

Die Mullion-Strukturen
in der Nord-Eifel

Von

Andreas Pilger, Clausthal-Zellerfeld

und

Wolfgang Schmidt, Krefeld

Mit 42 Abbildungen, 1 Tabelle und 8 Tafeln

Herausgegeben von

der Direktion des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung

Wiesbaden 1957

Im Vertrieb beim Hessischen Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden, Mainzer Straße 25

Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch.	20	53 S.	42 Abb.	1 Tab.	8 Taf.	Wiesbaden, 6. 3. 1957
--------------------------------	----	-------	---------	--------	--------	-----------------------

Abhandlungen des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung

Herausgegeben von
der Direktion des Hessischen Landesamtes
für Bodenforschung

Heft 20

Die Mullion-Strukturen in der Nord-Eifel

Von

Andreas Pilger, Clausthal-Zellerfeld

und

Wolfgang Schmidt, Krefeld

Mit 42 Abbildungen, 1 Tabelle und 8 Tafeln

Herausgegeben von

der Direktion des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung

Wiesbaden 1957

Im Vertrieb beim Hessischen Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden, Mainzer Straße 25

Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch.	20	53 S.	42 Abb.	1 Tab.	8 Taf.	Wiesbaden, 6. 3. 1957
--------------------------------	----	-------	---------	--------	--------	-----------------------

Inhalt

Einleitung	7
I. Zur Geschichte des Begriffes Mullion-Struktur	8
II. Vorkommen der Mullion-Strukturen in der Nord-Eifel	13
III. Die Mullion-Struktur Dedenborn (1)	16
a) Äußeres Bild	16
b) Beziehung zur Stratigraphie und Lagerungsverhältnisse	16
c) Das tektonische Inventar	17
d) Beschreibung der einzelnen Mullions	19
e) Die Mullion-Achsen	23
f) Beziehung der σ_1 -Flächen zu den Mullion-Achsen	24
g) Schieferung und σ_2 -Flächen	25
h) Rotieren der π_2 -Achsen	27
i) Rotieren der σ_1 -Flächen um die π_3 -Achse	30
k) „Weichzonen“ und Klüfte	32
IV. Die Mullion-Struktur Schöne Aussicht (2)	33
V. Die Mullion-Struktur Tiefenbach-Tal (3)	35
VI. Gefügekundliche Zusammenhänge der Mullion-Strukturen 1 bis 3	36
a) Mullion-Achsen	36
b) σ_1 -Flächen	37
c) Verstellte Schieferung und σ_2 -Flächen	38
d) Harnischstreifung	38
VII. Die Lage der Mullion-Strukturen im Rahmen des tektonischen Baues der Nord-Eifel.	40
a) Faltenstrukturen	40
b) Nord-Süd-Strukturen	42
c) Die Lage der Mullion-Strukturen an den Faltelementen und das Auftreten der Boudinage	43
VIII. Versuch der Darstellung eines zeitlichen Ablaufes bei der Bildung der Mullion-Strukturen	47
IX. Definition des Begriffes Mullion-Struktur (mullion structure)	49
Zusammenfassung	50
Schriftenverzeichnis	51

Einleitung

Bei der geologischen Kartenaufnahme der Top. Karte 1 : 25 000 Schleidern (Nr. 5404) in der Eifel fand WOCHMI. SDT 1952 an verschiedenen Stellen eigentümliche Strukturen auf der Unterseite steil stehender Grauwackenbänke in Schiefen der oberen Rurberger Schichten des oberen Siegeniums. Besonders charakteristisch und schön entwickelt treten diese Strukturen in einem Felsen am SW-Ausgang des Dorfes Dedenborn auf und bestehen hier aus langen, einander parallelen Wülsten in einer steil überkippten dünnen Grauwackenbank (Abb. 1, Tafel I Fig. 1). Als Wo. SCHMIDT zu

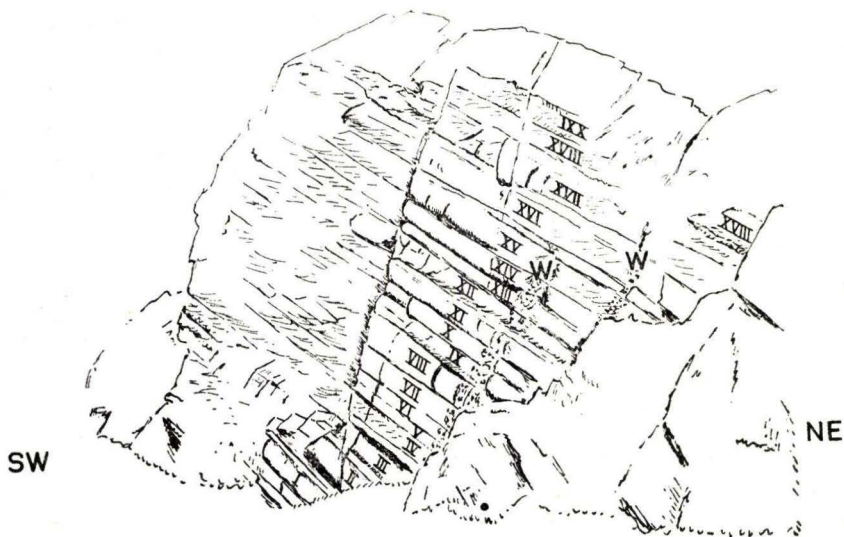


Abb. 1. Skizze der Mullion-Struktur von Dedenborn; Aufsicht auf die Schicht-Unterseite der 45 cm mächtigen, quarzitischen Sandsteinbank. Vgl. Taf. I Fig. 1. Die Nummern geben die einzelnen Mullions an. W = die beiden Weichzonen.

Ostern 1954 mehreren englischen Kollegen diesen Aufschluß vorführte, wurde er von ihnen darüber unterrichtet, daß in der englischen Literatur diese Struktur unter dem Namen „mullion structure“ eingeführt ist. Im Herbst 1955 gingen A. PILGER und Wo. SCHMIDT daran, die Mullion-Struktur von Dedenborn sowie weitere in der Umgebung speziell zu untersuchen. Die folgenden Ausführungen bringen das Ergebnis dieser Untersuchungen, wobei Wert darauf gelegt ist, diese Strukturen auch in den Bau des Gebirges einzupassen. Darüber hinaus soll aber, zusammen mit einem geschichtlichen Überblick über den Begriff „mullion structure“, dieser selbst scharf definiert und als

solcher in die deutsche Literatur eingeführt werden¹). Die Verfasser verzichteten darauf, einen neuen deutschen Ausdruck zu finden, sondern sprechen von Mullion-Struktur. Das englische Wort „mullion“ bedeutet Pfeiler-Bündel der Stützbögen gotischer Kirchen, was dem Bild, vor allem bei Dedenborn, ausgezeichnet entspricht.

I. Zur Geschichte des Begriffes Mullion-Struktur

Der Ausdruck „mullion structure“ taucht in der Literatur vermutlich zum ersten Mal im Jahre 1891 auf²). NOLAN beschrieb damals (in HULL, KINAHAN, NOLAN etc. 1891, S. 53) die Geologie der metamorphen Gesteine des Falcarragh- und Gweedore-Distriktes im Donegal-Gebiet Irlands und erwähnt dabei, daß nördlich Carntreena ein dichter, gelblich-weißer Quarzit, der im felsigen Hügel-Zug von Crocknaglogh und Croaghnacreggy zutage tritt, diese Struktur zeige; seine Bemerkung ist nur kurz und wenig aufschlußreich: “. . . in some parts ‘mullion structure’ was observed – a peculiar fluting due to the shearing of the rocks.” — Auch KILROE hat in dem gleichen Werk (HULL, KINAHAN, NOLAN etc. 1891, S. 54) bei Behandlung des Errigal-Distriktes einen Quarzit südwestlich Dunlewy erwähnt, der von Schieferungs- oder Scher-Flächen durchzogen sei, die parallel zu der Textur des benachbarten Granites verliefen. In diesem Quarzit zeige sich ebenfalls deutlich eine „Mullion-Struktur“, die, in Verbindung mit den erwähnten Scher-Flächen, einer Bewegung zuzuordnen sei, welche dieses Gebiet nach Abschluß der ersten Metamorphose durch eine intensive tektonische Bewegung während einer zweiten Metamorphose-Phase in Mitleidenschaft gezogen habe. Beweise für diese zweite Metamorphose sieht KILROE vor allem in einer dem Quarzit aufgeprägten Streifung.

Beide Autoren haben also bereits erkannt, daß diese Struktur mit der Scher-Wirkung tektonischer Kräfte zusammenhängt. Das war bis dahin keineswegs selbstverständlich. So verweist HOLMES 1928, S. 163 z. B. darauf, daß noch von GREEN 1871, S. 559, Abb. 2, eine Mullion-Struktur als „ice-fluting“ beschrieben worden sei.

Ganz ähnliche Beispiele wie im irischen Donegal-Gebiet gibt es für diese Struktur in den metamorphen Gesteinen Nordwest-Schottlands. Leider ist nun aber gerade dort, wo sich die typischen Mullion-Strukturen finden, von Anfang an diese Struktur mit anderen, gleichfalls dort nicht seltenen tektonischen Strukturen zusammengeworfen worden. Eine derselben besteht in einer Aneinanderreihung stäbchenförmiger („rods“) Quarz-Adern. Solche Struktur erwähnen zum ersten Mal PEACH, HORNE etc. (1907) in diesem Gebiet an verschiedenen Stellen, haben aber nun bedauerlicherweise diese Struktur mit der (eigentlichen) Mullion-Struktur sowie mit der tektonischen Streifung auf Schieferungs- und Schichtungs-Flächen zusammengefaßt und alles das unter der Sammel-Bezeichnung „Linear Foliation“ beschrieben.

¹) Wo. SCHMIDT gebrauchte den Begriff zum ersten Mal auf der 120. Wissenschaftlichen Tagung des Naturhistorischen Vereins der Rheinlande und Westfalens in Gemünd am 23. Mai 1956 in einem Vortrag über „Schichtung, Schieferung, Faltung und Klüftung als Einführung in die Tektonik der Nord-Eifel“.

²) Jedenfalls ergibt sich aus HOLMES 1928, S. 163, aus BAILEY & MCCALLIEN 1939, S. 103 und aus WILSON 1953, S. 119, daß bisher in der Literatur keine ältere Stelle, in der diese Bezeichnung gebraucht wurde, bekannt geworden ist.

So sprechen sie zunächst ganz allgemein (PEACH, HORNE etc. 1907, S. 98) ohne Beschreibung von Einzelbeispielen von "the rodded" or "mullion structure", die auf "the influence of the stresses" zurückgehe, erwähnen später im Bereich basischer Eruptive innerhalb des lewisischen Gneises "a linear foliation or rod-structure", die dort an einzelnen Stellen die planparallele Textur ablöse (S. 120, mit einer ausgezeichneten Abbildung einer "rod-like or mullion structure" Taf. 25 bei S. 200), sprechen dann aber wieder von Quarz-Adern im Gneis, die "in parallel lenticles, or rods" das Gestein durchsetzen (S. 134), weisen auf einen massigen Diorit mit "a rodded or linearly-foliated structure" hin, der "rods of opalescent quartz" enthalte (S. 196), beschreiben basische Gänge, die "'rodded' or linearly foliated" sind (S. 211) und gehen endlich etwas genauer auf Quarz-"rods" in einer Quarzit-Bank in der Moine-Serie im Eirebol-Distrikt ein ("... a series of rods, varying from two to four feet in length and from one to four inches in diameter ... composed of irregular grains of quartz ...", S. 603), nennen diese Struktur aber unglücklicherweise auch wieder Mullion-Struktur (S. 601) und führen sie — ganz ähnlich wie die Bearbeiter des irischen Donegal-Gebietes — auf eine Überschneidung zweier Faltungs-Akte zurück, nämlich einer älteren, kambrischen Faltung, die zu einem Schichten-Streichen in NNE-SSW-Richtung mit ESE-Fallen der Achsen-Ebenen (also WNW-Vergenz) geführt habe, und einer jüngeren, post-kambrischen Bewegung, die fast genau senkrecht dazu ein WNW-ESE-Streichen zur Folge gehabt habe¹).

Aus den Ausführungen dieser Autoren S. 245—247 geht hervor, daß sie unter „rodded“ oder „rodding“ structure nicht nur Zerlegung in lineare Wülste oder parallele Anordnung von Quarz-Linsen, sondern auch Streckung der Mineral-Komponenten, ja sogar Streifung (hierzu instruktive Abbildung Taf. 26 bei S. 208) verstehen, und die summarische Zusammenfassung aller dieser Erscheinungen unter dem Oberbegriff „linear foliation“ ergibt sich noch einmal aus dem Stichwörter-Verzeichnis S. 662, in welchem ganz offensichtlich durch die Worte „Linear foliation (‘rodding’, or ‘mullion’ structure)“ zum Ausdruck gebracht werden soll, daß alle diese Phänomene als verschiedene Formen ein und derselben Ursache aufzufassen seien.

So sind denn durch PEACH, HORNE etc. 1907 recht heterogene Dinge unter einem Begriff vereinigt worden, und von dieser Zeit an sind, bis zum Erscheinen der Arbeit von WILSON 1953, die endlich eine sauber abgegrenzte Definition dieser Struktur brachte, meist die Ausdrücke „Mullion-Struktur“ und „Rodding-Struktur“ teils synonym, teils in speziellem Sinne (z. B. Streckung von Mineralien) gebraucht und ist für beide auch häufig der Terminus „Linear Foliation“ angewandt worden.

Beispielsweise hat ANDERSON bei der Beschreibung der Geologie eines Teiles von Pertshire in den Highlands 1923, S. 438—439, bemerkt, daß „Linear Foliation“ in Nord-Schottland auf Gebiete beschränkt sei, in denen die Metamorphose zusammen mit starker Faltung und Scherung einen etwas höheren Grad erreicht habe, daß sie in einer Streifung auf den Absonderungs-Flächen der metamorphen Gesteine und in einer parallel dazu verlaufenden Ausrichtung der Mineralien zum Ausdruck komme, daß sie fast stets mit dem Achsen-Tauchen kleinerer Falten zusammenfalle, daß aber außerdem auch „rodding or elongation of the crystals“ auftrete. — Hier wird also der Begriff Rodding-Struktur auf Streckung der Mineralien beschränkt, der Begriff Linear Foliation dagegen weiter gefaßt.

Dann aber sprechen READ & PHEMISTER 1926 wieder von Mullion- oder Rodding-Struktur, als sie die (eentlichen) Mullion-Strukturen bei Oykell Bridge im Strath

¹) "Hence arises what might be termed "mullion" structure — that is, the production of a series of rods trending towards W. N. W. or north-west" (PEACH, HORNE etc. 1907, S. 601).

Oykell-Gebiet Schottlands beschrieben, die übrigens denen im Donegal-Gebiet Irlands sehr ähneln (WILSON 1953, S. 119). In der Deutung dieser Struktur schließen sich READ & PHEMISTER den Gedankengängen der ältesten Bearbeiter der Struktur in Irland und in Schottland an: Auch sie möchten (1926, S. 2121) die Struktur als das Ergebnis zweier Faltungen deuten, die beide senkrecht zueinander wirkten.

HOLMES gibt 1928, S. 163, in seiner „Nomenclature of Petrology“ eine Definition der Mullion-Struktur¹⁾, in der auch wieder Mullion- und Rodding-Struktur zusammengeworfen und beide mit der Linear Foliation verglichen werden.

Als BAILEY & MCCALLIEN 1939 die Tektonik des von ANDERSON 1923 behandelten schottischen Perthshire-Gebietes erneut untersuchten, gingen sie gleichfalls auf die sekundäre Struktur näher ein, die an verschiedenen Stellen der Schiehallion-Quarzit zeigt und durch die das Gestein in parallele Wülste und Furchen zerlegt wird.

Nach Schilderung dieser Struktur fahren sie (1939, S. 103—104) fort (in deutscher Übersetzung): „Diese Struktur gehört zu jenem Typ, der oft ‚Mullion-Struktur‘ genannt worden ist. Der Name muß jedoch von jemandem vorgeschlagen worden sein, der sich vorstellte, daß Mullions unbedingt ein Muster aus Wülsten und Furchen darstellen müsse (vielleicht von G. H. KINAHAN, der den Ausdruck 1891 im Survey Memoir über das nordwestliche und zentrale Donegal-Gebiet anwandte²⁾). ANDERSON, der auf das Vorherrschen der Struktur bei Schiehallion und an anderen Stellen in den Highlands aufmerksam machte, gebrauchte den Ausdruck ‚Linear Foliation‘³⁾. Vielleicht hat er darunter auch Wülste und Furchen verstanden, die von kleinerem Ausmaß als jene sind, welche man im allgemeinen Mullion-Struktur nennt; denn er spricht von ‚einer Art Streifung, die praktisch auf jeder gut aufgeschlossenen Absonderungs- oder Schicht-Fläche‘ in dem betreffenden Gebiet zu sehen sei (ANDERSON 1923, S. 439). Auf jeden Fall erscheint es unerwünscht, den Namen Linear Foliation in ANDERSONS Sinne anzuwenden, da derselbe Ausdruck häufig gebraucht wird, um die Orientierung gestreckter Mineralien zu bezeichnen, welche ANDERSON speziell als Rodding unterscheidet. Manchmal wird eingewandt, daß Linear Foliation einen Widerspruch in sich selber bedeute. Aber das ist nicht der Fall; sind doch schließlich auch Tannen-Nadeln Blätter. Wir möchten gerne einen einfachen beschreibenden Namen anwenden und schlagen ‚Corduroy-Struktur‘ vor. Dieser würde noch das umfassen, was einige Autoren Mullion-Struktur — sagen wir in den nordwestlichen Highlands — genannt haben und was ANDERSON als Linear Foliation im Schiehallion-Distrikt bezeichnet hat ...“ [Corduroy ist die englische Bezeichnung für Manchester-Stoff.] — Im übrigen bestätigen die Autoren die Feststellung ANDERSONS, daß das Achsen-Gefälle mit der „Corduroy-Struktur“ — ein Ausdruck, der sich in der Literatur nicht durchgesetzt hat — zusammenfalle.

1) „Mullion Structure, KINAHAN, 1891. — A structure first observed in the folded metamorphic rocks of Donegal, recalling the appearance of the clustered columns which support the arches, or divide the lights of mullioned windows, in Gothic churches. The structure is also described as Rodding Structure, and is typically displayed in the Eirebol district, where „rods“ of white quartz, varying in dimensions from those of telegraph poles to those of walking sticks, lie parallel to each other down the dip slope of the Moine schists. Where minerals of elongated habit like hornblende and biotite are present in the rocks showing mullion or rodning structure the crystals are arranged parallel to each other and to the dip and pitch of the folds. Cf. Linear Foliation“.

2) Wie wir oben sahen, hat in dem Sammel-Werk über die Geologie des Donegal-Gebietes nicht KINAHAN, der fälschlich immer als Schöpfer des Namens Mullion-Struktur angeführt wird, diesen Namen geprägt. Er geht vielmehr auf NOHAN und KILROE zurück.

3) Entgegen dieser Behauptung ist festzustellen, daß nicht ANDERSON, sondern PEACH, HORNE usw. 1907 vor ihm den Ausdruck Linear Foliation für Erscheinungen dieser Art anwandten.

Der erste, der Mullion-Strukturen gefügekundlich untersucht hat, war PHILLIPS (1937¹).

Auch er hatte sich für diese Untersuchung die schottischen Strukturen im Moine-Gebiet ausgesucht, das allmählich zum klassischen Gebiet der Mullions wurde. — PHILLIPS war im übrigen auch der erste, der versuchte, in den nomenklatorischen Wirrwarr von Linear Foliation, Rodding-Struktur und Mullion-Struktur etwas Ordnung zu bringen. Er unterschied (1937, S. 595—597) zwischen Linear Foliation als kleinster Größen-Ordnung, die schon Kristall-Individuen erfassen kann, der Rodding-Struktur, die bereits in Zoll — also cm — angegeben werde, und endlich der eigentlichen Mullion-Struktur, der größten dieser Strukturen, die das Ausmaß von Telegraphen-Masten bis Spazier-Stöcken — vgl. die Definition von HOLMES 1928, S. 163 (Anm. I, S. 10 dieser Arbeit) — erreichen könne. Alle drei Struktur-Elemente könnten jedoch ineinander übergehen. Die gefügekundliche Untersuchung bestätigte vollauf die Ansicht von READ & PHEMISTER 1925, S. 121, daß zwei senkrecht zueinander wirkende Faltungs-Kräfte diese Erscheinungen hervorgerufen habe. In einem speziell von PHILLIPS untersuchten Falle eines einzelnen Mullion liege eine b-Achse parallel zur Längs-Erstreckung der Mullions. Zwar sei in der Mullion-Struktur ein kleiner Anteil echter Faltung in Gestalt von Biege-Faltung vorhanden, aber der Umriß der Oberfläche dieser Struktur sei von der Schieferung unabhängig und durch die Faltung keineswegs vorgezeichnet. Die einzelnen Mullion-Wülste seien nicht etwa mit der Anwesenheit kleiner Falten in Verbindung zu bringen. Bei dem zweiten Faltungs-Akt, dessen Kräfte — senkrecht zu denen des ersten — in den nach NW gerichteten, nach SE einfallenden Überschiebungs-Bewegungen zum Ausdruck gekommen sei, habe sich jene „Lineation“ ergeben, die parallel zur b-Achse des Gefüges die Ausbildung der Mullion-Struktur zur Folge gehabt habe.

Bevor wir uns den heute gültigen Definitionen aller dieser Erscheinungen zuwenden, sei noch bemerkt, daß in der amerikanischen Literatur der Begriff Mullion-Struktur kaum, und wenn überhaupt, dann in anderer Bedeutung als in der englischen, erwähnt wird.

Der Begriff hat sich in Amerika nicht durchgesetzt und findet nur in wenigen Lehrbüchern Berücksichtigung. In LEITH's "Structural Geology" von 1914 sucht man den Ausdruck Mullion-Struktur vergeblich. Erst in der Ausgabe dieses Buches von 1923 wird auf S. 100 darauf hingewiesen, daß da, wo sich auf einer Störung eine beträchtliche Bewegung abgespielt habe, breite Kerben und Wülste auf den Störungs-Flächen entstehen können, die man dann manchmal Mullion-Struktur nenne. Diese Struktur verlaufe parallel zur Bewegungs-Richtung. Der Abstand der Kerben könne einige Fuß betragen. Nach Hinweis auf das Vorkommen dieser Struktur in den schottischen Highlands wird erwähnt, daß vermutlich ähnliche Erscheinungen auch auf der Fläche der Rodadero-Störung von Cazcol, Peru, aufträten. — Wir möchten unsererseits hinzufügen, daß derartige tektonische Schrammen und Riefen, wie sie hier erwähnt werden, mit dem, was man jetzt, nach Klärung der Begriffe durch WILSON, unter Mullion-Struktur versteht, nichts zu tun haben. Das

¹) Seine Arbeit ist für den deutschen Leser von besonderem Wert, weil der Verfasser zahlreiche Fach-Ausdrücke der Gefügekunde in englischer und deutscher Sprache einander gegenüberstellt, so daß man hier die englische Übersetzung für die bei WALTHER SCHMIDT, SANDER usw. gebrauchten Termini findet. Das Deutsche ist nach seiner Meinung (1937, S. 582) "this strange language which makes much of the original literature very difficult to non-German readers". Er hat in dieser Arbeit eine Anzahl englischer Übersetzungen deutscher Fach-Ausdrücke zum ersten Mal in die Literatur eingeführt, die sich inzwischen auch durchgesetzt haben.

ergibt sich schon aus der Beschreibung dieser Störungs-Fläche durch GREGORY 1914 (der den Ausdruck „Mullion-Struktur“ übrigens nicht gebraucht) und namentlich aus dessen Abbildungen (Fig. 4 und 5, S. 294). — Von neueren, amerikanischen Lehrbüchern wird die Mullion-Struktur u. a. von BILLINGS (1949, S. 158) erwähnt, der aber nur LEITH 1923 abschreibt (“Mullion structure consists of large grooves and furrows that may be several feet from crest to crest and several inches deep; it is parallel to the direction of displacement”). Auch FAIRBAIRN (1949, S. 178), der kurz auf die englischen Untersuchungen von PHILLIPS 1937 eingeht, spricht lediglich von „Rodding- oder Mullion-Strukturen in Überschiebungs-Zonen, wobei die Richtung der Überschiebung parallel zu den Achsen der “rods” liegt; diese Strukturen können Flexur-Falten darstellen oder nicht“. So wenig diese Definition befriedigt, so zeigt sie immerhin doch, daß die Amerikaner die Engländer offenbar gar nicht verstanden haben: Von Riefen, Kerben, Wülsten und Schrammen auf Störungs-Flächen ist ja in der englischen Literatur da, wo von Mullion-Struktur gesprochen wird, gar nicht die Rede.

Wie bereits mehrfach betont, hat erst WILSON 1953, S. 119, eine Klärung der Begriffe gebracht: Mullion-Struktur ist eine Struktur, die den normalen Gesteinen des betreffenden Gebietes aufgeprägt ist; Rodding-Struktur ist eine Struktur, die sich nur auf die Anordnung von sekundär in den Gesteinen gebildeten Quarzen bezieht¹). Der Ausdruck „Linear Foliation“ — „the unsatisfactory term“ — wird ganz fallengelassen.

WILSON hat sich wieder die klassischen Mullion-Strukturen in der Moine-Serie in Nordwest-Schottland an der Oykeil Bridge als Untersuchungs-Objekt ausgesucht und gelangt dabei zur Unterscheidung dreier Gruppen von Mullions: 1. Schichtungs- oder Faltungen-Mullions, 2. Schieferungs-Mullions und 3. Unregelmäßige Mullions.

Die Schichtungs- oder Faltungen-Mullions entstehen dadurch, daß das Gestein in welligen Kleinfalten oder Flexuren zerlegt wird. Die Schichtung paßt sich dabei ganz der Oberfläche dieser Mullion-Struktur an. Solche Faltungen-Mullions können alle Übergänge von gewellten Schicht-Flächen über kleine Spezial-Fältelungen oder eng zusammengepreßte Isoklinal-Falten bis zu abgescherten Köpfen kleiner isolierter Falten umfassen²). Wir würden diesen Mullion-Typ noch als Sonderfall einer Spezial-Fältelung bezeichnen. Er hat mit den in dieser Arbeit geschilderten Mullion-Strukturen jedenfalls nichts zu tun. — Dasselbe gilt von den unregelmäßigen Mullions, die sich — trotz gleichfalls lang ausgedehnter, zylindroider Wülste — durch ganz unregelmäßige Anordnung der Komponenten im Profil-Schnitt auszeichnen.

Die in unserer Arbeit geschilderten Mullion-Strukturen gehören zum Typ der — vielleicht nicht ganz glücklich so bezeichneten — „Schieferungs-Mullions“ von WILSON. Sie entsprechen seiner Skizze Abb. 4 b, S. 126. Kennzeichnend für sie ist, daß sie sich auf harten Einlagerungen inmitten geschieferter Gesteine finden, wobei Schieferung und Schichtung sich stets in einem Winkel schneiden. Bei sämtlichen, von WILSON angeführten Beispielen wird betont, daß die Schieferung stets flacher als die (gewöhnlich steile, doch nach derselben Seite einfallende) Schichtung liegt (S. 127: “The dip of the cleavage is flatter than that of the bedding . . .” und bei einem anderen Beispiel wieder: “The cleavage has variable dips in the same direction but is everywhere flatter than the bedding . . .”). Das hieße also — wenn es auch WILSON

¹) WILSON 1953, S. 119: “The main distinction between mullion structure and rodding . . . is that mullions are formed of the normal country-rock, while rodding is developed from quartz that has been introduced into, or has segregated in, the rocks”.

²) WILSON 1953, S. 134: “Fold-mullions present every gradation from corrugated bedding-planes, through crests of drag-folds or of tight isoclinal folds formed from a continuous bed, to the separated, pinched-off crests of small isolated folds”.

nicht ausdrücklich betont —, daß dieser Typ der Million-Struktur sich bisher nur auf steil überkippten Schicht-Flächen hat nachweisen lassen. Genau dasselbe gilt von den meisten Mullion-Strukturen im Bereich der Blätter Schleiden, Nideggen und Monschau.

II. Vorkommen der Mullion-Strukturen in der N-Eifel

Wir werden zunächst alle Stellen im Bereich der Top. Blätter 1 : 25000 Schleiden, Monschau und Nideggen aufzählen und kurz charakterisieren, an denen sich Mullion-Strukturen zeigen. Sodann sollen die drei am besten aufgeschlossenen Strukturen näher beschrieben werden. Die folgende Numerierung entspricht den Nummern auf Abb. 2. Die in Klammern hinzugefügten Zahlen 1—3 beziehen sich auf die Numerierung in der weiter unten dargestellten gefügekundlichen Analyse.

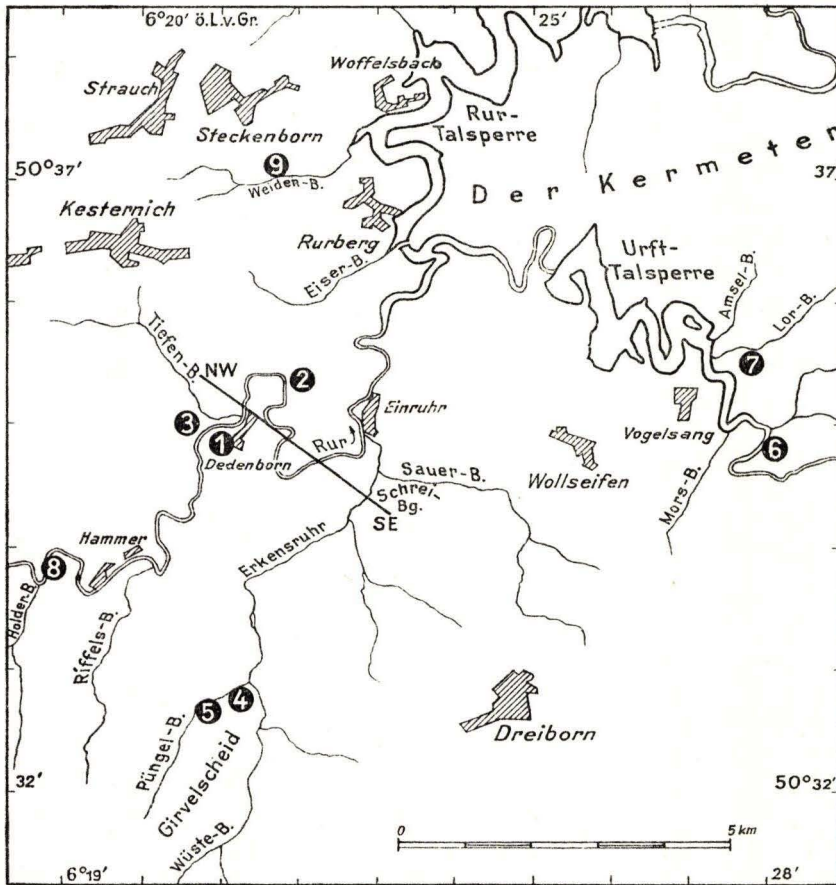


Abb. 2. Übersichtsskizze mit Lage der Mullion-Strukturen. Profil s. auf Abb. 40.

1. Mullion-Struktur „Dedenborn“ (1)
SW-Ausgang von Dedenborn, Felsen am NW-Rand der Hauptstraße, Koordinaten: r 24950, h 05140. Bester Aufschluß einer Mullion-Struktur auf Blatt Schleiden, locus typicus für die Definition der Mullion-Struktur in Deutschland (s. PILGER & SCHMIDT 1957). Obere Rurberger Schichten, detaillierte Beschreibung s. u., Taf. 1—4.
2. Mullion-Struktur „Schöne Aussicht“ (2)
Hohlweg westlich Wirtshaus Schöne Aussicht (= Rösrodt der älteren Karten), r 25960, h 05820. Ob. Rurberger Sch., detaillierte Beschreibung s. u., Taf. 5 Fig. 2.
3. Mullion-Struktur „Tiefenbach-Tal“ (3)
N-Böschung des nördlichen Hang-Weges am NE-Hang des Seiten-Tälchens zwischen den Jagen 226 und 227 (südl. des Tiefenbach-Tales), r 24200, h 05180. Ob. Rurberger Sch., detaillierte Beschreibung s. u., Taf. 5 Fig. 1, Taf. 6 Fig. 1—3.
4. NE-Ende des Girvelscheid am Zusammenfluß von Wüste-Bach und Püngel-Bach. Wege-Kurve, r 25090, h 01270. Eine 50 cm mächtige Grauwacken-Bank inmitten Tonschiefern und kleineren Grauwacken-Lagen. Schichtung: $65^{\circ}/80^{\circ}$ SE (steil überkippt). Schieferung: maximal $35^{\circ}/30^{\circ}$ SE. Man blickt vom Weg auf die in der Böschung aufgeschlossene Oberseite der Bank. Diese ist tektonisch gerunzelt, wobei die Runzeln als fast horizontale bzw. $10\text{—}20^{\circ}$ nach ENE einfallende, lineare Elemente auf der Schicht-Fläche erscheinen. Sie ist außerdem von mit Quarz ausgefüllten Scherflächen in ziemlich gleichmäßigem Abstand durchzogen, die generell 10° streichen und mit 35° ESE einfallen. Die Schicht-Flächen zwischen je 2 Scher-Fugen sind ganz schwach konkav gewölbt („embryonale Mullion-Struktur“). Höchste Ob. Rurberger Sch., Taf. 5 Fig. 3.
5. SE-Ufer des Püngel-Baches, r 24560, h 01060. 1,30 m mächtige Grauwacke inmitten Tonschiefern der Wüstebach-Schichten. Schichtung: $80^{\circ}/\pm$ seiger. Sehr eng stehende Schieferungsflächen, $65^{\circ}/35^{\circ}$ SE. Vom Bach aus sieht man mit Blickrichtung nach Süden auf die Oberseite der Bank und erkennt auf ihr außer zahlreichen, fast horizontal liegenden Schnittkanten Schichtung/Schieferung auch Scherflächen, die bei generellem Streichen und Einfallen von $180^{\circ}/40^{\circ}$ E in auffällig regelmäßigem Abstand angeordnet und meist, aber nicht immer mit Quarz belegt sind. Zwischen diesen Scherflächen macht sich durch eine schwache Wölbung der Schichtfläche eine Vorstadium der Mullion-Struktur bemerkbar (Taf. 7 Fig. 1).
6. Felsen an der südöstlichen Steil-Böschung des Weges nordöstlich Waldhotel westlich Malsbenden, r 32890, h 04870. 70 cm mächtige, quarzitische Grauwacken-Bank, die zu einer aus mehreren Bänken bestehenden Grauwacken-Zone inmitten Tonschiefern der Heimbacher Schichten gehört. Man blickt von der Straße auf die in sich etwas gewellte, \pm seiger stehende Schicht-Unterseite. Schichtung: $55^{\circ}/\text{seiger}$ bis 80° NW (unten: $50^{\circ}/65\text{—}70^{\circ}$ NW). Auf der Schicht-Fläche machen sich als \pm horizontale Runzeln die Schnittkanten der Schieferungsflächen bemerkbar, deren Lagerung generell bei $50^{\circ}/40^{\circ}$ SE liegt. Die die Bank überlagernden Grauwacken-Schiefer haben eine Schieferung von generell $56^{\circ}/55^{\circ}$ SE. Scherflächen

mit einer durchschnittlichen Lage von $5^{\circ}/45^{\circ}$ E durchziehen die Bank. Die Schichtfläche zwischen je 2 der Scher-Fugen ist leicht gewölbt („embryonale Mullion-Struktur“). Abstand von Scherfläche zu Scherfläche (= Breite der Mullions) durchschnittlich 20—30 cm. Taf. 6 Fig. 4.

Die Aufschlüsse in der nordöstlichen Fortsetzung dieses Weges lassen erkennen, daß diese Struktur auf dem steilen SE-Flügel einer NW-vergenten Mulde mit fast horizontaler, schwach nach NE eintauchender Achsen-Lage liegt.

7. Höhe südl. des Tales des Lor-Baches. Felsen bei r 32690, h 06340. Profil dieses Felsens vom Liegenden zum Hangenden: 60 cm Sandstein (zu gering-mächtig, um auf der Karte ausgeschieden zu werden), 1 m Tonschiefer, 4 cm Sandstein. Obere Rurberger Schichten. Die 4 cm mächtige Bank ist im Profil (Taf. 7 Fig. 2) sowie längs ihrer Oberseite (Taf. 7 Fig. 3) aufgeschlossen und zeigt eine Schichtung von 47° /seiger bis 85° SE (steil überkippt). Parallele Scherflächen mit $142^{\circ}/30^{\circ}$ NE durchziehen sie. Von Scherfläche zu Scherfläche liegt ein Abstand von durchschnittlich 4 bis 5 cm. Die Schichtfläche ist zwischen je zwei dieser Scherflächen eben (Vorstadium einer Mullion-Struktur). Ziemlich genau senkrecht auf diesen stehend, verlaufen normale Klüfte mit $130^{\circ}/60^{\circ}$ SW. Andere stehen steiler. Als Runzeln macht sich auf der Schichtfläche die Schieferung bemerkbar, deren Schnittkanten auf ihr als lineare Elemente mit 16° SE einfallen. Die Schieferung in den umgebenden Tonschiefern liegt bei $50^{\circ}/50^{\circ}$ SE. Taf. 7 Fig. 2—3.
8. Außer den hier auf Blatt Schleiden erwähnten Mullion-Strukturen oder deren Vorstadien ist eine Mullion-Struktur auch auf Blatt Monschau am Steil-Abfall des Holderknipps zur Rur bei r 22230, h 02910 beobachtet worden. Sie liegt an einer unzugänglichen Stelle rd. 10 m über der dortigen Straße an einer senkrecht aufsteigenden Fels-Wand. Messungen konnten dort nicht vorgenommen werden¹⁾.
9. Während seiner Kartierarbeiten auf Blatt Nideggen entdeckte Herr Dr. NIEHOFF, Amt für Bodenforschung, Krefeld, ebenfalls in den Oberen Rurberger Schichten im Bereich des Plan-Quadrates r 25, h 09 am N-Hang des Tales des Weidenbaches in den Jagen 201 und 202 im August 1956 eine Anzahl z. T. gut aufgeschlossener Vorkommen von Mullion-Strukturen. Auch sie sind an teilweise quarzitisches Sandsteinbänke gebunden. Hier kommt besonders deutlich die Abhängigkeit der Breite der Mullions von der Mächtigkeit der Bank zum Ausdruck: Eine ca. 3 m mächtige Sandsteinbank zeigt auf ihrer Unterseite Mullions von $1\frac{1}{2}$ bis 2 m Breite. Die anderen, geringer mächtigen Bänke haben weniger breite Mullions zur Entwicklung gebracht. Durchweg sind die Mullions auf der Schichtunterseite ausgebildet, in der Mehrzahl der Fälle ist jedoch außerdem auch die Schichtoberseite gewulstet. Stets stehen die Schichten steil (senkrecht bis steil überkippt) und stets schneidet die Schieferung die Schichtung unter einem ziemlich großen Winkel. Diese Vorkommen sind auch deswegen bemerkenswert, weil sie ziemlich genau nördlich der Vorkommen in der Umgebung von Dedenborn liegen.

¹⁾ Auf die Mullion-Struktur am Holderknipp machte anlässlich einer gemeinsamen Exkursion zuerst Herr Dr. P. MICHELAU, Amt für Bodenforschung, Krefeld, aufmerksam.

III. Die Mullion-Struktur Dedenborn (1)

a) Äußeres Bild (s. Tafel 1)

Den Prototyp einer Mullion-Struktur (*locus typicus*), zugleich am besten abgeschlossen und auch verkehrstechnisch am leichtesten zu erreichen, zeigt das Vorkommen bei Dedenborn (1). Aus diesem Grunde soll die Struktur auch besonders eingehend beschrieben werden, um damit ganz allgemein den tektonischen Typ herauszustellen.

Am SW-Ausgang des Dorfes Dedenborn wird die Straße rechts, zur Talseite hin, durch eine einzeln stehende Felsenpartie begrenzt. Auf der linken Seite führt die Bergseite steil hinauf. An dem einzeln stehenden Felsen fallen an der Straßenseite schräg sich nach NE neigende, lang-zylindrische Wülste auf, die sich gegen die Straße hin, nach SE wölben. Man zählt über 20 derartige Wülste, deren Zahl aber durch weitere unter der Aufschlußhöhe und oberhalb der Erosionskante liegende absolut größer sein könnte.

Die Oberfläche der Wülste ist glatt, teilweise fast poliert. Auf den glatten Flächen sind feine gerade Linien und Runzeln zu erkennen. Scharf geschnittene Klüfte durchschneiden die Struktur. An einer Stelle werden die Mullions durch eine senkrecht zu ihnen verlaufende, gestörte Zone unregelmäßig. Die einzelnen Mullions werden durch Flächen voneinander getrennt, auf denen vielfach heller Quarz liegt. Im Profil ist zu erkennen, daß die Mullions im äußeren Umriß kein Kreissegment darstellen. Vielmehr ist die oben liegende Seite abgeflacht, während die untere mehr gewölbt und vorgezogen ist. Sie zeigen somit eine Vorwölbung nach unten, jeweils zu dem darunter liegenden Mullion (Tafel 3 Fig. 2 und Abb. 4).

Die scharfe Trennung der einzelnen Mullions durch die zwischen ihnen liegenden Flächen läßt ihre Breite klar festlegen. Als solche wird der Abstand bezeichnet, den die beiden Trennflächen im Liegenden und Hangenden jedes Mullion haben, wobei auf der unteren Fläche das Lot errichtet wird. Die Breite liegt zwischen 17 und 36 cm (Abb. 4). Am breitesten ist Mullion II mit 36 cm (Abb. 4, Taf. 2 Fig. 2). M XVIII hat 34 cm, M VIII 32 cm, M XV 31 cm Breite. In einigen Fällen wird eines der großen Mullions durch eine Fläche zweigeteilt, wobei die beiden Teilmullions nicht die volle Rundung der anderen erreichen. Diese Teilmullions zeigen dementsprechend auch die geringste Breite, so M V mit 10 cm und M VI mit 11,5 cm (Abb. 4, Taf. 2 Fig. 5).

b) Beziehung zur Stratigraphie und Lagerungsverhältnisse

Der einzeln stehende Felsen bei Dedenborn besteht aus einer 45 cm mächtigen, quarzitären Sandsteinbank, die beiderseits von milden, feinstsandigen Tonschiefern umgeben ist. Die Schichtung fällt bei einem Streichen zwischen 60° und 68°, maximal 63°, mit 64°—71° nach SE ein und ist, wie aus der geologischen Kartierung bekannt wurde, steil überkippt.

Die Mullion-Struktur tritt an der (stratigraphischen) Unterfläche der Sandsteinbank auf. Im Querschnitt erkennt man eine Feinschichtung des Sandsteins, die direkt über dem liegenden Tonschiefer am stärksten gewölbt ist. Diese liegendste Partie

des Sandsteins mit der glatten und scharfen Trennfläche zum Tonschiefer zeichnet im Aufschluß die Struktur der einzelnen Mullions. Zum stratigraphisch Hangenden hin glättet sich die Feinschichtung des Sandsteins allmählich immer mehr aus, bis etwa im oberen Drittel das normale Schichtfallen erreicht ist. Oberfläche Sandstein und Unterfläche hangender Tonschiefer bilden somit eine normale stratigraphische Trennfläche.

Aus diesen Lagerungsverhältnissen ergeben sich bereits zwei für die Bildung der Mullion-Strukturen wichtige Voraussetzungen: die Schicht steht steil (hier überkippt). Die Struktur ist an die Unterseite einer Sandsteinbank gebunden, wobei zum stratigraphisch liegenden Tonschiefer ein scharfer petrographischer Sprung auftritt.

Es sei noch erwähnt, worauf bei der Beschreibung anderer Mullion-Strukturen noch eingegangen wird, daß eine Beziehung zwischen Mächtigkeit der Sandsteinbank und Dicke der einzelnen Mullions vorliegt. Deren durchschnittliche Dicke beträgt ungefähr die Hälfte der Sandstein-Mächtigkeit. Die maximale Dicke, bei M II mit 36 cm, übersteigt nicht die Mächtigkeit der Sandsteinbank.

e) Das tektonische Inventar

Die Struktur liegt wie beschrieben in der Schichtung und damit in einem s (ss), das sedimentär angelegt und petrographisch besonders gekennzeichnet ist. In den Mullions ist das ss tektonisch verbogen. Daraus ergeben sich, jeweils in den einzelnen Mullions, verschieden streichende und einfallende Flächen, die eine gefügekundliche Ermittlung von Achsen möglich machen, die wir Mullion-Achsen nennen.

Die einzelnen Mullions sind durch Trennflächen voneinander geschieden (s. Abb. 4, Tafel 1 Fig. 2, Tafel 3 Fig. 3, Tafel 4 Fig. 1—3). Diese Trennflächen sind, worauf noch näher eingegangen wird, von besonderer Wichtigkeit für die Genese der Mullions. Jeweils zwischen ihnen ist die Wölbung der einzelnen Mullions erfolgt. Auf ihnen liegt vielfach Quarz, und häufig weisen sie eine Harnischstreifung auf. Es läßt sich erkennen, daß sich die Trennflächen durch die Sandsteinbank in den liegenden und hangenden Tonschiefern fortsetzen. Aus diesem Grunde schon scheidet, wie es sich ja auch für die Mullion-Strukturen in Großbritannien erwiesen hat, eine sedimentäre Entstehung, etwa durch subaquatische Rutschung, für die genetische Deutung völlig aus. Vielmehr handelt es sich bei den Trennfugen um Scherflächen, die tektonisch und im Zusammenhang mit der Gebirgsbildung des Gebietes entstanden sind. Sie werden im folgenden als σ_1 bezeichnet.

Auf den einzelnen Mullions sind neben der Runzelung streifenförmige Lineare zu erkennen. Sie bilden die Schnittkanten zwischen den Mullions und glatten Flächen, welche diese in engem Abstand schneiden (s. Taf. 4 Fig. 1 und 3). Bei ihnen handelt es sich um eine Schieferungsklüftung (fracture cleavage) in der Sandsteinbank, die der Schieferung im umliegenden Tonschiefer entspricht. Sie ist älter als die σ_1 -Flächen, da sie von diesen geschnitten wird und ebenso älter als die Mullions. Denn sie wird in ihnen verbogen und verstellt. Für den Zweck dieser Arbeit wird sie von der Schieferung in den Tonschiefern getrennt und im folgenden als σ_2 bezeichnet.

Erläuterung der Signaturen auf den Gefügediagrammen

I. Aufnahme der Mullion-Strukturen (Dia 1, 2, 3)

1. Flächige Elemente (als Flächenpole dargestellt)

- *ss* Schichtfläche der mullions (außer wenn oben oder unten rechts anders vermerkt)
- *ss* sonstige Schichtflächen
- ⊙ *ss* mullions in der Querzone
- *sf* Schieferung (wenn rechts vermerkt)
- *Kl* Kluff
- *St* Störung
- ◇ σ Scherfläche im allgemeinen
- ▲ Scherfläche σ_1 (* auf Dia 1/Σ4)
- ▽ Scherfläche σ_2

2. Lineare Elemente

- $\mathcal{K} = \beta$ der mullions
- * Harnisch
- + *L* im allgemeinen
- ⊙ ○ *L* durch *ss*
- ⊠ □ *L* durch *Kl*
- △ ▲ *L* durch σ_1
- ▽ ▼ *L* durch σ_2

II. Aufnahme außerhalb der Mullion-Strukturen

- | | | |
|---|---|-----------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>ss</i> Schichtfläche • <i>sf</i> Schieferung □ <i>Kl</i> Kluff ⊠ <i>Kl</i> Sattelspalte ■ <i>St</i> Störung ◇ σ Scherfläche | } | als Flächenpole dargestellt |
| <ul style="list-style-type: none"> * Harnisch + <i>L</i>//<i>B</i> | } | Lineare |

Abb. 3. Erläuterungen der Signaturen, unter Benutzung einer nicht veröffentlichten Zusammenstellung von K. METZ und H. FLÜGEL (Graz). Auf den Gefügediagrammen steht links oben die Nummer: Meßtischblatt Schleiden, 1 = Mullion-Struktur von Dedenborn, a, b usw. Einzeldiagramme von Dedenborn, 55 = Jahr der Geländeaufnahme. Alle Gefügediagramme sind aus der unteren Halbkugel projiziert.

Der Tonschiefer im Liegenden und Hangenden der Sandsteinbank, in der die Mullion-Struktur entwickelt ist, ist intensiv verschiefert. Die Schieferungsflächen, als *sf* bezeichnet, treten in ihm wesentlich deutlicher als das sedimentäre *s* (*ss*) heraus. Teilweise hören die Schieferungsflächen an der Sandsteinbank auf. In anderen Fällen treten sie in diese hinein und setzen sich in den erwähnten σ_2 -Flächen fort.

Die σ_1 -Flächen, die jünger als die σ_2 -Flächen und damit auch jünger als zumindestens der Großteil der Schieferungsflächen im Tonschiefer sind, treten aber auch in diese ein. Man kann sie dann von den Schieferungsflächen dem Augenschein nach nicht unterscheiden. Es ergibt sich daraus das Problem, welches hier nur kurz angedeutet sei, daß die sog. Schieferung des Gebirges durchaus kein einheitliches tektonisches Element ist, sondern sich aus altersverschiedenen Flächen zusammensetzt, die während der tektonischen Beanspruchung des Gebirges nacheinander entstanden und wahrscheinlich auch genetisch verschieden sind. Dabei mag sie, nach der verschiedenartigen Deutung tektonischer Forscher, sowohl als Faltungsschieferung (H. CLOOS), Bruchschieferung sowie als ungleichschariges Scherflächensystem (B. SANDER) entwickelt sein.

Runzeln und Knoten auf den glatten Flächen der Mullions können einerseits sedimentär von der Unterkante des Sandsteins über der tonigen Unterlage entstanden sein. Sie können aber auch als Lineare bei der Entstehung der Mullions gebildet sein und den Mullion-Achsen parallel laufen.

An zwei Stellen zieht sich senkrecht quer durch die Mullion-Struktur eine „Weichzone“ (Querzone), in der auf 10—20 cm streichender Länge die einzelnen Mullions zerknittert und gestört sind. Sie bilden eine rinnenförmige Vertiefung in der Struktur, in deren Bereich kleine, wärzchenartige Erhabenheiten liegen, die wie erstarrte Tropfen aussehen (Taf. 4 Fig. 2).

Glatte, scharf geschnittene Klüfte durchziehen in verschiedenen Richtungen vereinzelt die Mullion-Struktur. Sie werden im folgenden als *kl* bezeichnet.

d) Beschreibung der einzelnen Mullions

Die aufgeschlossenen einzelnen Mullions der Struktur von Dedenborn wurden von uns der Übersichtlichkeit halber von unten nach oben numeriert (s. Abb. 1 und Tafel I). Von ihnen seien die unteren acht näher beschrieben (vergl. Abb. 4).

MI (Taf. 2 Fig. 1; Abb. 4). Untere Begrenzung, σ_1 : $32^\circ/46^\circ$ SE. Obere Begrenzung, σ_1 : $21^\circ/32^\circ$ SE. Breite: 21 cm. Profil der Außen-Fläche der äußersten (tiefsten) Fein-Schicht auf einer Kluft mit der Lagerung $145^\circ/70^\circ$ SW sichtbar. Die tiefste Fein-Schicht (liegendste Lage) ist oben 7 mm, unten 1 cm dick. An einer kleinen Kluft ($2^\circ/62^\circ$ E) ist diese Fein-Schicht ganz unten abgebrochen.

Der Umriß der Unterseite von MI ist dadurch gekennzeichnet, daß (bei einem allgemeinen Str. des Mullions von 65°) der obere Teil mit 32° , der mittlere mit 79° SE, der tiefste mit 65° NW einfällt. Entlang weiteren Klüften ($175^\circ/87^\circ$ W und $141^\circ/62^\circ$ SW) sind die tiefsten Fein-Schicht-Lagen in der südwestlichen Fortsetzung des Mullions abgebröckelt und lassen die mittleren Lagen der Fein-Schichtung des Wulstes hervortreten (Taf. 2 Fig. 1), die sich in der Profil-Ansicht ganz allmählich, je weiter man zum Hangenden kommt, einer Geraden nähern.

Über MI erscheint ein schmaler, oben und unten von je einer σ_1 -Fläche begrenzter Streifen von durchschnittlich nur 9 cm Breite — ein, wenn man

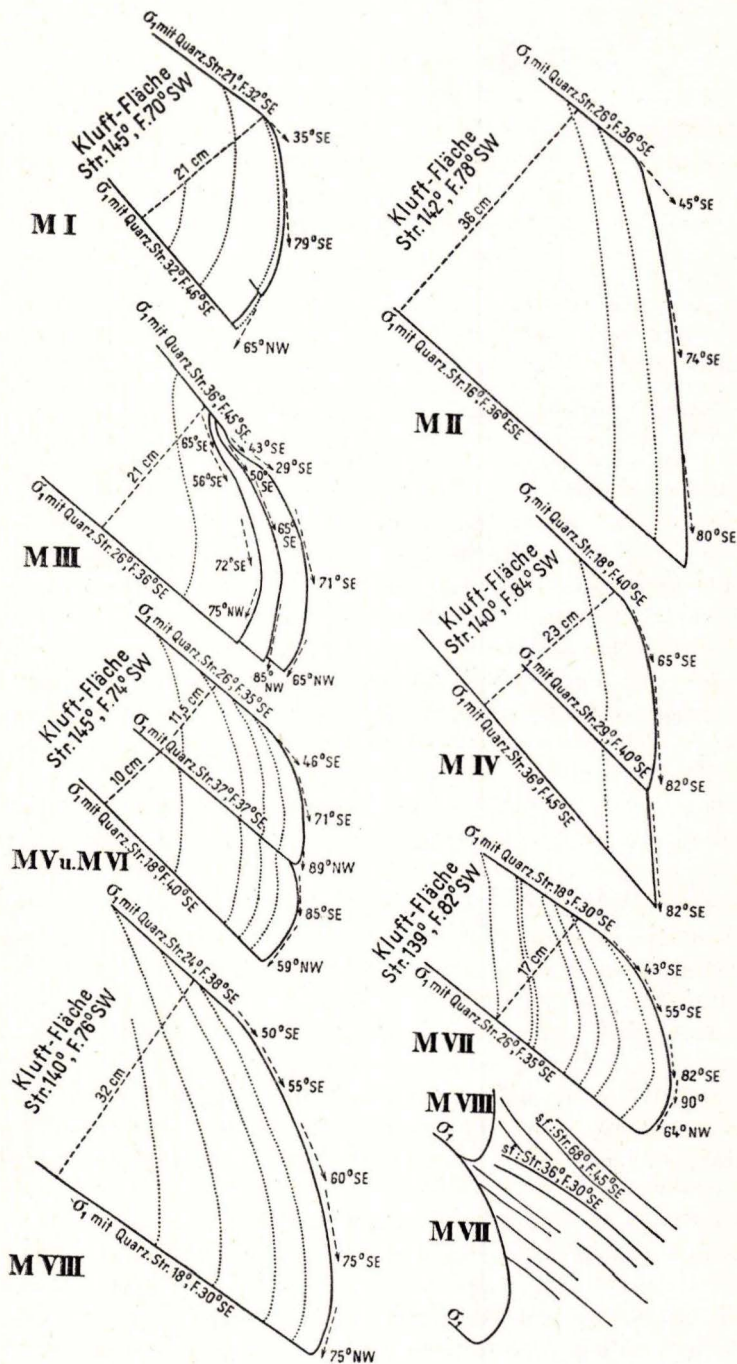


Abb. 4. Skizze der Mullions MI bis M VIII im Profil-Schnitt (σ_2 nicht eingezeichnet; Fein-Schichtung gepunktet), im gleichen Größen-Maßstab einander gegenübergestellt, um die Unterschiede in Größe, Form und Verhalten der Fein-Schichtung zu zeigen. Vgl. hierzu Taf. 2 Fig. 1—5 und Taf. 3 Fig. 1—2 sowie Text, S. 19—23. Unten rechts: Fächerung der Schieferung um die Mullions an der Grenze von M VII und M VIII.

Vgl. hierzu Taf. 3 Fig. 4.

so will, embryonales Mullion, dessen Unterseite kaum gewulstet ist. Es wurde bei der Zählung der Mullions nicht mit einer besonderen Nummer versehen. Die obere σ_1 -Fläche dieses embryonalen Mullions streicht im Durchschnitt $16-20^\circ$, um mit $35-38^\circ$ SE einzufallen.

- M II** (Taf. 2 Fig. 2; Abb. 4). Untere Begrenzung, σ_1 : $16-20^\circ/35-38^\circ$ SE. Obere Begrenzung, σ^1 : $26^\circ/36^\circ$ SE. M II ist das breiteste der 8 hier beschriebenen Mullions (Breite 36 cm). Die einzelnen Fein-Schichten sind ebenfalls an verschiedenen Klüften entlang abgeblättert und abgebrochen. Der Umriß der Unterseite zeigt sich im Profil auf einer Kluft mit einem Str. von 142° und einem F. von 78° SW; er ist, bei einem allgemeinen Str. der Schichtung von 64° , oben durch ein F. von 45° SE, das aber nur eine kurze Strecke einnimmt, gekennzeichnet. Der größte Teil der Außen-Fläche (Liegend-Fläche) zeigt ein F. von 74° SE, der tiefste von 80° SE. Nirgends geht die Wulstung so weit, daß — wie bei M I — ein NW-Fallen zu beobachten ist. M II sowie M IV sind die einzigen der 8 Mullions, an denen die untere Seite nicht „vorgewölbt“ ist. Lagen der Fein-Schichtung zeichnen sich auch hier ab. Die tiefste, hier beobachtbare Fein-Schicht ist oben 3,5 cm, unten 4 cm mächtig.
- M III** (Taf. 2 Fig. 3; Abb. 4). Untere Begrenzung σ_1 : $26^\circ/36^\circ$ SE. Obere Begrenzung σ_1 : $36^\circ/45^\circ$ SE. Breite: 21 cm. — M III ist auf 3 dicht hintereinander liegenden, \pm parallelen Klüften, die generell $130-150^\circ$ streichen und wechselnd $65-77^\circ$ SW einfallen, im Profil aufgeschlossen. Auf der südwestlichsten (in der Skizze Abb. 4 vordersten) Kluft sind nur die inneren Lagen der Fein-Schichtung zu sehen, auf der nordöstlichsten (in der Skizze: hintersten) Kluft ist der äußere Umriß der Unterseite der Bank zu verfolgen. Bei einem generellen Schichten-Str. von 64° zeigen die inneren Fein-Schichten oben erst ein steileres (65° SE), darunter ein flacheres (56° SE) und darunter wieder auf längere Erstreckung ein steileres (72° SE) Einfallen, das zutiefst nach NW umschlägt (75° NW). Dadurch entsteht eine merkwürdige, sinus-artige Krümmung der Schichtung, die die anderen, untersuchten Mullions nicht in dieser Form haben. — Auf der nächsten (der mittleren) Kluft zeichnen sich die nächsten, im Liegenden folgenden Fein-Schichten ab. Sie sind oben nur 1 cm, unten 4,5 cm mächtig. Das Profil dieser Fein-Schichtungs-Lagen zeichnet sich oben durch ein F. um 50° SE, in der Mitte durch ein solches von 65° SE aus, während unten die Lagerung mit 85° nach NW umbiegt. — Die nordöstlichste Kluft auf der sich der Umriß der Unterseite abzeichnet, zeigt, daß das Mullion oben mit 43° SE, darunter flacher mit 29° SE, auf dem größten Teil der Außenfläche mit 71° SE und zutiefst mit 65° NW einfällt.
- M IV** (Taf. 2 Fig. 4; Abb. 4). Untere Begrenzung, σ_1 : $36^\circ/40-45^\circ$ SE. Obere Begrenzung, σ_1 : $18^\circ/40^\circ$ SE. Breite: 23 cm. — Auf M IV sind die liegendsten Fein-Schichten der Bank fast überall abgeplatzt. So kann man hier beinahe ausnahmslos nur die Unterseite einer der inneren Lagen der Bank beobachten. Der Umriß einer solchen inneren Lage zeichnet sich auf einer Kluft, die 140° streicht und mit 84° SW einfällt, dadurch aus, daß man oben ein

Einfallen von 65° SE, unten eines von 82° SE messen kann; etwa an der Grenze des unteren Drittels zu den oberen zwei Dritteln durchzieht eine neue σ_1 -Fläche, auch diese übrigens (wie alle σ_1 -Fugen) verquarzt, mit einer Lage von $29^\circ/40^\circ$ SE das Mullion. An dieser neuen σ_1 -Fläche ist die Außenseite dieser inneren Schichten ganz schwach konkav eingeknickt; aber das Profil des unteren Drittels der Unterfläche der Fein-Schicht ist nicht gewölbt, d. h. es hat sich unterhalb dieser neuen σ_1 -Fuge noch kein neues Mullion gebildet. Vielmehr fällt auch hier der Umriß mit 82° nach SE ab. Das allgemeine Schicht-Streichen beträgt 65° .

M V und (Taf. 2 Fig. 5; Abb. 4). Diese beiden Mullions sind ganz offensichtlich durch die Aufspaltung eines „Groß-Mullions“ in zwei kleinere „Teil-Mullions“ entstanden. Eine beginnende Unterteilung eines größeren Mullions in zwei kleinere bahnte sich ja bereits bei M IV durch die Einschaltung einer neuen σ_1 -Fläche an. Im Gegensatz zu M IV sind aber hier beide Teil-Mullions deutlich gewölbt. Das untere Teil-Mullion, M V, ist unten durch ein σ_1 mit $18^\circ/40^\circ$ SE mit außergewöhnlich dicker Verquarzung, oben durch ein σ_1 mit $37^\circ/37^\circ$ SE begrenzt. Das letztgenannte σ_1 ist zugleich die untere Begrenzung von M VI, das oben von einem σ_1 von $26^\circ/35^\circ$ SE begrenzt wird. Breite: M V: 10 cm; M VI: 11,5 cm. Auf einer Kluft, die $145^\circ/74^\circ$ SW lagert, läßt sich im Profil äußerer Umriß und Fein-Schichtung deutlich erkennen. Das Profil der äußersten (liegendsten) Fein-Schicht von M V zeichnet sich dadurch aus, daß oben der größte Teil der Wölbung mit 85° nach SE, unten mit 59° nach NW einfällt. Das sich auf der genannten Kluft abzeichnende Profil von M VI ist wieder, wie bei den meisten Mullions, deutlich nach unten vorgezogen: oben flach (46° SE), in der Mitte steil (71° SE) nach SE einfallend, biegt es unten steil nach NW um (89°). Der tiefste Teil fällt flacher nach NW ein. — Die Fein-Schichtung läßt auch hier wieder erkennen, daß die einzelnen Lagen oben dünner, unten dicker sind und daß nach dem Hangenden zu eine allmähliche Annäherung der Schichtung an eine Gerade erfolgt.

M VII (Taf. 3 Fig. 1; Abb. 4). Untere Begrenzung, σ_1 : $26^\circ/35^\circ$ SE. Obere Begrenzung, σ_1 : $18^\circ/30^\circ$ SE. Breite: 17 cm. Das Profil der vorgewölbten Liegend-Fläche ist auf einer Kluft abzulesen, die 139° streicht und mit 82° SE einfällt. Bei einem generellen Schichten-Str. von 67° fällt der obere Teil der Wölbung mit 43° SE ein, geht allmählich in ein Fallen von 55° SE, dann von 82° SE und 90° über, um zutiefst ein NW-Einfallen von 64° zu vertragen. — Auf keinem Mullion zeichnet sich die Fein-Schichtung so deutlich ab wie auf diesem. Die äußerste (liegendste) Lage ist oben 2 cm, unten aber 4 cm dick. Im hangenden Teil der Bank zeigt eine Stelle örtlich Seiger-Stellung. Die Fein-Schichtung verliert auch hier in Richtung auf das Hangende hin ganz allmählich die Wulstung und wird gerade.

M VIII (Taf. 3 Fig. 2; Abb. 4). Untere Begrenzung, σ_1 : $18^\circ/30^\circ$ SE. Obere Begrenzung, σ_1 : $24^\circ/38^\circ$ SE. Breite: 32 cm. — M VIII ist ähnlich wie M II ganz besonders breit, zeigt aber — im Gegensatz zu M II — eine ausgepräg-

tere Wölbung, die im äußeren Umriß auf einer 140° streichenden und 76° SW einfallenden Kluft dadurch zum Ausdruck kommt, daß die Liegend-Fläche der tiefsten Lage bei einem generellen Str. von 67° oben mit 50° SE, darunter mit 55° SE, im größten Teil der Außen-Fläche mit 60° SE bis 75° SE einfällt, um zutiefst ein NW-Fallen von 75° einzunehmen. Die sich auch hier deutlich abzeichnende Fein-Schichtung zeigt die bereits vertraute Erscheinung, zum Hangenden hin sich wieder einer Geraden zu nähern.

e) Die Mullion-Achsen

Die Sandsteinbank, in deren (stratigraphisch) liegendem Teil sich die Mullion-Struktur gebildet hat, zeigt gleichmäßiges Streichen und Einfallen, das zwischen 60° — $68^\circ/64^\circ$ — 76° SE, also nur unbedeutend schwankt.

Innerhalb der Einzelmullions wechseln Streichen und Einfallen der eingebogenen (ss)-Flächen jedoch schnell und stark, wie etwa aus Abb. 5 zu ersehen ist.

Das wechselnde Streichen und Einfallen der ss-Flächen innerhalb der Einzelmullions wurde eingemessen und für jedes gesondert auf der Lagekugel ausgewertet. Auf den Abb. 6, 7 und 8 (Dias lg, lh, lrt), die als Beispiele gebracht werden, ist zu erkennen, daß sich die Flächenpole scharf begrenzt auf einem π -Kreis vereinigen lassen.

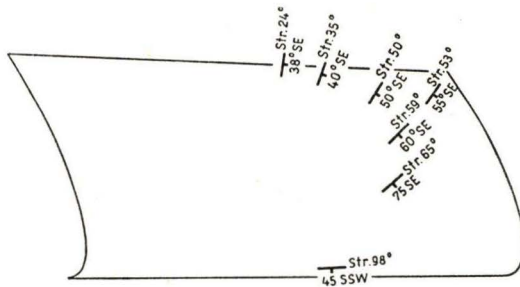
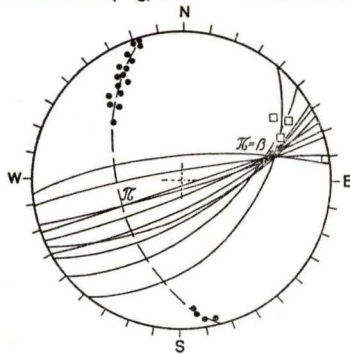


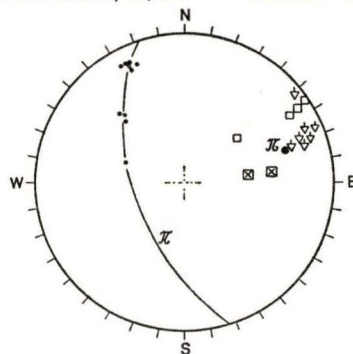
Abb. 5. Aufsicht auf M VIII. Links WSW, rechts ENE. Die an den verschiedenen Stellen auf der Außenseite des Mullions (Liegend-Fläche der Bank) gemessenen Lagerungswerte sind auf der Skizze an denselben Stellen in räumlicher Darstellung wieder gegeben. Vgl. hierzu Abb. 8.

Bl. Schleiden/1g/55 mullion I



$\pi = 73/38 E$

Bl Schleiden/1h/55 mullion II



$\pi = 72/30 NE$

Abb. 6. Mullion I der Struktur von Dedenborn (s. Abb. 1). Darstellung der Flächenpole der Mullion-ss mit einigen Flächenkreisen.

Abb. 7. Mullion II der Struktur von Dedenborn. Darstellung der Flächenpole der Mullion-ss und verschiedener Lineare.

sen, dessen Achse π klar zu ermitteln ist. Aus Abb. 6 ergibt sich als Kontrolle dazu das Zusammentreffen von π mit β als dem Maximum der Flächenkreis-Schnittpunkte. Diese π - bzw. β -Achsen werden im folgenden als Mullion-Achsen bezeichnet.

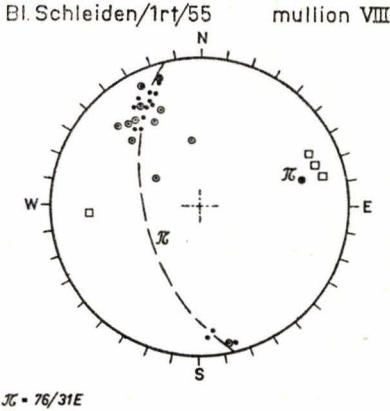


Abb. 8. Mullion VIII der Struktur von Dedenborn. Darstellung der Flächenpole der Mullion-ss außerhalb und innerhalb der Weichzone.

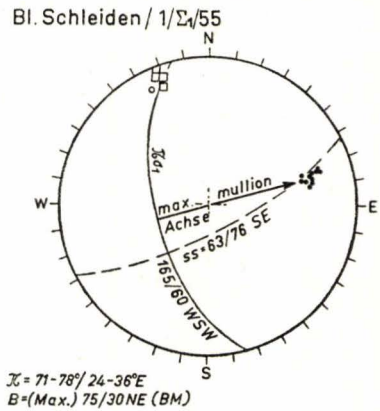


Abb. 9. Synoptische Darstellung der gefügekundlich ermittelten Mullion-Achsen der Struktur von Dedenborn (1). Flächenpole großer streichender Klüfte im hangenden Tonschiefer liegen auf dem Großkreis zur maximalen Mullion-Achse (BM).

Auf Abb. 9 sind die ermittelten Mullion-Achsen von 11 durchgemessenen Einzelmullions synoptisch dargestellt. Man erkennt, daß sie im Streichen und Einfallen nur sehr geringfügige Unterschiede aufweisen und sich deutlich gerafft im NE-Sektor des Diagrammes anreichern. Das Maximum der ermittelten Mullion-Achsen liegt bei $75^\circ/30^\circ NE$ und wird als BM = Hauptmullion-Achse bezeichnet. Der entsprechende Großkreis zur Hauptmullion-Achse verläuft mit $165^\circ/60^\circ SW$.

Als bemerkenswert ist hervorzuheben, daß die Mullion-Hauptachse, ja sogar der überwiegende Anteil der einzelnen Mullion-Achsen nicht auf dem Großkreis des maximalen Schichtenstreichens (ss) der Sandsteinbank, sondern um einige Grade östlicher liegt (Abb. 9). Die Einzelmullions spießen dementsprechend etwas aus dem Schichtenstreichern gegen Osten aus der Sandsteinbank heraus.

f) Beziehung der σ_1 -Flächen zu den Mullion-Achsen

Es wurde bereits ausgeführt, daß die einzelnen Mullions jeweils durch Scherflächen voneinander getrennt sind, die als σ_1 -Flächen bezeichnet werden (s. Abb. 4, Tafel 3 Fig. 3, Tafel 4 Fig. 2). Schon das äußere Bild im Aufschluß macht es wahrscheinlich, daß beide genetische Zusammenhänge aufweisen. Eine Bestätigung dafür ergibt sich aus der gefügekundlichen Darstellung.

Für diesen Zweck wurden die σ_1 -Flächen eingemessen, einerseits alle im Aufschluß vorhandenen, andererseits die Schwankungen der einzelnen Flächen im Streichen und Einfallen. Gleichfalls wurde die Harnischstreifung auf den σ_1 -Flächen als Lineare

aufgenommen. Auf Abb. 10 zeigt sich ein Maximum der Flächenpole, dargestellt in statistischer Verteilung auf $1/200$ Teilkreis, im NW-Sektor des Diagrammes. Die entsprechende Maximumfläche der σ_1 -Flächen verläuft $26^\circ/34^\circ$ ESE. Auf der Maximumfläche liegt das Maximum der Harnischstreifung, woraus sich ergibt, daß diese mit den σ_1 -Flächen zusammen entstanden sind.

Ferner liegt auf der Maximumfläche der σ_1 -Flächen die Hauptmullion-Achse bzw. das Maximum der einzelnen Mullion-Achsen. Dementsprechend erscheint auch das Maximum der σ_1 -Flächenpole (im NW-Sektor auf Abb. 10) auf dem Großkreis, welcher der Hauptmullion-Achse entspricht ($165^\circ/60^\circ$ WSW).

Aus diesen gefügekundlichen Zusammenhängen ergibt sich, daß Mullions und σ_1 -Flächen unter dem gleichen tektonischen Plan zusammen entstanden sind. Auf die Mullion-Achsen bezogen sind es ungleichscharfe hOl-Flächen.

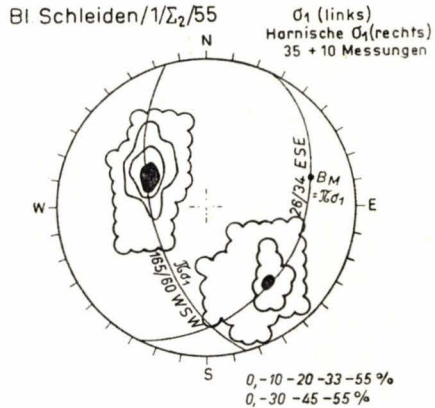
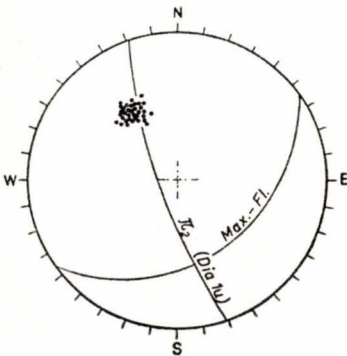


Abb. 10. σ_1 -Flächen und Harnischstreifung auf ihnen. Mullion-Struktur von Dedenborn (1).

g) Schieferung und σ_2 -Flächen

Nachdem die genetischen Zusammenhänge zwischen den Mullion-Achsen und den σ_1 -Scherflächen geklärt sind, müssen nunmehr die Beziehungen der Schieferung und σ_2 -Flächen zu den beiden anderen tektonischen Elementen untersucht werden. Für diesen Zweck wurden die Schieferungs- und σ_2 -Flächen eingemessen, und zwar an lokal verschiedenen Stellen in Beziehung zur Mullion-Struktur (Abb. 11—14).

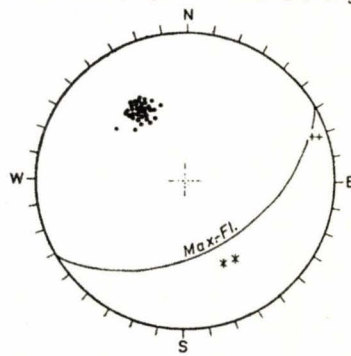
Bl. Schleiden/1t/55 Schieferung



Max.-Fl. 55/43 SE

Abb. 11. Schieferungsflächen am Hang auf der gegenüberliegenden Straßenseite der Mullion-Struktur von Dedenborn. Darstellung der Flächenpole.

Bl. Schleiden/1s/55 Schieferung



Max. Fl. 59/49 SE

Abb. 12. Schieferungsflächen im stratigraphischen Liegenden der Mullion-Struktur von Dedenborn. Darstellung der Flächenpole mit entsprechender Maximumfläche.

Am Hang auf der gegenüberliegenden (südlichen) Straßenseite der Mullion-Struktur zeigen die Schieferungsflächen ein scharf gerafftes Maximum mit geringer Streuung (Abb. 11). Nur direkt an einer hier vorhandenen embryonalen Mullion-Struktur weist der Streich- und Fallwinkel der Flächen größere Streuung auf (Abb. 15).

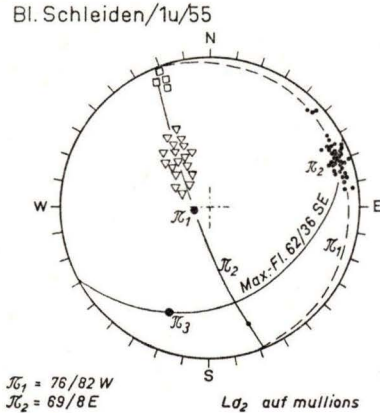


Abb. 13. σ_2 -Flächen und Lineare der σ_2 -Flächen auf den Mullions der Struktur von Dedenborn.

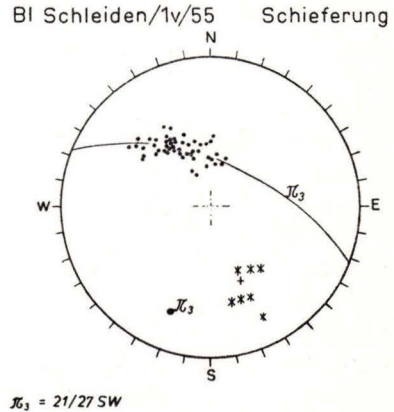


Abb. 14. Schieferungsflächen im stratigraphisch Hangenden (nördl.) der Mullion-Struktur von Dedenborn. Darstellung der Flächenpole und der Harnischstreifung auf den σ_2 -Flächen.

Das gleiche Bild wie auf Abb. 11 ergibt sich im direkten (stratigraphisch) Liegenden der Mullion-Struktur (nördliche Straßenseite) (Abb. 12). Auch hier zeigen sich nur geringe Schwankungen im Streichen und Einfallen um eine Maximumfläche mit $59^\circ/49^\circ$ SE. Einige Unregelmäßigkeiten, die dicht unter der Sandsteinbank auftreten, lassen sich dadurch erkennen, daß das Maximum der Flächenpole etwas steiler als auf Abb. 11 einfällt, außerdem aber einzelne Flächen gerade auch flacher als die auf Abb. 11 liegen. Diese Unregelmäßigkeiten, auf die noch näher eingegangen wird, sind im Einfallen auf Abb. 4, unten rechts (M VIII/M VII) zu erkennen.

Die σ_2 -Flächen sind, wie in Kapitel c beschrieben wurde, verbogene Schieferungsflächen bzw. Schieferungsklüfte im Sandstein mit der Mullion-Struktur. Dementsprechend müssen sie älter sein als die Mullions mit deren zugehörigen σ_1 -Scherflächen und daher auch einem anderen tektonischen Teilplan des Gebirgsbaues angehören. Dies zeigt sich deutlich in der gefügekundlichen Darstellung (Abb. 13). Einerseits fallen die Ausstichpunkte der Schnittkanten Mullions/ σ_2 -Flächen (s. Tafel 3 Fig. 3 und Taf. 4 Fig. 2) nicht in die Ausstichpunkte der Mullion-Achsen (vgl. Abb. 9 und 13 rechts), wie es der Fall sein müßte, wenn sie dem gleichen tektonischen Teilplan angehören würden. Ebenso liegen weder die Flächenpole der σ_2 -Flächen noch die Pole der Schieferungsflächen auf dem der Mullion-Hauptachse entsprechenden Großkreis $165^\circ/60^\circ$ WSW (vgl. Abb. 11, 12 und 13 mit Abb. 9). Auch gibt es keine gefügekundlichen Beziehungen zwischen σ_1 -Flächen einerseits zu den σ_2 - und Schieferungsflächen andererseits (vgl. Abb. 11, 12 und 13 mit Abb. 10).

Besonders auffällig ist, daß die σ_2 -Flächen, d. h. die Schieferung in den Mullions, wesentlich flacher einfallen als die Schieferung im Liegenden außerhalb der Mullions (Abb. 13). Dabei läßt sich erkennen, daß unter den σ_2 -Flächen ein Maximum mit vom Normalen wenig abweichendem Streichen und schon flacherem Einfallen vorhanden ist. Dieses flachere Einfallen könnte allerdings darauf zurückzuführen sein, daß die Schieferung beim Eintritt in den Sandstein gebrochen und von vornherein schon flacher eingefallen ist. Viele Flächen fallen aber noch wesentlich flacher als ihr Maximum ein. Dabei wandelt sich ihr Streichen in Richtung auf die N-S-Richtung um so mehr, je flacher das Einfallen wird. Schließlich findet sich bei Einfallen von 18° — 20° ESE ein Streichen von 25° .

Nördlich der Mullion-Struktur, also im stratigraphisch Hangenden, zeigt sich auf dem Diagramm ein ganz anderes Bild als im stratigraphisch Liegenden (s. Abb. 14). Man erkennt hier eine starke Streuung der Schieferungsflächen, sowohl im Streichen als auch im Einfallen (vgl. Abb. 14 mit Abb. 11 und 12). Das Streichen schwankt zwischen 35° und 107° , das Einfallen zwischen 19° und 53° nach SE. Wenn das flachere Einfallen der Schieferungsklüfte (σ_2) im Sandstein wenigstens teilweise schon primär ist, so zeigt sich in den hangenden Tonschiefern die Verstellung der Flächen im Einfallen wie auch im Streichen ganz besonders deutlich. Die Verstellung erfolgte teilweise auch an großen streichenden Klüften im hangenden Tonschiefer (Taf. I Fig. 3 und Abb. 41, 4), deren Flächenpole sich auf dem der Mullion-Hauptachse (B_M) entsprechenden Großkreis anordnen (Abb. 9).

Die den sf-Flächen aufsitzenden Harnische passen sich gefügekundlich der Harnischstreifung auf den σ_1 -Flächen an (vgl. Abb. 14 mit Abb. 10) und dürfen daher als mit diesen gleichzeitig entstanden angesehen werden.

Vergleicht man somit nach den bisherigen Ausführungen die Schieferung in und an der Mullion-Struktur, so ist im (stratigraphisch) Liegenden keine Beeinflussung durch die Mullions zu erkennen. Die Verstellung der Schieferungsflächen beginnt erst, vom Liegenden her gesehen, in der Struktur selber, vielleicht schon ganz dicht unter ihr, greift dann durch sie hindurch und erstreckt sich mindestens einige Meter in das (stratigraphisch) Hangende hinein.

Bemerkenswert ist die Lage der Schieferung dicht unterhalb, im stratigraphisch Liegenden der Mullion-Struktur. Man erkennt hier, daß sich die sonst normal entwickelten Schieferungsflächen stellenweise schon etwas verbiegen, indem sie flacher und steiler einfallen. Es ergibt sich daraus ein Fächer von Schieferungsflächen, der jeweils eine der Mullions umspannt (Abb. 4, M VII/M VIII und Tafel 3 Fig. 4).

h) Rotieren der π_2 -Achse

(Versuch bei nicht eindeutigen Meß-Grundlagen)

Auf Abb. 13 sind links die Flächenpole der σ_2 -Flächen (Schieferungsklüfte in der Mullion-Struktur), rechts die Durchstichpunkte der Schnittkanten Mullion/ σ_2 -Flächen ($L\sigma_2$) dargestellt. Die σ_2 -Flächen-Pole lassen sich auf einem Großkreis π_2 vereinigen, zu dem eine β -Achse $\pi_2 = 69^\circ/8^\circ$ E gehört.

Die Durchstichpunkte $L\sigma_2$ ordnen sich auf einem π_1 -Kreis an. Dessen zugehörige Achse $\pi_1 = 76^\circ/82^\circ$ W liegt auf dem π_2 -Kreis. Der π_2 -Punkt wieder liegt auf dem π_1 -Kreis, und zwar im Maximum der Durchstichpunkte $L\sigma_2$ (s. Abb. 13).

Auch an einer embryonalen Mullion-Struktur auf der gegenüberliegenden Straßenseite der Struktur von Dedenborn (etwa 10 m entfernt) ist die Schieferung gegenüber ihrer sonst regelmäßigen Verteilung verstellt (vgl. Abb. 15 mit Abb. 11). Diese auf Abb. 15 verstellten Schieferungsflächen lassen sich ebenfalls auf dem π_2 -Kreis (Abb. 13) anordnen, zu dem die π_2 -Achse auf Abb. 13 gehört. Es ergibt sich durch den Vergleich der beiden Strukturen eine gewisse Kontrolle für die gleichgerichtete Verstellung der Schieferung an den Mullions¹⁾.

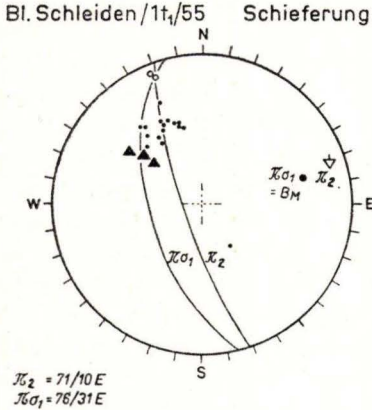


Abb. 15. σ_1 -Flächen und Schieferungsflächen an einer embryonalen Mullion-Struktur am Hang auf der gegenüberliegenden Straßenseite der Mullion-Struktur von Dedenborn. Darstellung der Flächenpole.

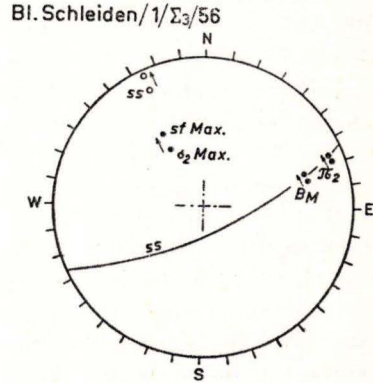


Abb. 16. Rotieren der Flächenpole der Schichtung aus überkippter Lagerung in Richtung auf seigere. Dadurch Wanderung des Maximums der σ_2 -Flächen in das Maximum der Schieferungsflächen (sf).

Die π_2 -Achse aus den verstellten σ_2 -Schieferungsflächen innerhalb der Mullions (Abb. 13) weist das gleiche Streichen wie die Mullion-Achsen, aber flacheres Einfallen auf (vgl. Abb. 9). Ihre Lage in der Natur wird durch die feinen Lineare auf den Mullions gekennzeichnet (s. Taf. 3 Fig. 3 und Taf. 4 Fig. 2), deren flaches ostnordöstliches Eintauchen die Durchstichpunkte $L\sigma_2$ auf Abb. 13 vermitteln.

Ohne Zweifel hat die π_2 -Achse ihre Stellung durch Entstehung der Mullions erhalten, indem dabei schon vorhandene Strukturen gekippt wurden. Es muß demnach versucht werden, diese Achse auf der Lagekugel zu rotieren, um ihre primäre Lage zu finden.

Es erscheint fraglich, ob durch das Zurückdrehen der B_M -Achse (Haupt-Mullion-Achse, Abb. 9) die normale Stellung der π_2 -Achse erreicht wird. Denn wahrscheinlich hat die B_M -Achse niemals waagerecht gelegen, sondern ist an den σ_1 -Scherflächen gleich in heutiger Lage gebildet worden. Tatsächlich wandert die π_2 -Achse bei Waagrechtstellung der B_M -Achse in den SW-Sektor der Lagekugelprojektion, zeigt dementsprechend also südwestliches Einschieben. Dies ist schon bei dem normal nord-

¹⁾ Die auf Abb. 15 auftretenden σ_1 -Flächen liegen dagegen im Maximum der σ_1 -Flächen und auf dem σ_1 -Großkreis (Abb. 9).

östlichen Einfallen der Achsen im Gebiet und der nur lokal vorhandenen Beanspruchung durch die Mullions unwahrscheinlich. Dazu kommt, daß bei der Rückdrehung der B_M -Achse auch die Flächenpole der σ_2 -Flächen auf der Lagekugelprojektion wandern und die zugehörigen Flächen ein Streichen von 90° — 110° mit flachem südlichem Einfallen aufweisen, was im Vergleich mit Streichen und Einfallen der normal gestellten Schieferung der weiteren Umgebung völlig ausgeschlossen ist.

Demgegenüber liegt es nahe, die Bildung der Mullions und die Verstellung der σ_2 -Flächen samt der π_2 -Achse mit der Aufrichtung der ss-Flächen (sedimentären Schichtflächen) in Verbindung zu bringen. Wie eingangs mitgeteilt wurde, sind die Schichten bei Dedenborn steil überkippt (s. Abb. 40). Daher müssen die Schichten zuerst in die Seigerstellung und dann erst wieder in die flachere Schrägstellung zurückgedreht werden. Auf der Lagekugelprojektion darf daher der Flächenpol des maximalen ss (s. Abb. 9, kleiner Kreis im NW), auf die E-W-Achse des Netzes gebracht, nicht auf den Mittelpunkt zuwandern, sondern muß gegen den Außenrand der Lagekugelprojektion verschoben werden, um dann gegebenenfalls auf der spiegelbildlich gegenüberliegenden Seite gegen den Mittelpunkt hin weiterzuwandern.

Ein Versuch dieser Art zeigte, daß schon bei einer Verschiebung des ss-Pols um 10° eine Klärung der gefügekundlichen Verhältnisse erfolgt. Denn das Maximum der σ_2 -Flächen (Abb. 13) wandert, um diesen Betrag auf dem entsprechenden Kleinkreis in gleicher Richtung verschoben, in das Maximum der normal gestellten Schieferung herein (Abb. 16, vgl. Abb. 11). Gleichzeitig verlagert sich der B_M -Punkt (Haupt-Mullion-Achse) und der π_2 -Punkt (Achse der σ_2 -Flächen) auf den Großkreis der maximalen Schichtlage an der Mullion-Struktur (Abb. 16).

Der durch das Rotieren der Schieferungsflächen neu konstruierte π_2 -Punkt (Abb. 16) weist ein Streichen und Einfallen von $66^\circ/7^\circ$ NE auf. Er kann durch eine andere gefügekundliche Konstruktion kontrolliert werden, wodurch sich zugleich das Zurückdrehen der Schieferungsflächen auf der Bahn der Schichtflächenaufrichtung als richtig erweist.

Für diesen Zweck wurden an der Nordflanke der Mulde, an dessen überkippter Südflanke die Mullion-Struktur aufsitzt (vgl. Abb. 40), die Schieferungsflächen gemessen. In der Darstellung auf der Lagekugelprojektion (Abb. 17) zeigen deren Flächenpole bei gewisser Streuung eine Anreicherung im NW-Sektor und untergeordnetes Auftreten im SE-Sektor.

Durch die Flächenpole läßt sich ein π -Kreis (π_4 -Kreis) legen, auf dem sich zugleich das Pol-Maximum der ungestörten Schieferungsflächen an der Struktur von Dedenborn anordnet (vgl. Abb. 11), wobei erwähnt sei, daß hier zwei Bereiche gefügekundlich miteinander verglichen werden, die unter spezieller

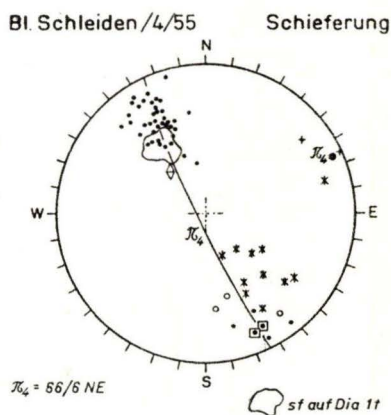


Abb. 17. Schieferungsflächen an der Struktur von Dedenborn (dargestellt als Umrandung, vgl. Abb. 11) und an der (gegenüberliegenden) NW-Flanke der Mulde.

Betrachtung nicht homogen zu sein brauchen. Auf dem π_4 -Kreis liegen zugleich die Flächenpole zweier kleiner Störungen, die sich im Kern einer Wellung von Schieferungsflächen gebildet haben.

Zu dem π_4 -Kreis gehört eine Achse $\pi_4 = 66^\circ/6^\circ\text{NE}$. Diese Achse, die wahrscheinlich aus nicht ganz homogenen Bereichen konstruiert, in der tektonischen Übersicht aber gültig sein dürfte, streicht und fällt genauso wie die durch das Rotieren der Schichtenflächen verschobene π_2 -Achse (Abb. 16).

Es muß hier erwähnt werden, daß die in Kapitel h gezogenen gefügekundlichen Schlüsse nicht ganz stichhaltig sind. Einerseits ist bei den σ_2 -Flächen (Schieferungsklüften im Sandstein) nicht eindeutig ihr Kippungsmoment an der Mullion-Struktur zu eliminieren, da nicht sicher ist, mit welchem flacheren Winkel sie schon primär im Sandstein brachen. Andererseits ist auch die π_4 -Achse keinem homogenen Bereich entnommen, sondern gilt nur als Sammelachse eines größeren Bereiches. Aus diesem Grunde muß auch ein größeres Streuungsmoment angenommen werden, so daß die ohnehin nicht sehr verschiedenen Achsen π_2 und π_4 in der Fehlergrenze liegen können. Trotzdem wurde aber die Darstellung gebracht, um bei den bisher wenig untersuchten Mullion-Strukturen Wege zu ihrer genetischen Deutung zu finden.

i) Rotieren der σ_1 -Flächen um die π_3 -Achse

Das Rotieren der σ_2 -Flächen, wie es in Kapitel h durchgeführt wurde, kann wie erwähnt im Sinne der Verstellung der Schieferungsflächen nicht als ganz reell betrachtet werden. Genaue Auskunft über die Verstellung dürften jedoch die Schieferungsflächen geben, die bei der Bildung der Mullion-Struktur im angrenzenden Schieferton verbogen wurden. Dies ist, wie beschrieben wurde, im stratigraphisch Hangenden, an der Nordseite der Sandstein-Bank, der Fall. Hier zeigt sich gegenüber der normalen Schieferung mit scharf gerafftem Maximum im Liegenden (Abb. 11 und 12) eine starke Streuung der Flächenpole bei teilweise recht flachem Einfallen (Abb. 14). Daß diese Schieferungsflächen zusammen mit der Bildung der Mullions verstellt wurden, zeigt die Harnischstreifung auf ihnen, die in das Maximum der Harnischstreifung auf den die einzelnen Mullions trennenden σ_1 -Flächen fällt (Abb. 10).

Die Flächenpole der auf Abb. 14 verstellten Schieferungsflächen lassen sich auf einem π -Kreis (π_3 -Kreis) anordnen. Die zugehörige Achse π_3 weist ein Streichen und Einfallen von $21^\circ/27^\circ$ SW auf.

Die Achse π_3 liegt bei erster Betrachtung auf der Maximumfläche der normalen Schieferung (Abb. 18), wodurch sich genetische Zusammenhänge zwischen Mullions und Schieferung im Rahmen des gesamten Gebirgsbaues anzeigen.

Wenn nun mit der π_3 -Achse durch deren Rotieren weitere Zusammenhänge gefügekundlich ermittelt werden sollen, so ist zu beachten, daß diese Achse, anders als bei Faltenachsen, bei ihrer Entstehung niemals waagrecht gelegen hat. Man kann sie daher auch nicht, um frühere Strukturen zu erhalten, auf der Lagekugel in waagerechte Lage zurückrotieren.

Wohl ist es aber möglich, die Mullion-Strukturen mit den ihnen zugehörigen Flächen um die π_3 -Achse irgendwie zu kippen, indem dabei deren Streichen beibehalten wird. Man kann das unter der Annahme tun, daß die Mullion-Achsen dem tektonischen Gesamtplan des Gebirgsbaues ebenso angehören, wie die Bildung der Faltenstrukturen und Schieferungsflächen, nur daß sie in deren Rahmen unter einer speziellen Scherungsachse entstanden sind. Bei Kippung der π_3 -Achse könnte dann ein

Zustand erreicht werden, bei dem sich die Mullion-Struktur und ihre σ_1 -Flächen dem übrigen tektonischen Plan anpassen. Es soll also durch das Rotieren um die π_3 -Achse keine ursprüngliche Stellung erreicht werden, sondern es soll lediglich der Nachweis versucht werden, daß auch die Mullion-Strukturen dem einzeitigen Gebirgsbau des Gebietes angehören.

Es wurde dabei zuerst die π_3 -Achse auf waagerechte Lage zurückgedreht. Dabei zeigte sich jedoch, daß die ihr angehörigen Strukturen und Flächen eine Lage auf der Halbkugelprojektion einnehmen, die dem übrigen Gebirgsbau überhaupt nicht anzupassen ist.

Anders wird es, wenn man sich die π_3 -Achse bei gleichem Streichen auf die Null-Lage versetzt denkt und dann die Mullion-Struktur und ihre σ_1 -Flächen auf der Lagekugelprojektion noch einmal um den Einfallsbetrag der π_3 -Achse rotiert. Zu diesem Zweck wird der Ausstich der π_3 -Achse auf die E-W-Achse der Lagekugelprojektion gestellt und der Maximalwert der Mullion-Achsen (B_M auf Abb. 9) und das Maximum der σ_1 -Flächenpole (auf Abb. 10) auf den entsprechenden Kleinkreisen um den Einfallsbetrag von 27° (s. Abb. 14) nach NNE verschoben.

Bei dieser Konstruktion (Abb. 18) fällt das Maximum der σ_1 -Flächen (Abb. 10) genau in das Maximum der normalen Schieferungsflächen im stratigraphisch Liegenden der Mullion-Struktur (Abb. 11, 12 und 17). Die Haupt-Mullion-Achse (B_M) wieder verlagert sich auf den Ausstichpunkt (π_4 , Abb. 17) der Achse, die sich in dem Gebiet als übergeordnet erwies. Das Maximum der Harnischstreifung auf den σ_1 -Flächen (Abb. 10) verlegt sich an die Maximumfläche der Schieferung.

Es ergibt sich daraus, daß die Mullion-Struktur durchaus in den Gesamtplan des Gebirgsbaues einzuordnen ist. Darüber hinaus erweist sie sich aber als das Ergebnis einer Scherbeanspruchung, die bei um 27° verkippter Achsenlage als tektonische Varietät des Gebirgsbaues notwendigerweise entstehen muß. Es sei dabei erwähnt, daß die Mullion-Struktur auf diese Weise nicht selbst zu entstehen hat. Jedenfalls wird bei dieser tektonischen Beanspruchung aber die Vorbedingung für ihre Bildung geschaffen.

Es läßt sich weiterhin auch der Flächenpol des maximalen Schichtenstreichens und -einfallens um den gleichen Betrag verschieben. Dabei wandert der Pol (der überkippten Schichtfläche) aus dem NW-Sektor des Diagrammes über den Außenkreis in spiegelbildlicher Stellung in dessen SE-Sektor (Abb. 18). Die Schicht weist bei der Einstellung des wandernden Pols einen Wert von 85° NW auf, d. h. sie ist nicht mehr überkippt. Es liegt dabei nahe, diesen Einfallswinkel 85° der Schicht als die Stellung anzunehmen, bei der die σ_1 -Flächen angriffen und die Mullion-Struktur begann, sich zu entwickeln.

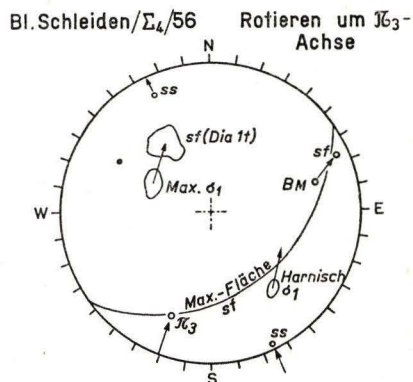


Abb. 18. Rotieren der σ_1 -Flächen (Abb. 10) und der Hauptmullion-Achse (B_M , Abb. 9) um den Einfallsbetrag der π_3 -Achse (Abb. 14).

Eine Kontrolle der durchgeführten gefügekundlichen Rekonstruktion ergibt sich beim Rotieren der ss-Flächen (Schichtflächen), die zu den einzelnen Mullions verbogen sind. Wieder läßt man bei Stellung der π_3 -Achse auf der E-W-Achse des Netzes die einzelnen Flächenpole der Mullions um den Betrag von 27° über die entsprechenden Kleinkreise gegen Norden wandern. Die Flächenpole des Mullion II (Dia 1 h, Abb. 7) z. B. verschieben sich dabei auf einen neuen π -Kreis (Abb. 19). Dessen π -Achse liegt mit ihrem Ausstichspunkt genau auf der π_4 -Achse, also der übergeordneten Achse des Bereiches. Dementsprechend wandert auch der Achsendurchstoßpunkt des Mullion II (π_{1h}) in den π_4 -Punkt.

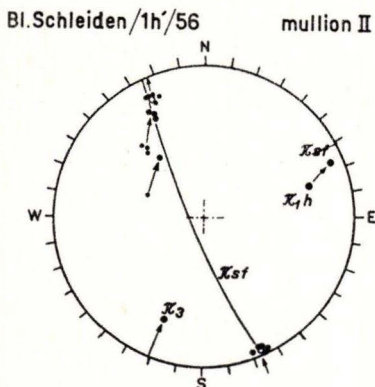


Abb. 19. Rotieren der ss-Flächen des Mullion II (Abb. 7) um die π_3 -Achse mit deren Einfallswert von 27° gegen Norden. Der π_{1h} -Punkt (Abb. 7) wandert dabei in den π_{sf} -Punkt als Achsendurchstoßpunkt der übergeordneten Achse des Gebietes.

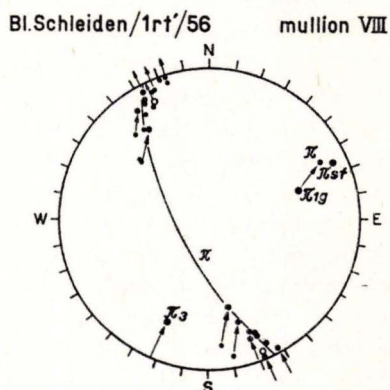


Abb. 20. Wie Abb. 19, Mullion VIII (Abb. 8).

Da der π_4 -Punkt, wie in Kapitel h erwähnt, keinem homogenen Bereich entstammt, ist es nicht unbedingt nötig, daß die rotierenden Mullion-Achsen ihn immer genau überdecken (Abb. 20). Die Untersuchungen der Verfasser erstreckten sich zuerst allein auf die Mullion-Strukturen. Sehr bald stellte sich aber heraus, daß zu ihrem Vergleich auch der übrige Gebirgsbau aufgenommen werden mußte, was die Verfasser aus zeitlichen Gründen nicht mehr durchführen konnten. So fehlen vor allem Untersuchungen über die (im Gebiet sehr schwankenden) Faltenachsen, die lokal mit den Mullion-Strukturen in Verbindung gebracht werden müssen. Indem wir zum Vergleich die übergeordnete Achse π_4 eines größeren Bereiches heranziehen, wollen wir lediglich wieder den Weg zeigen, der für die Deutung der bisher kaum untersuchten Mullion-Strukturen weiter noch begangen werden muß.

k) „Weichzonen“ und Klüfte

An zwei Stellen zieht sich senkrecht durch die Mullions die erwähnte „Weichzone“ (s. S. 19 und Tafel 4 Fig. 2). An ihnen sind die einzelnen Mullions gestört und zerknittert, wobei sie jeweils gegenüber dem westsüdwestlichen Teil in ostnordöstlicher Fortsetzung etwas gegen NNW zurückgesetzt sind. Die gefügekundliche Auswertung zeigt, daß die Mullion-ss an den Weichzonen ebenso wie deren ungestörte Teile, jedoch bei stärkerer Streuung, auf dem π -Kreis der Mullion-Achsen liegen (Abb. 8 und 21). Einzeluntersuchungen darüber fehlen noch.

Streichende Klüfte verlaufen 60° – 74° , bei steilem Einfallen gegen NW und SE. Die Flächenpole der südfallenden Klüfte ordnen sich auf dem π_2 -Kreis der σ_2 -Flächen (Abb. 13), ebenso aber auch auf dem σ_1 -Kreis an (Abb. 9). Sie gehören wie erwähnt genetisch zur Mullion-Bildung. Andere Klüfte sind kurz nach der Entstehung der Struktur aufgerissen.

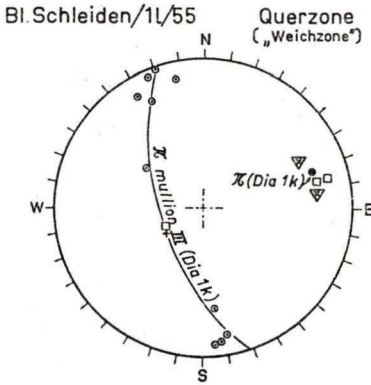


Abb. 21. Mullion-Schichtflächen in einer „Weichzone“ (Querzone) durch die Mullion-Struktur von Dedenborn.

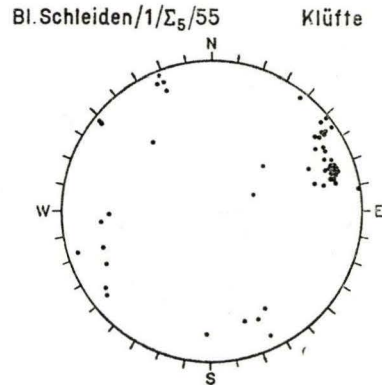


Abb. 22. Klüfte in der Mullion-Struktur von Dedenborn. Darstellung der Klüftpole.

Querklüfte bilden zusammen mit Teilen der streichenden Klüfte das jüngste tektonische Element der Mullion-Struktur von Dedenborn (Abb. 22). Sie schneiden mit glatten Flächen die Mullions und ihre Scherflächen. Auf der Lagekugelprojektion zeigen ihre Flächenpole ein Maximum dicht neben dem π_2 -Punkt der σ_2 -Flächen (Abb. 13) in der Nähe der Mullion-Hauptachse. Sie dürften zu Ende oder kurz nach der Bildung der Mullion-Struktur entstanden sein, als die Beanspruchungsachse schon wieder etwas weiter rotiert worden ist. Einige sind wohl auch bei der Bildung der Weichzonen in der Struktur entstanden, wie die Lage ihrer Flächenpole auf Abb. 21 zeigt.

IV. Die Mullion-Struktur Schöne Aussicht (2)

Eine weitere recht gut entwickelte Mullion-Struktur konnte Wo. SCHMIDT im Hohlweg westlich des Wirtshauses Schöne Aussicht finden (Nr. 2 in der gefügekundlichen Darstellung und auf Abb. 2).

Die Mullion-Struktur Schöne Aussicht (2, s. Taf. 5 Fig. 2) hat sich einer 1,20 m mächtigen quarzitischen Sandsteinbank aufge-

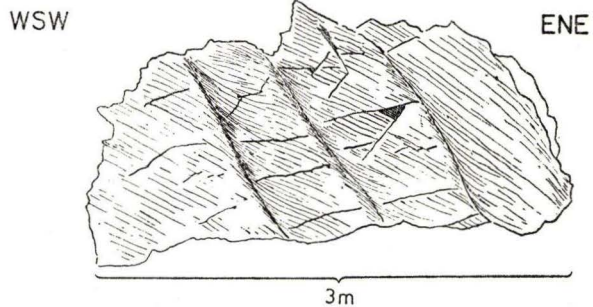


Abb. 23. Mullion-Struktur „Schöne Aussicht“ (2). Von links oben nach rechts unten Trenn-Flächen (σ_1) der einzelnen Mullions mit Quarz-Belag, weite Schraffur: eng stehende σ_2 -Flächen, rechts weiße Fläche: σ_1 mit Quarz.

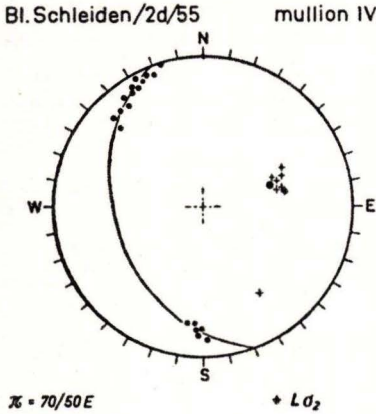


Abb. 24. Mullion IV der Struktur „Schöne Aussicht“ (2).

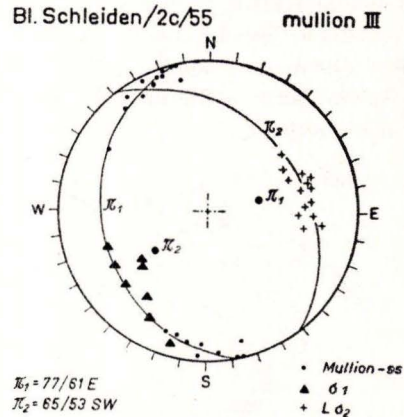


Abb. 25. Mullion III der Struktur „Schöne Aussicht“. Die σ_1 -Flächen der gesamten Struktur liegen auf dem π_1 -Kreis der Mullion-ss. Die Lineare der σ_2 -Flächen fallen nicht in die Mullion-Achse π_1 .

prägt, die im Liegenden und Hangenden von Tonschiefern umgeben ist. Der Aufschluß ist im Verhältnis zu dem bei Dedenborn mangelhaft; denn man erkennt nur 4 grobe, nebeneinanderliegende Wülste (Abb. 23). Auch sie sind nur auf der Liegendfläche der Bank ausgeprägt, tauchen aber wesentlich steiler als bei der Struktur von Dedenborn auf der Schichtfläche nach NE ab. Die Schichtfläche, die wegen ihrer Wulstung keine ganz exakte, sondern nur eine generelle Streichrichtung zu messen erlaubt, streicht $65^\circ - 70^\circ$ und steht hier seiger, teilweise auch steil mit 80° nach SE und NW einfallend. Ebenso wie bei der Struktur von Dedenborn lassen sich aus den Einzelmullions Mullion-Achsen konstruieren (Abb. 24 und 25).

Zwischen den Einzelmullions liegen als syngenetische Trennflächen wieder die σ_1 -Flächen. Sie sind mit Quarz belegt und leicht gewellt. Bei mittelsteilem Einfallen nach NE streichen sie, abweichend von denen bei der Struktur Dedenborn, NW—SE (Abb. 25).

Die gesamte Sandsteinbank ist von sehr eng stehenden Schieferungsklüften durchzogen, die den von Dedenborn beschriebenen σ_2 -Flächen entsprechen (Abb. 26). Wieder werden sie von den σ_1 -Flächen geschnitten und erweisen sich dadurch älter als

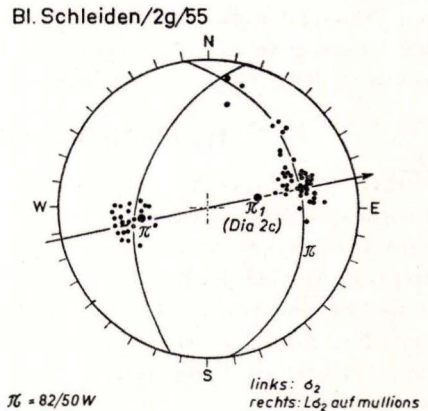


Abb. 26. „Klüftung“ (verstellte Schieferungsflächen, σ_2 -Flächen) in der Mullion-Struktur von „Schöne Aussicht“ und Schnittkanten der σ_2 -Flächen mit den Mullion-Schichtflächen.

die Mullion-Struktur. Sie sind aber anders als bei Dedenborn gekippt (vgl. Abb. 26 mit Abb. 13). Die Schieferungsflächen der die Sandsteinbank begleitenden Tonschiefer verlaufen im Durchschnitt mit $20^\circ/45^\circ - 50^\circ$ SE.

Die Breite der Einzelmullions (Definition s. S. 16,17) wechselt zwischen 50 und 75 cm. Sie sind demnach erheblich breiter als die bei Dedenborn, was damit zusammenhängen dürfte, daß auch die Sandsteinbank mächtiger als die bei Dedenborn ist.

V. Die Mullion-Struktur Tiefenbach-Tal

Ein wesentlich anderes Bild als die bisher beschriebenen Mullions zeigt die Mullion-Struktur „Tiefenbach-Tal“ am NW-Hang des Seitentälchens südlich des Tiefenbach-

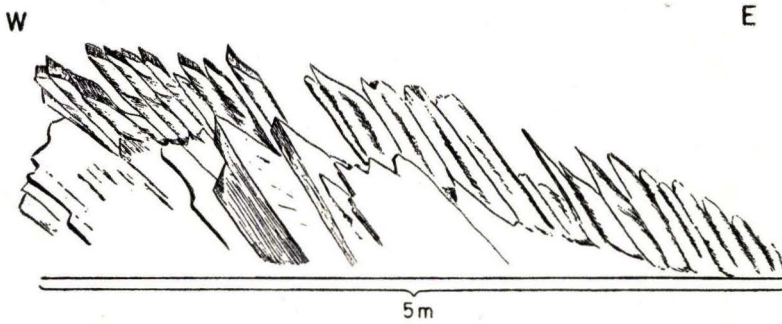
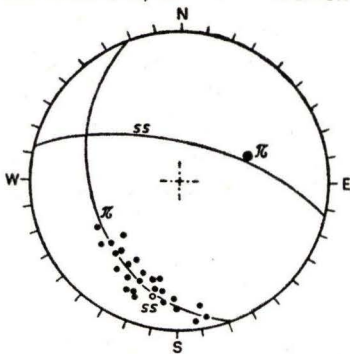


Abb. 27. Mullion-Struktur „Tiefenbach-Tal“ (3). Im Hintergrund in einer 7 cm mächtigen Sandsteinbank die hier sehr dünnen Einzelmullions, getrennt durch σ_1 -Flächen (s. Taf. 5 Fig. 1 und Taf. 6 Fig. 1 und 3). Davor Blick auf die Schieferungsflächen des feinsandigen Tonschiefers im Liegenden der Sandsteinbank.

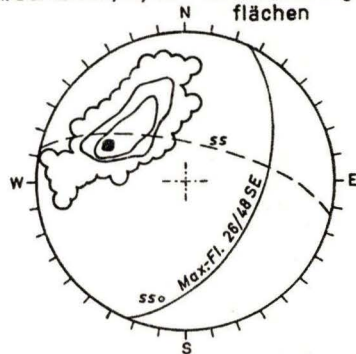
Bl. Schleiden/3b/55 mullion



$\pi = 68/55$ NE

Abb. 28. Flächenpole der Mullion-Schichtflächen aus der gesamten Struktur „Tiefenbach-Tal“ (3). π ist die Hauptmullion-Achse dieser Struktur.

Bl. Schleiden/3f/55 72 Schieferungsflächen



$0 - 10 - 20 - 30$, über 30%

Abb. 29. Schieferungsflächen im Liegenden und Hangenden der Mullion-Struktur „Tiefenbach-Tal“. Starke Streuung vor allem in nächster Nähe der Struktur. Die Ausbuchtung auf dem Diagramm nach SW wird wahrscheinlich durch σ_1 -Flächen im Tonschiefer gebildet.

Tales (Nr. 3 der gefügekundlichen Deutung und auf Abb. 2). Hier ist eine nur 7 cm mächtige quarzitische Sandsteinbank von nicht zu steiler, nicht überkippter Lagerung ($105^\circ/55^\circ - 70^\circ$ N; Taf. 6 Fig. 2) in zahlreiche winzige Mullions zerlegt (Abb. 27). Es zeigt sich darin besonders deutlich wieder die Abhängigkeit von der die Struktur tragenden Sandsteinbank, deren Mullions um so kleiner werden, je geringer mächtig die Bank ist. Die Fugen zwischen den Mullions, also die σ_1 -Flächen, weisen nordost-südwestliches Streichen bei mittelsteilem Einfallen nach SE auf (Abb. 32) und führen hier nur wenig Quarz in sehr dünnen Bestegen (Taf. 6, Fig. 3). Selbst an diesen kleinen Mullions zeigt sich die beginnende Unterteilung eines „Groß“-Mullions in zwei Teilmullions (Tafel 6 Fig. 1, 3, Abb. 27).

Die Vermessung der Mullion-Schichtflächen aus der gesamten Struktur ergab eine Mullion-Achse mit dem Wert $68^\circ/55^\circ$ NE (Abb. 28). Die σ_2 -Flächen, also die vor der Mullion-Bildung entstandene Schieferung, zeigen sich u. a. als feine Runzeln und Linien auf den Mullions. Die Schieferung in den die Sandsteinbank umlagernden Tonschiefern weist recht gestreute Werte auf (Abb. 29).

VI. Gefügekundliche Zusammenhänge der Mullion-Strukturen 1 bis 3

a) Mullion-Achsen

Im vorhergehenden wurden die drei Mullion-Strukturen Dedenborn (1), Schöne Aussicht (2) und Tiefenbach-Tal (3) gefügekundlich ausgedeutet. Die erzielten Ergebnisse der Einzelstrukturen sollen nunmehr gefügekundlich zueinander in Beziehung gesetzt werden.

Zuerst wurden alle Mullion-Achsen der Strukturen 1–3 auf einem Diagramm vereinigt¹⁾. Dabei zeigt sich, daß die Achsen aller Strukturen ENE-WSW streichen und gegen ENE eintauchen. Es ergibt sich daraus bei Streichwerten von 68° bis 78° ein Maximum im Streichen von 73° (Abb. 30).

Bl Schleiden/1-3/ $\Sigma_1/55$ alle mullions

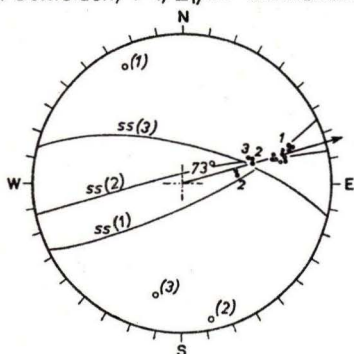


Abb. 30. Alle vermessenen Mullion-Achsen der Strukturen Dedenborn (1), Schöne Aussicht (2) und Tiefenbach-Tal (3). Streichen der General-Mullion-Achse 73° . Flächenkreise und dazugehörige Pole der Schichtung (ss).

Man kann somit feststellen, daß sowohl die drei lokal verschieden gelegenen Strukturen als auch alle Einzelmullions im wesentlichen das gleiche Achsenstreichen aufweisen, wobei Schwankungen um das Maximum von 5° nach beiden Seiten vorkommen. Dies spricht ohne weiteres dafür, daß ihnen ein gleicher tektonischer Plan zugrunde liegt.

Der Einfallswinkel der Mullion-Achsen zeigt innerhalb der einzelnen drei Strukturen nur geringe Schwankungen. Größere Unterschiede ergeben sich dagegen beim Vergleich der drei Strukturen und dabei vor allem zwischen der Struktur Dedenborn (1) einerseits und den

¹⁾ Wegen der Kleinheit der Mullions in der Struktur Tiefenbach-Tal (3) wurde hier aus allen Einzelmullions lediglich eine Sammelachse konstruiert.

Strukturen Schöne Aussicht (2) und Tiefenbach-Tal (3) (Abb. 30). Die Struktur Dedenborn fällt im Durchschnitt mit 30° gegen ENE ein (s. Abb. 9), während die Maxima bei der Struktur Schöne Aussicht bei 48° und 58° und Tiefenbach-Tal bei 50° liegen. Daraus ergibt sich, daß die durch das Streichen erkennbare gleichartige Anlage durch lokale tektonische Gegebenheiten variiert werden kann.

Den Ausstichpunkten der Haupt-Mullion-Achsen der drei Strukturen entsprechen Großkreise, auf denen sich zugleich die zugehörigen σ_1 -Flächenpole anordnen (s. Abb. 10 und 31). Wegen des generell gleichen Streichens aller Mullion-Achsen treffen die Großkreise ungefähr an der gleichen Stelle auf den Außenkreis der Lagekugelprojektion (Abb. 31). Wegen des verschiedenen Einfallens weichen sie, vor allem an ihrem Schnittpunkt mit der Streichrichtung 73° , aber voneinander ab (Abb. 31). Bei Rotieren der σ_1 -Flächen um die Achse 73° wandern die zugehörigen Großkreise auch nur dann gemeinsam in den Mittelpunkt der Lagekugelprojektion, wenn sie dreimal mit unterschiedlichem Kippungswinkel, jeweils dem Achsentauchen der drei Strukturen entsprechend, horizontal gelegt wird.

Die General-Mullion-Achse aller drei Strukturen zeigt somit zwar die gleiche Streichrichtung, auf ihr aber ein gestreutes π , das durch das verschiedene Achsentauchen der drei Strukturen hervorgerufen wird. Man kann somit bei der General-Mullion-Achse theoretisch von einer gewellten Achse sprechen.

b) σ_1 -Flächen

Die σ_1 -Flächenpole liegen zwar alle auf den den Mullion-Achsen entsprechenden Großkreisen, zeigen beim Vergleich der drei Strukturen aber erheblich voneinander abweichende Lagen auf dem Diagramm (Abb. 32). Dies beruht einerseits auf den schon erwähnten Abweichungen der Großkreise gegeneinander (Abb. 31). Darüber hinaus ergibt sich aber, besonders für die Struktur Schöne Aussicht (2) ein ganz anderes, fast um 90° gedrehtes Streichen (Abb. 32). Die Mullion-Strukturen werden demnach nicht nur an NNE-SSW streichenden σ_1 -Flächen, sondern auch an 110° bis 160° (NW-SE) verlaufenden gebildet. Ihr Einfallen geht meist nach Süden (SW und SE), bei der Struktur Schöne Aussicht (2) auch nach N (NE).

Es hat den Anschein, daß das sich ändernde Achsentauchen der Mullion-Strukturen von dem verschiedenen Streichen und Einfallen der σ_1 -Flächen abhängt. Das wird dadurch noch deutlicher, daß die Struktur 2 mit steilstem Achsentauchen die abweichendsten σ_1 -Werte aufweist. Einzeluntersuchungen darüber fehlen noch.

Bl. Schleiden/1-3/ $\Sigma_5/56$

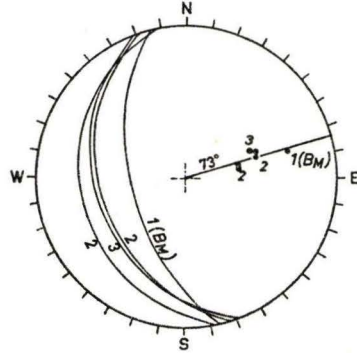


Abb. 31. Maximale Mullion-Achsen der drei Strukturen (Abb. 30) und entsprechende Großkreise, auf denen die dazugehörigen σ_1 -Pole liegen (vgl. Abb. 32).

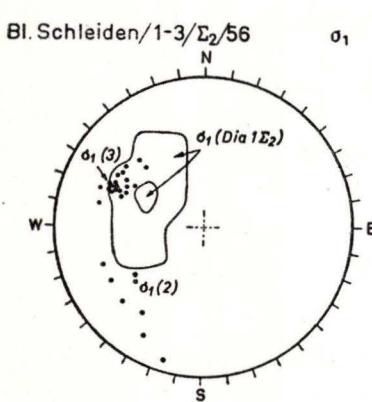


Abb. 32. σ_1 -Flächen (Scherflächen, an denen die Mullions entstanden) der drei Strukturen Dedenborn (1), Schöne Aussicht (2) und Tiefenbach-Tal (3).

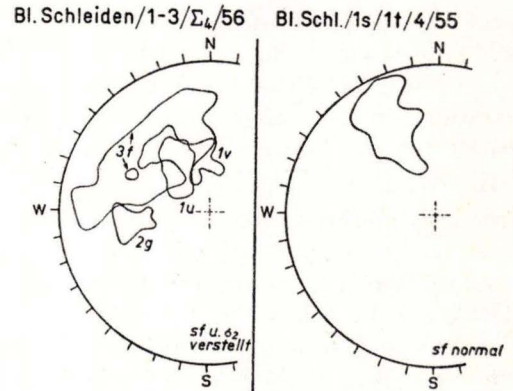


Abb. 33. Links: verstellte Schieferungsflächen und σ_2 -Flächen (verstellte Schieferungsflächen innerhalb der Mullion-Strukturen) der drei Strukturen Dedenborn (1), Schöne Aussicht (2) und Tiefenbach-Tal (3). sf, lv, 2g usw. weisen auf die Diagramm-Nummern auf vorhergehenden Abbildungen oben links hin. Rechts: normale Schieferung (Abb. 11, 12, 17).

c) Verstellte Schieferungsflächen und σ_2 -Flächen

Wie beschrieben wurde, sind die Schieferungsflächen innerhalb (als σ_2 bezeichnet) und in näherer Umgebung der Mullion-Strukturen bei deren Entwicklung verstellt worden. Abb. 33 zeigt, daß die Verstellung bei den drei beschriebenen Mullion-Strukturen ganz verschieden abgelaufen ist. Am meisten weichen von der normal gestellten Schieferung (s. Abb. 11, 12, 17) die Flächen der Struktur Schöne Aussicht (2) ab, deren Mullion-Achsen ja auch am stärksten eintauchen. Es muß angenommen werden, daß die unterschiedliche Kippung der Schieferungsflächen einerseits von den verschieden streichenden σ_1 -Flächen, andererseits aber auch von verschiedener Lage der Faltenachsen an den einzelnen Strukturen abhängt. Nähere Untersuchungen darüber wurden nicht durchgeführt.

d) Harnischstreifung

Auf Abb. 34 wurden die Harnischstreifen auf den σ_1 -Flächen aller drei Mullion-Strukturen, ferner aber auch solche auf den Schieferungsflächen im Gebiet, entfernt von den Mullion-Strukturen, dargestellt.

Es fällt zunächst auf, daß die Ausstichpunkte der Harnischstreifung auf der Lagekugelprojektion sich zum großen Teil auf dem Großkreis anordnen, der dem Maximum der σ_1 -Flächen der Struktur Dedenborn entspricht (Abb. 10 und 34).

Alle Durchstichpunkte reichern sich ferner mit gewisser Streuung um ein Maximum im SE-Sektor des Diagrammes an. Von besonderer Bedeutung ist dabei, daß auch die Harnischstreifung an den Schieferungsflächen, entfernt von den Mullion-Strukturen, auf dem Diagramm in die der Mullion selber hineinfällt. Man kann daraus

entnehmen, daß alle einem gleichen tektonischen Plan angehören, der in besonderen Fällen zur Bildung der Mullion-Strukturen führte. Dabei kann die Streuung der Ausstichpunkte im SE-Sektor des Diagrammes auf die erwähnten tektonischen Variationen an den Spezialstrukturen bezogen werden.

Wenn nun die an den Mullion-Strukturen entstandenen und beeinflussten Flächen um das als Achse gedachte Maximum der Harnischstreifung (L_H auf Abb. 34 und 35) rotiert werden, so sind wegen der erwähnten Variationen genaue Daten des ursprünglichen Zustandes nicht zu erwarten.

Solche wären nur zu erhalten, wenn man an Stelle der einen Durchschnittswert darstellenden Achse L_H die den einzelnen Strukturen entsprechenden Spezialachsen zum Rotieren benutzen würde. Als Überblick können jedoch Werte gewonnen werden, die zum Gesamtbau des Gebietes in Beziehung zu bringen sind.

Die Flächenpole (bzw. deren Maxima) wurden für diesen Zweck zuerst um die jeweilige B_M -Achse (max. Mullion-Achse jeder Struktur) gedreht, indem diese waagrecht gestellt wurde (a auf Abb. 35). Anschließend wurden sie um die Achse L_H rotiert, indem diese, wie es oben bei der π_3 -Achse schon geschehen ist, um ihren Einfallsbetrag noch einmal weitergekippt wurde (b auf Abb. 35).

Dies geschah bei den Flächen der Struktur Dedenborn (1) (Abb. 35) sowie denen der Strukturen Schöne Aussicht (2) und Tiefenbach-Tal (3). Als Ergebnis zeigt Abb. 36,

Bl. Schleiden/1-3/ Σ_3 /56 Harnischstreifung auf σ_1 u. sf

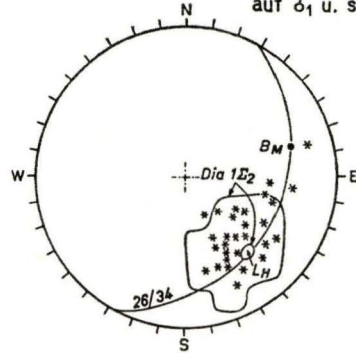
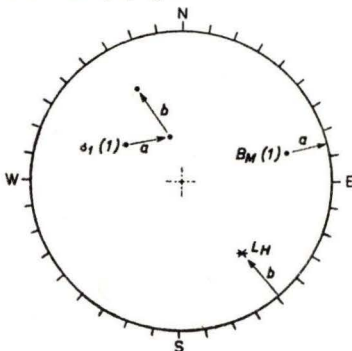


Abb. 34. Harnischstreifung auf σ_1 -Flächen und Schieferungsflächen.

Bl. Schleiden/1/ Σ_9 /56



Bl. Schleiden/1-3/ Σ_6 /56

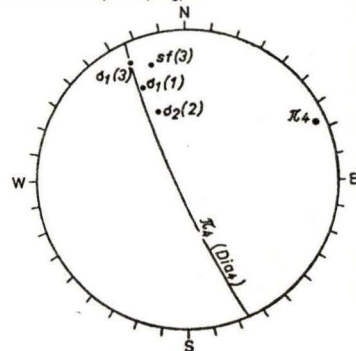


Abb. 35. Rotieren des Flächenpol-Maximums der σ_1 -Flächen der Struktur Dedenborn um die Achsen B_M (Abb. 9) und L_H (Abb. 34).

Abb. 36. Die um die Achsen B_M der drei Mullion-Strukturen und L_H rotierten Flächenpol-Maxima liegen auf und um den Großkreis der normalen Schieferungspole (π_4 , Abb. 17).

daß sich die rotierten Maxima der an den Mullions verstellten und entstandenen Flächen mit Streuung auf dem π_4 -Kreis der normalen Schieferung des Gebietes anordnen (vgl. Abb. 36 mit Abb. 17).

Es ergibt sich daraus, daß die verstellten Flächen nach Zurückdrehen um die Achsen der Mullions durchaus der normalen Schieferung entsprechen. Weiterhin zeigt die neue Lage der σ_1 -Flächen, ebenfalls auf dem π_4 -Kreis, daß auch sie mit der normalen Schieferung in Verbindung stehen. Da die Harnischstreifung zusammen mit den σ_1 -Flächen genetisch der Bildung der Mullions angehört, ist der Schluß berechtigt, daß die Mullion-Strukturen durchaus dem einzeitigen Gebirgsbau des Gebietes eingeordnet werden können, wie es auch schon durch andere gefügekundliche Konstruktionen gezeigt wurde.

VII. Die Lage der Mullion-Strukturen im Rahmen des tektonischen Baues der N-Eifel

a) Faltenstrukturen

Die beschriebenen Mullion-Strukturen liegen in einem Gebiet, das in vielerlei Hinsicht tektonisch besonders gekennzeichnet ist.

Das gilt zunächst einmal für ihre Lage im Verhältnis zu derjenigen der Großfalten: westlich des Verbreitungsgebietes unserer Mullions wölbt sich die große Sattelaufbiegung des Stavelot-Venn-Massivs mit seinem kambrisch-ordovizischen Kern heraus. Dieser Sattel streicht bereits durch den nordwestlichen Teil des Blattes Monschau, an dessen östlichem Rand die westlichste der bisher festgestellten Mullion-Strukturen, jene vom Holderknipp (8 auf Abb. 2), liegt. — Östlich unserer Mullion-Vorkommen liegt die große N-S-Zone der Eifelkalk-Mulden, die schon kurz östlich der östlichsten hier erwähnten Mullion-Strukturen — jenen südlich des Lor-Baches (7) und nordöstlich des Waldhotels (6) — beginnt. Die Mullion-Strukturen sind somit ziemlich genau in der Mitte zwischen einem Großsattel und einer Muldenzone innerhalb der Eifeler N-S-Zone eingespannt.

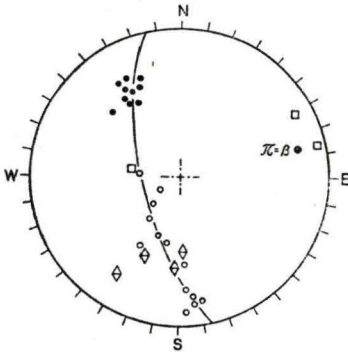
Auch hinsichtlich der Vergenz der Faltung liegen die Mullion-Strukturen in einem Übergangsgebiet. Zwar ist zweifellos das Gebiet um Dedenborn noch ausgeprägt NW-vergent (vgl. hierzu das Profil Abb. 40). Im Bereich der Eifelkalk-Mulden aber ist die Vergenz einem Wechsel unterworfen; stellenweise herrscht, wie gerade neuere Untersuchungen erhärtet haben, SE-Vergenz vor (KRÖMMELBEIN in: KRÖMMELBEIN, HOTZ, KRÄUSEL & STRUVE 1955, S. 41—43). SE-Vergenz zeigt vor allem auch das Unterdevon in der westlichen Umrandung der Sötenicher Mulde, die östlich der Mullion-Vorkommen liegt (W-Teil des Blattes Mechernich, nach Aufnahmen von Wo. SCHMIDT) ebenso wie in der nördlichen Umrandung dieser Mulde (S-Teil des Blattes Euskirchen, nach Aufnahmen von E. PAPROTH).

Mit dem Vergenz-Wechsel hängt das Umschlagen im Einfallen der Schieferungsflächen eng zusammen. Die beschriebenen Mullion-Strukturen liegen alle noch im Bereiche einer stark entwickelten und deutlich gegen SE einfallenden Schieferung. Aber schon gleich östlich der Mullion-Struktur am Waldhotel (6) ändert sich das

Bild¹⁾ schon erheblich. Denn hier, im ganzen östlichen und südöstlichen Gebiet des Blattes Schleiden und im Bereiche des Unterdevons auf Blatt Mechernich, findet sich nur noch schwach ausgeprägte Schieferung mit senkrecht stehenden oder steil nach NW einfallenden Flächen. Es muß dabei auffallen, daß die Mullions prinzipiell kleine südöstliche, also gegenvergent gerichtete „Falten“ sind. Möglicherweise deutet sich in ihnen schon die weiter östlich entwickelte SE-Vergenz an.

Ebenfalls liegen die Mullion-Strukturen hinsichtlich der Lage der Falten-Achsen in einem ausgesprochenen Übergangsbereich. Im Westen findet sich im Stavelot-Venn-Massiv ein Großsattel mit nordöstlichem Achsenabtauchen, wie sich schon in dem nach NE immer schmaler werdenden Ausstreichen des Kambro-Ordoviziums zeigt. Nordöstliches Achsengefälle zeigen im allgemeinen auch die meisten Spezialfalten in der östlichen Umgebung des Massivs. Im Osten erscheinen in den Eifelkalk-Mulden fingerartig sich verschränkende Achsen, die von SW und NE her gegen diese Zone eintauchen (SCHENK 1937). Gegenüber der Annahme von SCHENK (1937, S. 13, sowie Tafel 1), daß sich auf der Westseite, im Gebiet Gemünd-Schleiden, nur wechselnd starkes nordöstliches Achsengefälle findet, ist jedoch darauf hinzuweisen, daß nach

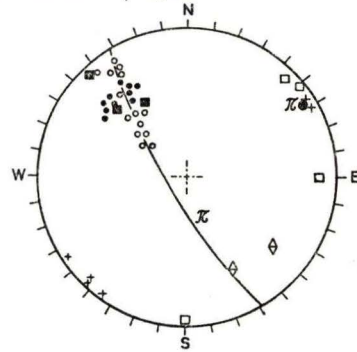
Bl. Schleiden 5/55



K-B = 76/21 E

Abb. 37. Steil überkippter Spezialsattel in Rurberger Schichten an der Rur, 1 km nördlich von Einruhr. Erläuterungen der Signaturen s. auf Abb. 3.

Bl. Schleiden/6a/55



K-B = 58/10 NE

Abb. 38. Überkippter Spezialsattel an der Sauerühle südöstlich von Einruhr. Erläuterungen der Signaturen s. auf Abb. 3.

¹⁾ Bereits WUNSTORF fiel es auf, daß sich im Bereich des Blattes Schleiden ein deutlicher Wechsel im tektonischen Verhalten der Schichten vollzieht, daß sich östlich des Waldhotels nach Malsbenden zu „nur gelegentlich eine vielleicht als Pseudoschieferung zu bezeichnende Absonderung“ zeigt, „die die Schichten senkrecht durchsetzt“, und daß dieses wenig geschieferte Gebiet eine Zone normaler, weitliniger Faltung sei, in der dann auch SE-Vergenz aufträte (WUNSTORF 1934, S. C 116—C 117). WUNSTORF's Annahme allerdings, daß der Umschwung in der Schieferung mit dem Einsetzen neuer, stratigraphischer Glieder des Unterdevons Hand in Hand ginge, lehnen wir ebenso ab wie die Bezeichnung „Pseudoschieferung“. Das Wort würde ja „falsche“, „trügerische“ Schieferung besagen, während in Wirklichkeit nur ein Zurücktreten der Schieferung vorliegt. Seine Beobachtung aber, daß nach E zu die Schieferung verklingt, besteht zweifellos zu Recht.

der Aufnahme von Wo. SCHMIDT hier auch deutliches Achsentauchen nach SW vorkommt¹⁾.

Die Mullion-Strukturen liegen größtenteils noch in dem Gebiet, in dem vom Stavelot-Venn-Massiv her ausschließlich nordöstliches Achsengefälle vorliegt. Die östlichen Vorkommen (Abb. 2) fallen schon in den Bereich intensiven Achsenschwankens zwischen nordöstlichem und südwestlichem Eintauchen.

Schließlich ist noch hervorzuheben, daß im Gebiet der Mullion-Strukturen das Streichen der Spezialfalten erheblichen Schwankungen unterliegt. Als Beispiele zeigen die Abb. 37 und 38 Achsenstreichen von 58° und 76° . Auf den generellen Achsenverlauf aus der Schieferung von 66° wurde bereits hingewiesen (Abb. 17). Wahrscheinlich hängen die erwähnten tektonischen Variationen an den einzelnen Strukturen stark von der jeweiligen Achsenlage ihrer näheren Umgebung ab.

b) Nord-Süd-Strukturen

Die von uns beschriebenen Mullion-Strukturen liegen somit einerseits in Bereichen zwischen größeren tektonischen Einheiten, andererseits in einem tektonisch recht unruhigen Gebiet. Sie gehören nicht mehr zum Stavelot-Venn-Sattel im Westen, aber auch noch nicht zur Eifelkalk-Querdepression im Osten. Sie treten an der Grenze eines bedeutenden Vergenz-Umschwunges auf, der sich durch den Übergang der starken, nordwestvergenten Schieferung im Westen in eine schwache südostvergente im Osten anzeigt. Und schließlich reichen sie von Westen her aus einem Gebiet mit stetigem Achsentauchen nach NE in eine Zone starker axialer Unruhe hinein. Zu dieser, der Faltung angehörigen Tektonik, gesellt sich aber noch ein anderes, gerade für die Eifel eigentümliches tektonisches Element, nämlich die N-S-gerichteten Strukturen. Hierzu gehört vor allem die Eifeler N-S-Zone östlich des Bereiches der Mullion-Strukturen im Gebiet der Eifelkalk-Mulden. Störungs- und Kluftbündel mit nord-südlichem Streichen zeigen sich aber auch westlich von ihr über den Bereich der Mullion-Strukturen hin bis in das Stavelot-Venn-Massiv. In dessen Westteil bekundet sich in Belgien eine schon von ASSELBERGHS erkannte, jetzt bis zum Beginn der Gedinne-Transgression nachweisbare nordsüd streichende Queraufwölbung (Wo. SCHMIDT 1956, S. 80).

Die Anlage dieser N-S-Tektonik scheint recht alt, wohl schon vorkambrisch zu sein (SCHENK 1938, S. 31, Wo. SCHMIDT 1952, S. 155—156). Später ist diese im tieferen Untergrund verankerte Richtung bei jeder sich bietenden Anlage, vor allem natürlich im Laufe der variszischen Tektonik, immer wieder aufgelebt, und macht sich, z. B. auf Bl. Lendersdorf, u. a. auch wieder im Tertiär bemerkbar.

Unter der Betrachtung, daß die von uns beschriebenen Mullion-Strukturen in einem Gebiet mit aufgeprägter N-S-Richtung vorkommen, muß deren regionale Anordnung auffallen. Auf Abb. 2 ist zu erkennen, daß sich die Strukturen 1, 2, 3, 4, 5 und 9 auf nordsüdlich gerichteter Linie aufreihen²⁾. Es muß jedoch weiteren Unter-

¹⁾ Auf ein paar besonders instruktive Beispiele sei hier kurz hingewiesen: Sattel am Teich im Kasernengelände von Vogelsang (r 31670, h 05240): Achse: $115^\circ/28^\circ$ SW; Sattel am Ufer des Urft-Stausees am NE-Ende des Schiffer-Berges (r 32790, h 05290): Achse: $120^\circ/45^\circ$ SW; Grauwacken-Sattel am Fuß der Schweizer Berge (r 32850, h 05350): Achse: $120^\circ/30^\circ$ SW.

²⁾ Dasselbe gilt für die Strukturen 6 und 7.

suchungen, vor allem aber weiterem Auffinden von Mullion-Strukturen vorbehalten bleiben, ob diese nordsüdlichen Zusammenhänge tatsächlich stichhaltig sind. Die Zahl der bisher vorliegenden Strukturen reicht dafür wohl noch nicht aus.

In der gefügekundlichen Ausdeutung machen sich ebenfalls gewisse nordsüdliche Elemente kenntlich, wie z. B. auf Abb. 10 durch den Schnittpunkt des π -Kreises der σ_1 -Flächen mit dem die Mullion-Hauptachse (B_M) und das Maximum der Harnischstreifung schneidenden Großkreis. Doch sind auch diese Daten für die Deutung einer nordsüdlich gerichteten Anlage nicht genügend. Eindeutige N-S-Elemente sind bisher in den Gefügediagrammen nicht zu erkennen.

e) Die Lage der Mullion-Strukturen an den Faltelementen und das Auftreten der Boudinage

Die Mullion-Strukturen des beschriebenen Gebietes erweisen sich nach den bisherigen Ausführungen als tektonische Kleinelemente, die als später Scherungsakt der Faltungsphase des Gebietes angehören und im Zusammenhang mit Scherflächen (σ_1 -Flächen) entstanden sind, die wieder als eine späte Schieferung aufgefaßt werden können.

Neben den Mullion-Strukturen treten im Gebiet noch andere tektonische Kleinstrukturen auf, die eine gewisse Ähnlichkeit mit den Mullions haben, sich aber grundsätzlich von ihnen unterscheiden. Es muß deshalb auf das, was als Boudinage bezeichnet wird, hier näher eingegangen werden.

Der Ausdruck Boudinage stammt aus der französischen Literatur, wenngleich er auch in keinem der gewöhnlichen französischen Lexika zu finden ist. Er bedeutet „Wurstung“ und ist abgeleitet von franz. „boudin“, Wurst, wegen der Ähnlichkeit der Struktur mit einer Reihe von Würsten — eine Bezeichnung, die nicht ganz zu Unrecht STAINIER (1930, S. 122) „eher ausdrucksvoll als elegant“ nannte. Der Name wurde zum ersten Mal von LOHEST (in LOHEST, STAINIER & FOURMARIER 1908, S. B 370—B 371) für die Struktur gewisser Sandstein-Bänke im Gebiet von Bastogne in den Ardennen mit folgenden Worten (in deutscher Übersetzung) geprägt:

„Die Sandstein-Bänke sind in eine gewisse Anzahl von Teilstücken zerlegt, die voneinander durch Quarzadern mit oder ohne Bastonit getrennt sind. Sie zeigen fast immer eine spindelförmige Anlage. Jedes Teilstück ist im Zentrum so angeschwollen, daß es im Querschnitt die Form eines kleinen Fasses zeigt, dessen beide Grundflächen aus den trennenden Quarzadern bestehen würden. Blickt man auf eine durch den Abbau freigelegte Schichtfläche mit solchen anschwellenden Teilstücken, so glaubt man, eine Reihe riesiger Zylinder oder langer Würste (boudins) zu sehen, die nebeneinander liegen; und so hat man denn auch im Verlauf dieser Exkursion auf die Initiative von Herrn LOHEST hin zur Erleichterung der sprachlichen Verständigung häufig die neu gebildeten Worte „boudinieren“ und „Boudinage“ angewandt¹⁾“.

¹⁾ LOHEST, STAINIER & FOURMARIER 1908, S. B 370—B 371: «Les bancs de grès sont segmentés en un certain nombre de parties, séparés les unes des autres par des filons de quartz à bastonite ou sans bastonite, présentant presque toujours une disposition en fuseau. Chaque segment s'est fortement renflé au centre, de façon à présenter en section la forme d'un baril dont les deux fonds seraient constitués par les filons de quartz séparatifs. Lorsque l'on voit ces segments renflés sur une surface de stratification étendue, mise à nu par l'exploitation, on croirait voir une série d'énormes cylindres ou boudins alignés côté à côté; aussi, au cours de cette excursion, et sur l'initiative de M. LOHEST, on a fréquemment utilisé, pour la facilité du langage, les néologismes de boudiner et de boudinage».

Im Laufe der Zeit ist eine große Zahl von Arbeiten über die Boudinage in den verschiedensten Gebieten verfaßt worden. Sie zeigten, daß diese Struktur wesentlich verbreiteter ist, als man zunächst annehmen mochte, und keineswegs auf Gebiete mit besonders intensiver Tektonik oder beginnender Metamorphose beschränkt ist. Andererseits erwies es sich, daß sie sich auch im kristallinen Gebirge, in Migmatiten und in rein magmatischen Gesteinen findet. Dort ist sie teilweise, vor allem infolge neuer Stoff-Zufuhr, unter etwas anderen Bedingungen zustande gekommen als in den verfalteten Sedimenten, und so wollen wir für unsere Betrachtungen diese Fälle von vornherein ausschalten, also nur die Boudinage der ohne Stoff-Zufuhr deformierten Sedimente in den oberen Stockwerken der Falten-Gebirge betrachten. Unter der umfangreichen Literatur greifen wir nur die Arbeit von WEGMANN 1932 heraus, weil sie einige grundsätzliche Bemerkungen über das Erscheinungsbild dieser Struktur enthält. Aus dieser Arbeit, die auch das ältere, bis dahin erschienene Schrifttum zusammenfassend berücksichtigt, ergibt sich in Verbindung mit der Erst-Beschreibung von LOHEST und einigen weiteren Arbeiten (u. a. HOLZAPFEL 1909, STAINIER 1930 und WILSON 1951), daß für die Boudinage in sedimentären Gesteins-Serien folgendes gilt:

1. Die Boudinage ergreift harte Gesteinsbänke (meist Grauwacken, Sandsteine, Quarzite etc.) inmitten geschieferter, weicherer (meist Tonschiefer).
2. Zumindest in der Anfangsphase (bei der „klassischen“ Boudinage) trennen Quarzadern, senkrecht zur Schichtung, die harten Bänke in nahezu gleiche Bruchstücke. Diese Quarzadern haben gewöhnlich linsenförmigen Querschnitt.
3. Die einzelnen Teilbruchstücke schwellen ziemlich genau in der Mitte an und verjüngen sich nach den Seiten. Im Profil ergibt sich das Bild eines Fasses oder eines Brotlaibes oder — bei weiter fortgeschrittener Boudinage — einer Linse, in der Aufsicht sowohl auf die Schichtunter- als auch -oberseite der Anblick von langgestreckten Halbzylindern.
4. Die Schieferung verläuft angenähert parallel zur Schichtung und schmiegt sich im einzelnen den Umrissen der boudinierten Bänke an (WEGMANN 1932, S. 478).
5. Die Breite der einzelnen Boudins ist abhängig von der Mächtigkeit der boudinierten Bank (d. h. gering-mächtige Bänke zeigen engstehende, mächtigere Bänke breite Boudins).

Von dem auch in den Ardennen verwirklichten Fall, daß zwei nahezu senkrecht aufeinanderstehende Systeme von Boudinage den boudinierten Bänken das Aussehen von Schokolade-Tafeln verleihen, können wir absehen. Eindeutig ist solche „karierte“ Boudinage in unserem Gebiet nicht beobachtet worden; allerdings ist der größte Teil der Boudinage-Strukturen in der N-Eifel nur im Profil aufgeschlossen, und die Profil-Ansicht allein erlaubt kein Urteil darüber, ob „karierte“ Boudinage vorliegt.

Folgende besonders instruktiven Beispiele von Boudinage, die dem Anfangsstadium der „klassischen“ Boudinage (vgl. WEGMANN 1932, Abb. 1, S. 483 und WILSON 1951, Abb. 3, S. 401) entsprechen, zeigen sich in unserem Gebiet in der weiteren Nachbarschaft der Mullion-Strukturen:

1. Östlichste der drei Straßenkurven an der Straße Monschau-Imgenbroich (Blatt Monschau, r 17380, h 03400); Quarzit an der Grenze Monschauer und Untere Rurberger Schichten. Profilschnitt. Mächtigkeit der boudinierten Bank: 45 cm, Breite der Boudins: ca. 1 m. Schieferung und Schichtung generell: Str. 65°, F. 30° SE. Taf. 8 Fig. 1.
2. Straßenböschung südsüdöstlich der Perlenbach-Talsperre (Blatt Monschau, r 17020, h 99830). Untere Rurberger Schichten. Profilschnitt. 2 nur jeweils 50 cm mächtige Grauwacken-Lagen inmitten 10 m Schiefer, voneinander 2 m entfernt. Breite der Boudins ca. 1 m. Schieferung und Schichtung: Str. 50°, F. 40° SE.
3. Böschung des Fußweges am NE-Hang des Tiefenbach-Tales (Blatt Schleiden, r 23980, h 06360). Obere Rurberger Schichten. Profilschnitt und Aufsicht auf die Schichtoberfläche. 50 cm

mächtiger, quarzitischer Sandstein. Breite der Boudins durchschnittlich 60 cm. Schieferung und Schichtung generell Str. 60—65°, F. 35—40° SE. Lage der Quarz-Fugen zwischen den Boudins: Str. 60°, F. 50—55° NW. Taf. 8 Fig. 2—3.

Namentlich bei dem zuletzt genannten Beispiel finden wir alles, was für die klassische Boudinage typisch ist: die Zerlegung der Bank in im Profil brotlaibartige oder faßförmige Zylinder, deren Trennung durch Quarzfugen, wie sie HOLZAPFEL (1909, S. 112, Abb. 1 und 2) als besonders charakteristisch für diese Struktur hervorhob, und die Tatsache, daß „die umgebenden Schiefer sich, indem sie sich einbiegen, dem Umriß der boudinierten Bänke anschmiegen“ (WEGMANN 1932, S. 478), wie es besonders gut Taf. 8 Fig. 2 zeigt.

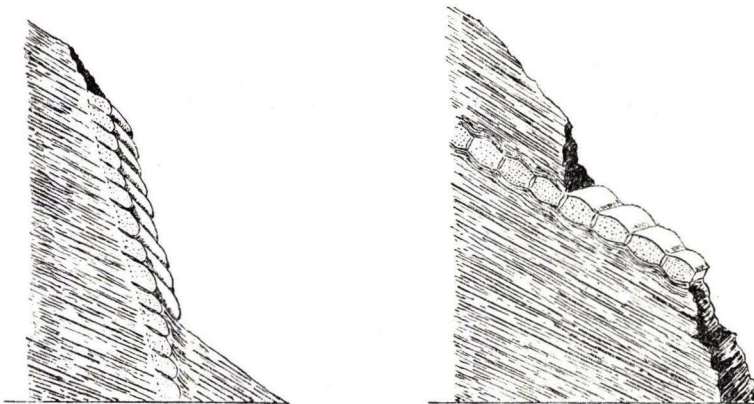


Abb. 39. Mullion-Struktur (links) und Boudinage (rechts) in schematischer Darstellung. Erläuterung s. Tab. 1.

Da also neben den Mullion-Strukturen auch die Boudinage im Eifelgebiet in typischen Beispielen vertreten ist, kann man hier besser als anderswo Gemeinsamkeiten und Unterschiede derselben studieren, um sie einmal einander gegenüberzustellen. Es versteht sich nach dem Gesagten von selbst, daß sich diese Gegenüberstellung nur auf die Mullion-Struktur, wie wir sie im Anschluß an die „Cleavage-Mullions“ im Sinne von WILSON 1953, S. 126—227 und auf die Boudinage vom Typ jener Deformationen bezieht, wie sie auf harte Sedimente in Schieferkomplexen höherer Stockwerke von Faltengebirgen ohne Stoffzufuhr im Sinne von WEGMANN 1932, S. 481—485 beschränkt ist. Es soll dabei ferner nur das reine Erscheinungsbild, nicht die Deutung der Strukturen berücksichtigt werden. Gemeinsamkeiten und Unterschiede der beiden Strukturen sind auf Tabelle 1 zusammengestellt und gehen ferner aus Abb. 39 hervor.

Hinsichtlich der tektonischen Lage von Mullion-Struktur und Boudinage ergibt sich aus dem Bau des Gebietes für beide ein weiteres, besonders wichtiges Unterscheidungsmerkmal. Wie Abb. 40 zeigt, sind die Schichten in deutlich nordwestvergente Falten gelegt worden. Daher findet sich an den SE-Flügeln der Mulden senkrechte und steile (z. T. überkippte) Lagerung, während die Schichten an den NW-

Flügeln flach bis mittelsteil gegen SE einfallen. Nach der auf Tabelle 1 und Abb. 39 gegebenen Definition können die Mullion-Strukturen also nur an den (steilen) SE-Flügeln, die Boudinage nur an den (flachen) NW-Flügeln der Mulden vorkommen.

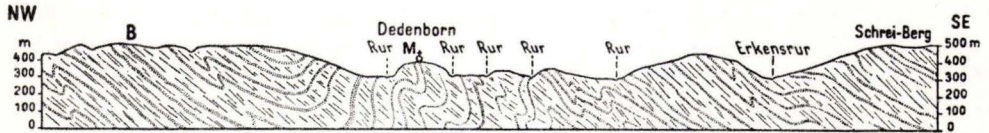


Abb. 40. Querprofil durch den Bereich der Mullion-Strukturen 1, 2 und 3. B = Auftreten der Boudinage, M der Mullion-Struktur. Lage des Profils s. auf Abb. 2. Profil nicht überhöht, vgl. hierzu Abb. 39.

Tabelle 1.

Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Mullion-Strukturen und Boudinagen auf Grund der Beobachtungen in der N-Eifel

	Mullion-Struktur	Boudinage
Betroffene Gesteine	sandig-quarzitische Bänke inmitten Tonschiefern.	sandig-quarzitische Bänke inmitten Tonschiefern.
Verhalten von Schieferung und Schichtung	Schichtung senkrecht oder steil einfallend (z. T. überkippt). Schieferung stets flacher als Schichtung einfallend. Die Hauptschieferung ist älter als die Struktur und wird verbogen, jüngere Scherflächen (σ_1) von Art der Schieferung sind gleichalt.	Schieferung und Schichtung mittel bis flach einfallend und stets angenähert parallel, Hauptschieferung gleichalt wie die Struktur und schmiegt sich den Wülsten auf beiden Seiten der deformierten Bank an.
Art der Deformation der harten Bank	Zerlegung der Schicht-Unterseite in langgestreckte, halbzyklindrische Wülste. Schicht-Oberseite \pm eben.	Schicht-Unter- und Oberseite in langgestreckte, halbzyklindrische Wülste zerlegt. Profilschnitt: „Faß“, „Brotlaib“, „Wurst“.
Lage der Trennungs-Fugen der Wülste	\pm stark winklig zur Schichtung	Die Schichtung \pm rechtwinklig schneidend.
Ausfüllung der Trennungs-Fugen	Quarz	Quarz
Form der Trennungs-Fugen	parallele Flächen oder Spindel-form	Linsen-förmig
Breite der Wülste	Abhängigkeit von der Mächtigkeit der Bank, $\frac{1}{3}$ bis $\frac{3}{4}$ deren Mächtigkeit.	Abhängig von der Mächtigkeit der Bank, gleichmächtig wie sie oder länger.
Beziehung zum Faltenbau	jünger, aber noch einem späteren Scherungsakt der Faltungsphase angehörig.	gleichalt

Tatsächlich wurde die lokale Anordnung im Gebiet überall bestätigt gefunden. Auf Abb. 40 ist die Lage von Boudinage und Mullion-Struktur an den entsprechenden Muldenflügeln dargestellt.

VIII. Versuch der Darstellung eines zeitlichen Ablaufes bei der Bildung der Mullion-Strukturen

Die normale Schieferung beginnt an der Faltenmulde bei Dedenborn (Abb. 40) bei etwa mittelsteilem, nordwestlichem Einfallen der Schichten und setzt sich bis zur steilen Aufrichtung fort (Abb. 41, 1). Dabei treten schon schichtparallele Gleitungen auf, welche die Unterseite der Sandsteinbank polieren. Die Schieferung greift in weiter stehenden Schieferungsklüften auch in die Sandsteinbänke ein, wobei ihre Flächen wahrscheinlich gebrochen werden und daher flacher einfallen (Abb. 41, 1).

Unter welchem Winkel die Schieferungsflächen bei noch mittelsteiler Lagerung der Schichten einfielen, ist nicht genau zu sagen, da sie bei weitergehender Aufrichtung der Schichtung sicher flacher gestellt werden (Abb. 41, 2). Einen Hinweis gibt der Nordflügel der Mulde, an dem die Schichten in mittelsteiler Lagerung verbleiben (Abb. 40), so daß sich im späteren Bild eine gewisse Meilerung ergibt (Abb. 17).

Die große Anzahl der Schieferungsflächen, ihre deutliche Ausprägung, bei der die Schichtung im Tonschiefer unterdrückt wird, sowie ihr überall klares Einfallen gegen SE offenbart eine starke nordwestvergente Faltung des Gebirges in diesem Bereich.

Die fortgesetzte Einengung des Gebirges äußert sich in weitergehender Aufrichtung der Schichten, wobei Gleitungen besonders an den Grenzflächen Sandstein/Tonschiefer auftreten. Zugleich entsteht am Nordwestflügel der Mulde in mittelsteiler Lagerung Boudinage.

Kurz vor Seigerstellung der Schichtung greifen Scherflächen (σ_1 -Flächen) ein, die meist südöstlich, aber auch nordöstlich einfallen und im gesamten Gebiet einem gemeinsamen Scherungsplan zu Ende der Faltung angehören (Abb. 41, 2). In den Tonschiefern sind sie von der normalen Schieferung nach Augenschein nicht zu trennen. In den Sandsteinbänken zerschneiden sie aber

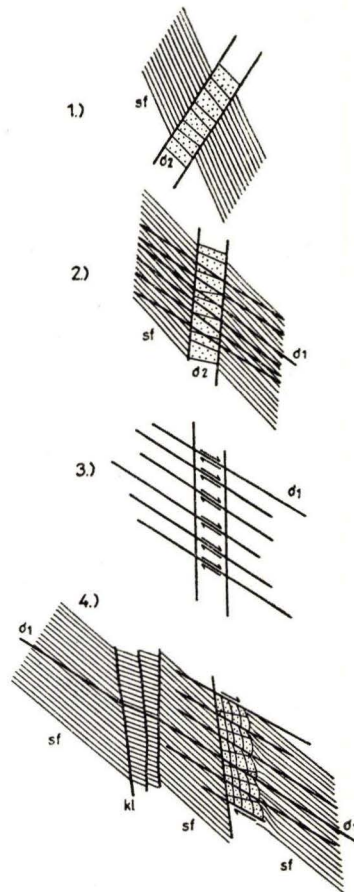


Abb. 41. Entwicklungsschema der Mullion-Struktur „Dedenborn“ (1) bei der Aufrichtung der Schichtung. σ_1 Scherflächen zwischen den Mullion, σ_2 Schieferungsklüftung im Sandstein, sf Schieferung, kl streichende Klüfte. Erläuterung im Text.

deutlich die älteren Schieferungsklüfte (Taf. 4 Fig. 1 und 3). Zugleich zerlegen sie die Sandsteinbänke in Teilstücke, deren Breite $\frac{1}{3}$ bis $\frac{3}{4}$ von deren Mächtigkeit beträgt (Abb. 41, 3).

An den σ_1 -Scherflächen finden Bewegungen statt, wie Harnischstreifung und gerillter Quarz auf ihnen anzeigen. Und zwar ist an ihnen jeweils das in der steilstehenden Sandsteinbank oben gelegene Teilstück gegen das untere etwas nach SE vorgeglitten (s. Abb. 4, M V/VI, Abb. 41, 3). Rein phänomenologisch handelt es sich bei ihnen um eine (schräge) Abschiebung. Genetisch ist der Vorgang dagegen als eine nach unten gerichtete Überschiebung zu bezeichnen. Diese Auffassung wird dadurch bekräftigt, daß sich die Teilstücke der Sandsteinbank zu einer kleinen SE-vergenten „Falte“ (Einzelmullion) verbiegen, deren Faltenstirn verdickt ist und der jeweils unterliegenden σ_1 -Fläche aufliegt (s. Abb. 4, Abb. 41, 4).

Es ist möglich, daß die Einrollung der Einzelmullions prinzipiell noch im letzten Akt der Falteneinbiegung vor sich geht. Dafür könnte die Struktur Dedenborn sprechen, bei der die Bildung der Mullions bei fast Seigerstellung beginnt und sich bis zur Überkippfung fortzieht. Andererseits finden sich die Mullion-Strukturen im Gebiet aber auch in nicht überkippten Schichten. Es ist deshalb wahrscheinlich, daß der überall gleichzeitig angreifende tektonische Plan der σ_1 -Flächen an einer Stelle normal einfallende Schichten schneidet, die nicht weiter aufgerichtet werden, an anderer Stelle senkrechte Lagerung antrifft und, etwa bei Dedenborn, noch während der letzten bis zur Überkippfung gehenden Falteneinengung einsetzt.

Die sich in den Mullions äußernde Gegenvergenz (im nordwestvergenten Gebiet) hat zur Folge, daß im Rücken der Mullions Zerrungen auftreten. Durch diese reißen im Tonschiefer streichende, z. T. klaffende Klüfte auf. (Tafel I Fig. 3, Abb. 41, 4), die gefügekundlich der Bildung der Mullions zuzuordnen sind (Abb. 9). An ihnen werden die Schieferungsflächen gekippt, vor allem auch erheblich flacher gelegt (Abb. 14, Abb. 41, 4).

Die Schieferung im (stratigraphisch) Liegenden wird dagegen kaum beeinflusst (vgl. Abb. 11 und 12). Nur direkt an der Unterseite der Sandsteinbank werden ihre Flächen durch die sich nach unten und gegen SE vorbewegenden „Falten“ der Einzelmullions aufgesplittert. Dabei entsteht häufig ein Fächer von Schieferungsflächen, der jeweils eine Einzelmullion umschließt (Abb. 4, MVII/VIII, Abb. 41, 4, Taf. 3 Fig. 4).

Durch die σ_1 -Flächen wird den Sandsteinbänken eine Struktur aufgeprägt, deren Achsen (Mullion-Achsen) bei Dedenborn 75° streichen und mit 30° gegen ENE eintauchen (Abb. 42, 2). Diese Achsen streichen also anders und mehr gegen die E-W-Richtung als die Schichtfläche mit 63° , auf der die Mullions aufsitzen (Abb. 42, 1 u. 3).

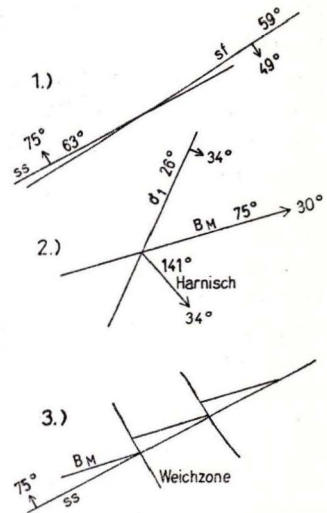


Abb. 42. Maximale Richtungen des tektonischen Inventars der Mullion-Struktur „Dedenborn“, ss sedimentäre Schichtung, σ_1 Scherflächen zwischen den Einzelmullions, sf Schieferung, BM Hauptmullion-Achse, Erläuterung im Text.

Als theoretische Folge muß aus diesem verschiedenen Streichen angenommen werden, daß die Mullions (Mullion-Achsen 75°) im Fortstreichen nach ENE aus der Sandsteinbank (63°) herauslaufen, wenn nicht durch weitere σ_1 -Flächen neue Möglichkeiten zur Schaffung anderer Einzelmullions im Fortstreichen geschaffen werden.

In der Struktur Dedenborn ergibt sich aber eine andere Lösung. Sie wird nämlich durch zwei „Weichzonen“ (s. Kap. III k) querschlägig durchschnitten, die auf Grund gefügekundlicher Untersuchung nachweisbar gleichzeitig mit den Mullions entstanden sind. An diesen beiden Weichzonen werden die Mullions im Fortlaufen von WSW nach ENE jeweils etwas zurückgesetzt und damit wieder in die Bank hineinprojiziert (Abb. 42, 3).

Mit der Bildung der Mullions ist der Bau des Gebirges abgeschlossen. Lediglich treten noch Klüfte auf, welche die Mullions schneiden und als Lösung letzter Spannung anzusehen sind. Unklar ist bisher, wie weit die Bildung der Mullion-Struktur mit den im Gebiet auftretenden N-S-Linien zusammenhängt.

IX. Definition des Begriffes Mullion-Struktur (mullion structure)

Nach Sichtung der englischen Literatur, unter besonderer Benutzung der Arbeit von WILSON (1953) und nach Bearbeitung der Vorkommen in der Eifel, ist es nunmehr möglich, eine genaue Definition des Begriffes Mullion-Struktur (mullion structure) zu geben. Es ist besonders wichtig, dabei festzuhalten, daß der Begriff eng und scharf gefaßt werden muß, um ihn gegen andere Strukturen wie Spezialfalten, drag folds, Girlandenfalten, Rodding-Strukturen, Schubklüftung, Boudinage u. a. abzugrenzen, wobei die Mullion-Struktur auch nicht einfach ganz allgemein, wie es in der älteren englischen Literatur geschieht, einer lineation zuzuordnen ist.

Erscheinungsbild

Längliche einander parallel laufende Wülste (Einzelmullions) getrennt durch Scherflächen (σ_1 -Flächen) mit Quarzbelag und Harnischstreifung. Auftreten in Sandsteinbänken bzw. harten Schichten, die scharf gesondert in Tonschiefern bzw. milden Schichten liegen. Lage an der Unterfläche der Bänke entgegengesetzt zur Faltungsrichtung. Breite der Einzelmullions etwa $\frac{1}{3}$ bis $\frac{3}{4}$ der Mächtigkeit der von ihnen besetzten Bank. Vorkommen nur in steil bis senkrecht stehenden Schichten. Begleitende Schieferung erheblich flacher als die Schichtung einfallend.

Genese

Gefügekundlich nachweisbarer genetischer Zusammenhang zwischen dem Eingreifen der σ_1 -Scherflächen, den Bewegungsspuren auf ihnen und der Bildung der Mullions. Normale Schieferung ist älter und an den Mullions verstellt. Die Einzelmullions bilden zwischen den σ_1 -Flächen kleine gegenvergente Scherfalten mit Verdickung im Faltenscheitel. Streichen der Mullion-Achsen entspricht nicht dem der Faltenachsen des Gebietes, jedoch sind die Mullion-Strukturen, jedenfalls in der Eifel, als Bildung eines späten Scherungsaktes dem gleichen Bauplan des Gebirges einzuordnen.

Zusammenfassung

Als mullion structure werden in der englischen Literatur langgestreckte, einander parallel angeordnete Wülste auf der Schichtfläche bezeichnet. Mullion bedeutet im englischen Sprachgebrauch Pfeilerbündel der Stützbögen gotischer Kirchen, was dem geologischen Bild durchaus entspricht (Abb. 1, Taf. 1 Fig. 1). In der englischen Literatur finden sich andere Arbeiten über die mullion structures, von denen die von WILSON (1953) besonders zu erwähnen ist. In Deutschland fand Wo. SCHMIDT 1952 erstmalig Mullion-Strukturen, wie wir sie nennen, und zwar auf dem Meßtischblatt Schleiden in der Nord-Eifel. Als locus typicus gilt die besonders schön entwickelte Struktur „Dedenborn“ am SW-Ausgang des Dorfes Dedenborn (Abb. 1, Taf. 1—4).

Von den neun bisher bekannten Mullion-Strukturen der Nord-Eifel haben wir drei, darunter die von Dedenborn, speziell bearbeitet. Die Ergebnisse legen wir in dieser Arbeit vor, indem wir neben der Spezialuntersuchung zugleich versucht haben, die Strukturen in den Bau des Gebirges einzupassen. Darüber hinaus kommt es uns darauf an, den Begriff Mullion-Struktur (mullion structure) scharf zu umreißen und ihn in der deutschsprachigen Literatur einzuführen.

Die Mullion-Strukturen der Nord-Eifel treten in Sandsteinbänken auf, die scharf gesondert in Tonschiefern den oberen Rurberger Schichten und den Wüstebach-Schichten der oberen Siegen-Stufe sowie den Heimbacher Schichten der unteren Ems-Stufe eingeschaltet sind, und zwar finden sie sich an der stratigraphischen Unterseite der Bänke. Alle Strukturen erscheinen nur bei steiler, auch steil überkippter bis senkrechter Schichtenneigung. Die Schieferung fällt, wie auch WILSON (1953) in Schottland beobachtet hat, stets wesentlich flacher als die Schichtung ein. Aus diesem Grunde finden sich die Mullion-Strukturen im beschriebenen Gebiet mit seiner deutlichen nordwestvergente Faltung immer nur an den steilen bis überkippten Südostflügeln der Mulden, während an den flach bis mittelsteil einfallenden Nordwestflügeln Boudinage zu beobachten ist (Abb. 40).

Die Einzelmullions jeder Struktur sind durch Scherflächen (von uns als σ_1 -Flächen bezeichnet) voneinander getrennt, die in den Sandstein eingreifen. Diese zerlegen die Bank in Teilstücke, deren Breite, von einer σ_1 -Fläche zur anderen gemessen, $\frac{1}{3}$ bis $\frac{3}{4}$ ihrer Gesamtmächtigkeit beträgt. Wie sich gefügekundlich nachweisen läßt, steht die Bildung der Mullions mit den σ_1 -Flächen und der durch Harnischstreifung gekennzeichneten Bewegung auf ihnen in genetischem Zusammenhang. Bei der Bewegung wurden die Teilstücke zu einer gegenvergente, also gegen SE und abwärts gerichteten „Falte“, dem jeweiligen Einzelmullion verbogen. Der Faltenscheitel jedes Einzelmullion ist etwas verdickt und stößt mit polierter Fläche scharf gegen die Tonschiefer im stratigraphisch Liegenden ab. Zum Hangenden hin glättet sich die Schichtung innerhalb der Sandsteinbank bzw. den Einzelmullions gewöhnlich aus, so daß die Oberfläche der Bank normal an die hangenden Tonschiefer grenzt.

Die Schieferung des Gebietes ist deutlich älter als die Bildung der Mullion-Strukturen. In deren Nähe ist sie gestört und verkippt, was gleichfalls auch für die im Sandstein vorhandene Schieferungsklüftung gilt. Dementsprechend schneiden auch die σ_1 -Flächen die Schieferungsflächen. Im Tonschiefer selbst sind beide jedoch meist nicht voneinander zu trennen, was das Problem verschieden alter Schieferung im Ge-

birge aufwirft. Gelegentlich vorkommende Harnischstreifung auf den Schieferungsflächen ließ sich jedoch gefügekundlich mit den Mullion-Strukturen in Zusammenhang bringen.

Aus den Mullion-Strukturen konnten durch gefügekundliche Untersuchungen Achsen konstruiert werden (β - bzw. π -Scherungsachsen, von uns als Mullion-Achsen bezeichnet). Es ergab sich, daß die Mullion-Achsen aller, oft mehrere km voneinander entfernt liegenden Strukturen annähernd gleiches Streichen mit einem Maximalwert von 73° bei nordöstlichem Eintauchen aufweisen, wobei allerdings der Eintauchwinkel auf Grund örtlicher Gegebenheiten schwankt. Daraus ist zu entnehmen, daß die Mullion-Strukturen durch einen gleichartigen Plan dem Gebirge aufgeprägt wurden.

Andererseits stimmt das Streichen der Mullion-Achsen nicht mit dem der Faltenachsen des Gebirges überein. Sie sind diesem später und unter besonderem Bauplan überprägt. Schon dieses Merkmal, das auch in der englischen Literatur angeführt wird, scheidet die Mullion-Strukturen deutlich von drag folds, Spezialfalten, Girlandenfalten, Rodding-Strukturen oder einer lineation, zu der die Mullions teilweise gerechnet wurden. Denn alle diese verkörpern im Gegensatz zu den Mullions das B der Faltenachsen. Eine gewisse genetische Verbindung könnte zur Schubklüftung (false cleavage) vorliegen, wenngleich das Erscheinungsbild anders ist. Durch Rotieren der Mullion-Achsen auf der Lagekugelprojektion an Achsen, die aus der verkippten Schieferung konstruiert wurden, ließ sich nachweisen, daß sie als ein später Scherungsakt immer noch der variszischen Faltung des Gebietes angehören.

Aus der Bearbeitung der Mullion-Strukturen in der Nordeifel und nach Sichtung der englischen Literatur ließ sich eine genaue Definition des Begriffes Mullion-Struktur (mullion structure) festlegen.

Die Mullion-Strukturen treten am Ostrand eines Gebietes auf, in dem die Faltenachsen vom Stavelot-Massiv her gleichmäßig gegen NE eintauchen. Östlich ihres Verbreitungsbereiches liegt die Eifeler N-S-Zone mit starker Achsenunruhe, die bis in das Gebiet der Mullions hineinreicht. Gleichfalls beginnt an den am östlichsten bekannten Mullion-Strukturen (s. Abb. 2) die deutliche und starke Nordwestvergenz nach Osten in eine undeutliche SE-Vergenz überzugehen. So treten die Mullion-Strukturen in einem tektonisch recht unruhigem Gebiet auf. Dazu muß, wenn man an die wenig weiter östlich liegende Eifeler N-S-Zone sowie andere N-S-Linien im Gebiet denkt, die Aufreihung der meisten Mullion-Strukturen in nordsüdlicher Richtung auffallen.

Schriftenverzeichnis

- ANDERSON, E. M.: The Geology of the Schists of the Schichallion District (Pertshire). — Quart. Journ. geol. Soc., **79**, 316, 423—445, Abb. 1, Taf. 25, London 1923.
- BAILEY, E. B. & McCALLEN, W. J.: Pertshire Tectonics: Schichallion to Glen Lyon. — Trans. roy. Soc. Edinburgh, **59**, III, 79—116, 2 Taf., 15 Abb., Edinburgh 1939.
- BILLINGS, M. P.: Structural Geology. — 6 Pr., 473 S., 336 Abb., New York 1949.
- CLOOS, E.: Lineation. — Geol. svc, Amer. Mem. 18, 1946.
- — Boudinage. — Tr. Amer. Geophys. Union, **20**, 626 S., 1947.
- ENGELS, B.: Zur Tektonik und Stratigraphie des Unterdevons zwischen Loreley und Lorchhausen am Rhein (Rheinisches Schiefergebirge). — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **14**, 96 S., Wiesbaden 1955.

- FAIRBAIRN, H. W.: Structural Petrology of deformed Rocks. With supplementary Chapters on statistical Analysis. — 344 S., 1 Tafel, 287 Abb., Cambridge (Mass.) 1949.
- FLÜGEL, H.: Kinematik einer Falte des Rheinischen Schiefergebirges. — N. Jahrb. Geol. Paläont. MH., 1954, 193—202, Stuttgart 1954.
- GREEN, A. H.: Notes on the Geology of Part of Co. Donegal, Ireland. — Geol. Magazine, **3**, 553 bis 561, 3 Abb., London 1871.
- GREGORY, H. F.: The Rodadero (Cuzco, Peru), — a Fault Plane of unusual Aspect. — Am. Journ. Sci., **37**, 4, 289—298, 8 Abb., New Haven 1914.
- HOEPPENER, R.: Tektonik im Schiefergebirge. — Geolog. Rdsch., **44**, 26—58, Stuttgart 1955. — Zum Problem der Bruchbildung, Schieferung und Faltung. — Geolog. Rdsch., **45**, 2, 247—283. Stuttgart 1956.
- HOLMES, A.: The Nomenclature of Petrology. 2nd Ed., 284 S., London 1928.
- HOLZAPFEL, E.: Über die neueren Beobachtungen in den metamorphischen Gebieten der Ardenen. — N. Jb. Min. usw., **1**, 1909, I. Abh., 108—128, 2 Abb., Stuttgart 1909.
- HULL, E., KINAHAN, G. H., NOLAN, J., CRUISE, R. J., EGAN, F. W., KILROE, J. R., MITCHELL, W. F. & M'HENRY, A.: North-west and Central Donegal. — Mem. Geol. Surv. Ireland, Sheets 3, 4, 5 (in Part), 9, 10, 11 (in Part), 15 and 16. 174 S., 24 Abb., Dublin 1891.
- KARL, F.: Analytisch-tektonische Studien an Gesteinen des Garlostales. — N. Jahrb. Geol. Paläontol., MH, 1952, 1, 5—24, Stuttgart 1952. — Anwendung gefügeanalytischer Arbeitsmethoden am Beispiel eines Bergbaues (Kupferbergbau Mitterberg, Salzburg). — N. Jahrb. Min., Abh. **85**, 203—246, Stuttgart 1953.
- KRÖMMELBEIN, K., HOTZ, E.-E., KRÄUSEL, W. & STRUVE, W.: Zur Geologie der Eifelkalkmulden. — Beih. Geol. Jb., **17**, 204 S., 5 Taf., 34 Abb., Hannover 1955.
- LEITH, C. K.: Structural Geology. — 169 S., 68 Abb., London 1914. — Structural Geology. Rev. Ed. — 390 S., 103 Abb., New York 1923.
- LOHEST, M., STAINIER, X. & FOURMARIER, P.: Compte rendu de la Session extraordinaire de la Société géologique de Belgique tenue à Eupen et à Bastogne les 29, 30 et 31 août et le 2 et 3 Septembre 1908. — Ann. Soc. géol. Belgique, **35**, 1907—1908, B 351—B 414, 10 Abb., Liège 1908. [Derselbe Exkursions-Bericht ist mit gleichem Wortlaut wiedergegeben in: Bull. Soc. belge Géol., Paléontol., Hydrol. **22**, Proc.-Verb., S. 453—530, Bruxelles 1908].
- PEACH, B. N., HORNE, J., GUNN, W., CLOUGH, C. T. & HINXSMANN, L. W.: The geological Structure of the North-West Highlands of Scotland. — Mem. geol. Surv. Great Britain. — 668 S., 1 Karte, 52 Taf., 66 Abb., Glasgow 1907.
- PHILLIPS, F. C.: A fabric Study of some Moine Schists and associated Rocks. — Quart. Journ. geol. Soc., **93**, 4, 581—620, Taf. 34—35, 6 Abb., London 1937.
- PILGER, A.: Die Anwendung moderner tektonischer Methoden, besonders der Gefügekunde, an Erzgängen des Ruhrgebietes. — Zs. Erzmetall, **8**, 5, 223—236, Stuttgart 1955. — Über die Lage von Schichtflächen und Achsen innerhalb der Quersprünge des Ruhrgebietes. — Geol. Jahrb., **71**, 331—380, Hannover 1955.
- PILGER, A. & SCHMIDT, W.: Definition des Begriffes „Mullion-Struktur“ (mullion structure). — Jahrb. Geol. Paläont. [Z. Zt. im Druck.] — Die Mullion-Struktur von Dedenborn in der Eifel. — Erscheint demnächst in Z. deutsch. geol. Ges., Vortragsreferat **108**, Hauptvers. Deutsch. Geol. Ges. 3.—12. 10. 1956.
- READ, H. H. & PHEMISTER, J.: The Geology of Strath Oyke and Lower Loch Shin. — Mem. geol. Surv. Great Britain. — Explanation of Sheet No. 102, Glasgow 1926.
- SANDER, BR.: Einführung in die Gefügekunde geologischer Körper, Erster Teil, Allgemeine Gefügekunde und Arbeiten im Bereich Handstück bis Profil. 215 S., 2. Aufl., Wien und Innsbruck (Springer) 1948.
- SCHENK, E.: Die Tektonik der mitteldevonischen Kalkmuldenzone in der Eifel. — Jb. preuß. geol. L.-A., **58** (1937), 1—36, 4 Taf., 15 Abb., Berlin 1938.
- SCHMIDT, W.: Die paläogeographische Entwicklung des linksrheinischen Schiefergebirges vom Kambrium bis zum Oberkarbon. — Z. deutsch. geol. Ges., **103** (1951), 151—177, 1 Taf., 7 Abb., 2 Tab., Stuttgart 1952. — Neue Ergebnisse der Revisions-Kartierung des Hohen Venns. — Beih. Geol. Jb., **21**, 139 S., 5 Taf., 8 Abb., Hannover 1956.

- SITTER, L. U. DE: Structural Geology. — 552 S., 309 Abb., 15 Tab., New York (Mc Graw Hill) 1956.
- STAINIER, X.: Le Métamorphisme des régions de Bastogne et de Vielsalm. — Bull. Soc. belge Géol., Paléontol., Hydrol., **39**, 1929, 112—156, 1 Abb., Bruxelles 1930.
- WEGMANN, C. E.: Note sur le Boudinage. — Bull. Soc. géol. France. 5^{eme} Ser., **2**, 477—491, Taf. 28—29, 1 Abb., Paris 1932.
- WILSON, G.: The Tectonics of the Tintagel Area, North Cornwall. — Quart. Journ. geol. Soc., **106**, 393—432, Taf. 29—31, 13 Abb., London 1951.
- Mullion and Rodding Structures in the Moine Series of Scotland. — Proc. Geol. Assoc., **64**, 2, 118—151, Taf. 7—8, 9 Abb., London 1953.
- WUNSTORF, W.: Bericht über die Excursion durch das Cambrium, Silur und Unterdevon auf dem Südfügel des Venn-Sattels am 22. und 23. Mai 1932. — Verh. naturhist. Ver. preuß. Rheinlande Westf., **91**, C 112—C 119, Bonn 1934.

Manuskript eingegangen am 29. 10. 1956

Anschrift der Autoren:

Professor Dr. ANDREAS PILGER, Institut für Geologie und Paläontologie
der Bergakademie Clausthal, Clausthal-Zellerfeld

Dr. WOLFGANG SCHMIDT, Landesgeologe beim Geologischen Landesamt
Nordrhein-Westfalen, Krefeld, Westwall 124

Für die Redaktion verantwortlich:

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

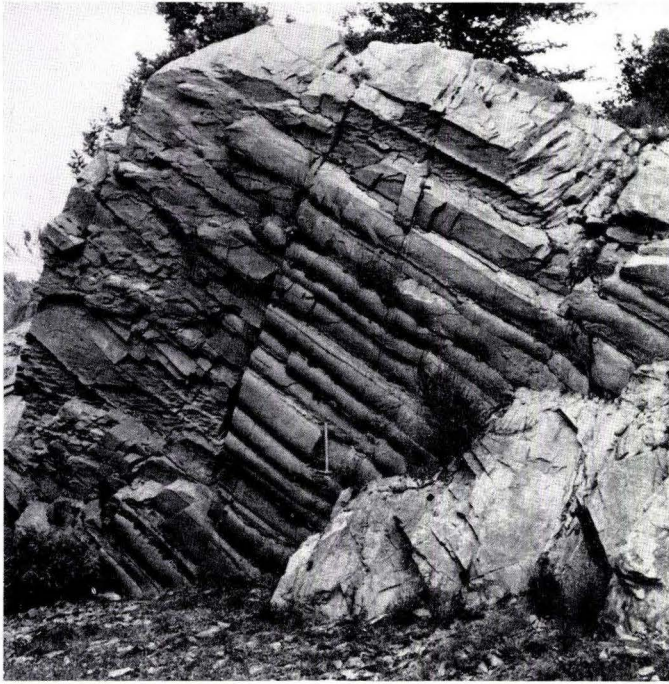
Tafel 1

Tafel 1

Mullion-Struktur bei Dedenborn.

Fig. 1: Aufn. SCHONEFELD. Fig. 2—3: Aufn. Wo. SCHMIDT

- Fig. 1. Aufsicht auf die Schichtunterseite. Gesamtübersicht. Größenmaßstab: Hammerlänge 50 cm. Links SW, rechts NE. Vgl. hierzu Abb. 1 . . . 16
- Fig. 2. Profilansicht. Nahaufnahme. Größenmaßstab: Hammerlänge 50 cm. Links NW, rechts SE. Auf der Querkluft sind die σ_1 -Flächen zu erkennen, welche die einzelnen Mullions voneinander trennen. Rechts die Schieferungsflächen der stratigraphisch liegenden Tonschiefer 16
- Fig. 3. Profilansicht. Gesamtübersicht. Größenmaßstab: Hammerlänge 50 cm. Links NW, rechts SE. Blick auf eine Querkluft (vgl. Abb. 22) und auf die streichende Kluftzone, an der die Schieferungsflächen verkippt sind (links der Kluftzone flacheres Einfallen der Schieferung zu erkennen, vgl. Abb. 9 und 41) 27



1



2



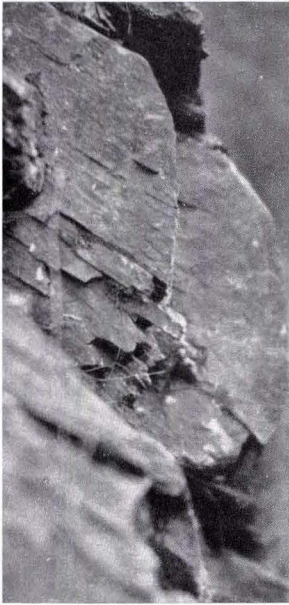
3

Tafel 2

Tafel 2

Mullion-Struktur bei Dedenborn. Aufn.: Wo. SCHMIDT (vgl. hierzu Abb. 4)

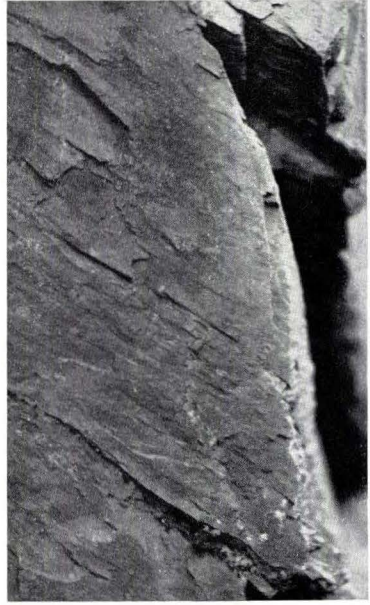
Fig. 1. M I	19, 21
Fig. 2. M II	21
Fig. 3. M III	21
Fig. 4. M IV	21-22
Fig. 5. M V und M VI. Man erkennt die Quarzlagen auf der σ_1 -Fläche zwischen den Einzelmullions	22



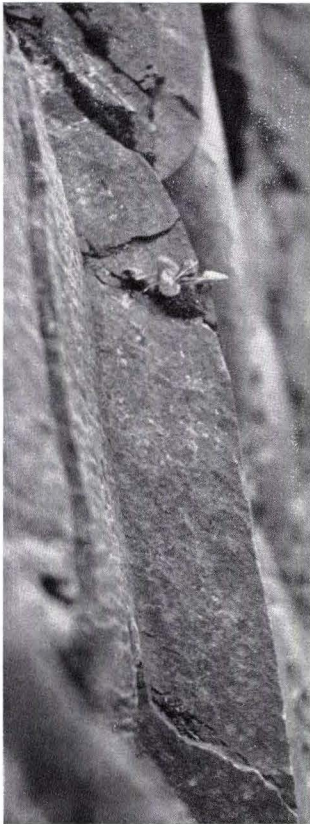
1



3



4



2



5

Tafel 3

Tafel 3

Mullion-Struktur bei Dedenborn

Fig. 1, 2 und 4: Aufn. Wo. SCHMIDT. Fig. 3: Aufn. GWYN THOMAS

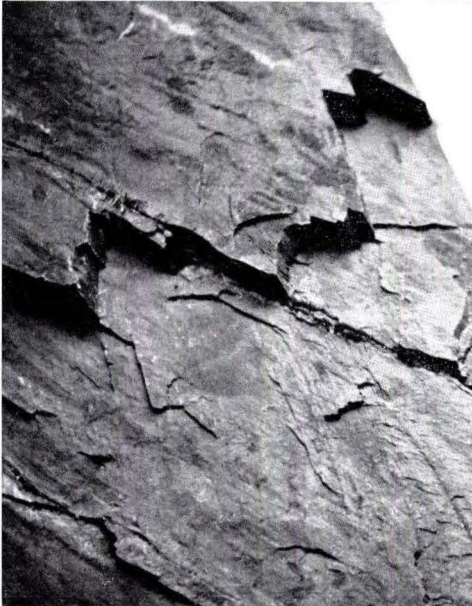
Fig. 1. M VII. Vgl. Abb. 4	22
Fig. 2. M VIII. Vgl. Abb. 4	22-23
Fig. 3. Aufnahme halbschräg zur Schichtung, um gleichzeitig die Profilansicht und die Schichtfläche der Mullion-Struktur zu zeigen. Links WNW, rechts ESE.	17
Fig. 4. Nahaufnahme der Schiefer an der Grenze von M VII und M VIII (dicht neben der Weichzone): Die Schieferungsflächen zeigen eine deutliche Fächerstellung (vgl. Abb. 41). Unten rechts die Lineare, welche durch die Schnittkanten der σ_2 -Flächen mit den Mullion-ss gebildet werden (vgl. Abb. 13)	27



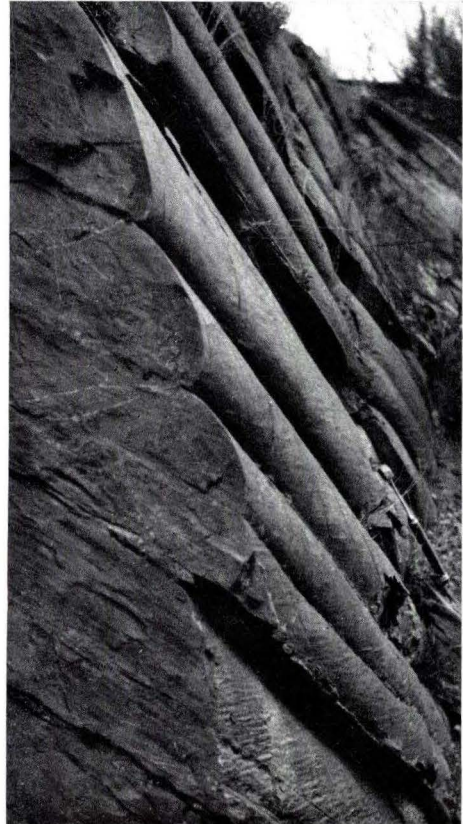
1



4



2



3

Tafel 4

Tafel 4

Mullion-Struktur bei Dedenborn

Fig. 1 und 3: Aufn. Wo. SCHMIDT. Fig. 2: Aufn. SCHONEFELD

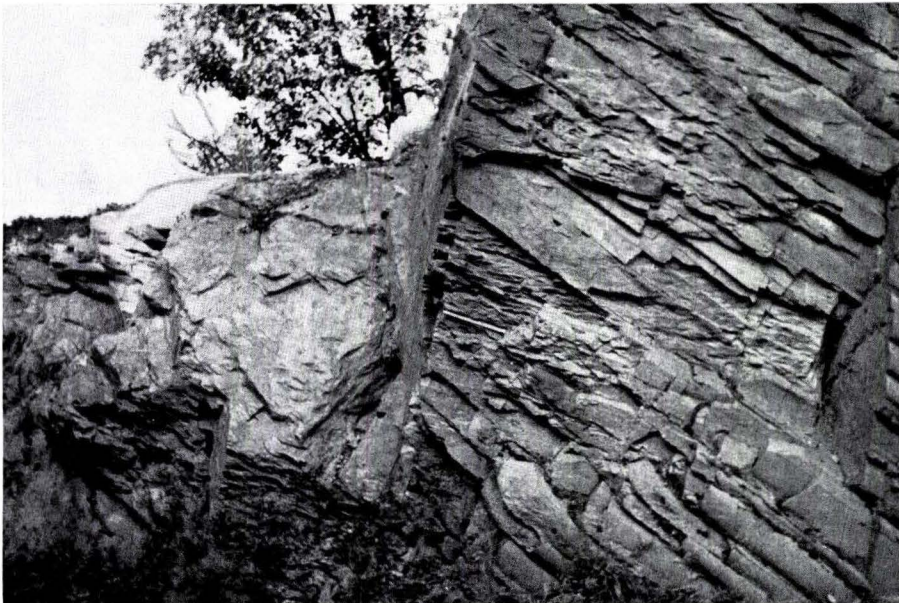
- Fig. 1. Nahaufnahme aus dem südwestlichen Teil des Aufschlusses (vgl. Fig. 3), um die Lage der σ_2 -Flächen (dazu parallel der Hammer; Länge 50 cm) zu den sie abscheidenden, mit Quarz erfüllten σ_1 -Flächen (schräg nach rechts, NE, abfallend) zu zeigen. 17
- Fig. 2. Nahaufnahme aus dem nordöstlichen Teil des Aufschlusses, um die als Lineare auf den Mullion-Wülsten erscheinenden Ausbisse der σ_2 -Flächen und eine der „Weichzonen“ (im rechten Bildteil, unter dem Hammer) zu zeigen 19, 32
- Fig. 3. Gesamtübersicht über den südwestlichen Teil des Aufschlusses. Hier sind die äußeren Schalen der Feinschichtung der Mullions größtenteils abgeblättert und erlauben einen Einblick in das innere Gefüge der Mullions: σ_2 -Flächen (flach nach rechts, NE, abfallend) werden scharf abgeschnitten durch die σ_1 -Flächen (mittelsteil nach rechts einfallend und sich zwischen den Einzelmullions fortsetzend) 17



1



2



3

Tafel 5

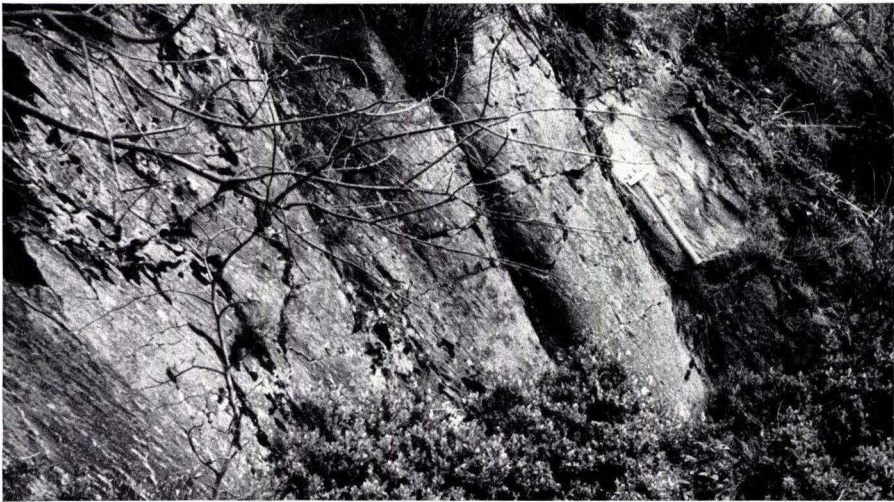
Tafel 5

Alle Aufnahmen: Wo. SCHMIDT

- Fig. 1. Mullion-Struktur „Tiefenbach-Tal“ (3) in der N-Böschung des nördlichen Hangweges am NE-Hang des Seitentälchens südlich des Tiefenbach-Tales an einer nur 7 cm mächtigen Sandsteinbank; vgl. Abb. 27 Übersicht über den westlichen Teil der Struktur (Taf. 6, Fig. 1 schließt rechts an Fig. 1 dieser Tafel an). Blick auf die Schichtfläche der Basis der Sandsteinbank mit den Mullions (Einfallen vgl. Taf. 6, Fig. 2). Im Vordergrund Schieferungsflächen im liegenden Tonschiefer. Am rechten Bildrand: Unterteilung von „Groß-Mullions“ in je zwei kleine „Teil-Mullions“. Links WNW, rechts ESE. Hammerlänge: 30 cm. . . . 35-36
- Fig. 2. Mullion-Struktur „Schöne Aussicht“ (2) im Hohlweg westlich Wirtshaus Schöne Aussicht. Aufsicht auf die Schichtunterseite der 1,20 m mächtigen, quarzitischen Sandsteinbank. Steiles Abtauchen der hier sehr dicken Mullion-Wülste nach NE, zwischen ihnen die σ_1 -Flächen. Rechts die hier sehr enge Schieferungsklüftung der σ_2 -Flächen. Größenmaßstab: Hammerlänge: 30 cm. Links SW, rechts NE 33-35
- Fig. 3. „Embryonale Mullion-Struktur“ auf der Oberseite einer 50 cm mächtigen Grauwackenbank am NE-Ende des Girvelscheid am Zusammenfluß von Wüste-Bach und Püngel-Bach (Nr. 4 in Kapitel II). Viel Quarz auf den σ_1 -Flächen. Hammerlänge: 30 cm. Links NE, rechts SW . . . 14



1



2



3

Tafel 6

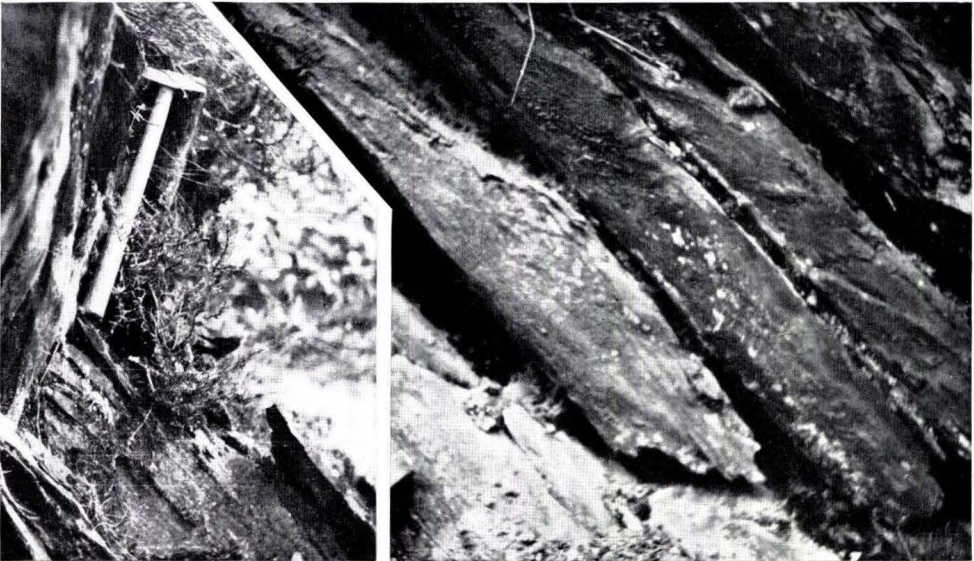
Tafel 6

Alle Aufnahmen: W. SCHMIDT

- Fig. 1-3. Mullion-Struktur „Tiefenbach-Tal“ (3) in der N-Böschung des nördlichen Hangweges am NE-Hang des Seitentälchens südlich des Tiefenbach-Tales an einer nur 7 cm mächtigen Sandsteinbank; vgl. Abb. 27 35-36
- Fig. 1. Übersicht über den östlichen Teil der Struktur (Taf. 5, Fig. 1 schließt links an Fig. 1 dieser Tafel an). Blick auf die Schichtfläche der Basis der Sandsteinbank mit den Mullions (Einfallen vgl. Fig. 2). Im Vordergrund Schieferungsflächen im liegenden Tonschiefer. Im linken Bildteil bis zur Bildmitte: Unterteilung von „Groß-Mullions“ in je zwei kleine „Teil-Mullions“ Hammerlänge: 30 cm. Links WNW, rechts ESE. 35-36
- Fig. 2. Profilansicht. Der 30 cm lange Hammer liegt parallel zur Schichtung ($105^{\circ}/60^{\circ}$ N) längs der Unterseite der 7 cm mächtigen Sandsteinbank, rechts unten: Die Tonschiefer im Liegenden der Bank (Schieferung generell: $45^{\circ}/40^{\circ}$ SE). Links N, rechts S 35-36
- Fig. 3. Nahaufnahme einiger Mullions dieser Bank (Ausschnitt aus Fig. 1, rechter Bildrand). Im mittleren Bildteil ist der dünne Quarzbesteg zwischen zwei Mullions zu erkennen. Größe: vgl. Fig. 1 rechts. Links WNW, rechts ESE 36
- Fig. 4. „Embryonale Mullion-Struktur“ an der südöstlichen Böschung des Weges nordöstlich Waldhotel westlich Malsbenden (Nr. 6 in Kapitel II). Der Hammer (Länge 30 cm) liegt parallel zu den Scherfugen (σ_1). Links NE, rechts SW. 14-15



1



2

3



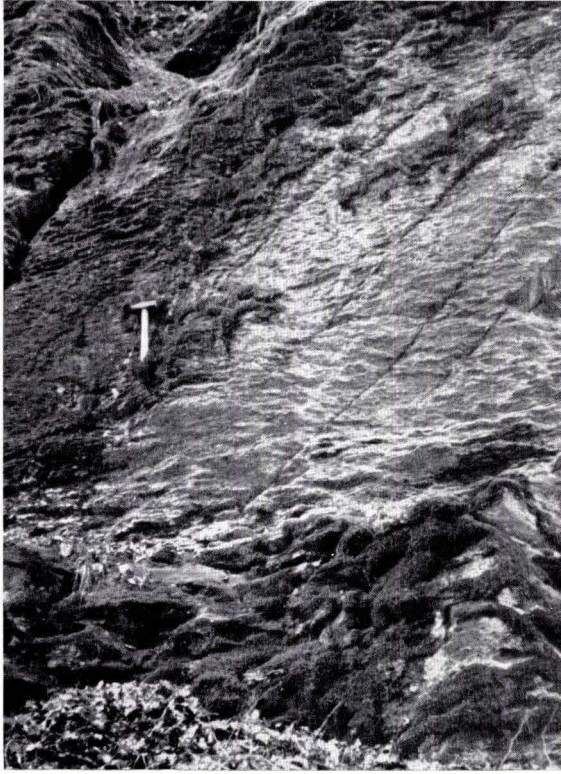
4

Tafel 7

Tafel 7

Alle Aufnahmen: Wo. SCHMIDT

- Fig. 1. Vorstadium einer Mullion-Struktur auf der Oberseite einer 1,30 m mächtigen, seiger stehenden Grauwackenbank am SE-Ufer des Püngel-Baches (Nr. 5 in Kapitel II). Man erkennt die mit 40° nach E (nach links unten) einfallenden Scherflächen (σ_1). Hammerlänge: 30 cm. Links ENE, rechts WSW 14
- Fig. 2 und 3. Vorstadium einer Mullion-Struktur auf einer 4 cm mächtigen Sandsteinbank auf der Höhe südlich des Tales des Lor-Baches (Nr. 7 im Kapitel II) 15
- Fig. 2. Profilansicht. Der 30 cm lange Hammer liegt der Schichtung 47° /seiger bis 85° SE) parallel. Links NW, rechts SE 15
- Fig. 3. Aufsicht auf die Schichtfläche. Hammer den Scherflächen (σ_1) parallel. Links NE, rechts SW 15



1



2



3

Tafel 8

Tafel 8

Boudinage-Strukturen in der N-Eifel.

Fig. 1: Aufnahme Prof. MÜCKENHAUSEN. Fig. 2—3: Aufnahme Wo. SCHMIDT

- Fig. 1. Quarzitische Sandsteinbank an der Grenze Monschauer/Obere Rurberger Schichten an der Straße Monschau-Imgenbroich. Einzelheiten s. S. 44, vgl. Abb. 39. Links WNW, rechts ESE. 44
- Fig. 2-3. 50 cm mächtiger Sandstein in den Oberen Rurberger Schichten in der Böschung des Fußweges am NE-Hang des Tiefenbach-Tales. Einzelheiten s. S. 44-45 44-45
- Fig. 2. Profil-Ansicht. Man beachte unter dem 30 cm langen, in der Trennfuge zwischen 2 Boudins liegenden Hammer das „Anschmiegen“ der Schieferung an die boudinierte Bank 45
- Fig. 3. Aufsicht auf die Schichtoberseite. Links SW, rechts NE 44-45



1



2



3

IN DIESER REIHE BISHER ERSCIENEN

- Heft 1: JOHANNSEN, ALFRED: Die geologischen Grundlagen der Wasserversorgung am Ostrand des Rheinischen Gebirges im Raume von Marburg-Frankenberg-Borken. 1950. 87 Seiten, 10 Tafeln, 8 Abbildungen 8,— DM
- Heft 2: SCHÖNHALS, ERNST: Die Böden Hessens und ihre Nutzung. Mit einer bodenkundlichen Übersichtskarte, 1:300000. 1954. 288 Seiten, 15 Tafeln, 25 Abbildungen, 60 Tabellen 15,— DM
- Heft 3: KUBELLA, KARL: Zum tektonischen Werdegang des südlichen Tauerns. 1951. 81 Seiten, 2 Tafeln, 14 Abbildungen 5,— DM
- Heft 4: GÖRGES, JULIUS: Die Lamellibranchiaten und Gastropoden des oberoligozänen Meeressandes von Kassel. 1952. 134 Seiten, 3 Tafeln 7,50 DM
- Heft 5: SOLLE, GERHARD: Die Spiriferen der Gruppe *arduennensis-intermedius* im rheinischen Devon. 1953. 156 Seiten, 18 Tafeln, 45 Abbildungen, 7 Tabellen 20,— DM
- Heft 6: SIMON, KARL: Schrittweises Kern- und Messen bodenphysikalischer Kennwerte des ungestörten Untergrundes. 1953. 63 Seiten, 3 Tafeln, 19 Abbildungen 7,— DM
- Heft 7: KEGEL, WILHELM: Das Paläozoikum der Lindener Mark bei Gießen. 1953. 55 Seiten, 3 Tafeln, 3 Abbildungen 6,— DM
- Heft 8: MATHES, SIEGFRIED: Die Para-Gneise im mittleren kristallinen Vorpessart und ihre Metamorphose. 1954. 86 Seiten, 36 Abbildungen, 8 Tabellen 12,50 DM
- Heft 9: RABIEN, ARNOLD: Zur Taxionomie und Chronologie der Oberdevonischen Ostracoden. 1954. 268 Seiten, 7 Abbildungen, 5 Tafeln, 4 Tabellen 17,— DM
- Heft 10: SCHUBART, WERNER: Zur Stratigraphie, Tektonik und den Lagerstätten der Witzenhäuser Grauwacke. 1955. 67 Seiten, 4 Tafeln, 8 Abbildungen 8,— DM
- Heft 11: STREMMER, HELMUT: Bodenentstehung und Mineralbildung im Neckarschwemmlern der Rheinebene. 1955. 79 Seiten, 3 Tafeln, 35 Abbildungen, 28 Tabellen 7,— DM
- Heft 12: v. STETTEN, OTTO: Vergleichende bodenkundliche und pflanzensoziologische Untersuchungen von Grünlandflächen im Hohen Vogelsberg (Hessen). 1955. 67 Seiten, 1 Tafel, 4 Abbildungen, 2 Tabellen 5,50 DM
- Heft 13: SCHENK, ERWIN: Die Mechanik der periglazialen Strukturböden. 1955. 92 Seiten, 21 Abbildungen, 13 Tabellen, 10 Tafeln 12,— DM
- Heft 14: ENGELS, BRUNO: Zur Tektonik und Stratigraphie des Unterdevons zwischen Loreley und Lorchhausen a. Rhein (Rheinisches Schiefergebirge). 1955. 96 Seiten, 31 Abbildungen, 2 Tabellen, 15 Diagramme, 5 Tafeln 12,60 DM

- Heft 15: WIEGEL, EGON: Sedimentation und Tektonik im Westteil der Galgenberg-Mulde (Rheinisches Schiefergebirge, Dill-Mulde). 1956. 156 Seiten, 41 Abbildungen, 2 Tabellen, 7 Tafeln 18,60 DM
- Heft 16: RABIEN, ARNOLD: Zur Stratigraphie und Fazies des Oberdevons in der Waldecker Hauptmulde. 1956. 83 Seiten, 2 Abbildungen, 2 Tabellen, 3 Tafeln 7,— DM
- Heft 17: SOLLE, GERHARD: Die Watt-Fauna der unteren Klerfer Schichten von Greimerath (Unterdevon, Südost-Eifel). Zugleich ein Beitrag zur unterdevonischen Mollusken-Fauna. 1956. 47 Seiten, 7 Abbildungen, 6 Tafeln 5,— DM
- Heft 18: Beiträge zur Geologie des Vorspessarts. Mit 6 Beiträgen von BEDERKE, BRAITSCH, GABERT, MURAWSKI, PLESSMANN. 1957. 167 Seiten, 65 Abbildungen, 18 Tabellen 13,— DM
- Heft 19: BISCHOFF, GÜNTHER: Die Conodonten-Stratigraphie des rhenoheryzischen Unterkarbons mit Berücksichtigung der *Wocklumeria*-Stufe und der Devon/Karbon-Grenze. 1957. 64 Seiten, 1 Abbildung, 2 Tabellen, 6 Tafeln 8,— DM

IM DRUCK

- Heft 21: LEHMANN, WALTER M.: Die Asterozoen in den Dachschiefern des rheinischen Unterdevons.
- Heft 22: ZIEGLER, WILLI und BISCHOFF, GÜNTHER: Die Conodontenchronologie des Mitteldevons und der tiefsten Adorf-Stufe.
- Heft 23: ZÖBELIN, HANS KARL: Kritische Bemerkungen zur Abgrenzung Chattien/Aquitain in der Subalpinen Molasse des westlichen Oberbayerns.

HESSISCHES LAGERSTÄTTENARCHIV

- Heft 1: STECKHAN, WILHELM: Der Braunkohlenbergbau in Nordhessen. Eine Abhandlung über geschichtliche, geologische, bergtechnische und wirtschaftliche Fragen des nordhessischen Braunkohlenbergbaues sowie Darstellung der einzelnen Vorkommen und Bergbaugebiete unter besonderer Berücksichtigung der geologischen Zusammenhänge. 1952. 212 Seiten, 45 Abbildungen 25,— DM
- Heft 2: DENCKEWITZ, ROLF: Verbandsverhältnisse und Gefügeanalyse von Erz und Nebengestein des Eisenerzvorkommens Lindenberg am Südwestrand der Lahnmulde. 1952. 87 Seiten, 12 Abbildungen, 10 Tafeln 12,50 DM
- Heft 3: MESSER, ERNST: Kupferschiefer, Sanderz und Kobaltrücken im Richelsdorfer Gebirge. 1955. 130 Seiten, 39 Abbildungen, 19 Tabellen, 29 Tafeln 18,— DM