

GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG  
MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS  
SERVICE GÉOLOGIQUE

---

PUBLICATIONS DU SERVICE GÉOLOGIQUE DE LUXEMBOURG

---

VOLUME XVI

Die Klüfte im Paläozoikum und Mesozoikum  
von Luxemburg und der westlichen Eifel

Ihre Beziehungen zur allgemeinen Tektonik  
und ihr Einfluß auf das Gewässernetz

VON

DIETMAR BERG

---

LUXEMBOURG 1965  
SERVICE GÉOLOGIQUE DE LUXEMBOURG



GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG  
MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS  
SERVICE GÉOLOGIQUE

---

PUBLICATIONS DU SERVICE GÉOLOGIQUE DE LUXEMBOURG

---

VOLUME XVI

Die Klüfte im Paläozoikum und Mesozoikum  
von Luxemburg und der westlichen Eifel

Ihre Beziehungen zur allgemeinen Tektonik  
und ihr Einfluß auf das Gewässernetz

VON

DIETMAR BERG

---

LUXEMBOURG 1965  
SERVICE GÉOLOGIQUE DE LUXEMBOURG



## VORWORT

Eine systematische Untersuchung des Kluftnetzes und seiner Beziehung zum Flußnetz lag im Mesozoikum der westlichen Eifel und Luxemburgs bisher noch nicht vor.

Ich möchte vor allem Herrn Prof. Murawski für die Anregung zu dieser Arbeit, sowie für die Unterstützung durch Hinweise und anregende Diskussionen recht herzlich danken. Ebenfalls danke ich Herrn Prof. Schwarzbach für die Möglichkeit, die Arbeit im Kölner Institut durchzuführen. Auch Herrn Prof. Jux danke ich für manche Diskussionsanregung.

Besonderer Dank sei Herrn J. Bintz ausgesprochen, der mit Literatur und Kartenmaterial wertvolle Hilfe leistete und mir durch seine Kenntnis der besten Aufschlußverhältnisse in Luxemburg manche Arbeit erleichterte.

Ferner möchte ich den Herren, die mich in den Tagebauen der Minette geführt haben, für ihre Hilfe danken. Schließlich schulde ich noch Herrn Lange vom Mineralogischen Institut der Universität Köln Dank für seine Hilfe bei der Konstruktion des Talrichtungsmeßgerätes.



# INHALTSVERZEICHNIS

## ALLGEMEINER TEIL

	Seite
<i>A Allgemeine Geologie der Südeifel und des Luxemburger Staatsgebietes</i>	
I. Sedimentationsraum . . . . .	7
1. Ursachen der Entstehung . . . . .	7
2. Paläogeographie und Entwicklung des heutigen Bildes . . . . .	8
II. Stratigraphie und Tektonik des Luxemburger Paläozoikums . . . . .	9
1. Stratigraphie . . . . .	9
a) Siegenium . . . . .	9
b) Emsium . . . . .	9
2. Tektonik . . . . .	10
a) Zentralmulde von Wiltz . . . . .	10
b) Sattel von Givonne . . . . .	10
c) Sattel von Bastogne . . . . .	10
III. Stratigraphie und Tektonik des Mesozoikums der Südeifel und Luxemburgs . . . . .	11
1. Stratigraphie . . . . .	11
a) Trias . . . . .	11
b) Jura . . . . .	12
2. Tektonik . . . . .	14
<i>B Morphologische Entwicklung</i>	
I. Ösling . . . . .	16
II. Mesozoisches Gebirge . . . . .	16
 <b>SPEZIELLER TEIL</b>	
<i>A Klufsysteme in der Südeifel und im Luxemburger Raum</i>	
I. Untersuchungsmethodik . . . . .	17
II. Allgemeine Aussagen zur Klüftung . . . . .	19
1. Definition und Ursache der Entstehung von Klüften . . . . .	19
2. Tektonischer Aussagewert der Klüftung . . . . .	20
3. Bedeutung des Klufnetzes für Wasserwirtschaft und Baugrund . . . . .	21

III. Klufsysteme im Paläozoikum Luxemburgs . . . . .	22
1. Ourtal . . . . .	24
2. Sauertal . . . . .	26
3. Wiltztal . . . . .	28
4. Klerftal . . . . .	30
5. Beziehungen der Klüftung zu den übrigen tektonischen Elementen des Luxemburger Paläozoikums	32
IV. Klufsysteme im Mesozoikum Luxemburgs und der Südeifel . . . . .	34
1. Schichten mit gut ausgebildeter Klüftung . . . . .	34
2. Bedeutung der Klüftung im ungefalteten Gebirge . . . . .	35
3. Klufrichtungen im Luxemburger Gutland . . . . .	36
a) Trias . . . . .	36
b) Luxemburger Sandstein . . . . .	41
c) Unterer und mittlerer Dogger . . . . .	47
4. Klufrichtungen im Mesozoikum der Südeifel . . . . .	49
a) Muschelkalk . . . . .	49
b) Buntsandstein . . . . .	59
c) Luxemburger Sandstein . . . . .	62
d) Rotliegendes . . . . .	63
5. Ursachen der Klufrichtungen und ihre Beziehung zum tektonischen Bau des Mesozoikums der westlichen Eifel und des luxemburgischen Gebietes . . . . .	64
a) Zonen mit einheitlicher Klufrichtung . . . . .	64
b) Entstehung der NE-Klufrichtung . . . . .	65
c) Beziehungen zwischen dem paläozoischen und dem mesozoischen Klufsystem . . . . .	66
d) Einflüsse der Eifeler Nord-Süd-Zone auf das Klufsystem im Mesozoikum . . . . .	67
<i>B Beziehungen des Flußnetzes zu den tektonisch vorgegebenen Bedingungen</i>	
I. Untersuchungsmethodik . . . . .	69
II. Allgemeine Vorbemerkungen zur Talrichtungsstatistik . . . . .	70
III. Talrichtungen im paläozoischen Gebirge . . . . .	71
IV. Talrichtungen des Luxemburger Gutlandes . . . . .	72
V. Talrichtungen im Mesozoikum der Südeifel . . . . .	76
VI. Beziehungen zwischen Klufsystem und Talnetz . . . . .	80
<i>C Zusammenfassung</i> . . . . .	83
<i>D Literaturverzeichnis</i> . . . . .	85



# A. ALLGEMEINE GEOLOGIE DER SÜDEIFEL UND DES LUXEMBURGER STAATSGEBIETES

## I SEDIMENTATIONSRAUM

### 1. *Ursachen der Entstehung*

Das untersuchte Gebiet umfaßt im wesentlichen die mesozoischen Schichten der Südeifel und Luxemburgs, die sog. Luxemburg-Trierer Bucht oder das Gutland, sowie den luxemburgischen Teil der Ardennen, das sog. Ösling. Der Untergrund des gesamten Gebietes wird vom variskisch gefalteten paläozoischen Gebirge gebildet. Diese Schichten stehen auch im Untergrund der mesozoischen Deckschichten an. Daher ist es verständlich, daß ein großer Teil des tektonischen Inventars im Deckgebirge aus der variskischen Faltungsära stammt. An dem wahrscheinlich hauptsächlich während der sudetischen Faltungsphase (M. Lucius 1937) entstandenen Faltenbau spielen sich auch später immer wieder Bewegungen ab, die auf altangelegten Bahnen verlaufen und sich ins Deckgebirge fortsetzen. Es besteht also ein tektonischer Zusammenhang zwischen dem paläozoischen Grundgebirge und dem mesozoischen Deckgebirge.

Auch die Herausbildung des besonderen Luxemburger und Südeifler mesozoischen Sedimentationsraumes ist auf paläozoisch angelegte Strukturen zurückzuführen. Es sind dies die NNE streichende Eifeler Quersenke und die NE streichenden Senkungszone der Wittlicher Mulde und der Luxemburger Bucht. Beide Senkungsräume treffen sich in dem zu besprechenden Gebiet und bilden hier im Schnittpunkt einen besonderen Sedimentationstrog. Die tektonische Geschichte beider Zonen ist recht verschieden und ihre Entstehungsgeschichte soll hier kurz dargestellt werden.

Die Wittlicher Rotliegendesenke sinkt nur während der Rotliegendzeit synsedimentär ein. Sie ist auf einer labilen Zone zwischen der westlichen Fortsetzung des Siegerländer Blockes und dem Hunsrück angelegt. Es handelt sich um einen Rest einer größeren Mulde, deren östliche Fortsetzung wohl im hessischen Synklinorium und im Lahnggebiet zu suchen ist (M. Lucius 1940). Die Rolle der Wittlicher Senke wird in der Buntsandsteinzeit von der Luxemburger Senke übernommen (M. Lucius 1940), deren Beziehungen zur Eifeler Quersenke nun besonders wichtig sind.

Über die Eifeler Quersenke ist schon sehr viel gearbeitet und geschrieben worden. G. FLIEGEL (1912) sieht in ihr einen jungpaläozoisch angelegten Graben. In späteren Arbeiten (E. SCHENK 1934) wurde das flexurelle Achsenabbiegen als Ursache der Einsenkung erkannt und in jüngsten Arbeiten (F. BAUM) 1955 wird festgestellt, daß die Senke kurz nach Beginn der Faltung zwar durch eine Achsendepression angelegt wurde, dann aber nach beendeter Faltung auch an Brüchen einsank, und somit doch auch echten Grabencharakter hat. Jedenfalls ist festzuhalten, daß es sich hier um eine mobile Zone mit Senkungstendenz handelt, die nicht in der allgemeinen NE-SW Streichrichtung verläuft, sondern in fast nord-südlicher Richtung.

Über die Gründe ihrer Entstehung gibt es verschiedene Ansichten. M. LUCIUS (1940) meint, daß die Ardennen durch den festen Block des Brabanter Massives gestützt einem von Süden kommenden Druck besser standhielten, als die Eifel, und daß auf der Grenzzone diese Nord-Süd streichende Schwächezone entstand. H. MURAWSKI (1964) sieht die Eifel Nord-Süd-Zone in einem noch größeren Rahmen als Parallelstruktur zur Hessischen Senke bzw. zur Mittelmeer-Mjösen Zone. Wie letztere, so soll auch die Eifeler Zone «auf Begrenzungsfugen großer Grundschollen, auf sog. Erdnähten (H. CLOOS) angelegt sein». Derartige Zonen sind durch Faltung nur begrenzt versteifbar. Die Eifeler Fuge läßt sich sowohl weiter nach Norden, als auch über die Lothringer Quersenkung bis ins Rhonetal verfolgen.

Die tektonischen Wirkungen beider Zonen, der NNE-SSW streichenden Eifeler Quersenkung und der NE-SW streichenden Wittlicher Innenmulde, finden sich nun überall im Luxemburger und Südeifler Sedimentationsraum wieder und bestimmen das Kluft- und Verwerfungsbild desselben.

## *2. Paläogeographie und Entwicklung des heutigen Bildes (nach M. Lucius 1937)*

Die Transgressionen im Devon verlaufen in den Ardennen von Süden nach Norden auf das Brabanter Massiv zu. Die Fazies der Schichten ändert sich im allgemeinen kaum in der Ost-West Richtung, senkrecht dazu in der Nord-Süd Richtung macht sich dagegen ein rascher Fazieswechsel geltend. Im Verlauf des Karbons wird das zu besprechende Gebiet herausgehoben und abgetragen.

Die Trias ist im Luxemburger und Südeifler Raum in der normalen Dreiteilung des germanischen Beckens ausgebildet. Der Sedimenttransport ist vornehmlich Nord-Süd gerichtet, Ablagerungsgrenze und Uferfazies liegen im Westen.

Im Verlauf des Jura erweitert sich das Meer nach Westen und nimmt im Dogger den ganzen Bereich des Pariser Beckens ein. Die Beckengrenzen verlaufen seit dem Jura in nordwestlicher Richtung. Beckenfazies ist im Süden, Randfazies im Norden anzutreffen. Jüngere marine Bildungen stehen in diesem Raum nicht mehr an.

Im Verlauf des Tertiärs, nach M. Lucius nach Abschluß des Untermiozäns, erfolgte die heute bestehende Heraushebung der Ardennen und des Hunsrücks über die mesozoischen Schichten. Die aufsteigenden Bewegungen setzen sich sicher noch bis ins Jungpliozän fort. Dies kann man aus Verbiegungen der jungpliozänen Flußterrassen der Kyll feststellen (J. ZEPF 1933).

## II. STRATIGRAPHIE UND TEKTONIK DES LUXEMBURGER PALÄOZOIKUMS

### 1. *Stratigraphie*

Die unterdevonischen Schichten des Öslings sind mit Ausnahme des hellen Quarzits von Berlé von dunkler Farbe. Sie sind meistens stark geschiefert. Das Gestein besteht hauptsächlich aus klastischen Sedimenten, teils Tongesteinen, teils Quarzgesteinen. Kalke fehlen praktisch völlig.

#### 1a. *Siegenium*

Das in Luxemburg nur sehr wenig verarbeitete untere Siegenium ( $Sg_1$ ) besteht im wesentlichen aus blauschwarzen, feinkörnigen Schiefeln. Lagenweise tritt eine feine Wechsellagerung der dunklen Schiefer mit helleren, sandigeren Partien auf. Weiter verbreitet ist das mittlere Siegenium ( $Sg_2$ ). Es tritt, wie das  $Sg_1$ , in den Sattelkernen der Sättel von Givonne und Bastogne auf. Es kommen grobe Schiefer, Sandsteine und Quarzite vor. Manche Bänke sind auch kalkig-sandig. Zum Hangenden nehmen die dunkleren, schiefrigen Partien wieder zu, und die Abgrenzung gegen das obere Siegenium ( $Sg_3$ ) wird schwierig. Das obere Siegenium findet sich am Nord- und Südrand der Zentralmulde von Wiltz. Im Norden sind die Schichten des  $Sg_3$  weniger gut geschiefert und sandiger als im Süden. Im Süden findet man zwei Arten von Schiefeln, die älteren, reinen, dunklen Dachschiefer und die jüngeren Grobschiefer.

#### 1b. *Emsium*

Die unterste Abteilung des unteren Emsium ( $E_{1a}$ ) setzt sich vor allem aus dunklem Tonschiefer zusammen. Aber der in einzelnen Bänken stärker angereicherte Sandgehalt ergibt eine bessere Schichtung als im oberen Siegenium. Im höheren Unteremmsium ( $E_{1b}$ ) nimmt der Sandgehalt erheblich zu. Es bilden sich sandige Schiefer (dünn-schiefrige Quarzschiefer) und Quarzsandsteine. Das mittlere Emsium umfaßt die bunten Schiefer von Clerf ( $E_2$ ). Die aus Schiefeln und Sandsteinen bestehende Serie ist charakterisiert durch ihre oft intensiv rote und grüne Färbung. Ebenfalls typisch sind gelegentliche Einschaltungen von recht mächtigen Quarzitbänken. Das obere Emsium ( $E_3$ ) wird durch eine mächtige Quarziterie eingeleitet, die im Ösling als Quarzit von Berlé bezeichnet wird. Die Mächtigkeit schwankt zwischen 5 und 15 Metern. Es ist eine weiße, grauweiße bis gelbliche «Glaswacke». Lagenweise finden sich reichlich Fossilien. Darüber folgen die Schiefer von Wiltz. Sie bilden den Muldenkern der Zentralmulde von Wiltz. Es sind dunkelgraue, stellenweise grünlichgraue, etwas sandige Tonschiefer. Jüngere Schichten des Unterdevons oder mitteldevonische Schichten sind im Gebiet des Öslings nicht mehr vorhanden.

## 2. Tektonik (s. Karte 1)

### 2a. Zentralmulde von Wiltz

Das Synklinorium von Wiltz ist als Teil des großen Eifelsynklinoriums anzusehen. Im Westen wird es durch die Massive von Rocroi und Givonne stark eingeengt. Nach Osten vertieft und verbreitet es sich und läuft dann in die Daleidener Muldenzone aus. Die Muldenachse verläuft im Westen in ostwestlicher Richtung. Im Luxemburger Raum biegt sie mehr und mehr in die NE-SW Richtung ein. Außerdem taucht sie nach Osten immer tiefer ein, sodaß sich im Kern immer jüngere Schichten des Devons finden. Im Norden und Süden wird die Zentralmulde von zwei Antiklinalen begrenzt.

### 2b. Sattel von Givonne

Der Sattel von Givonne wird im Westen zuerst an der Maas sichtbar, wo er aus den mesozoischen Schichten auftaucht. Das alte vordevonische Massiv von Givonne ist ein Teil dieser Antiklinale, weiter verläuft der Sattel zunächst in ostwestlicher Richtung, um dann im Luxemburger Raum ebenfalls in die NE-SW Richtung einzuschwenken. Hier greift von Süden her das Mesozoikum über und bedeckt ihn randlich. Der Sattel ist in eine Reihe von Spezialfalten gegliedert. Schichten des  $Sg_3$  und des  $E_1a$  wechseln miteinander ab. Nach M. LUCIUS (1950) kann man im Westen eine Zone der Überschiebungen mit vorherrschendem Südeinfallen erkennen, im Osten, d. h. östlich von Bourscheid-Dickirch eine Zone der Unterschiebungen mit vornehmlichem Nordeinfallen. Beide Gebiete werden durch Querstörungen getrennt.

### 2c. Sattel von Bastogne

Die Nordbegrenzung der Zentralmulde von Wiltz wird durch den Sattel von Bastogne gegeben. Er kann als südlichster Sattel des Hauptantiklinoriums der Ardennen aufgefaßt werden, das im Massiv von Stavelot seine höchste Heraushebung erfahren hat. Die eigentliche Sattelachse zieht im Westen vom Massiv von Rocroi ausgehend über das kleinere Massiv von Serpont in ostwestlicher Richtung. Auch diese Faltenachse schwenkt im Raum von Luxemburg in die NE-SW Richtung ein. Der Sattel ist ebenfalls spezialgefaltet. Der Faltenbau scheint ziemlich symmetrisch zu sein.

Abschließend kann man feststellen, daß sich die tektonischen Leitlinien des Öslings schon seit dem Unterdevon wirksam abzeichnen. Geringere Mächtigkeiten auf den Sätteln, größere Mächtigkeiten in den Mulden zeigen an, daß die heutigen Sättel schon in damaliger Zeit Schwellen bildeten. Bei der Faltung, die im Ösling wohl in der sudetischen Phase, also im Unterkarbon, erfolgte, reagierte dieses System von verschiedenen Widerlagern natürlich entsprechend durch Bildung von Antiklinalstrukturen.

### A III. STRATIGRAPHIE UND TEKTONIK DES MESOZOIKUMS DER SÜDEIFEL UND LUXEMBURGS

Im Gebiet der Südeifel und im südlichen Teil von Luxemburg sind die paläozoischen Schichten unter einer mächtigen Decke mesozoischer Sedimente begraben. Maximal erreicht diese Decke eine Gesamtmächtigkeit von 800 Metern. Es handelt sich im wesentlichen um Schichten der Trias und des Jura mit Ausnahme des Malm. In der Mulde von Wittlich greift das Rotliegende transgressiv über die Schichten des Altpaläozoikums.

#### 1. *Stratigraphie*

##### 1a. *Trias*

Im gesamten Bereich der Südeifel und des Luxemburger Raums läßt sich die Trias in Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper gliedern.

Der Buntsandstein zeugt heute noch durch seine Relikte, die über die gesamte Eifeler Quersenke verstreut sind, z. T. noch in zusammenhängenden Schichten, z. T. auch nur noch durch Gerölle oder durch oberflächliche Rotfärbung des Grundgebirges, von der ehemaligen mesozoischen Bedeckung dieser Senkungszone. Er reicht von Süden her bis nördlich Gerolstein hinauf, wo er in der Bettinger Buntsandsteineifel noch einen letzten größeren zusammenhängenden Schichtenkomplex bildet. Er läßt sich im gesamten Bereich nur grob gliedern. In Anlehnung an die süddeutsche Gliederung rechnet man die tiefsten hier vorkommenden Schichten zum mittleren Buntsandstein, d. h. zum sog. Vogesensandstein oder Hauptbuntsandstein. Er ist im allgemeinen schlecht verfestigt und ziemlich grobkörnig. Zum Teil bildet er an der Basis zum Devon mächtige Konglomerate. Er wird selten abgebaut und nur als Bausand verwendet.

Der obere Buntsandstein wurde schon von H. GREBE (1889) in die Zwischenschichten ( $so_1$ ) und den Voltziensandstein ( $so_2$ ) eingeteilt. Die Zwischenschichten sind etwas stärker verfestigt. Häufig findet man konglomeratische Lagen. Die Grenze zum Voltziensandstein ist unscharf und wird meistens an das Aufhören der Konglomerate geknüpft. Der Voltziensandstein ist im Bereich der Eifeler Quersenke sehr weit verbreitet. Er wurde früher in zahlreichen Brüchen abgebaut, da der mittelmäßige, grobbankige Sandstein sehr gut zu Schleifsteinen jeder Größe und zu Steinmetzarbeiten verwendet werden konnte.

Der untere Muschelkalk ist im gesamten Südeifeler und Luxemburger Raum in der Randfazies als Muschelsandstein ausgebildet. Im Moseltal kommen noch untergeordnet Tone und Dolomite vor, zum Rand des Schiefergebirges hin ist die «Versandung» vollständig.

Im mittleren Muschelkalk, der sog. Anhydritgruppe, setzt die «Versandung» erst westlich Ettelbrück ein. Weiter nach Osten herrschen bunte Tone, Mergelbänke und Gipslinsen vor.

Es gibt auch abbauwürdige Gipslager. Westlich von Eisenach an der Straße nach Irrel werden derartige Gipslager sogar unter Tage abgebaut.

Während der untere und mittlere Muschelkalk nur in einzelnen tektonischen Aufwölbungen in größeren Talanschnitten zu Tage austritt, erfaßt der obere Muschelkalk ein bei weitem größeres Gebiet. Der untere Teil des oberen Muschelkalkes, der Hauptmuschelkalk, wird in die Trochitenschichten ( $mo_1$ ) und die Nodosusschichten ( $mo_2$ ) eingeteilt. Die Kalke werden hier im wesentlichen durch Dolomite ersetzt. Es folgen die Myophorienschichten, die in die Grenzschichten, die bunten Mergel und den Grenzdolomit unterteilt werden. Am Südrand des Öslings läßt sich nach Westen zu ein allmählicher Übergang in die Randfazies beobachten. Im Hauptmuschelkalk nimmt die Mächtigkeit ab. Die Myophorienschichten sind hier in der Fazies des Gilsdorfer Sandsteins ausgebildet. Die bunten Mergel bleiben gleichmäßig entwickelt und nehmen nach Westen nur an Mächtigkeit ab. Der Grenzdolomit ist im Westen als Zellendolomit ausgebildet, in den lagenweise Quarzgerölle eingelagert sind.

Die Schichten des Keupers sind sehr selten in künstlichen Aufschlüssen angeschnitten und sind im Rahmen dieser Untersuchung nur von geringer Bedeutung.

#### 1b. Jura

Der Jura ist die für den mesozoischen Raum Luxemburgs wichtigste Formation. Er nimmt oberflächlich den größten Teil des Gutlandes ein, und seine Schichten tragen wesentlich zur Landschaftsform dieses Gebietes bei. Außerdem ist er für Luxemburg wirtschaftlich von großer Bedeutung. Der Luxemburger Sandstein ist der größte Wasserspeicher des Landes und der Dogger liefert das Minetteerz. Der Malm wurde in Luxemburg nicht mehr abgelagert. Auf den deutschen Grenzbereich östlich von Bollendorf greift der Luxemburger Sandstein noch in drei kleinen Restschollen über. Er ist hier aber weder wirtschaftlich noch morphologisch von besonderer Bedeutung. Die folgende stratigraphische Beschreibung bezieht sich im wesentlichen auf die von M. Lucrus für den Luxemburger Raum aufgestellte Gliederung.

Im Luxemburger Lias läßt sich die klassische Gliederung Schwabens ohne Schwierigkeiten übernehmen. Die Serie beginnt mit den Pylonotenschichten, die aus einer bunten Folge von grauen, auch schwarzen, geschiefertem Mergeln und grauen, tonigen, zum Teil auch sandigen Kalkbänken aufgebaut sind. Sie sind nur selten unter dem Schutt des überlagernden Luxemburger Sandsteins aufgeschlossen. Der Luxemburger Sandstein vertritt keinen stratigraphischen Horizont, sondern greift nach Süden auf immer jüngere Schichten über. Im Luxemburger Gebiet vertritt er die Angulatenschichten. Der Luxemburger Sandstein ist im frischen Zustand ein graublauer Sandstein mit reichlich kalkigem Bindemittel. In verwittertem Zustand wird er durch einen schwachen Eisenoxydgehalt gelblich gefärbt. Oft zeigt er sogar, besonders an der Oberfläche, eine rein weiße Farbe. Der Verfestigungsgrad des Gesteins ist sehr unterschiedlich. Das Bindemittel ist unregelmäßig verteilt, so daß die Menge öfter nicht zur allgemeinen Verfestigung ausreichte. Ganze Gesteinsparticlen bleiben locker. Derartige Sande werden vor allem am Nordrand der luxemburgischen Sandsteinplatte und auf den Restschollen östlich von Bollendorf als Bausand abgebaut. Häufig sind aber auch nur die oberen der Verwitterung ausge-

setzten Partien unverfestigt. In tieferen Lagen trifft man dann auf den festen Stein. Der Sandstein ist, soweit er genügend verfestigt ist, immer sehr regelmäßig geschichtet und geklüftet. Allerdings schwankt die Bankmächtigkeit oft recht erheblich zwischen Zentimeter- und Meterbeträgen. Die Gesamtmächtigkeit des Luxemburger Sandsteins beträgt im Südosten etwa 10 Meter und nimmt nach Nordwesten bis auf über 100 Meter zu. Paläogeographisch ist der Luxemburger Sandstein der Ausdruck erhöhter Bodenbewegung zu Beginn der Juratransgression, wo große Teile des Pariser Beckens und der Ardennen einsanken und dem transgressiven Meer Raum boten.

Die Arietenschichten treten landschaftlich bedeutend weniger in Erscheinung. Es sind Mergel- und Kalkbänke ähnlich den Pylonotenschichten. Ihre Gesamtmächtigkeit beträgt 5-8 Meter.

Es folgt das Lothringien oder die sog. «Fossilarmen Tone», die noch dem Lias zugeordnet werden. Es handelt sich um sandige Tone und Mergel, in denen auch Kalke in Form von Bänken und Knollen auftreten. Die Gesamtmächtigkeit beträgt etwa 12 Meter.

Der mittlere Lias (lm) und der obere Lias (lo) werden nicht besonders besprochen, da die hierhin zu stellenden Schichten infolge ihrer petrographischen Ausbildung für die durchgeführten Untersuchungen unberücksichtigt bleiben mußten.

Im Dogger läßt sich die Gliederung Schwabens nicht mehr auf den Luxemburger Raum übertragen, da sich an der Wende vom Lias zum Dogger eine Barre zwischen die Lothringer Furche und das schwäbische Becken schob.

Der untere Dogger beginnt mit dem Durmortieriensandstein oder Grès supraliassique. Dieser dickbankige, grünliche oder blaugraue, manchmal etwas tonige Sandstein bildet die erste Schichtstufe des Doggers. Im Durmortieriensandstein wurde auch die Gruppe des kieseligen Erzlagers abgelagert. Es lassen sich zwei Erzbecken unterscheiden, das von Differdingen und das von Esch/Alzette. Daneben gibt es ein erzfreies Gebiet, das zwischen Düdelingen und dem großen «Mittelsprung» von Deutsch-Oth liegt. Während der Ablagerung des kieseligen Lagers lassen sich beide Becken noch gut kontrollieren. Die drei oberen Lagen im Teilgebiet von Differdingen entsprechen den drei kieseligen Lagen im Gebiet von Esch. Der erzfreie Sandstein östlich des «Mittelsprunges» erreicht eine Mächtigkeit von 28-30 Meter. Im Ablagerungsreich des kieseligen Lagers bleibt er nur als Zwischenmittel übrig.

Unmittelbar über der kieseligen Lagergruppe treten starke Unterschiede östlich und westlich der durch den «Mittelsprung» gegebenen Zone auf. Man kann annehmen, daß nach der Ablagerung des kieseligen Lagers hier eine Bodenschwelle entstand, aus der sich später die Störungszone entwickelte. Seit dem mittleren Aalenium kann man von zwei Teilbecken im Raum von Esch und von Differdingen sprechen.

Mit dem Ende der Dumortierienschichten ändert sich der petrographische Charakter der Gesteine. In den Opalinusschichten erscheinen statt des groben festen Sandsteines mergelige, schiefrige Kalksteine, in welchen sich nun die kalkigen Erzlager entwickeln, die vor allem im

Becken von Esch den Hauptanteil des Erzes bestreiten. Im Teilbecken von Differdingen unterscheidet man nur zwei Kalklager, den Ober- und den Unterkalk. Die gesamte Minetteformation wird von einem über das ganze luxemburgisch-lothringische Gebiet reichenden Geröllhorizont abgeschnitten. Über dem Konglomerat folgt ganz geringmächtig die Concavuzone mit sandigen Mergeln, Sandsteinen und Kalkknollen.

Der mittlere Dogger setzt mit dunklen Glimmermergeln ein, die zu den Sowerbyischichten gehören. Zum Hangenden treten immer stärker Kalke auf, die zunächst noch von Mergellagen unterteilt werden. Über den letzten Mergellagen folgt dann ein dickbankiger, ebenflächiger Kalk mit Trochiten, der Hohebrückner Kalk. Es ist ein sandiger, feinkörniger Kalkstein. Im frischen Zustand ist er hart und von blaugrauer Farbe, verwittert wird er braun und zerfällt sandig. Er schließt mit einer Emersionsfläche ab. Es folgt im allgemeinen der Korallenkalk. Der Abschnitt des sog. Korallenkalkes beginnt über der Emersionsfläche meistens mit dem Other Kalk, einem fossildetritogenen, weißen Kalk. Vereinzelt kommen auch Korallen vor. Auch über dem Other Kalk läßt sich keine echte Korallenfazies erkennen. Hier finden sich dickbankige, knollige Kalke, die vor allem aus Fossildetritus aufgebaut sind. Vereinzelt sind Korallen eingeschaltet. Der Other Kalk wird als Baustein geschätzt und in einigen großen Brüchen abgebaut. Die Gesamtmächtigkeit des Doggers beträgt etwa 150 Meter.

## 2. Tektonik (s. Karte 1)

Die gesamte Tektonik des mesozoischen Sedimentationsraumes ist sehr stark vom paläozoischen Untergrund her beeinflusst. Sehr viele auftretende Richtungen von Schichtverbiegungen und Brüchen sind bei späteren Beanspruchungen wieder aufgelebte altangelegte Strukturen. Es ist demnach verständlich, daß in diesem Raum, der von der NNE-SSW streichenden Eifeler Quersenke und der NE-SW streichenden Wittlicher Mulde durchzogen wird, diese beiden Richtungen auch im Deckgebirge immer wieder auftreten.

Die Auswirkungen der alpidischen Orogenese, die im mittel- und westeuropäischen Raum als saxonische Bruchfaltentektonik auftritt, haben auch in diesem Gebiet deutliche Spuren hinterlassen. Betrachtet man die tektonische Übersichtskarte (Karte 1), so erkennt man im luxemburgischen Gutland einen weiten Sattel- und Muldenbau, unterstützt von parallelverlaufenden Bruchzonen. Allerdings handelt es sich hier nicht um eine echte Faltung im Sinne einer Einengungstektonik, sondern es sind Antiklinal- und Synklinalstrukturen, die durch im Untergrund, im variskischen Gebirge, liegende Schwellen und Senken geprägt wurden. Die «Faltenachsen» streichen ebenso wie die Brüche im Westen und äußersten Osten von Luxemburg meistens in NE-SW Richtung, dazwischen aber zeigen sich häufig Tendenzen, in eine NNE-SSW Richtung einzuschwenken.

Im deutsch-luxemburgischen Grenzbereich östlich der Mosel und Sauer zeigt sich eine besonders starke NNE streichende Bruchtektonik. Die Bruchzonen ziehen hinüber ins Kylltal und weiter nach Norden bis Spangdahlem. In den folgenden Schichten des Buntsandsteins lassen sich die Brüche nur noch schlecht verfolgen. Im Gebiet nördlich von Trier zeigen sich



im Einflußbereich der Wittlicher Mulde immer wieder Tendenzen in den Bruchzonen nach NE einzuschwenken.

Die Fortsetzung der mesozoischen Faltenzüge nach Osten ins deutsche Gebiet läßt sich auf Grund einiger Schichtmessungen vermuten (s. Karte 3b). Ein großer Teil der Streichwerte liegt im Streichen der luxemburgischen Faltenzüge. Ein exakter Nachweis steht allerdings noch aus und ist nur auf Grund einer genauen Neukartierung möglich. Da das deutsche Gebiet aber wesentlich stärker von Verwerfungen durchzogen wird, lassen sich die großräumigen Strukturen durch die Spezialgräben und -hörste schwieriger verfolgen. Im Luxemburger Deckgebirge, das weniger zerbrochen ist, stellt man hauptsächlich ein Einfallen nach Südwesten fest, wie es dem allgemeinen Einfallen der mesozoischen Deckplatte entspricht. Nur im Bereich von Luxemburg-Stadt, sowie bei Moestroff an der Sauer fallen die Schichten nach Osten oder Südosten ein. Ein stärkeres Einfallen nach Westen ist erst am Ostrand von Luxemburg bzw. im deutschen Gebiet festzustellen.

Den tektonischen Abschluß des hier betrachteten Gebietes bildet der Sattel von Sierck, der in der Fortsetzung der an der Wende Unter/Oberkarbon angelegten Hunsrückschwelle liegt (M. Lucius 1952). Im Norden wird der Sattel von streichenden Brüchen begrenzt.

Nach Norden folgt die Mulde von Wintringen, die auf weite Erstreckung heute einen grabenartigen Bau zeigt. Sie läßt sich schon seit der Trias durch größere Mächtigkeiten nachweisen. Ihr Nordflügel wird sie von dem kleinen Sattel von Remich unterbrochen.

Im bisher betrachteten Gebiet verliefen die Strukturachsen immer mehr oder weniger in NE-SW Richtung. Bei dem nun nördlich anschließenden Mittelmoselsattel läßt sich erstmalig sowohl in den «Faltenachsen» als auch im Verlauf der Brüche ein Einschwenken in die NNE-SSW Richtung feststellen. Der Knickpunkt liegt ungefähr in der Gegend von Trintingen (WNW von Remich). Er ist durch eine Häufung von Störungen gekennzeichnet. Nördlich von Trintingen durchsetzen fast Nord-Süd verlaufende Störungen den Sattel in einem spitzen Winkel. Diese Störungen lassen sich auch über die weiteren Sättel und Mulden bis zur unteren Sauer verfolgen und biegen erst weiter östlich wieder in die NE-SW Richtung ein.

Nordwestlich schließt sich die Syrtalmulde an. Der einheitliche Muldencharakter wird im Nordosten durch eine Häufung von Bruchstörungen aufgelöst.

Der nordwestlich anschließende Sattel von Born läßt sich ebenso wie der Sattel von Sierck auf unterdevonische Schwellen beziehen. Nach Westen spaltet der zunächst einheitliche, allerdings durch Querstörungen stark zerbrochene, Sattel in mehrere Sättel und Mulden auf. Im Süden ist es zunächst der Sattel von Sandweiler, in dessen Scheitel die große Verwerfung von Deutsch-Oth-Sandweiler zum großen Teil verläuft. Es folgt die Mulde von Luxemburg und der Sattel von Blascheid.

Eine der großräumigsten Strukturen des gesamten Gutlandes ist die Mulde von Weilerbach. Im Süden wird sie durch eine ausgedehnte Verwerfungslinie begrenzt, im Norden kann man evtl. die Aufbiegung am Rande des Öslings als Nordflügel auffassen. Im Westen wird sie

durch NNE-SSW streichende Querstörungen stark zerhackt, im Osten ist sie ziemlich ungestört ausgebildet.

Die mesozoischen Sattel- und Muldenstrukturen sind schon früh angelegt. In der Trias lassen sich schon Mächtigkeitsunterschiede in den späteren Sätteln und Mulden nachweisen. Die meist eng an die Faltenstrukturen gebundene Bruchtektonik dürfte einer späteren stärkeren Beanspruchung zuzuschreiben sein (M. LUCIUS 1948). M. LUCIUS setzt die Hauptphase der tektonischen Bewegungen ins Alttertiär. Er nimmt aber eine Fortsetzung bis ins Pliozän hinein an.

## B. MORPHOLOGISCHE ENTWICKLUNG

### I. ÖSLING

Die spezielle Landschaftsgestaltung des Öslings beginnt mit der Heraushebung nach der Faltung des variskischen Gebirges. Diese Heraushebung ist wahrscheinlich recht langsam vor sich gegangen, so daß die Abtragung im großen und ganzen Schritt halten konnte. Ein Hochgebirge im Sinne der Alpen ist das rheinische Schiefergebirge wohl nie gewesen (P. DORN 1960). Im Verlauf des Rotliegenden entstand eine flach gewellte Ebene. In der Trias wurde diese Fastebene dann zum größten Teil wieder mit Sedimenten eingedeckt. Echtes Abtragungsgebiet wurde das rheinische Schiefergebirge und damit auch das Ösling erst wieder durch die Heraushebung im Verlaufe des Tertiärs. Während dieser Abtragszeit wurde das alte Gebirge erneut freigelegt. Jedoch ist die Frage, wie weit die neu herausgearbeiteten Flächen der alten prätriaschen entsprechen, noch recht umstritten.

D. RICHTER (1962) unterscheidet in der Nordeifel während des Tertiärs mehrere Phasen der Heraushebung und der tektonischen Ruhe. Während den Ruhezeiten entstanden durch Breitenerosion weite flachgewellte Flächen. Infolge mehrerer Hebungsperioden bildete sich eine sog. Hochflächentreppe. Eine ähnliche Entwicklung darf man wahrscheinlich auch im Ösling annehmen.

Interessant ist die Talgeschichte des Öslings. Für die Herausbildung des heutigen Landschaftsbildes im Ösling sind die ganz jungen Aufbiegungen an der Wende vom Pliozän zum Pleistozän maßgebend. In kleinerem Maße als man es bei Rhein, Maas und Mosel beobachten kann, läßt sich auch im Ösling dieser Kampf des erodierenden Flusses gegen das aufsteigende Gebirge erkennen. Vor allem am Südrand kann man tief eingeschnittene antezedente Täler beobachten (M. LUCIUS 1950). Aus den Verbiegungen der Flußterrassen kann man das ruckweise Aufsteigen dieser Scholle verfolgen und zeitlich ziemlich gut festlegen.

### II. MESOZOISCHES GEBIRGE

Die Heraushebung der heutigen Hochgebiete Ardennen und Eifel erfolgte, wie schon besprochen, im Tertiär. Das teilweise überlagernde Mesozoikum wurde weitgehend abgetragen.

An den Grenzen der Hebungszone bildete sich ein Erosionsrand. Das Deckgebirge blieb nur in den weniger stark gehobenen Teilen übrig, wie in der Eifeler Quersenke und der Luxemburg-Trierer Bucht. Daher entsprechen die heute ausgebildeten Deckgebirgsränder nur zum Teil den ehemaligen Ablagerungsrändern. Die ehemaligen Beckenränder verliefen wahrscheinlich ebenso wie heute in Nord-Süd Richtung. Anders ist dies am Nordrand des luxemburgischen Mesozoikums. Dort wurde der Rand erst durch die Erosion nach der Hebung des Ardennerblockes herausgebildet. Der ehemalige Beckenrand mit der typischen sandigen und konglomeratischen Fazies verlief ebenso wie die Eifeler Quersenke in Nord-Süd Richtung.

Nach der bisher besprochenen morphologischen Geschichte des mesozoischen Gebietes sollte man die Bildung eines echten Schichtstufenlandes erwarten. Tatsächlich werden auch heute von den harten Bänken des Muschelkalkes und des Luxemburger Sandsteines Schichtstufen gebildet. Durch die starke tektonische Zerschneidung lassen sich diese Stufen aber nicht über größere Entfernungen verfolgen.

Entsprechend der petrographischen Ausbildung der durchschnittenen Schichten entstehen verschiedenartige Täler. Die landschaftlich schönsten und auffallendsten Täler werden im Gebiet des Luxemburger Sandsteines gebildet.

Hier entstehen, solange sich der Fluß nur im Sandstein einschneidet, ganz enge Täler mit steilaufragenden Felswänden. Schöne Beispiele dafür bildet das Gebiet der sog. Luxemburger Schweiz bei Consdorf und Müllerthal, sowie das Gebiet um die Prümmer Burg bei Prümzurlay. Dort wo der Fluß bis ins Liegende des Sandsteines gelangt ist, verbreitert sich das Tal schnell. Der Steilrand des Sandsteines wird stark zurückverlegt. Mächtige Blöcke gleiten, an Kluftwänden abgelöst, auf den Tonen des Rät abwärts. Ähnliche Täler wie im Luxemburger Sandstein werden in die harten Kalke und Dolomite des oberen Muschelkalkes durch die Nebenbäche der Mosel eingeschnitten. In den weicheren Schichten des Keupers und des oberen Lias bilden sich weite, flacheingemuldetete Täler, so daß der Eindruck einer flachwelligen Ebene entsteht.

## A. KLUFTSYSTEME IN DER SÜDEIFEL UND IM LUXEMBURGER RAUM

### I. UNTERSUCHUNGSMETHODIK

(Das Einmessen und die Darstellung des Kluftnetzes - vgl. dazu Tafel 1-5 und 6-8)

Die Grundlage der vorliegenden Untersuchung bildet eine systematische und möglichst vollständige Erfassung der im paläozoischen Grundgebirge des Luxemburger Öslings und im mesozoischen Deckgebirge des Südeifler Raumes und des luxemburgischen Gutlandes auftretenden Klufrichtungen. Einige grundsätzliche Dinge über das Einmessen dieser Richtungen und ihre statistische Darstellung sollen vorausgeschickt werden.

Die Messungen der Klufrichtungen wurden nur in einwandfrei anstehendem, unver-rutschtem, möglichst frischem Gestein vorgenommen. Hierbei wurden besonders künstliche Aufschlüsse bevorzugt. Im paläozoischen Gebirge handelte es sich in den meisten Fällen um Straßenanschnitte in den Tälern der Sauer, der Wiltz, der Clerve und der Our. Im mesozoischen Gebirge wurden die meisten Messungen in Steinbrüchen vorgenommen, seltener auch an Straßenanschnitten.

Eine statistische Darstellung wird um so genauer, je größer die Zahl der Messungen ist. Naturgemäß schwankt die mögliche Messungszahl in den einzelnen Aufschlüssen recht erheblich, da die Größe des Aufschlusses und die Kluftausbildung recht unterschiedlich sind. Um aber in jedem Aufschluß ein einigermaßen sicheres Bild zu gewinnen, wurde versucht, eine Mindestzahl von 50 Kluftmessungen nicht zu unterschreiten. In einigen Fällen, so vor allem in manchen alten und zum Teil zugeschütteten Steinbrüchen im Mesozoikum des deutschen Bereiches, konnte diese Zahl nicht eingehalten werden. Doch zeigten diese wenigen Messungen meistens ein klares Bild.

Bei Messungen in Steinbrüchen und Straßenanschnitten wurden in den Anschnittwänden nur Klüfte gemessen, die in etwa 1,50 m — 2,00 m Abstand von der Steinbruchsohle oder Staße lagen, um höher durchsetzende Klüfte nicht mehrmals zu messen. Dadurch wäre das statistische Bild verfälscht worden. Wurde allerdings in mehreren großen Sohlen abgebaut und handelte es sich um kleine, nicht weit durchsetzende Klüfte, so wurden auch die Klüfte der oberen Sohlen eingemessen.

Beim systematischen Einmessen der Klufrichtungen wurde sowohl das Streichen als auch das Einfallen erfaßt. Letzteres war vor allem für die Klüfte des paläozoischen Gebirges wichtig, da hier auch geringere Einfallwinkel auftreten. Die Klüfte im Deckgebirge zeigten dagegen zu etwa 80% ein Einfallen zwischen 80° und 90°.

Bei der statistischen Darstellung der Klufrichtungen mußte zwischen den Messungen im Paläozoikum und denen im Mesozoikum unterschieden werden. Erstere wurden sowohl in Richtungsrosen als auch in der Lagekugelprojektion des Schmidt'schen Netzes dargestellt, um auch das teilweise flachere Einfallen erfassen zu können. Gleichzeitig wurden, soweit sie feststellbar waren, Faltenachsen, Schichtung und Schieferung mit in die Lagekugelprojektion eingetragen. Der Kluftkörper des mesozoischen Gebirges wurde nur in Richtungsrosen dargestellt, da man, wie schon erwähnt, mit fast ausschließlich senkrechtem Einfallen rechnen kann, und die Richtungsrose ein schneller zu übersehendes Bild der bevorzugten Streichrichtungen gibt.

Beim Messen im Gelände wurde von Nord über Ost nach Süd, also von 0° bis 180°, abgelesen. Die Deklination von ungefähr 4° West wurde später bei der Darstellung in den Diagrammen korrigiert.

In der Richtungsrose wurden die Messungen in 18 Bereiche zu je 10° eingeteilt (5°-14°, 15°-24° ..... 175°-4°). Die Länge der Strahlen in den einzelnen Richtungsbereichen — vom Mittelpunkt aus gerechnet — drückt die jeweilige Größe der Verteilungsprozente der

Klüfte in dieser Richtung aus. Der ausgezogene Kreis liegt bei der 10% Grenze. Um eine vollständige Kluftröse zu erhalten, wurde jeder Punkt noch einmal um das Zentrum gespiegelt. Auf diese Weise läßt sich ein schnell erkennbares deutliches Bild der Hauptkluftrichtung gewinnen.

## II. ALLGEMEINE AUSSAGEN ZUR KLÜFTUNG

### 1. *Definition und Ursache der Entstehung von Klüften*

Wird ein Gestein über seine Elastizitätsgrenze hinaus weiter beansprucht, so reagiert es darauf mit Zerbrechung. Es bilden sich zunächst ganz allgemein Fugen, Anisotropiestellen im Gesteinskörper. Man muß zwei Arten von Fugen unterscheiden, erstens solche, an denen keine erkennbaren Verschiebungsbewegungen stattgefunden haben und zweitens solche, an denen Verschiebungen erkennbar sind. Erstere wurden von H. CLOOS als «Klüfte» bezeichnet, waren sie geöffnet als «Spalten». Sind Verschiebungsbeträge erkennbar, so spricht er von «Verschiebungsflächen».

L. MUELLER (1963) faßt den Begriff «Klüfte» noch sehr viel weiter. Er bezeichnet jede Trennfläche im Gestein, durch die der mechanische Zusammenhalt der Gesteinsmasse unterbrochen wird, als «Kluft». Er spricht daher auch von Schicht- und Bankungsklüften. Im folgenden soll aber der Begriff «Kluft» nur in der von H. CLOOS gebrauchten Form angewandt werden.

Beobachtet man die Erscheinungen der Klüfte im natürlichen Aufschluß, so stellt man zunächst fest, daß die Klüfte nicht einzeln, sondern als subparallele Kluftscharen auftreten. Die Abstände der Klüfte von einander sind im einzelnen Aufschluß meistens ziemlich gleichbleibend, in verschiedenen Aufschlüssen, auch desselben Gesteins, jedoch recht unterschiedlich. Sie können zwischen Dezimeter- und Meterbeträgen schwanken. Im natürlichen Aufschluß findet man immer mehrere sich überschneidende Richtungen von Kluftscharen, die häufig ein bestimmtes Winkelverhältnis auch über größere Gebiete hinweg beibehalten. Diese werden als Kluftsysteme bezeichnet. Von mehreren Kluftsystemen ist eines meistens besonders deutlich ausgebildet.

Je nach Entstehungsursache und Ausbildung kann man hauptsächlich zwei verschiedene Kluftsysteme unterscheiden. Im tektonisch stark beanspruchten Faltengebirge, in diesem Falle also im Ösling, handelt es sich häufig um ein System das man als Scherflächensystem, oder Mohr'sches System bezeichnet. Die Kluftrichtungen schneiden sich hierbei je nach der mechanischen Festigkeit des Gesteins mit Winkeln kleiner oder gleich  $90^\circ$ . Dieses Scherkluftsystem steht immer im deutlichen Zusammenhang mit anderen tektonischen Elementen, wie vorallem der Faltenachse und der Schieferung. Derartige Klüfte nennt F. LOTZE (1933) «synorogene Klüfte». Neben diesen Scherkluftsystemen treten auch noch Quer- und Längsklüfte auf, die durch Zug- oder Druckbeanspruchungen entstanden sind. Diese Systeme wurden von C. STELER (1922) als «Cloos'sches Systempaar» bezeichnet. Sie stehen in der Druckrichtung, bzw.

senkrecht dazu. Während das Mohr'sche Systempaar hauptsächlich durch Schubspannungen entsteht, wird das Cloos'sche Systempaar durch reine Druck- oder Zugkräfte hervorgerufen.

Im ungefalteten Gebirge ist oft eine direkte Beziehung zur Tektonik nicht so auffallend. Hier bemerkt man zuerst die deutliche Beziehung der Klüfte zur Schichtung. Die Klüfte stehen fast immer vertikal zur Schichtung und sind oft an ihr etwas versetzt. Sie bilden meist zwei senkrecht aufeinander stehende Richtungen. Von F. LOTZE (1933) wurden sie ihrer großen Häufigkeit wegen den oben genannten Systemen als «gemeine Klüfte» gegenübergestellt. In Anlehnung an Versuche mit Eisenbetonplatten versucht er ihre Entstehung durch schwache epirogene Dehnungen und Verbiegungen zu erklären.

Einen anderen, mehr theoretisch abgeleiteten Erklärungsversuch gibt S. THIELE (1935). Er geht davon aus, daß in schwach geneigten Schichten häufig eine Kluftrichtung parallel, eine zweite senkrecht zum Schichtstreichen verläuft, beide aber senkrecht zur Schichtfläche stehen. Die Orientierung senkrecht zum Schichtstreichen, bzw. parallel zum tektonischen Druck wird durch diesen Druck und die daraus folgende Querdrehung hervorgerufen. Die Orientierung senkrecht zur Schicht wird durch den Belastungsdruck hervorgerufen. Das dazu senkrechte System entsteht durch Entlastungswirkungen des ersteren.

Die von F. LOTZE aus Versuchen gefundene Erklärung der Klüftenentstehung aus Zerungen des Gebirgskörpers bestätigen auch C. TEICHERT (1927) und R. HOFFMANN (1955). Beide sprechen davon, daß die Klüftung oft als Vorläufer von Verwerfungen auftreten kann. R. HOFFMANN schreibt weiter, daß die senkrecht stehenden Klüfte nicht gleichwertig sind. Zunächst reißen parallel zu stärkeren Schichtverbiegungen Klüfte mit glatten, scharfen Klüftwänden auf, danach entstehen senkrecht dazu Klüfte mit rauhen und oft unregelmäßigen Klüftwänden. Sehr mächtige Gesteinsbänke bilden oft nur die erste Kluftrichtung aus. Diese Beobachtungen bestätigt auch E. BÖKE (1963) in seiner Arbeit über das Münsterländer Kreidebecken.

Wahrscheinlich spielen bei der Entstehung der Klüfte alle diese Dinge eine Rolle, und man muß im einzelnen versuchen, die verschiedenen Arten zu erkennen und auseinanderzuhalten.

## 2. Tektonischer Aussagewert der Klüftung

Über den tektonischen Aussagewert der Klüftung gibt es ebenso verschiedene Ansichten, wie über die Entstehung. R. HOEPPENER geht in seiner Vorlesung über tektonische Geologie davon aus, daß Klüfte sehr schnell aufreißen. Jede leichte Deformation würde also ihre Spuren in Form von Klüften im Gestein hinterlassen. Da über einen großen Gesteinskomplex im Laufe geologischer Zeiträume aber viele verschiedenartige Deformationen hinweggehen, müßten sich im Klüftbild eine Vielzahl von Klüftsystemen überlagern, deren Altersfolge zu trennen später kaum möglich ist. Nun mag diese Ansicht wohl hauptsächlich durch die Erscheinungen im gefalteten Gebirge begründet sein. Im mehr oder weniger flach liegenden Gebirge widerspricht

dem jedoch das meistens klare Kluftbild, das man hier über große Bereiche hinweg immer feststellen kann. Mag der Aussagewert der Kluftrichtungen im einzelnen Aufschluß vielleicht nicht sehr groß sein, so gewinnt er doch erheblich an Bedeutung, verfolgt man die Kluftsysteme über weitere Gebiete.

Der Verlauf großer Brüche und Verschiebungen läßt sich im Gelände oft nur an wenigen Stellen genau einmessen, da derartige große Strukturen meistens nicht direkt aufgeschlossen sind und ihr Verlauf häufig sogar nur an Hand von Lesesteinen kartiert werden kann. Klüfte dagegen lassen sich in großer Zahl exakt einmessen, und bei einer entsprechend großen Zahl von Messungen lassen sich vielfach doch klare Strukturen erkennen.

### *3. Bedeutung des Klufnetzes für Wasserwirtschaft und Baugrund*

Die Kenntnis des Klufnetzes eines Gebietes gibt aber nicht nur Hinweise auf dessen Tektonik, sondern ist auch aus wirtschaftlichen Gründen oft von großer Wichtigkeit. Vor allem bei Fragen des Baugrundes und der Wasserwirtschaft ist die genaue Kenntnis des Kluftkörpers und seiner Fortsetzung in die Tiefe unerlässlich.

In dem Lehrbuch «Der Felsbau» von L. MUELLER kommt die Bedeutung des Kluftkörpers für Baufragen sehr deutlich zum Ausdruck. Die mechanischen Eigenschaften eines Gesteins sind darnach «weniger vom Material als vom Gefüge bedingt». Bei der Bestimmung der Gesteinsfestigkeit spielt außerdem das Klufwasser eine wichtige Rolle. Bei geneigter Lagerung vermindert es durch den Druck die Festigkeit des Gesteins sehr stark.

Praktische Beispiele für die Bedeutung des Kluftkörpers für Bau- und Grundwasserfragen werden in den Arbeiten von M. LUCIUS & J. BINTZ (1960) und J. BINTZ (1964) über das Pumpspeicherwerk Vianden und von F. KARL (1954) über den Bau einer Kaverne in Osttirol angeführt.

Die Arbeit von M. LUCIUS & J. BINTZ geht zunächst auf die Wasserversorgung im Ösling ein, die ein großes Problem für Luxemburg darstellt. Ein nur sehr geringer Reservoir stellt der Kluftkörper in den devonischen Sandsteinen und Schiefen dar. Dieser Kluftkörper ist nur bis in eine Tiefe von 10 Metern offen. Zirkulierendes Wasser ist also nur bis zu dieser Tiefe zu erwarten. Zur Wasserversorgung ist dieses Wasser im allgemeinen infolge der geringen Entfernung zur Oberfläche und der damit verbundenen großen Verunreinigungsgefahr schlecht zu gebrauchen. Andererseits ist die Tatsache, daß die Klüfte nur bis in eine Tiefe von 10 Metern geöffnet sind, wichtig für die großen Staubecken, die zur Wasserversorgung gebaut werden, denn dadurch ist die Gefahr des unkontrollierbaren Wasserverlustes geringer.

Weiter wird in der Arbeit auf die Bedeutung des Klufnetzes bei großen Ausschachtungsarbeiten und Stollenbauten hingewiesen, wie sie beim Bau der Kaverne im Ourtal nördlich von Vianden durchgeführt wurden. Die Stollen- und Ausschachtungswände sollen möglichst senkrecht zur Hauptklüftungsrichtung angelegt werden. Sind zwei sich kreuzende Richtungen vorhanden, so liegt die Stollenrichtung am zweckmäßigsten in der Winkelhalbierenden des

stumpfen Kreuzungswinkels. Liegt die Stollenrichtung im spitzen Winkel oder gar parallel zur Hauptklufttrichtung, so haben die durch die Arbeiten an sich schon gelockerten Schichten gar keinen Halt mehr und lösen sich immer wieder an Kluft- oder anderen Ablösungsflächen ab.

Ganz ähnliche Überlegungen veranlaßten auch F. KARL zu der Änderung der Kavernenrichtung im altkristallinen Gneis Osttirols. Die ursprüngliche Lage der Kaverne war parallel zur Schieferung und ebenfalls parallel zur Längsklufttrichtung und senkrecht zur Querklufttrichtung geplant worden. Es ergaben sich große Ablösungsflächen, die das Vorhaben erheblich erschweren mußten. Nach der tektonischen Aufnahme des Gebietes wurde vorgeschlagen, die Kavernenachse in die Diagonale zwischen Quer- und Längsklüftung zu legen. So wurde ein bedeutend größeres Maß an Standfestigkeit erreicht.

J. BINTZ (1964) weist nochmals besonders auf die Bedeutung von Klüftung und Schieferung bei der Anlage einer Staumauer hin. Die endgültige Lage der Staumauer des unteren Beckens bei Lohmühle wurde wesentlich von der Lage der Klüftung und der Schieferung mitbestimmt. Die Mauer wurde so angelegt, daß sie vor allem nicht senkrecht zu einer der beiden Hauptklufttrichtungen zu liegen kam, sondern beide Richtungen diagonal anschnitt. Stößt eine Hauptklufttrichtung senkrecht auf die Sperrmauer, so ist eine Abdichtung im Untergrund recht schwierig, denn die Klüfte bieten dem durchsickernden Wasser bequeme Wege.

Die Lage der Klüftung zur Morphologie spielt oft auch eine wichtige Rolle. So wurde beim Bau der neuen Brücke in Luxemburg-Stadt festgestellt, daß die Hauptklufttrichtung, die die ungefähr parallel dem zu überbrückenden Flußtal verläuft, sehr stark geöffnet ist, so daß das Gestein erst durch große Mengen von Zement verfestigt werden mußte, um den Brückenfundamenten den nötigen Halt zu geben. (s. Anm.) Schon aus diesen wenigen Beispielen läßt sich erkennen, wie wichtig die genaue Kenntnis des Kluftplanes auch für viele Fragen der Praxis ist.

### III. KLUFTSYSTEME IM PALÄOZOIKUM LUXEMBURGS

In der vorliegenden Arbeit sollte hauptsächlich das Kluftnetz der mesozoischen Schichten untersucht werden. Da das Mesozoikum aber vom Paläozoikum zum Teil in geringer Tiefe unterlagert wird, ist die Kenntnis der paläozoischen Kluftsysteme von Bedeutung, um etwaige Beziehungen zum Deckgebirge feststellen zu können. Die Untersuchung beschränkt sich allerdings auf das Paläozoikum Luxemburgs, da hier ein neues und gut bearbeitetes Kartenmaterial vorlag.

Die Messungen im paläozoischen Teil des Luxemburger Landes wurden im August 1962 durchgeführt. Die Aufschlüsse sind vorwiegend an die zum Teil tief eingeschnittenen Täler der größten Flüsse in diesem Gebiet gebunden. Das anstehende Gestein war entweder durch den Fluß selbst, meist aber durch eine im Tal verlaufende Straße angeschnitten. Die Messungen

---

Anm.: Nach einer freundlichen Mitteilung von Herrn J. BINTZ.



wurden in folgenden Tälern durchgeführt: Im Tal der Our von Vianden bis Dasburg, im Tal der Sauer von der Straßenkreuzung 2,5 km östlich von Göbelsmühle bis nach Esch/Sûre, im Tal der Clerve von Kautenbach bis Maulusmühle und im Tal der Wiltz von Wiltz bis Kautenbach. Eine weitere Anzahl von Meßwerten konnte ich zum Vergleich und zur Erweiterung aus der mir freundlicherweise von Herrn J. BINTZ zur Verfügung gestellten Diplomarbeit von R. PIXIUS entnehmen.

Die Aufschlußverhältnisse in diesen Tal- und Straßenanschnitten waren im allgemeinen ausgezeichnet, so daß eine große Anzahl von Messungen aus sicher unverrutschtem Gestein gewonnen werden konnten. Einige Schwierigkeiten ergaben sich bei der Zusammenfassung der Messungen zu Diagrammen. Vor allem bei größeren zusammenhängenden Straßenanschnitten, die über stratigraphische und tektonische Grenzen hinweg verliefen, mußten Abgrenzungen getroffen werden. Dabei wurde nach folgenden Gesichtspunkten verfahren: Zunächst wurden Gebiete, die zu einer stratigraphischen Einheit gehörten, zusammengefaßt. Die Einteilung und Grenzziehung wurde aus der offiziellen geologischen Karte 1:50 000 übernommen. Waren in einzelnen Stufen auch petrographisch wichtige Unterschiede vorhanden, so wurden auch hier eigene Diagramme gezeichnet. Tektonische Einheiten ließen sich in diesem meistens durch Schieferung zerstörten Schichtgefüge nur schlecht erkennen. Auch war die durch die oben genannten Gesichtspunkte gegebene Einteilung so begrenzt, daß bei den Diagrammen keine Bereiche aus verschiedenen tektonischen Einheiten, die das Kluftbild gestört hätten, zusammengefaßt wurden.

Durch den Umstand, daß die Messungen hauptsächlich an Straßenanschnitten, seltener in größeren Steinbrüchen vorgenommen wurden, war natürlich die Gefahr einer Überbetonung bestimmter Richtungen gegeben. Denn bekanntlich treten die Klüfte senkrecht zur Aufschlußrichtung erheblich stärker in Erscheinung, als parallel dazu. Eine zweite Schwierigkeit trat vor allem in Gebieten mit starker Schieferung auf. Hier war besonders die in der Schieferungsrichtung bzw. im Streichen der Schichten liegende Klüftung schlecht zu erfassen. Sie tritt daher in den Diagrammen im Vergleich etwas zu stark zurück. Zum Teil ist diese Kluft Richtung wohl auch von der Schieferung als vorgegebene Anisotropiefläche benutzt worden und dann ja auch nicht mehr als echte Kluft anzusprechen.

Beide Schwierigkeiten wurden weitgehend dadurch ausgeglichen, daß die Aufschlüsse über ein möglichst großes Gebiet verteilt waren, und daß die Profile in den verschiedensten Richtungen zu den tektonischen Elementen des Gebirges lagen.

Als drittes muß bei der folgenden Besprechung der einzelnen Diagramme noch berücksichtigt werden, daß die Kluftausbildung sehr stark von der petrographischen Beschaffenheit des Gesteins abhängig ist. In tonhaltigen, stark geschieferten Schichten, wie sie vor allem im höheren Siegenium, sowie im mittleren und oberen Emsien auftreten, ist mit weniger Klüften zu rechnen als in den sandigeren Schichten des unteren Emsium. Auch sind die Klüfte im geschieferten, inkompetenten Gestein im allgemeinen ganz anderer Art und Entstehung als diejenigen im festen, gebankten, kompetenten Sandstein.

## 1. *Ourtal* (s. Tafel 1)

### *Diagramm Ourtal 1:*

Der Bau des Stausees nördlich von Vianden und die dadurch notwendige neue Straße in Richtung Stolzenburg auf der linken Ourtalseite ergeben sehr gute, frische Aufschlüsse. Es handelt sich um Schichten des oberen Siegenium (Sg<sub>3</sub>), die durch einen kleinen Spezialsattel herausgehoben sind und hier zu Tage austreichen. Es sind dunkle, sandarme, stark geschieferte Tonschiefer.

Sehr deutlich tritt in der Kluftrichtungsrose Haupt- und Nebenklufttrichtung in Erscheinung. Die Hauptklufttrichtung ist in zwei Maxima gespalten, eines bei 10° und eines bei 150°. In diesen Werten ist wohl zum Teil die Scherklüftung enthalten. Der große Winkel von 140° zwischen den beiden Maxima dürfte durch die überlagernde Querklüftung beeinflusst sein. Da die 10°-Richtung fast genau parallel der Aufschlußrichtung verläuft, ist sie etwas schwächer vertreten. Die Nebenklufttrichtung verläuft genau im Streichen der Schichten, bzw. der Schieferung.

Betrachtet man das Kluftnetz in der stereographischen Projektion, so erkennt man zunächst, daß ein großer Teil der Klüfte praktisch senkrecht steht, sodaß die Anwendung der Kluftrose als Übersicht durchaus berechtigt ist. Weiter ist deutlich zu erkennen, daß der größere Teil der Hauptklüftung nach Osten einfällt, während die Nebenklüfte ausschließlich nach Süden einfallen oder senkrecht stehen. Damit folgen sie genau der Schieferung. Das stärkere Osteinfallen der Hauptklüftung hängt wahrscheinlich mit einem leichten Einkippen der Faltenachse nach Westen zusammen. Die Faltenachse konnte allerdings nicht direkt gemessen werden, sondern sie wurde aus Schichtmessungen rekonstruiert. Das Schichtstreichen liegt ziemlich genau bei einem Wert, der durch die Winkelhalbierende zwischen den beiden Maxima der Hauptklüftung gegeben wird.

### *Diagramm Ourtal 2:*

Bei der Weiterverfolgung des Profils nach Norden gibt die Karte Schichten der untersten Emsstufe E<sub>1a</sub> an. Sie unterscheiden sich durch eine besser ausgeprägte Schichtung von den Schiefeln des oberen Siegenium. Die Kluftrose umfaßt das Straßenprofil vom Endpunkt des vorherigen Profils weiter im Ourtal aufwärts bis etwa 1 km nördlich der Brücke von Gemunden (Dtschl.). Infolge der Bauarbeiten mußte die Aufnahme des Profils zwischen Bivels und Stolzenburg unterbrochen werden.

Die Schichtung fällt hier durchweg nach Norden ein. Allerdings hat sich das Schichtstreichen etwas mehr aus der ENE-WSW Richtung in eine NE-SW Richtung gedreht. Die Kluftrose ähnelt im großen und ganzen der vorhergehenden. Das Hauptkluftsystem ist wieder in zwei Maxima geteilt, die jetzt bei 150° und 170° liegen. Das Nebenkluftmaximum ist ebenfalls deutlich vorhanden und liegt bei 80°. Es verläuft also diesmal nicht ganz parallel zu der Streichrichtung der Schichten und der Schieferung.

Bei der Darstellung im dazugehörigen Schmidt'schen Netz-Diagramm ergibt sich, daß wiederum ein großer Teil der Klüfte des Hauptklufsystems Einfallwinkel zwischen  $70^\circ$  und  $90^\circ$  hat. Die größere Zahl der Klüfte fällt jetzt nach Westen ein. Die Nebenklufrichtung fällt auch in diesem Bereich wieder ausschließlich nach Süden ein, entsprechend dem Nordeinfallen der Schichten.

#### *Diagramm Oortal 3:*

Das Profil liegt immer noch im Südflügel der großen Zentralmulde von Wiltz. Bei der Weiterverfolgung nach Norden gelangt man in immer jüngere Schichtglieder. Der in diesem Diagramm behandelte Aufschlußabschnitt liegt stratigraphisch in Schichten der höheren Unteremstufe ( $E_{1b}$ ). Diese Abteilung zeichnet sich durch eine weitere Zunahme des Psammitgehaltes aus. Es ergibt sich eine gute Schichtung durch eingelagerte Sandsteinbänke. Die Schieferung ist dementsprechend nicht so deutlich ausgeprägt und ausschließlich auf die tonigen Partien beschränkt. Das Diagramm umfaßt nur einen kurzen Profilschnitt nördlich des letzten Endpunktes.

Das Hauptmaximum der Klufrichtungsrose liegt bei  $170^\circ$ . Es ist in diesem Diagramm noch spitzer, d. h. mit einem geringeren Streubereich, ausgebildet, als in den vorhergehenden Diagrammen. Die hauptsächlich vorherrschende Klufrichtung, die dem Oortal in etwa parallel verläuft, liegt auch hier in der NNW-SSE Richtung. Das nördlich von Vianden beim Eintreten in die Unteremsschichten einsetzende Einschwenken in diese Richtung setzt sich also auch hier weiter fort. Dafür tritt erneut die  $10^\circ$ -Richtung als deutliches Maximum auf. Die Nebenklufrichtung ist sehr schwach ausgebildet. Sie verläuft parallel dem Schichtstreichen mit etwa  $60^\circ-65^\circ$ .

Die Darstellung mittels der stereographischen Projektion sagt zusätzlich etwas über die Einfallrichtung aus. Die Hauptmenge der Klüfte fällt hier senkrecht ein. Das Maximum liegt zwischen  $60^\circ$  und  $70^\circ$ . Die größere Zahl der Klüfte fällt nach Osten ein. Die Rekonstruktion der Faltenachse aus Schichtmessungen ergibt jedoch, daß diese horizontal verläuft. Die Nebenklufrichtung fällt mit verhältnismäßig flachen Winkeln zu der der Schichtung entgegengesetzten Seite ein.

#### *Diagramm Oortal 4:*

Das Diagramm umfaßt die Strecke von Eisenbach bis südlich der Brücke von Dasburg. Hier finden sich die jüngsten Schichten des Unterdevons im Ösling. Es sind dies wieder Schiefererien, die allerdings bunter gefärbt sind als die Schiefer des Siegenium. Sie werden als bunte Schiefer von Klerf ( $E_2$ ) bezeichnet. Häufig sind Sandsteinbänke eingeschaltet. Zum Teil wurden auch noch einige Messungen aus den weichen Schiefen von Wiltz ( $E_3$ ) mit verwertet.

Das Klufrichtungsbild ändert sich gegenüber dem vorhergehenden nur in der Ausbildung der Nebenmaxima. Die Hauptklufrichtung liegt auch hier wieder in der  $170^\circ$ -Richtung. Das Maximum ist mit einem verhältnismäßig kleinen Streubereich sehr deutlich ausgebildet. Einen

auffälligen Vorsprung weist die Klufttrichtungsrose noch in der 30°-Richtung auf. Die eigentliche Nebenklufttrichtung liegt wieder parallel zum Schichtstreichen in der 80°-Richtung.

Ein Blick auf das Schmidt'sche Netz-Diagramm zeigt, daß die Klüfte hauptsächlich senkrecht einfallen. Der Streubereich ist allerdings recht hoch. Die Hauptmenge der Klüfte fällt jedoch mit Werten zwischen 70° und 90° ein. Die Werte verteilen sich gleichmäßig nach Osten und Westen. Die Nebenklufttrichtung fällt senkrecht zum Schichteinfallen ein.

#### *Diagramm Straße Stolzenburg (Our) - Putscheid:*

Um auch Messungen außerhalb der Nord-Süd verlaufenden Profilrichtung in diesem Gebiet vorzunehmen und auch, um den etwaigen Einfluß des tiefeingeschnittenen Flußtales auf die Kluftbildung auszuschalten, wurden im selben tektonischen Raum noch einige Messungen in einem Ost-West gerichteten Straßenaufschluß vorgenommen. Es ist dies die Straße von Stolzenburg nach Putscheid. An der Straße stehen Schichten des untersten Emsium (E<sub>1a</sub>) an. Wie sich schon beim ersten Blick auf die Klufttrichtungsrose ergibt, ändert sich die Hauptklufttrichtung nur unwesentlich. Da das Gebiet wieder näher nach Vianden zu liegt, ist ein leichtes Einschwenken aus der 170°-Richtung in die 150°-160°-Richtung festzustellen. Der Streubereich des Maximums ist allerdings größer, als bei den vorigen Diagrammen. Dies liegt wohl auch an der geringeren Zahl von Messungen, die durch die schlechteren Aufschlußbedingungen gegeben war.

Bei der Betrachtung im Schmidt'schen Netz-Diagramm fällt auf, daß die Klüfte mit zum Teil flachen Winkeln stärker nach Westen einfallen. Die Nebenklufttrichtung tritt hier wohl wegen der geringen Messungszahl nicht mehr in Erscheinung.

Damit ist die Profilerie im Ourtal abgeschlossen. Im Überblick läßt sich folgendes sagen: Die Hauptklufttrichtung zeigt im allgemeinen eine deutliche Richtungskonstanz. Sie liegt bevorzugt in der 170°-Richtung und schwenkt nur in der Gegend von Vianden in die NW-SE Richtung ein. Die Nebenklufttrichtung liegt im Streichen der Schichtung und fällt senkrecht zum Einfallen der Schichtung ein. Sie ist schwach, aber meistens doch deutlich ausgebildet.

## 2. *Sauertal* (s. Tafel 1-2)

Nach dem Nord-Süd gerichteten Ourtal soll nun das vorwiegend Ost-West gerichtete Sauertal betrachtet werden. Es verläuft in der Grenzzone zwischen der Zentralmulde von Wiltz und dem Sattel von Givonne. Die Schichten fallen hauptsächlich nach Norden ein.

#### *Diagramm Sauertal 1:*

Das Diagramm umfaßt den Profilabschnitt von der Straßenkreuzung der Straßen Hoescheid-Göbelsmühle und Lipperscheid-Göbelsmühle bis kurz vor den Ort Göbelsmühle. Es handelt sich ausschließlich um Schichten des oberen Siegenium (Sg<sub>3</sub>), die stark geschiefert sind.

Die Klufrichtungsrose zeigt Ähnlichkeit mit denen des südlichen Ourtales, das ja ungefähr in der streichenden Verlängerung dieser Schichten liegt. Zwei Richtungen treten deutlich heraus. Zunächst fällt die Nord-Süd verlaufende Hauptrichtung auf. Ihr Streubereich liegt zwischen  $180^{\circ}$  und  $170^{\circ}$ . Ein zweites Maximum liegt bei  $150^{\circ}$ - $140^{\circ}$ . Beide Richtungen sind schon nördlich von Vianden erkennbar. Ihr erneutes Vorkommen beweist, daß es sich um überregionale, wichtigere tektonische Strukturen handelt. Die Nebenklufrichtung tritt fast ganz zurück. Dies ist allerdings wohl auf die im Schichtstreichen verlaufende Profilrichtung zurückzuführen.

Die Darstellung mit Hilfe des Schmidt'schen Netzes zeigt ein Überwiegen der etwa senkrecht einfallenden Klüfte. Nur die in der  $150^{\circ}$ -Richtung liegenden Klüfte fallen flacher mit Werten bis zu  $40^{\circ}$ - $50^{\circ}$  ein. Die Faltenachse fällt hier schwach nach ENE ein.

#### *Diagramm Sauertal 2;*

Das Diagramm gibt die Messungen aus einem kurzen Straßenanschnitt im untersten Emsium ( $E_{1a}$ ) östlich von Göbelsmühle wieder. Die Hauptklufrichtung liegt bei  $170^{\circ}$ , die  $150^{\circ}$ -Richtung ist unterdrückt. Als Nebenmaximum tritt die  $10^{\circ}$ -Richtung auf, die ja schon im Ourtal bei Vianden erscheint. Die Nebenklufrichtung ist hier vollständig verschwunden.

Das Schmidt'sche Netz zeigt für die Hauptklüftung wieder ein fast senkrecht einfallendes Klüfte. Eine bedeutend geringere Anzahl geht noch bis zu Werten von  $75^{\circ}$ - $80^{\circ}$  nach Ost und West. Um so auffälliger ist das ausschließlich schräge Einfallen der Klüfte der  $10^{\circ}$ -Richtung. Sie fallen mit Werten bis zu  $55^{\circ}$  fast alle nach Osten ein.

#### *Diagramm Sauertal 3:*

Das Diagramm faßt westlich von Göbelsmühle einen größeren Profilabschnitt zusammen. Es handelt sich um Straßenanschnitte fast ausschließlich in Schichten des oberen Siegenium.

Die Klufrichtungsrose zeigt ein deutlich zweigeteiltes Maximum. Die am stärksten ausgeprägte Richtung liegt bei  $160^{\circ}$ . Man kann erkennen, daß die Klufrichtungen im Einzelbereich immer ein wenig pendeln. Betrachtet man diesen Pendelbereich im größeren Raum, so sieht man, daß die Streuung doch recht klein ist und im allgemeinen im Streubereich der Meßwerte liegt. Ein zweites Maximum liegt in der  $20^{\circ}$ -Richtung. Die Nebenkluftung tritt vollständig zurück.

Das Schmidt'sche Netz-Diagramm zeigt durch die randlich gruppierten Maxima, daß die Klufteinfallrichtungen hauptsächlich um die Senkrechte pendeln. Dabei zeigen die nach Westen einfallenden Klüfte etwas flachere Winkel, als die nach Osten einfallenden. Auch die Zahl der nach Westen einfallenden Klüfte ist größer. Da die Klüftung im allgemeinen ziemlich senkrecht auf der Schichtfläche steht, dürfte diese stärkere Neigung nach Westen evtl. auf die flach nach Osten einfallende Faltenachse zurückzuführen sein. Die Faltenachse läßt sich hier gut aus Schichtmessungen bestimmen.

#### *Diagramm Sauertal 4:*

Ungefähr 1,5 km von Dierbach an der Sauer schneidet das Flußtal wieder Schichten des untersten Emsium ( $E_{1a}$ ) an. Diese Schichten streichen in einer schwachen Spezialmulde bis ungefähr Esch/Sûre, wo die Mulde infolge des Faltenachsenanstieges nach Westen ausstreicht. Das Diagramm zeigt die Kluftrichtungen in diesen Schichten bis ungefähr zu einer Linie, die durch die Verbindung der Orte Bockholtz und Tadler gegeben wird.

Dieses Diagramm zeigt kein sehr klares Bild. Der Streubereich ist verhältnismäßig breit. Er liegt zwischen  $180^\circ$  und  $140^\circ$ . Bei  $160^\circ$  ist ein Maximum gut ausgeprägt. Weitere Maxima sind nicht mehr vorhanden. Vielleicht deutet eine schwache Zackung ungefähr parallel der Schichtung die Nebenkluft-richtung an, die ja im Sauertal überhaupt sehr schwach ausgebildet ist.

Die stereographische Projektion der Kluftmessungen zeigt ein breites Maximum am Ost- und am Westrand. Die Klüfte fallen ziemlich steil ein, die flachsten Winkel liegen bei  $60^\circ$ - $65^\circ$ . Die Faltenachse liegt in diesem Gebiet horizontal.

#### *Diagramm Sauertal 5:*

Das letzte Diagramm im Sauertal wurde ebenfalls in Schichten des untersten Emsium aufgenommen. Es zeigt ein interessantes Bild. Die verarbeitete große Zahl von Messungen dürfte Zufälligkeiten ausschließen. Das hier auftretende Kluftbild erinnert stark an die später zu besprechenden mesozoischen Kluftdiagramme. Es erscheinen zwei deutlich getrennte Maxima. Das erste liegt bei  $20^\circ$  und zeigt einen Streubereich von  $0^\circ$ - $30^\circ$ . Das zweite bei  $140^\circ$  tritt ohne größere Streuung scharf heraus.

Bei der Betrachtung der geologischen Karte dieses Gebietes östlich von Esch/Sûre kann man eine ziemlich starke Spezialfaltung am Nordrand des Sattels von Givonne feststellen. Auf engem Raum wechselt Emsium und Siegenium mehrfach miteinander ab. Das Schichtstreichen liegt recht genau in der Winkelhalbierenden der sich kreuzenden Kluftrichtungen. Es handelt sich demnach hier sehr wahrscheinlich um ein Scherkluftsystem. Hingewiesen sei noch auf die Nebenkluftung, die sehr schwach parallel zum Schichtstreichen auftritt.

Bei der Darstellung im Schmidt'schen Netz fällt wieder das größtenteils steile Einfallen der Klüfte auf. Sie verteilen sich gleichmäßig auf die Ost- und Westhälfte. Die wenigen Klüfte der Nebenkluft-richtung fallen nach Süden ein, entgegengesetzt zur Schichtung.

Es läßt sich also im Sauertal ein ähnliches Ergebnis hinsichtlich der Hauptkluft-richtung feststellen, wie im Ourtal. Die Hauptkluft-richtung streicht auch hier im allgemeinen fast Nord-Süd mit Werten zwischen  $190^\circ$  und  $160^\circ$ . Einige Male tritt eine Richtung von  $140^\circ$ - $150^\circ$  hinzu.

#### 3, *Wiltztal* (s. Tafel 2)

Das Wiltztal verläuft etwa WNW-ESE und schneidet daher die NE-SW streichenden Schichten spitzwinklig an. Das Profil beginnt am Südostrand der Zentralmulde und erreicht bei Kautenbach schon wieder den Nordwestrand des Sattels von Givonne.

### *Diagramm Wiltztal 1:*

Die Kluftrichtungen wurden in Schichten der oberen Unteremsstufe, unmittelbar am östlichen Ortsausgang von Wiltz gemacht. Vorwiegend sind es Quarzsandsteine. Schon auf der geologischen Karte ist eine starke Spezialfaltung am Muldenrand zu erkennen. Dementsprechend zeigt auch das Kluftdiagramm ein recht differenziertes Bild. Allerdings ist die Messungszahl recht gering.

Im Diagramm treten vier Richtungen deutlich heraus. Die am stärksten vertretene Richtung bildet das Maximum bei  $160^{\circ}$ - $170^{\circ}$ . Es folgen zwei Maxima bei  $90^{\circ}$  und bei  $130^{\circ}$ . Die zwei Maxima bei  $40^{\circ}$  und  $60^{\circ}$  gehören wohl zusammen und stellen die Neben- oder Längsklüftung dar. Das  $130^{\circ}$ -Maximum könnte der Querklüftung entsprechen, während die  $90^{\circ}$ -Richtung und die  $170^{\circ}$ -Richtung das Scherklufsystem repräsentieren. Die hier ziemlich steil verlaufende Streichrichtung der Schichtung bewirkt das etwas nach NW-SE verdrehte Kluftbild. Das hier dargestellte Kluftdiagramm zeigt also sämtliche Hauptkluftrichtungen einer gefalteten Schicht.

Die stereographische Projektion der Kluftrichtungen zeigt ein Vorherrschen flacher Einfallswinkel. Diese Tatsache läßt sich wohl damit erklären, daß es sich hier um schräg stehende, kompetente Bänke handelt. Die Klüfte in diesem Gestein sind nach H. CLOOS und R. HOEPPENER schon vor oder kurz nach Beginn der Faltung entstanden. Während der Faltung änderte sich ihre Lage zur Schichtung nur unwesentlich, so daß sie heute ein schräges Einfallen zeigen, das sich oft noch in gute Beziehung zum Schichteinfallen bringen läßt. Aus dem Diagramm ist zu erkennen, daß die Klüfte der  $160^{\circ}$ - $170^{\circ}$ -Richtung hauptsächlich mit Winkeln von ca.  $50^{\circ}$ - $80^{\circ}$  nach Osten einfallen. Die Klüfte der  $90^{\circ}$ -Richtung fallen mit Winkeln bis zu  $45^{\circ}$  nach Süden ein. Diese Richtungen stehen ungefähr senkrecht auf der nach Nordwesten einfallenden Schichtung. In den genauen Winkelwerten stimmt dies allerdings nicht. Die Gründe dafür sind in später noch eingetretenen Schichtdeformationen zu suchen (H. KÖLBEL 1931, R. HOEPPENER 1953). In der  $130^{\circ}$ -Richtung macht sich das Schichteinfallen am wenigsten bemerkbar, da diese Richtung ungefähr senkrecht zum Schichtstreichen liegt. Die parallel der Schichtung streichenden Längsklüfte fallen allerdings diesmal mit der Schichtung ein.

### *Diagramm Wiltztal 2:*

Die Meßstrecke dieses Diagramms beginnt mit dem Einsetzen der Schichten des mittleren Emsium im Wiltztal. Dieses streicht hier aber nur in einer schmalen Spezialmulde aus. Die vorhandenen Aufschlüsse gaben zu wenige Messungen. Daher wurde das anschließende größere Gebiet mit Schichten des oberen Unteremsium noch in das Diagramm einbezogen. Die Kluftrichtungsrose zeigt das schon bekannte Doppelmaximum in der Hauptkluftrichtung. Die eine Richtung liegt bei  $180^{\circ}$ - $170^{\circ}$ , die zweite verläuft ungefähr senkrecht zur Schichtung mit  $150^{\circ}$ - $140^{\circ}$ . Der Streubereich ist verhältnismäßig hoch. Die Nebenkluftrichtung ist nur schwach ausgebildet.

Die stereographische Projektion der Kluftrichtungen zeigt, daß diesmal eine ganz erhebliche Anzahl von Klüften ziemlich flach einfällt. Dies ist vor allem in der  $170^{\circ}$ -Richtung

der Fall. Die genau senkrecht zur Schichtung stehenden Klüfte der 150°-Richtung fallen dagegen viel steiler ein. Man kann annehmen, daß das flache Einfallen der schräg zur Schichtung stehenden Klüfte mit der hier recht steil stehenden Schichtung zusammenhängt. Die Nebenklüfte fallen wieder entgegengesetzt zur Schichtung ein.

#### *Diagramm Wiltztal 3:*

Das letzte Diagramm im Wiltztal zeigt ein sehr einheitlich ausgebildetes Kluftrichtungsbild. Die Hauptkluftrichtung wird nur durch ein einziges allerdings sehr stark ausgeprägtes Maximum in der 140°-150°-Richtung ausgedrückt. Neben diesem Hauptmaximum fallen zwei Nebenrichtungen fast garnicht auf. Die eine noch einigermaßen deutliche Richtung liegt bei 20°, die zweite folgt dem Streichen der Schichten.

Das Schmidt'sche Netz-Diagramm zeigt für einen großen Teil der Klüfte senkrecht Einfallen. Nur die nach Südwesten einfallenden Klüfte streuen etwas stärker auch zu flacheren Winkeln bis zu 45°. Die Klüfte der 20°-Richtung pendeln mit Einfallwerten von 70°-80° zwischen Ost und West. Die größere Zahl fällt jedoch nach Westen ein. Die Nebenklufrichtung fällt entgegengesetzt zur Schichtung und ebenso wie die Schieferung nach Süden ein. Da sie aber etwas spitzwinklig zur Schieferung streicht, läßt sie sich doch von dieser trennen.

#### 4. Klerftal (s. Tafel 2-3)

##### *Diagramm Klerftal 1:*

Das Klerftalprofil verläuft wieder in nordsüdlicher Richtung. Das erste Diagramm dieser Serie schafft eine Verbindung zum letzten Diagramm des Wiltztales. Stratigraphisch sind es dieselben Schichten. Die Hauptklüftung ist mit einem einheitlichen Maximum ohne starke Streuung bei 140°-150° vertreten. Ein deutlicher Vorsprung bei 120° ist schwer zu deuten. Die Richtung weist jedoch auf die in der Wiltzer Mulde und von dort weiter nach Norden überhaupt vorherrschenden mehr NW-SE verlaufenden Kluftrichtungen hin.

In der stereographischen Projektion erkennt man, daß ein großer Teil der Klüfte fast senkrecht steht. Die Einfallwinkel schwanken zwischen 50° und 80° nach Osten und Westen. Die Klüfte der 120°-Richtung fallen ausschließlich nach Westen ein. Dies hängt wahrscheinlich damit zusammen, daß sie ziemlich senkrecht zum Schichtstreichen stehen, und daß die Faltenachse hier nach Osten einfällt.

##### *Diagramm Klerftal 2:*

In den nördlich anschließenden Schichten konnten infolge schlechter Aufschlußverhältnisse keine Messungen gemacht werden. Das Profil wurde erst wieder bei Wilwerwiltz in Schichten des oberen Emsium ( $E_3$ ) aufgenommen. Das Diagramm zeigt keine so stark vorherrschenden Richtungen, wie die vorhergehende Richtungsrose. Die Kluftrichtungen haben einen ziemlich weiten Streubereich. Eine Hauptrichtung läßt sich bei 150°-160° feststellen. Sie ent-



spricht der schon früher beobachteten Hauptklufrichtung. Daneben kann man noch zwei weitere Richtungen feststellen, eine bei  $110^\circ$  und eine zweite bei  $10^\circ$ . Damit knüpft dieses Diagramm trotz der räumlichen Entfernung gut an das vorige an.

Die Maxima in der stereographischen Projektion gruppieren sich wieder am Rand. Die Einfallwinkel der Klüfte schwanken zwischen  $70^\circ$  und  $90^\circ$ . Die Einfallrichtungen sind gleichmäßig auf die Ost- und die Westhälfte verteilt. Einzig die  $110^\circ$ -Richtung macht eine Ausnahme, sie fällt einseitig nach Nordosten ein. Eine echte Nebenklufrichtung ist in diesem Diagramm nicht ausgebildet.

#### *Diagramm Klerftal 3:*

Die Messungen zu diesem Diagramm wurden am Nordrand der Wiltzer Zentralmulde in Schichten des oberen Unteremsium südlich von Clervaux gemacht. Die zwischen diesem und dem vorigen Diagramm anstehenden Wiltzer Schiefer setzen der Verwitterung nur wenig Widerstand entgegen. Daher sind sie nur an verhältnismäßig jungen, künstlichen Aufschlüssen, wie an Straßen- und Eisenbahnanschnitten für Kluftmessungen geeignet. In Flußtätern ohne derartige durch den Menschen erzeugte Anschnitte sind sie meistens unter einer Verwitterungsdecke verborgen. Das Diagramm zeigt deutlich eine Hauptklufrichtung. Das Maximum liegt bei  $130^\circ$ - $150^\circ$ . Stärker als in den vorherigen Diagrammen ist jetzt die  $10^\circ$ -Richtung ausgebildet. Ein schwaches drittes Maximum liegt bei  $50^\circ$ - $60^\circ$ . Diese Richtung stellt wohl die Nebenkluftung dar, wenn sie auch etwas spitzwinklig zur Schichtung verläuft.

In der stereographischen Projektion ist die Zahl der fast senkrecht einfallenden Klüfte recht groß, aber man kann eine starke Streuung zu flacheren Einfallwinkeln feststellen. In der Hauptklufrichtung fallen hauptsächlich die nach Osten gerichteten Klüfte teilweise flacher ein. Dies läßt sich wohl auf die nach Westen geneigte Faltenachse zurückführen. Die Klüfte der  $10^\circ$ -Richtung fallen nach Osten ein. Die Einfallwinkel liegen zwischen  $60^\circ$  und  $80^\circ$ . Vielleicht läßt sich diese Richtung einem Scherkluftsystem zuordnen, dessen anderer Flügel mit in der Hauptkluftung enthalten ist. Die Nebenklufrichtung fällt senkrecht zur Schichtung ein.

#### *Diagramm Klerftal 4:*

Die Messungen zu diesem Diagramm stammen aus Schichten des untersten Emsium nördlich von Clervaux. Es handelt sich um einen nur kleinen Straßenanschnitt am Ortsausgang, in dem nur eine geringe Kluftzahl gemessen werden konnte. Dennoch zeigt die Klufrichtungsrose ein gut ausgeprägtes Bild. Die Hauptklufrichtung tritt durch ein großes Doppelmaximum heraus. Die beiden Spitzen liegen bei  $140^\circ$  und  $160^\circ$ . Die  $150^\circ$ -Richtung tritt nur schwach zurück. Es kann also nicht sicher gesagt werden, ob es sich hier um zwei getrennte Kluftsysteme handelt. Ein zweites, kleineres Maximum liegt bei  $10^\circ$ . Diese Richtung tritt ja im Klerftal öfters auf und konnte zum Teil als vermutliche Scherklufrichtung gedeutet werden. Die Nebenklufrichtung ist nur undeutlich und streuend vertreten.

Die stereographische Projektion zeigt diesmal eine ungewöhnlich starke Streuung der Einfallwerte von steilen bis zu ganz flachen Winkeln. In der Hauptklufrichtung verteilen sich

die Einfallrichtungen ziemlich gleichmäßig auf die Ost- und die Westhälfte. Die 10°-Richtung zeigt dagegen bevorzugtes Einfallen nach Westen.

#### *Diagramm Klerfial 5:*

Das letzte Diagramm dieses Profils liegt im Gebiet der Maulusmühle. Die Messungen wurden ebenfalls in Schichten des E<sub>1</sub>a gemacht. Die Meßserie beginnt etwa 1,5 km südlich des Örtchens und endet im Ort selbst. Schon aus dem stark nach NNE-SSW hin drehenden Schichtstreichen in diesem Gebiet kann man erwarten, daß hier auch die Klüftung mehr in die NE-SW Richtung einschwenkt. Das Hauptmaximum liegt daher auch bei 130°. Es zeigt aber noch Streuwerte bis 160°. Eine genau im Schichtstreichen verlaufende Nebenklufrichtung liegt bei 40°, eine zweite etwas spitzwinklig zum Schichtstreichen bei 70°.

In der stereographischen Projektion der Messungen ist erkennbar, daß die Klüfte der 130°-Richtung ziemlich steil einfallen. Die Einfallwerte schwanken zwischen 60° und 90°. Die Verteilung auf die Ost- und die Westhälfte ist ziemlich gleichmäßig. Die Klüfte, die mehr in die 150°-160°-Richtung fallen, unterscheiden sich deutlich von der Hauptklüftung. Sie fallen bedeutend flacher und ausschließlich nach Osten ein. Man muß also annehmen, daß es sich hier um zwei genetisch verschiedene Kluftsysteme handelt, die in der Kluftrose zunächst nur als etwas streuendes System auftreten. Die Nebenkluftung fällt wieder normal, d.h. senkrecht zur Schichtung ein.

#### *5. Beziehungen der Klüftung zu den übrigen tektonischen Elementen des Luxemburger Paläozoikums.*

Nach der Besprechung der Klufrichtungsdiagramme im Ösling soll nun noch auf weitere tektonische Elemente kurz eingegangen werden, durch die die Klufrichtungen beeinflusst werden. Es handelt sich hierbei hauptsächlich um das Streichen der Schichten und um die Schieferungsrichtung.

Die Falten streichen im Ösling im wesentlichen in NE-SW-Richtung. Hierbei können die einzelnen Streichwerte zwischen 50° und 80° schwanken. Bei den meisten Klufrichtungsdiagrammen läßt sich eine gute Abhängigkeit der Hauptklufrichtungen von den örtlichen Streichwerten der Schichtung feststellen. Man kann, vielleicht etwas verallgemeinernd, folgendes sagen: Die Streichrichtung der Schichten liegt meistens ungefähr in der Winkelhalbierenden des stumpfen Winkels, den zwei sich kreuzende Kluftsysteme miteinander bilden. Liegt ein derartiges Symmetrieverhältnis vor, dann handelt es sich in vielen Fällen um Scherkluftsysteme. Die Schieferung verläuft den Faltenachsen parallel und fällt im allgemeinen nach Süden ein.

Über die gegenseitige Altersbeziehung von Faltung und Klüftung wurde schon viel gearbeitet. Nach Anschauung von H. CLOOS und neuerdings auch von R. HOEPPENER entsteht die Klüftung schon frühzeitig im Gesteinskörper, d. h. schon bei den ersten Beanspruchungen. Danach soll sich ihre relative Lage zur Schichtung nicht mehr wesentlich geändert haben. Nur die absolute Lage im Raum wurde durch die folgende Faltung verändert. Will man die einzelnen

Kluftbilder vergleichen, so muß man sie in die Lage ihrer Entstehung, d. h. in die Lage vor der Faltung bringen.

Diese Altersbeziehung ist mit einiger Sicherheit nur in kompetenten Gesteinen gegeben, d.h. also in mächtigeren Sandstein- und Grauwackenbänken, bei denen diese ursprüngliche Klüftung dann auch senkrecht zur Schichtfläche steht, bzw. bei stark geneigter Schichtung ziemlich flach einfällt. In inkompetenten Schichten, wie sie sich vorwiegend im Luxemburger Paläozoikum finden, in feinkörnigen stark geschieferten Gesteinen mit nur vereinzelt eingelagerten Sandsteinbänken, ist diese Altersbeziehung nur schlecht festzustellen. Die hier auftretende Klüftung ist sogar wahrscheinlich jünger als die Faltung (s.Anm.). Die ältere Klüftung ist, falls sie vorhanden war, durch die nachfolgende Schieferung zum Teil als Bewegungsbahn ausgenutzt, zum Teil auch ganz ausgelöscht worden.

Zu dem Ergebnis einer jüngeren, spätrogenen Klüftung kommt auch R. PRIXUS in seiner Diplomarbeit über das Öslinger Kluftnetz. Er konnte nämlich feststellen, daß die Schieferung noch von der Klüftung durchschlagen wird. Diese Klüftung entstand also erst in der letzten Phase der Gebirgsbildung. Sie richtet sich nicht nach dem Schichtfallen, sondern steht mehr oder weniger senkrecht.

Typische Bilder dieser letztgenannten Klüftung geben diejenigen Diagramme, in denen eine Hauptrichtung ganz besonders stark hervortritt, während andere Richtungen nur schwach vertreten sind oder überhaupt fehlen. Derartige völlig einseitig ausgebildete Diagramme konnten bei der Einzelbesprechung immer wieder festgestellt werden. Die Längs- oder Nebenkluftung, die man vielleicht als altes Kluftsystem auffassen kann, da sie stark in ihrem Einfallen von der Schichtlagerung abhängig ist, fällt in den schiefriegen Gesteinen oft völlig aus. Neben der Längsklüftung treten dann einigemal auch im Hauptkluftsystem Häufungsmaxima auf, die nicht genau in die senkrecht stehende Hauptklufttrichtung fallen und meist auch erheblich flacher einfallen. Diese Kluftsysteme können wohl auch als ältere, frühangelegte Kluftpläne angesehen werden.

Zum Abschluß dieses Kapitels über die Kluftsysteme im Ösling sei noch einiges über offene Klüfte und ihre Ausfüllung gesagt. Echte offene Klüfte wurden nur selten angetroffen. Dagegen konnte man häufig eine Ausfüllung mit Gangquarz feststellen. Die Mächtigkeit des Belages schwankte in ziemlich weiten Grenzen. Mancher Belag war nur einige Millimeter mächtig, andere traten als 10 cm mächtige Adern hervor. Diese Quarzfüllungen finden sich nicht statistisch verteilt in allen Klufttrichtungen, sondern ein bestimmter Bereich ist deutlich bevorzugt. Die meisten Klüfte mit Quarzfüllung liegen im Richtungsbereich zwischen 0° und 50°. Dieser Bereich wurde weiter oben schon durch seine Beziehung zur Schichtung als altes Scherkluftsystem bezeichnet. Diese Quarzfüllung spricht ebenfalls für diese Auffassung, denn nach H. CLOOS & H. MARTIN (1932) geschieht die Quarzmobilisation wahrscheinlich spätestens während der Hauptfaltung.

---

Anm.: Dies konnte mir Herr Prof. HOEPPENER auch mündlich bestätigen.

##### 1. Schichten mit gut ausgebildeter Klüftung

Der Verfestigungsgrad der Schichten im Mesozoikum ist sehr unterschiedlich, sodaß auch die Güte der Kluftausbildung viel stärker schwankt als im Paläozoikum. Ganze Schichtglieder müssen sogar für die Messungen überhaupt ausfallen. Im folgenden sollen die für die Messungen wichtigsten Schichten nochmals kurz charakterisiert werden.

In der Trias fällt der Buntsandstein im Luxemburger Gebiet wegen seines schwachen Verfestigungsgrades besonders am Ösling-Südrand für Kluftmessungen ganz aus. Auch im Moselprofil ist er zu weich, um gute Aufschlüsse zu bilden. Im Gebiet der unteren Sauer konnten einige wenige Messungen gemacht werden, die jedoch nicht zur Darstellung in einem eigenen Diagramm ausreichen. Die gemessenen Richtungen zeigten jedoch deutliche Beziehungen zu den Messungen im Muschelkalk der weiteren Umgebung.

Weiter im Norden dagegen, im Gebiet nördlich und östlich von Bitburg, wird vor allem der obere Buntsandstein in großen Steinbrüchen abgebaut. Da der dichte, mittel-feinkörnige Sandstein aber sehr mächtige Bänke bildet, ist die Klüftung oft sehr schlecht ausgebildet. Oft sind gar keine echten Klüfte vorhanden, sondern nur unebene Ablösungsflächen, deren Richtungen willkürlich verlaufen.

Der Muschelkalk ist für Kluftmessungen das ergiebigste Glied der Trias. Der untere Muschelkalk mit seinen gutgebankten, grünlich bis rötlichen, dolomitischen Sandsteinen liefert besonders im unteren Sauertal gute Ergebnisse. Die Randfazies des unteren Muschelkalks mit groben und unverfestigten Konglomeraten läßt sich nicht zu Kluftmessungen heranziehen. Auch die diagenetisch wenig verfestigten Serien des mittleren Muschelkalks sind für diesen Zweck nicht brauchbar. Das lockere Gestein bildet keine meßbaren Klüfte und ist auch zu selten aufgeschlossen.

Im deutschen Teil des Arbeitsgebietes ist der obere Muschelkalk die für Kluftmessungen geeignetste Schichtenfolge. Die größte Zahl der in der Trias aufgenommenen Klüfte stammt hierher. Sowohl der Trochitenkalk, als auch der Nodosuskalk bilden mächtige Bänke aus hartem Dolomit und dolomitischem Kalk, die überall in den Weinbergen an der Mosel und Sauer als steile Stufe sichtbar sind. Im deutschen Gebiet ist es das einzige Gestein, das auch heute noch in vielen Steinbrüchen abgebaut wird. Die Myophorienschichten bilden nur bei Gilsdorf in der Fazies des Gilsdorfer Sandsteins einen Horizont, in dem sich gut ausgebildete, glatte Kluftflächen finden.

Die Schichten des Keupers sind im allgemeinen so schlecht verfestigt, daß nur sehr selten Aufschlüsse vorhanden sind. Diese sind aber sehr klein, und eine Klüftung ist kaum ausgebildet. Nur bei Bissen (Lux.) konnten in der konglomeratischen Randfazies einige Messungen gemacht werden. Diese unterscheiden sich in den Richtungen nicht von den Messungen im Muschelkalk.

Die meisten Kluftrmessungen im Luxemburger Staatsgebiet stammen aus den vielen Steinbrüchen im Luxemburger Sandstein. Er ist meistens sehr gut gebankt und regelmäßig geklüftet. Sein Verfestigungsgrad ist sehr unterschiedlich. Überwiegt der kalkige Anteil des Bindemittels, so zerfällt der Sandstein schnell zu lockerem Sand. Die folgenden Schichten des Lias sind für Kluftrmessungen ohne Bedeutung. Die tonigen und sandigen Mergel sind nur schwach verfestigt und nur hin und wieder von einzelnen Kalkbänken durchzogen. Die Gefahr, daß man es mit verrutschten Serien zu tun hat, ist hier besonders groß.

Wichtige und große Aufschlüsse finden sich erst wieder im Dogger. Hier sind es im Aalenien die Serien der Luxemburger Minette, die in sehr großen Tagebauen aufgeschlossen sind. Diese sehr dickbankigen, groben oolithischen Sandsteine und Kalke sind nur sehr grob geklüftet. Oft findet man sehr große, weitklaffende Klüfte mit unregelmäßiger Oberfläche.

Ein zweiter wichtiger und gut aufgeschlossener Horizont liegt im Bajocien. Es handelt sich um detritogene, dickbankige Kalke des Korallenkalkes. Der sehr feste Kalk wird in mehreren Brüchen als Baustein abgebaut. Die detritogenen Partien sind meistens gut, wenn auch unregelmäßig geschichtet. Entsprechend ist auch die Klüftung deutlich ausgebildet. In den klotzigen, mehr dem Habitus des echten Korallenkalkes entsprechenden Kalken ist das Kluftrnetz unregelmäßig ausgebildet.

## *2. Bedeutung der Klüftung im ungefalteten Gebirge*

Die Klüfte sind im ungefalteten Gebirge zum Verständnis der tektonischen Ereignisse von ungleich größerer Bedeutung, als im gefalteten und tektonisch stark beanspruchten Gebirge. In letzterem gibt es neben der Klüftung eine Menge anderer tektonisch bedingter Erscheinungen, die oft mehr aussagen können, als die Klüftung. Daher wurden in tektonischen Arbeiten über das Faltengebirge die Klüfte zugunsten von Schieferung, Überschiebungen, Faltenachsen und -vergenzen u. ä. oft übergangen oder nur hilfswiese herangezogen. Im mehr oder weniger flach liegenden Gebirge stellt die Klüftung oft den einzigen direkt meßbaren Ausdruck der verschiedensten tektonischen Beanspruchungen dar, denn größere Verwerfungen sind selten über größere Gebiete meßbar oder gar aufgeschlossen.

Aus diesen Gründen wurde eine systematische Untersuchung des Kluftrnetzes der mesozoischen Südeifel und des Luxemburger Gutlandes durchgeführt. In den Monaten September und Oktober 1962 und August und September 1964 wurde eine möglichst große Anzahl von Messungen in allen oben erwähnten gut klüftenden Serien vorgenommen. Von jedem größeren Aufschluß wurde eine Richtungsrose gezeichnet. Diese Diagramme wurden auf einer Übersichtskarte im Maßstab 1:200 000 vereinigt dargestellt (s. Karte 2).

Im flachliegenden oder nur flachgeneigten Gebirge läßt sich aus Kluftrmessungen nur auf Grund ihrer Streichrichtungsmaxima eine tektonische Aussage machen. Ihre Einfallrichtung steht fast ausschließlich senkrecht zur Schichtung und damit im allgemeinen auch vertikal. Aus diesen Gründen wurde auf die Darstellung mit Hilfe der stereographischen Projektion verzichtet, obwohl beim Einmessen im Gelände die Einfallrichtung immer mit festgestellt wurde.

Da die mesozoischen Schichten vor allem im deutschen Gebiet bis 20° einfallen (s. Karte 3b), muß noch etwas über die mögliche Verschiebung der Klufrichtung in solchen geneigten Schichten gesagt werden. Da die Klüfte im allgemeinen senkrecht auf den Schichtflächen stehen, fallen sie dann mit etwa 70°-80° ein. Wichtiger ist eine Verschiebung der Streichrichtung. Diese Verschiebung macht bei 20° Schichtneigung und diagonaler Lage der Klüftung zum Schichtstreichen aber nur 3°-4° aus, sodaß sie in der Zusammenfassung zu Klufrichtungsrosen vernachlässigt werden konnte.

Ein letztes für die tektonische Aussage wichtiges Merkmal ist der Belag der Kluftflächen mit Quarz oder Kalkspat. Vor allem bei den Quarzbelägen kann man annehmen, daß sie hauptsächlich auf Spalten auftreten, die als Verbindungswege dienen können. Hier handelt es sich dann wohl um Zerrungsstrukturen, die auch in der Tiefe noch geöffnet sind.

### 3. Klufrichtungen im Luxemburger Gutland

#### 3a. Trias (s. Tafel 3)

Die ersten drei Diagramme der Triasserie liegen ungefähr parallel der Ösling-Randverbiegung am Nordrand des Gutlandes in Schichten des oberen Muschelkalkes.

##### *Diagramm T<sub>1</sub>:*

Die Klufrichtungsrose setzt sich aus Messungen zusammen, die in zwei stillgelegten Steinbrüchen der Umgebung von Merzig aufgenommen wurden. Es handelt sich hier um sehr dickbankige, meist rote oder blaßgrünliche dolomitische Sandsteine, die zu den Myophorien-schichten gehören. Sie wurden früher als guter Werkstein zu Steinmetzarbeiten verwendet.

Entsprechend der sehr mächtigen Bankung von ein bis anderthalb Meter ist auch die Klüftung nur in wenigen sehr großen Flächen und Fugen ausgebildet. Die Messungszahl von 50 Klüften konnte daher hier nicht erreicht werden. Dennoch wurde ein eigenes Diagramm gezeichnet. Aus der Darstellung ergibt sich ein ganz klares Bild von zwei sich kreuzenden Hauptklufrichtungen. Das eine Maximum liegt in der 50°-Richtung ungefähr parallel zur Ösling-Randverbiegung, das zweite Maximum verläuft fast senkrecht dazu in der 150°-Richtung. Die Klüfte fallen alle senkrecht ein.

##### *Diagramm T<sub>2</sub>:*

Das Diagramm wurde in einem alten Kalkwerk westlich von Ettelbruck am „Lopert“ aufgenommen. Hier stehen Schichten des Nodosuskalkes an. Es ist ein hellgrauer, dünnplattiger, harter Kalk, der eine morphologisch deutlich heraustretende Rippe bildet. Infolge der Dünnplattigkeit des Kalkes sind die Klüfte nicht so großflächig ausgebildet, wie im vorigen Aufschluß, dafür ist die Anzahl der Klüfte im kleinen Bereich größer. Dennoch konnte auch hier die Zahl von 50 Klüften nicht erreicht werden, da der Aufschluß fast vollständig verschüttet ist. Aber auch

die geringere Zahl gibt ein derart klares Bild, daß ein eigenes Diagramm gerechtfertigt ist. Die ganz geringfügig streuenden Maxima liegen bei  $40^\circ$  und bei  $140^\circ$ . Beide Richtungen stehen gleichwertig nebeneinander.

#### *Diagramm $T_3$ :*

Das Diagramm faßt mehrere Aufschlüsse im Gebiet von Diekirch und Gilsdorf zusammen. Hier stehen wieder dickbankige, feinkörnige, grünliche Sandsteine der Myophorienschichten an. Dieser Sandstein ist vor allem in den Steinbrüchen bei Gilsdorf am „Brouderbour“ von wirtschaftlicher Bedeutung. Er erreicht hier eine Gesamtmächtigkeit von 7,5 Metern. Der Sandstein wird in zwei Sohlen abgebaut. Die Klüftung, die hier in Meterabständen große Risse und Flächen bildet, wird zur Gewinnung großer Quader ausgenutzt. Der ganze Steinbruch ist nach den Hauptklüftungsrichtungen ausgerichtet. Zu den Messungen bei Gilsdorf kommen noch weitere Werte in stillgelegten Steinbrüchen am „Kempchen“ bei Diekirch.

Im Diagramm treten ähnliche Maxima wie vorher auf. Allerdings ist das Maximum bei  $40^\circ$  erheblich stärker als das bei  $140^\circ$ . Die  $130^\circ$ -Richtung ist bei dem SE-Maximum fast gleich stark vertreten. Ein kleines Nebenmaximum tritt in der  $160^\circ$ -Richtung auf. Die NW-SE Richtung streut also in diesem Diagramm etwas stärker als bisher. Die NE-SW-Richtung dagegen ist nach wie vor ganz scharf ohne Streubereich ausgebildet.

#### *Diagramm $T_4$ :*

Die Messungen wurden im Trochitenkalk ausschließlich an Straßenanschnitten im Sauertal bei Moestroff gemacht. Die Richtungsrose zeigt zwei Hauptrichtungen und eine schwache Nebenrichtung. Die bisher fast genau NE-SW verlaufende Klüftungsrichtung ist stark in die Nord-Süd-Richtung verschoben worden. Das Maximum liegt bei  $20^\circ$ . Die bisher vorherrschende Richtung von  $40^\circ$ - $50^\circ$  ist diesmal nur noch als schwaches Nebenmaximum ausgebildet. Die zweite bisher immer deutlich vorhandene Richtung mit Streichwerten zwischen  $140^\circ$  und  $150^\circ$  ist auch hier noch als kräftiges Hauptmaximum vertreten.

#### *Diagramm H (s. auch Tafel 9):*

Dieses Diagramm faßt keine Klüftungsrichtungen zusammen, sondern gibt die Hauptrichtungen von Gängen einer Höhle wieder, die bei Moestroff im Hauptmuschelkalk entstanden ist. Es handelt sich um eine, durch ein früheres Flußsystem erodierte Höhle, denn sie läßt sich mit bestimmten Flußterrassen der Gegend korrelieren. Die beigefügten Gangquerschnitte zeigen, daß es sich um eine typische Kluft- bzw. Spaltenhöhle handelt. Über der früheren Bachsohle, die ungefähr durch die Höhe des Höhlenlehms angezeigt wird, verengt sich der Gang meistens recht schnell, zieht sich aber noch ziemlich hoch in die Decke hinein. Der Verlauf der Höhlengänge zeigt eine erstaunliche Übereinstimmung mit der vorhin besprochenen Klüftungsrose. Auch dies spricht für die Beziehung der Höhle zum Kluftnetz der Umgebung. Die erste Hauptrichtung der Gänge liegt bei  $10^\circ$ - $20^\circ$ . Die alte Hauptrichtung in diesem Quadranten ist ebenfalls noch deutlich vertreten und streicht mit  $40^\circ$ . Die zweite Hauptrichtung bleibt konstant bei ihrem Streichwert von  $140^\circ$ .

### *Diagramm T<sub>5</sub>:*

Die Kluftrichtungen zu diesem Diagramm stammen von einem Straßenprofil im Sauerthal zwischen Grundhof und Bollendorfer Brück. Hier steht der Hauptmuschelkalk mit den Trochitenschichten an. Die Hauptrichtungen der Kluftrichtungsrose entsprechen den in den ersten drei Diagrammen aufgetretenen Richtungen. Allerdings ist hier die 30°-Richtung stärker vertreten als dort. Das Hauptmaximum liegt bei 40°. Die SE-NW-Richtung behält ihr Maximum bei 140°-150°. Die Änderung der Kluftrichtungen scheint also hier nur auf einen engen Bereich beschränkt zu sein.

### *Diagramm T<sub>6</sub>:*

In dieser Darstellung sind Messungen aus einem kleinen Aufschluß an einer Straßenkurve östlich von Bissen zusammengefaßt. Hier steht der Grenzdolomit, der oberste Horizont der Myophorienschichten, an. Er ist in der Randfazies als Zellendolomit ausgebildet. Er zeigt eine gute Schichtung und deutliche, glatte Klüfte. Einige Messungen in dem stratigraphisch etwas höher liegenden Keuperkonglomerat wurden hier noch mit verwertet. Dieser Aufschluß liegt im Ort Bissen selbst, an der Straße nach Vichten. Die Hauptrichtungen unterscheiden sich in keiner Weise von den früher besprochenen Diagrammen dieser Gegend. Im NE-Quadranten herrscht die Streichrichtung von 40°-50° vor, im SE-Quadranten die Richtung von 130°-140°.

### *Diagramm T<sub>7</sub>:*

Diese Kluftrichtungsrose bringt wieder dasselbe Bild, nur in einem stratigraphisch älteren Niveau. Es handelt sich um die Trochitenschichten ( $m_{01}$ ), die in der Randfazies sandig und dolomitisch ausgebildet sind. Die Messungen wurden in einem großen Aufschluß gemacht, der bei der Erweiterung des Gummiwerkes bei Colmar entstand. Die Schichten sind dickbankig, die Klüftung ist gut ausgeprägt. Hier fallen sehr viele offene Klüfte auf, deren Entstehung aber wohl zum Teil auf die Sprengungen zurückzuführen ist. Die beiden Hauptrichtungen liegen bei 40°-50° und bei 130°-140°.

### *Diagramm T<sub>8</sub>:*

Das letzte Diagramm im Gebiet zwischen dem Ösling und der Liassandsteinplatte faßt eine Reihe kleiner Aufschlüsse und Straßenanschnitte im unteren Alzettetal bei Essingen im Gebiet von Cruchten zusammen. Es handelt sich dabei um rote, sandige und dolomitische Serien der Myophorienschichten. Das Kluftdiagramm ist jetzt etwas stärker aufgespalten, als das in den vorhergehenden Diagrammen der Fall war. Die Richtungen der Hauptmaxima bleiben jedoch konstant bei 40° und bei 130°-140°. Die stärkere Aufgliederung vor allem im NW-SE gerichteten Zweig der Kluftrichtungsrose kann nicht befriedigend gedeutet werden. Die hier noch zusätzlich auftretenden Richtungen stehen in keiner Beziehung zu den sonst in diesem Gebiet vorhandenen tektonischen Elementen und treten auch in den übrigen Richtungsdiagrammen nicht auf.



### *Diagramm T<sub>9</sub>:*

Die Messungen zu diesem Diagramm wurden zum großen Teil in den alten Steinbrüchen bei Born an der unteren Sauer gemacht. Der hier anstehende Muschelsandstein ist als grob-bankiger, hellgrauer, feinkörniger Sandstein ausgebildet und wurde früher als guter Werkstein abgebaut. Das Gestein wird von einer weitmaschigen, senkrechten Klüftung durchzogen. Sie wurde früher beim Abbau ausgenutzt und lieferte Blöcke von 1 bis 8 Meter Länge. Der zweite Teil der Messungen stammt aus dem Muschelsandstein südlich von Rosport an der Sauer. Hier sind gute Aufschlüsse durch den Kanaldurchstich an der großen Sauerschleife gegeben. Das Kluftrichtungsdiagramm zeigt wieder nur zwei sich kreuzende Hauptrichtungen. Das Maximum im NE-Quadranten liegt bei 50°-60°, das Maximum im SE-Quadranten bei 150°.

### *Diagramm T<sub>10</sub>:*

Das Diagramm wurde weiter südlich bei Moersdorf und Givenich in Schichten des Hauptmuschelkalkes, hauptsächlich des Nodosuskalks, aufgenommen. Es handelt sich hier um gutgeschichtete, hellgraue, sehr harte Dolomite. In angewittertem Zustand zeigen sie eine hellgelbliche Farbe. Die Messungen wurden in einem alten Steinbruch und an Straßenanschnitten der Straße von Moersdorf nach Givenich vorgenommen. Die Kluftrichtungen zeigen Maxima bei 40°-50° und bei 140°-150°.

### *Diagramm T<sub>11</sub>:*

Ebenfalls aus dem Hauptmuschelkalk, diesmal aus den Trochitenschichten, stammen die Messungen zu diesem Diagramm. Als Aufschlüsse dienten hierbei kleine stillgelegte Brüche und Talanschnitte nördlich von Lellig und südlich von Herborn. Das Gebiet liegt etwa 5-6 km westlich von Wasserbillig. Die Hauptmaxima der Richtungsrose liegen wieder bei 40°-50° und bei 130°-140°. Auffällig ist in diesem Diagramm eine Nebenkluft-richtung, die bei 20° auftritt. Eine Verbindung zu den schon weiter oben besprochenen Maxima in dieser Richtung liegt wohl nicht vor, dagegen ist eine Beziehung zu den örtlichen Bruchsystemen wahrscheinlicher. Betrachtet man dazu die tektonische Übersichtskarte, so fällt gerade in diesem Gebiet ein deutliches Einschwenken der Brüche in diese Richtung auf.

### *Diagramm T<sub>12</sub>:*

In diesem Diagramm handelt es sich um den Sauertalabschnitt zwischen Wasserbillig und Moersdorf. Hier stehen die Trochitenschichten als gutgebankte und stark zerklüftete, harte, hellgraue bis gelbliche Dolomite an. Sie sind zum Teil direkt an der Straße oder der stillgelegten Eisenbahnlinie angeschnitten, zum Teil werden sie auch in großen Brüchen abgebaut. Interessant ist vor allem ein großes Werk, das diesen Dolomit unter Tage abbaut. Der Stein wird in großen Kammern gebrochen und mit Lastwagen durch Stollen heraustransportiert. Speziell in diesem Untertageabbau fallen die Schichten mit 20° nach Westen ein. Die Streichrichtung wird jedoch davon nicht verändert. Das Richtungsdiagramm zeigt wieder die normalen Maxima von 40°-50° und 130°-150°.

#### *Diagramm T<sub>13</sub>:*

Das Diagramm wurde im Syrtal aufgenommen, in der Umgebung des Örtchens Manternach. Hier stehen die dolomitischen Serien der Trochitenschichten an. Bei den Aufschlüssen handelt es sich um Straßenanschnitte bei Les Roches westlich von Manternach und um Gesteinswände am westlichen und östlichen Tunnelausgang im Ort selbst. Die Klufrichtungsrose zeigt wieder die beiden üblichen Hauptmaxima bei 40°-50° und bei 130°-150°. Von diesen Hauptrichtungen wird ein zweites System überlagert, dessen Achsen fast genau Nord-Süd und Ost-West verlaufen. Vor allem das Nord-Süd gerichtete Maximum ist ziemlich stark ausgebildet. Es ist auffällig, daß dieses Diagramm direkt südlich des Diagramms T<sub>11</sub> liegt bei dem ja ebenfalls ein Nord-Süd gerichtetes System auftrat.

#### *Diagramm T<sub>14</sub>:*

Das Diagramm wurde in den gleichen Schichten etwas weiter im Osten an einem Straßenanschnitt bei Merttert aufgenommen. Es zeigt neben den Hauptmaxima bei 40°-50° und bei 140° ein schwaches Nebenmaximum, das hier sogar NNW-SSE streicht. Allerdings tritt diese Richtung gerade hier auch in einer Reihe von Störungen häufig auf. Die Schichten fallen hier mit etwa 15° nach Norden ein.

#### *Diagramm T<sub>15</sub>:*

Die Messungen zu diesem Diagramm wurden im oberen Syrtal zwischen Biwer und Wecker gemacht. Hier handelt es sich um einen sehr kleinen Straßenaufschluß, der nur noch nach Bedarf zur örtlichen Straßenbeschotterung benutzt wird. Aufgeschlossen ist ein gelblicher etwas poröser Dolomit des oberen Muschelkalks. Er ist gut gebankt, aber nur unregelmäßig geklüftet. Hier konnte nur eine sehr geringe Anzahl von Messungen gemacht werden, jedoch ordnet sich das Bild in den Gesamtrahmen ein. Das NE-SW streichende Maximum streut etwas und bildet keine einheitliche Spitze. Die größte Klufthäufigkeit liegt in der 50°-Richtung. Das NW-SE streichende Maximum zeigt dagegen eine deutliche Spitze bei 150°. Ein Nebenmaximum tritt nicht auf.

#### *Diagramm T<sub>16</sub>:*

Die Klüfte wurden diesmal in zwei stillgelegten Steinbrüchen in Niederanven bei Ahn (Mosel) eingemessen. Das Diagramm zeigt ebenfalls als Hauptrichtung das 40°-Maximum und das 140°-Maximum. Ein Nebenmaximum bei 110° bringt noch eine neue Richtung, die sich zunächst keiner tektonischen Struktur sicher zuordnen läßt.

#### *Diagramm T<sub>17</sub>:*

Das Diagramm erfaßt die Aufschlüsse im Moseltal nördlich und südlich von Stadtbredimus. Bei den Aufschlüssen handelt es sich um Straßenanschnitte und um einen alten Steinbruch in den Nodosusschichten. Die Hauptmaxima zeigen wieder das bekannte Bild, sie liegen in der 40°-50°-Richtung und in der 140°-150°-Richtung.

### *Diagramm T<sub>18</sub>:*

Die Messungen stammen aus einem Steinbruch bei Schengen (Mosel). Hier stehen die Trochitenschichten an. Das Klufrichtungsbild weicht etwas von dem bisher üblichen ab. Das erste Maximum liegt bei 50°, das zweite etwas ungewöhnlich bei 150°-160°. Dazu kommt noch ein Nebenmaximum bei 120°. Dieses, ein wenig im Uhrzeigersinn gegen die Normalrichtung verdrehte Kluftbild hängt wahrscheinlich mit der tektonischen Stellung dieser Triasschichten bei Schengen zusammen. An der Schengener Hauptverwerfung und der Strombergverwerfung wird der Muschelkalk, der wenig weiter nördlich schon unter das Flußniveau gesunken ist, wieder herausgehoben und bildet den markanten Stromberg. Mit dieser Bruchschollentektonik hängt möglicherweise eine leichte Verdrehung zusammen, die dieses abgelenkte Kluftbild ergibt. Demnach sind diese Klufrichtungsänderungen erst sekundär entstanden.

Damit ist der Überblick über die verschiedenen Aufschlüsse und Kluftsysteme in den Triasschichten des Luxemburger Gutlandes abgeschlossen. Man kann zwei Hauptrichtungen unterscheiden, die erste hat eine Streichrichtung zwischen 40° und 50°, die zweite schwankt zwischen 130° und 160°. Eine auffällige Änderung erfährt dieses Bild östlich von Diekirch im Sauertal und in den Gangrichtungen der Höhle von Moestroff. Hier liegt das Hauptmaximum bei 10°-20°, während die NW-SE-Richtung unverändert bleibt.

### 3b. *Luxemburger Sandstein* (s. Tafel 4)

#### *Diagramm L<sub>1</sub>:*

Das Diagramm faßt eine Reihe von Aufschlüssen im Gebiet zwischen Grundhof, Dillingen und Beaufort zusammen. Es handelt sich um Steinbrüche, die zum Teil stillgelegt sind, zum Teil aber auch noch in Abbau stehen. Der Sandstein ist hier außerordentlich dickbankig und in Abständen von mehreren Metern von großen, glatten Klüften durchzogen. Diese Klüftung wird beim Abbau zum Herauslösen großer Quader ausgenutzt. Die Blöcke werden meist zu Platten geschnitten oder zu besonderen Zwecken auch von Steinmetzen bearbeitet. Im Klufrichtungsdiagramm treten zwei Richtungsmaxima auf. Eines liegt bei 30°-40°, das zweite bei 120°-130°. Die beiden Richtungen sind gegenüber den meisten bisher besprochenen Diagrammen westlich von Ettelbruck und im Moseltal um etwa 10° entgegen dem Uhrzeigersinn verdreht.

#### *Diagramm L<sub>2</sub>:*

Bei den Aufschlüssen handelt es sich diesmal hauptsächlich um mächtige Felsanschnitte im Tal nördlich von Müllerthal. Hier ist die Klüftung oft bis zu 10 Meter hoch und klapft bis zu 2 Meter auseinander. Zu diesen Aufschlüssen wurden noch Messungen in einem Steinbruch beim Ort Müllerthal hinzugenommen. In diesem frischen Anschnitt waren die Klüfte exakter meßbar als in den verwitterten Felswänden. Die erste Hauptrichtung liegt zwischen 30° und 40°, das zweite Maximum zeigt Streichwerte von 140°-150°. Eine schwache Ausbuchtung ist in der 120°-130°-Richtung erkennbar.

### *Diagramm L<sub>3</sub>:*

Die Kluftrichtungsrose faßt zwei kleine Steinbrüche bei Scheidgen und Lauterborn südlich von Echternach zusammen. Infolge der großen, aber zahlenmäßig geringen Klüfte sind hier nur verhältnismäßig wenige Messungen verwertet. Die beiden Hauptrichtungen sind jedoch deutlich. Die Streichwerte liegen bei 30°-50° bzw. bei 140°-150°. Ein Nebenmaximum bei 80° wurde eventuell durch die geringe Messungszahl zufällig vergrößert.

### *Diagramm L<sub>4</sub>:*

Auch dieses Diagramm bringt nichts wesentlich Neues. Die Messungen wurden in den großen Steinbrüchen bei Erzen gemacht. Der Sandstein ist hier ebenfalls noch sehr dickbankig ausgebildet. Er ist ziemlich stark verfestigt und läßt sich ausgezeichnet schneiden und zu Steinmetzarbeiten verwenden. Die Klüfte sind sehr groß und in weiten Abständen vorhanden. Da die Klüftung zur Gewinnung der Blöcke ausgenutzt werden kann, wird in diesen Brüchen nur selten gesprengt. Das Diagramm gibt die Hauptkluftrichtung mit 30°-40° und 130°-140° an.

### *Diagramm L<sub>5</sub>:*

Das Diagramm wurde in einem Steinbruch westlich von Mersch an der Straße Reckingen-Brouch aufgenommen. Der Sandstein ist größtenteils stark verwittert, sodaß man eher von schwach verfestigten Sanden sprechen kann. Nur einzelne Lagen sind etwas fester. Meistens sind es bestimmte Konglomeratlagen, in denen man häufig Schille von Lamellibranchiaten erkennt. Sogar eine Koralle gelangte als Geröll in diese Ablagerungen. Das Klufnetz ist entsprechend schlecht ausgebildet. Es läßt sich in diesen Schichten auch nicht immer sicher feststellen, ob die Klüftung nicht erst durch den Abbau, durch Druckentlastung oder Austrocknung entstanden ist. Aus diesem Grunde muß das Diagramm mit Vorsicht betrachtet werden. Man erkennt zwei Hauptrichtungen bei 20°-30° und bei 100° mit einem Nebenmaximum bei 120°. Die bisher immer zu beobachtenden Richtungen sind als ganz schwache Vorsprünge bei 50° und bei 150° vertreten.

### *Diagramm L<sub>6</sub>:*

Die Messungen zu diesem Diagramm stammen aus einem kleinen verlassenen Steinbruch bei Greisch (nördlich von Capellen und südöstlich von Redingen). Der Sandstein ist hier fest und gut geschichtet. Entsprechend liegt auch eine gute und ziemlich engständige Klüftung vor. Die zwei Hauptrichtungen liegen bei 50°-60° und bei 140°-150°. Bei 10°-20° liegt noch ein kleiner Vorsprung.

### *Diagramm L<sub>7</sub>:*

Der Aufschluß liegt am südlichen Ortsausgang von Hobscheid. Es ist ein ziemlich kleiner, stillgelegter Bruch, in dem wohl nur von Zeit zu Zeit nach Bedarf einige Steine gebrochen werden. Der Sandstein ist fest und gut geschichtet. Die Klüftung tritt hauptsächlich in den Richtungen 40°-50° und 130°-140° auf.

### *Diagramm L<sub>8</sub>:*

Die diesem Diagramm zu Grunde liegenden Messungen wurden in Steinbrüchen östlich von Eischen an der Straße nach Arlon aufgenommen. Hier liegen auf engem Raum eine ganze Anzahl von kleinen Gruben und Steinbrüchen zusammen, in denen aus dem schwach verfestigten Sandstein vor allem Sand gewonnen wird. Die gebrochenen Steine werden auf Schüttelrosten zu Sand zerschlagen. Im frischen Anschnitt ist das Gestein gut geschichtet und zeigt eine saubere Klüftung. Das Diagramm zeigt die Hauptkluftrichtungen bei 30°-40° und bei 120°-130°. Die Streuung ist sehr gering.

### *Diagramm L<sub>9</sub>:*

Das Diagramm vereinigt die Messungen von zwei Steinbrüchen in der Umgebung von Steinfort (westlich von Capellen). Der erste Steinbruch im Ort selbst ist noch in Betrieb. Eine etwa 0,7 Meter mächtige Schicht aus lockerem Sand bedeckt den festen Sandstein. Es ist die durch Herauslösen des kalkigen Bindemittels entstandene Verwitterungsschicht. Der Sandstein wird hauptsächlich zum Zwecke der Bausandgewinnung abgebaut. Der zweite Steinbruch nördlich von Steinfort am sog. Schwarzenhof ist nicht mehr in Betrieb. Der Sandstein ist hier stärker verfestigt. Die alte Abbauwand ist noch gut erhalten. Hier fällt vor allem eine Erscheinung auf, die auch sonst hin und wieder zu erkennen ist. Ziemlich viele offene Klüfte sind mit einem Quarz- oder Kalkspatbelag ausgefüllt. Es handelt sich also um Spalten, die als Wanderwege für die entsprechenden Lösungen gedient haben. Es ist dabei auffällig, daß sich diese Mineralbildungen nur in den Kluftrichtungen zwischen 20° und 50° finden. Die NW-SE-Richtung zeigt keinerlei Mineralausfüllung. Das Kluftrichtungsdiagramm zeigt als Maxima die 40°-50°-Richtung und die 140°-150°-Richtung.

### *Diagramm L<sub>10</sub>:*

Auch dieses Diagramm faßt mehrere Aufschlüsse zusammen. Es handelt sich hierbei um Steinbrüche westlich und nördlich von Koerich. Diese Brüche sind zum Teil noch in Betrieb und erreichen sogar ziemlich große Ausmaße. Der Sandstein wird ebenso wie in Steinfort hauptsächlich als Bausand verwendet. Allerdings kommen auch festere Lagen vor, die dann als Bausteine verarbeitet werden. Erwähnt sei noch, daß gerade in diesem Bereich eine Reihe großer Pumpwerke zur Wasserversorgung stehen, die die Bedeutung des Luxemburger Sandsteins als Wasserreservoir deutlich machen. Die Kluftrichtungsmaxima liegen bei 40°-50° und bei 150°.

### *Diagramm L<sub>11</sub>:*

Die Messungen wurden auf der westlichen Talseite des Mamertales nördlich von Schönfels gemacht. Hier handelt es sich vorwiegend um natürliche Anschnitte des Luxemburger Sandsteins. Der Sandstein ist hier sehr grobbankig. Es kommen Lagen von Konglomeraten vor, die sehr stark verfestigt sind. Die Korngröße der Gerölle geht im allgemeinen nicht über 2 cm Durchmesser hinaus. Diese harten Lagen scheinen schon in sehr früher Zeit wirtschaftlich genutzt worden zu sein, denn man findet überall Stollen, die diesen harten Bänken folgen.

Man kann gut erkennen, daß nur diese harten Bänke abgebaut worden sind. Der damalige Verwendungszweck dieser Gesteine ist allerdings ungeklärt. Die Klufrichtungsrose in diesem Gebiet zeigt ein etwas differenziertes Bild. Zunächst erkennt man die beiden Normalrichtungen bei  $40^{\circ}$ - $50^{\circ}$  und bei  $140^{\circ}$ . Die NE-SW-Richtung zeigt noch ein Nebenmaximum bei  $20^{\circ}$ , das allerdings nur schwach ausgeprägt ist.

#### *Diagramm L<sub>12</sub>:*

In diesem Diagramm sind zwei Steinbrüche zusammengefaßt, die räumlich nah beisammen liegen. Der erste ist stillgelegt und liegt bei Kopstal an der Straße nach Kehlen. Hier steht ein weicher gut geschichteter Sandstein an. Die Klüftung ist durch den langen Witterungseinfluß auf die Wand teilweise zerstört. Der zweite Bruch liegt wenig südlich davon am sog. Brameschberg. Er steht noch in Abbau. Eine etwa 1,2 Meter mächtige Verwitterungsdecke liegt über dem festen Sandstein. Auf Spalten reicht diese Verwitterung auch noch tiefer hinab. Der Sand, sowie der Sandstein, wird in drei Abbausohlen gewonnen und als Bausand verwendet. Der festere Sandstein zeigt eine gut ausgebildete Klüftung. Die Klufrichtungsrose zeigt ein neues Bild. Man erkennt drei Hauptrichtungen. Die erste liegt bei  $20^{\circ}$ , die zweite bei  $50^{\circ}$ - $60^{\circ}$  und die dritte bei  $150^{\circ}$ . Die beiden letzten Richtungen entsprechen dem auch sonst vorkommenden Kluflsystem, die erste Richtung tritt in dieser Deutlichkeit erstmalig auf. Sie konnte nur in der Trias bei Moestroff schon einmal als Hauptrichtung festgestellt werden.

#### *Diagramm L<sub>13</sub>:*

In dieser Darstellung werden mehrere Steinbrüche bei Bridel nordwestlich von Luxemburg zusammengefaßt. Der größte dieser Brüche, der noch in Betrieb ist, liegt im Ort selbst. Auf drei Sohlen wird hier der dünnbankige, weiche Sandstein abgebaut. Er findet vornehmlich als Bausand Verwendung. Einzelne Lagen dieses Sandsteins sind allerdings sehr stark verfestigt. Dort findet man häufig Schille von Lamellibranchiaten. Außer diesem Steinbruch gibt es hier noch mehrere stillgelegte Brüche, in denen aber die Wände schon stark zerfallen sind. In der Klufrichtungsrose stellt diesmal wieder die  $50^{\circ}$ - $60^{\circ}$ -Richtung das stärkste Maximum, dann folgt die  $150^{\circ}$ -Richtung. Die  $20^{\circ}$ -Richtung ist nur schwach vertreten.

#### *Diagramm L<sub>14</sub>:*

Fast die gleichen Richtungen treten auch in dem großen Steinbruch am sog. Bürgerkreuz wieder auf. Der Ort liegt nordnordwestlich von Luxemburg. Hier wird der Stein in einer einzigen 12 Meter hohen Abbauwand heruntergesprengt. Der Sandstein wird auf Schüttelrosten zu Bausand verarbeitet. Es ist der gleiche dünnbankige, eng geklüftete und weiche Sandstein, wie in Bridel. Im Klufrichtungsdiagramm treten die  $40^{\circ}$ - $60^{\circ}$ -Richtung und die  $140^{\circ}$ - $150^{\circ}$ -Richtung besonders stark hervor. Die NE-SW-Richtung bildet das stärkste Maximum. Aber auch die  $20^{\circ}$ -Richtung bildet ein selbständiges Nebenmaximum. Senkrecht zu dieser Richtung ist noch ein Nebenmaximum bei  $110^{\circ}$  ausgebildet. Hier kommen also zwei, allerdings ungleichwertige, Systeme vor, die sich überlagern.

#### *Diagramm L<sub>15</sub>:*

Das Diagramm faßt Steinbrüche an der Straße von Mamer nach Kopstal im Mamertal zusammen. Es sind große Brüche, die aber alle stillgelegt sind. Die Wandhöhe der Brüche beträgt durchschnittlich 10-15 Meter Höhe. Das Gestein ist ähnlich wie in den letzten Aufschlüssen bei Bridel ein gut gebankter, regelmäßig geklüfteter weicher Kalksandstein. Das Kluftbild gleicht den vorigen. Die beiden Hauptrichtungen liegen bei 40°-50° und bei 130°. Ein Nebenmaximum liegt in der 20°-Richtung. Die NE-Richtung bildet das ausgesprochen stärkste Maximum.

#### *Diagramm L<sub>16</sub>:*

Die Messungen zu diesem Diagramm wurden an Straßenanschnitten in Luxemburg-Pulvermühle und in der Nähe des Campingplatzes Grunewald bei Luxemburg aufgenommen. Der Sandstein ist gut gebankt, fest und ziemlich eng geklüftet. In der Kluftrichtungsrose tritt ein neues Bild auf. Es erscheinen zwar keine neuen Richtungen, aber die Häufigkeitswerte haben sich verlagert. Das stärkste Maximum streicht jetzt mir 10°-20°. Ein zweites starkes Maximum erscheint bei 120°. Daneben ist das alte System mit 50° und 160° nur untergeordnet vertreten.

#### *Diagramm L<sub>17</sub>:*

Die Kluftrichtungsrose faßt mehrere Steinbrüche in Luxemburg-Neudorf, einem Vorort im Osten von Luxemburg, zusammen. Diese Steinbrüche sind im allgemeinen stillgelegt. Der Sandstein ist zum Teil recht fest, gut geschichtet und eng geklüftet. In oberflächennahen Lagen wird er jedoch durch die Entkalkung weicher. Das Kluftrichtungsbild ähnelt dem vorigen. Besonders stark tritt das Maximum bei 10°-20° hervor. Ein zweites Maximum liegt bei 80°-90° und ein drittes bei 120°. Das 80°-Maximum tritt in diesem Gebiet noch mehrfach auf und hängt vielleicht mit der Tektonik der Luxemburger Mulde zusammen.

#### *Diagramm L<sub>18</sub>:*

Das Diagramm wurde in Steinbrüchen am Bürgerberg östlich von Bourglinster an der Straße nach Gonderingen nördlich von Luxemburg aufgenommen. Der Sandstein ist hier sehr unterschiedlich verfestigt. Der größte Teil kann nur zu Sand verarbeitet werden. Aber in mehreren kleinen Brüchen werden schon seit Generationen bestimmte Lagen als feste Bausteine und Platten abgebaut. Sie werden vorsichtig von Hand unter Ausnutzung von Schichtung und Klüftung herausgebrochen. Das Kluftrichtungsdiagramm zeigt ein starkes Maximum bei 20°, ein zweites - erheblich schwächeres - bei 130°, und ein drittes deutet wieder die eigenartige 80°-Richtung an.

#### *Diagramm L<sub>19</sub>:*

Die Messungen zu diesem Diagramm wurden auf dem Widdenberg bei Mensdorf gemacht. Hier liegt eine Restscholle von Luxemburger Sandstein als Zeugenberg inmitten der

Trias. Der Sandstein ist infolge der Syrtalmuldenstruktur noch erhalten geblieben. Auf diesem Berg gibt es mehrere große Steinbrüche, die aber im allgemeinen stillgelegt sind. Der Sandstein ist so weich, daß er wohl nur als Sand Verwendung fand. Einige festere Partien kommen vor allem in den tieferen Teilen der Abbaue vor. Das Klufttrichtungsdiagramm zeigt zwei deutliche Maxima, das stärkste liegt in der 20°-30°-Richtung, das zweite bei 140°.

#### *Diagramm L<sub>20</sub>:*

Die Aufschlüsse zu diesem Diagramm liegen westlich vom Widdenberg zwischen Rammeldingen und Hostert, nordöstlich von Luxemburg. Es gibt drei größere Steinbrüche, von denen noch einer in Betrieb ist. Der Sandstein ist etwas unregelmäßiger geschichtet, und auch die Klüftung ist nicht so gut eingeregelt. Der gesamte Gesteinscharakter ähnelt sonst jedoch den vorigen Aufschlüssen. Das Klufttrichtungsbild zeigt eine recht beträchtliche Streubreite, die in diesen Serien bisher nirgendwo auftrat. Zwei sichere Maxima lassen sich aber unterscheiden. Das erste schwankt ohne besonders ausgeprägte Spitze zwischen 10° und 40°, das zweite hat eine Spitze bei 100°. Ein drittes kleineres Maximum weist noch auf die 140°-Richtung hin.

#### *Diagramm L<sub>21</sub>:*

Das Diagramm wurde in einem Steinbruch in Luxemburg-Hamm aufgenommen. Hier steht ein fester Kalksandstein an. Er ist gut geschichtet und intensiv zerklüftet. In diesem Bruch werden hauptsächlich Bausteine gewonnen. Das Kluftbild sieht den aus den anderen Stadtgebieten Luxemburgs stammenden Diagrammen recht ähnlich. Die wichtigste Klufttrichtung liegt ebenfalls bei 20°. Ein weiteres Maximum zeigt in die 120°-130°-Richtung und eine kleine Spitze ist noch bei 80° vorhanden.

#### *Diagramm L<sub>22</sub>:*

Auch dieses Diagramm liegt im Stadtgebiet von Luxemburg. Die Messungen stammen aus einem Steinbruch in Luxemburg-Howald. Es ist ein sehr großer, alter Bruch mit einer etwa 15 Meter hohen Abbauwand. Heute wird nur in geringem Maße auf einer kleinen Sohle gearbeitet. Der Sandstein ist ziemlich stark verfestigt. Die Abbauwände sind sehr eng, aber unregelmäßig geklüftet. Die Kluftrose zeigt kein deutliches Bild. Drei Maxima lassen sich trennen. Das erste ist in zwei Spitzen aufgeteilt, davon zeigt die eine in die 20°-Richtung, die zweite in die 40°-Richtung. Ein zweites Maximum liegt bei 80° und das dritte bei 140°-150°. Es lassen sich also auch hier alle drei, aus diesem Gebiet schon bekannten, Richtungen wiederfinden.

#### *Diagramm L<sub>23</sub>:*

Das letzte Diagramm im Luxemburger Sandstein des Gutlandes vereinigt eine große Zahl von Messungen in sich, die alle an der Straße von Aspelt nach Bad Mondorf aufgenommen wurden. Es handelt sich hier um Straßenanschnitte und alte Steinbrüche. Das Gestein ist hier meistens recht stark verfestigt. Häufig kommen Konglomeratlagen vor. Die Gerölle erreichen zum Teil einen Durchmesser von 4 cm. Sehr oft findet man in diesen Geröllagen Fossilschille. Der Sandstein ist zum Teil in einer Mächtigkeit bis zu 15 Meter aufgeschlossen. Die Kluft-



richtungsrose zeigt kein sehr klares Bild. Eine einzige Richtung ist sehr deutlich ausgeprägt. Sie streut allerdings zwischen  $20^{\circ}$  und  $40^{\circ}$ . Das senkrecht dazu liegende Nebenmaximum ist in drei Spitzen aufgliedert, die bei  $100^{\circ}$ ,  $130^{\circ}$  und  $150^{\circ}$  liegen. Daß diese Richtungen so stark zurücktreten, liegt wohl daran, daß nur an ungefähr SE-NW verlaufenden Wänden gemessen werden konnte. Diesen Wänden parallel streichende Klufrichtungen konnten daher nicht so vollständig erfaßt werden.

### 3c. *Unterer und mittlerer Dogger* (s. Tafel 5)

#### *Diagramm $D_1$ :*

Die Messungen wurden bei Differdingen und Oberkorn in den großen Tagebauen der Fa. Cockerill gemacht. Es handelt sich hier um dickbankige, oolithische Sandsteine, die zum Teil sehr unregelmäßig geklüftet sind. Auch ist wohl nicht ausgeschlossen, daß ein Teil der Klüfte erst durch die großen Sprengungen beim Abbau aufgerissen ist. Jedoch meint L. MUELLER (1963), daß auch bei Sprengungen im allgemeinen nur die sog. latenten Klüfte, die schon im Gestein vorgegeben sind, aufreißen. Das Klüftbild dürfte also dadurch nicht verfälscht werden. In der Klüftrose finden sich nun Elemente wieder, die auch im Luxemburger Sandstein aufgetreten sind. Die Nord-Süd-Richtung herrscht im Klüftbild vor. Das stärkste Maximum erscheint bei  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ . Ein zweites Maximum liegt in der  $90^{\circ}$ -Richtung. Daneben treten nur schwach die Richtungen  $40^{\circ}$  und  $140^{\circ}$  auf. Dieses Diagramm läßt sich noch in etwa mit den Klüftbildern im Luxemburger Stadtgebiet vergleichen.

#### *Diagramm $D_2$ :*

Das Diagramm wurde in den Tagebauen bei Lasauvage an der Grenze nach Frankreich aufgenommen. Auch hier werden oolithische Minetteerze des unteren Doggers abgebaut. Das Klüftbild streut sehr stark. Die beiden Hauptmaxima, die ungefähr Nord-Süd und Ost-West verlaufen, spalten in mehrere Spitzen auf. Wie weit jede einzelne Spitze eine tektonische Bedeutung hat, läßt sich bei der sicher auch durch den Abbau gestörten Klüftung nicht sagen.

#### *Diagramm $D_3$ :*

Die Werte dieses Diagramms wurden nordwestlich von Lasauvage gemessen. In einigen alten und einem noch betriebenen Steinbruch ist ein harter Kalksandstein, bzw. detritischer Kalk des mittleren Doggers aufgeschlossen. Die Schichten sind sehr fossilreich. Das Gestein ist unregelmäßig geschichtet und auch entsprechend unregelmäßig geklüftet. Das Klüftbild zeigt ein Maximum bei  $50^{\circ}$  und ein zweites bei  $170^{\circ}$ . Eine dritte, stärker streuende Richtung erscheint bei  $80^{\circ}$ - $100^{\circ}$ .

Während die ersten drei Diagramme alle im Becken von Differdingen liegen, wurden die folgenden sechs Diagramme im Becken von Esch aufgenommen.

#### *Diagramm D<sub>4</sub>:*

Die Meßwerte stammen aus dem Minettetagebau der ARBED am Lallingerberg östlich von Esch. Hier stehen faziell die gleichen Gesteine wie vorher an. Die Klüftung ist sehr weitmaschig, grob und unregelmäßig. Die Klüftflächen sind rau und uneben. Als Hauptmaximum tritt die 30°-50°-Richtung auf. Ein zweites Maximum liegt bei 100°, ein drittes bei 150°-160°.

#### *Diagramm D<sub>5</sub>:*

Das Diagramm wurde in alten Tagebauen am westlichen Ortsausgang von Rümelingen aufgenommen. Es handelt sich um etwas regelmäßiger geklüftete Schichten der Minettefazies. Allerdings fehlt an den Steinbruchwänden oft über größere Erstreckung jede meßbare Kluft. Im Kluftrichtungsdiagramm treten zwei Richtungen deutlich heraus. Das stärkste Maximum liegt bei 10°, ein schwächeres zweigt in die 30°-Richtung ab. Das zweite Hauptmaximum liegt bei 90°. Vielleicht kann man noch eine schwache Spitze bei 150° als Nebenmaximum ansehen. Dann kann man hier von zwei sich überlagernden Systemen sprechen: Ein Hauptsystem, das Nord-Süd und Ost-West streicht und ein zweites bei 30° und 150°, das nur schwach ausgebildet ist.

#### *Diagramm D<sub>6</sub>:*

Ebenfalls im Ort Rümelingen liegt ein großer Kalkbruch im mittleren Dogger, in dem die Messungen zu diesem Diagramm gemacht wurden. Hier steht ein schlecht geschichteter fossildetritogener Kalk, bzw. Korallenriffkalk an. Dieser schlechten Schichtung entsprechend ist auch die Klüftung sehr unterschiedlich. Im Kluftrichtungsdiagramm treten ungefähr die gleichen Richtungen auf, wie im vorigen Diagramm, nur sind die Hauptrichtungen vertauscht. Das stärkste Maximum liegt jetzt bei 40°, das zweite bei 140°. Eine schwache Spitze weist in die 20°-Richtung und eine weitere in die 110°-Richtung.

#### *Diagramm D<sub>7</sub>:*

Das dritte Diagramm im Ort Rümelingen ist wieder in Tagebauen der Minette aufgenommen. Die Messungen stammen aus stillgelegten Tagebauen der Fa.HADIR am „Hirzensprung“ und aus Brüchen derselben Firma am Hutberg. Das Kluftbild gleicht dem Diagramm D<sub>5</sub>. Die am stärksten vertretenen Richtungen liegen bei 10°-20° und bei 100°. Das Klufsystem 50° und 150° tritt stark zurück, bildet aber noch erkennbare Nebenmaxima.

#### *Diagramm D<sub>8</sub>:*

Die Meßwerte zu diesem Diagramm stammen aus dem stillgelegten Tagebau der Fa.HADIR bei Tetingen. Das Kluftrichtungsbild betont deutlich eine Nord-Süd-Richtung und eine Ost-West-Richtung. Die Nord-Süd-Richtung zeigt Streuwerte von 0°-30°, die Ost-West-Richtung hat ein Maximum bei 90° und ein zweites bei 110°.

#### *Diagramm D<sub>9</sub>:*

Das Kluftdiagramm im Dogger wurde in Düdelingen in alten Brüchen der Fa.ARBED aufgenommen. Die Nord-Süd-Richtung ist auch in diesem Diagramm stark betont. Sie streut zwischen 0° und 20°. Die Ost-West-Richtung wird durch ein Maximum bei 110° angedeutet. Ein drittes Maximum bei 140° weist evtl. auf das oben schon besprochene zweite Kluftsystem hin.

Damit ist die Besprechung der Aufschlüsse und Klufttrichtungsdiagramme im Luxemburger Jura abgeschlossen. Im größten Teil des Luxemburger Landes herrscht ein NE-SW und NW-SE streichendes Kluftsystem vor. In der Stadt Luxemburg und ihrer weiteren Umgebung bekommt eine NNE-Richtung eine größere Bedeutung. Diese NNE-Richtung läßt sich sowohl nach Norden in der Trias von Moestroff, als auch nach Süden im Dogger der Minette weiter verfolgen.

#### *4. Klufttrichtungen im Mesozoikum der Südeifel*

##### *4a. Muschelkalk (s. Tafel 6-7)*

Die Numerierung der Diagramme erfolgt von Süden nach Norden. Im Gegensatz zu den Luxemburger Diagrammen wurden Kleinbuchstaben zur Kennzeichnung verwendet.

##### *Diagramm m<sub>1</sub>:*

Die Messungen zu diesem Diagramm wurden in einem stillgelegten großen Steinbruch gemacht, der direkt an der französischen Grenze schon auf französischem Gebiet nördlich von Apach liegt. Es handelt sich um gutgebankte, graue Kalke des oberen Muschelkalks, die an der Oberfläche eine dunkelgraue bis schwarze Verwitterungsfarbe zeigen. Die Klüftung ist ziemlich regelmäßig. Größere Kluftflächen, die über mehrere Bänke hinweggehen, fehlen. Das Diagramm zeigt nur zwei deutlich ausgeprägte Richtungen. Die NE-Richtung hat das Maximum bei 40°. Auch die 30°-Richtung ist noch ziemlich stark vertreten. Die SE-Richtung liegt mit über 30% bei 130°. Die 140°-Richtung tritt etwas zurück.

##### *Diagramm m<sub>2</sub>:*

Bei diesem Diagramm wurden zwei kleinere Steinbrüche in der weiteren Umgebung von Perl zu einer Kluftrose zusammengefaßt. Der eine Bruch liegt östlich von Perl am Hammelsberg. Hier steht der obere Muschelkalk als grobgebankter, grauer Kalk an. Die Verwitterungsfarbe ist im Gegensatz zu dem vorigen Steinbruch eher gelblich. Die Klüfte bilden zum Teil große Wände und durchsetzen dann auch mehrere Bänke, zum Teil ist die Klüftung aber auch engständiger und die Kluftflächen kleiner. Der Steinbruch ist nicht mehr in Betrieb. Auch in den kleinen am Wegrand angelegten Brüchen am Atzbüsch nördlich von Sehndorf wird nicht mehr gearbeitet. Es ist derselbe graugelbliche Kalk des oberen Muschelkalkes. Die Klüftung ist nicht ganz so grob, wie am Hammelsberg. Die Klufttrichtungen sind ähnlich wie im vorigen Diagramm.

Das stärkste Maximum der NE-Richtung weist jetzt in die 30°-Richtung, aber auch die 40°-Richtung ist noch stark vertreten. Das Maximum der SE-Richtung liegt bei 130°.

*Diagramm m<sub>3</sub>:*

Das Diagramm faßt ebenfalls zwei Steinbrüche zusammen, die beide nordwestlich von Oberleuken in der SE-Ecke des Meßtischblattes Kirf liegen. Der erste Bruch befindet sich am SW-Hang des Keßlinger Bergs. Es ist ein stillgelegter Bruch mit einer durchschnittlichen Wandhöhe von etwa 10 Metern. Hier stehen gutgebankte, hellgraue bis gelbliche Kalke an, die zum Teil etwas dolomitisch sind. Die mittlere Bankmächtigkeit liegt bei etwa 20-70 cm. Die Schichten fallen mit 20° nach SE ein. Die Klüftung ist im allgemeinen engständig und setzt an den Bankfugen ab. Einzelne Klüftflächen durchziehen aber die gesamte Aufschlußhöhe und wurden als Ablösungsflächen vom Steinbruchbetrieb ausgenutzt. Da der Stein eine recht hohe Festigkeit hat, dürfte er sowohl als Baustein, als auch zur Beschotterung der Wege Verwendung gefunden haben. Der zweite Bruch liegt an der Straßenkurve der Straße von Remich (Lux.) nach Oberleuken kurz vor dem Ortseingang. Die Gesteinbeschreibung des vorigen Bruches trifft im wesentlichen auch hier zu. Die großen Klüftflächen sind hier nicht so häufig. Der ganze Bruch ist stärker verwittert. Die Schichten fallen mit 5°-10° nach Norden ein. Die Wandhöhe beträgt etwa 8 Meter. Die Richtungsrose der Klüftung bringt nichts Neues. Das NE-Maximum liegt bei 40° und ist recht scharf ausgeprägt. Die SE-Richtung hat ihr stärkstes Maximum bei 130°. Aber auch die 140°-Richtung ist noch stark vertreten. Sonstige Nebenrichtungen treten nicht auf.

*Diagramm m<sub>4</sub>:*

Die Meßwerte zu diesem Diagramm stammen alle aus einem Steinbruch südlich der Ortschaft Nennig an der Mosel. Hier wird in einem sehr großen Steinbruch mit zum Teil 20 Meter Wandhöhe in mehreren Sohlen ein harter Dolomit abgebaut. Im frischen Anschnitt hat das Gestein eine blaugraue Farbe, verwittert sieht es gelblich aus. Die Schichten fallen mit etwa 10° nach Norden ein. Als Kluftrichtungen treten die schon bekannten zwei Richtungen auf. Die NE-Richtung hat ihr Maximum bei 40°, die SE-Richtung ein noch stärkeres Maximum bei 130°. Bei 10° deutet sich ein ganz schwaches Nebenmaximum an.

*Diagramm m<sub>5</sub>:*

Auch dieses Diagramm faßt Messungen zusammen, die aus einem einzigen Steinbruch stammen. Es ist ein kleiner Bruch am Alterberg nördlich der Ortschaft Faha, in dem gelegentlich zum Eigenbedarf noch gebrochen wird. Die Wandhöhe beträgt etwa 8-10 Meter. Die Klüftung ist gut und sehr engständig. Große Klüftflächen treten kaum auf. Die Kluftrichtung zeigt mit ganz geringer Streuung zwei Hauptrichtungen. Das NE-Maximum liegt bei 50°-40°. Die SE-Richtung ist durch ein sehr starkes Maximum bei 140° gekennzeichnet. Die Schichten fallen mit 8° nach SE ein.

*Diagramm m<sub>6</sub>:*

Der Steinbruch, der die Meßwerte zu diesem Diagramm lieferte, liegt im Ort Freudenburg an der Straße nach Taben-Rodt. Der Steinbruch ist nicht mehr in Betrieb und zum Teil zuge-

schüttet. Das Gestein ist ein gutgebankter, graublauer, dolomitischer Kalk. Die Klüftung ist nicht so engständig, häufig kommen größere Klüftflächen vor. Daher ist die Messungszahl recht gering. Trotzdem wurde eine eigene Kluftrose von diesem Bruch gezeichnet, da in der näheren Umgebung keine weiteren Meßwerte hinzugezogen werden konnten. Auch zeigen die scharfen, wenig streuenden Richtungsmaxima ein klares Bild. Die NE-Richtung hat ihr Maximum bei  $50^\circ$ , die SE-Richtung streut zwischen  $130^\circ$  und  $140^\circ$ , wobei die  $140^\circ$ -Richtung etwas stärker hervortritt. Die Schichten fallen mit  $10^\circ$  nach SW ein.

#### *Diagramm $m_7$ :*

Die Meßwerte zu diesem Diagramm lieferten zwei Steinbrüche an der Bundesstraße 419 nördlich Schloß Thorn an der Mosel. Der erste Steinbruch war früher groß angelegt, wird aber heute nicht mehr benutzt. Die Wandhöhe beträgt etwa 15 Meter. Hier steht wieder der dickbankige, harte dolomitische Kalk des oberen Muschelkalks an. 500 Meter nördlich liegt noch ein kleiner neuer Bruch, in dem das Gestein teilweise dünnbankiger und enggeklüftet ist. Das Kluftrichtungsdiagramm zeigt als stärkstes Maximum die  $20^\circ$ -Richtung. Etwas weniger Werte entfallen noch auf die  $30^\circ$ -Richtung. Die SE-Richtung behält ihr normales Maximum von  $140^\circ$  bei.

#### *Diagramm $m_8$ :*

Die Kluftrichtungsrose stammt aus einem Bruch am westlichen Ortsausgang des Dorfes Kirf in der Nähe der Straße nach Beuren. Der hier anstehende dolomitische Kalk ist gutgebankt und eng geklüftet. Er zeigt die typische gelbe Verwitterungsfarbe. Die Wandhöhe beträgt etwa 10-12 Meter. Die Schichten fallen mit  $7^\circ$  nach NW ein. Die im Diagramm auftretenden Richtungen entsprechen den schon vorher besprochenen. Das NE-Maximum liegt bei  $50^\circ$ , die  $40^\circ$ -Richtung ist auch stark vertreten. Das sehr starke SE-Maximum liegt bei  $140^\circ$ . Auch die  $150^\circ$ -Richtung ist noch mitbestimmend. Daß die SE-Richtung stärker hervortritt, liegt wahrscheinlich an der Lage der Steinbruchwand, die parallel zur NE-Richtung verläuft. Die NE-Richtung ist dadurch etwas benachteiligt.

#### *Diagramm $m_9$ :*

Südlich des Ortseingangs von Palzem/Mosel an der Bundesstraße 419 liegt der Steinbruch, der die Messungen zu diesem Diagramm lieferte. Es ist ebenfalls ein stillgelegter Bruch mit einer Wandhöhe von 15 Metern. Hier stehen wieder die dolomitischen Kalke des oberen Muschelkalks an. Die Schichten fallen mit etwa  $18^\circ$  nach Norden ein. Da sehr mächtige Bänke vorkommen, ist die Klüftung in diesem Bruch sehr weitständig. Es sind große Klüftflächen ausgebildet. Die Klüftzahl ist in diesem Bruch sehr gering. Zwei Maxima sind deutlich ausgebildet. Das NE-Maximum liegt zwischen  $40^\circ$  und  $50^\circ$ . Das SE-Maximum ist erheblich stärker und liegt bei  $150^\circ$ . Einzelwerte deuten die N-S-Richtung an.

#### *Diagramm $m_{10}$ :*

Der kleine Steinbruch, der die Klüftwerte zu diesem Diagramm lieferte, liegt ungefähr in der Mitte zwischen Esingen und Rammelfangen, am Weg nach Rammelfangen. Der Bruch

ist nicht mehr in Betrieb und auch zum Teil zugeschüttet, daher ist die Messungszahl gering. Das Gestein ist gut gebankt und eng geklüftet. Größere Klüftwände kommen nicht vor. Trotz der geringen Messungszahl sind beide Kluftrichtungen sehr deutlich und ohne starke Streuung ausgebildet. Die NE-Richtung hat ihr Maximum bei  $40^\circ$ . Die SE-Richtung streicht hauptsächlich mit  $130^\circ$ .

#### *Diagramm $m_{11}$ :*

Südlich der Ortschaft Wehr/Mosel an der großen Straßenkurve der Bundesstraße 419 an der Helfanter Mühle liegen mehrere große Steinbrüche im Dolomit des oberen Muschelkalkes. Sie sind zum Teil noch in Betrieb und liefern Bruchsteine. Das Gestein ist gut gebankt und recht engständig geklüftet. Die Abbauwand hat eine Höhe von etwa 15 Metern. Die Klüfte zeigen im Gegensatz zu den früheren Brüchen rauhe Oberflächen. Auffällig ist gerade in diesem Steinbruch an mehreren Stellen eine nicht senkrecht einfallende Klüftung. Bei Streichrichtungen von  $50^\circ$ - $60^\circ$  fallen die Klüfte mit  $50^\circ$ - $70^\circ$  nach Norden oder Süden ein, bilden also ein Diagonalsystem zu der senkrechten Klüftung. Ähnliches konnte nur noch in einigen Buntsandsteinbrüchen beobachtet werden. Die Klüftstreichrichtungen liegen bei  $40^\circ$  und bei  $140^\circ$ . Die Schichten fallen mit etwa  $8^\circ$  nach Süden ein.

#### *Diagramm $m_{12}$ :*

Diesmal wurden die Messungen an einem Straßenanschnitt vorgenommen. Er liegt an der Straße Esingen-Helfant am kleinen Kapellchen nördlich des Spirzingerbachtals. Die dolomitischen Kalke des oberen Muschelkalks sind gut gebankt und geklüftet. Die Klüftflächen sind durch die Verwitterung allerdings nicht mehr so glatt, wie im frischen Steinbruch. Die Schichten fallen mit  $5^\circ$  nach Süden ein. Das stärkste Maximum der Klüftstreichrichtung liegt bei  $40^\circ$ . Das Maximum in der SE-Richtung ist schwächer ausgebildet und liegt bei  $130^\circ$ - $150^\circ$ .

#### *Diagramm $m_{13}$ :*

Östlich Wellen (Mosel) auf der Bergkuppe am „Reinbüsch“ liegt ein ausgedehnter Steinbruch der Trierer Kalk-, Dolomit- und Zementwerke. In diesem Bruch wird der Dolomit des oberen Muschelkalks in mehreren Sohlen abgebaut. Dadurch ist der obere Muschelkalk in einer Mächtigkeit von über 50 Metern aufgeschlossen. Die Klüftausbildung ist infolge von petrographischen Unterschieden recht verschieden. Die beste Klüftausbildung fand sich in den gut gebankten, hellgrau-gelblichen, dolomitischen Kalken der untersten Sohle. Die Schichten fallen ganz flach nach Süden ein. Eine ungefähr Nord-Süd streichende Störung bewirkt teilweise eine leichte Einkippung nach SE bzw. nach SW. Das Diagramm faßt die auftretenden Kluftrichtungen nur dieses Steinbruches zusammen. Sofort fällt das starke Maximum in der NNE-Richtung bei  $20^\circ$  auf. Ein deutliches Nebenmaximum in der NE-Richtung ist bei  $40^\circ$  zu erkennen. Die SE-Richtung ist gegenüber den früheren Darstellungen nicht verändert. Das Maximum liegt nach wie vor bei  $130^\circ$ .

#### *Diagramm $m_{14}$ :*

Südlich Oberbillig liegt ebenfalls auf der Höhe ein ziemlich neu aufgeschlossener Steinbruch im oberen Muschelkalk. Hier wird in zwei Sohlen abgebaut. Die gesamte Aufschlußhöhe

beträgt ungefähr 25 Meter. Das Gestein ist gut gebankt und ziemlich eng geklüftet. Teilweise sind auch größere Klüftflächen ausgebildet. Der harte, hellgraue Dolomit wird als Bruchstein gewonnen. Die Schichten fallen mit  $8^{\circ}$ - $10^{\circ}$  nach NE ein. Die Klüftrose zeigt zwei Maxima bei  $40^{\circ}$  und bei  $130^{\circ}$ . Bemerkenswert ist eine Nebenrichtung bei  $20^{\circ}$ , die die Verbindung zu dem nicht weit entfernten vorher besprochenen Aufschluß herstellt.

*Diagramm m<sub>15</sub>:*

Diese Klüftrichtungsrose faßt zwei durch Weg- bzw. Straßenanschnitte gegebene Aufschlüsse im Mündungsbereich der Sauer in die Mosel zusammen. Der erste Anschnitt liegt im Weinberg südwestlich von Liersberg oberhalb der Löwener Mühle. Auch hier handelt es sich um die typischen hellgrauen, dolomitischen Kalke. Sie sind ziemlich eng gebankt. Die Bankmächtigkeit liegt zwischen 20 und 50 cm. Die Lagerung ist horizontal. Der zweite Anschnitt wird durch den Neubau der Sautertalstraße nördlich von Wasserbilliger Brück aufgeschlossen. Die Schichten sind petrographisch ähnlich. Die Klüfte haben meistens glatte Wände. Die Schichten fallen mit  $10^{\circ}$  nach NW ein. Im Hang kann man deutlich das Absinken des oberen Muschelkalks an einer mit etwa  $30^{\circ}$  streichenden Störung beobachten. Die Klüftrichtungsrose zeigt zwei Maxima bei  $40^{\circ}$ - $50^{\circ}$  und bei  $130^{\circ}$ - $140^{\circ}$ .

*Diagramm m<sub>16</sub>:*

Nördlich des Ortsausgangs von Mesenich/Sauer kurz vor der Straßengabelung nach Metzdorf und Grewenich ist wieder ein Straßenanschnitt im oberen Muschelkalk aufgeschlossen. Das Gestein ist gut gebankt, die Klüftung ist engständig. Die Klüftrichtungsrose betont die NNE-Richtung. Das stärkste Maximum liegt bei  $20^{\circ}$ . Ein Nebenmaximum deutet die  $40^{\circ}$ -Richtung an. Die SE-Richtung liegt mit ihrer stärksten Spitze immer noch bei  $140^{\circ}$ . Ein schwaches Nebenmaximum ist noch bei  $90^{\circ}$ - $100^{\circ}$  ausgebildet.

*Diagramm m<sub>17</sub>:*

Ganz ähnliche Verhältnisse zeigt dieses Diagramm. Es wurde in einem alten, schon stark verwitterten Steinbruch östlich von Metzdorf an der Straßenkurve aufgenommen. Die hier anstehenden gut gebankten, gelblichen, dolomitischen Kalke enthalten lagenweise Schille von schlecht erhaltenen Zweischalern. Die Schichten fallen mit  $10^{\circ}$  nach Süden ein. Die Klüftrichtungen zeigen ein starkes Maximum bei  $10^{\circ}$ , ein Nebenmaximum bei  $50^{\circ}$ . Besonders deutlich ist die SE-Richtung ausgebildet. Das breite Maximum streut von  $130^{\circ}$ - $150^{\circ}$  und hat seine stärkste Spitze bei  $140^{\circ}$ .

*Diagramm m<sub>18</sub>:*

Von mehreren Steinbrüchen, die am Herresthaler Hof früher existiert haben, ist heute nur noch ein kleinerer offen. Er wird gelegentlich noch zur Gewinnung von Bruchsteinen und Platten benutzt. Die durchschnittliche Wandhöhe beträgt 5 Meter. Die Schichten sind deutlich geschichtet und eng geklüftet. Große Klüftflächen kommen nicht vor. Die Schichtung im Steinbruch zeigt eine schwache Beulenstruktur. Das Einfallen beträgt auf beiden Seiten etwa  $10^{\circ}$

nach Süden bzw. nach Norden. In der Klufttrichtungsrose treten alle drei bisher besprochene Richtungen auf. Diesmal zeigt allerdings wieder die NE-Richtung das stärkere Maximum mit Streichrichtungen von 40°-50°. Die NNE-Richtung hat ihr Maximum bei 20°. Sehr stark ist die SE-Richtung ausgebildet mit einem Maximum bei 130°.

#### *Diagramm m<sub>19</sub>:*

Am östlichen Ortsausgang von Kersch an der Straße nach Wintersdorf liegt links der Straße ein kleiner Steinbruch. Hier wird ein hellgrauer bis gelblicher, dolomitischer Kalk abgebaut und hauptsächlich zu Wegschotter verarbeitet. Teilweise werden auch Bruchsteine hergestellt. Die Schichten sind schwach fossilführend. Die Aufschlußhöhe beträgt etwa 5-8 Meter. Die Klüftung ist engständig, die einzelnen Kluftflächen sind klein. Im Klufttrichtungsdiagramm treten zwei Maxima stark heraus. Das erste streicht mit 50° in der NE-Richtung, das zweite ist sehr schwach ausgebildet und liegt bei 140°. Eine kleine Spitze zeigt noch in die 20°-Richtung. Die Schichten fallen mit 8° nach Norden ein.

#### *Diagramm m<sub>20</sub>:*

Das Diagramm faßt die Messungen zweier Steinbrüche westlich und südlich von Aach zusammen. Der erste Bruch westlich von Aach liegt südlich der Straße nach Hohensonne. Der obere Muschelkalk ist hier grobbankiger und ziemlich grobgeklüftet. Der Dolomitgehalt tritt etwas zurück. Es steht ein heller, harter Kalk an. Die Kluftflächen sind groß und reichen oft von der Sohle bis zur Oberfläche. Aber diese Kluftflächen sind zusätzlich wieder von kleineren Sekundärklüften zerrissen, die dann an den Bankfugen absetzen. Bei den Sekundärklüften treten aber dieselben Richtungen auf, wie bei den Hauptklüften. Der zweite Bruch liegt östlich der Bundesstraße 51 und südlich von Aach am Osthang des Geisberges. Auch hier herrschen größere Kluftflächen vor. Das Gestein ist oberflächlich stärker verwittert und wirkt daher gelblicher als im vorher beschriebenen Aufschluß. Das Einfallen der Schichtung beträgt 10° nach NW. Die Klüftung zeigt neben zwei starken Maxima nach NE (40°) und nach SE (130°-140°) noch ein Nebenmaximum bei 20°.

#### *Diagramm m<sub>21</sub>:*

Südlich des Dörfchens Butzweiler ist in einem tektonischen Graben ein kleiner Rest des oberen Muschelkalks übriggeblieben. Er wird kurz vor dem Ort in einem kleinen Steinbruch abgebaut. Das Gestein wird als Bruchstein und als Packlager zum Wegebau benutzt. Der harte Kalk ist gut gebankt, aber grob geklüftet. Die Schichten fallen mit 8° nach Westen ein. Die Messungszahl in diesem Steinbruch ist sehr gering. Es wurde trotzdem ein eigenes Diagramm gezeichnet, da in der weiteren Umgebung kein sonstiger Aufschluß im Muschelkalk vorhanden ist. Die Streuung ist trotz der wenigen Messungen gering. Die NE-Richtung stellt das stärkste Maximum mit einer Streichrichtung von 40°, daneben erscheint ein deutliches Maximum bei 20°. Die SE-Richtung (130°) ist schwächer vertreten.

#### *Diagramm m<sub>22</sub>:*

Dieses Diagramm stammt aus dem unteren Muschelkalk, dem Muschelsandstein. Er ist an einem Straßenanschnitt im Sauertal nördlich von Ralingen aufgeschlossen. Der Sandstein



ist gut gebankt und regelmäßig geklüftet. Die Färbung wechselt zwischen rotbraun und grünlich. Auf der Schichtfläche sind oft verschiedenste Lebensspuren zu sehen. Im allgemeinen kann man einen starken Glimmergehalt feststellen. Große Klufflächen kommen nicht vor, die Klüfte setzen an den Bankfugen ab. Die Schichten fallen mit etwa  $3^\circ$  nach Osten ein. Die Kluftrichtungsrose zeigt ein starkes Maximum bei  $40^\circ$  und ein Nebenmaximum bei  $20^\circ$ . Das SE-Maximum zeigt ohne wesentliche Streuung Streichwerte von  $140^\circ$ .

*Diagramm  $m_{23}$ :*

An der Straßengabelung Wallendorf-Körperich im Sauerthal liegen mehrere Steinbrüche im oberen Muschelkalk, von denen augenblicklich noch einer in Betrieb ist. Hier ist der harte, graue Dolomit wieder sehr grobgebankt und grob geklüftet. Die großen Klufflächen sind im allgemeinen glatt. Schon von weitem kann man die bevorzugten Kluftrichtungen im Steinbruch erkennen. Die Schichtmessungen zeigen ein flaches Einfallen ( $3^\circ$ ) nach Süden. Im Kluftrichtungsdiagramm herrscht diesmal die  $20^\circ$ -Richtung vor. Aber auch die NE streichende Klüftung (Maximum bei  $40^\circ$ ) ist fast gleichstark vertreten. Einheitlich ist nur das SE-Maximum. Die Spitze liegt bei  $140^\circ$ .

*Diagramm  $m_{24}$ :*

Ein ganz ähnliches Bild zeigt dieses Diagramm, das am Straßenanschnitt kurz vor der Ortschaft Bollendorf aufgenommen wurde. Die Klüftung ist hier im allgemeinen wieder kleinflächiger. Das Kluftrichtungsbild zeigt ebenfalls das in eine NNE- und eine NE-Richtung aufgespaltene erste Maximum. Diesmal ist allerdings die NE-Richtung ein wenig stärker vertreten. Das SE-Maximum liegt unverändert bei  $140^\circ$ .

*Diagramm  $m_{25}$ :*

Am Bahnhof von Irrel ist der obere Muschelkalk an mehreren Stellen aufgeschlossen. Südlich der Straße liegen alte Steinbruchwände, weitere Aufschlüsse liefert der Anschnitt durch die Gleisanlagen des Bahnhofs. Der graue dolomitische Kalk ist sehr unterschiedlich geklüftet. In den alten Steinbruchwänden findet man sehr große durchgehende Klufflächen. Die Bankung ist nicht deutlich zu erkennen. Am Bahnhof sind die Schichten gutgebankt und die Klüftung ist wesentlich engständiger. Die Schichten fallen mit  $20^\circ$  nach NW ein. Die Kluftrichtungsrose zeigt die drei in diesem Gebiet immer wieder auftretenden Richtungen. Diesmal ist das NNE-Maximum bei  $10^\circ$  nur als Nebenmaximum ausgebildet. Das NE-Maximum bei  $50^\circ$  tritt viel stärker hervor. Das stärkste Maximum bildet die SE-Richtung bei  $130^\circ$ .

*Diagramm  $m_{26}$ :*

An der Straße von Irrel nach Eisenach liegen links der Straße mehrere Aufschlüsse im oberen Muschelkalk. Es handelt sich zum Teil um Anschnitte durch die Straße, zum Teil auch um regelrechte Steinbrüche. Das Gestein ist gut, aber grob gebankt. Die Klüftung ist entsprechend weitständig. Das Einfallen der Schichten beträgt  $6^\circ$  nach NE. In der Kluftrichtungsrose tritt eine neue Richtung bei  $170^\circ$  als Nebenmaximum auf. Sie ist aber nur von örtlicher Bedeutung.

Die NNE-Richtung bildet bei  $10^\circ$  ein starkes Maximum. Gleichstark ist die NE-Richtung bei  $40^\circ$ . Die SE-Richtung bei  $140^\circ$  ist etwas schwächer vertreten.

*Diagramm  $m_{27}$ :*

Die Messungen zu diesem Diagramm wurden an einem Straßenanschnitt an der Straße von Kordel nach Welschbillig aufgenommen. Die hier anstehenden sandigen Dolomite sind gut gebankt. Die Klüftung ist engständig. Die Schichten fallen mit  $7^\circ$  nach Norden ein. Die Kluftrichtungsrose zeigt zwei deutlich ausgeprägte Richtungen. Das NE-Maximum liegt bei  $50^\circ$ , das noch stärkere Maximum der SE-Richtung bei  $140^\circ$ .

*Diagramm  $m_{28}$ :*

Nördlich von Irrel liegt links der Bundesstraße 257 an der Eisenbahnüberführung über die Straße ein großer Steinbruch im oberen Muschelkalk. Hier wird ein graugelblicher, mergeliger Kalk abgebaut. Die Schichten sind gut gebankt, aber ziemlich grob geklüftet. Große Klufflächen bilden Nischen in der Steinbruchwand. Die Wandhöhe des Steinbruchs beträgt etwa 20-25 Meter. In breiten Kluftpalten konnte häufig eine dicke Ausfüllung von Kalkspat beobachtet werden. Die Schichten fallen mit  $5^\circ$ - $20^\circ$  nach Westen ein. Die Kluftrichtungsrose zeigt das stärkste Maximum in der NNE-Richtung bei  $10^\circ$ - $20^\circ$ . Ein schwaches Nebenmaximum liegt bei  $40^\circ$ . Die SE-Richtung ist mit einem starken Maximum bei  $130^\circ$  vertreten.

*Diagramm  $m_{29}$ :*

Bei den Dörfern Meckel und Gilzem liegen mehrere, noch in Abbau stehende Steinbrüche im oberen Muschelkalk. Sie liefern Schotter für den Straßenbau. Daß hier schon sehr früh Steinbrüche betrieben wurden, zeigt ein römischer Kalkofen, der in dem Steinbruch bei Gilzem noch sehr gut erhalten ist. Abgebaut wird ein gut gebankter, hellgrauer, teilweise etwas dolomitischer Kalk. Die Klüfte sind meistens recht groß und durchsetzen mehrere Bänke. Zonenweise tritt auch eine engständige Klüftung auf. In der Kluftrichtungsrose sind zwei Maxima ausgeprägt. Das erste liegt bei  $30^\circ$  genau zwischen der NNE- und der NE-Richtung. Das SE-Maximum liegt bei  $130^\circ$ .

*Diagramm  $m_{30}$ :*

Am Dorfrand von Sülz am Ortsausgang nach Trimport liegt ein neu angelegter Steinbruch im oberen Muschelkalk. Das Gestein ist gut gebankt und grob geklüftet. Oft sind bis zu 30 cm mächtige Lehmausfüllungen in den Kluftpalten. Das Gestein selbst ist ein sehr harter, etwas dolomitischer Kalk mit einer sehr hohen Druckfestigkeit. Der Stein wird hauptsächlich zum Straßenbau verwendet. Ein weiterer kleiner, verlassener Bruch liegt beim Dorf Röhl am Sportplatz. Die Gesteinsausbildung entspricht der des Bruches bei Sülz. Das Einfallen der Schichten beträgt  $10^\circ$  nach NW. Das Kluftrichtungsdiagramm hat das stärkste Maximum bei  $20^\circ$ . Ziemlich stark ist auch die  $30^\circ$ -Richtung vertreten. Die SE-Richtung zeigt mit geringer Streuung in die  $130^\circ$ -Richtung.

#### *Diagramm m<sub>31</sub>:*

Das Diagramm faßt die Meßwerte von zwei kleineren Steinbrüchen in der Umgebung der Orte Olsdorf und Niehl zusammen. Der erste Bruch liegt genau zwischen beiden Dörfern auf dem Höhenrücken des Buchenberges. Hier wurde noch gearbeitet. Der harte dolomitische Kalk ist sehr grob geklüftet. Die Klüfte bilden große Flächen, nach denen der Abbau ausgerichtet ist. Die Wandhöhe beträgt etwa 2 Meter. Der zweite Bruch liegt an der Straße von Niehl nach Mettendorf. Die Gesteins- und Kluftausbildung ist hier ähnlich. Das Schichteinfallen beträgt 5° nach Westen. Die Kluftrichtungen bilden zwei Maxima, eines bei 20° und ein zweites, schmäleres bei 150°.

#### *Diagramm m<sub>32</sub>:*

Kurz vor der Ortschaft Oberweis liegt rechts der Straße von Bitburg nach Oberweis ein zum großen Teil schon zugeschütteter Steinbruch im oberen Muschelkalk. Die Steinbruchwand ist etwa 3 Meter hoch und schon sehr stark verwittert. Die großen durchgehenden Kluftspalten sind mit Lehm ausgefüllt. Das Einfallen der Schichten beträgt 10° nach SE. Das Kluftrichtungsdiagramm zeigt ein von den anderen Diagrammen abweichendes Bild. Das stärkste Maximum liegt bei 0°-10°. Eine reine Nord-Süd-Richtung ist bisher noch nicht so stark aufgetreten. Auch das SE-Maximum ist in die Ost-West-Richtung verschoben und teilt sich in einen Ast, der mit 90° streicht und einen zweiten, der Streichwerte von 120° zeigt. Die bisher immer vertretene NE-Richtung fehlt hier ganz.

#### *Diagramm m<sub>33</sub>:*

An der Straße von Bitburg nach Metterich sind am Hotel Ahlbachmühle mehrere Straßenanschnitte im oberen Muschelkalk. Etwa 1 km weiter nach Osten ist ebenfalls direkt an der Straße ein großer Steinbruch, der den oberen Muschelkalk in einer Mächtigkeit von 30-40 Metern anschneidet. Der obere Muschelkalk ist in beiden Aufschlüssen sehr grob gebankt. Bankmächtigkeiten von über einem Meter kommen vor. Die Schichten fallen mit 8° nach SE ein. In der Kluftrichtungsrose sind nur zwei Richtungen deutlich ausgeprägt. Trotz der großen Messungszahl treten keine Nebenmaxima auf. Das erste Maximum liegt in der 30°-Richtung, das andere in der 130°-Richtung.

#### *Diagramm m<sub>34</sub>:*

Hinter dem Dorf Hüttingen rechts der Straße nach Gondorf lagen früher mehrere Steinbruchbetriebe, von denen heute der größte Teil stillgelegt und zugeschüttet ist. Nur in einem kleineren noch in Betrieb stehenden Bruch konnte noch gemessen werden. Der obere Muschelkalk ist hier in einer Wandhöhe von etwa 3 Metern aufgeschlossen. Die Klüfte sind recht groß und durchziehen die ganze Wandhöhe. Das Gestein selbst ist ein fester, blaugrauer Kalk. Die Schichten fallen mit 8° nach NW ein. In diesem Steinbruch tritt sehr deutlich das Maximum der NNE-Richtung bei 20° auf. Die NE-Richtung deutet sich evtl. in einer kleinen Zackung des Hauptastes noch an. Die SE-Richtung streicht jetzt mit 120°.

#### *Diagramm m<sub>35</sub>:*

Das Diagramm faßt die Messungen zweier Steinbrüche zusammen. Der erste Bruch liegt am Ortsausgang von Pickließem an der Straße nach Dudeldorf. Es ist ein sehr ausgedehnter Bruch mit einer durchschnittlichen Wandhöhe von 10-15 Metern. Hier steht ein dolomitischer Kalk an, der die typische gelbliche Verwitterungsfarbe zeigt. Lagenweise sind Fossilschille unbestimmbarer Bivalven vorhanden. Die Klüftung ist ausgesprochen grob in Abständen von mehreren Metern ausgebildet. Die Kluftwände sind teilweise sehr glatt und in konstanter Richtung über mehr als 20 Meter auf der Steinbruchsohle zu verfolgen. Die Schichten fallen mit 7° nach Osten ein. Der zweite Steinbruch liegt kurz vor Dudeldorf an der Marschelder Mühle. Hier herrschen kleinere Klüfte vor. Sonst aber entspricht das Gestein dem vorherbesprochenen genau. Die Klufrichtungsrose zeigt ein schon bekanntes Bild. Die 20°-Richtung bildet ein starkes Maximum. Die NE-Richtung tritt etwas zurück und ist etwas nach Osten verschoben. Sie streicht hauptsächlich mit 60°. Das Maximum der SE-Richtung liegt bei 150°. Einige Werte deuten noch eine Ost-West-Richtung bei 90° an.

#### *Diagramm m<sub>36</sub>:*

In diesem Diagramm sind eine ganze Reihe kleinerer Brüche im oberen Muschelkalk im Gebiet von Rittersdorf, Biersdorf und Ließem westlich von Bitburg vereinigt. Sie sind fast alle schon lange außer Betrieb und zum Teil zugeschüttet. Im allgemeinen herrschen große Klüfte und grobe Bankung vor, sodaß in einzelnen Aufschlüssen nur wenige Werte gemessen werden konnten. Die Klufrichtungsrose zeigt, da es sich um ein ziemlich großes, zusammengefaßtes Gebiet handelt, eine starke Streuung. Trotzdem kommen die wichtigen Richtungen deutlich heraus. Das NNE-Maximum bei 20° und das NE-Maximum bei 50° sind beide fast gleich stark vertreten. Stärker als beide ist das SE-Maximum bei 150° ausgebildet.

#### *Diagramm m<sub>37</sub>:*

Nördlich Bitburg liegen bei dem Dorf Nattenheim mehrere Steinbrüche im oberen Muschelkalk an der sog. Nattenheimer Barriere. Die Steinbrüche werden heute nur noch gelegentlich benutzt. Sie lieferten gute Bruchplatten und Bruchsteine zum Fundamentbau, sowie Schotter zum Straßen- und Wegebau. Das Gestein ist ein plattig ausgebildeter, mergeliger Kalk. Die Klüfte sind meist recht groß und bilden durchgehende Flächen. Häufig sind sie von Lehmzwischenlagen ausgefüllt. Die Werte werden hauptsächlich aus drei Steinbrüchen bei Nattenheim entnommen. Wenige Werte stammen aus einem Steinbruch bei Fließem. Die Schichten fallen mit 10° nach SW ein. Die Aufschlußhöhe beträgt im Durchschnitt 5-7 Meter. Die Klufrichtungsrose zeigt ein starkes Maximum bei 40°. Auch die 30°-Richtung ist stark vertreten. Merkwürdigerweise tritt die NNE-Richtung hier garnicht auf. Die SE-Richtung hat ein Maximum bei 130° und 150°.

#### *Diagramm m<sub>38</sub>:*

Sehr ähnlich ist auch das Diagramm, das weiter östlich bei der Ortschaft Badem in einem kleinen Steinbruch am Wasserbehälter aufgenommen wurde. Die Gesteins- und Kluftaus-

bildung entspricht genau der vorigen Beschreibung. Die Schichten fallen mit  $12^\circ$  nach Süden ein. Die Steinbruchwand ist etwa 3 Meter hoch. Die Kluftrichtungsrose zeigt ein Maximum bei  $40^\circ$  ohne wesentliche Streuungen. Das SE-Maximum ist etwas schwächer und streut weiter. Die stärkste Spitze ist bei  $140^\circ$  ausgebildet.

*Diagramm  $m_{39}$ :*

Am südlichen Ortsausgang von Gindorf liegen zwei Steinbrüche im oberen Muschelkalk. Der erste liegt sofort an der Straße und ist nicht mehr in Betrieb. Der zweite liegt etwa 500 Meter westlich der Straße. Er scheint ziemlich neu aufgeschlossen zu sein. Der hellgraue, gelblich verwitternde Kalk ist nur zum Teil plattig ausgebildet, zum Teil bildet er auch mächtige Bänke. Die Klüftung ist im allgemeinen sehr grob. Große, klaffende Spalten liegen mehrere Meter auseinander. Zonenweise schalten sich auch Kluftscharen mit kleineren Einzelklüften ein. Die Schichten fallen mit  $14^\circ$  nach SE ein. Die Wandhöhe des ersten Steinbruchs beträgt etwa 5 Meter, die des zweiten etwa 10 Meter. Die Kluftrichtungsrose zeigt ein recht interessantes Bild. Das Hauptmaximum liegt in der NNE-Richtung. Die stärkste Spitze erreicht  $10^\circ$ , aber auch  $20^\circ$  und  $30^\circ$  sind noch stark vertreten. Schwach ist dagegen das SE-Maximum. Es teilt sich in zwei Äste. Die eine Spitze liegt bei  $150^\circ$ , die zweite zeigt die  $110^\circ$ -Richtung an und schwenkt damit mehr in die der NNE-Richtung entsprechende ESE-Richtung ein.

4b. *Buntsandstein* (s. Tafel 7-8)

*Diagramm  $s_1$ :*

Nördlich Trier an der Straße nach Kockelsberg liegt rechts der Straße im Hang zum Moseltal hin ein alter, fast ganz zugewachsener Steinbruch im oberen Buntsandstein. Zu den Messungen in diesem Bruch wurden weitere Meßwerte aus einem stillgelegten Bruch hinter dem Restaurant am Kockelsberg hinzugezogen. Einige Messungen wurden noch in einem kleinen Steinbruch am Ortsausgang von Aach gemacht. Der Buntsandstein ist ein sehr grob gebankter, mittel- bis feinkörniger, gut verfestigter Sandstein. Es kommen Bankmächtigkeiten von weit über einen Meter vor. Häufig kann man Schrägschichtung beobachten. Das generelle Schicht-einfallen in diesen Brüchen liegt bei  $6^\circ$  nach SW. Das Diagramm zeigt zwei vorherrschende Richtungen. Die NE-Richtung hat ihr Maximum bei  $50^\circ$ . Die SE-Richtung streicht hauptsächlich mit  $150^\circ$ . Zwei schwache Nebenmaxima zeigen in die  $20^\circ$ - und die  $100^\circ$ -Richtung.

*Diagramm  $s_3$ :*

Nördlich Föhren liegt oben im Wald ein größerer alter Steinbruch im oberen Buntsandstein. Man erreicht den Bruch über die sog. „Clemensallee“, einen Weg, der am Kloster in Föhren vorbei hinauf in den Wald führt. Hier steht ebenfalls der dickbankige, tiefrote Sandstein an. Die Klüftung ist sehr gering. Es ist oft schwer zu entscheiden, ob eine Wand im Steinbruch erst künstlich durch den Abbau entstanden ist, oder ob eine Kluft beim Abbau ausgenutzt wurde.

Künstliche Abbauwände sind allerdings oft an den durch das Bohren hinterlassenen Spuren zu erkennen. Die Schichten fallen mit  $10^\circ$  nach Westen ein. In der Kluftrichtungsrose treten neben der Haupttrichtung bei  $40^\circ$  noch mehrere Nebenmaxima auf. Die deutlichste Spitze liegt bei  $140^\circ$ . Ob die Nebenmaxima bei  $170^\circ$  und  $110^\circ$  mehr als örtliche Bedeutung haben, ist schwer zu sagen.

#### *Diagramm $s_3$ :*

Ein geschlosseneres Bild gibt trotz der geringen Messungszahl das Diagramm, das bei Zemmer aufgenommen wurde. Dort findet der Buntsandstein noch als Baustein Verwendung. Auch zu Steinmetzarbeiten wird er gerne gebraucht, da er sich gut bearbeiten läßt. Da wieder nur sehr große Klüfte ausgebildet sind, ist es schwierig, eine größere Anzahl von Messungen zu bekommen. Im Diagramm ist die NE-Richtung sehr stark bevorzugt. Sie streicht mit  $40^\circ$ - $50^\circ$ . Die SE-Richtung mit dem Streichwertmaximum bei  $140^\circ$  ist erheblich schwächer ausgebildet.

#### *Diagramm $s_4$ :*

Nordwestlich von Herforst westlich der Straße nach Spangdahlem liegen im Bachtale mehrere alte, verlassene Steinbrüche. Hier steht der Buntsandstein als fein- bis mittelkörniger roter Sandstein an. Im allgemeinen ist er gut verfestigt. Unter dem Einfluß der Verwitterung wird er allerdings oft weich und mürbe. Er ist, wie überall, sehr dickbankig und grob geklüftet. Die Schichtung fällt mit  $5^\circ$  nach SW ein. Die Kluftrichtungsrose zeigt trotz der geringen Messungszahl ein klares Bild. Es sind nur zwei wesentliche Richtungen vertreten. Das stärkste Maximum liegt bei  $40^\circ$ , etwas schwächer noch bei  $50^\circ$ . Das SE-Maximum liegt bei  $130^\circ$ .

#### *Diagramm $s_5$ :*

Auf der rechten Kylltalseite südlich von Phillipsheim entlang den Eisenbahnschienen liegen mehrere Anschnitte und alte Steinbrüche im oberen Buntsandstein. Dieses Gestein wurde früher zu großen Schleifsteinen verarbeitet und weithin verschickt. Das Vordringen des Kunststeines hat auch hier den Steinbruchbetrieb zum Erliegen gebracht. Der Buntsandstein zeigt wieder als typische Eigenschaften Dickbankigkeit und grobe Klüftung. Häufig kann man in dem verhältnismäßig dichten Sandstein statt der Klüfte auch flachgerundete Ablösungsflächen erkennen. Die Schichten fallen mit  $5^\circ$  nach Osten ein. In den einzelnen Bänken kann man häufig Schrägschichtung erkennen. Die Kluftrichtungsrose zeigt das stärkste Maximum bei  $20^\circ$ . Ein Nebenmaximum deutet die NE-Richtung bei  $40^\circ$  an. Die SE-Richtung bei  $130^\circ$  ist ziemlich schwach vertreten.

#### *Diagramm $s_6$ :*

Am nördlichen Blattrand von Blatt Oberweis, nördlich des Dorfes Feilsdorf, rechts der Straße von Feilsdorf nach Niederweidlingen liegt im Wald ein kleiner, verlassener Steinbruch im oberen Buntsandstein. Leider ist dies der einzige noch auswertbare Steinbruch in der näheren Umgebung, sodaß die Messungszahl nicht erhöht werden konnte. Trotzdem zeigt die Kluftrichtungsrose ein deutliches Bild. Als stärkstes Maximum tritt diesmal die SE-Richtung bei

150° hervor. Deutlich ist das NE-Maximum bei 40° mit Streuwerten bis zu 60°. Ob die Einzelwerte bei 10° und bei 90° noch als Einfluß der NNE-Richtung zu werten sind, muß bei der geringen Messungszahl fraglich bleiben.

#### *Diagramm s<sub>7</sub>:*

Zwei Steinbrüche im oberen Buntsandstein liegen südlich des Klosters Himmerod am Weg von Himmerod nach Altenhof. Der erste ist schon sehr alt und wurde im Mittelalter zum Bau des Klosters betrieben. Der zweite wurde erst im letzten Jahrhundert angelegt, um Restaurierungsarbeiten am Kloster durchführen zu können. Beide Brüche sind stark verwittert und lieferten nur wenige Kluftwerte. Die Schichten fallen flach nach NE ein. Die Klufttrichtungsrose zeigt als deutliches Maximum die NNE-Richtung bei 30°. Die Streuung ist ganz gering. Das SE-Maximum ist aufgespalten. Eine Spitze zeigt in die 110°-Richtung, eine zweite stärkere in die 130°-Richtung.

#### *Diagramm s<sub>8</sub>:*

Mehrere alte Brüche liegen rechts der Straße von Kyllburg nach Oberkail ungefähr an der Mündung der Straße, die von St. Thomas heraufkommt. Der Sandstein ist sehr dickbankig ausgebildet. Nur gelegentlich kommen plattige Zonen vor. Die Korngrößen schwanken zwischen 0,2 und 0,5 mm. Die Kluftrose betont die NE-Richtung mit einem Maximum bei 40°. Die SE-Richtung hat ihr Maximum bei 130°-140°. Zwei Nebenmaxima bei 60° und 160° sind wohl örtlich bedingt und können nicht weiter gedeutet werden.

#### *Diagramm s<sub>9</sub>:*

Links der Straße von St. Thomas nach Neidenbach liegen am Osthang des Schneeberges zwei sehr große, heute stillgelegte Steinbrüche im oberen Buntsandstein. Die Wandhöhe beträgt zum Teil über 15 Meter. Neben den typischen dickbankigen Partien kommen auch plattige Zonen vor. Häufig können Toneinlagerungen beobachtet werden. Sie halten aber nicht länger durch. Oft sind es nur zentimetergroße Tongallen. Deutlich ist eine Schrägschichtung zu erkennen. Die Bänke fallen mit 10° nach SW ein. Die Kluftrose zeigt als Hauptmaxima die 40°-Richtung und die 140°-Richtung. Daneben treten noch zwei Nebenmaxima bei 0°-10° und bei 80°-100° auf. Schließlich tritt noch eine Nebenrichtung bei 160° auf.

Im Gebiet zwischen Neuheilenbach und Balesfeld ist eine große Anzahl von Steinbrüchen im oberen Buntsandstein vorhanden. Allerdings sind heute die meisten dieser Brüche nicht mehr in Betrieb. Nur in wenigen Brüchen werden noch Bruchsteine und Platten zum Verkleiden von Wänden gewonnen. Da der rote Sandstein recht dekorativ ist, kann er sich auch heute noch gegenüber den Kunststeinen durchsetzen. Aus diesem Gebiet stammen die nächsten beiden Diagramme.

#### *Diagramm s<sub>10</sub>:*

Südlich von Balesfeld an der Straße von Bitburg nach Neustraßburg etwa 500 Meter nördlich des Wirtshauses Waxbrunnen liegen rechts und links der Straße mehrere große Stein-

brüche, in denen zum Teil auch heute noch gearbeitet wird. Der Gesteinshabitus entspricht dem schon früher beschriebenen. Nur der Anteil von plattigen Zonen nimmt auf Kosten der dickbankigen Bereiche zu. Schrägschichtung ist häufig zu beobachten. Die Schichten fallen mit  $10^\circ$  nach SE ein. Die Messungen wurden in zwei Steinbrüchen rechts und links der Straße durchgeführt. In die Darstellung mit einbegriffen wurden noch weitere Messungen in einem alten Steinbruch weiter nördlich am Dreeskopf. Die Kluftrichtungsrose zeigt ein einfaches Bild. Ein starkes Maximum bei  $50^\circ$  zeigt die vorherrschende NE-Richtung an. Das etwas schwächere Maximum bei  $150^\circ$  weist in die SE-Richtung.

*Diagramm s<sub>11</sub>:*

Das zweite Diagramm wurde in einem Steinbruch am südlichen Ortsausgang von Neuheilenbach aufgenommen. Die Kluftrichtungsrose betont stark die NNE-Richtung mit einem Maximum bei  $10^\circ$ - $20^\circ$ . Entsprechend liegt das SE-Maximum bei  $120^\circ$ . Von den auftretenden Nebenrichtungen ist nur ein Maximum bei  $160^\circ$  etwas stärker erkennbar.

*Diagramm s<sub>12</sub>:*

Das letzte Diagramm im Buntsandstein wurde in Steinbrüchen auf der sog. Bettinger Buntsandsteintafel nördlich von Gerolstein aufgenommen. Diese Buntsandsteintafel ist eine isolierte Scholle, die durch die Abtragung von der geschlossenen Buntsandsteindecke im Süden abgeschnitten ist. Die Messungen wurden in 3 Steinbrüchen im Ortsgebiet von Oberbettingen vorgenommen. Nur in einem Steinbruch wird heute noch gearbeitet. Petrographisch unterscheidet sich der Sandstein nicht von dem des südlichen Gebietes. Die Kluftrose zeigt jedoch ein etwas verändertes Bild. Das stärkste Maximum liegt in der  $80^\circ$ - $90^\circ$ -Richtung. Einem schwachen Maximum bei  $20^\circ$  entspricht ein Nebenmaximum bei  $110^\circ$ . Die SE-Richtung ist mit einem stärkeren Maximum bei  $140^\circ$  vertreten. Ganz schwach deutet sich die NE-Richtung mit einer Spitze bei  $40^\circ$  an.

*4c. Der Luxemburger Sandstein (s. Tafel 8)*

Die drei folgenden Diagramme wurden in Schichten des unteren Lias, im sog. Luxemburger Sandstein aufgenommen. Diese Sonderfazies der Angulaten-Schichten zieht von Echternach nach Norden noch etwa 12 km über die Grenze in deutsches Gebiet hinein. Im Gegensatz zu den meisten Steinbrüchen im Luxemburger Gebiet ist der Sandstein hier meistens schwach verfestigt und eignet sich nicht zur Gewinnung von Bausteinen. In allen heute noch betriebenen Brüchen wird er zu Sand verarbeitet.

*Diagramm l<sub>1</sub>:*

Südöstlich von Ernzen am Rande der Sandsteinplatte liegen mehrere Sandgruben im Luxemburger Sandstein. Das Gestein ist im frischen Anschnitt gut gebankt und ziemlich eng



geklüftet. Der Sandstein ist hellgelb bis fast weiß und recht grobkörnig. Da das Gestein sehr schwach verfestigt ist, muß man die Ausbildung der Kluftrichtungen vorsichtig betrachten, da ein Teil sicherlich auf Abbauwirkungen zurückzuführen ist. Die Kluftrichtungsrose zeigt drei deutliche Maxima. Die NNE-Richtung ist mit einem starken Maximum bei  $20^\circ$  vertreten. Es folgt ein Maximum bei  $90^\circ$ - $100^\circ$ . Als drittes erscheint ein zweigeteiltes Maximum in der SE-Richtung bei  $140^\circ$  und etwas schwächer bei  $160^\circ$ . Vielleicht deuten wenige Messungen bei  $60^\circ$  noch die NE-Richtung an.

#### *Diagramm $l_2$ :*

Die Messungen zu diesem Diagramm wurden an Straßenanschnitten an der Prümer Burg und bei Ferschweiler aufgenommen. Hier bildet der Luxemburger Sandstein sogar große Felsen, die weitgehend sehr tief zerklüftet sind und durch die Verwitterung zu bizarren Formen bearbeitet wurden. Vor allem in der Umgebung der Prümer Burg ist dadurch eine sehr reizvolle Landschaft entstanden. Der Sandstein ist dickbankig. Die Schichten liegen fast horizontal. Die Kluftrichtungsrose zeigt ein Maximum bei  $30^\circ$  und ein zweites etwas schwächeres bei  $120^\circ$ .

#### *Diagramm $l_3$ :*

Am östlichen Ortsausgang von Wolsfelderberg nach Wolsfeld liegt ein alter noch nicht verschütteter Steinbruch im Liassandstein, ebenfalls am Rande der Sandsteinplatte. Das Gestein ist unregelmäßig geschichtet und ziemlich stark von kleinen und großen Klüften zerrissen. Der Sandstein ist hier etwas fester. Als Verwitterungsfarbe zeigt er ein dunkles Braungelb. Die Kluftrose zeigt als deutlichstes Maximum die NNE-Richtung bei  $20^\circ$ . Etwas schwächer ist auch die SE-Richtung mit einem Maximum bei  $130^\circ$  ausgebildet.

#### *4d. Rotliegendes (s. Tafel 8)*

#### *Diagramm $r_1$ :*

Als letztes soll nun noch ein Diagramm aus dem Rotliegenden der Wittlicher Mulde besprochen werden. Es wurde in mehreren alten Steinbrüchen am Ostrand der Stadt an der Wasserkläranlage aufgenommen. Das Rotliegende, hier sprziell die Waderner Schichten, steht als intensiv rotgefärbter, sehr dichter, mittelkörniger, ungeschichteter Sandstein an. Die Klüftung ist dementsprechend sehr schlecht. Im allgemeinen herrschen einige wenige große Klüfte vor, die zum Teil nicht richtungskonstant sind. Die Kluftrichtungsrose gibt das echte Kluftbild nicht ganz richtig wieder. Hier treten zahlenmäßig die meist kleinen Klüfte der  $30^\circ$ -Richtung stärker hervor, als die im allgemeinen sehr großen und glatten Klüfte der  $70^\circ$ -Richtung. Die übrigen Maxima bei  $100^\circ$  und bei  $180^\circ$  sind schwer einzuordnen und möglicherweise nur örtlich bedingt.

## 5. Ursachen der Klufrichtungen und ihre Beziehung zum tektonischen Bau des Mesozoikums der westlichen Eifel und des luxemburgischen Gebietes.

### 5a. Zonen mit einheitlicher Klufrichtung (s. Karte 3a)

Nach der Besprechung der einzelnen Klufrichtungsdiagramme, der Aufschlußverhältnisse und der petrographischen Merkmale der für die Messungen wichtigen Gesteine soll nun untersucht werden, welche Ursachen für die vorhandenen Klufrichtungen, sowie für die auftretenden Richtungsänderungen in Frage kommen. Dazu muß das gesamte Kluftbild im Rahmen der eingangs besprochenen großräumigen Tektonik gesehen werden.

Um die Vielzahl der Diagramme in eine übersichtliche Ordnung zu bringen, wurden bestimmte einheitliche Klufrichtungszonen auf der Karte 3a zusammengefaßt. Die Grenzen dieser Zonen verlaufen im Luxemburger Raum und im luxemburgisch-deutschen Grenzbereich zwischen Trier und Bad Mondorf in der NNE-SSW-Richtung. Nur die Nord-Begrenzung der mittleren Zone, die bei Echternach das luxemburgische Gebiet verläßt, verläuft ungefähr NE. Weiter nach Norden läßt sie sich nicht mehr verfolgen.

In dem gesamten Gebiet lassen sich zwei Hauptklufrichtungszonen unterscheiden (I und II). Sie grenzen allerdings nicht scharf aneinander, sondern leiten durch Übergänge ineinander über (Ia). Es ist noch wichtig zu bemerken, daß diese Zonen nicht an bestimmte geologisch gleichalte Schichten gebunden sind, sondern über die verschiedensten Formationsgrenzen hinwegziehen.

Die beiden Hauptzonen lassen sich am deutlichsten im Luxemburger Raum voneinander trennen. Westlich einer Linie, die östlich von Diekirch nach Esch/Alzette verläuft, herrschen Klufrichtungen vor, die zwischen  $40^{\circ}$  und  $50^{\circ}$  streichen. Dieselbe Zone läßt sich im östlichen Teil des Landes im Gebiet südlich von Echternach ausscheiden. Ein drittes Mal findet sich diese Zone östlich einer Linie, die westlich an Trier vorbei nach Süden bis etwa Bad Mondorf zieht. In der zweiten Hauptzone herrschen Kluftstreichrichtungen von  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  vor. Häufig ist die NE-Richtung allerdings als Nebenmaximum vorhanden. Am deutlichsten ist diese Zone im Bereich von Esch/Alzette über die Stadt Luxemburg nach Norden ausgeprägt. Nördlich der luxemburgischen Grenze verbreitert sie sich stark und wird im gesamten mesozoischen Raum der südlichen Eifel vorherrschend. Als ganz schmale Zone tritt sie nochmals etwa bei Grevenmacher beginnend bis ins Sauerland hinauf in Erscheinung.

Bei der Aufstellung dieser Klufrichtungszonen wurde immer nur der NE-Quadrant des Klufrichtungsdiagramms betrachtet. Auf Grund der tektonischen Gegebenheiten in diesem Raum ist der NNE- und der NE-Ast der Richtungsrose besonders charakteristisch, während die Klufrichtungen der SE-Richtung sekundär von den ersteren bestimmt werden.

Zwischen die zwei Hauptzonen ist nun mehrfach eine Übergangszone (Ia) eingeschaltet, in der zwar die NE-Richtung meist als Hauptrichtung auftritt, die NNE-Richtung

aber immer schon als Nebenrichtung vorhanden ist. In einigen Fällen stellt sich auch eine mittlere Richtung von etwa  $30^\circ$  ein.

Das Gebiet um Differdingen und Lasauvage muß aus diesen Betrachtungen ausgeschlossen werden, da es als eigenes Becken mit spezieller Tektonik etwas abweichende Richtungen aufweist.

Vergleicht man die östliche und die westliche Klufrichtungszone II miteinander, so fällt die sehr unterschiedliche Breite auf. Die westliche Zone ist sehr breit und besitzt auch eine breite Übergangszone, die östliche Zone ist dagegen nur unvollständig und schmal ausgebildet.

#### 5b. *Entstehung der NE-Klufrichtung*

Die Klufrichtungszone I mit Klufrichtungen zwischen  $40^\circ$  und  $50^\circ$  nimmt in dem gesamten untersuchten Gebiet den größten Raum ein. Im folgenden soll nun untersucht werden, welches die Gründe für dieses weiträumige Auftreten einer Klufrichtung sein können. Im Kapitel über die Tektonik im Mesozoikum der Südeifel und des luxemburgischen Gebietes wurde darauf hingewiesen, daß das Deckgebirge nicht nur eine flache, nach SW geneigte Schichttafel ist, sondern in flache Mulden- und Sattelstrukturen gegliedert ist, die sich in ihrer Achsenrichtung dem variskisch gefalteten Untergrund anpassen, d. h. ungefähr NE-SW streichen. Diese Schichtverbiegungen werden von parallel streichenden Brüchen begleitet (s. Karte 1). Es sind keine echten Faltenstrukturen, die ihre Ursache in einer Einengungstektonik haben, sondern vom Untergrund durchgepauste Flexuren, die zu Zerrungen im Deckgebirge geführt haben. Der Begriff der "Stockwertektonik" in der von F. LOTZE (1961) gegebenen Definition kann für diese Erscheinung nicht angewendet werden. F. LOTZE bezeichnet nämlich damit eine „verschiedene tektonische Reaktionsform mechanisch verschiedenartiger übereinanderliegender Gesteinskomplexe bzw. Erdrindenniveaus (=tektonische Stockwerke) bei gleichzeitiger tektonischer Beanspruchung". Die Bedingung der gleichzeitigen Beanspruchung ist bei derartigen durchgepausten Strukturen aber nicht in dem von F. LOTZE gemeinten Sinne erfüllt.

Auf Grund dieser tektonisch vorgegebenen Bedingungen läßt sich einiges über die Entstehung der Deckgebirgsklüfte sagen. Mehrfach wird in der Literatur erwähnt, daß Klüfte sehr rasch, bei ersten schwachen tektonischen Beanspruchungen aufreißen. F. LOTZE (1933) bezeichnet schwache epirogene Verbiegungen als wesentliche Ursache für die Bildung der sog. „gemeinen Klüfte". Bei von ihm durchgeführten Versuchen traten bei schwachem Durchbiegen von Eisenbetonplatten Kluftsysteme auf, die rechtwinklig aufeinanderstanden. Die durch die alte Anlage der paläozoischen Sattel- und Muldenzonen hervorgerufene Wellung der Deckgebirgsschichten entspricht in etwa diesem Versuch. Die Klufrichtungen streichen ungefähr parallel bzw. senkrecht zu den Sattel- und Muldenachsen. Dasselbe beobachtete auch R. HORMANN (1955) im oberfränkischen Deckgebirge. Er setzt hinzu, daß die parallel zu stärkeren Schichtverbiegungen streichenden Klüfte meistens scharfe, glatte Flächen ausbilden. Das senkrecht dazu stehende Kluftsystem bildet rauhe, unebene Kluftwände aus. Auch E. BOEKE (1963) beschreibt dies in seiner Arbeit über die Münsterländer Kreide. Im hier untersuchten Gebiet

läßt sich dies nicht immer deutlich erkennen. Auch im senkrecht zu den Faltenachsen streichenden SE-System finden sich manchmal glatte Wände. Im allgemeinen ist jedoch das NE-System deutlicher und in vielen Fällen auch mit glatteren Wänden und richtungsbeständiger ausgebildet.

Da der von C. STIELER (1922) geprägte Begriff des „Cloos'schen Systempaares“ für durch reine Druck- oder Zugbeanspruchung entstandene Klüfte im gefalteten Gebirge entwickelt wurde, läßt er sich für diese Zerrungsklüfte nicht exakt anwenden. Besser ist hier der von F. LOTZE definierte Begriff der „gemeinen Klüfte“ zu gebrauchen.

### 5c. Beziehungen zwischen dem paläozoischen und dem mesozoischen Kluftsystem

Bisher konnte festgestellt werden, daß das heute im Mesozoikum vorhandene Kluftsystem indirekt auf paläozoische Strukturen zurückzuführen ist. Es soll nun untersucht werden, inwieweit sich die Klüftung im Deckgebirge direkt mit der des Untergrundes vergleichen läßt. Betrachtet man die Diagramme im Ösling und vergleicht sie mit den Diagrammen aus dem Mesozoikum, so lassen sich nur wenig Übereinstimmungen finden. Nur in einigen Diagrammen im Wiltz- und Klerftal, sowie bei Esch/Sauer treten ähnliche Richtungen wie im Deckgebirge auf. Von einem deutlichen Durchpausen der Klüftung ins Deckgebirge kann man jedoch nicht sprechen.

Eine andere Vergleichsmöglichkeit bietet sich an, wenn man die schon weiter oben beschriebene Horizontierung der Klüfte, wie sie von R. HOEPPENER (1953) angewandt wurde, zu Hilfe nimmt. Wenn man mit R. HOEPPENER und auch F. LOTZE von der Voraussetzung ausgeht, daß die Klüftung zumindest in kompetenten Bänken schon bei ganz geringen Beanspruchungen angelegt wird, so muß man beim Vergleich mehrerer Kluftbilder „die gesamte Schicht mit den Klüften um die Faltenachse und nötigenfalls auch diese um eine Gerade senkrecht zu ihrem Streichen in die Horizontale kippen“ (R. HOEPPENER 1953). Es resultiert eine Klüftung, wie sie sich bei den ersten schwachen Faltungen und Einengungen eingestellt hat. Diese Faltungen dürften den heute im Mesozoikum vorhandenen recht ähnlich gewesen sein und daher auch eine ähnliche Klüftung zeigen.

Zwei Gründe sprechen aber gegen einen derartigen Vergleich. Erstens unterscheiden sich die Faltenstrukturen im Mesozoikum ihrer Genese nach grundsätzlich von denen des Öslings. Während im Paläozoikum von Anbeginn an eine echte Einengungstektonik vorherrschte, zeichnen die Faltenstrukturen des Mesozoikums nur die Strukturen des Untergrundes nach. Später nachwirkende Hebungen und Senkungen in altangelegten Schwellen und Senken ergaben das heutige Bild. Statt der horizontal wirkenden Einengung handelt es sich hier um eine vertikale Bewegung, die hauptsächlich eine Zerrungstektonik hervorrief.

Zweitens wurde schon bei der Abschlußbesprechung der Kluftdiagramme des Öslings erwähnt, daß die Klüftung in vorwiegend inkompetenten Schichten zum größten Teil erst nach

der Schieferung entstanden ist, also nach der Hauptfaltungsphase. Diese Klüfte sind also heute nahezu noch in ihrer Entstehungslage und zeigen trotzdem ganz andere Kluftorientierungen als im Mesozoikum.

Die Kluftsysteme im Mesozoikum haben demnach eine eigenständige Entstehungsgeschichte. Sie sind weder aus dem Untergrund durchgepaust, noch geben sie ein Kluftbild wieder, wie es im Paläozoikum bei Beginn der Faltung vorgelegen haben mag. Ihre Beziehung zum Paläozoikum ist nur indirekt durch die an die variskisch entstandenen Schwellen und Senken gebundenen mesozoischen Flexuren gegeben. Zu ähnlichen Ergebnissen über die Beziehungen zwischen Deckgebirge und Grundgebirge kommt auch H. MURAWSKI (1959) im Bereich des Spessarts.

#### *5d. Einflüsse der Eifeler Nord-Süd-Zone auf das Kluftsystem im Mesozoikum*

Nachdem die Entstehungsursachen des NE gerichteten Kluftsystems besprochen sind, bleibt noch das Auftreten der Kluftorientierungszone II, bzw. des NNE-Systems zu erklären. Die Kluftstreichrichtung ändert sich hierbei im wesentlichen im NE-Quadranten der Kluftorientierungsrose. Die Kluftorientierungen im SE-Quadranten bleiben im allgemeinen unverändert, bzw. verschieben sich etwas nach ESE. Nur im Süden von Luxemburg, im Gebiet der Doggererzbecken herrscht ein ausgesprochenes N-S und E-W-System vor.

Zur Erklärung dieser auffälligen Kluftorientierungsänderung bieten sich zwei Lösungen an. Da es sich im gesamten Gebiet um ein mesozoisches Bruchschollenland handelt, könnte man annehmen, daß eine Schollendrehung das gesamte Kluftsystem in dieser Scholle verschoben hat. Hiergegen sprechen jedoch einige entscheidende Gründe. Zunächst läßt sich das lange Durchhalten dieser Zone mit NNE-Klüftung durch ganz Luxemburg nicht mit der oben angeführten Erklärung in Einklang bringen. Die Kluftorientierungsänderung müßte im Gegenteil auf eine bestimmte, auch in der Länge begrenzte Zone beschränkt sein. Auch der kleinere Bereich entlang der luxemburgisch-deutschen Grenze ist dafür zu langgestreckt.

Gegen den oben angeführten Erklärungsversuch spricht als zweite Tatsache, daß die in der SE-Richtung streichende Kluftorientierung die Drehung nicht in demselben Maße mitmacht. Bei Wallendorf und Moestroff liegt die Streichrichtung unverändert bei 140°-150°, ebenso im großen Steinbruch der Trierer Zementwerke bei Wellen/Mosel und im Bruch bei Palzem/Mosel. Auch die meisten Steinbrüche im nördlichen Teil des Gebietes in der Umgebung von Bitburg zeigen in der SE-Kluftorientierung Streichwerte von 130°-150°. Diese Tatsache schließt aber eine Schollendrehung aus, denn dann müßte ja auch das SE-System um den gleichen Betrag verschoben sein.

Ein dritter Grund, der mit dem vorigen zusammenhängt, spricht ebenfalls noch gegen eine Schollendrehung. Öfters tritt nämlich neben dem NNE-streichenden Hauptsystem ein Nebenmaximum mit der NE-Richtung auf. In Fällen, wo auch die SE-Richtung nach ESE verschoben ist, bildet sie meistens ebenfalls ein schwächeres Nebenmaximum bei 140°-150°.

Diese Überlagerung zweier Systeme tritt vor allem in den Übergangszonen auf, wo meistens die NE-SW-Richtung vorherrscht und die NNE-Richtung als schwächeres Maximum auftritt. Aus diesen Gründen muß eine Schollendrehung ausgeschlossen werden.

Nach dem, was bisher über die Entstehung von Klüften gesagt wurde, müßte man eher eine NNE streichende Schichtverbiegung zur Erklärung heranziehen. An diese Überlegung knüpft der zweite Erklärungsversuch an. Im allgemeinen Teil der Arbeit wurde schon als wesentlicher Teil des tektonischen Inventars der Südeifel und des Luxemburger Gutlandes die Eifeler Nord-Süd-Zone besprochen. Der schon paläozoisch angelegte Flexurgraben hat immer wieder Bewegungen gezeigt und insofern auch einen Einfluß auf das überlagernde Deckgebirge ausgeübt. Diese Bewegungszonen liegen entsprechend der ganzen Struktur der Zone natürlich in der NNE-Richtung und von daher ist das Auftreten dieser Richtung im Klufnetz des Deckgebirges verständlich.

Nun fällt allerdings im Luxemburger Gebiet, sowie im luxemburgisch-deutschen Grenzbereich an der Mosel und unteren Sauer das zonenweise Auftreten dieser Richtung auf, während in dem dazwischenliegenden Gebiet wieder die NE-Kluftrichtung vorherrscht. Außerdem ist die westliche Kluftzone II viel breiter und deutlicher ausgebildet, als die entsprechende Zone im Osten. In der östlichen Zone treten hauptsächlich die Übergangsdiagramme mit der NNE-Richtung als Nebenmaximum auf. Seltener kommt das reine NNE-System als Hauptmaximum vor. Betrachtet man dazu die tektonische Übersichtskarte, so erkennt man eine sehr viel stärkere Häufung von NNE streichenden Brüchen am Ostrand, als im zentralen Bereich von Luxemburg. Eine Erklärung für diese Beobachtung läßt sich nur in der tektonischen Struktur der Eifeler Quersenke finden. Es spricht manches dafür, daß der Westrand der Zone im wesentlichen flexurell abgesunken ist, und daß der Einfluß der Brüche hier geringer ist. Das im Kapitel über die Tektonik im Mesozoikum beschriebene Ost-Einfallen der Schichten bei Luxemburg und Moestroff spricht für eine Schichtabiegung in diesem Bereich. Am Ostrand dagegen lassen die vielen Brüche im Deckgebirge und die nicht so deutlich ausgebildete NNE-Kluftzone darauf schließen, daß hier eine Absenkung an größeren Brüchen stattfand.

Im Nordteil des Gebietes, nördlich des Einflusses der Wittlicher Senke, läßt sich die Einteilung in Kluftzonen nicht mehr durchführen. Hier herrscht über den ganzen Bereich die NNE-Richtung vor. Dies ist verständlich, da es sich um das Zentrum der Eifeler Nord-Süd-Zone handelt. Der starke Einfluß der NE-Richtung, der im südlichen Gebiet das Auftreten der NNE-Richtung auf bestimmte Zonen beschränkt, fällt hier fort. Daß aber auch hier noch die NE-Richtung, evtl. als flache Deckgebirgsflexur, vorhanden ist, zeigt das Auftreten dieser Richtung als Nebenmaximum vieler Klufttrichtungsrosen.

Am Schluß dieser Besprechung soll noch etwas über die Beziehungen zwischen Klüften und Bruchstrukturen gesagt werden. Die tektonische Übersichtskarte zeigt, daß auch die Brüche im Bereich der Klufttrichtungszone II in die NNE-Richtung einschwenken. Dies ist besonders deutlich am Ostrand zu sehen. Am Westrand der Nord-Süd-Zone im zentralen Bereich Luxemburgs sind sehr viel weniger Störungen festzustellen, trotzdem ist gerade hier die Änderung der Hauptkluftrichtung besonders deutlich. Das spricht dafür, daß die Klüftung im wesentlichen von Schichtverbiegungen beeinflusst wird. Es ist nicht ausgeschlossen, daß die bei Schichtverbiegungen aufgerissenen Klüfte bei stärkerer Beanspruchung zu Brüchen werden (R. HORMANN 1955).

## B. BEZIEHUNGEN DES FLUSSNETZES ZU DEN TEKTONISCH VORGEgebenEN BEDINGUNGEN

### I. UNTERSUCHUNGSMETHODIK

Als Grundlage zu den Talrichtungsmessungen diente im Luxemburger Gebiet die topographische Karte 1:50 000. Im deutschen Gebiet lagen die Meßtischblätter im Maßstab 1:25 000 vor. Um die Messungen möglichst genau und doch einigermaßen schnell durchführen zu können, wurde ein kleines Gerät konstruiert, das im folgenden kurz beschrieben werden soll (s. Tafel 9).

Bei der Konstruktion des Gerätes muß davon ausgegangen werden, daß man zur Talrichtungsstatistik Richtungen und Längen messen muß. Ein Winkelmesser und ein Zentimetermaß müssen drehbar kombiniert werden. Auf eine ca. 0,5 cm dicke rechteckige, durchsichtige Plastikplatte wird eine zweite ebensogroße, etwa 2 mm dicke Plastikfolie gelegt, in deren Mitte ein Kreis ausgestochen wird. In diesen Kreis wird ein Vollkreiswinkelmesser mit 360°-Einteilung drehbar eingepaßt. Auf den Winkelmesser wird noch eine Zentimereinteilung eingraviert. Beide Plastikplatten einschließlich des Winkelmessers werden nun von einer dritten ebenfalls 2 mm dicken Folie abgedeckt. Auch aus dieser wird ein Kreis mit einem 1 cm kleineren Durchmesser ausgestochen. So wird der Winkelmesser in der mittleren Folie festgehalten, läßt sich aber doch von außen drehen. Um das Drehen zu erleichtern, wird auf dem Winkelmesser noch ein kleiner Plastikwürfel aufgeklebt. Die beiden oberen Platten werden mit Schrauben an der unteren dickeren befestigt. Um das Gerät immer exakt in der Nord-Süd-Richtung zu halten, wurde die zu messende Karte auf ein Reißbrett derartig aufgespannt, daß die geographische Nordrichtung parallel zu einem auf dem Brett verschiebbar angebrachten Lineal liegt. An diesem Lineal kann das Meßgerät mit einer Kante angelegt werden. Durch Verschieben des Lineals parallel zur Nord-Süd-Richtung und Verschieben des Gerätes entlang des Lineals kann jeder Fluß in allen seinen Biegungen mit größtmöglicher Genauigkeit erfaßt werden.

Da das Flußnetz wegen des Vorhandenseins vieler anderer Signaturen oft nicht deutlich heraustritt, wird es zunächst auf Transparentpapier übertragen und dann eingemessen. Bei der Übertragung werden jeweils die Umknickungspunkte der Höhenlinien im Tal verbunden, sodaß einigermaßen gerade und gut meßbare Linien entstehen. Wiesenmäanderbildungen innerhalb breiter Täler bleiben auf diese Weise unberücksichtigt. Bei sehr engen und häufig auftretenden Flußschlingen, wie sie besonders oft im Ösling beobachtet werden können, werden

meistens nur die geraden Talabschnitte gemessen. Erst bei weiteren Kurven kann auch ein Mittelwert für den Bogen angenommen werden.

Die zeichnerische Darstellung wird — ebenso wie bei den Kluftrichtungen — in einer Richtungsrose vorgenommen. Hierbei werden die Tallängen auf 100 bezogen. Richtungsgruppen von jeweils  $10^\circ$  werden zusammengefaßt. Dabei ist zu beachten, daß die mit Hilfe des Meßgerätes ermittelten Werte nicht direkt mit den durch den Kompaß bestimmten Werten vergleichbar sind. Die abgelesenen Werte müssen bei dieser Gerätekonstruktion von  $180^\circ$  abgezogen werden.

Eine andere Schwierigkeit bereitet das Abgrenzen der einzelnen sinnvoll zusammenfaßbaren Flußnetzgebiete. Es wurde versucht, jeweils ein zusammengehöriges Flußsystem in einem tektonisch einheitlichen Raum zu einer Richtungsrose zu vereinigen. Besonderes Gewicht wurde auch auf das Einmessen der kleineren Nebentäler gelegt, denn gerade in ihnen spiegelt sich oft die örtliche Tektonik deutlicher wieder, als in den Tälern der großen Hauptflüsse.

## II. ALLGEMEINE VORBEMERKUNGEN ZUR TALRICHTUNGSSTATISTIK

Schon bei der kurzen Abhandlung über die Morphologie dieses Raumes wurde immer wieder eine deutliche Beziehung zwischen der Tektonik und dem Verlauf der Flußsysteme festgestellt. Derartige Zusammenhänge wurden auch in anderen Gebieten oft von verschiedensten Bearbeitern untersucht. Von den älteren Bearbeitern soll hier zunächst W. DEECKE genannt werden, der diesem Thema 1926 eine größere Abhandlung widmete. Er versuchte vor allem Beziehungen zwischen Bruchzonen und Flußläufen herzustellen. Wenn derartige Beziehungen auch ohne Zweifel bestehen, so ist es aber sicher nicht richtig, für jede Talrichtung Störungen zu konstruieren oder auch das Tal als Beweis für Bruchzonen anzusehen, die nur vermutet werden können. Hiervor warnte besonders G. WAGNER (1929) in der Besprechung der obigen Arbeit. Er spricht sogar der Tektonik eine nur untergeordnete Bedeutung bei der Ausgestaltung des Talnetzes zu.

Noch früher, in den Jahren 1910-1922, beschäftigte sich vor allem das Heidelberger Institut unter Prof. W. SALOMON mit den Beziehungen zwischen Klüftung und Talrichtung. Hier sind Arbeiten von J. G. LIND, J. DINU, B. ENGSTLER und FR. ROEHRER zu nennen. Diese Autoren stellten immer wieder auffällige Übereinstimmungen zwischen der Klüftung und dem Talverlauf fest. Sehr eindrucksvoll kann man die Beziehungen zwischen Tektonik und Morphologie in Gebieten erkennen, deren Vegetationsdecke sehr gering ist. M. SCHWARZBACH (1956) beschreibt derartige morphologisch heraustretende tektonische Strukturen aus West-Island.

In den letzten Jahren wurden auch im paläozoischen Gebirge Untersuchungen durchgeführt. Hier ist eine Arbeit von R. ADLER (1957) zu nennen. Er untersuchte Klüfte und Kleinstörungen im Siegerland und konnte eine deutliche Richtungsverwandtschaft in den Diagrammen der Tal- und Kluftrichtungen feststellen. Im gefalteten Gebirge spielt natürlich das Streichen



der Schichten eine wesentliche Rolle bei der Anlage der Talrichtungen. So konnte R. ADLER sogar in der alten Karbonoberfläche eine Morphologie nachweisen, die an das Achsenstreichen der Falten gebunden war. Außer dieser Arbeit wurde auch bei Kartierungen in der Eifel, die vom Kölner geologischen Institut durchgeführt wurden, deutliche Übereinstimmungen zwischen Tektonik und Flußlauf, bzw. speziell zwischen Klüftung und Zertalung festgestellt (H. MURAWSKI 1964).

Im folgenden sollen nun derartige Beziehungen auch für den Südeifler Raum und das Luxemburger Staatsgebiet untersucht werden.

### III. TALRICHTUNGEN IM PALÄOZOISCHEN GEBIRGE (s. Tafel 5)

#### *Diagramm Sauertal:*

Das Diagramm wurde auf den Bereich des oberen Sauertals zwischen Esch/Sauer und Göbelsmühle beschränkt. Aus diesem Bereich lagen ja auch die Kluftrichtungen vor, die zum Vergleich dienen sollen. Der erste Eindruck der Talrichtungsrose vermittelt ein recht unklares Bild. Alle Richtungen scheinen ziemlich stark vertreten zu sein. Genauer betrachtet läßt sich dieses Bild jedoch differenzieren. Ein Hauptmaximum erscheint bei  $170^\circ$ . Daneben gibt es noch eine deutliche Spitze bei  $20^\circ$  und eine weitere stärkere Häufung bei  $70^\circ$ . Aus diesen Richtungen erkennt man beim Vergleich mit den Kluftrichtungsrosen eine deutliche Verbindung zur Tektonik. Das Maximum bei  $170^\circ$  entspricht genau der Hauptkluftrichtung. Die  $20^\circ$ -Richtung kann auf eine Nebenkluftrichtung, die vor allem bei Esch stärker auftritt, bezogen werden. Die  $70^\circ$ -Richtung ist die generelle Streichrichtung der Schichten, die ja im Faltengebirge infolge der Härteunterschiede der einzelnen Bänke immer eine wichtige Rolle spielt. Die ziemlich starke Streuung des Diagramms muß bei Talrichtungsrosen im allgemeinen in Kauf genommen werden. Die Zertalung eines Gebietes wird nicht nur von den ein oder zwei Faktoren, die hier behandelt werden, bestimmt, sondern hierbei spielen noch sehr viel mehr Bedingungen eine Rolle, die zum größten Teil später garnicht mehr rekonstruierbar sind.

#### *Diagramm Wiltztal:*

In diesem Diagramm sind die Talrichtungen im Gebiet zwischen der Stadt Wiltz und dem Ort Kautenbach erfaßt worden. Die Streuung ist in diesem Diagramm geringer. Zwei Hauptrichtungen treten besonders stark hervor. Jedoch kommen auch in diesem Diagramm noch verschiedenste Spitzen vor, deren Deutung nur sehr unsicher sein kann. Die beiden Hauptrichtungen lassen sich allerdings wieder sicher deuten. Die erste bei  $150^\circ$  entspricht dem Hauptklufsystem in diesem Raum. Die zweite Richtung liegt bei  $60-70^\circ$  und wird durch das Streichen der Faltung bestimmt.

#### *Diagramm Klerftal:*

Das letzte Diagramm im Ösling wurde im Oberlauf der Klerf und ihrer Nebentäler aufgenommen. Es wurde das Gebiet südlich von Clervaux bis Maulusmühle erfaßt. Das Richtungs-

bild ähnelt dem vorigen Diagramm. Zwei Maxima stechen hervor. Die am stärksten vertretene Richtung liegt jetzt im Bereich von 50°-60°. Hier wirkt sich das Streichen der Schichten aus. Die zweite Hauptrichtung, der auch der Lauf der Klerf ungefähr entspricht, liegt bei 160° und somit in der Hauptklufrichtung.

Die bestimmenden Komponenten für den Talrichtungsverlauf der Flüsse im Ösling sind das Schichtstreichen, bzw. das Streichen der Schieferung und die Klüftung. Einzelstörungen und Bruchzonen mögen beim einzelnen Tal eine Rolle spielen, können aber bei dieser statistischen Übersicht nicht erfaßt werden. Ein Blick auf die tektonische Übersichtskarte des Öslings zeigt, daß ein Großteil der Störungen entweder parallel der Hauptklufrichtung oder im Schichtstreichen verläuft. Ein Teil der in diesen Richtungen auftretenden Täler mag demnach auch auf Störungszonen zurückzuführen sein.

Es ist hier bewußt darauf verzichtet worden, einzelne Talabschnitte, oder den Verlauf von Einzeltälern auf ihre Beziehung zu der ganz speziellen örtlichen Tektonik hin zu untersuchen, wie es zum großen Teil in älteren Arbeiten gemacht wurde. Bei dieser Untersuchung sollten mit statistischen Hilfsmitteln nur bestimmte Häufungen von Talrichtungen festgestellt werden. Diese wurden dann mit entsprechenden Richtungen des tektonischen Baus verglichen.

#### IV. TALRICHTUNGEN DES LUXEMBURGER GUTLANDES (s. Tafel 5-6)

Ähnliche Gesichtspunkte, wie für die Talrichtungsdiagramme im Ösling gelten auch für die Diagramme im mesozoischen Gebiet. Hier fällt allerdings die echte Streichrichtung der Schichtung fort, die dort eine wichtige richtungsgebende Rolle spielte. Auch im Mesozoikum ist die Streuung der Diagramme recht stark. Eine Deutung der Richtungen soll auch hier nur bei stark ausgeprägten Maxima erfolgen.

##### *Diagramm F<sub>1</sub>:*

Das Diagramm erfaßt das Flußsystem der Sauer und der Our am Nordrand des Gutlandes im Gebiet von Diekirch. Vier stärkere Maxima treten auf. Das erste liegt bei 40°, das nächste hat die stärkste Spitze bei 80°. Die beiden letzten liegen in der 140°-Richtung und der 170°-Richtung. Zwei dieser Maxima sind einfach zu deuten. Die 40°-Richtung und die 140°-Richtung entsprechen genau den Hauptklufrichtungen in den Steinbrüchen der Umgebung von Diekirch. Die 80°-Richtung ist nicht so sicher zu deuten. Das Maximum streut recht weit. Vor allem die 60°-70°-Richtung ist schon recht stark vertreten. Ab 80° fällt die Kurve schnell ab. Man kann hier evtl. annehmen, daß die variskisch angelegten Faltenstrukturen eine Rolle spielen. Die 170°-Richtung dürfte wohl mit der Lage am Nordrand des Gutlandes zusammenhängen. Bei der starken Hebung des Öslings entstand gerade hier am Rand ein starkes Gefälle in fast nordsüdlicher Richtung, das sich in diesem Maximum ausdrückt. Als letztes sei noch ein kleiner Vorsprung bei 10° erwähnt. Er ist interessant im Zusammenhang mit der Klufrichtungsänderung bei Wallendorf und Moestroff und könnte hiervon beeinflusst sein.

#### *Diagramm F<sub>2</sub>:*

Das Diagramm wurde im Gebiet von Merzig, hauptsächlich im Talsystem der Wark aufgenommen. Man erkennt zwei starke Maxima bei 50° und bei 130°, also wieder recht genau in der Richtung der Hauptkluftsysteme. Ein weiteres Maximum liegt bei 170°. Dieses Maximum ist wieder auf Grund der Lage am Nordrand des Gutlandes verständlich. Ein Doppelmaximum erscheint noch bei 90° und bei 110°. Für diese Richtungen läßt sich auf Grund der Tektonik keine Erklärung finden.

#### *Diagramm F<sub>3</sub>:*

Das Diagramm behandelt das Gebiet südwestlich von Echternach in der Umgebung von Müllerthal, Beaufort und Consdorf. Hauptsächlich wurde hier das Talsystem der schwarzen Ern (Ernz noire) erfaßt. Die beiden stärksten Maxima liegen bei 40° und bei 140°. Hierin drücken sich die beiden Kluftsysteme aus. Daneben tritt ein starkes Maximum in der 10°-20°-Richtung auf. Es liegt nahe, hier eine Beziehung zu der wenig weiter im Westen auftretenden NNE-Klüftung zu sehen. Das bei 80° auftretende Maximum deutet wieder auf die Falten- und Bruchstrukturen in diesen Schichten hin.

#### *Diagramm F<sub>4</sub>:*

Das Diagramm umfaßt das Gebiet um Bissen-Colmar und Schieren. Das Hauptflußsystem in diesem Raum ist das der Attert. Das Diagramm zeigt einen starken Streubereich. Die den beiden Hauptkluftrichtungen entsprechenden Talrichtungsmaxima sind allerdings deutlich ausgeprägt. Die stärkste Spitze des Diagramms bildet die 40°-Richtung, das zweite Maximum liegt bei 140°. Ein starkes Doppelmaximum liegt in der Nord-Süd-Richtung. Möglicherweise spielt hier schon das NNE streichende Kluftsystem mit hinein, andererseits könnte sich bis hierher auch noch die Öslingrandzone bemerkbar machen. Ein letztes Maximum liegt bei 70°. Diese Flußtäler folgen wohl wieder den flachen Muldenstrukturen des Gutlandes.

#### *Diagramm F<sub>5</sub>:*

Der Raum um Erzen-Larochette wurde in diesem Diagramm erfaßt. Es handelt sich um das Talsystem der weißen Ern (Ernz blanche). In diesem Gebiet liegt die Hauptzahl der Täler in den Richtungen 70° und 90°. Sie folgen damit den alten variskisch angelegten Strukturen. Daneben spiegeln sich auch die beiden Kluftsysteme im Talrichtungsdiagramm wieder. Jeweils eine Spitze liegt bei 40° und bei 130°. Ein Maximum liegt noch in der Nord-Süd-Richtung.

#### *Diagramm F<sub>6</sub>:*

Das Diagramm wurde im Gebiet des oberen Mamertales in der Gegend von Schoenfels aufgenommen. Das Hauptflußsystem bildet die Mamer. Das Diagramm zeigt ein einseitiges Bild. Das bei weitem stärkste Maximum liegt bei 50°-60°. Möglicherweise sind hier Klüftung und Muldenstrukturen gleichzeitig als Ursache für dieses breite Maximum anzusehen. Ein weiteres Maximum bei 140° ist wohl ohne weiteres mit dem entsprechenden Kluftsystem zu

verbinden. Ein weiteres Maximum bei  $10^\circ$  kann wohl mit dem NNE streichenden Kluftsystem in Verbindung gebracht werden.

#### *Diagramm $F_7$ :*

Das Diagramm umfaßt das Gebiet von Bourglinster. Hier bildet der Oberlauf der weißen Ernz das Haupttalsystem. Das Hauptmaximum bei  $60^\circ$ - $80^\circ$  erinnert in seiner Einseitigkeit an das vorhergehende Bild. Hier kann man jedoch die Klüftung nicht mit einbeziehen. Nur die Bruchfaltentektonik des Mesozoikums spielt hierbei eine Rolle. Drei weitere Maxima lassen sich auf die Klüftung beziehen. Eines liegt bei  $20^\circ$ , das nächste bei  $40^\circ$  und das letzte bei  $140^\circ$ .

#### *Diagramm $F_8$ :*

Auch dieses Diagramm zeigt eine besonders stark ausgeprägte Richtung. Es wurde im Gebiet von Steinfort, Eischen und Hobscheid aufgenommen. Das Talsystem ist hier auf das Flößchen Eisch eingestellt. Das stärkste Maximum liegt bei  $50^\circ$ - $70^\circ$ , wobei die  $60^\circ$ -Richtung etwas zurücktritt. Die Spitze bei  $50^\circ$  kann der Klüftung zugeschrieben werden, das Maximum bei  $70^\circ$  den Bruchfallenstrukturen. Daneben treten noch zwei Maxima bei  $30^\circ$  und bei  $130^\circ$  auf, die wohl noch beide auf die Klüftung zu beziehen sind.

#### *Diagramm $F_9$ :*

Das Diagramm umfaßt das Gebiet um Kopstal und Bridel nordwestlich von Luxemburg. Das Haupttalsystem wird vom Oberlauf der Mamer eingenommen. In diesem Diagramm liegt die stärkste Häufung von Tälern in der  $40^\circ$ -Richtung, also in einer Hauptklufterichtung. Zwei weitere Maxima liegen bei  $60^\circ$  und bei  $80^\circ$  und gehören zum Bruchfallenbau des Gutlandes. Ein Maximum bei  $120^\circ$  ist auf keine tektonische Richtung zu beziehen. Ein letztes Maximum bei  $150^\circ$  kann wieder mit der Klüftung in Beziehung gebracht werden.

#### *Diagramm $F_{10}$ :*

Das Diagramm faßt die Talsysteme im Gebiet der Stadt Luxemburg und ihrer weiteren Umgebung zusammen. Der größte Fluß, auf den sich die Nebenflüsse einstellen, ist die Alzette. In diesem Gebiet herrschen zwei Richtungen im Talsystem vor. Ein System verläuft Nord-Süd mit einer Spitze bei  $0^\circ$  und einer noch stärkeren bei  $20^\circ$ . Das zweite Maximum liegt in der  $50^\circ$ - $60^\circ$ -Richtung. Hier kann man wieder deutliche Beziehungen zur allgemeinen Tektonik und zum Kluftsystem feststellen. Gerade im Gebiet der Stadt Luxemburg herrscht ja im Kluftsystem die  $10^\circ$ - $20^\circ$ -Richtung vor. Sie zeigt sich nun auch deutlich im Talsystem. Die  $50^\circ$ - $60^\circ$ -Richtung muß wohl mindestens zum Teil auf die Bruchfallenzüge zurückgeführt werden. Die  $150^\circ$ -Richtung kann ungefähr mit dem zweiten NW-SE streichenden Kluftsystem in Verbindung gebracht werden. Dieses streicht allerdings hier etwas flacher, d. h. mehr ost-westlich.

#### *Diagramm $F_{11}$ :*

Das Diagramm wurde im Raume von Betzdorf und Manternach aufgenommen. Das wichtigste Flußsystem bildet hier die Syr. Zwei Talrichtungen treten besonders deutlich hervor.

Die stärksten Maxima liegen bei  $30^{\circ}$ - $50^{\circ}$  und bei  $140^{\circ}$ . Sie entsprechen damit recht genau dem Hauptkluftsystem in diesem Gebiet. Wie weit das noch in der  $10^{\circ}$ -Richtung vorhandene Talrichtungsmaximum auf das weiter westlich vorkommende NNE streichende Kluftsystem zurückzuführen ist, kann hier nicht mehr sicher entschieden werden. Die schwache Spitze bei  $70^{\circ}$  dürfte wohl auf die NE-SW streichenden Muldenstrukturen zu beziehen sein.

#### *Diagramm $F_{12}$ :*

Etwas weiter südlich liegt der Widdenberg als Restscholle des Luxemburger Sandsteins. Hier wurde dieses Talrichtungsdiagramm aufgenommen. Von diesem Berg gehen verschiedene Flußsysteme aus. Zum Teil fließen die Bäche noch zum Syrtal hin, zum Teil aber auch direkt zur Mosel hinunter. Das weitaus stärkste Talrichtungsmaximum liegt bei  $30^{\circ}$ - $40^{\circ}$  und entspricht genau dem in diesem Gebiet wichtigsten Kluftsystem. Ein Nebenmaximum bei  $60^{\circ}$  weist auf die NE streichenden Bruchfalten hin.

#### *Diagramm $F_{13}$ :*

In diesem Diagramm wird das Gebiet zwischen Grevenmacher und Stadtbredimus erfaßt. Das Hauptentwässerungssystem wird hier von der Mosel gebildet. Die großen Talstrecken der Mosel geben dem Bild einen etwas einseitigen Charakter. Berücksichtigt man dies, so erkennt man neben dem sehr starken Maximum bei  $30^{\circ}$ - $40^{\circ}$  noch ein zweites Maximum bei  $140^{\circ}$ - $150^{\circ}$ . Beide hier auftretenden Kluftrichtungen sind also im Talrichtungsdiagramm deutlich wiederzuerkennen. Auch hier kommt noch das  $70^{\circ}$ - $80^{\circ}$ -Maximum hinzu.

#### *Diagramm $F_{14}$ :*

Dieses Diagramm gibt den Talrichtungsverlauf im Gebiet zwischen Stadtbredimus und Schengen wieder. Auch hier ist die Mosel der Hauptfluß. Drei Maxima lassen sich sicher unterscheiden. Das stärkste liegt in der  $30^{\circ}$ - $50^{\circ}$ -Richtung, das zweite liegt bei  $130^{\circ}$ . Eine Nebenspitze zeigt noch nach  $160^{\circ}$ . Die Beziehungen zu den bei  $40^{\circ}$ - $50^{\circ}$  und bei  $140^{\circ}$ - $160^{\circ}$  liegenden Kluftsystemen sind also wieder ganz klar. Ein drittes, breiteres Maximum liegt bei  $70^{\circ}$ - $80^{\circ}$ .

#### *Diagramm $F_{15}$ :*

Das Diagramm erfaßt die Umgebung von Bad Mondorf. Das Haupttalsystem bildet das Flößchen Gander, das zur Mosel entwässert. Die zwei Hauptrichtungen des Diagramms liegen bei  $40^{\circ}$ , also im Bereich der Hauptklüftung und bei  $70^{\circ}$ - $80^{\circ}$  im Streichen der Bruchfaltenzüge. Die beiden Spitzen bei  $110^{\circ}$  und bei  $140^{\circ}$  können noch auf entsprechende Kluftsysteme bezogen werden. Das Nord-Süd gerichtete Maximum ist nicht klar zu deuten, evtl. kann man hier schon eine Beziehung zu den Nord-Süd gerichteten Elementen der weiter westlich gelegenen Minetteerzbecken feststellen.

#### *Diagramm $F_{16}$ :*

In diesem Diagramm wird der Raum östlich von Esch/Alzette zusammengefaßt. Die Alzette entspringt in diesem Gebiet und bildet auch das wichtigste Entwässerungssystem. Das Diagramm

spiegelt recht gut das Nord-Süd und Ost-West gerichtete Kluftsystem wider. Die stärkste Spitze der Nord-Süd-Richtung liegt allerdings bei 20°. Das starke Maximum bei 90° stimmt genau mit dem Ost-West verlaufenden Kluftsystem, bzw. auch mit den Bruchsystemen überein. Die übrigen Maxima sind nicht sicher zu deuten.

*Diagramm F<sub>17</sub>:*

Das Gebiet des Differdinger Erzbeckens wird von diesem Diagramm erfaßt. Die Hauptentwässerung geht nach Frankreich zum Fließchen Udange. Diesmal ist die Nord-Süd-Richtung viel schwächer ausgebildet. Das stärkste Maximum zeigt in die Ost-West-Richtung. Ein zweites starkes Maximum liegt bei 150°. Die Klüftung streicht in diesem Gebiet mit 160°-170°. Das schmale Maximum bei 20° entspricht genau einer Hauptklufrichtung.

## V. TALRICHTUNGEN IM MESOZOIKUM DER SÜDEIFEL

*Diagramm f<sub>1</sub>:*

Das Diagramm umfaßt den Meßbereich des südlichen Teiles von Blatt Kirf, sowie des noch zu Deutschland gehörigen Teiles von Blatt Perl. Das bestimmende Flußsystem ist hier die Mosel. Die Talmorphologie ist ziemlich ausgeglichen. In den weichen Schichten des mittleren Muschelkalks und Keupers werden keine schroffen, steilen Talhänge gebildet. Nur der harte obere Muschelkalk bildet gelegentlich Steilkanten. In der Talrichtungsrose ist das NE-Maximum bei 50° am deutlichsten ausgeprägt. Es läßt sich sicher auf die in dieser Gegend vorherrschende Klufrichtung bei 40°-50° zurückführen. Allerdings wird diese Richtung hauptsächlich von den Nebentälern der Mosel vertreten. Die Talrichtung der Mosel selbst liegt in diesem Bereich bei etwa 160°. Sie kommt in der Richtungsrose als ganz schmale Spitze zum Ausdruck. In der SE-Richtung zeigt sich ein gespaltenes, sehr breites Maximum bei 130° und bei 100°. Davon läßt sich die 130°-Richtung zu der SE-Klufrichtung in Beziehung bringen.

*Diagramm f<sub>2</sub>:*

Die Talrichtungen zu diesem Diagramm wurden auf dem Nordteil von Blatt Kirf, sowie auf dem deutschen Teil des Blattes Wincheringen gemessen. Auch hier ist die Mosel das Hauptflußsystem. Die Talhänge sind am Abfall zum Moseltal etwas steiler, sobald die Flüsse sich in die harten Schichten des oberen Muschelkalks einschneiden müssen und gleichzeitig den starken Höhenunterschied zur Mosel überwinden müssen. Die Talrichtungsrose zeigt ein sehr starkes Maximum in der NE-Richtung mit der Hauptspitze bei 40°. Es läßt sich gut durch das NE-Kluftsystem erklären. Die SE-Richtung ist auch hier aufgespalten. Ein Ast zeigt in die 110°-Richtung, ein zweiter in die 130°-140°-Richtung. Letztere Richtung läßt sich mit dem SE-Kluftsystem in Beziehung bringen. Das Moseltal zeigt diesmal kein besonderes Maximum, da es zum Teil mit etwa 20°-40° streicht, zum Teil auch in die SE-Richtung einschwenkt.

#### *Diagramm f<sub>3</sub>:*

Dieses Diagramm behandelt den Blattbereich des Blattes Freudenburg, soweit es sich um Täler in mesozoischen Schichten handelt. Außerdem wurde der Ostrand des Blattes Kirf noch in diese Darstellung mit einbezogen. Der wichtigste Flußlauf dieses Bereiches ist die Saar, deren Tal allerdings schon ganz in devonischen Schichten verläuft und daher aus dieser Betrachtung ausgeklammert wurde. Da es sich in diesem Gebiet vorwiegend um Schichten des oberen Buntsandsteins handelt, sind die Talformen verhältnismäßig weich. Nur am Anstieg zur Muschelkalkstufe im Bereich zwischen Faha und Trassem kommen tief eingeschnittene Täler vor. Das Talrichtungsdiagramm zeigt diesmal mehrere ziemlich gleichstarke Maxima verschiedener Richtung. Das stärkste Maximum liegt bei 40°. Von ihm abgetrennt sind zwei Nebenmaxima in der 10°-20°-Richtung und der 70°-Richtung, die hier nicht näher gedeutet werden können. Ein breites, starkes Maximum liegt bei 130°. Man kann wohl sicher annehmen, daß das NE- und das SE-Kluftsystem zu der starken Ausbildung der beiden Maxima bei 40° und bei 130° mit beigetragen haben.

#### *Diagramm f<sub>4</sub>:*

Der Meßbereich dieses Diagramms umfaßt das Blatt Trier zwischen Mosel und Sauer. Damit sind schon die wichtigsten Flußsysteme für diesen Raum genannt. Die Talmorphologie des Gebietes ist recht belebt, da sowohl die Sauer als auch die Mosel eine tiefe Erosionsbasis erreicht haben, auf die sich die Nebentäler einstellen müssen. Auch hier bildet vor allem der Muschelkalk steile Talhänge, aber auch der in diesem Gebiet sehr mächtige Buntsandstein tritt felsbildend auf. Das Talrichtungsdiagramm zeigt ein sehr starkes Maximum bei 40°-50°, das allerdings zum Teil vom Moseltal mitbestimmt wird. Deutliche Nebenmaxima liegen dann noch bei 0° und 20°. Die SE-Richtung hat ein Maximum bei 130°. Vergleicht man dazu die in diesem Gebiet vorherrschenden Klufrichtungen, 10°-20° als Nebenmaximum, 40°-50° und 130°-140° als Hauptmaximum, so fällt eine starke Übereinstimmung auf.

#### *Diagramm f<sub>5</sub>:*

Das Diagramm behandelt den westlichen Teil des Blattes Welschbillig, sowie den Ostrand des Blattes Bollendorf. Der wichtigste Fluß dieses Bereiches ist die Sauer. Als bedeutender Nebenfluß wäre noch die Prüm zu nennen. Eine lebhafte Talmorphologie bilden hier der Rand der Muschelkalkplatte im Osten und der Rand der Liassandsteinplatte im Westen. Auf der Oberfläche dieser Schichttafeln erkennt man ein ganz schwaches, ausgeglichenes Relief. In der Talrichtungsrose herrscht immer noch die NE-Richtung vor. Ein sehr deutliches, wenn auch schmales Maximum bildet die NNE-Richtung bei 20°. Die SE-Richtung ist diesmal sehr schwach vertreten. Da in diesem Gebiet die NNE-Klufrichtung vorherrscht, aber auch die NE-Klufrichtung noch vertreten ist, ist das Auftreten dieser Richtungen im Talrichtungsdiagramm verständlich.

#### *Diagramm f<sub>6</sub>:*

Das Diagramm stellt hauptsächlich die auf dem Blatt Welschbillig mit Anschluß nach Blatt Trier gemessenen Talrichtungen dar. Der größte Fluß dieses Bereiches ist die Kyll. Die

Talrichtungsrose zeigt ein ziemlich einseitiges Vorherrschen der NNE- bis NE-Richtung. Die Maxima liegen bei 20° und bei 40°. Schwach vertreten ist das SE-Maximum bei 150°.

*Diagramm f<sub>7</sub>:*

Der dargestellte Meßbereich liegt im NE-Teil des Blattes Welschbillig und greift noch auf den Südteil des Blattes Bitburg und den Westteil von Blatt Schweich über. Das Hauptflußsystem bildet wieder die Kyll. Die Täler sind hier im oberen Buntsandstein zwar tief eingeschnitten, aber weit ausgearbeitet. Auch in dieser Talrichtungsrose erkennt man das starke Maximum bei 20°. Das NE-Maximum liegt jetzt bei 50°. Das SE-Maximum ist mit einer schwachen Spitze bei 130° vertreten.

*Diagramm f<sub>8</sub>:*

Der Meßbereich dieses Diagramms erstreckt sich auf Blatt Schweich nur über den Bereich der vom mesozoischen Deckgebirge eingenommen wird. Hier bestimmt hauptsächlich der mittlere Buntsandstein die Geländeformen. Trotz der tiefen Erosionsbasis der Mosel bilden sich in den weichen Schichten keine steilen Talhänge. Der größte Bach dieses Gebietes ist der Quintbach, der westlich von Schweich in die Mosel mündet. Auch in diesem Diagramm sind die Maxima bei 20° und bei 50° sehr stark ausgeprägt. In der SE-Richtung liegen die meisten Werte bei 100°-120°. Eine schwächere Spitze liegt bei 140°. In allen drei Diagrammen sind also deutliche Beziehungen zum örtlichen Klufnetz zu erkennen.

*Diagramm f<sub>9</sub>:*

Der hier dargestellte Meßbereich umfaßt den NW-Teil des Blattes Bollendorf, den deutschen Teil des Blattes Wallendorf und den SE-Teil des Blattes Mettendorf, soweit noch mesozoische Schichten vorhanden sind. Die Bäche fließen alle zur Sauer hin. Außerdem kann man hier noch den Gaybach, als größeren Nebenbach nennen. Die Talrichtungsrose zeigt mehrere stärkere Maxima. Die als Kluftrichtung wichtige NNE-Richtung ist auch als Talrichtungsmaximum bei 20° deutlich zu erkennen. Ein breites Maximum liegt bei 50°. Die SE-Richtung ist mit einem schmalen Maximum bei 140° vertreten. Das kleine Nebenmaximum bei 170° läßt sich in diesem Raum keiner tektonischen Struktur sicher zuordnen.

*Diagramm f<sub>10</sub>:*

In diesem Diagramm wurde der südwestliche Teil des Blattes Oberweis und der äußerste Ostrand von Blatt Mettendorf erfaßt. Das Flößchen Enz bildet das größte Flußtal dieses Bereiches. Im Diagramm ist das Maximum in der NNE-Richtung etwas schwächer geworden. Dies ist merkwürdig, da die NNE-Klüftung hier ausgesprochen vorherrscht. Die NE-Richtung ist als breites Maximum bei 50° ausgebildet. Ein Nebenmaximum bei 90° kann nicht tektonisch erklärt werden. Die SE-Richtung hat ihr stärkstes Maximum bei 130° und ein Nebenmaximum bei 160°.



#### *Diagramm f<sub>11</sub>:*

Die in diesem Diagramm dargestellten Talrichtungen wurden im mittleren Bereich des Blattes Oberweis gemessen, etwa zwischen Peffingen und Wißmannsdorf. Es handelt sich hier hauptsächlich um die Prüm und ihre Nebenflüsse. Die NNE-Richtung tritt im Diagramm fast ganz zurück. Dafür erscheint ein etwas stärkeres Maximum bei 30°. Die NE-Richtung hat ihr stärkstes Maximum bei 70°. Deutlich tritt die SE-Richtung bei 150° heraus. Die Maxima bei 100° und 120° sind nicht näher zu deuten.

#### *Diagramm f<sub>12</sub>:*

Die im Einzugsbereich des Flübchens Nims im Grenzbereich der Blätter Oberweis und Bitburg auftretenden Talrichtungen wurden in dieser Richtungsrose dargestellt. Bei der Auswertung der auftretenden Richtungen fällt zunächst das ausgesprochen starke Maximum in der 90°-Richtung auf, das sich nicht von der Tektonik her deuten läßt. Die sonst auftretenden schwächeren Maxima passen gut zu den in diesem Bereich vorherrschenden Klufrichtungen. Die NNE-Richtung bildet ein schmales Maximum bei 10°. Die NE-Richtung tritt als Nebenmaximum der 90°-Richtung mit einer Spitze bei 40° hervor, die SE-Richtung hat ein deutliches Maximum bei 140° und zwei Nebenmaxima bei 120° und 160°.

#### *Diagramm f<sub>13</sub>:*

Das Flußsystem der Kyll und ihrer Nebenbäche im Bereich von Blatt Bitburg und dem Südrand von Blatt Kyllburg wird von diesem Diagramm erfaßt. Der Muschelkalk bildet hier wieder steile Talhänge. Die Talrichtungsrose spiegelt das Klufrichtungsbild gut wider. Deutlich ist die NE-Richtung mit ihrem Maximum bei 50° und die SE-Richtung mit dem Maximum bei 140° zu erkennen. Das Maximum bei 0° deutet wohl auf die NNE-Klüftung hin.

#### *Diagramm f<sub>14</sub>:*

Der Meßbereich dieses Diagramms liegt hauptsächlich auf der Westhälfte des Blattes Landscheid, soweit dort mesozoische Schichten anstehen, sowie am Nordrand von Blatt Schweich. Ein einziges, bestimmendes Flußsystem ist hier nicht vorhanden. Auf der Ostseite des Meßbereiches in der Mitte von Blatt Landscheid geht die Hauptfließrichtung nach E und NE. Als größerer Bach ist hier der Gladbach zu nennen. Am Westrand des Blattes fließen die Bäche nach Westen zur Kyll hin. Die Talrichtungsrose zeigt ein sehr starkes Maximum bei 50°-60°. Obwohl auch die Klufrichtungen in diesem Gebiet zum Teil diese Streichrichtung haben, läßt sich die starke Betonung dieser Richtung wohl auch dadurch erklären, daß sie dem Gefälle entspricht und damit der Abflußrichtung entgegenkommt. Die anderen Richtungen sind vergleichsweise schwach ausgebildet. Die NNE-Richtung bildet ein Maximum bei 20°. Die SE-Richtung liegt hauptsächlich bei 130°.

#### *Diagramm f<sub>15</sub>:*

Am Westrand von Blatt Kyllburg und am Ostrand von Blatt Waxweiler ist das Flußsystem der Nims bestimmend. Das Kluftsystem hat starken Einfluß auf die Ausbildung des Talnetzes

genommen. Nur das Maximum bei 70° läßt sich nicht damit in Verbindung bringen. Das Doppelmaximum bei 10° und 30° entspricht gut den hier auftretenden Klufrichtungen, ebenso die SE-Richtung mit dem Maximum bei 150°.

*Diagramm f<sub>16</sub>:*

Der Meßbereich umfaßt den restlichen Teil des Blattes Kyllburg, soweit es sich um mesozoische Schichten handelt. Das wichtigste Flußsystem bildet die Kyll. Die Kyll bildet im Buntsandstein hier ein tiefes, steiles Tal. In der Talrichtungsrose tritt vor allem die SE-Richtung deutlich mit einem Maximum bei 130° hervor. Als zweite selbständige Richtung tritt ein Maximum bei 0°-10° hervor. Beide Richtungen sind auch als Kluftsysteme in diesem Gebiet häufig.

## VI. BEZIEHUNGEN ZWISCHEN KLUFTSYSTEM UND TALNETZ

Nach der Besprechung der einzelnen Talrichtungsdiagramme lassen sich deutliche Beziehungen zwischen dem Verlauf der Täler und den wichtigen Klufrichtungen, bzw. den übrigen tektonischen Elementen feststellen. Man darf sich natürlich nicht vorstellen, daß jede Kluft prädestiniert ist, ein Tälchen zu bilden. Eine Kluft bildet nicht nur einen Riß im Gestein, sondern ist begleitet von vielen parallelen, nicht aufgerissenen Anisotropieflächen, die man vielleicht als „potentielle Klüfte“ bezeichnen könnte. Diese Kluftanlagen in Verbindung mit den Nachbarklüften und -kluftanlagen ergeben Schwächezonen im Gestein, die vom erodierenden Wasser ausgenutzt werden können. Es ist selbstverständlich, daß sich ein Fluß in dieser Richtung leichter einschneiden kann. Natürlich ist er nicht sklavisch an diese Richtung gebunden.

Weiterhin muß nochmals betont werden, daß bei der Besprechung der Talrichtungsdiagramme nur die Klüftung berücksichtigt wurde. Bruchzonen wurden nicht in Betracht gezogen. Es ist sicher, daß auch derartige Zonen bevorzugte Angriffspunkte für die Flußerosion bilden. Wahrscheinlich sind derartige Zonen häufig in dem Talrichtungsmaximum enthalten, das zwischen 50° und 80° schwankte und meistens auf vom paläozoischen Untergrund durchgepauste Strukturen bezogen wurde. Die wichtigsten Störungszonen laufen ja diesen Strukturen parallel.

Zum Abschluß sei nochmals auf die Unterschiede der Talbildung im Paläozoikum und im Mesozoikum hingewiesen. Im Paläozoikum existiert ein Flußsystem, dessen tief eingeschnittene Täler durch die junge Heraushebung dieses Gebietes bedingt wurden. Hauptsächlich wurde als Erosionsrichtung die Streichrichtung der Schichtung bevorzugt. Daneben treten aber sehr starke Beziehungen zur Hauptklüftung auf. Da die Hauptklüftung als junge, nach der Faltung entstandene Klüftung im allgemeinen fast senkrecht einfällt, ist auch keine Ablenkung der Flußtäler durch die Einfallrichtung gegeben.

Im Mesozoikum handelt es sich selten um tiefeingeschnittene Täler. Die Täler sind ziemlich breit, und nur die harten Kalke und manche Sandsteine bilden steilere Wände. Die Talrich-

tungen lassen sich gut mit dem örtlichen Kluftnetz in Beziehung bringen. Auch die Bruchzonen lassen sich in den Talrichtungsdiagrammen erkennen.

Man kann abschließend sagen, daß neben den Strukturen der „Großtektonik“ (Faltungen, Verwerfungen u. ä.) auch die „Kleintektonik“ mit ihren Kluftscharen einen wesentlichen Anteil an der Ausgestaltung des Landschaftsbildes hat.



## C. ZUSAMMENFASSUNG

Das Kluftnetz im Paläozoikum des Öslings und im Mesozoikum der westlichen Eifel und Luxemburgs wurde systematisch aufgenommen.

Die Messungen im Paläozoikum wurden sowohl in Richtungsrosen als auch in Darstellungen der stereographischen Projektion statistisch zusammengefaßt. Es konnten zwei verschieden alte Kluftsysteme unterschieden werden. Ein früh angelegtes tritt gegenüber einem erst nach der Orogenese angelegten Kluftsystem zurück. Das erste System ist nur in kompetenten Bänken erhalten, in inkompetenten, stark geschieferten Schichten ist es von dem zweiten System überprägt oder ausgelöscht.

Die Kluftmessungen im Mesozoikum wurden ausschließlich in Richtungsrosen statistisch dargestellt. Die auftretenden Richtungen stehen über die vom variskischen Untergrund durchgepausten Bruchfallenstrukturen in indirektem Zusammenhang zum Paläozoikum. Auf einer Linie zwischen Wallendorf/Sauer und Esch-Alzette deutet sich der westliche Flexurrand der im Untergrund durchziehenden Eifeler Nord-Süd-Zone durch ein Einschwenken des NE-SW streichenden Kluftsystems in die NNE-SSW-Richtung an. Nordöstlich der Sauer, sowie nördlich der Mosel beherrscht die NNE-SSW-Richtung vollständig das Kluftichtungsbild.

Am östlichen Rand des mesozoischen Deckgebirges sind die Kluftichtungszonen undeutlich ausgebildet und durch Brüche gestört.

Im zweiten Teil wurden die vorherrschenden Talrichtungen des luxemburgischen Paläozoikums, sowie des gesamten Mesozoikums an Hand von Kartenmaterial in Richtungsrosen statistisch ermittelt. Im Paläozoikum wurde eine deutliche Beziehung der Talrichtungen zum Streichen der Schichten, sowie zur Hauptklüftung beobachtet. Im Mesozoikum konnte eine Bindung der Täler an bevorzugte Kluftrichtungen, sowie an Bruchfallenstrukturen festgestellt werden.



## D. LITERATURVERZEICHNIS

- ADLER, R.: Über Klüfte und Kleinstörungen in ihrer Bedeutung für die Morphologie. — N. Jb. Geol. Paläont. 11, S. 498-510, Stuttgart 1957.
- BAUM, F.: Tektonische Untersuchungen am Westrand der Eifeler Nord-Süd-Zone zwischen Untermaubach und Heimbach. — Geol. Rdsch. 44, S. 148-167, Stuttgart 1955.
- BECKER, H.: Über Ausweichbewegungen in Mulden. — Cbl. f. Min. usw. Abt. B, S. 561-567, 1932.
- BERG, D.: Die Klufsysteme Luxemburgs, ihre Beziehung zum Talnetz und ihre Bedeutung für Fragen der angewandten Geologie. — Diplomarbeit in Maschinenschrift, Köln 1963.
- BINTZ, J.: Die Geologie und der variskische Gebirgsbau im Bereich des Pumpspeicherwerks Vianden. — Veröff. Lux. Geol. Dienst, 14, Luxemburg 1964.
- BOEKE, E.: Rupturen in Kreide und Karbon am Südrand des Kreidebeckens von Münster. — Forschungsber. 1315 Nordrhein-Westf. Abt. Bergbau, Westdtsch. Verlag Köln und Opladen 1963.
- BOERGER, H.: Untersuchungen der tektonischen Verhältnisse in der Umgebung von Ibbenbüren unter besonderer Berücksichtigung der Gesteinsspalten. — Jb. Preuss. Geol. L. A. 49. Teil 2, S. 801-838, Berlin 1929.
- BRUNNACKER, K.: Schichtlagerung und Talverlauf bei Freising. — Geologica Bavarica 46, S. 93-98, München 1961.
- BRINKMANN, R.: Morphogenie und jüngste Tektonik im Leinetalgraben. — Abh. Pr. Geol. L. A., N. F. 139, S. 102-135, Berlin 1932.
- CLOOS, H.: Einführung in die Geologie. — Berlin 1936. Eine zweite Arbeit von H. CLOOS. Eine neue Störungsform. — Geol. Rdsch. 6, S. 113-116, Berlin 1932.
- CLOOS, H. & MARTIN, H.: Gang einer Falte. — Fortschr. d. Geol. u. Paläont., 11, Heft 33, DEECKE-Festschrift, S. 74-88, Berlin 1932.
- DINU, J.: Geologische Untersuchungen der Beziehungen zwischen den Gesteinsspalten, der Tektonik und dem hydrographischen Netz des Gebirges im östlichen Pfälzer Wald. — Verh. d. naturh. med. Ver. Heidelberg XI, S. 238-300, Heidelberg 1912.
- DEECKE, W.: Der Zusammenhang von Flußlauf und Tektonik. — Fortschr. d. Geol. u. Paläont., Heft 16, S. 1-74, Berlin 1926.
- ENGEL, B.: Die kleintektonische Arbeitsweise unter besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung im Paläozoikum. — Geotekt. Forsch. Heft 13, S. 6-118 Stuttgart 1959.
- ENGSTLER, B.: Geologische Untersuchungen der Beziehungen zwischen den Gesteinsspalten, der Tektonik und dem hydrographischen Netz des Gebirges in den östlichen Mittelvogesen. — Verh. d. naturh. med. Ver. Heidelberg, XII, S. 372-416, Heidelberg 1913.
- FISCHER, G.: Statistische Darstellungsmethoden in der tektonischen Forschung. — Sitz. Ber. Pr. Geol. L. A. Heft 5, S. 4-25, Berlin 1930.
- FLIEGEL, G.: Zum Gebirgsbau der Eifel. — Verh. naturh. Ver. Rheinl. u. Westf., 68, S. 489-504, Bonn 1911-1912.
- FOUCAR, K.: Der Bau der Aufrichtungszone am nördlichen Harzrand und die Klüftung ihrer Gesteine. — Diss. Jhb. d. Hall. Verb., 15, N. F. S. 53-140, Halle 1936.
- FLOHN, H.: Beiträge zur Talgeschichte Luxemburgs. — Ausz. a. d. Arch. d. Großherz. Inst. v. Luxemburg, 14, Luxemburg 1936.
- GREBE, H.: Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte von Preußen und den thüringischen Staaten. Blatt Winceringen. — Berlin 1880.
- Über das Oberrotliegende, die Trias, das Tertiär und Diluvium in der Trierischen Gegend. — Sep. Jahrb. d. königl. preuss. geol. L. A. S. 457-481, Berlin 1881.

- Über die Trias Mulde zwischen dem Hunsrück- und Eifel-Devon. — Sep. Jahrb. d. königl. preuss. geol. L. A. S. 462-485, Berlin 1884.
- Über geologische Aufnahmen in der Vorderäifel, an der Mosel und Nahe. — Sep. Jahrb. d. königl. preuss. geol. L. A. S. 62-67, Berlin 1886.
- Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte von Preussen und den thüring. Staaten. Blatt Bitburg. — Berlin 1892.
- Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte von Preussen und den thüring. Staaten. Blatt Oberweis. — Berlin 1892.
- HOEPPENER, R.: Faltung und Klüftung im Nordteil des rheinischen Schiefergebirges. — Geol. Rdsch. 41, S. 128-144, Stuttgart 1953.
- HÖFFMANN, R.: Beobachtungen an Klüften im unter- und ober-fränkischen Deckgebirge.—N.Jb. Geol. Paläont. Mh., S. 449-453, Stuttgart 1955.
- HOLZ, H. W.: Geologie und Speläologie der Aggertalhöhle bei Runderoth. — Jhe. f. Karst- u. Höhlenkunde Heft 12, XXII, S. 29-44, München 1961.
- KARL, F.: Ein Beispiel für Anwendung gefügeanalytischer Arbeitsmethoden in der Baugeologie. — Geologie u. Bauwesen, 21, S. 68-86, Wien 1954.
- KIRCHNER, A.: Die saxonische Tektonik Unterfrankens und ihre Einwirkung auf die Morphologie und Flußgeschichte des Mains. — Abh. geol. L. Unters. Bay. Ob. Bergamt, 12, 48 S. München 1934.
- KOELBEL, H.: Über Verformung von Klüften bei der Schichtfaltung am Beispiel des Salzgitterer Sattels. — Geol. Rdsch. 31, S. 188-197, Stuttgart 1940.
- KOPP, K. O.: Die Wittlicher Rotliegendesenke. — Geol. Rdsch. 44, S. 100-147, Stuttgart 1955.
- LEPPLA, A. Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte von Preussen und den thüring. Staaten. Blatt Wittlich. — Berlin 1901.
- Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte von Preussen und den thüringischen Staaten. Blatt Kyllburg. — Berlin 1908.
- LIND, J. G.: Geologische Untersuchungen der Beziehungen zwischen den Gesteinsspalten, der Tektonik und dem hydrographischen Netz des Gebirges bei Heidelberg. — Diss. Verh. nat. med. Ver. Heidelberg. XI, N. F. Heft 1, Heidelberg 1910.
- LJUNGER, E.: Spalten tektonik und Morphologie der schwedischen Skagerrak-Küste. — Bull. Geol. Inst. Univ. Uppsala, 21, S. 1-480, Uppsala 1930.
- LOTZE, F.: Zur Methodik der Forschung über saxonische Tektonik. — Geotekt. Forsch. 1, S. 8-27, Berlin 1937.
- Der Südteil des Göttinger Leinetalgrabens und der Eichenberger Grabenknoten. — Abh. Pr. Geol. L. A., N. F. 139, S. 5-48, Berlin 1932.
- Zur Erklärung der tektonischen Klüfte. — Obl. f. Min. Abt. B, S. 193-199, 1933.
- LOTZE, F. & ROSENFELD, U.: Beiträge zur Frage der Stockwerktektonik im Ruhrkohlengebiet I. — Forschungsber. 654 Nordrhein-Westfalen Westdtsch. Verlag Köln und Opladen 1960.
- LOTZE, F. & SCHMIDT, R.: Beiträge zur Frage der Stockwerktektonik im Ruhrkohlengebiet II. — Forschungsber. 945 Nordrhein-Westfalen, Westdtsch. Verlag Köln und Opladen 1961.
- LOTZE, F. & ZIMMERMANN, H.: Beiträge zur Frage der Stockwerktektonik im Ruhrkohlengebiet III. — Forschungsber. 1160 Nord-Rhein-Westfalen, Westdtsch. Verlag Köln und Opladen 1963.
- LUCIUS, M.: Die Geologie Luxemburgs in ihren Beziehungen zu den benachbarten Gebieten. — Veröff. Lux. Geol. Dienst, 1, S. 3-176, Luxemburg 1937.
- Der Werdegang des Luxemburger mesozoischen Sedimentationsraumes und dessen Beziehungen zu den hercynischen Bauelementen. — Veröff. Lux. Geol. Dienst, 2, S. 44-98, Luxemburg 1940 (2. Aufl. 1955.)
- Die Ausbildung der Trias am Südrand des Öslings. — Veröff. Lux. Geol. Dienst, 3, S. 5-326, Luxemburg 1941.
- Erläuterungen zur geologischen Karte Luxemburgs. DAS GUTTLAND. — Veröff. Lux. Geol. Dienst, 5, Luxemburg 1948.
- Erläuterungen zur geologischen Karte Luxemburgs. DAS ÖSLING. — Veröff. Lux. Dienst, 174 S., Luxemb. 1950.
- LUCIUS, M. & BINZ, J.: Aménagement hydroélectrique de l'Our. — Revue technique luxembourgeoise. Oct.-Décembre 1960.
- METZ, K.: Lehrbuch der tektonischen Geologie. — Stuttgart 1957.






- MUELLER, L.: Der Felsbau Bd. 1. — Stuttgart 1963.
- MUELLERRIED, H.: Klüfte, Harnische und Tektonik der Dinkelberge und des Baseler Tafeljuras. — Verh. nat. med. Ver. Heidelberg, N. F. XV, S. 1-46, Heidelberg 1921.
- MURAWSKI, H.: Zur Frage durchgepauster Tektonik. — Geol. Rdsch. 48, S. 260-271, Stuttgart 1959.
- Zur Geologie des Nordabfalls der Mitteldeutschen Schwelle im Raume Gelnhausen/Kinzig. — Notizbl. hess. L. A. f. Bodenf., 89, S. 114-133, Wiesbaden 1961.
- Die Nord-Süd-Zone der Eifel und ihre nördliche Fortsetzung. — Veröff. Lux. Geol. Dienst, 14, Lucius-Gedenkband, S. 285-308, Luxemburg 1964.
- Klufnetz und Gewässernetz. — N. Jb. Geol. Paläont. Mh. 9, S. 537-561, Stuttgart 1964.
- PHILLIP, H.: Das ENE-System in Deutschland und seine Stellung innerhalb des saxonischen Bewegungsbildes. — Abh. d. Heideb. Akad. d. Wiss., Math.-Naturw. Klasse, 17, Abh., S. 1-61, Heidelberg 1931.
- PHILLIPSON, A.: Die Südwesteifel und die Luxemburg-Trierer Bucht. — Verh. nat. Ver. Rheinl. u. Westf., 90, S. 92-116, Bonn 1933.
- PIXIUS, R.: Über etwaige Gesetzmäßigkeiten im Entstehen und in der Anordnung des Klufsystems des Luxemburger Devons. — Diplomarbeit, E. T. H. Zürich 1956.
- QUIRING, H.: Über das Alter des Eifelgrabens und der N-S-Verwerfungen in der Eifel. — Z. dtsh. geol. Ges., 66, S. 277-283, Berlin 1915.
- RICHTER, D.: Die Hochflächentreppe der Nordeifel und ihre Beziehungen zum Tertiär und Quartär der Niederrh. Bucht. — Geol. Rdsch. 52, S. 376-404, Stuttgart 1962.
- RICHTER, M.: Die Tropfsteinhöhle zu Wichel im Oberbergischen. — Jhe f. Karst-u. Höhlenk., Heft 12, XXII, S. 45-53, München 1961.
- ROEHRER, FR.: Geologische Untersuchungen der Beziehungen zwischen den Gesteinspalten, der Tektonik und dem hydrographischen Netz im nördlichen Schwarzwald und südlichen Kraichgau. — Teil 1.: Die gemeinen Klüfte, Jahresber. Oberrhein. geol. Ver. VI, S. 8-86, 1916.
- SALOMON, W.: Die Bedeutung der Messung und Kartierung von gemeinen Klüften. — Z. dtsh. geol. Ges., 63, S. 496-521, Berlin 1911.
- SCHENK, E.: Die Nord-Süd-Zone der Eifel. — Diss. Bonn 1934.
- Prinzipielle Bemerkungen zu statistischen Methoden in der Tektonik mit einigen Beispielen aus dem rheinischen Schiefergebirge. — Zbl. f. Min. usw. Jg. 1936 Abt. B, S. 129-139, 1936.
- SCHOLTZ, H.: Das varistische Bewegungsbild. — Fortschr. d. Geol. u. Paläont., 8, Heft 25, S. 235-316, Berlin 1932
- SCHROEDER, E.: Die Trierer Bucht als Teilstück der Eifeler Nord-Süd-Zone. — Z. Dtsch. geol. Ges., 103, S. 209-215, Hannover 1952.
- SCHWARZBACH, M.: Das Vulkangebiet von Hredavatu (West-Island). — N. Jb. Geol. u. Paläont., Abh. 104, S. 1-29, Stuttgart 1956.
- SHOU CHANG, CH.: Zur Lage der Faltenachsen im rheinischen Schiefergebirge. — Geol. Rdsch. 31, S. 208-226, Stuttgart 1940.
- STEFFEN, M.: Zur Morphologie des südlichen Randgebiets der Luxemburger Ardennen. — Veröff. Lux. Geol. Dienst, 8, S. 7-43, Luxemburg 1951.
- STIELER, C.: Ein Beitrag zum Kapitel Klüfte. — Zbl. f. Min. usw. Nr. 21 u. 22, S. 664-672, 703-711, 1922.
- TEICHERT, C.: Die Kluftektonik der cambro-silurischen Schichttafel Estlands. — Geol. Rdsch., 18, S. 214-263, Berlin 1927.
- THELE, S.: Die tektonische Stellung der Klüftung in Sedimenten. — Schr. a. d. geol. pal. Inst. d. Univ. Kiel, Heft 5, Kiel 1935.
- WAGNER, G.: Besprechung von W. DEECKE: Flußlauf und Tektonik. — Geogr. Zeitschr. Jg. 1929.
- ZEPP, J.: Die Morphologie des Kyllgebietes. — Verh. nat. Ver. Rheinl. u. Westf., 90, S. 1-67, Bonn 1933.

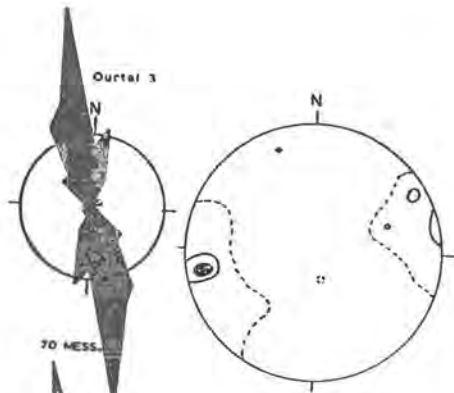


## ZEICHENERKLÄRUNG

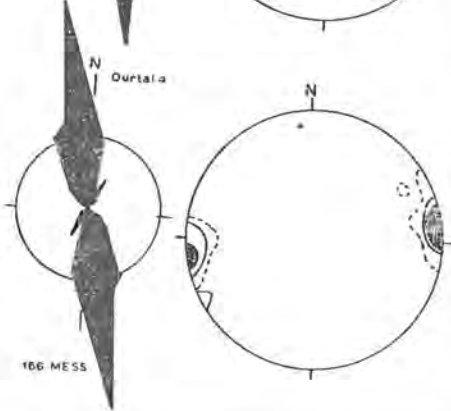
zu den Schmidt'schen Netz-Diagrammen:

	5%
	10% der Gesamtzahl der Messungen
	15%
+	Schichtmessungen
⊕	Faltenachse

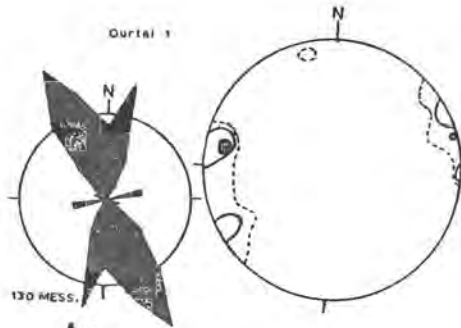




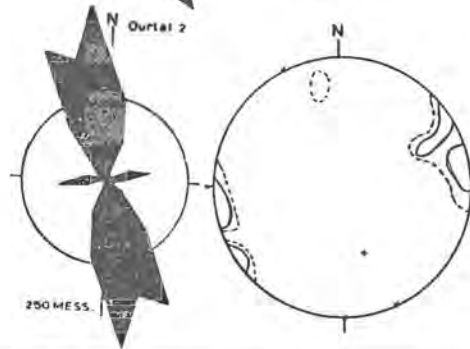
70 MESS.



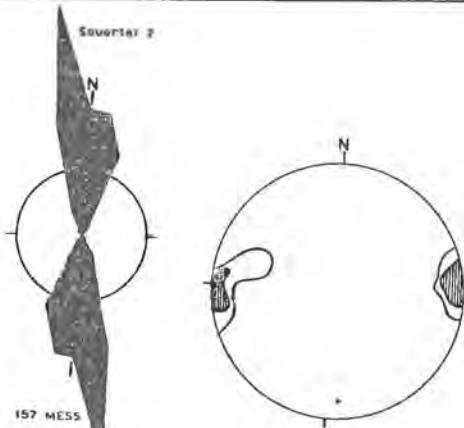
106 MESS.



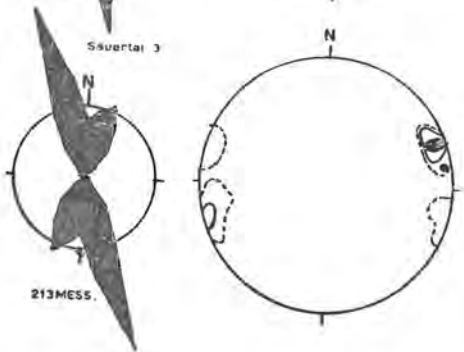
130 MESS.



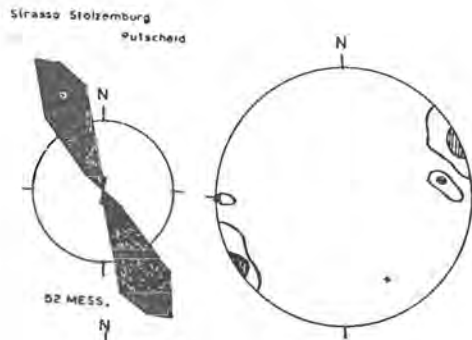
250 MESS.



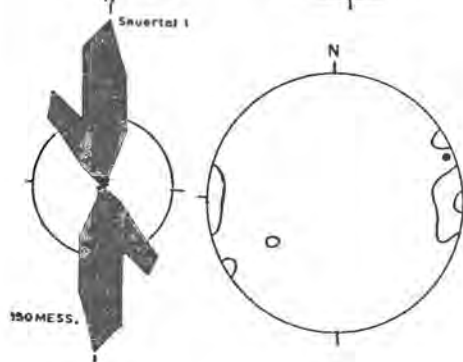
157 MESS.



213 MESS.



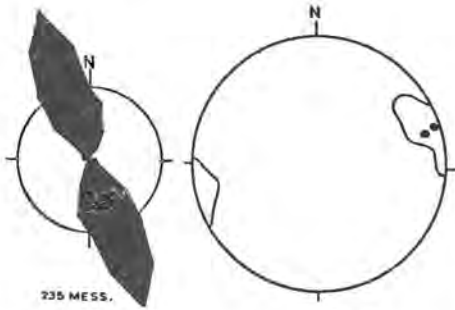
02 MESS.



190 MESS.

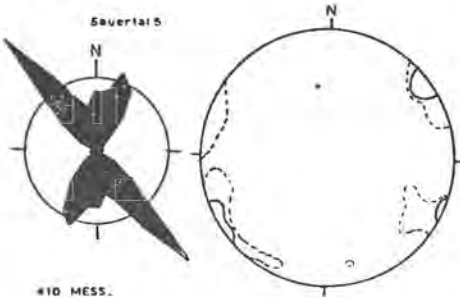


Sauerthal 4



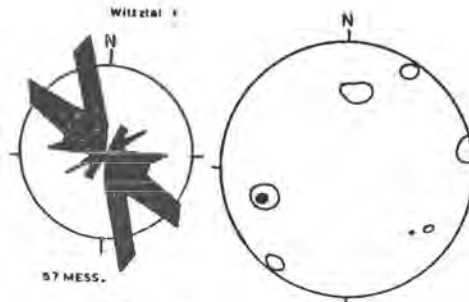
235 MESS.

Sauerthal 5



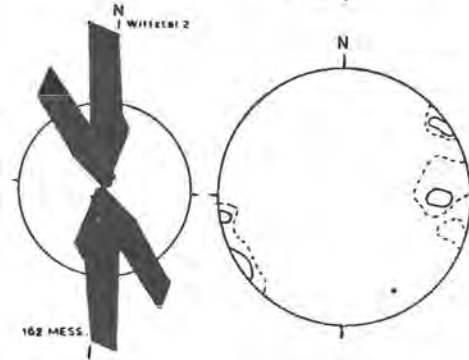
410 MESS.

Witztal 1



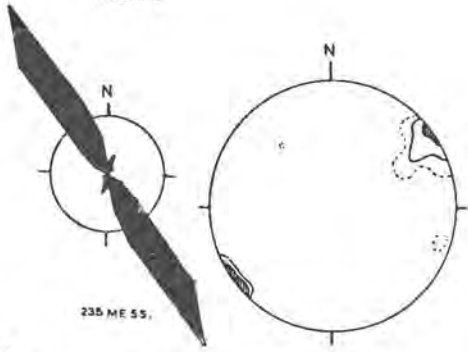
57 MESS.

Witztal 2



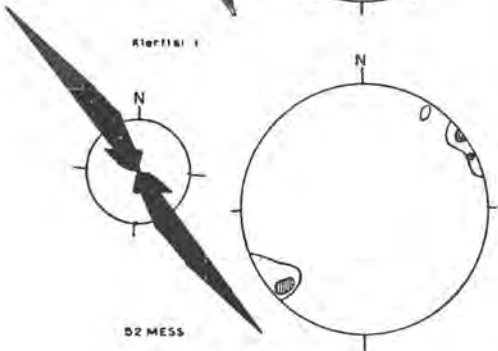
162 MESS.

Witztal 3



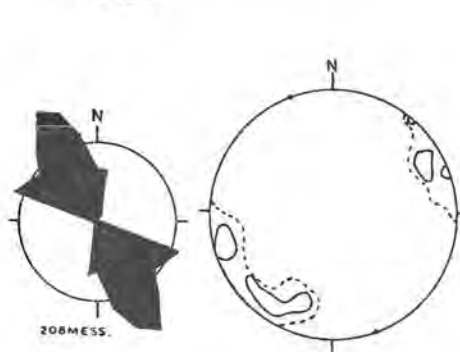
235 MESS.

Kierflai 1



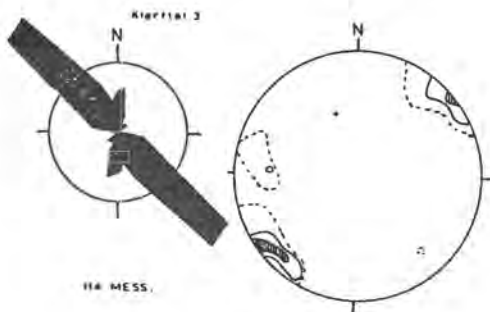
52 MESS.

Kierflai 2



208 MESS.

Kierflai 3



114 MESS.



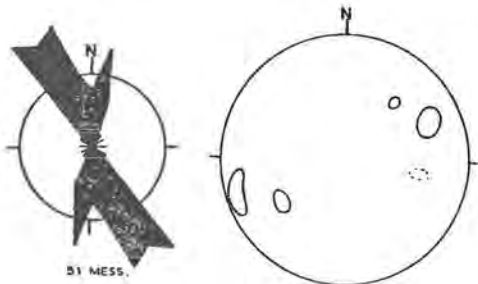


Paläozoikum

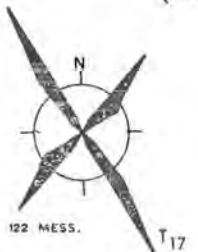
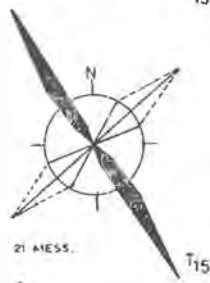
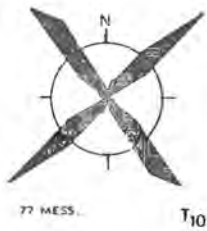
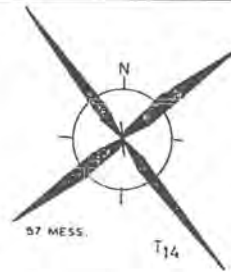
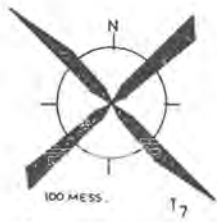
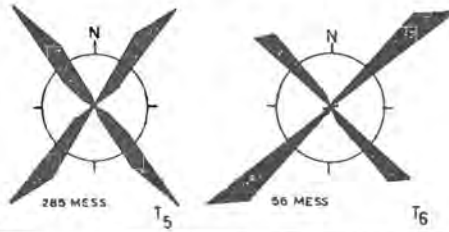
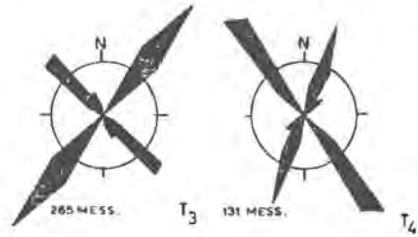
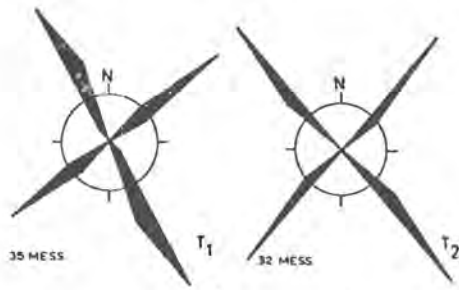
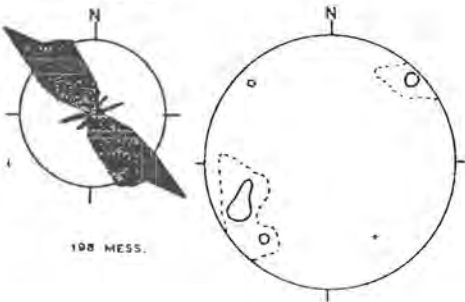
Mesozoikum Trias

Tafel 3

Kierftal 4



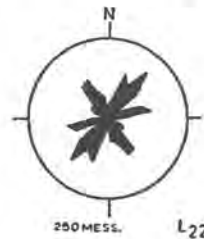
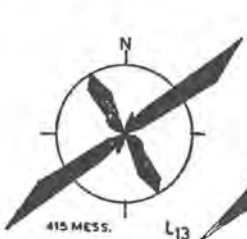
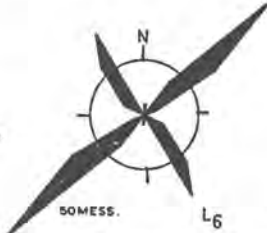
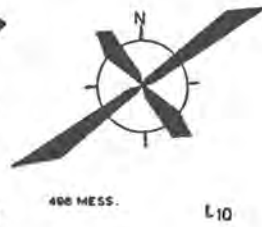
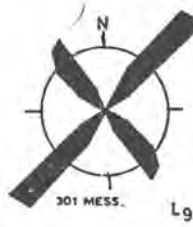
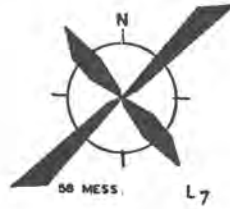
Kierftal 5





# Luxemburger Sandstein

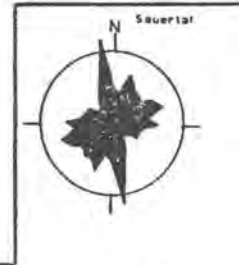
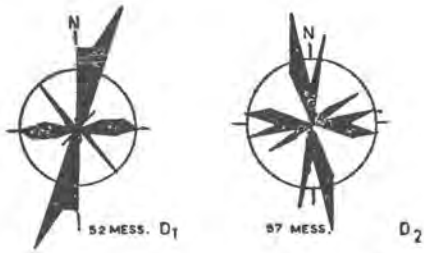
Tafel 4



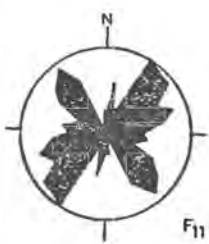
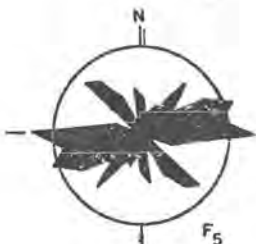
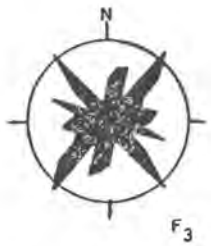
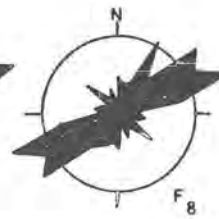
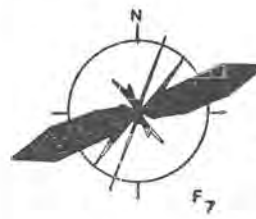


# Dogger

Tafel 5



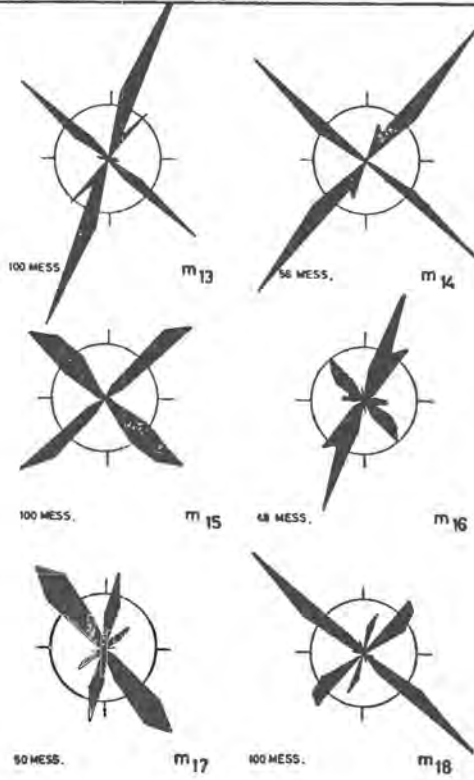
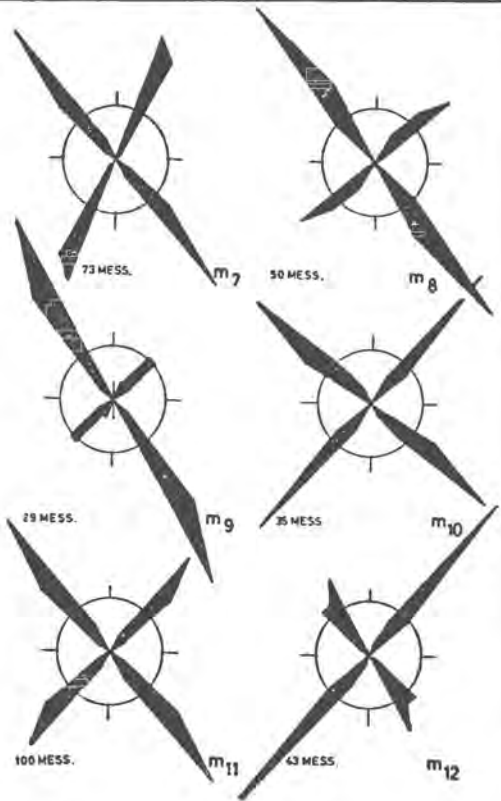
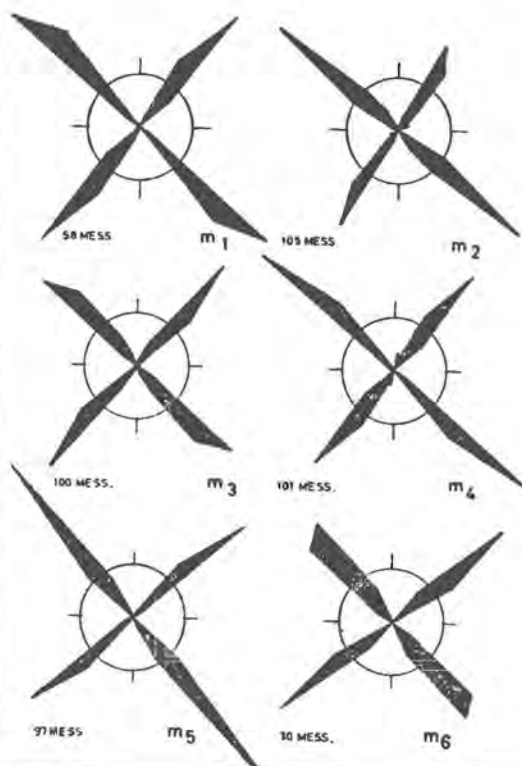
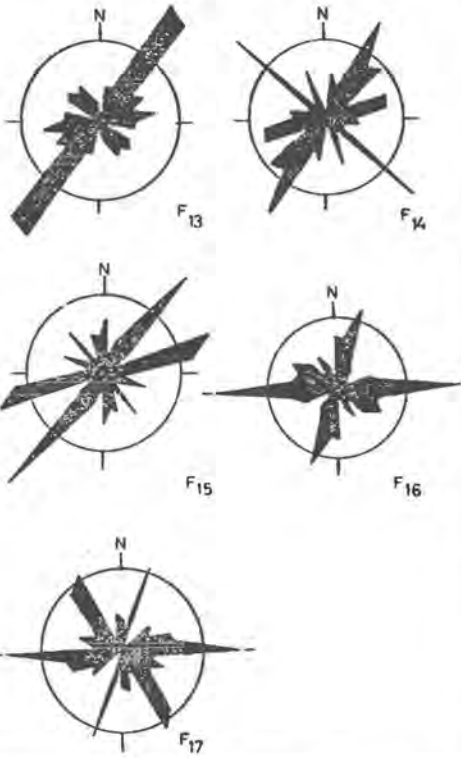
# Talrichtungen





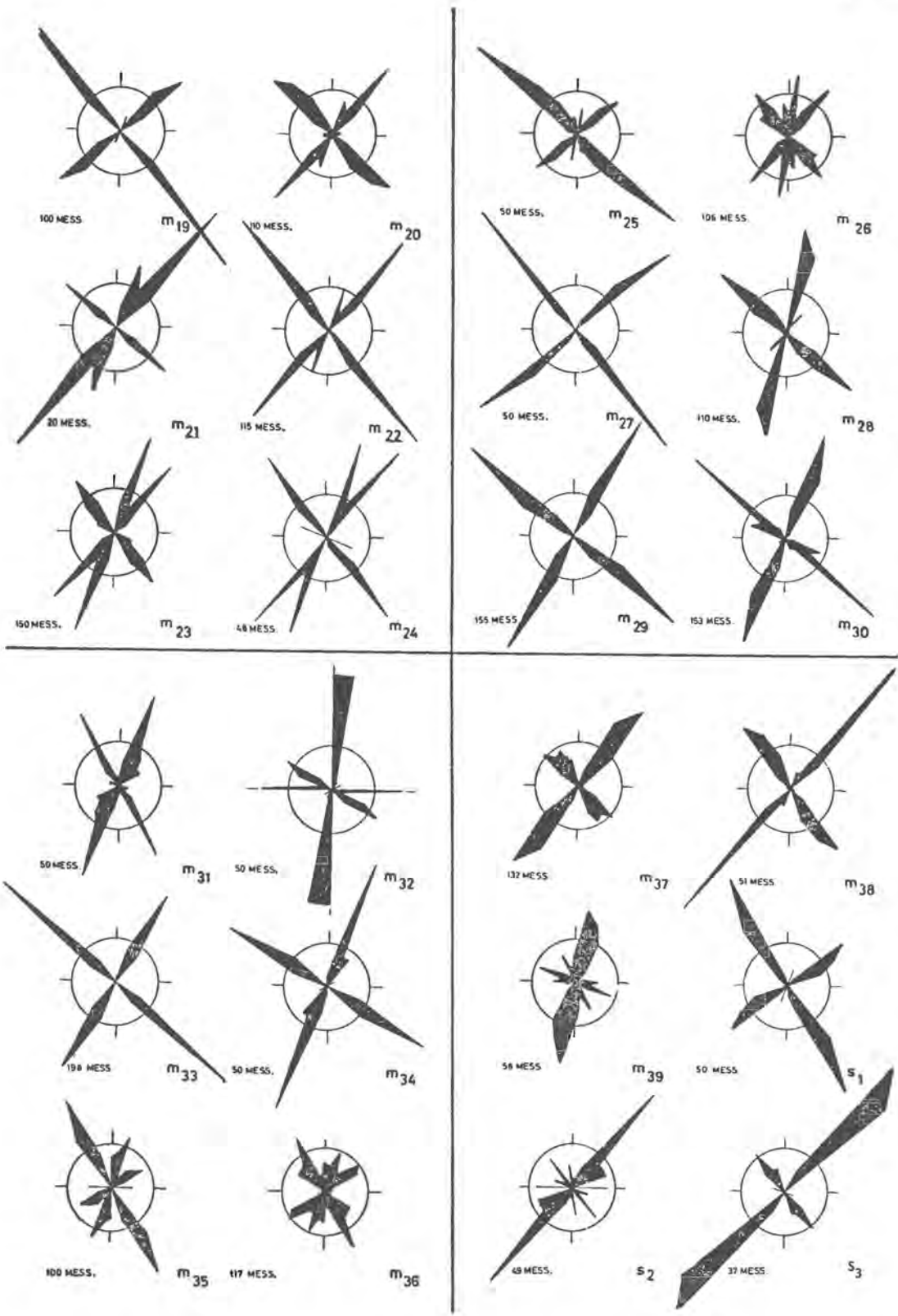
Talrichtungen Mesozoikum

Trias

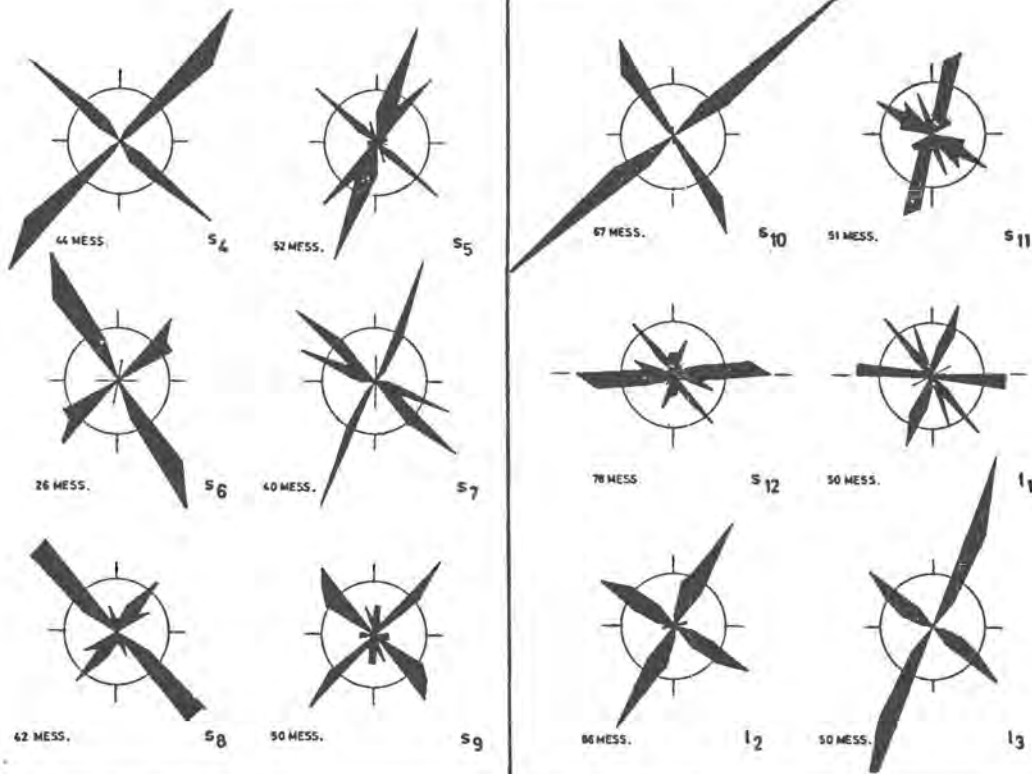






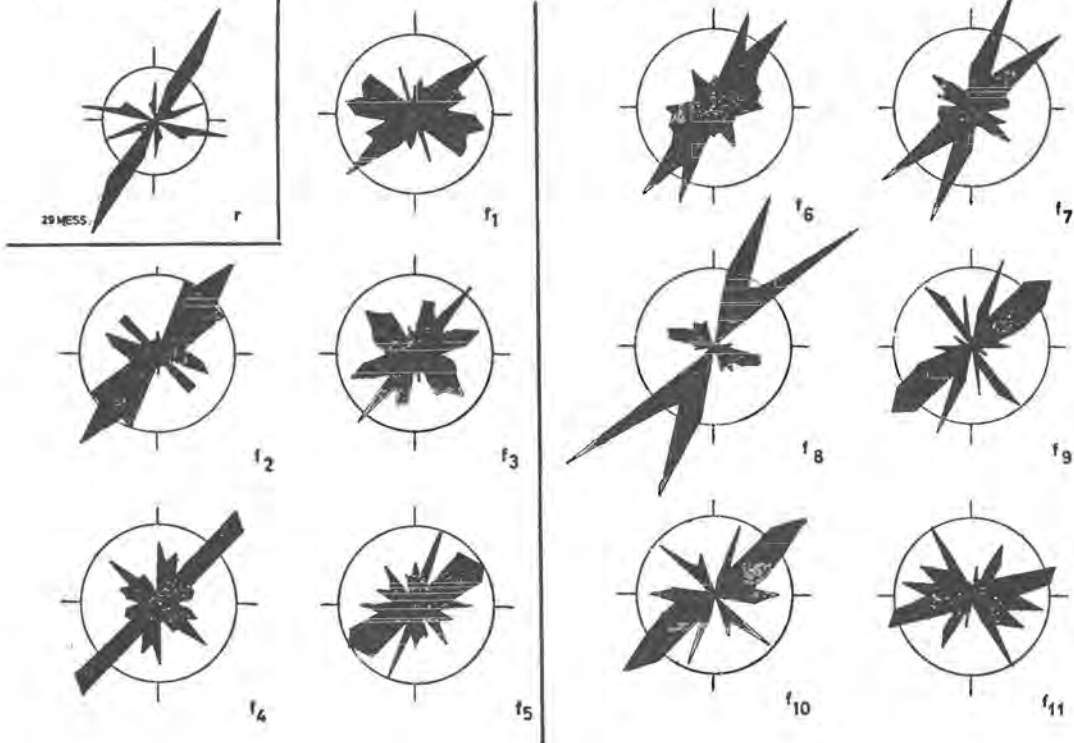




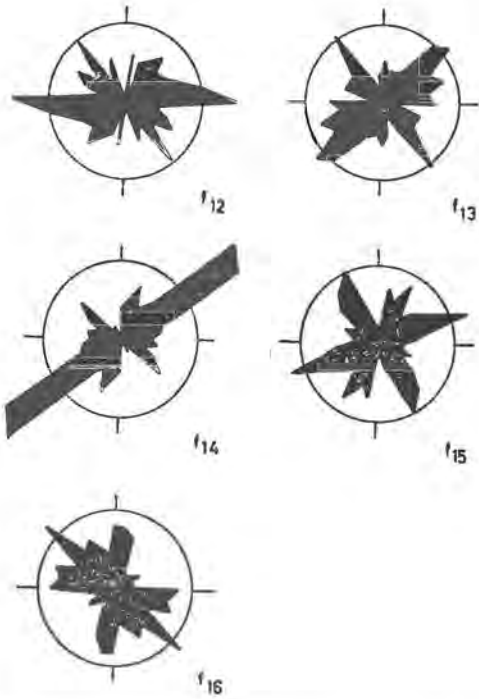


Rot Liegendes

Talrichtungen







TALRICHTUNGSMESSGERÄT

