand: Die groben Komponenten bestehen hauptsächlich aus Quarzkörnern (detritisch, nicht miteinander verzahnt, undulös auslöschend), untergeordnet auch aus Orthoklas (etwa 12% der groben Bestandteile) und Plagioklas (ca. 1% der groben Bestandteile) sowie aus Serizitschuppen (z. T. in SCHMIDTschen Einschlußwirbeln, z. T. verschmutzt auf Scherflächen), Chlorit (porphyroblastisch), Leukoxenwolken mit Rutilnadelchen und — örtlich angereichert — Kalzitklümpchen. Die feinen Komponenten wurden nicht näher untersucht. Soweit ersichtlich, scheinen zu ihnen Serizite und Chlorite zu gehören, vor allem auf den Scherflächen und an Korngrenzen, auch tritt Brauneisen wolkig und in kleinen rhombischen Querschnitten (ehemalige Kalzit- oder Braunspatkryställchen) randlich konzentriert auf. Die hier als Brauneisen gedeutete Substanz wird von MOSEBACH (1952) unter Berufung auf G. FISCHER (1929) offenbar als organisch angesehen. An Akzessorien wurden Apatit und Zirkon festgestellt.

Grauwackensandstein kann als wenig verfestigte Grauwacke aufgefaßt werden: Grauwacke auf Grund der Bestandteile und Sandstein wegen des offenbar geringen Verfestigungsgrades. Als Beispiel hierfür sei ein quarzitischer (also festerer) Grauwackensandstein unmittelbar nördlich von Bacharach angeführt (vgl. S. 47, Taf. 3 Fig. 12). Makroskopisch handelt es sich um ein „sandig“-glimmeriges Gestein mit deutlich erkennbarer Schichtung und zwei sich spitzwinklig schneidenden Scherflächenscharen (Schieferungen). Mikroskopisch ist die Struktur als psammitisch (i. D. 0,05 mm Durchmesser der Quarzkörner) und die Textur als schiefrig-schichtig zu bezeichnen, wobei die Schieferung teils gleitbrettartig (parallele Scherflächen) und teils feinflaserig (sich spitzwinklig schneidende Scherflächen?) erscheint. Mineralbestand: Quarz (teils detritisch, teils sekundär, stellenweise miteinander verzahnt), Orthoklas (10% der groben Bestandteile), Plagioklas (3% der groben Bestandteile), Serizitschuppen, Chloritporphyroblasten (z. T. Pennin, bisweilen in Form der SCHMIDTschen Einschlußwirbel), ehemalige Karbonate (rhombische Querschnitte) mit Brauneisenrändern, Wölkchen von diffus verteiltem Erz aus Brauneisen, Leukoxen und Tonschiefer-nadelchen, zahlreiche hellblau bis hellgrünliche Nadelchen aus ?Serizit und ?Chlorit (mit ihrer Längsachse meist senkrecht zu den Korngrenzen stehend), Serizit-Chlorit-Brauneisen auf den Scherflächen. Akzessorisch tritt noch Apatit hinzu.

Plattensandstein ist ein fein- bis grobplattiger Grauwackensandstein. Die Plattigkeit beruht meist auf glimmerbelegten mechanisch benutzten Schichtflächen, z. T. aber auch auf gleitbrettartiger Zerscherung (Schieferung). Als Beispiel sei der Plattensandstein der Eeg (südlich der Loreley) angeführt. Tonschieferfetzchen sind makroskopisch kaum erkennbar, mikroskopisch schon eher. Die Struktur ist psammitisch

(i. D. 0,1 mm große Quarzkörner), die Textur regellos (also mikroskopisch weder Schichtung noch Schieferung zu sehen). Mineralbestand: Quarz (z. T. verzahnte Korngrenzen), Orthoklas, Plagioklas, Serizitschuppen, zahlreiche rhombische Querschnitte von Kalzit mit meist wolkigen Brauneisenrändern (das Gestein braust mit HCl stark auf), häufig auch Wölkchen mit vielen Rutilnadeln (Tonschiefernädelchen in Tonschieferfetzen) und zersetzten Biotiten (pleochroitisch), etwas Leukoxen. Akzessorien sind Zirkon, Apatit und Rutil. Eigenartig ist der augenscheinliche Mangel an Chlorit.

Plattenquarzit ist ein fein- bis grobplattiger Grauwackenquarzit. Mikroskopisch wurden zwei Vorkommen untersucht, von denen das eine sich unmittelbar unter der Schönburg bei Oberwesel und das andere südlich des Bahnübergangs zwischen Engelsburg und Leimbach befindet. Die mittlere Korngröße liegt bei beiden um 0,05 mm, so daß die Struktur als psammitisch zu bezeichnen ist. Die Textur ist undeutlich schiefrig. Das Oberweseler Vorkommen weist folgenden Mineralbestand auf: Quarz (detritisch, z. T. miteinander verzahnt), wenig Orthoklas und Plagioklas, Serizitschuppen, Erzwölkchen (auch bei Auflicht opak), rhombische Querschnitte mit Kalzit und Rändern aus Brauneisen, zersetzte Biotite (pleochroitisch) mit Rutilnadelchen, Chloritporphyroblasten (z. T. Pennin), durch Brauneisen verschmutzte serizitisch-chloritische Substanz auf Scherflächen und Korngrenzen; akzessorisch: Apatit und Zirkon. Das zweite Vorkommen enthält nahezu die gleichen Bestandteile. Die Erzwölkchen erscheinen bei Beleuchtung von oben hell, so daß es sich in diesem Fall um Leukoxen zu handeln scheint. Unter den Akzessorien tritt Rutil an die Stelle von Zirkon.

Grauwackenquarzit oder quarzitisches Grauwacke enthält bereits makroskopisch erkennbare Tonschieferfetzen und macht einen kompakten (ungeschiefernten) Eindruck.

Quarzit bezeichnet ein festes, kompaktes Gestein aus einheitlich miteinander verzahntem und orientiert weitergewachsenem Quarzdetritus. Außer Serizitschuppen ist nur Quarz zu erkennen.

Kieselgallen sind dunkle Knollen in Tonschiefern, meist langgestreckt; sie enthalten im Innern häufig Pyritkristalle, manchmal auch Fossilien. Z. T. handelt es sich nachweislich um Scherprodukte, d. h. tektonisch aus einer dünnen Schicht durch Zerschering entstandene Knollen (vergl. S. 20). Mikroskopisch erweist sich das Material der Kieselgallen als pelitisch (0,003 mm große Partikel). Auf Spaltrissen (Schichtung?, Schieferung?) sitzen — oft hintereinandergereiht — Pyritporphyroblasten auf, die allerdings meist in Brauneisen umgewandelt und von einem Hof aus Chlorit (Pennin hauptsächlich) und verschmutztem Serizit umgeben sind. Die „Pyrite“ (zerbrochen, gelängt) mit ihrem Hof lassen erkennen, daß auch noch nach ihrer Entstehung verformende Beanspruchungen stattgefunden haben. Die Grundmasse (Hauptmasse) der Kieselgalle besteht aus einem äußerst feinen Filz von Chlorit, Serizit (z. T. relativ groß werdend) und Quarz (zwickelfüllend), sowie — zurücktretend — etwas Brauneisen bzw. organischer Substanz und fraglichem Rutil.

Mylonit wird hier ein in dünnen porösen Lagen (bis etwa 7 cm mächtig) vorkommender Milchquarz auf Überschiebungsbahnen und Schichtflächen genannt. Mikroskopisch zeigt sich eine eigenartige Struktur aus fein- bis grobkörnigem Quarz

(0,007 bis durchschnittlich 0,5 mm große Individuen, miteinander verzahnt). Texturell sind verschiedenkörnige Lagen von Quarz charakteristisch; feinkörnige wechseln meist mit unscharfen Grenzen gegen grobkörnige Lagen und Linsen ab. Z. T. treten auch betont parallel laufende Scherflächen auf (gleitbrettartig), die an anderen Stellen gestaucht erscheinen. Der Mineralbestand ist recht eintönig: Quarz (rekrist.) (undulös auslöschend), Kalzit, Serizit, wenig Chlorit (Pennin) und Brauneisen. Auf den Scherflächen sind häufig Schieferfetzen eingeschlichtet (dunkle bis bräunliche Flecken).

Porphyroidtuffit ist ein geschieferter mariner Tuff. Das Gefüge ist sowohl mikro- als auch makroskopisch in gleicher Weise charakteristisch: Porphyrische Struktur und schiefrige Textur. Mineralbestand: Quarz-Detritus und magmatischer Quarz als Einsprenglinge (z. T. mit Korrosionserscheinungen und zonar gebauten Einschlüssen), ferner Orthoklas- und vor allem Plagioklas-Einsprenglinge, Serizite, Kalzitnester (z. T. mit Brauneisenrändern), Glassplitter (z. T. entglast), Erzwölckchen (auch bei auftreffendem Licht dunkel bleibend), durch Brauneisen verschmutzter Serizit und Chlorit auf Scherflächen (und als feine Nadelchen ?), sowie akzessorischer Apatit.

Als Diabas wird im Arbeitsgebiet jedes hell- bis dunkelgrünliche Ganggestein bezeichnet, das magmatischer Natur zu sein scheint. Wegen der hellen Verwitterungsfarbe heißt das Gestein auch „weißes Gebirge“. Makroskopisch sieht der Diabas je nach Vorkommen recht verschieden aus (vgl. S. 38/9), und zwar scheint innerhalb des Arbeitsgebiets von Norden nach Süden eine zunehmende Schieferung und Umwandlung stattgefunden zu haben. Es wurde deshalb von den verschiedenen Vorkommen je ein Dünnschliff hergestellt, um auch mikroskopisch die offensichtlich unterschiedliche Veränderung des ursprünglich vermutlich gleichartigen Materials zu untersuchen.

Der Diabas von Oberwesel besitzt pilotaxitische Struktur. Die Feldspäte (Plagioklase) sind i. D. 0,1 mm groß, die Leukoxene hingegen 0,2 mm. Die Textur ist unregelmäßig, abgesehen von einigen parallel zueinander verlaufenden Klüften. Mineralbestand: Plagioklase (mehr oder weniger stark zersetzt) mit einem Anorthitgehalt von 31—32% (saurer Andesin) — der Anorthitgehalt wurde mittels der Auslöschungsschiefe in der symmetrischen Zone bestimmt —, Leukoxen (auffallend reichlich vorhanden), Chlorit (Pennin u. a.) in z. T. achtseitigen Umrissen (also wahrscheinlich aus Augit hervorgegangen), Kalzit und Brauneisen (vor allem auf den Klüften), Rutilnadelchen (z. T. in Form des Sagenits) und sekundärer Quarz (wenig, auf Klüften).

Der Diabas vom Roßstein ist dem soeben beschriebenen sehr ähnlich, abgesehen von folgenden Unterschieden: Die durchschnittliche Korngröße der Plagioklase beträgt 0,2 mm, der Leukoxene 0,3 mm und der Kalzite 0,4 mm. Der Anorthitgehalt der Plagioklase ist etwas geringer (30% An, d. h. Oligoklas bis Andesin). Zusätzlich wurde etwas Ilmenit festgestellt, ferner Serizitschuppen und z. T. in Chlorit umgewandelte Biotite mit reichlich Sagenitgewebe, sowie Apatit. Kalzit kommt außer auf Klüften auch fleckenweise vor.

In einem alten Steinbruch einige hundert Meter südlich des letztgenannten Vorkommens tritt Diabas auf, welcher teils körnig und teils dicht (geschiefert) erscheint.

Mikroskopisch erweist sich die Struktur dieses Diabas-Schiefers als porphyroblastisch. Die Porphyroblasten bestehen hauptsächlich aus verschmutztem Kalzit (z. T. leistenförmig umgrenzt), ferner aus Chlorit (Pennin u. a.), der z. T. auch zusammen mit sekundärem Quarz auftritt, und Leukoxen. Die Grundmasse setzt sich offenbar aus dem gleichen Material zusammen: Leukoxen in eingeregeltten Streifen und Fünkchen, Chlorit mit (?) Tonschiefernädelchen, Quarz (besonders als Zwickelfüllung) und Kalzit.

Die schwächtigen Diabasgänge am Pfalzblick (linksrheinisch bei km 131,765) lassen makroskopisch nur noch eine feinstkörnige Struktur und schiefrige Textur erkennen. Mikroskopisch ist die Struktur porphyroblastisch. Es wurden lediglich Kalzitporphyroblasten, z. T. etwas Quarz führend, beobachtet. In der Grundmasse dagegen waren neben Kalzit und Quarz noch Chlorit, wolkiges Brauneisen, Ilmenit und vor allem (schmierig verteilt) Leukoxen zu erkennen. Bei auftretendem Licht erscheint nunmehr der ganze Schliff fast einheitlich hellgelblich (infolge des Leukoxens?). Als Kluftminerale waren in diesem Diabas vertreten: Quarz, Kalzit, Pennin (gekröseartig) und Prochlorit (wurmförmig).

Der Diabas des Wilhelm Erbstollens/Kaub ist makroskopisch ein hellgrünlisches, dichtes, gut geschiefertes Gestein, das in HCl, heftig aufbraust. Das mikroskopische Gefüge läßt wieder eine porphyroblastische Struktur und eine schiefrige Textur erkennen, z. T. auch typische Schubklüftung. Die Porphyroblasten bestehen aus Kalzitnestern (i. D. 0,2 mm groß), die z. T. von Leukoxenfetzen (0,01 mm) und Fünkchen umflossen werden, ferner aus undulös auslöschendem Quarz (meist von Pennin umgeben) und Ilmenit. Sie sind teils in die Schieferungsflächen eingeschichtet, teils aber auch wirbelig verdreht nach Art der SCHMIDTSchen Einschlußwirbel. Die Grundmasse setzt sich aus Leukoxen, Kalzit, Serizit und Chlorit (Pennin u. a.) — teils auf Scherflächen angereichert, teils als Filz mit Quarz in den Zwickeln — sowie aus undulös auslöschendem Quarz (von Pennin umgeben) zusammen. Akzessorisch kommt Apatit vor. An Kluftminerale wurden Pennin (am Salband) und Quarz (mitten im Diabas sitzend), der wie rekristallisierter Mylonit aussieht, beobachtet. HOLZAPFEL, FUCHS u. a. führen die helle Farbe des Diabases auf eine Serizitisierung zurück. Der Verfasser kommt demgegenüber zu dem Eindruck, daß der reichliche Gehalt an Leukoxen und Kalzit weitgehend mitverantwortlich zu machen ist.

Zusammenfassend ist hinsichtlich des Diabases festzustellen, daß durch die mikroskopische Untersuchung der makroskopische Befund weitgehend bestätigt wird. Die Umwandlung, deren hoher Grad erstaunlich ist und auf intensive Schieferung zurückgeführt werden muß, läßt den Diabas als solchen schließlich kaum noch erkennen.

b) Über chemische, physikalische und schwermineralogische Leitmerkmale

Wie eingangs zu diesem Abschnitt erwähnt, wird man immer wieder versuchen müssen, zum Zwecke der vergleichenden Stratigraphie Leitmerkmale ausfindig zu machen, vor allem für solche Fälle, in denen es an Fossilien mangelt.

Im folgenden werden ganz kurz die Ergebnisse einiger Versuche in dieser Richtung mitgeteilt. Wenn diese vorläufig auch als negativ bezeichnet werden müssen, so dürften sie vielleicht doch interessieren, weil sie u. U. zu weiteren Versuchen anregen oder

richtungweisend verwendet werden können. Vor allem sei betont, daß die Anzahl der bisher untersuchten Proben viel zu gering ist, um selbst im vorliegenden Fall auf Grund der negativen Ergebnisse die Methode zu verwerfen.

Freundlicherweise haben die Herren Dr. EICHHOFF und Dr. REINECK an 6 bzw. 7 Proben des Arbeitsgebiets spektroskopisch-chemische und radiographische (auto-) Untersuchungen vorgenommen.

Spektroskopisch ergaben sich im Durchschnitt folgende Gehalte (in Klammern das Intervall des möglichen Gehalts in %): Si (100—10), Al (30—3), Na (30—3), Fe (10—1), Mg (10—1), K (3—0,3), Ca (1—0,1), Ti (0,3—0,03), Mn 0,1—0,01, Pb (0,01—0,001), V (0,003—0,0003), Ni (0,003—0,0003), Cu (0,0003—0,00003).

Eine Probe (Schenkelbachtal) enthielt etwas reichlicher Ti (1—0,1) und Cu (0,001—0,0001), eine andere (Loreley) mehr Ca (3—0,3) und schließlich eine letzte (Eeg) mehr Pb (0,1—0,01). Diese Abweichungen sind indessen so gering, daß vorläufig die stratigraphische Verwertbarkeit nicht möglich ist.

Autoradiographisch ergaben sich bei 6 verschiedenen Proben Werte zwischen $1 \cdot 10^{-6}$ bis $5 \cdot 10^{-8}$ % U. Die beiden extremen Werte datieren von Proben aus dem Schenkelbachtal (Südteil des Arbeitsgebiets). An der Loreley und Eeg (im Norden des Gebiets) enthielten die Gesteine (einschließlich des Porphyroidtuffits) $1 \cdot 10^{-6}$ bis $5 \cdot 10^{-7}$ % U. Also ergaben sich auch hierbei trotz der hohen Empfindlichkeit der Methode keine stratigraphisch verwendbaren Werte.

Auf eigene Schwermineral-Analysen wurde vorerst verzichtet, weil die bisherigen Versuche im Devon des Rheinischen Schiefergebirges kaum verwertbare Resultate gezeitigt haben (BAUSCH v. BERTSBERGH 1940). Nur Rutil, Zirkon und Turmalin konnte B. v. B. abtrennen. Es scheint mithin hauptsächlich an der unzureichenden Methode der Aufbereitung zu liegen, daß den Untersuchungen bisher kein rechter Erfolg beschieden war.

c) Gesteinsprofile

Bei der strukturellen Kartierung, wie sie im vorliegenden Fall vorgenommen wurde, gewinnt man — zumindest örtlich — schon sehr bald einen Überblick über die Lagerungsverhältnisse. Da infolge intensiver Schieferung die Schichtung häufig nicht erkennbar ist und da die Aufschlüsse oft unterbrochen sind, haftet dem gewonnenen Überblick meist noch eine gewisse Unsicherheit an. Dann versucht man — um Sicherheit zu gewinnen — an Hand von Leitmerkmalen (vergl. oben) das bisherige Ergebnis zu überprüfen.

Als ein solches Leitmittel können auch die Gesteinsprofile verwendet werden. Selbst wenn keine besonders charakteristische Schicht (z. B. der Porphyroidtuffit als echte Leitschicht) in einem derartigen Gesteinsprofil enthalten ist, stellt oft allein die Art der Rhythmen und Zyklen bereits ein Leitmittel dar. Man wird also — vor allem bei solch komplizierten Lagerungsverhältnissen wie hier im Hunsrückschiefer — immer versuchen, wenigstens örtlich einigermaßen sichere Gesteinsprofile zusammenzustellen, um sie im Quer- und Längsprofil „zu gegebener Zeit“ vergleichend benutzen und damit sowohl für tektonische als auch stratigraphische Zwecke verwerten zu können. Gleichzeitig können aus den Gesteinsprofilen, die einen Einblick in die Sedimentationsfolge und in den Sedimentationswechsel im Sinne des Faziesbegriffs erlauben,

auch verhältnismäßig sichere Vorstellungen über die Mächtigkeit der Ablagerungen gewonnen werden.

Die im folgenden aufgezeigten Gesteinsprofile stellen einen Auszug und eine Auswahl aus wesentlich genauer und zahlreicher aufgenommenen Schichtabfolgen dar. Die Profile sind grundsätzlich vom Hangenden zum Liegenden (Älteren) angeordnet.

Das Loreley-Profil gibt die Schichtenfolge eines mit mittleren Graden nach SE einfallenden Faltenschenkels wieder:

- Hangendes (Gasthaus auf der Loreley)
- 55 m Grauwackenschiefer
- 52 m Grauwackensandstein, im unteren Drittel mit zahlreichen Fossilbänkchen
- 80 m Grauwackenschiefer, z. T. mit quarzitischen Grauwacken- und plattigen Sandsteinbänkchen, unten zunehmend Mylonitlagen
- 45 m Grauwackenschiefer mit Fossilbänkchen
- 23 m Grauwackenschiefer mit quarzitischen Bänkchen
- Liegendes (unter dem Nordausgang des Loreley-Tunnels)

Nach etwa 60 Metern folgt der Porphyroidtuffit.

Zwischen Loreley und Eeg sind die Schichten sehr gestört, steilgestellt, aufgeschuppt, aufgewalzt und intensiv gefaltet. An der Eeg selbst liegen sie wieder relativ ruhig wie im Loreleyfelsen.

Im Eeg-Profil ist der oben angeführte Porphyroidtuffit aufgeschlossen:

- Hangendes (vergl. Spitznack-Profil)
- Fossilbänkchen in Grauwacken-Sandstein („Felsenköpfchen“)
- 26 m Plattensandstein und Grauwackenschiefer
- 7 m Porphyroidtuffit
- 13 m Grauwackenschiefer, z. T. mit quarzitischen Grauwackenbänkchen
- 15 m Tonschiefer, z. T. mit Kieselgallen
- 20 m Grauwackenschiefer mit Plattensandstein und Grauwackensandstein
- Liegendes (Straßensohle)

Im Spitznack-Profil liegen die Schichten flacher, und die Lagerungsverhältnisse sind hier trotz des Spezialsattels und der Überschiebung recht einfach:

- Hangendes (Ton- in Grauwackenschiefer)
- 80 m Grauwackenschiefer mit -Sandstein
- 8 m Grauwackensandstein, z. T. Plattensandstein mit Mylonitlagen
- 45 m Grauwackenschiefer mit -Sandstein und Tonschiefer, z. T. fossilführend und mit mylonit. Lagen
- 10 m Grauwacken-Sandstein z. T. quarzitisch
- 15 m Grauwackenschiefer mit schwächtigen Grauwacken-Sandsteinen und Mylonitlagen
- 23 m Plattensandstein
- 12 m Grauwackenschiefer
- Fossilbank
- 24 m Plattensandstein und Grauwackenschiefer (untergeordnet)
- 7 m Porphyroidtuffit
- Liegendes (Rheinbett)

Zwischen Spitznack und Roßstein sind die Verhältnisse bis auf den Steinbruch im Urbachtal unübersichtlich. Ein zuverlässiges größeres Profil ist erst wieder am Roßstein aufzunehmen:

Hangendes (Hahnplatt)

12 m Grauwackensandstein mit Fossilbänkchen (Fundpunkt Schanze)

80 m Grauwackenschiefer, Bänder- und Tonschiefer

53 m Bänder- und Grauwackenschiefer mit Mylonitlagen, unten auch Fossilien in quarzit. Sandsteinbänkchen

Liegendes (Straßensohle Roßstein)

Zwischen Roßstein und Bacharach sind die Aufschlußverhältnisse so günstig, daß sich für den gesamten Bereich ein ziemlich zuverlässiges zusammenhängendes Profil ergibt:

Hangendes (Dörscheid)

10 m Grauwackensandstein mit Fossilbänkchen

1,5 m Tonschiefer mit Kieselgallen

40 m Ton- und Grauwackenschiefer (untergeordnet)

12 m Grauwackensandstein

80 m Grauwacken- und Bänderschiefer

0,5 m Tonschiefer mit kleinen Kieselgallen

20 m Ton- und Bänderschiefer mit quarzitischen Grauwackenbänkchen

? m Dachschiefer mit Chondriten

40 m Grauwackenschiefer mit quarzitischen Grauwackenbänkchen

13 m Tonschiefer, z. T. mit Kieselgallen und quarzitischen Bänkchen

130 m Grauwackenschiefer, teils „tonig“, teils „sandig“, mit zahlreichen Mylonitlagen und Kieselgallen

65 m Bänder-, nach oben zu Bordenschiefer tendierend

50 m Grauwackenschiefer

25 m Bänder- und Bordenschiefer

5 m Tonschiefer mit Kieselgallen

60 m Grauwackenschiefer, teils „sandig“, z. T. „tonig“

150 m Bänder- und Tonschiefer, z. T. mit quarzitischen Grauwackenbänkchen, Chondriten und Kieselgallen
Überschiebung oberhalb des Rathauses Kaub.

200 m Grauwacken-, Bänder-, Borden- und Tonschiefer mit quarzitischen Bänkchen und Kieselgallen

10 m Dachschiefer (Wilhelm Erbstollen)

1,2 m quarzitischer Grauwacke (Leitschicht)

60 m Bordenschiefer

50 m Grauwackenschiefer und -Sandstein mit einzelnen Fossilien und Kieselgallen

20 m Grauwackensandstein, z. T. quarzitisch

125 m Grauwacken-, Bänder- und Bordenschiefer mit Kieselgallen

20 m Grauwackensandstein mit Chondriten, Wurmsspuren und anderen Fossilien

90 m Grauwackenschiefer mit dünnen Grauwackenbänkchen

25 m quarzitischer Plattensandstein

Liegendes (Tonschiefer mit Kieselgallen)

Die Aufschlüsse zwischen Schenkelbachtal (bzw. Bacharach) und Lorchhausen sind recht lückenhaft. Daher kann auch nur ein lückenhaftes Gesteinsprofil wiedergegeben werden:

Hangendes

10 m Tonschiefer mit Grauwackenbänkchen

5 m Plattenquarzit

10 m Dachschiefer

10 m Tonschiefer mit Kieselgallen und einzelnen Fossilien

- 10 m Bänderschiefer mit Grauwackenbänkchen
 Lücke
 35 m Grauwackenschiefer mit Kieselgallen, z. T. schichtig
 Lücke
 20 m Grauwackenschiefer
 5 m Tonschiefer mit Kieselgallen
 9 m Grauwackensandstein
 Lücke
 36 m Grauwackenschiefer, untergeordnet Bordenschiefer und Plattensandstein
 Lücke
 40 m Bänder-, Grauwackenschiefer und Grauwackensandstein mit Chondriten und einzelnen Fossilien
 Lücke
 45 m Grauwackenschiefer mit quarzitischen Bänkchen und unten Kieselgallen
 Lücke
 120 m Grauwacken- und Tonschiefer, z. T. mit quarzitischen Bänkchen
 35 m Grauwackenschiefer mit quarzitischen Bänkchen und Kieselgallen und Mylonitlagen sowie z. T. braunverwitternden Lagen (1—2 cm)
 60 m Grauwackenschiefer, z. T. mit quarzitischen Grauwackenbänkchen
 Liegendes

Zusammenfassend ergibt sich folgendes: Die Gesamtmächtigkeit der Schichten zwischen Loreley und Lorchhausen beläuft sich auf mindestens 2000 Meter. Davon liegen ca. 300 Meter über dem Porphyroidtuffit, sie bestehen überwiegend aus psammitischen Gesteinen und enthalten zahlreiche Fossilbänkchen. Die unmittelbar unter dem Porphyroidtuffit auftretenden Schichten sind ebenfalls noch vorwiegend psammitisch, doch schalten sich nach unten immer mehr pelitische Gesteine mit Kieselgallen ein. Schließlich kehrt sich praktisch das Verhältnis um, so daß die Psammite nur noch Einschaltungen in den Peliten bilden.

2. Der Fossilinhalt

Die Bedeutung der Fossilien für die Stratigraphie und Tektonik als zeitbestimmendes und leitendes Mittel steht außer Frage. Wo sie zu fehlen oder ihren Dienst zu versagen scheinen, entstehen besondere Schwierigkeiten. Und das ist im Hunsrückschiefer leider der Fall. Es ist deshalb besonders wichtig und wertvoll, wenn neues Tatsachenmaterial oder gar neue Fundstellen ausgewertet werden. Hauptsächlich finden sich die Fossilien — meist nur vereinzelt — in den „tonig-sandigen“ Partien; Fossilbänkchen kommen im Hunsrückschiefer nur ausnahmsweise vor. Anders verhalten sich die Lebensspuren, die z. T. mächtige Schichtpartien durchsetzen. Leider sind jedoch die Lebensspuren zum größten Teil recht problematischer Natur. Für stratigraphische Zwecke wurden sie bislang noch wenig verwertet. FUCHS hat ihnen keine Bedeutung geschenkt. Neben den neuen wurden z. T. auch schon seit FUCHS bekannte Fundpunkte in bescheidenem Maße ausgebeutet, um einen ungefähren Überblick über die Verteilung der Fossilien zu erhalten, z. T. wurden allerdings auch alte Bestimmungen — vor allem aus SOLLE (1950) — mitverwendet. Insbesondere handelte es sich darum, die auf Grund der Strukturuntersuchungen und die an Hand der Fossilien ermittelten Ergebnisse auf ihre Vereinbarkeit zu überprüfen.

Hinsichtlich der Bestimmung der Fossilien schulde ich Herrn Dr. Dr. h.c. DAHMER besonderen Dank, indem er freundlicherweise sämtliche Brachiopoden nachbestimmte. Die Hysteroliten haben über Herrn Dr. Dr. h.c. DAHMER auch Herrn Prof. Dr. SOLLE vorgelegen.

Die den Fossilisten zugrunde liegenden Fundstellen werden nachstehend so angeführt, daß sie — im Hinblick auf das Arbeitsgebiet — von NW nach SE, d.h. wahrscheinlich vom stratigraphisch Jüngeren zum Älteren aufeinanderfolgen, genau wie auch die Gesteinsprofile.

Sämtliche Belegstücke zu den Fossilien mit Angabe der Häufigkeit befinden sich im Geologischen Institut der Universität Mainz. ss = sehr selten; s = selten; mz = in mäßiger Zahl; z = zahlreich; h = häufig.

a) *Fossile Organismen (bis auf eine Ausnahme nur Fauna)*

Im Verhältnis zum übrigen Teil des Arbeitsgebietes ist die Loreley-Gegend zweifellos besonders reich an Fossilien. Die häufigsten und wichtigsten sind nach FUCHS (1899, 1915) und SOLLE (1950):

Platyceras dorsocarina FUCHS
Platyceras loranum DIENST
Pterinea erecta DAHMER
Stropheodonta murchisoni (ARCH. & VERN.)
Orthotetina hipponyx (SCHNUR)
Chonetes sarcinulatus (SCHLOTH.)
Chonetes semiradiatus SOW.
Camarotoechia daleidensis (F. ROEMER)
Atrypa lorana FUCHS
Spirifer incertus FUCHS
Spirifer carinatus SCHNUR
Spirifer arduennensis SCHNUR
Spirifer latestriatus MAURER
Athyris undata (DEFR.)

Zusätzlich wurden vom Verfasser noch

Hysterolites (Acrospirifer) arduennensis antecedens (FRANK) (h)

gefunden. Südlich der Loreley liegt am Nordhang der Eeg über dem relativ flach nach SE einfallenden Porphyroidtuffit das schon von FUCHS (1899, S. 56) ausgebeutete Felsenköpfchen. Eigene Aufsammlungen ergaben:

Pleurotomaria sp. (s)
Dalmanella sp. (s)
Eodevonaria dilatata (F. ROEMER) (s)
Chonetes plebejus SCHNUR (mz)
Hysterolites (Acrospirifer) sp. (1 Exemplar)
Hysterolites (Acrospirifer) arduennensis s.l. (1 Exemplar)
Hysterolites (Paraspirifer) carinatus SCHNUR (ss)
Hysterolites (Acrospirifer) pellico ARCH. & VERN. (s)
Hysterolites (Acrospirifer) arduennensis cf. *latestriatus* MAURER (1 Exemplar)
Hysterolites (Acrospirifer) arduennensis antecedens (FRANK) (z)

Hysterolites (Acrospirifer) ard. latestriatus vel antecedens (1 Exemplar)
Hysterolites (Acrospirifer) ard. latestriatus MAURER (mz)
Athyris sp. (s)
Leptaena rhomboidalis WAHLBURG (Bezeichnung nach SOLLE 1950b)
Anoplothea venusta (SCHNUR) (z)
Pleurodictyum problematicum GOLDF. (mz)
Zaphrentis sp. (mz)
Chladochonus intraspinosus WOLBURG (mz)
Favositide (s)
 Krinoidenstielglieder, versch. Arten (z. T. Pinnulae) (h)

FUCHS fand außerdem:

Fenestella sp.
Rhynchonella daleidensis F. ROEMER var.
Orthoceras sp.
 ? *Homalonotus*
 ? *Phacops*
 u. a.

Ferner sind durch FUCHS in dieser Gegend noch zahlreiche weitere Fundstellen bekannt geworden (z. T. Kümmerfaunen liefernd), doch ohne irgendwelche entscheidende Fossilien beizubringen. *Spirifer primaevus* STEIN. zog FUCHS später wieder zurück (vergl. auch SOLLE 1950b, S. 337/8) und erklärte das Fundstück als *Spirifer loranus* FUCHS.

Am Nordausgang des Bettunnels (linksrheinisch) wurde ein neues Vorkommen in Form eines steilstehenden, „sandigen“ Fossilbänkchens von etwa 10 cm Mächtigkeit gefunden und beiläufig ausgebeutet:

Cf. *Tropidoleptus rhenanus* FRECH (mz)
Chonetes semiradiatus SOW. (mz)
Chonetes sarcinulatus (SCHLOTH.) (mz)
Camarotoechia daleidensis (F. ROEMER) (s)
Hysterolites (Acrospirifer) sp. (1 Exemplar, stark verdrückt)
Hysterolites (Acrospirifer) ard. latestriatus MAURER (mz)
Hysterolites (Acrospirifer) ard. cf. antecedens (FRANK) (1 Exemplar, verdrückt)

Am Roßstein-Tunnel kommen unmittelbar über dem S-Ausgang in Grauwackenschiefern (mit quarzitischen Grauwackenbänkchen) vereinzelt auftretende Fossilien vor:

Hysterolites (Acrospirifer) arduennensis (SCHNUR) s. l. (1 Exemplar)
Zaphrentis sp. (h)
 Krinoidenstielglieder
 Nach FUCHS auch *Stropheodonta furcillistria* FUCHS,
Spirifer primaevus STEIN. und Fischreste.

Die Hahnplatt, auf der Höhe des Roßsteins, nordwestlich des bekannten FUCHSschen Fundpunktes der „Schanze“ (NW von Dörscheid), ergab aus sandigen Grauwackenschiefern:

Chonetes semiradiatus SOW. (h)
Chonetes ? sarcinulatus (SCHLOTH.) (s)
Hysterolites (Acrospirifer) arduennensis latestriatus MAURER (s)
Anoplothea venusta (SCHNUR) (s)
 Krinoidenstielglieder (z).

FUCHS führt außerdem (nach SOLLE 1950) von der Schanze bzw. Dörscheid an:

Pleurotomaria tristriata A. FUCHS
Eodevonaria dilatata (F. ROEMER)
Schizophoria provulvaria (MAURER)
Orthotetina hipponyx (SCHNUR)
Tropidoleptus rhenanus FRECH
Chonetes semiradiatus SOW.
Atrypa lorana FUCHS
Spirifer incertus FUCHS
Spirifer carinatus SCHNUR
Spirifer arduennensis SCHNUR
Spirifer arduennensis latestriatus MAURER
Spirifer pellico ARCH. & VERN.
Spirifer bornicensis ASSMANN
Cyrtina heteroclita (DEFR.)
Athyris globula ASSMANN
Pleurodictyum problematicum GOLDF.

Am Nordhang der Kauber Platte — ebenfalls in sandigen Grauwackenschiefern — fand sich in einem kleinen Steinbruch folgende Faunengemeinschaft:

Pleurotomaria cf. daleidensis (F. ROEMER) (s)
Schizophoria sp. (s)
Dalmanella sp. (s)
Stropheodonta sedgwicki rudis KEGEL (s)
Strophomenide aff. *sedgwicki*-Gruppe (1 Exemplar)
Leptaena rhomboidalis WAHLBURG (s)
Orthotetina (Schelwiebella) hipponyx maior (FUCHS) (mz)
Eodevonaria dilatata (F. ROEMER) (mz)
Chonetes semiradiatus SOW. (h)
Chonetes plebejus SCHNUR (mz)
Atrypa aff. *lorana* FUCHS (mz)
Hysterolites (Acrospirifer) ard. antecedens (FRANK) vel *latestriatus* MAURER (1 Ex.)
Hysterolites (Acrospirifer) ard. latestriatus MAURER vel *antecedens* (FRANK) (1 Exemplar)
Hysterolites (Acrospirifer) pellico ARCH. & VERN. (mz)
Zaphrentis sp. (h)
 Krinoidenstielglieder (h)

Aus der Dachschiefergrube „Wilhelm Erbstollen“, Kaub befinden sich im Besitz des Obersteigers, Herrn KREMER:

Cf. *Drepanaspis gemündensis* SCHLÜTER (1 Exemplar) Bruchstück
Phacops ferdinandi KAYSER (h)
Zaphrentis div. sp. (h)
Orthoceras div. sp. (h)
 Cf. *Taeniocrada (Haliserites)* sp. (1 Exemplar)

Ferner werden nach SOLLE 1950 von Kaub (als Fundort) folgende Fossilien angegeben:

Homalonotus planus KOCH
Homalonotus ornatus KOCH s. 1.
Asteropyge drevermanni (RUD. RICHTER)
Phacops ferdinandi KAYSER
Pleurotomaria daleidensis alta DREV.

„Cf.“ *Pterinea erecta* DAHMER
Tropidoleptus rhenanus FRECH
Spirifer arduennensis SCHNUR et *Spirifer arduennensis latestriatus* MAURER
Pleurodictyum problematicum GOLDF.

Nach FUCHS (1899) außerdem:

Rhipidophyllum vulgare SANDB.

Ferner nach HOLZAPFEL & LEPPLA (1904):

Acanthocrinus rea JAECKEL

Cyathocrinus rhenanus ROEM.

Gryphaeus sp.

Dalmanites rhenanus KAYS. u. a.

Die Dachschiefergrube „Rhein“ lieferte folgende — im Besitz von Herrn Betriebsleiter LÜCK befindliche — Stücke:

Cf. *Drepanaspis gemündensis* SCHLÜTER (1 Bruchstück, jetzt im Geologischen Institut Mainz)

Zaphrentis sp.

Cf. *Acanthocrinus* sp. (1 Schieferplatte mit großen und kleinen Exemplaren)

Krinoidenstielglieder, meist verkiest (mz)

Orthoceras sp. (s)

[*Chondrites palaeozoicus* R. RICHTER (rasenbildend).]

Unmittelbar unter dem „Tempel“ auf der Adolfshöhe von Kaub fanden sich in sandigen Grauwackenschiefern (z. T. quarzitisch):

Spirifer sp. (1 Exemplar)

Krinoidenstielglieder (mz)

[Wurmspuren (h)]

Halbwegs zwischen der Adolfshöhe und dem Schenkelbachtal, ebenfalls in sandigen Grauwackenschiefern (seiger stehend):

Choneten u. a. Brachiopoden (s) bis (mz)

Krinoidenstielglieder (mz)

[Chondriten (h)]

In streichender Fortsetzung des letztgenannten Fundpunktes fand sich linksrheinisch zwischen Grube Rhein und dem Bahnübergang nördlich von Bacharach zusätzlich noch

Cf. *Acanthocrinus rex* JAECKEL (über 50 cm langer Stiel mit Pinnulae).

In quarzitäen Grauwacken eines kleinen Steinbruchs auf halber Höhe im Schenkelbachtal:

Krinoidenstielglieder und Chondriten.

Unmittelbar südlich des Schenkelbachtals in den wahrscheinlich gleichen Grauwacken:

Brachiopoden indet. neben Krinoidenstielgliedern.

Linksrheinisch konnten im Leimbachtal zwei neue Fundstellen entdeckt werden: In der ersten Straßenkurve kommen in mürben sandigen Grauwackenschiefern vor:

Goniophora sp. (1 Exemplar)

Dalmanella sp. (nur Abdruck) (1 Exemplar)

Chonetes sp. (mz)
Hysterolites (Acrospirifer) arduennensis latestriatus MAURER
 Diverse Krinoidenstielglieder (h)
Fenestella sp. (s)
 [Chondriten (h).]

Nördlich der Grubengebäude „Gute Hoffnung“ finden sich steilstehende Grauwackenschiefer bzw. quarzitische Grauwackenbänkchen, die mit Tonschiefern wechsellagern. Auf einer groß aufgeschlossenen Schichtfläche, die gelegentlich einer Geländebegehung zusammen mit Herrn Professor Dr. FALKE und Herrn Dr. KUTSCHER gefunden wurde und die z. T. mit Lebensspuren und Fossilien übersät ist, konnten festgestellt werden:

Chonetes sp. (mz)
Spirifer sp. (s)
 Weitere Brachiopoden, nondum det. (s)
 Krinoidenstielglieder (mz)
Tentaculites cf. *alternans* (h)
Tentaculites sp. (mz)
 [Chondriten u. a. div. Wurmsspuren (siehe III 2b).]

Bei km 133,65 linksrheinisch (nördlich von Bacharach) kommen vereinzelt in sandigen Grauwackenschiefern vor:

Spirifer sp. (s)
Zaphrentis sp. (s)
 Krinoidenstielglieder (h)
 [Chondriten (h).]

Am Ausgang des Niedertals (B. W.) ebenfalls in sandigen Grauwackenschiefern:

Brachiopoden indet. (s)
 Krinoidenstielglieder (mz)
 [Chondriten und andere Wurmsspuren (h).]

Vom Oberlauf des Niedertals und vom Sauertal (Tiefenbachtal) wurden vor allem von FUCHS (nach SOLLE 1950) aus dem sog. Scheuer-Sandstein folgende Fossilien angegeben (hier wiedergegeben wegen der bedeutenden und problematischen Stellung des Scheuer-Sandsteins im SE-Teil des Arbeitsgebietes):

Homalonotus planus KOCH
Phacops ferdinandi KAYSER
Pleurotomaria daleidensis alta DREVERMANN
Pterinea erecta DAHMER
Nucula fuchsi DAHMER
Dalmanella bicallosa (FUCHS)
Eodevonaria dilatata (F. ROEMER)
Chonetes semiradiatus SOW. (mz)
Chonetes sarcinulatus (SCHLOTH.)
Camarotoechia daleidensis (F. ROEMER)
Spirifer primaevus STEIN.
Spirifer assimilis FUCHS
Spirifer incertus FUCHS
Spirifer arduennensis SCHNUR et *Spirifer arduennensis latestriatus* MAURER
Atrypa lorana FUCHS.

In Tonschiefern nach FUCHS zusätzlich auch
 Cephalopoden, Krinoiden und Einzelkorallen.

b) *Fossile Lebensspuren*

Die Fundstellen der fossilen Lebensspuren werden gleichfalls von NW nach SE hintereinander aufgeführt, doch wird lediglich auf diejenigen Vorkommen eingegangen, in denen die Lebensspuren gehäuft auftreten:

Zwischen Loreley und Spitznack, vor allem in den Plattensandsteinen über und unter dem Porphyroidtuffit:

Wurmspuren von mehreren mm Durchmesser.

Im Steinbruch am Ausgang des Urbachtals:

Chondrites palaeozoicus R. RICHTER, 1—2 mm dick, nicht an Schichtflächen gebunden, rasenartig.

Zwischen Hahnplatt und Schanze (Schieferhalde):

Chondrites palaeozoicus R. RICHTER, 1—2 mm dick.

Dachschiefergrube „Kronprinz“ b. Dellhofen (linksrhein.):

Chondrites palaeozoicus R. RICHTER, 1—2 mm dick.

Kauber Friedhof bis Rathaus, hangaufwärts:

Wurmspuren von mehreren mm Durchmesser

Chondrites sp.

Kotschnüre (?) gewunden, sehr dünn

Chondrites palaeozoicus R. RICHTER, 1—2 mm dick

Wurmspuren von über 3 mm Durchmesser (sandige Gänge in Tonschiefer, bis 5 cm tief eindringend).

Gemarkung Scheib, Kauber Schule hangaufwärts:

Chondrites palaeozoicus R. RICHTER (Reste)

Wurmgänge, 2 mm dick, längsgestreift

Kotballen, 2—2,5 mm dick, aufgereiht am Ende einer 2,5—3 cm breiten und 20 cm langen Kriechspur

Kotballen, Imm dicke Kügelchen, gehäuft

Spulwurmartige Spuren, gewunden, sehr dünn.

Grube Rhein, linksrheinisch, Kaub gegenüber (auf Halde und im Mahnert-Stollen):

Chondrites palaeozoicus R. RICHTER, rasenbildend.

Zwischen Bahnhof Kaub und Schenkelbachtal, entsprechend auch linksrheinisch (also südlich der Grube Rhein):

Chondrites palaeozoicus R. RICHTER u. a.

Wurmspuren von größerem Durchmesser.

Dachschiefergrube „Gute Hoffnung“ im Leimbachtal:

Chondrites intricatus STERNBERG

in Tonschiefern bis 1 mm dick, in „sandigen“ Partien 1—2 mm dick, astig, vorwiegend parallel der Schichtung. Offenbar in Ton lebend und von Sand zugedeckt.

Chondrites sp.: bohrschwammartige Rasen

bildend. Die einzelnen Röhren sind in Tonschiefer 2—3 mm dick, in Sand evtl. bis 5 mm,

aber nur in einzelnen Durchbrüchen. Auch diese liegen parallel der Schichtung und sind offenbar von Sand eingedeckt worden.

- Wurmspuren (sandig) in Tonschiefer 5—10 mm dick
- Wurmspuren 10 mm dick, mit Spuren peristaltischer Bewegungen (in Sand)
- Wurmspuren von 2 cm Durchmesser in Sand, peristaltische Bewegungen erkennbar, z. T. trichterförmig parallel der Schichtung.

Bei km 133,65 und 133,75 der Rheinstraße nördlich Bacharach:

- Chondrites intricatus* STERNBERG
- Chondrites* aff. *palaeozoicus* R. RICHTER, Übergangsform zu *Chondrites intricatus* STERNBERG
- Wurmspuren von 8 mm Durchmesser, sandige Röhre in Tonschiefer, gewunden und beringt.

In den sandig-glimmerigen Schichten an der Straße nördlich Bacharach finden sich

Chondriten und andere Wurmspuren

immer wieder.

c) Auswertung der Fossilisten

Was von den angeführten Fossilien für Ems oder Siegen noch als leitend betrachtet werden kann, ist im Laufe der Zeit Ansichtssache geworden. Das gilt noch mehr für eine etwaige Feingliederung der beiden genannten Stufen. Der Versuch von FUCHS, den Hunsrückschiefer mit Hilfe der Fossilien zu untergliedern, mißlang. Mittlerweile steht nur noch die Frage, ob Siegen oder Ems, im Vordergrund bzw. ernsthaft zur Diskussion.

Recht einmütig betrachtet man den *Spirifer primaevus* STEIN. noch als leitend für Siegen. Nach SOLLE (1950 b, S. 338) ist auch *Spirifer assimilis* FUCHS „eine echte Leitform der Siegenstufe“, allerdings als kurzlebiger Seitenzweig von *Spir. primaevus* nur für oberstes Siegen geltend. Ähnlich verhält es sich hinsichtlich des *Spir. loranus* FUCHS (nach SOLLE ein noch kurzlebigerer Seitenzweig des *Spir. primaevus*). Schließlich wird von SOLLE noch *Stropheodonta sedgwicki* (ARCH. & VERN.) als einwandfreies Leitfossil der Siegen-Stufe angesprochen. Dagegen sind nach ihm die hier angeführten *Hysterolites*-Arten (früher *Spirifer arduennensis* SCHNUR und *Spirifer pellico* ARCH. & VERN.) nicht mehr als Stufen-Fossilien für Unterems zu verwenden. Die übrigen in den Listen enthaltenen Fossilien lassen nach dem gegenwärtigen Stande der Erkenntnis ebensowenig eine Entscheidung für Ems oder Siegen zu, sondern scheinen mehr oder weniger zahlreich in beiden Stufen vorzukommen.

Wendet man die Ergebnisse SOLLES an, so ist auf Grund des Auftretens von *Spirifer primaevus*, *Spirifer assimilis* und *Stropheodonta sedgwicki* hauptsächlich mit Siegen zu rechnen. SOLLE entkräftet indessen selber das stärkste Argument, indem er die Richtigkeit der Bestimmungen von *Spirifer primaevus* anzweifelt. Die Fundstücke selber sind nicht mehr vorhanden, so daß eine Nachprüfung unmöglich ist. *Spirifer assimilis* und *Stropheodonta sedgwicki* hat man (NÖRING das erstgenannte Fossil und FRANK bzw. RENAUD das letztgenannte) auch schon mit tiefem Ems in Verbindung gebracht. KUTSCHER (1951) sieht im bankbildenden Auftreten von *Spirifer arduennensis*

(nach SOLLE 1953 *Hysterolites [Acrospirifer] arduennensis* s. 1.) entgegen SOLLE einen Hinweis für Ems. Alles in allem ist festzustellen, daß nach wie vor die schon seit FUCHS bestehende Unsicherheit hinsichtlich einer Aufgliederung des Hunsrückschiefers nicht behoben wurde.

Betrachtet man die vorliegenden Listen im Hinblick auf die Fossilgemeinschaft, so ist eine Wandlung von NW nach SE unverkennbar. Der NW zeichnet sich durch bankbildende Hysteroliten neben *Anoplothea venusta*, *Orthotetina hipponyx* und *Chladochonus intraspinosus* aus, während im SE sich zunehmend Trilobiten, Orthoceren neben *Acanthocrinus rex*, *Rhipidophyllum vulgare* und *Drepanaspis gemündensis* einstellen. Unter den Lebensspuren herrschen im NW *Chondrites palaeozoicus* und im SE *Chondrites intricatus* vor. Wahrscheinlich kommt in dieser Verteilung lediglich ein „azieller“ Wandel zum Ausdruck. Dies zeigt sich vor allem auch daran, daß sich in „sandigen“ Einlagerungen der Schichten im SE sofort auch ähnliche Arten bzw. Formen wie im NW einfinden.

Zusammenfassend kann man nach Ansicht des Verfassers aus den bisherigen Fossilisten kaum eine Grenze herauslesen, an der sich Ems und Siegen ablösen, ja nicht einmal mit Sicherheit entscheiden, ob im NW oder SE die jüngeren bzw. älteren Schichten vorkommen (vergl. FUCHS mit seinen fortwährenden Meinungsänderungen, sowie den Gegensatz zwischen NÖRING und SOLLE hinsichtlich des Hunsrückschieferalters).

IV. Synthese und Folgerungen

Während Teil III eine geologische Analyse des Arbeitsgebietes darstellt, wird im folgenden versucht, die festgestellten tektonischen und stratigraphischen Einzelheiten im Zusammenhang wiederzugeben.

A. Querprofil (Profile zwischen Loreley und Lorchhausen, vergl. Tafel 5)

Den guten Aufschlüssen beiderseits des Rheins entsprechend, wurde auf jeder Talseite gesondert je ein geologisches Profil aufgenommen. Um einen Vergleich der beiden Profile miteinander zu erleichtern, ist das linksrheinische — entgegen der gewohnten Betrachtungsweise vom Rheinstrom aus — wie das rechtsrheinische orientiert, d. h. bei beiden liegt auf der Tafel NW links und SE rechts. Ferner sind die sich im Streichen vermutlich entsprechenden Strukturen jeweils mit denselben Buchstaben gekennzeichnet. Die Entfernung zwischen den beiden Profilen von Talseite zu Talseite beträgt meist über 500 m. Bei der Beschreibung wird im wesentlichen auf das rechtsrheinische Profil Bezug genommen.

Im NW beginnt das Rheinprofil beim N-Ausgang des Loreleytunnels (der Loreleyfelsen reicht bis b). In dem Abschnitt zwischen a und b fallen die Schichten — leicht wellig gefaltet — mit rund 30° nach SE ein; sie sind z. T. \pm schichtparallel überschoben. Südöstlich schließt sich eine intensiv gefaltete, steilgestellte, aufgewalzte und überschobene Zone an, die über c und d bis e anhält. Da e einen markanten Sattelscheitel — vor allem durch Porphyroidtuffit als Leitschicht belegt — darstellt, befinden sich die Schichten nordwestlich davon in Muldenstellung, wenn auch spezialgefaltet und intensiv gestört. Den NW-Schenkel dieser Mulde bilden die nach NW ansteigenden Schichten der Loreley, die jedoch stratigraphisch noch weit im Hangen-

den des Porphyroidtuffits liegen. Die Loreley selber befindet sich also gleichfalls noch in Muldenstellung gegenüber dem durch Porphyroidtuffit gekennzeichneten Sattel im SE. Dieses Ergebnis überrascht zwar, bestätigt sich jedoch in beiden Profilen. Bisher wurde die Loreley immer nur als ein Sattelgebilde betrachtet (Lehrmeinung), und zwar als Fortsetzung des Katzenelnbogener Sattels (vergl. QUIRING 1930b, NÖRING 1939, SOLLE 1950a, KUBELLA 1951). Der südöstlich anschließende Bereich zwischen b und f — durch das Auftreten von Porphyroidtuffit und Plattensandstein charakterisiert — wurde bisher unangefochten als eine Emsmulde angesehen (vergl. geol. Karten). Wegen der nicht unbedeutenden tektonischen und stratigraphischen Konsequenzen sei noch etwas näher auf diese Verhältnisse eingegangen.

Am eingehendsten hat sich FUCHS (Dissertation 1899 *usf.*) mit dem Gebiet beschäftigt. Er übersah den NW-Flügel des Sattels (mit Prophyroidtuffit und Plattensandstein im Kern), der sich sowohl strukturell als auch petrographisch an Hand von Leitschichten nachweisen läßt. Den flach nach SE einfallenden Sattelschenkel (f) sah er für einen vollkommen überkippten Faltenflügel an. Die Schichten liegen hier also nach seiner Ansicht *invers*, und zwar vom sogenannten Spitznack-Sattel (g) an (FUCHS 1930b). Doch deuten alle Struktur- und Schichtmerkmale — wie das Verhältnis zwischen Schichtung und Schieferung, die Schlepplalten, Rutschstreifen, Schrägschichtung *usw.* — eindeutig auf normale, also nicht *inverse* Lagerungsverhältnisse hin. QUIRING (1930b) hat offenbar die FUCHSsche Ansicht übernommen und entsprechend in seinem Rheinprofil dargestellt. Der Tatsachenbefund spricht indessen eindeutig dagegen, und zwar auch im linksrheinischen Profil, so daß kein Zweifel möglich ist. Wie schon oben und auch im Profil angedeutet, ist in diesem Bereich durchaus mit Überschiebungen zu rechnen, z. B. am Spitznack und an der Loreley, sowie besonders zwischen b und e. Unter Berufung auf HOLZAPFEL beschreibt FUCHS (1930b) eine größere streichende Störung vor dem Südfuß der Loreley (b bis d). Nach Ansicht des Verfassers handelt es sich jedoch weniger um eine ausgeprägte Überschiebung als um den stark angepreßten SE-Schenkel — in sich spezialgefaltet und auch verhalten überschoben — der „Loreley-Mulde“. Hierfür spricht vor allem der nachweisbar steil nach NW absteigende Porphyroidtuffit als Leitschicht des entsprechenden Sattelgebildes, was auf nicht allzu große Überschiebungen hindeutet.

Wollte man südöstlich der Loreley im Bereich der ehemaligen Emsmulde unbedingt an einem relativ jüngeren Alter der Schichten festhalten, so müßte man hier beträchtliche streichende Abschiebungen annehmen. Aber auch dagegen sprechen alle bisherigen Befunde, und zwar im gesamten Rheinischen Schiefergebirge. Im Thüringer Wald liegen eigenartigerweise die Verhältnisse wesentlich anders (ENGELS 1952a).

Der geschilderte tektonische Befund bedingt stratigraphische Umdeutungen. So kehrt sich vor allem das bisher angenommene Altersverhältnis zwischen Loreley und dem Bereich aus Porphyroidtuffit und Plattensandsteinen um. Die Schichten der Loreley (Bornicher Schichten) müssen jünger sein als die Spitznack-Schichten an der Eeg (Plattensandstein), die beide stratigraphisch noch über dem Porphyroidtuffit und den Schichten im Kern des Sattels (?Kauber Schichten) liegen. Die Fossilliste „Loreley“ bezieht sich auf Bornicher Schichten, und die Listen „Felsenköpfchen“ und „Bettunnel“ stammen aus Spitznack-Schichten. Bei einem Vergleich der Listen miteinander ergibt sich, daß die Fossilien keineswegs gegen die neue Ansicht sprechen; im

Gegenteil, *Spirifer loranus* FUCHS wurde am Felsenköpfchen gefunden (!), desgleichen *Orthoceras* und fragliche Trilobitenreste von *Homalonotus* und *Phacops*.

Tabellarisch zusammengefaßt, verhalten sich in der Loreley-Gegend die bisherigen zu der neuen Anschauung folgendermaßen:

	früher	jetzt
Tektonik	<i>Loreley-Sattel</i>	<i>Loreley-Mulde</i>
	<i>Ems-Mulde zwischen c und f</i>	<i>Ems-Sattel c-f (Eeg-Sattel)</i>
	<i>Spitznack-Sattel</i>	<i>Spitznack-Mulde (von einem Spezialsattel am Spitznack abgesehen)</i>
Stratigraphie	<i>Singhofener Schichten</i>	„ <i>Bornicher Schichten</i> “
	<i>Porphyroidtuffit</i>	
	<i>Spitznack-Schichten</i>	<i>Spitznack Schichten</i> <i>Porphyroidtuffit</i>
	<i>Bornicher Schichten</i> <i>(Kauber Schichten)</i>	„ <i>Singhofener Schichten</i> “ <i>(Kauber Schichten)</i>

Der nach NÖRING (1939) im „Sattel der Loreley“ angeblich auftretende „Taunusquarzit“ ist hierbei nicht berücksichtigt; schon SOLLE (1950a) hat denselben aus biostratigraphischen Gründen abgelehnt. Dagegen würde die Vermutung NÖRINGS, daß der Porphyroidtuffit auch schon im Hunsrückschiefer auftreten kann, an Wahrscheinlichkeit gewinnen, wenn man die Bornicher Schichten der Loreley-Gegend noch zum Hunsrückschiefer rechnet.

Der Verfasser ist jedoch geneigt, diese Bornicher Schichten ins Ems zu stellen. Dies gilt aber nur für die Loreley-Gegend, denn — vorweggenommen — die Bornicher Schichten der Kauber Platte z. B. liegen nach Ansicht des Verfassers wesentlich tiefer, und zwar in Kauber Schichten. Entsprechend dürften auch die hier als Singhofener bezeichneten Schichten evtl. schon zu den Kauber Schichten gehören, wenn man den Porphyroidtuffit als Grenze zwischen Ems und Hunsrückschiefer (Siegen) betrachtet. Andererseits kann der Porphyroidtuffit aber auch — wie bisher angenommen wurde — innerhalb des Unterems liegen.

In diesem Zusammenhange sei noch auf eine merkwürdige Erscheinung hinsichtlich des Plattensandsteins hingewiesen, die unter Umständen beim Kartieren von Bedeutung sein kann. Wenn der Plattensandstein \pm seiger steht, scheinen auf den einzelnen Schichtflächen erhebliche Bewegungen stattgefunden zu haben (mechanisch wirksame Schichtflächen), so daß eine feine Plattigkeit deutlich hervortritt. Auf dem flach nach SE fallenden Faltschenkel ist derselbe Plattensandstein offenbar in stärkerem Maße von einer transversalen Schieferung betroffen worden, so daß von einer Plattigkeit kaum noch die Rede sein kann. Hierin mag auch die Erklärung für die Tatsache liegen, daß die steilgestellten Schichten häufig weniger verdrückte und versehrte Fossilien enthalten als die stark transversal geschieferten, nach SE einfallenden Schichten. Da sich auf den steilen Faltschenkeln die Scherkraft offenbar auf bestimmte Schichtflächen oder auch Schichtpartien konzentrierte, waren andere wahrscheinlich geschützt und blieben somit gut erhalten. Jedenfalls ist dieser Befund immer wieder zu beobachten, so bei Kaub, im Leim-

bachtal und an anderen Orten. Umgekehrt scheint es bisweilen auch infolge einer weitstündigen Schieferung (Bruchschieferung, fracture cleavage) zu einem plattigen Erscheinungsbild der betroffenen Schichten zu kommen.

Wie schon oben angedeutet, dürften sich die Schichten des Breitnack und Spitznack — trotz des Spezialsattels und der Überschiebung am Spitznack — in Muldenstellung gegenüber dem nordwestlich vorgelagerten Sattel e an der Eeg befinden, und zwar mindestens bis zur Mündung des Ranscheler Baches (bei h). FUCHS (1930b), QUIRING (1930b) u. NÖRING (1939) sehen dagegen im Spitznack einen nicht unbedeutenden Sattel, von dem an die nordwestlich folgenden Schichten inverse Lagerungsverhältnisse aufweisen sollen.

Im Tal des Ranscheler Baches stehen die Schichten z. T. seiger, ferner finden sich hier so karbonathaltige Quellen, daß es beim Austritt zur Abscheidung von Kalksinter kommt. Der Rhein fließt südwestlich davon auf ungefähr 2,5 km Länge im tektonischen Streichen, und weiterhin mündet auf der linken Rheinseite bei Oberwesel der Niederbach, der im Unterlauf ebenfalls im Streichen verläuft. Möglicherweise deuten diese Umstände auf eine größere Überschiebungszone hin. Leider sind gerade in dieser Zone die Aufschlüsse denkbar schlecht, so daß linksrheinisch (auf ca. 1000 m Länge) auf eine Profilierung überhaupt verzichtet wurde. Rechtsrheinisch entspricht dieser Strecke der Profilteil h bis o. Wie schon gesagt, lassen zwischen Ranscheler Bach und Roßstein die Aufschlüsse viel zu wünschen übrig, jedoch mit Ausnahme des Steinbruchs im Urbachtal, wie auch einige weitere Aufschlüsse. Der letztgenannte könnte dazu verleiten, in diesem Bereich einfache Lagerungsverhältnisse zu vermuten. So schreibt QUIRING (1930b): „Nördlich der Schanze bis zum Spitznack nehmen die Hunsrückschiefer eine für das rheinische Paläozoikum überraschend ruhige, fast schwebende Lagerung an.“ Im Bereich h bis k, d. h. vom Ranscheler Bach über den Bornicher Bach und den Urbach bis zum Roßstein, fehlen im Rheintal leider die entsprechenden Aufschlüsse, um den nördlichen Teil des von QUIRING für ausnehmend ruhig gehaltenen Profils entscheidende Argumente für oder wider diese Ansicht anführen zu können. Dagegen herrschen im Teil k bis o zweifelsohne recht komplizierte tektonische Verhältnisse. Überschiebungen, Steilstellungen der Schichten („Aufschuppungen“) und sogar liegende Falten wechseln einander mehrfach ab. Die Verformungen infolge Faltung und Zerschierung (Verschiebungen) sind so kompliziert, daß dieses Gebiet noch einer speziellen Bearbeitung bedarf, um befriedigend geklärt werden zu können. Vorbehaltlich dieser genaueren Untersuchung kann schon angenommen werden, daß in dem Bereich h bis o mit beträchtlichen Überschiebungen von SE nach NW zu rechnen ist. Die Überschiebung des Spitznacks dürfte nur eine relativ geringfügige Auswirkung davon darstellen. Im Roßstein und südlich davon tauchen demnach wesentlich tiefere, d. h. stratigraphisch ältere Schichten auf. In der Tat sind nach NÖRING (1939, S. 66) bzw. FUCHS (1899, S. 20 u. a.) im Roßstein einige Exemplare *Spirifer primaevus* STEIN. gefunden worden, so daß ersterer von einem Roßstein-Sattel spricht und sogar einen Aufbruch von Oberem Taunusquarzit vermutet. Auch die Fossilisten „Hahnplatt“ und „Schanze“ bei Dörscheid widersprechen dem nicht; NÖRING (1939, S. 66) schreibt zur letzteren Fundstelle: „Die Zurechnung dieser sandigen Gesteine zu den Bornicher Schichten ist aber zweifelhaft, zumal auffälligerweise *Spirifer assimilis* in ihnen nicht auftritt und die übrige Fauna sich nicht von der

sandiger Einschaltungen in die Kauber Schichten unterscheidet.“ Wenn hier aber so tiefe Schichten vorkommen, müßten inzwischen auch der Porphyroidtuffit und die Plattensandsteine wieder aufgetaucht sein. Doch sind diese bisher in dem fraglichen Bereich (h bis o) noch nicht gefunden worden. Abgesehen davon, daß Porphyroidtuffit und Plattensandstein bei den schlechten Aufschlußverhältnissen vor allem zwischen h und k leicht zu übersehen sind, kommen auch noch andere Erklärungsmöglichkeiten für das Fehlen dieser Schichten in Frage: 1. primäres Auskeilen. Hierfür könnte die tatsächlich sich auf geringe Entfernung schnell ändernde Mächtigkeit (auf dem SE-Schenkel 6—8 m und auf dem NW-Flügel nur ca. 3 m) des Porphyroidtuffits im Eeg-Sattel sprechen. Allerdings ist dabei auch eine tektonische Reduzierung möglich. 2. Tektonische Unterdrückung infolge sehr großer Überschiebungsbeträge. 3. Fortsetzung im Untergrund, also unter dem südöstlich folgenden Hunsrückschiefer.

Da der Verfasser mit sämtlichen Bearbeitern dieses Gebietes zu der Ansicht neigt, daß im Roßstein ältere Schichten auftauchen, dürfte der 3. Fall ausscheiden. Doch kann man eine endgültige Klärung dieser Frage erst bei einer ausgedehnten Untersuchung vor allem im Streichen dieser Zone erwarten.

Den Bereich zwischen Roßstein und der Pfalz von Kaub, d. h. in den Profilen von k bis k_1 , bezeichnet QUIRING (1930b) als Kauber Sattel. Eine besonders eigenartige Zone ist die zwischen Roßstein und Kauber Friedhof, da hier immer wieder scheinbar sehr ruhige „schwebende“ Lagerungsverhältnisse der Schichten mit liegenden Falten und Überschiebungszonen abwechseln. Ferner ist diese Zone unter Einschluß des Wilhelm-Erbstollens/Kaub durch das Auftreten von Diabas-Schieferungsgängen im Sinne M. RICHTERS (1953) ausgezeichnet.

Wahrscheinlich kommt dieser Zone auf Grund der besonderen tektonischen Verhältnisse eine entsprechende Bedeutung zu. Denn es handelt sich gewissermaßen um Deckenschübe im Sinne von CLOOS sowohl hinsichtlich des Verhaltens der Faltung als auch der Schubbahnen, wenn auch — verglichen mit alpinen Maßstäben — in äußerst bescheidenem und gebundenem Maße. Selbst wenn man Stockwerks-Tektonik in Betracht zieht, dürfte es der Befund erlauben, in etwa auf die Verhältnisse im Untergrund zu schließen. Dies um so mehr, als offenbar auch die Diabase an diese Zone gebunden zu sein scheinen. Wenn es sich also nicht um reinen Zufall handeln sollte, deuten die geschilderten Verhältnisse auf einen relativ hochreichenden stabilen Untergrund — ungefähr im Bereich von Kaub — hin. Auch die auffälligen Anpressungserscheinungen (seiger stehende Isoklinalfalten) südöstlich Kaub (p_1 — q_1) sprechen hierfür. Bildlich gesprochen, scheinen die Wogen der Faltung bei Kaub gegen einen Widerstand im Untergrund anzubranden, sich zu stauen und nach Überwindung des Widerstandes frei auszulaufen bis in die Gegend des Roßsteins. Es ist dabei denkbar, daß im Schatten (hinter dem Widerstand) dieses „Faltungsdruckes“ — also hauptsächlich nördlich von Kaub — aus der Tiefe Gesteinsschmelze aufsteigen konnte und damit zu den „Diabas-Schieferungsgängen“ führte.

Vom Kauber Friedhof an bzw. mit der Überschiebung am Eiskeller (unmittelbar am Süd-Ende des Friedhofes) zwischen a_1 und b_1 scheinen sich die Falten in südöstlicher Richtung insgesamt mehr und mehr aufzurichten oder — anders ausgedrückt — der Vergenzgrad nimmt ab.

Die Dachschiefergruben bei $k_1 - l_1$, nämlich Wilhelm-Erbstollen (rrh.) und Rhein (lrh.), dürften noch im Druckschatten bzw. über dem hypothetischen „stabilen Untergrund“ liegen. In beiden Gruben ist mit erheblichen Überschiebungen zu rechnen (vergl. m_1). Im Bereich $h_1 - m_1$ tritt zwar eine tektonische Mulde auf, wie dies auch schon FUCHS (1915) kartiermäßig festgestellt hat (Bornicher Horizont der Kauber Platte); doch ist sie im Rahmen des vorliegenden Profils recht unbedeutend. Südöstlich hiervon schließt sich etwa bis o_1 eine Zone verhältnismäßig steil aufsteigender Schichten an, wenn man den Falten Spiegel als maßgebend betrachtet. Bei $p_1 - q_1$ (Schenkelbach rrh. und Bahnübergang lrh.) kommt es zu stark aneinandergedrückten stehenden Falten, z. T. isoklinaler Art. Auf eine solche Mulde bei p_1 folgen eigenartig hintereinanderstehende Sättel aus quarzitischen Grauwacken; die dazwischen liegenden Mulden sind z. T. kaum erkennbar; der Falten Spiegel steigt nach SE an. Zweifellos handelt es sich hierbei um starke Anpressungserscheinungen, die nach NW immer mehr ausklingen und schließlich nördlich von Kaub in liegende Falten auslaufen. In südöstlicher Fortsetzung schließt eine Überschiebungszone (r_1) an, in welcher wieder normale NW-vergente Falten einsetzen. Und dann wiederholt sich offenbar auf kurze Entfernung von r_1 bis v_1 bzw. w_1 eine allmähliche Steilstellung der Achsenebene (Verringerung des Vergenzgrades) und geht bei v_1 bis w_1 wieder in stark aneinandergedrückte, stehende Falten (isoklinale Falten) über. Auch auf diese Region folgen Überschiebungen zwischen w_1 und x_1 , und bei x_1 findet sich wieder normale NW-vergente Faltung mit nach SE-ansteigendem Falten Spiegel. Diese letztgenannten Verhältnisse scheinen — mit zahlreichen, in kurzen Abständen wiederkehrenden Überschiebungen verbunden — bis z_1 anzuhalten. Zwischen y_1 und z_1 liegt Bacharach bzw. das Steeger Tal. NÖRING (1939) und KUBELLA (1951) nehmen auf Grund des Falten Spiegels eine „Sattelstellung der nordöstlichen Fortsetzung des Sauertaler Horizontes auf Blatt Bad Schwalbach an“, und zwar entgegen der späteren Meinung von FUCHS (1930b). FUCHS hielt nämlich mit QUIRING (1930b) schließlich den fraglichen Bereich für eine Mulde aus Bornicher (früher für Lorchhauser, Wispertaler und z. T. auch noch Sauertaler Horizont gehalten) über Kauber Schichten. Aus strukturellen und auch paläontologischen (vergl. Fossiliste Sauerthal) Gründen handelt es sich bei den hier zur Diskussion stehenden Sauertaler, Lorchhauser und Wispertaler Horizonten — im Einklang mit der früheren Ansicht von FUCHS (1907) — um Schichten, die unter dem Kauber Horizont liegen und in diesem Bereich (k_1 bis z_1) nach und nach auftauchen, allerdings hin und wieder unterbrochen von größeren Spezialmulden (Synklinorien).

Der Sandsteinzug der Scheuer dürfte eine normale sandige Einlagerung im Hunsrückschiefer darstellen, die wahrscheinlich bei x_1 auftaucht und bei y_1 eingemuldet besonders in Erscheinung tritt und dann in die Luft ausstreicht.

Südöstlich von z_1 scheinen die Schichten bis über das Profilende hinaus flach nach SE abzutauchen. Nach QUIRING (1930b) folgt weiter südlich der „Wisper-Dachschiefersattel“.

Hinsichtlich der Tektonik im Querprofil ergibt sich zusammenfassend, daß — abgesehen von relativ unbedeutenden Einmuldungen — von NW nach SE immer ältere Schichten auftauchen. Dabei kann man den Faltenwurf (Abb. 27) auf Grund des vorliegenden Falten Spiegels oder auch des Vergenzgrades zonenweise aufgliedern:

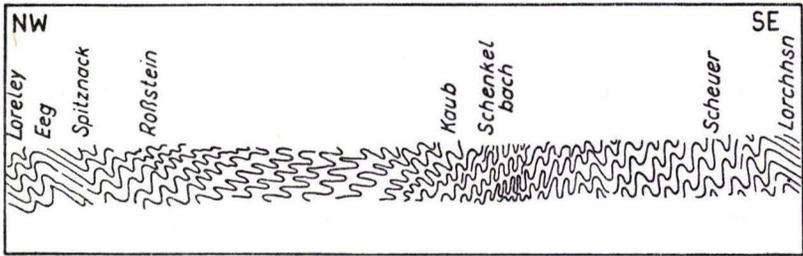


Abb. 27. Der Faltenwurf (schematisiert) zwischen Loreley und Lorchhausen (1:100000).

Loreley bis Roßstein	=	Schiefe Falten (neben leicht überkippten)
Roßstein bis Kaub	=	Liegende Falten
Kaub bis Schenkelbach	=	Überkippte und schiefe Falten
Schenkelbach bis Leimbach (lrh.)	=	Stehende Falten (neben schiefen)
Leimbach bis Lorchhausen	=	Schiefe und überkippte Falten

Die Faltenpiegel (Abb. 28) — hier in verschiedenen Ordnungen dargelegt — lassen

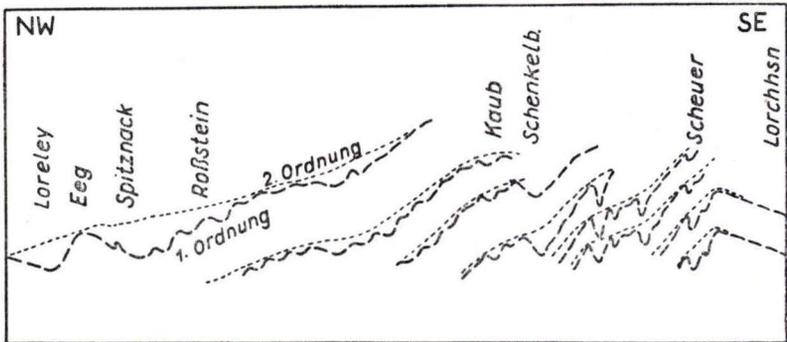


Abb. 28. Faltenpiegel (schematisiert) zwischen Loreley und Lorchhausen (1:100000).

die Groß-Sättel und -Mulden deutlicher hervortreten. Auch das Auftauchen älterer Schichten in südöstlicher Richtung kommt selbstverständlich besser zum Ausdruck. Dem Bild des Faltenwurfes entspricht weitgehend die Darstellung des Schieferungs-Profils (Abb. 29), was sich auf Grund der Beziehung zwischen Achsenebene und

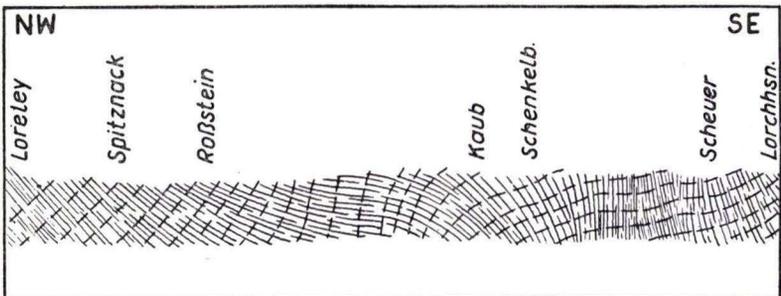


Abb. 29. Schieferung und „Drucktrajektorien“ (schematisiert) zwischen Loreley und Lorchhausen (1:100000).

Schieferung von selbst versteht. In Abb. 29 sind zusätzlich „Drucktrajektorien“ eingetragen, allerdings unter der Voraussetzung, daß die Druckspannungen angenähert senkrecht zur Schieferung stehen. So gesehen, stellen umgekehrt die Schieferungsflächen „Zugtrajektorien“ dar. Unter diesen Umständen ist es ohne weiteres verständlich, daß in einem Bereich mit nahezu horizontalen „Zugtrajektorien“ — wie dies zwischen Roßstein und Kaub der Fall ist — Diabasgänge vorzugsweise auftreten. Ferner sei daran erinnert, daß die Umwandlung der Diabasgänge bzw. die hiermit in Zusammenhang gebrachte Intensität der Schieferung von NW nach SE zunimmt, also mit Annäherung an die Anpressungszone südöstlich Kaub (steilstehende Zugtrajektorien).

Die beschriebenen tektonischen Verhältnisse haben nicht unbedeutende stratigraphische Folgen: Wenn man die üblichen Bezeichnungen und Grenzen der Schichten des Arbeitsgebietes verwendet und die Mächtigkeiten der mitgeteilten Gesteinsprofile berücksichtigt, ergibt sich nachfolgende stratigraphische Tabelle 2 (vom Hangenden zum Liegenden):

Gliederung der Schichten im Arbeitsgebiet und ihre Mächtigkeit

Bornicher Schichten (besser Loreley-Schichten)	275 m
Spitznack-Schichten	40 m
Porphyroidtuffit	3—7 m
„Singhofener Schichten“ (wahrscheinlich handelt es sich hierbei bereits um einen Teil der Kauber Schichten)	über 50 m
Kauber Schichten (z. T. mit Einlagerungen sandiger Partien z. B. südlich des Roßsteins und auf der Kauber Platte, von FUCHS als Bornicher Schichten bezeichnet)	ca. 1200 m
Sauertaler Schichten	über 230 m
Scheuer-Sandstein (Lorchhauser Schichten)	20 m
Wispertaler Schichten	über 250 m

Über die Zugehörigkeit der Schichten bzw. über die Grenze zwischen Ems und Siegen vermögen Tektonik und Petrographie natürlicherweise nichts auszusagen. Leider reichen die paläontologischen Ergebnisse bisher dazu gleichfalls nicht aus. Bis auf weiteres dürfte es daher zweckmäßig sein, daß man — in Übereinstimmung mit praktisch allen Bearbeitern des Unterdevons in dieser Gegend — den Porphyroidtuffit als Grenze zwischen Ems (oben) und Siegen (unten) annimmt. Hinsichtlich der paläontologischen Ergebnisse bei der Bearbeitung der Fossilien im Arbeitsgebiet ist wichtig, daß zumindest kein Widerspruch zu der neugewonnenen stratigraphischen Ansicht besteht. Eine eingehende Betrachtung der Faziesverhältnisse erübrigt sich bzw. erscheint vorläufig unzweckmäßig, weil im Profil fortwährend von NW nach SE ältere und damit nicht untereinander vergleichbare Schichten auftreten. Hinsichtlich der Bornicher Schichten ergibt sich, daß sie offenbar von FUCHS auf Grund petro- und biofazialer Ähnlichkeiten der Schichten an verschiedenen Lokalitäten kartiert wurden. In Wirklichkeit handelt es sich um altersmäßig verschiedene Schichten, die dementsprechend in der vorausgehenden Tabelle aufgeteilt werden mußten.

Ferner ist aus der Korngröße (in den Psammiten der Loreley offenbar weit größeres Korn als in den südöstlich davon liegenden) und der bogigen Schrägschichtung zu schließen, daß die Schüttung der Gesteine des Arbeitsgebietes im wesentlichen aus N bis NE erfolgte. Die nicht unbeträchtliche Mächtigkeit der Schichten spricht bei der kaum merklichen Veränderung des Charakters der Fossilien für eine schnelle Sedimentation und damit auch schnelle Senkung dieses Teiles der rheinischen Geosynklinale (vergl. auch SOLLE 1950a).

B. Längsprofil (Das Verhalten der Schichten im Streichen)

Soweit im Gelände und in den Dachschiefergruben beobachtet werden konnte, spielen auch im Längsprofil die Brüche eine geringere Rolle als die Verbiegungen. Somit nimmt offenbar die Verbiegung der Faltenachsen (Achsengefälle) eine Vorrangstellung ein.

Im nördlichen Bereich des Arbeitsgebietes, etwa im Raume von Loreley-Spitznack-Roßstein-Oberwesel (vergl. Abb. 30) verhalten sich die Faltenachsen relativ ruhig.

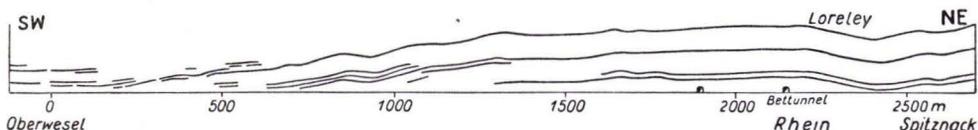


Abb. 30. Längsprofil zwischen Oberwesel und Spitznack-E.

Im SW (Oberwesel) liegen sie — auf eine Erstreckung von etlichen 100 m — horizontal, dann steigen sie bis zum Bettunnel — d. h. auf eine Entfernung von ca. 1500 m — leicht an (schwach auf und ab schwankend), und zwar um rund 150 bis 170 m. Bis zur Loreley (ca. 300 m) verlaufen sie wieder horizontal und fallen nordöstlich davon mit 10° bis 20° nach NE ein, allerdings nur im Bereich der Loreley selbst, denn schon nach 250 m steigen die Faltenachsen in NE-Richtung wieder an. Die unmittelbar östlich der Loreley geschilderte Achsendepression beträgt etwa 40 m gegenüber der Achsenkulmination zwischen Bet- und Loreley-Tunnel. Insgesamt tauchen also in diesem Bereich — soweit übersehbar — in nordöstlicher Richtung ältere Schichten auf.

Im Gebiet zwischen Oberwesel und Kaub, d. h. in der Zone mit den liegenden Falten, ist kaum ein nennenswertes Achsengefälle zu verzeichnen. Hin und wieder tritt örtlich ein Gefälle bis zu 10° auf (im allgemeinen vom Rheintal aus jeweils abfallend, doch nicht ausnahmslos).

Im Bereich der Kauber Gruben — Wilhelm-Erbstollen (ENGELS 1953) und Grube Rhein (Abb. 10) — tauchen die Faltenachsen linksrheinisch nach SW und rechtsrheinisch nach NE ab. Diese Tatsache läßt es zweifelhaft erscheinen, ob die von FUCHS (1915) kartierte Mulde aus „Bornicher Schichten“ nördlich Langscheid in südwestlicher Richtung tatsächlich auftaucht; vielmehr dürfte es sich hier um eine sandige Einlagerung in Kauber Schichten handeln — u. U. örtlich faziell beschränkt —.

Südlich von Kaub, z. B. im Leimbach- und Schenkelbachtal, ist ein besonders unruhiges Verhalten der Faltenachsen festzustellen (Abb. 31).

Im Leimbachtal fallen die Achsen streckenweise bis zu 60° nach SW ab, so daß — teilweise umgekehrtes Fallen eingerechnet — bis zum Rhein auf einer ca. 1000 m

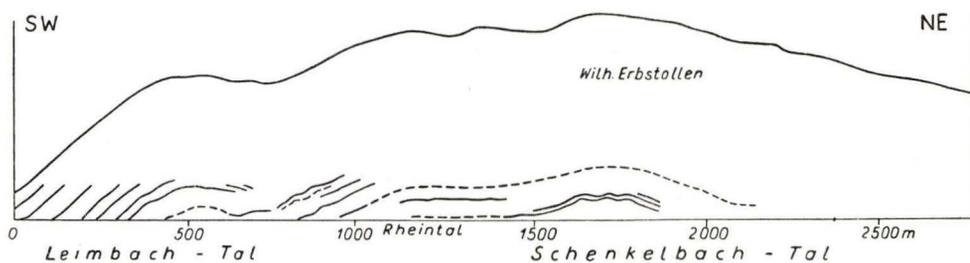


Abb. 31. Längsprofil Leimbach (lrh.) Schenkelbach (rrh.).

langen Strecke die Schichten um rund 400 m ansteigen. Im Rheintal scheinen die Faltenachsen mehr oder weniger horizontal zu liegen, auf der rechten Rheinseite — unruhig auf- und abschwankend — im ganzen nach NE anzusteigen, und zwar um maximal 100 m auf ca. 800 m Entfernung vom linksrheinischen Ufer. Nordöstlich davon fallen alsdann die Achsen wahrscheinlich ähnlich wie im Wilhelm-Erbstollen nach NE ein. Hier kommt also eine recht deutliche Achsenkulmination über dem Rheintal zum Ausdruck.

Weiter südlich bis Lorchhausen verhalten sich die Faltenachsen wieder ruhiger.

Die geschilderten Verhältnisse gelten natürlich nur ganz allgemein, denn die immer wieder feststellbare „zopfartige Verflechtung“ der Falten bringt es mit sich, daß örtlich quer zum Streichen oft auf kurze Erstreckung das Achsenfallen sich wesentlich ändert (z. T. sogar umkehren kann). Immerhin bestätigt sich die auch schon von KUBELLA (1951, S. 75) vermutete „achsiale Aufwölbung“ über dem Mittelrheintal, zumindest im Raume zwischen Kaub und Bacharach. Nördlich von Kaub ist eine nur sehr flache Aufwölbung angedeutet, während eine solche südlich von Kaub sehr deutlich in Erscheinung tritt. Die Erklärung für dieses eigenartige Verhalten dürfte im unterschiedlichen Faltenwurf zu suchen sein, wie ein Vergleich mit dem Querprofil zeigt (vergl. Abb. 27 bis 29 sowie Taf. 5). Die geringe Aufwölbung fällt mit der Zone der liegenden Falten zusammen und die starke mit der Anpressungszone.

Zusammenfassend ist nicht zu verkennen, daß das Rheintal offensichtlich in einem achsialen Gewölbe verläuft. Eigenartigerweise vermißt man indessen — bis auf die Q-Klüfte und Q-Spalten (Quarzgänge) — die zu erwartenden Abschiebungen nahezu parallel zum Rheintal. Dies um so mehr, als sich auch seismisch diese Richtung durch eine markante Herdlinie (von Loreley bis Bingen reichend) auszeichnet (LANDSBERG 1933). Immerhin mag der Verlauf des Rheines auch schon durch eine Auflockerung — teils in Form der obengenannten Q-Elemente, teils auch nur latent vorhanden — im Achsenscheitel vorgezeichnet und bestimmt sein. Das seismische Bild läßt gleichzeitig erkennen, daß offenbar die alten (paläozoischen) Strukturen auch in gegenwärtigen Bewegungen der Erdkruste sich durchpausen oder wiederbeleben.

Zusammenfassung

Einleitend wird aufgezeigt, daß die Stratigraphie des Unterdevons am Mittelrhein zunehmend unsicher geworden ist. Z. B. ergaben sich verschiedene, z. T. gegensätzliche Anschauungen und häufige Meinungsänderungen.

Unabhängig und abweichend von der herkömmlichen biostratigraphischen Methode wird im vorliegenden Falle von der Kleintektonik ausgegangen. Diese Arbeitsweise führt u. a. zu völlig eigenen regionalgeologischen und stratigraphischen Ergebnissen, die jedoch gefügekundlich, petrographisch und paläontologisch überprüft wurden.

Zuerst wird auf die kleintektonischen Merkmale (Elemente) und die regional hieran geknüpften Ergebnisse eingegangen.

Der Abschnitt Schichtung weist besonders auf Vortäuschungen (Pseudoschichtung) hin, wie sie durch Gangbildungen, Schubklüftung, Knitterung, Schieferung, Verschiebungen und Wasserstandslinien hervorgerufen sein können. — Die Schrägschichtung dient sowohl zur Ermittlung der Schüttrichtung als auch zum Erkennen des stratigraphisch Jüngeren und Älteren. — Neben tektonisch bedingten (sekundären) Mächtigkeitsschwankungen der Schichtung treten auch primäre auf.

Die Falten des Arbeitsgebietes lassen sich auf Grund des Verhaltens der Achsenenebene zu einem Formenkreis zusammenstellen, der von „stehenden“ über „schiefe“ und nach NW „überkippte“ zu „liegenden“ Faltentypen führt. Einen anderen Formenkreis kann man aus dem Verhalten der Faltenschenkel ableiten. Hierzu gehören z. B. die isoklinalen Falten und die Fächerfalten im Sinne der EULERSchen Elastika. — Genetisch ergeben sich sowohl Biege- als auch Scherfalten, die meist miteinander verknüpft sind. — Die an sich nur unbedeutenden Schleppefalten erweisen sich als ein wichtiges Hilfsmittel, um stratigraphisch Jüngeres und Älteres bzw. Schicht-Ober- und -Unterseite zu erkennen. — Die Faltengröße ist sehr wechselvoll. — Es wird vor allem auf die unterschiedliche Mächtigkeit der Faltenschenkel hingewiesen. In krassem Gegensatz zum Thüringer Wald sind hier die steilen und überkippten Faltenschenkel oft ausgedünnt. — Die Faltenvergenz ist meist eine nordwestliche, in Ausnahmefällen eine „schwach“ südöstliche; der Vergenzgrad ändert sich von 0° bei stehenden Falten bis zu 90° bei liegenden Falten. — Z. T. ist auch eine Krümmung der Achsenenebene festzustellen. — Die Konstruktion des Faltenspiegels läßt zwar übergeordnete Sättel und Mulden (Antiklinorien bzw. Synklinorien, „Sattel- bzw. Muldenstellung“, tektonisches Hoch bzw. Tief) erkennen, ist aber auf Grund der wechselvollen Faltengrößen z. T. nur mit größtem Vorbehalt zu verwenden. Hierbei spielt auch die Disharmonie der Falten eine große Rolle; sie erstreckt sich auf Größe, Form und Lage derselben. — Die Faltenachsen sind für das Längsprofil von ausschlaggebender Bedeutung. Es wird daher näher auf die verschiedenen Methoden zur Ermittlung von Streichen und Fallen der Faltenachsen eingegangen. Besonders

vorteilhaft erweist sich für diesen Fall die Verwendung des SCHMIDT'schen Netzes. — Auch sind ältere Faltungsphasen oder Schollenkipnungen mit dem SCHMIDT'schen Netz sicherer — weil überblick- und kontrollierbar — zu erkennen. — Es wird nachgewiesen, daß die Mittelebene der Falten im Arbeitsbereich nicht ohne weiteres der Achsenebene gleichgesetzt werden kann. — Am gleichen Ort treten häufig mehrere Schieferungen auf.

Die Schieferung weist enge Beziehungen zur Faltung auf und verhält sich im Einfallen — bis auf gewisse Ausnahmen — wie die Achsenebene. Damit ist meist der Vergenzgrad der Faltung aus der Neigung der Schieferung ablesbar. Aus dieser engen Beziehung zur Faltung ergibt sich ein weiteres Hilfsmittel zur Bestimmung des stratigraphisch Jüngeren und Älteren bzw. der Schicht-Ober- und Unterseite. — Die Divergenz der Schieferung („Meiler- und Fächer-Stellung“) kann verschiedene Ursachen haben, z. B. „Brechung zum Lot“ der Schichten, Fortsetzung der Faltung nach der Zerschierung, Anschmiegen der Schieferung an die Schichtflächen und gleichzeitige Ausbildung mehrerer Scherflächenscharen. — Das Anschmiegen der Schieferung an die Schichtung führt zu sigmoidal gekrümmten Scherungsflächen. — Da örtlich mehrere Schieferungen (Scherflächenscharen) auftreten, wird auf Mehraktigkeit des Schieferungsvorganges geschlossen. — Ferner wurde eine von Ort zu Ort wechselnde Intensität der Schieferung festgestellt, was sich vor allem aus dem Verhalten der Diabasgänge, Fossilien und schichtigen Scherprodukte ergibt.

Die Schubklüftung, die weit- und engständig sein kann, kommt nur örtlich oder zonenweise vor. Die engständigen Schubklüfte entsprechen der bekannten Schieferunzelung; die weitständigen bilden häufig im Streichen verlaufende Störungszonen, die im Schieferbergbau als sogenannte „Deckel“ (z. T.) von erheblicher Bedeutung sind. Überraschenderweise schieben sie im einzelnen und auch insgesamt ab, so daß flexurartige „Sekundärfalten“ entstehen. Ähnlich verhält sich auch die Knitterung (Unkenköpfe, Knie), die somit u. U. zum Formenkreis der Schubklüftung gehört.

Die Auf- und Überschiebungen werden hier zusammengefaßt; auch kann man Aufschuppungen, Auf- und Überwalzungen sowie Deckenschübe auf Grund der ähnlichen Bewegungen und Verformungen hinzurechnen. Sie verhalten sich — von der Dimension abgesehen — ähnlich wie die Schieferung. — Z. T. sind Fiederspalten der Auf- und Überschiebungen noch von der normalen Schieferung zerschert und gefältelt. Auch die Schubbahnen scheinen z. T. noch schwach gefaltet zu sein. Sie dürften teils auf synorogene und teils auf postogorene Entstehung zurückgehen und damit gleichfalls in mehreren Bewegungs-Akten entstanden sein. — Die „Kauber Walzen“ stehen in ihrem Verhalten — vor allem hinsichtlich der Bewegungstendenz — offenbar den Auf- und Überschiebungen recht nahe, wenn man von einer Schubbahn (zweidimensional) absieht und statt dessen eine durchbewegte Zone (dreidimensional) in Betracht zieht.

Größere Abschiebungen treten eigenartigerweise weder im „tektonischen“ Streichen noch senkrecht dazu auf. Lediglich in den Schubklüften, der Knitterung und manchen Fiederspalten kommt eine unscharfe Abschiebungstendenz zum Ausdruck.

Dagegen finden sich zahlreiche Blatt- oder Seitenverschiebungen, die — wie offensichtlich auch im gesamten Rheinischen Schiefergebirge — im wesentlichen eine

ungefähr N/S- und E/W-Streichrichtung bevorzugen. Aus den Relativbewegungen (N-Scholle nach E und E-Scholle nach N) ergibt sich ein Gesamtbewegungs- und Beanspruchungsplan wie bei der Faltung und Schieferung: NW/SE-Pressung und NE/SW-Dehnung.

Die wichtigsten Spalten (Gänge) sind die Q- (senkrecht zum tektonischen Streichen verlaufend) und S-Spalten (im Streichen der allgemeinen Schieferung). Die Q-Spalten stehen meist senkrecht zur Faltenachse; häufig sind sie in Form von Fiederspalten auf bestimmte Zonen beschränkt. Diese Zonen verlaufen wie die Blattverschiebungen. Wenn man aus den Fiederspalten in der bekannten Weise den Bewegungs- und Beanspruchungsplan ableitet, so stimmt derselbe wieder mit dem der Faltung, Schieferung usw. überein. — In härteren Bänken (z. B. Quarzite) treten offenbar die S-Spalten häufiger als die Q-Spalten auf. — Die S-Spalten lassen sich zur Unterscheidung des Hangenden vom Liegenden verwenden.

Die Diabasgänge sind im Arbeitsgebiet lediglich auf S-Spalten aufgedrungen, wenn auch z. T. apophysenartig und an einer Stelle in Form einer kleinen Kuppel. Da sie auf die Zone der liegenden Falten beschränkt sind und die Intensität ihrer Zerscherung (Schieferung) mit der Annäherung an die Anpressungszone von Kaub zunimmt, dürfte an einem Zusammenhang zwischen ihrem Auftreten und dem Gebirgsbau nicht zu zweifeln sein. Im übrigen verhalten sie sich ähnlich wie die Blei-Zinkerzgänge des Hunsrücks. Sie sind somit zu den Schieferungsgängen zu rechnen, die „bretonisches“ bis „sudetisches“ Alter haben sollen. Die Raumbeschaffung der Quarz- und diabasgefüllten S-Spalten und die teilweise Zerscherung der Füllungen lassen ohne Zweifel auf örtliche oder zeitweilige Dehnung in NW/SE-Richtung schließen.

Unter den Klüften werden lediglich die Fieder-, Knick- (Knitterung) und Q-Klüfte näher betrachtet, weil nur diese bislang eine eindeutige mechanische Deutung erlauben. Sie verhalten sich durchaus wie die entsprechenden Spaltenarten (s. oben).

Bei der linearen Paralleltextur (Riefung im Sinne SANDERS) wird neben der Striemung (Schnittkanten) vor allem auch die Rutschstreifung (Harnisch) auf Schichtflächen beachtet. Diese Rutschstreifen lassen häufig mehrere Bewegungsakte an derselben Verschiebungsfläche erkennen. Sie erlauben es ebenfalls, stratigraphisch Jüngerer und Älteres zu unterscheiden, wenn eine teilweise Biegefaltung mit Gleitung auf den Schichtflächen vorliegt.

Anhangsweise werden einige Gefügediagramme von Aufschlüssen und Handstücken vorgeführt. Es handelt sich um die oben erwähnten Darstellungen von kleintektonischen Merkmalen auf dem SCHMIDTSchen Netz. Hierdurch werden die tektonischen Beziehungen der verschiedenen Gefügemerkmale untereinander in einfacher Weise überblickbar, kontrollierbar und vor allem vergleichbar mit den weiter unten angeführten Korngefüge-Diagrammen, wodurch eine gegenseitige Deutung erleichtert und gesichert wird. Insbesondere verdeutlichen diese Gefügediagramme folgende Feststellungen bzw. Beobachtungsergebnisse: Es sind häufig mehrere Schieferungen (Scherflächenscharen) vorhanden, die auch verschiedene Faltenachsen bedingen. Die Mittelebene der Falten darf nicht der Achsenebene gleichgesetzt werden. Die Divergenz der Schieferung kommt deutlich zum Ausdruck. Die Verformung der Fossilien ist nicht immer mit der sichtbaren Schieferung erklärbar und deutet vielleicht auf eine ältere, völlig überprägte Schieferung hin. Die Schubklüftung scheint sich rich-

tungskonstanter zu verhalten als die Schieferung. Verstellungen der Gefüge infolge Faltung oder „en-bloc“ (Schollenverschiebungen bzw. Kippungen) lassen sich leicht und sicher erkennen und unterscheiden. Streifung und Striemung scheinen lagemäßig ineinander überzugehen und sind daher im Diagramm kaum trennbar. Die Blattverschiebungen schwanken zwar erheblich in ihrem Streichen, doch bestätigen sich die oben angeführten regionalen Verhältnisse.

Für die Korngefüge-Analyse ist die Feststellung wichtig, daß keineswegs mit einer regionalen Homogenität im Verhalten der kleintektonischen Gefügemerkmale gerechnet werden kann. Mannigfaltigkeit und Inhomogenität sind hier die Regel. Vor Extrapolationen über den Dünnschliffbereich hinaus muß gewarnt werden. Dagegen lassen sich sehr wohl grundsätzliche Fragenkomplexe mit Hilfe der Korngefüge-Analyse erfolversprechend untersuchen, z. B. Schieferungsprobleme oder Klärung der Transportrichtungen bei Riefungen.

Im vorliegenden Falle werden geschieferte und mylonitisierte Gesteinsproben des Arbeitsgebietes korngefügeanalytisch untersucht, und zwar hinsichtlich des Verhaltens der Quarz-c-Achsen, der Serizit-Spaltrisse und der Mikro-Scherflächen. Die Typisierung der Quarz-Diagramme erfolgt nach 8 Grundtypen im Sinne von SANDER und FAIRBAIRN. Es ergeben sich überraschend viele Maxima, wodurch eine Typisierung und Deutung erschwert wird. Mit Hilfe der Makro-Gefüge-Diagramme ist durch Vergleich trotzdem eine bessere Deutung möglich. — Die Diagramme der Schiefer lassen ohne Zweifel mehrere Prägungen erkennen, und zwar im Sinne einer Rotation um B. Es handelt sich somit um einen R-Tektonit (nach SANDER) bzw. B-Tektonit (nach FAIRBAIRN). Auch die quarzgefüllten Fugen, die im Streichen der Schieferung oder spitzwinklig dazu verlaufen, ergeben die gleichen Diagramme!

Da die Gefüge-Diagramme des — makroskopisch bereits erkennbaren — mehrfach zerscherten Schiefers mit derjenigen der scheinbar nur einschurig geschieferten Probe übereinstimmen, wird geschlossen, daß auch im letzteren Falle mehrfache Prägungen vorliegen. Infolge einer starken Um- oder Überprägung ist jedoch makroskopisch offenbar nur die letzte intensive Schieferung erhalten geblieben. Man muß also im Arbeitsgebiet auch dann mit mehrfachen Prägungen bzw. Schieferungen rechnen, wenn makroskopisch nur eine Scherflächenschar (Schieferung) erkennbar ist.

Die Überschiebungs- und Schicht-Mylonite lassen neben einem mehr oder weniger deutlichen S-Gefüge noch eine B- bzw. R-Tektonik, wie sie für das Nebengestein typisch ist (siehe zuvor), erkennen, und zwar jeweils ebenfalls in Form mehrerer Prägungen. Es ist also bei beiden Mylonitarten sowohl mit Transport parallel zu a wie auch parallel zu b (senkrecht a) zu rechnen! Wenn nicht besondere Um- und Überprägungen in den Myloniten stattgefunden haben, deutet dieses Ergebnis auf nur geringe Transportweiten der untersuchten Überschiebung hin. Dies um so mehr, als der Überschiebungsmylonit auch im Korngefüge weitgehend mit dem Schichtmylonit übereinstimmt und auf der Schichtfläche mit Sicherheit keine sehr großen Bewegungen vor sich gegangen sind.

Nach der Behandlung der klein- und kleinsttektonischen Merkmale folgt eine Beschreibung der beobachteten und festgestellten petrographischen und paläontologischen Tatsachen, um letztere bei der stratigraphischen Ausdeutung des tektonischen Befundes entsprechend berücksichtigen und verwerten zu können.

Petrographisch werden die üblichen Gesteinsbezeichnungen verwendet, zuvor aber genauer definiert und in bescheidenem Maße durch entsprechende Dünnschliff-Untersuchungen (modaler Mineralbestand) unterbaut. Die Diabase lassen im Arbeitsgebiet eine steigende Umwandlung von NW nach SE zu sogenanntem „Weißen Gebirge“ erkennen. Offenbar hängt diese Umwandlung mit einer zunehmenden Intensität der Schieferung zusammen. Außer der Serizitisierung scheint auch eine starke Kalzitisierung und Leukoxenbildung stattzufinden und die weißliche Umwandlungsfarbe zu bedingen.

Die durch spektroskopische und autoradiographische Untersuchungen (die bisher keine stratigraphisch verwertbaren Ergebnisse lieferten) ermittelten Werte werden mitgeteilt.

Die petrographischen Schichtprofile führen zu einer Gesamtmächtigkeit der Schichten des Arbeitsgebietes von über 2000 m. Davon liegen ca. 300 m über dem Porphyroidtuffit (? Ems) und bestehen vorwiegend aus psammitischen Gesteinen. Die übrigen Schichten liegen stratigraphisch darunter (? Siegen) und gehen nach unten zunehmend in pelitische Gesteine mit Kieselgallen über.

Bekannte und neue Fossilfundstellen, die sich von NW nach SE über das gesamte Arbeitsgebiet erstrecken, wurden ebenfalls in bescheidenem Maße ausgebeutet und die Ergebnisse in Fossilisten niedergelegt. Insbesondere wurden auch die Lebensspuren — vor allem die Chondriten — berücksichtigt und verwertet, weil diese wesentlich häufiger sind als die anderen Fossilien. Eine sichere Unterscheidung von Ems und Siegen bzw. eine etwaige Grenzziehung im Arbeitsgebiet auf Grund der Fossilien scheint leider nicht möglich zu sein. Es ist lediglich festzustellen, daß von NW nach SE sich ein merklicher Wandel der Fossilgemeinschaft vollzieht, auch der Chondriten. Dies könnte als Anzeichen für altersverschiedene Schichten gedeutet werden; auf Grund von *Stropheodonta sedgwicki* (nach SOLLE einwandfreies Leitfossil für Siegen) und fraglichen Funden von *Spirifer primaevus* würden im SE ältere Schichten auftauchen. Doch dürfte der ange deutete Wandel im wesentlichen auf den faziellen Wechsel der Gesteine zurückgehen.

In dem Abschnitt IV (regionaler tektonisch-stratigraphischer Überblick) werden die beobachteten Einzelheiten und Ergebnisse vor allem in einem Quer- und in Längs-Profilen zusammengefügt und betrachtet. Dabei ergeben sich bedeutende tektonische und stratigraphische Folgerungen: In der Loreley-Gegend kehren sich praktisch die bisherigen Vorstellungen um; der „Loreley-Sattel“ befindet sich in Muldenstellung gegenüber dem südöstlich anschließenden Eeg-Sattel, der bisher für eine Ems-Mulde gehalten wurde. Auch der „Spitznack-Sattel“ — abgesehen von einem Spezialsattel — befindet sich in Muldenstellung. Stratigraphisch ergibt sich, daß in der Loreley-Gegend die Bornicher Schichten die jüngsten sind. Darunter folgen die Spitznack-Schichten mit dem Porphyroidtuffit an der Basis. Und unter dem Porphyroidtuffit liegen die früher als Singhofener beschriebenen Schichten (zwischen Loreley und Eeg). Wenn man den Porphyroidtuffit als Grenze Ems/Siegen betrachtet, müssen diese Singhofener zu den Kauber Schichten gerechnet werden. Die Überprüfung durch die Fossilien spricht nicht gegen diese Umdeutung.

Südlich des Spitznack sind die tektonischen Verhältnisse weniger übersichtlich wegen der mangelhaften Aufschlüsse. Alle Anzeichen deuten darauf hin, daß in süd-

östlicher Richtung immer ältere Schichten auftauchen und zwischen Spitznack und Wolfsnack die Loreley-Schichten bereits in die Luft austreichen bzw. in der Gegend des Roßsteins tektonisch unterdrückt sind. Und zwar sprechen in dieser Gegend sowohl tektonische als auch morphologische und hydrologische Gründe für eine größere Überschiebungszone (nach NW überschiebend). Die Bornicher Schichten am Roßstein und auf der Kauber Platte sind wahrscheinlich nur sandige Einlagerungen (faziesbedingt) in den Kauber Schichten. Zwischen Roßstein und Kaub befindet sich eine eigenartige Zone mit zahlreichen liegenden Falten, teilweise horizontaler Schieferung und Überschiebungstendenz; auch scheinen die Diabase an diese Zone gebunden zu sein. Im Stadtbereich von Kaub richten sich sowohl die Falten als auch die Schieferung und Überschiebungen in südöstlicher Richtung mehr und mehr auf und stellen sich schließlich zwischen Kaub und Bacharach steil (stehende, isoklinale Falten, steile Schieferung). Weiter südöstlich neigen sich Faltung, Schieferung und Überschiebungen wieder normal in die NW-vergente Richtung. — Die Steilzone wird als eine Anpressungszone gedeutet vor einem hochreichenden, stabilen Untergrund in der Gegend von Kaub. Demgegenüber befindet sich die Zone der liegenden Falten im „Druckschatten“, d. h. nordwestlich dem aufragenden Untergrund vorgelagert.

Insgesamt betrachtet, tauchen im Arbeitsgebiet — von relativ unbedeutenden Einmündungen abgesehen — von NW nach SE immer ältere Schichten auf. Die Untersuchung der Fossilien spricht eher für dieses Ergebnis als etwa dagegen. Die stratigraphischen Folgerungen und die sich ergebenden Mächtigkeiten werden in einer Tabelle zusammengefaßt. Danach kann man — bis auf die Bornicher Schichten — die ursprüngliche FUCHSsche Gliederung des Hunsrückschiefers beibehalten (vergl. FUCHS 1915). Während die Kauber Schichten ca. 1200 m Mächtigkeit erreichen, sind die Lorchhauser im wesentlichen nur durch 20 m Scheuersandstein zwischen 230 m Sauertaler und über 250 m Wispertaler Schichten vertreten.

Aus der regionalen Korngrößen-Verteilung und der Schrägschichtung ergibt sich eine Schüttrichtung aus N bis NE. Auf Grund der bei gleicher Petrofazies kaum abgewandelten Fossilien dürften die über 2000 m mächtigen Schichten des Arbeitsgebietes vermutlich relativ schnell sedimentiert worden sein, was auf eine ebenso schnelle Senkung dieses Raumes zur Unterdevon-Zeit hinweist.

Die Längsprofile lassen zweifellos eine axiale Aufwölbung über dem Mittelrheintal erkennen. Merkwürdig ist das sehr unterschiedliche Verhalten dieses Achsengewölbes im NW und SE des Arbeitsgebietes: Nordwestlich von Kaub, besonders im Bereich der liegenden Falten, ist die Aufwölbung flach, z. T. sogar fraglich; dagegen tritt sie südlich von Kaub, also hauptsächlich in der Anpressungszone, sehr deutlich in Erscheinung (bis zu 60°) Achsengefälle, vor allem westlich des Rheines nach SW. Die Längsachse dieser axialen Aufwölbung scheint in der Gegenwart durch eine seismische Hauptbebenlinie zum Ausdruck zu kommen, abgesehen von dem Verlauf des Rheintals. Merkbliche Abschiebungen eines etwaigen Grabeneinbruchs im Scheitel des Achsengewölbes konnten trotz der günstigen Aufschlußverhältnisse in den beiderseits des Rheines gelegenen Dachschiefergruben bisher leider nicht festgestellt werden.

Zahlreiche quarzgefüllte Q-Spalten deuten jedoch darauf hin, daß vielleicht eine \pm latente Klüftung im Bereich der Achsen-Kulmination eine Auflockerung der Gesteine hervorgerufen und damit den Lauf des Rheinstromes vorgezeichnet hat.

Schriftenverzeichnis

- ALBERMANN, J.: Zur Tektonik der Quarzgänge im Taunus und Hunsrück. Diss. Bonn 1939.
- ASSELBERGHS, E.: Siegenien, Siegener Schichten, Hunsrücksschiefer et Taunusquarzit. — Bull. soc. belge Géol, **36**, S. 206—222, Brüssel 1927.
- ASSELBERGHS, E., & HENKE, W.: Le Siegenien et le Gedinnien du Hunsrück et du Taunus. — Bull. Acad. roy. Belgique (Cl. des Sciences), **21**, S. 865—882, Brüssel 1935.
- ASSELBERGHS, E., HENKE, W., SCHRIEL, W., & WUNSTORF, W.: Über eine gemeinsame Exkursion durch die Siegener Schichten des Rheinischen Schiefergebirges und der Ardennen. — Jb. preuß. geol. L.—A. für 1935, **56**, S. 324—370, Berlin 1936.
- BALK, R.: Fabric of quartzites near thrust faults. — J. of Geol., **60**, S. 415—435, Chicago, Illinois, U.S.A. 1952.
- BAUSCH VAN BERTSBERGH, J. W.: Richtungen der Sedimentation in der rheinischen Geosyncline. — Geol. Rdsch., **31**, S. 328—364, Stuttgart 1940.
- BEHRE, C. H.: Slate in Pennsylvania. — Pennsylvania Geol. Surv., IVth Ser., Bull. M. **16**, 1933.
- BILLINGS, M. P.: Structural Geology. 473 S., New York 1950.
- BORN, A.: Ein Beitrag zur Gebirgsbildung des varistischen Bogens. — Geol. Rdsch., **12**, S. 292—309, Leipzig 1921 (1921a).
- Über jungpaläozoische kontinentale Geosynklinalen Mitteleuropas. — Abh. senckenb. naturf. Ges., **37**, H. 4, Frankfurt a. M. 1921 (1921b).
- Gefügestudien an Gesteinen des varistischen Gebirges. — N. Jb. Min. etc., Beil. — Bd., **52**, Abt. B, S. 123—161, Stuttgart 1925 (1925a).
- Über Faziesstockwerke in Faltengebirgen. — Geol. Rdsch., **16**, S. 414—416, Berlin 1925 (1925b).
- Die Anordnung der Schieferungsflächen in den rheinischen Massen. — Senckenbergiana, **9**, S. 169—178, Frankfurt a. M. 1927.
- Über Druckschieferung im varistischen Gebirgskörper. — Fortschr. Geol. u. Paläontol., **7**, S. 330—427, Berlin 1929.
- Über zonare Gliederung im höheren Bereich der Regionalmetamorphose. — Geol. Rdsch., **21**, S. 1—14, Berlin 1930.
- BREDDIN, H.: Das Wesen der Druckschieferung im Rheinischen Schiefergebirge. — Cbl. Min. etc., **1931**, B, S. 202—216, Stuttgart 1931.
- BÜCKING, H.: Über Porphyroidschiefer und verwandte Gesteine des Hinter-Taunus. — Ber. senckenb. naturf. Ges., **1903**, S. 155, Frankfurt a. M. 1903.
- BURRE, O.: Die Dach- und Plattenschiefer des Rheinischen Schiefergebirges. — In DIENEMANN-BURRE: Die nutzbaren Gesteine Deutschlands usw., **2**, S. 436—448, Stuttgart 1929.
- CADISCH, J.: Geologie der Schweizer Alpen. Basel 1953.
- CHANG SHOU CHANG: Zur Lage der Faltenachsen im Rheinischen Gebirge. — Geol. Rdsch., **31**, S. 208—226, Stuttgart 1940.
- CLOOS, E.: Oölite deformation in the South Mountain fold. — Maryland Bull. Geol. Soc. Amer., **58**, 1947.

- CLOOS, H.: Einführung in die Geologie. Berlin 1936.
- Hebung—Spaltung—Vulkanismus. Elemente einer geometrischen Analyse irdischer Großformen. — Geol. Rdsch., **30**, S. 401—527, Stuttgart 1939.
- Gang und Gehwerk einer Falte. — Z. deutsch. geol. Ges. 1948, **100**, S. 290—303, Hannover 1950.
- CLOOS, H., & MARTIN, H.: Der Gang einer Falte. — Fortschr. Geol. u. Pal., **11**, H. 33, DEECKE - Festschrift, Berlin, S. 74—88, Berlin 1932.
- CLOOS, H., & SCHOLTZ, H.: Die Grundlagen des Deckenbaues im südlichen Hunsrück. — Geol. Rdsch., **21**, S. 289—293, Berlin 1930.
- DAHLGRÜN, F.: Über Vergenzen im linksrheinischen Schiefergebirge. — Sber. preuß. geol. L.-A. f. 1931, **7**, S. 63—69, Berlin 1932.
- DAHMER, G.: Unterkoblenzschichten mittlrheinischer Facies bei Winnigen a. d. Mosel. — Jb. preuß. geol. L.-A. f. 1920, **41**, S. 189—191, Berlin 1921.
- Die Fauna der obersten Siegener Schichten von der Unkelmühle bei Eitorf a. d. Sieg. — Abh. preuß. geol. L.-A., N. F. **168**, Berlin 1936.
- Lebensspuren aus dem Taunusquarzit und den Siegener Schichten (Unterdevon). — Jb. preuß. geol. L.-A. f. 1936, **57**, S. 523—539, Berlin 1937.
- Fährten, Wohnbauten und andere Lebensspuren mariner Tiere im Taunusquarzit des Rheintaunus. — Jb. nass. Ver. Naturk., **85**, S. 64—79, Wiesbaden 1938.
- DAPPLES, E. C., & ROMINGER, J. F.: Orientation analysis of fine-grained elastic sediments (A report of progress). — J. of Geol., **53**, S. 246—266, Chicago, Illinois, U.S.A. 1945.
- DECHEN, H. v.: Geologische und Paläontologische Übersicht der Rheinprovinz und der Provinz Westfalen. — Erl. geol. Karte Rheinprovinz u. Provinz Westf., **2**, Bonn 1884.
- DREVERMANN, F.: Die Fauna der Siegener Schichten von Seifen unweit Dierdorf (Westerwald). — Paläontogr., **49**, S. 73—119, Stuttgart 1904.
- Bemerkungen zu den neueren Arbeiten über das Hercyn im rheinischen Schiefergebirge. — Geol. Rdsch., **6**, S. 105—113, Leipzig 1915.
- DUMONT, A.: Mémoire sur les Terrains ardennais et rhénans de l'Ardenne, du Rhin, du Brabant et du Condroz. — Mém. Acad. roy. Belg., **22**, Brüssel 1848.
- ENGELS, B.: Zur Tektonik des Dachschiefers im Thüringer Wald. — Beih. Z. Geol., **1**, Berlin 1952 (1952a).
- Über Faltung und Scherung im Bereich des „Frankenwälder Quersattels“. — Z. deutsch. geol. Ges., **104**, **1**, S. 62—68, Hannover 1952 (1952b).
- Zur Tektonik des Dachschiefers von Kaub (Rheinisches Schiefergebirge). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **81**, S. 243—254, Wiesbaden 1953.
- Über die Fazies des Hunsrückschiefers. — Geol. Rdsch., **44** (im Druck), Stuttgart 1955.
- ENGELS, B., & BANK, H.: Ein Querprofil im Bereich der Dachschiefergrube Eschenbach I bei Bundenbach im Hunsrück. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **82**, S. 247—254, Wiesbaden 1954.
- FAIRBAIRN, H. W.: Notes on the mechanics of rock foliation. — J. of Geol., **43**, S. 591—608, Kingston, Ontario 1935.
- FAIRBAIRN, H. W., & CHAYES, F.: Structural petrology of deformed rocks. Addison-Wesley Press, Inc., Cambridge 42, Massachusetts, U.S.A. 1949.
- FALKE, H.: Spezialtektonik am Nordrand der Nahemulde. — Z. deutsch. geol. Ges., **101**, S. 59—69, Hannover 1950 (1950a).
- Stratigraphische Probleme des pfälzischen Rotliegenden. — N. Jb. f. Geol. u. Pal., Mh., **50**, H 5, S. 134—144, Stuttgart 1950 (1950b).
- Probleme des saarpfälzischen Rotliegenden (Eine Diskussionstagung in Mainz vom 24. bis 27. Oktober 1950). — Z. deutsch. geol. Ges., **103**, S. 238—252, Hannover 1952.
- Neue Erkenntnisse über das pfälzische Rotliegende. — Geol. Rdsch., **42**, S. 92—93, Stuttgart 1953.

- FISCHER, G.: Die Gesteine der metamorphen Zone von Wippra. — Abh. preuß. geol. L.-A., N. F. **121**, Berlin 1929 (1929a).
 — Zum Problem der Schieferung. — Cbl. Min. etc., Beil. — Bd. **57**, Abt B, S. 474—484, Stuttgart 1929 (1929b).
- FLÜGEL, H.: Kinematik einer Großfalte des Grazer Paläozoicums. — N. Jb. f. Geol. u. Pal., Mh., **52**, H. 4, S. 169—180, Stuttgart 1952.
 — Kinematik einer Falte des Rheinischen Schiefergebirges. — N. Jb. f. Geol. u. Pal., Mh., **54**, S. 193—203, Stuttgart 1954.
- FOLLMANN, O.: Die Koblenzschichten am Mittelrhein und im Moselgebiet. — Verh. naturh. Ver. Rheinld. Westf., **78/79**, S. 1—105, Bonn 1925.
- FOURMARIER, P.: Sur quelques particularités de la schistosité. — Ann. Soc. Géol. Belg., Bull. **71**, S. 59—69, Brüssel 1947.
- FRANK, W.: Beiträge zur Geologie des südöstlichen Taunus, insbesondere der Porphyroide dieses Gebietes. — Ber. oberhess. Ges. Natur- u. Heilk., **32**, S. 42—76, Gießen 1898.
- FRECH, F.: Über das Rheinische Unterdevon und die Stellung des „Hercyn“. — Z. deutsch. geol. Ges., **41**, S. 175—287, Berlin 1889.
- FUCHS, A.: Das Unterdevon der Loreleigegend. — Jb. nass. Ver. Naturk., **52**, S. 1—96, Wiesbaden 1899.
 — Über neuere Beobachtungen im Unterdevon der Loreleigegend (Mittelrhein). — Jb. nass. Ver. Naturk., **54**, S. 41—49, Wiesbaden 1901.
 — Die Stratigraphie des Hunsrückschiefers und der Unterkoblenzschichten am Mittelrhein nebst einer Übersicht über die spezielle Gliederung des Unterdevons mittelrheinischer Facies und die Faciesgebiete innerhalb des rheinischen Unterdevons. — Z. deutsch. geol. Ges., **59**, S. 96—119, Berlin 1907.
 — Über eine Unterkoblenzfauna bei Daaden und ihre Beziehungen zu einigen rheinischen Unterdevonstufen. — Cbl. Min. etc., Jg. **1911**, S. 705—717, Stuttgart 1911.
 — Der Hunsrückschiefer und die Unterkoblenzschichten am Mittelrhein (Loreleigegend). 1. Teil. Beitrag zur Kenntnis der Hunsrückschiefer- und Unterkoblenzfauna der Loreleigegend. — Abh. preuß. geol. L.-A., N. F. **79**, Berlin 1915.
 — Zur Stratigraphie und Tektonik der Prophyroidtuffe führenden Unterkoblenzschichten zwischen dem Mittelrhein und dem östlichen Taunus. — Z. deutsch. geol. Ges., **68**, Mber., S. 57—70, Berlin 1916.
 — Beiträge zur Stratigraphie und Tektonik des Rheinischen Schiefergebirges. — Jb. preuß. geol. L.-A. f. 1922, **43**, S. 338—356, Berlin 1923.
 — Tektonische Probleme im Rheinischen Schiefergebirge, insbesondere heterotrope Faltenstellung u. präsideritische Schieferung. — Z. deutsch. geol. Ges., **80**, Mber., S. 137—139, Berlin 1928.
 — Versuche zur Lösung des Hunsrückschieferproblems. — Sber. preuß. geol. L.-A., **5**, S. 231—245, Berlin 1930 (1930a).
 — Bericht über die Begehungen vor der Hauptversammlung in Koblenz. A 4. Rheinprofil zwischen Kaub und St. Goarshausen. — Z. deutsch. geol. Ges., **82**, S. 654—655, Berlin 1930 (1930b).
 — Erl. geol. Karte v. Preußen usw. 1:25000, Lfg. **288**, Blatt Bad Schwalbach, Berlin 1930 (1930c).
 — Über die Lagerungsform mittelrheinischer Diabasgänge. — Sber. preuß. geol. L.-A., **7**, S. 137—146, Berlin 1932.
 — Sedimentation und Faunenfolge im Unter- und Mitteldevon des Rheinischen Schiefergebirges. — Z. deutsch. geol. Ges., **85**, S. 455—457, Berlin 1933.
- GAERTNER, H. R. v.: Über die Zerschierung mächtiger Quarzitbänke. — Sber. preuß. geol. L.-A., **7**, S. 5—8, Berlin 1932.
 — Geometrische Überlegungen zur Schieferung (Vortrag Mainz April 1949). — Geol. Rdsch., **37**, S. 87, Stuttgart 1949.
 — Probleme des Saxothuringikums. — Geol. Jb., **65**, S. 409—450, Hannover 1950 (1950a).

- Über Unterschiede in der Ausbildung von Sätteln und Mulden. — *Geol. Jb.*, **65**, S. 31—34, Hannover 1950 (1950b).
- Die geometrischen Beziehungen zwischen Schieferung und Faltenachsen. — *Z. deutsch. geol. Ges.*, **104**, I, S. 69—93, Hannover 1952.
- GERTH, H.: Gebirgsbau und Facies im südlichen Teile des Rheinischen Schiefergebirges. — *Geol. Rdsch.*, **1**, S. 82—96, Leipzig 1910.
- GOSSELET, J.: Deux excursions dans le Hunsrück et le Taunus. — *Ann. Soc. géol. Nord*, **17**, 1889—1890, S. 300—342, Lille 1890.
- GREBE, H.: Über die Quarzit-Sattel-Rücken im südöstlichen Teile des Hunsrück (linksrheinischen Taunus). — *Jb. preuß. geol. L.-A. f.* 1880, S. 243—259, Berlin 1881.
- Geologische Übersicht über den Hunsrück und den Hochwald. In: *Hochwald- und Hunsrückführer*, S. 36—46, Kreuznach 1892.
- Über Ergebnisse der Aufnahmen auf der Hochfläche des Hunsrück, des Soon- und Idarwaldes. — *Jb. preuß. geol. L.-A. f.* 1891, **12**, S. LIX—LXVI, Berlin 1893.
- GREENMAN: The mechanical analysis of sediments from thin-section data. — *J. of Geol.*, **59**, S. 447—463, Chicago, Illinois, U.S.A. 1951.
- GROSS, W.: Die Wirbeltiere des Rheinischen Devons. — *Abh. preuß. geol. L.-A.*, N. F. **154**, Berlin 1933.
- Die Wirbeltiere des Rheinischen Devons II. — *Abh. preuß. geol. L.-A.*, N. F. **176**, Berlin 1937.
- GRODDECK, A. v.: Zur Kenntnis einiger Serizitgesteine, welche neben und in Erzlagerstätten auftreten. Ein Beitrag zur Lehre von den Lagerstätten der Erze. — *N. J. Min., Beil.-Bd.* **2**, S. 72—138, Stuttgart 1883.
- GUNDLACH, K.: Der unterkarbonische Vulkanismus im variskischen Gebirge Mitteldeutschlands. — *Abh. preuß. geol. L.-A.*, N. F. **157**, Berlin 1933.
- GURLITT, D.: Das Mittelrheintal. Formen und Gestalt. — *Forsch. deutsch. Landeskd.*, **46**, Stuttgart 1949.
- GUTENBERG, G.: Das Taunusbeben vom 22. Januar 1930. — *Natur und Museum*, **60**, S. 146—151, Frankfurt a. M. 1930.
- GUTHÖRL, P.: Das Leben im Dachschiefer des Hunsrücks. — *Saarbrücker Bergmannskalender* 1943.
- HEIM, Alb.: Geologie der Schweiz. I. Molasseland und Juragebirge. Leipzig 1919.
- HENKE, W.: Siehe ASSELBERGHS & HENKE
- HOEPPENER, R.: Faltung und Klüftung im Nordteil des Rheinischen Schiefergebirges. — *Geol. Rdsch.*, **41**, S. 128—144, Stuttgart 1953.
- HOLZAPFEL, E.: Das Rheintal von Bingerbrück bis Lahnstein. — *Abh. preuß. geol. L.-A.*, N. F. **15**, Berlin 1893.
- *Erl. geol. Karte v. Preußen usw.* 1: 25000, Lfg. **111**, Blatt St. Goarshausen, Berlin 1904.
- Die Faziesverhältnisse des rheinischen Devons. — *v. KOENEN-Festschr.*, S. 231—262, Stuttgart 1907.
- INGERSON, E.: Fabric analysis of a coarsely crystalline polymetamorphic tectonite. — *Ann. J. Sci.*, **231**, S. 161—187, 1936.
- KARL, F.: Analytisch-tektonische Studien an Gesteinen des Gerlostales. — *N. Jb. Geol. u. Pal., Mh.*, **52**, H. 1, S. 5—24, Stuttgart 1952.
- KAYSER, E.: Untersuchungen im Regierungsbezirk Wiesbaden und auf dem Hunsrück. — *Jb. preuß. geol. L.-A. f.* 1884, **5**, S. LII—LVI, Berlin 1885.
- Über einige neue oder wenig gekannte Versteinerungen des rheinischen Devons. — *Z. deutsch. geol. Ges.*, **41**, S. 288—296, Berlin 1889.
- Beiträge zur Kenntnis der Fauna der Siegenschen Grauwacke. — *Jb. preuß. geol. L.-A. f.* 1890, **11**, S. 95—107, Berlin 1892.

- Lehrbuch der Geologischen Formationskunde. I. C. Devonische Formation. — 6. u. 7. Aufl., S. 175—260, Stuttgart 1923.
- KEGEL, W.: Der Taunusquarzit von Katzenelnbogen. — Abh. preuß. geol. L.-A., N. F. **76**, Berlin 1913.
- Sedimentation und Faltung im Rheinischen Schiefergebirge. — Z. deutsch. geol. Ges., **88**, S. 577—578, Berlin 1936.
- KIENOW, S.: Die innere Tektonik des Unterdevons zwischen Rhein, Mosel und Nahe. — Jb. preuß. geol. L.-A. f. 1933, **54**, S. 58—95, Berlin 1934.
- Grundzüge einer Theorie der Faltungs- und Schieferungsvorgänge. — Fortschr. Geol. u. Paläontol., **46**, Berlin 1942.
- Beiträge zur Geomechanik. I. Über Faltungsschieferung. — N. Jb. Min. usw., Abh. **90** Abt. B, Stuttgart 1949.
- Über Gleitfaltung und Gleitfaltschieferung. — Geol. Rdsch., **41**, S. 110—128, Stuttgart 1953.
- KNOPF, E. B., & INGERSON, E.: Structural petrology. — Geol. Soc. Amer. Mem., **6**, 1938.
- KOCH, K.: Über die Gliederung der rheinischen Unterdevon-Schichten zwischen Taunus und Westerwald. — Jb. preuß. geol. L.-A. f. 1880, **1**, S. 190—242, Berlin 1881.
- KOSSMAT, F.: Gliederung des varistischen Gebirgsbaues. — Abh. sächs. geol. L.-A., **1**, Leipzig 1927.
- KRÄUSEL, R., & WEYLAND, H.: Die Flora des deutschen Unterdevons. — Abh. preuß. geol. L.-A., N. F. **131**, Berlin 1930.
- KREJCI-GRAF, K.: Definition der Begriffe Marken, Spuren, Fährten, Bauten, Hieroglyphen und Fucoiden.-Senckenbergiana, **14**, S. 19—39, Frankfurt a. M. 1932.
- KUBELLA, K.: Zum tektonischen Werdegang des nördlichen Taunus. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **3**, S. 1—81, Wiesbaden 1951.
- KUTSCHER, F.: Zur Entstehung des Hunsrückschiefers am Mittelrhein und auf dem Hunsrück. — Jb. Nass. Ver. Naturk., **81**, S. 177—232, Wiesbaden 1931.
- Fossilien aus dem Hunsrückschiefer I. — Jb. preuß. geol. L.-A. f. 1933, **54**, S. 628—641, Berlin 1934.
- Taunusquarzit, Throner Quarzite und Hunsrückschiefer des Hunsrücks und ihre stratigraphische Stellung. — Jb. preuß. geol. L.-A. f. 1936, **57**, S. 186—237, Berlin 1937.
- Das Alter der Bornhofener Schichten (Unterdevon) am Mittelrhein und auf dem Hunsrück. — Ber. Reichsamt Bodenforsch., **1942**, H. 9/10, S. 179—186, Wien 1942.
- Unterdevonstratigraphie und Tektonik der Umgebung von Kisselbach (Hunsrück). — Geol. Jb., **66**, S. 249—256, Hannover 1951.
- LANDSBERG, H.: Zur Seismizität des Mainzer Beckens und seiner Randgebirge. — Gerl. Beitr. z. Geophysik, **38**, S. 167—171, Leipzig 1933.
- LEITH, C. K.: Structural Geology. New York 1923.
- LEPPA, A.: Zur Geologie des linksrheinischen Schiefergebirges. — Jb. preuß. geol. L.-A. f. 1895, **16**, S. 74—94, Berlin 1896.
- Aufnahmebericht über das Unterdevon des Rheintals auf den Blättern Caub, Preßberg und Algenroth. — Jb. preuß. geol. L.-A., **22**, S. 551—554, Berlin 1902.
- Erl. geol. Karte von Preußen usw. 1:25000, Lfg. **111**, Blatt Preßberg-Rüdesheim, Berlin 1904.
- Zur Stratigraphie und Tektonik der südlichen Rheinprovinz. — Jb. preuß. geol. L.-A. f. 1924, **45**, S. 1—88, Berlin 1925 (1925a).
- Beitrag zur Stratigraphie und Tektonik des Soonwaldes. — Jb. preuß. geol. L.-A. f. 1924, **45**, S. 194—196, Berlin 1925 (1925b).
- LUDWIG, R.: Der rheinische Dachschieferbergbau. — Z. Berg-, Hütten- und Salinenwesen, **15**, 1867.

- MARTIN, H.: Über Striement, Transport und Gefüge. — Geol. Rdsch., **26**, S. 103, Stuttgart 1935.
- Über Striement, Transport und Gefüge. — Geol. Rdsch., **27**, S. 304, Stuttgart 1936.
- MAURER, F.: Paläontologische Studien im Gebiet des rheinischen Devons. 5. Beiträge zur Gliederung der rheinischen Unterdevonschichten. — N. Jb. Min., S. 1, Stuttgart 1882.
- MEYER, F.: Zur Kenntnis des Hunsrücks. Stuttgart 1898.
- MICHEL, F.: Zur Tektonik des südlichen Taunus. — Sber. preuß. geol. L.-A., **1**, S. 73—77, Berlin 1926.
- MICHEL, F., LEPPLA, A., SCHLOSSMACHER, K. & WAGNER, W.: Erl. geol. Karte v. Preußen usw. 1 : 25000, Lfg. 288, Blatt Eltville-Heidenfahrt, Berlin 1931.
- MOSEBACH, R.: Zur Petrographie der Dachschiefer des Hunsrückschiefers. — Z. deutsch. geol. Ges. f. 1951, **103**, S. 368—376, Hannover 1952.
- : Zur petrographischen Kenntnis devonischer Dachschiefer. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **82**, S. 234—242, Wiesbaden 1954.
- NEUMANN, G. K.: Zum Problem der Großfaltung im Rheinischen Schiefergebirge. — Z. Ges. Erdk., **1935**, S. 321—353, Berlin 1935.
- NÖRING, F. K.: Das Unterdevon im westlichen Hunsrück. — Abh. preuß. geol. L.-A., N. F. **192**, Berlin 1939.
- Diskussionsbemerkung zum Vortrag G. SOLLE: „Die Hunsrückschiefer und ihre Eingliederung ins Rheinische Unterdevon“ vom 9. April 1949. — Geol. Rdsch., **37**, S. 108, Stuttgart 1949.
- OPITZ, R.: Bilder aus der Erdgeschichte des Nahe-Hunsrück-Landes Birkenfeld. Birkenfeld 1932.
- Tektonische Untersuchungen im Bereich der unterdevonischen Dachschiefer südöstlich vom Idarwald (Hunsrück). — Jb. preuß. geol. L.-A. f. 1934, **55**, S. 219—257, Berlin 1935.
- PILGER, A.: Die tektonischen Probleme des initialen Magmatismus. — Geol. Jb., **65**, S. 1—30, Hannover 1950.
- Geologische Kartierung und stratigraphische Untersuchung im Siegerländer Spateisensteinbezirk. — Bergbau Rdsch., **4**, Nr. 2, S. 94—97, Herne 1952 (1952a).
- Tektonik, Magmatismus und Vererzung, Zusammenhänge im ostrheinischen Schiefergebirge. — Z. deutsch. geol. Ges., **104**, 1, S. 198—218, Hannover 1952 (1952b).
- Zur Gliederung und Kartierung der Siegener Schichten, I., II. — Geol. Jb., **66**, S. 703—722, Hannover 1952 (1952c).
- PRELL, H.: Fossile Wurmröhren. — N. Jb. Mineral., Beil. Bd. **53**, Abt. B, S. 325—396, Stuttgart 1926.
- QUIRING, H.: Die stratigraphische Stellung des Hunsrückschiefers. — Geol. Rdsch., **17** A, S. 99—109, Berlin 1926.
- NW-SO-Schub im Koblenzer Pressungsgelenk des Rheinischen Gebirges. Ein Beitrag zur Genesis der Transversalschieferung. — Jb. preuß. geol. L.-A. f. 1928, **49**, I, S. 59—80, Berlin 1928.
- Rheindampferfahrt von Bingen nach Koblenz. — Z. deutsch. geol. Ges., **82**, S. 649—654, Berlin 1930.
- Über kontravergente Transformation von Faltenzonen im Rheinischen Gebirge. — Z. deutsch. geol. Ges., **91**, S. 421—432, Berlin 1939.
- Das Scheitelproblem. — Z. deutsch. geol. Ges., **104**, S. 321—325, Hannover 1953.
- REINACH, A. v.: Gebirgsbau und Stratigraphie des Taunus. — Jb. preuß. geol. L.-A. f. 1902, **23**, S. 596—608, Berlin 1905.
- RICHTER, M.: Metallogene und Tektonik westdeutscher Blei-Zinkerz-Lagerstätten. — Geol. Rdsch., **42**, S. 79—90, Stuttgart 1953.

- RICHTER, R.: Die fossilen Fährten und Bauten der Würmer, ein Überblick über ihre biologischen Grundformen und deren geologische Bedeutung. — *Paläontol. Z.*, **9**, S. 193—235, Berlin 1928.
- Tierwelt und Umwelt im Hunsrückschiefer; zur Entstehung eines schwarzen Schlammsteins. — *Senckenbergiana*, **13**, S. 299—342, Frankfurt a. M. 1931.
- Marken und Spuren im Hunsrückschiefer. II. Schichtung und Grund-Leben. — *Senckenbergiana*, **18**, S. 215—244, Frankfurt a. M. 1936.
- Marken und Spuren im Hunsrückschiefer. III. Fährten als Zeugnisse des Lebens auf dem Meeresgrunde. — *Senckenbergiana*, **23**, S. 218—260, Frankfurt a. M. 1941.
- RICHTER, R. & E.: Marken und Spuren im Hunsrückschiefer. I. Gefieß-Marken. — *Senckenbergiana*, **17**, S. 244—263, Frankfurt a. M. 1935.
- RÖSLER, A.: Die Fauna aus den „Bornicher Schichten“ (Unterdevon) des Gemeinde-Steinbruchs von Holzhausen a. d. Haide (Blatt Katzenelnbogen/Taunus). — *Notizbl. hess. L.-A. Bodenforsch.*, **81**, S. 138—153, Wiesbaden 1953.
- ROTHPLATZ, A.: Das Rheintal unterhalb Bingen. — *Z. deutsch. geol. Ges.*, **36**, S. 694—695, Berlin 1884.
- Das Rheintal unterhalb Bingen. — *Jb. preuß. geol. L.-A. f.* 1895, **16**, S. 9—39, Berlin 1896.
- RÜGER, L.: Die direkte gebirgstreue Übertragung der auf dem Universaldrehtisch gewonnenen Messungsergebnisse gebirgsorientierter Schiffe in das Diagramm. — *Sber. Heidelberg. Akad. Wiss., math.-naturw. Kl.*, **1927**, 12. Abh., Berlin und Leipzig 1927.
- Einige Bemerkungen zur Darstellung tektonischer Elemente, insbesondere von Klüften und Harnischen. — *Heidelbg. Akad. Wiss., math.-naturw. Kl.*, **1928**, 1. Abh., Berlin und Leipzig 1928.
- Die Untersuchungsergebnisse an Gesteinsdeformationen (Petrotektonik). — *Geol. Rdsch.*, **22**, Stuttgart 1931.
- Schieferung und tektonisches Streichen. — *Beitr. Geol. Thür.*, **4**, S. 198—206, Jena 1937.
- IV. Endogene Kinematik und Dynamik. 1. Gefügekunde. — *Geol. Jahresber.*, III A, 1941.
- SANDBERGER, F. v.: Über die Entwicklung der unteren Abteilung des devonischen Systems in Nassau, verglichen mit jener in anderen Ländern. — *Jb. Nass. Ver. Naturk.*, **42**, S. 1—107, Wiesbaden 1889.
- SANDER, B.: Gefügekunde der Gesteine. Wien 1930.
- Typisierung von deformierten Tonschiefern mit optischen und röntgenoptischen Mitteln. — *Z. Krist.*, **89**, S. 111, 1934.
- Über Striemung, Transport und Gefüge. — *Geol. Rdsch.*, **27**, H. 3, S. 298, Stuttgart 1936 (1936a).
- Zu H. MARTINS Erwiderung betr. Striemung, Transport und Gefüge. — *Geol. Rdsch.*, **27**, H. 3, Stuttgart 1936 (1936b).
- Gefügekunde und ihre Anwendungen. — *Z. angew. Min.*, **1**, H. 4, 1939.
- Einführung in die Gefügekunde der geologischen Körper. I. Teil. Allgemeine Gefügekunde und Arbeiten im Bereich Handstück bis Profil. Wien und Innsbruck 1948.
- Einführung in die Gefügekunde der geologischen Körper. II. Teil. Die Korngefüge. Wien und Innsbruck 1950.
- SCHMIDT, W.: Gefügestatistik. — *Tscherm. Min. u. Petr. Mitt.*, **38**, 1925.
- Gefügesymmetrie und Tektonik. — *Jb. Geol. Bundesanst. Wien*, **76**, Wien 1926.
- Zur Quarzgefügeregel. — *Fortschr. Mineral.*, **11**, 1927.
- Tektonik und Verformungslehre. Berlin (Borntäger) 1932.
- SCHMIDT, W., & LINDLEY, H. W.: Scherung. — *Mineral. u. Petr. Mitt.*, **50**, 1938.
- SCHOLTZ, H.: Das varistische Bewegungsbild, entwickelt aus der inneren Tektonik eines Profils von der Böhmisches Masse bis zum Massiv von Brabant. — *Fortschr. Geol. u. Palaeontol.* **8**, S. 235—316, Berlin 1930.

- Über das Alter der Schieferung und ihr Verhältnis zur Faltung. — Jb. preuß. geol. L.-A. f. 1931, **52**, S. 303—316, Berlin 1932.
- Faltung und Schieferung im ostsauerländer Hauptsattel. — Cbl. Mineral. usw., 1932, Abt. B, S. 321—335, Stuttgart 1932.
- SCHWINNER, R.: Scherung, der Zentralbegriff in der Tektonik. — Cbl. Mineral. usw. 1924, Abt. B, S. 469—479, Stuttgart 1924.
- Der Begriff Scherung in der Tektonik. — Cbl. Mineral. usw., 1928, Abt. B, S. 31—43, Stuttgart 1928.
- SEITZ, O.: Das Wulffsche Netz als Hilfsmittel bei tektonischen Untersuchungen. — Glückauf, **19**, S. 1—7, Essen 1924.
- SOLLE, G.: Zur Entstehung der Kieselgallen. — Senckenbergiana, **19**, S. 385—391, Frankfurt a. M. 1937.
- Die ersten Bohr-Spongien im europäischen Devon und einige andere Spuren. — Senckenbergiana, **20**, Frankfurt a. M. 1938.
- Die Hunsrückschiefer und ihre Eingliederung ins Rheinische Unterdevon. — Geol. Rdsch., **37**, S. 108, Stuttgart 1949.
- Obere Siegener Schichten, Hunsrückschiefer, tiefstes Unterkoblenz und ihre Eingliederung ins Rheinische Unterdevon. — Geol. Jb., **65**, S. 299—380, Hannover 1950 (1950a).
- Beobachtungen und Deutungen zum Unterkoblenz im Taunus und Hunsrück. — Senckenbergiana, **31**, S. 185—196, Frankfurt a. M. 1950 (1950b).
- Die Spiriferen der Gruppe *arduennensis* — *intermedius* im Rheinischen Devon. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **5**, Wiesbaden 1953.
- STILLE, H.: Zur Einführung in die Phasen der paläozoischen Gebirgsbildung. — Z. deutsch. geol. Ges., **80**, S. 1—25, Berlin 1928.
- TEIKE, M.: Über durch Schubklüftung verursachte Stauchung und Aufblätterung von Schiefen und eine daran geknüpfte Erzlagerstätte bei Altlay (Hunsrück). — Jb. Reichsamt Bodenforsch. f. 1942, **63**, S. 413—423, Berlin 1944.
- THIENHAUS, R.: Präsideritische Tektonik auf Grube „Pfannenberger Einigkeit“ im Siegerland. — Geol. Rdsch., **41**, S. 181—190, Stuttgart 1953 (1953a).
- Das Problem der Entstehung und Altersstellung der Siegerländer Spateisensteingänge. — Geol. Rdsch., **42**, S. 63—79, Stuttgart 1953 (1953b).
- VOGEL, K.: Betrachtungen über den Aufbau des Rheinischen Schiefergebirges. — Metall u. Erz, **17**, S. 185—192, 212—220, Halle 1920 (desgl. Verh. naturhist. Ver. Rheinl. usw., **76**, S. 31—76, Bonn 1919).
- Weitere Betrachtungen über das Rheinische Schiefergebirge. — Verh. naturhist. Ver. Rheinl. usw., **82**, S. 349—376, Bonn 1926.
- WALLACE, R. E.: Geometry of shearing stress and relation to faulting. — J. of Geol., **59**, S. 118—130, Chicago, Illinois, U.S.A. 1951.
- WEGMANN, C. E.: Note sur le boudinage. — Bull. Soc. geol. France, (5) **2**, S. 477—491, 1932.
- WEINMANN: Der Dachschieferbergbau Westdeutschlands. Steinbruch 1910.
- WOLBURG, J.: Das Devon im Gebiet der oberen Lenne. — Abh. preuß. geol. L.-A., N. F. **151**, Berlin 1933.
- ZILCH, A.: *Teleosteus primaevus*, Vogler, 1860 aus dem Unter-Devon von Kaub = *Rhipidophyllum*, Sandberger 1889. — Senckenbergiana, **19**, S. 431—432, Frankfurt a. M. 1937.
- Beschreibung und Karten der Bergreviere Weilburg (1879), Coblenz I (1883), Coblenz II (1884) und Wiesbaden-Diez (1893).

Karten

- DECHEN, H. v.: Geologische Karte der Rheinprovinz und der Provinz Westfalen 1 : 80000.
Sektion: Kreuznach 1865 und Wiesbaden 1865.
— Geologische Übersichtskarte der Rheinprovinz und der Provinz Westfalen 1 : 500 000.
2. Aufl. 1883.
- FUCHS, A.: Geologische Übersichtskarte der Loreleigegend (Mittelrhein) 1 : 50000. Berlin
1915.
- HOLZAPFEL, E.: Geologische Karte von Preußen 1 : 25000, Blatt St. Goarshausen, Berlin
1904.
- HOLZAPFEL, E., & LEPLA, A.: Geologische Karte von Preußen 1 : 25000 Blatt Caub, Berlin
1904.
- PAECKELMANN, W.: Geologisch-tektonische Übersichtskarte des Rheinischen Schiefer-
gebirges 1 : 200 000, Blatt 1 und 2, Berlin 1926.
- QUIRING, H.: Geologische Übersichtskarte von Deutschland 1 : 200 000, Blatt Koblenz,
Berlin.

Manuskript eingegangen am 23. 9. 1954

Adresse des Autors:

Privatdozent Dr. BRUNO ENGELS, Geologisches Staatsinstitut
Hamburg 36, Esplanade 1 b.

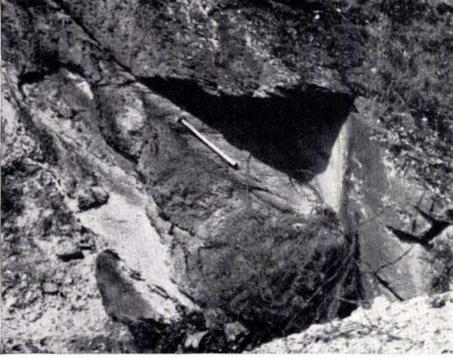
Für die Redaktion verantwortlich:

Dipl.-Geol. Dr. FRITZ KUTSCHER, Regierungsgeologe
beim Hessischen Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden, Mainzer Straße 25

Tafel 1

Tafel 1

- Fig. 1 Inverse Lagerungsverhältnisse der flach nach rechts (SE) einfallenden Schichten. Horizontale Schieferungsflächen! Km.-Stein 21,8, rechtsrheinisch, nördlich Kaub (vergl. Abb. 12).
- Fig. 2 Nach links (NW) einfallende Schichtung, vertikal verlaufende Schieferung und sigmoidal verbogene (im Mittel horizontal liegende) Schubklüftung. — Am unteren Weinbergsweg südlich Burg Gutenfels. (Vergl. Abb. 13).
- Fig. 3 Knickung der Schieferung an paarweise auftretenden Klüften (Knitterung). Die Schichtung verläuft fast parallel der Schieferung (weiße Linien = Kreidestriche). — Oberes Leimbachtal nördlich Bacharach.
- Fig. 4 Flache Überschiebungsbahn (NW = links) mit porösem Quarzmylonit (unmittelbar unter dem Hammerkopf). Die Schichtung verläuft in Richtung des Hammerstiels, die Schieferung ein wenig steiler. — Straßenanschnitt am Fuß der Loreley.
- Fig. 5 „Kauber Walze“ (weiß = Quarz). Die Schieferung verläuft in Richtung des Hammerstiels (steil nach SE einfallend). Die nach links einfallenden Klüfte sind „Schubklüfte“ (vergl. auch Tafel 4, Fig. 18). — Dachschiefergrube „Wilhelm-Erbstollen“, Kaub, am 8. Querschlag der I. Sohle.
- Fig. 6 Überkippte Falte. Der überkippte Schenkel (im Bilde rechts) ist nur 2 m mächtig. — Südlich Oberwesel.



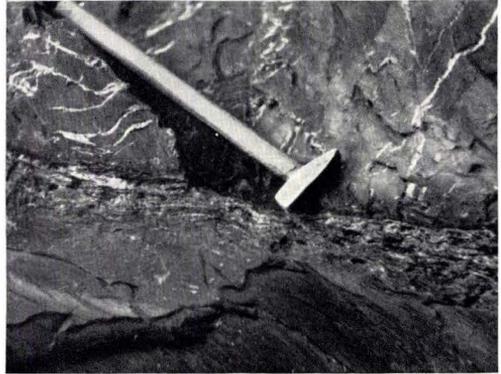
1



2



3



4



5



6

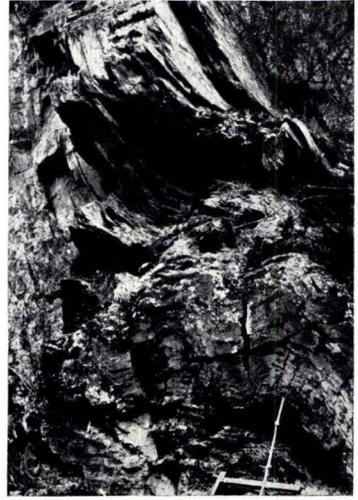
Tafel 2

Tafel 2

- Fig. 7 Fächerfalte nach Kurve der „EULERSchen Elastika“. Eine etwa 10 cm mächtige feingeschichtete Sandsteinbank ist zu einer ca. 30 cm mächtigen enggefältelten quarzitischen „Lage“ zwischen Tonschiefern gestaucht (weiß = Kreidestriche). — Km.-Stein 132,560 linksrheinisch, hangaufwärts.
- Fig. 8 Schleppfalte. — Leimbachtal, nördlich der ehemaligen Dachschiefergrube „Gute Hoffnung“.
- Fig. 9 Anschwellen der Schichten im Scharnier des Sattels und Reduzierung auf dem überkippten, steil nach SE (rechts) einfallenden Schenkel. „Scherfalte“ im Tonschiefer. — Weinbergsweg südlich der Winzervereinigung Kaub.
- Fig. 10 Geringere Mächtigkeit des steilen Sattelschenkels einer quarzitischen Grauwackenbank gegenüber dem flach nach SE (links) einfallenden Schenkel. — Straßenanschnitt nördlich der Wahrschau am Bettunnel bei St. Goar.
- Fig. 11 Meilerförmige Anordnung der Schieferungsflächen, links in Richtung des Hammerstiels, rechts spitzwinkelig dazu (weiß = Kreidestriche). — Spezialmulde in quarzitischem Sandstein südlich der Loreley.



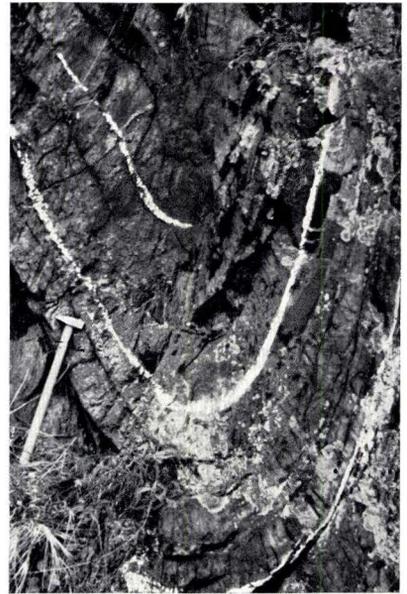
7



8



9



11

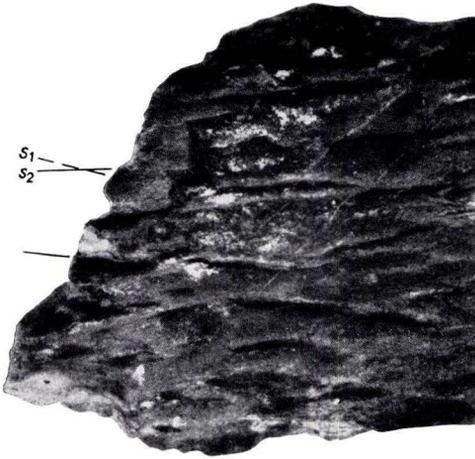


10

Tafel 3

Tafel 3

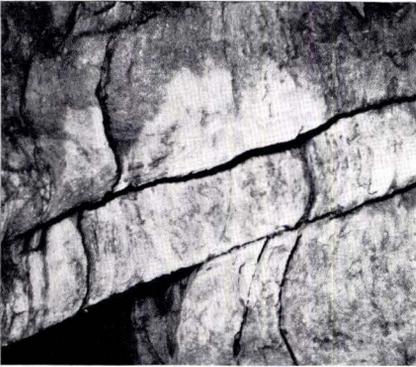
- Fig. 12 Mehrere Scherflächenscharen (Schieferungen) auf der Schichtfläche eines quarzischen Grauwackenbänkchens. — Unmittelbar nördlich Bacharach.
- Fig. 13 Zwei Scherflächenscharen (Schieferungen), die eine parallel zur Längskante des Kompasses, die andere spitzwinkelig dazu. Schichtoberfläche in sandigem Tonschiefer. — Auf halber Höhe zwischen der Schönburg und der südl. Kirche von Oberwesel.
- Fig. 14 An Schichtflächen sigmoidal gekrümmte Schieferung. — Oberste Sohle der „Grube Rhein“.
- Fig. 15 Weitständige Schubklüftung, uneben nach links (NW) einfallend. — Nördlich der ehemaligen Dachschiefergrube „Gute Hoffnung“ im Leimbachtal.
- Fig. 16 Überschiebung nach rechts (SE) einfallend, z. T. parallel den Schichtflächen. — Straßenanschnitt am Fuß der Loreley.
- Fig. 17 Kleingefälte Fiederspalten (mit Milchquarz gefüllt) einer Überschiebung. — Oberhalb des „Wilhelm-Erbstollens“ bei Kaub.



12



13



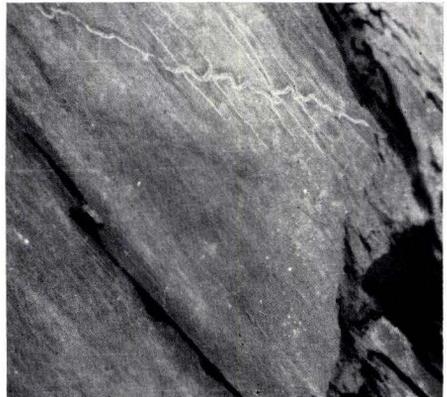
14



15



16

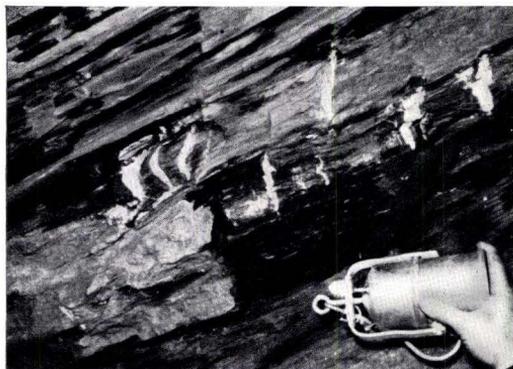


17

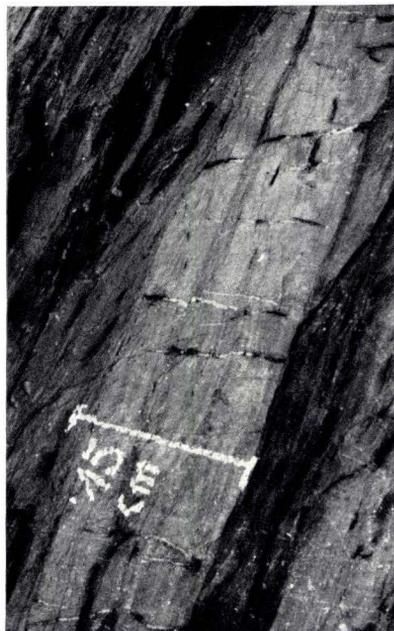
Tafel 4

Tafel 4

- Fig. 18 „Kauber Walze“ (weiß = Quarz). Die Schieferung verläuft in Richtung des Hammerstiels (steil nach SE einfallend). Die nach rechts (NW) einfallenden Klüfte sind „Schubklüfte“ (vergl. Tafel 1, Fig. 5). — Dachschiefergrube „Rhein“.
- Fig. 19 „Seitenverschiebung“ auf Schieferungsbahnen, erkennbar an der Versetzung eines Quarzganges (weiß). — Blick gegen die Firste eines Stollens in der Dachschiefergrube „Rhein“.
- Fig. 20 Quarzgefüllte (weiß = Quarz) Gesteinsspältchen sind an steil nach rechts (SE) einfallenden Schichtflächen abgeschoben. Hinweis für die überkippte Lagerung der Schichtung. — Dachschiefergrube „Rhein“.
- Fig. 21 Zwei sich schneidende Scharen von Querspalten (weiß = Quarz), die diagonal zur waagerechten Faltenachse verlaufen (Scherspalten). — Schenkelbachtal südlich Kaub.
- Fig. 22 Quarzgefüllte Gesteinsspalten (Querprofil) sind an flach nach rechts (SE) einfallenden Schichtflächen aufgeschoben. — Straßenanschnitt am Fuß der Loreley.



20



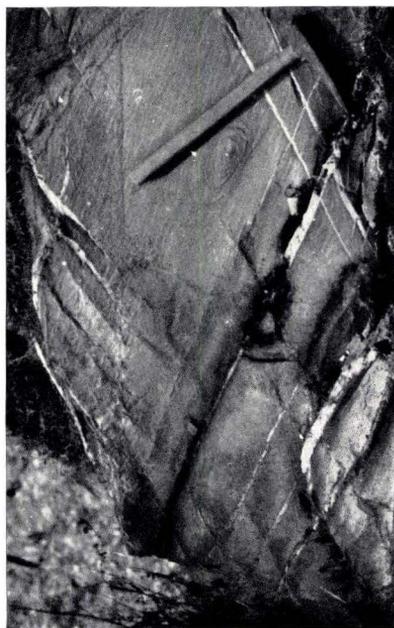
22



19



18



21

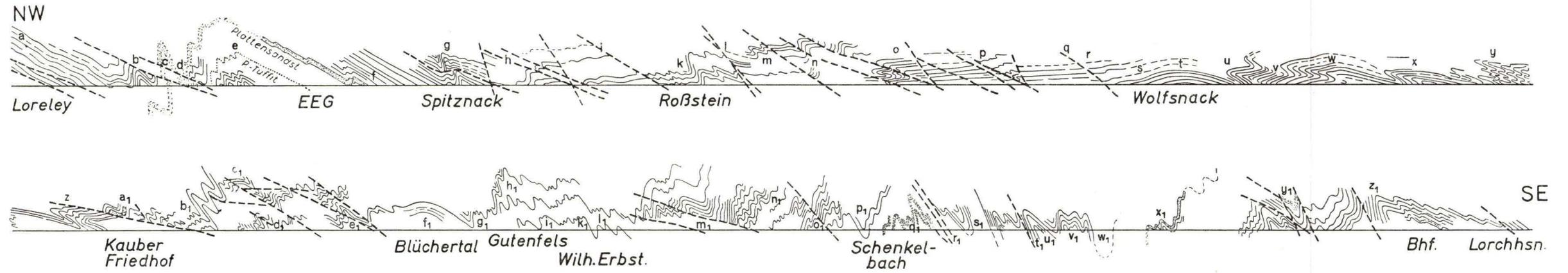
Tafel 5

Tafel 5

Zwei Querprofile beiderseits des Rheins zwischen Loreley und Lorchhausen.

Jedes Profil wurde aus den Aufschlüssen des betreffenden Talabhanges zusammengestellt. Die Buchstaben des „Rechtsrheinischen Profils“ deuten örtliche Struktur- und Gesteins-Merkmale an, die sich offenbar im „Linksrheinischen Profil“ — gekennzeichnet durch entsprechende Buchstaben — wiedererkennen lassen. Die Entfernung der beiden Querprofile voneinander dürfte im Durchschnitt etwa 1 km betragen. Nähere Erläuterung der Profile im Text (S. 72)

Rechtsrheinisches Querprofil



Linksrheinisches Querprofil

