

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN DER DDR

Forschungsbereich Geo- und Kosmoswissenschaften

ZENTRALINSTITUT FÜR PHYSIK DER ERDE

Veröffentlichungen des Zentralinstituts für Physik der Erde

Nr. 43

Transportanalyse der unterpermischen Sedimente

im Thüringer Wald

von

Harald Lützner

Potsdam 1979

III-12-12 P 111/80

Anschrift des Autors:

Dr. sc. H. LÜTZNER,

Zentralinstitut für Physik der Erde, Institutsteil Jena, DDR-69 Jena, Burgweg 11

1.	Einleitung	6
2.	Untersuchungsmethodik	8
2.1.	Korngefüge	8
2.1.1.	Korngefüge der Konglomerate	8
2.1.1.1.	Grundlagen	8
2.1.1.2.	Meßmethode	12
2.1.1.3.	Darstellung und Auswertung der Meßergebnisse	13
2.1.1.4.	Allgemeine Ergebnisse	19
2.1.2.	Korngefüge der Sandsteine	39
2.2.	Schrägschichtung	42
2.3.	Sedimentgefüge auf Schichtflächen	44
2.4.	Bestand an klastischen Komponenten	46
2.4.1.	Methodik der Geröllanalyse	46
2.4.2.	Geröllspektrum	48
2.4.3.	Sandsteine	52
3.	Geologische Übersicht	55
4.	Regionale Ergebnisse	58
4.1.	Gehrener Schichten	58
4.1.1.	Basissedimente	58
4.1.2.	Sedimente der Oberen Gehrener Schichten	60
4.1.2.1.	Transportrichtungen	62
4.1.2.2.	Geröllprovinzen	63
4.1.3.	Gesamtbild der Oberen Gehrener Schichten	65
4.2.	Manbacher Schichten	65
4.2.1.	Transportrichtungen	66
4.2.2.	Geröllprovinzen	66
4.3.	Goldlauterer Schichten	70
4.3.1.	Transportrichtungen	71
4.3.2.	Geröllprovinzen	85
4.3.2.1.	Südöstliche Provinz (A)	85
4.3.2.2.	Nordöstliche Provinzen (B - G)	86
4.3.2.3.	Westliche Provinz (H)	93
4.3.3.	Gesamtbild	93
4.4.	Oberhöfer Schichten	95
4.4.1.	Untere Oberhöfer Schichten zwischen Ruppberg und Schnellbach	96
4.4.2.	Sedimente des Hauptzwischenmittels im Oberhöfer Vulkanitkomplex	97
4.4.3.	Rotsedimente und Tuffite der Oberen Oberhöfer Schichten	100
4.4.4.	Gesamtbild	100
4.5.	Rotteröder Schichten	101
4.5.1.	Transportrichtungen	101
4.5.2.	Geröllprovinzen	103
4.6.	Tambacher Schichten	104

	Seite	
4.6.1.	Tambacher Becken	105
4.6.2.	Elgersburger Becken	108
4.6.3.	Tambacher Schichten bei Benshausen	110
4.6.4.	Gesamtbild	110
4.7.	Eisenacher Schichten	110
5.	Allgemeine Ergebnisse	112
6.	Zusammenfassung der Ergebnisse	114
	Literatur	116
	Tabellen A - C	123

Zusammenfassung

Die Kartierung gerichteter Sedimentgefüge und die Untersuchung des Geröllbestandes liefern die Grundlage für die Rekonstruktion der Strömungsmuster und Schüttungsprovinzen der klastischen Sedimente des Rotliegenden (Unterperm) im Thüringer Wald. Die Erfassung der Transportrichtungen beruht vorrangig auf Geröllorientierung, Schrägschichtung und Strömungsmarken. Karten der Paläoströmungen und Geröllprovinzen für die Oberen Gehrener, Manebacher, Goldlauterer, Oberhöfer, Rotteröder und Tambacher Schichten lassen die wechselnde Konfiguration der Sedimentationsbecken und den Wandel im Einfluß der umgebenden Hoch- und Schwellengebiete erkennen.

Summary

The mapping of directional sedimentary structures and the study of the pebble composition provide the base for reconstructing palaeocurrent patterns and pebble provinces of the clastic sedimentary sequences of Lower Permian (Rotliegendes) in the Thuringian Forest district. Palaeocurrents have predominantly been determined by pebble orientation, cross bedding and current marks. Maps of palaeocurrents and pebble provinces compiled for Upper Gehen, Manebach, Goldlauter, Oberhof, Rotterode and Tambach formations show the varying configuration of the sedimentary basins and the changing influence of the surrounding highlands and palaeotectonic ridges.

Резюме

Картирование направленных осадочных структур и исследование состава галек служат основанием для реконструкции распределения палеотечений и областей галек красного лежня (нижнего перма) в Тюрингенском Лесу. Определение направлений транспорта преимущественно основывается на ориентировке галек, на косой слоистости и на знаках тегений. Карты палеотечений и областей галек для верхних геренских, манебахских, гольдлаутерских, оберховских, роттеродских и тамбахских слоев позволяют распознавать меняющуюся конфигурацию седиментационных бассейнов и перемену влияния окружающих поднятий и палеотектонических порогов.

1. Einleitung

Die Sedimente des Rotliegenden sind überwiegend klastische Ablagerungen, die im Ergebnis eines mechanischen Transports fester Gesteins- und Mineralpartikeln entstanden. Als Transport- und Ablagerungsmedium wirkte in erster Linie das Wasser von Flüssen, Seen und begrenzten flächenhaften Überflutungen. Lokal gab es gravitative Massentransporte. Windablagerungen kommen nur ganz sporadisch vor.

Die finalen Transportmechanismen prägen dem Sediment Gefügemerkmale auf, die eine Rekonstruktion des lokalen Transportvektors gestatten. Durch statistische Messungen erhält man daraus Informationen über die Richtung der Paläoströmung, beispielsweise im Bereich einer Schichtfläche oder eines Tagesaufschlusses. Die Gesamtheit der Paläoströmungen in einem stratigraphisch definierten geologischen Körper wird als (Paläo-)Strömungsmuster bezeichnet (POTTER & PETTIJOHN 1963).

Bezogen auf das gesamte sedimentärgeologische Geschehen, kann man mehrere Grundtypen von Strömungsmustern unterscheiden. Unter ihnen zeichnen sich die Strömungsmuster kontinentaler Sedimente dadurch aus, daß sie generell dem morphologischen Gefälle des Sedimentationsbeckens folgen. Die Kenntnis des Strömungsmusters hat daher wesentliche Bedeutung für die Erforschung der Konfiguration und Orientierung eines fossilen Sedimentationsbeckens sowie der Herkunft der Beckenfüllung.

Die Aussagen, die die Paläoströmungen zur Materialherkunft liefern, werden sinnvoll ergänzt durch die stoffliche Analyse der klastischen Bestandteile. Gerölle und Sandpartikeln geben Auskunft über die im Liefergebiet erodierten Gesteine oder deren Mineralkomponenten, wobei die Möglichkeit wiederholter Umlagerung und damit verbundener Aufbereitung zu berücksichtigen ist. Einzugsgebiete mit unterschiedlichem geologischem Aufbau bilden sich in Schüttungsprovinzen mit verschiedenem Spektrum ihrer Bestandteile ab. Sie können als Geröll- oder Mineralprovinzen ausgewiesen sein. PETTIJOHN (1957) bezeichnete die kombinierte Untersuchung der Paläoströmungen und Schüttungsprovinzen als Dispersionsanalyse.

Strömungsmuster und Schüttungsprovinzen werden in ihren regionalen Merkmalen von der paläogeographischen Konstellation bestimmt. Neue Bedingungen führen zu einem veränderten Merkmalskomplex, wobei tektonische Ursachen für die Bildung und Entwicklung kontinentaler Sedimentationsbecken vorrangige Bedeutung haben. Der Aufstieg von Schwellen oder Blöcken in der Umgebung oder innerhalb des Beckens, die Verlagerung von Senkungszentren oder die Abriegelung des fluviatilen Transports können das Strömungsmuster entscheidend abwandeln. Zunehmende Heraushebung verlegt den Erosionsschnitt in tiefere Niveaus und erschließt im Liefergebiet andere Assoziationen von Muttergesteinen der Gerölle und Sandpartikeln. Das stoffliche Spektrum der Klasten wird auch durch Einengung oder Erweiterung des fluviatilen Einzugsgebiets beeinflusst.

Wendet man die Dispersionsanalyse auf eine Folge von stratigraphischen Einheiten an, so erweist sie sich als grundlegende Methode zur Untersuchung der sedimentologisch-tektonischen Entwicklung eines Beckens. Mit dieser Konzeption wurde das Rotliegende (Unteres Perm) des Thüringer Waldes bearbeitet (LÜTZNER 1974). Die regionale Problemanalyse sowie die allgemeinen sedimentologischen und paläotektonischen Ergeb-

nisse werden an anderer Stelle veröffentlicht (LÜTZNER 1979). Die vorliegende Publikation behandelt die Methodik und die Dokumentation der durchgeführten Dispersionsanalysen.

Das Rotliegende des Thüringer Waldes, das neben umfangreichen vulkanischen Bildungen ausschließlich aus kontinentalen Sedimenten besteht, gehört nach seiner formationellen Stellung zur Molasse der Varisziden. Paläogeographisch ist der Thüringer Wald ein Teilgebiet der Saale-Senke, die sich als langgestreckte spätvariszische Innensenke im Streichen des variszischen Tektogens seit dem Westfal herausbildete. Im Thüringer Wald ist die Entwicklung der Senkungsstruktur vom höchsten Stefan bis zum Saxon (Oberrotliegendes) durch biostratigraphisch datierte Sedimentation zu verfolgen.

Dispersionsanalytische Untersuchungen wurden im Rotliegenden des Thüringer Waldes bisher nur in Teilbereichen durchgeführt. Die Strömungsrichtungen in Tambacher Konglomeraten untersuchten KNOTH (1960, 1970) und LÜTZNER (1966 a). Im Fehrenbacher Konglomerat bearbeitete KATZUNG (1964, 1968) Anlagerungsgefüge und Geröllzusammensetzung unter Einbeziehung der Manebacher Schichten bei Manebach. Goldlauterer Konglomerate bei Gehlberg und Goldlauter wurden von PORSTMANN (1961) und FANTASNY (1962) untersucht. JUDERSLEBEN (1972) befaßte sich mit der Analyse sandiger Sedimente in einigen neuen Kartierungsbohrungen.

2. Untersuchungsmethodik

Die anzuwendenden Verfahren zur Untersuchung der Paläoströmungen werden von der Korngröße und dem Schichtgefüge der Sedimente bestimmt. In Konglomeraten liefert das Anlagerungsgefüge der Gerölle die besten Resultate. Auch in Sandsteinen wurde das Korngefüge zur Bestimmung der Transportrichtung herangezogen. An schräggeschichteten Sandsteinen ist die Auswertung der Schrägschichtung effektiver. In feinsandigen bis siltig-tonigen Sedimenten können die Transportvektoren überwiegend aus Strömungsmarken ermittelt werden. Die Untersuchung der stofflichen Zusammensetzung wurde weitgehend auf die Geröllfraktion beschränkt.

2.1. Korngefüge

Die räumliche Orientierung klastischer Bestandteile erhält durch die mechanischen Vorgänge während der Sedimentation eine statistische Ordnung. Die dabei entstehende Gefügeanisotropie kann man über eine repräsentative Meßreihe der räumlichen Lage von Einzelteilchen erfassen und in Gefügediagrammen, für die gewöhnlich die LAMBERTSche Projektion (SCHMIDT'sches Netz) verwendet wird, anschaulich darstellen. In dieser auch als Anlagerungsgefüge bezeichneten Kornregelung bilden sich bevorzugte Richtungen und Symmetrieverhältnisse der bei der Sedimentation wirksamen Bewegungsvorgänge ab. Das Gefüge von Kiesen und Sanden unterliegt im Prinzip den gleichen Gesetzmäßigkeiten. Eine getrennte Behandlung ist jedoch schon wegen der verschiedenen Untersuchungsmethodik angebracht.

Zur Beschreibung der Gefügeelemente und der Gefügesymmetrie hat es sich eingebürgert, im wesentlichen nach SANDER (1948), folgende Bezeichnungen zu verwenden:

- A, B, C Kornachsen
- A lange Achse (Achse des größten Korndurchmessers)
- B mittlere Achse (Achse des größten Durchmessers senkrecht zu A)
- C kurze Achse (Achse des größten Durchmessers senkrecht zu Ebene A B)
- a, b, c Gefügeachsen
- a Richtung des sedimentären Transportes
- b Normale auf a in der Ebene der Sedimentation
- c Normale auf Ebene a b

2.1.1. Korngefüge der Konglomerate

2.1.1.1. Grundlagen

Die Erschließung der Transportrichtung aus dem Anlagerungsgefüge setzt ein Interpretationsmodell voraus, das nur aus Sedimenten mit bekannten Strömungsverhältnissen abgeleitet werden kann. Ein allgemeingültiges, theoretisch fundiertes Modell liegt noch nicht vor, jedoch gibt es in der Literatur zahlreiche Einzelbeiträge, durch die die Interpretation für unsere Zwecke abgesichert wird.

Schon frühzeitig wurde die in trockenen Flußbetten leicht zu beobachtende Einkippung abgeflachter Gerölle gegen die Fließrichtung beschrieben. Wenn auch gelegentlich schon Rückschlüsse auf alte Strömungsrichtungen empfohlen oder versucht wurden (BECKER 1893, S.54; WALTHER 1893/94, S.756; NOEL 1907, S.145; KAYSER 1912, S.395; JOHNSTON 1922), so blieben doch systematische Messungen zunächst noch aus. Der Beginn einer statistischen Untersuchung sedimentärer Gefüge wird K. RICHTER (1932, 1933) zugeschrieben (SCHLEE 1957, S.163; POTTER & PETTIJOHN 1963, S.31). In dieser Zeit zog auch FORCHE (1935) die Geröllorientierung in Sedimenten des Buntsandsteins zu paläogeographischen Schlußfolgerungen heran. Zu erwähnen sind ferner Beiträge von WADELL (1936) und KRUMBEIN (1939), die im Hinblick auf Meßgenauigkeit und statistische Auswertung Maßstäbe setzten. Erst danach erschien eine Reihe von Arbeiten, die für die genetische Interpretation von Anlagerungsgefügen Daten aus rezenten Sedimenten lieferten. Eine Übersicht und Auswertung der bis 1964 erschienenen Publikationen gab JOHANSSON (1965). Der heute noch etwas erweiterte Kenntnisstand sei im folgenden unter dem Gesichtspunkt einer Anwendung im Rotliegenden zusammengefaßt.

(1) In Strömungsbetten mit flachem Gefälle und ohne Kleinrelief durch Schrägschichtungskörper oder lokale Hohlformen sind die größten Querschnitte der Gerölle (Ebene A B) gegen die Fließrichtung geneigt. Dieses als Dachziegellagerung (HEIM, zit. nach KAYSER 1912) oder Imbrikation (GEIKIE 1905, S.311) bezeichnete Ordnungsprinzip ist die wichtigste Gesetzmäßigkeit im Anlagerungsgefüge von fluviatilen Kiesen. Sie tritt bereits hervor, wenn das Korngefüge ohne Rücksicht auf die Korngestalt erfaßt wird (Autorenkollektiv 1965; KRUMBEIN 1939; SCHIEMENZ 1960; SUTTER 1962; UNRUG 1957). Eine schärfere Regelung ergibt sich durch die Auslese abgeflachter Gerölle (DZIEDZIC 1964; JOHANSSON 1965; LAMING 1966; LEVIN 1968; ORE 1963; SCHLEE 1957; UNRUG 1957). Der mittlere Neigungswinkel der Abplattungsebene A B schwankt zwischen 10° und 40° . Dichte Geröllpackung führt zu relativ steiler Einkippung, während einzelne Gerölle auf sandreichem Bett flachere Neigungswinkel besitzen und bis zur horizontalen Lage streuen (GAILLEUX 1945; KALTERHERBERG 1956; LAMING 1966; RUST 1972).

(2) Durch Imbrikation erreicht die abgesetzte Sedimentlast eine optimale Stabilität gegen die transportierende Wasserströmung. Die stabile Lage wird offenbar auf verschiedenen Wegen erreicht. Mindestens drei Entstehungsformen sind zu unterscheiden:

- (a) Aus der Schlepplast mit rollend-gleitender Bewegung erreichen abgeflachte Geröllformen, die auf ihrer Bewegungsbahn durch Anlagerung an ruhende Gerölle in Dachziegelstellung geraten, eine relativ stabile Lage. Damit wird deren erneute Aufnahme in den Transport weniger wahrscheinlich als für ähnliche Geröllformen in anderer Orientierung. Diese Transportselektion erklärt auch die im Sediment unregelmäßig verteilten Gruppen von eng imbrizierten Geröllen, die man als anschaulichen Beweis von dachziegelartiger Lagerung fast in jedem Konglomerataufschluß findet.
- (b) Setzen sich Gerölle auf relativ glattem Bett aus feinerem Material ab, so wird durch Wirbelbildung die Unterlage luvseitig erodiert, und das Geröll kippt gegen die Strömung ab (FAHRERSTOCK & HAUSHILD 1962, S.1421; JOHANSSON 1960, S.133; 1963, S.90; PICARD 1950, S.336; SENGUPTA 1966, S.366; TWENHOFEL 1932, S.36). Dieser Vorgang führt zu "isolierter Imbrikation" (LAMING 1966, S.946). Er trägt aber vermutlich neben der Transportselektion auch zur Ausbildung der Kontaktimbrikation bei,

die sich im grobkiesigen Bett vieler Flüsse durch starkes Auswaschen der obersten Kieselage einstellt.

- (c) Für den Transport von Geröllern kommt neben der diskontinuierlichen Bewegung in der Schlepp- und Springlast mit korn-individuellen Bewegungsbahnen auch eine schichtförmige, kollektive Bewegung hochkonzentrierter Korndispersionen in Betracht. Dabei unterliegen die klastischen Teilchen einem Scherstreß, der zu ständigen Kollisionen zwischen den Körnern führt (BAGNOLD 1954). REES (1968) versuchte abzuleiten, daß dabei ein Einschaukeln länglicher Körner in Dachziegelstellung theoretisch zu erwarten ist. Der Vorgang wurde in erster Linie an Sanden untersucht und experimentell bestätigt (REES 1968; HAMILTON, OWENS & REES 1968). Die Übertragbarkeit auf Kiese wird vorerst nur vermutet (BAGNOLD 1954, S.62; JOHANSSON 1965, S. 18; LAMING 1966, S.946). - Für das Rotliegende ist diese Frage deshalb wichtig, weil hier in groben Konglomeraten Schlamm- und Schuttstromsedimente auftreten, für die eine Entstehung der Imbrikation durch Transportselektion und luvseitige Erosion vom Transportmechanismus her entfällt. Die Erfahrung zeigt, daß auch diese Sedimente eine statistische Regelung nach dem Dachziegelprinzip aufweisen. Im übrigen sind hochkonzentrierte und kollektiv transportierte Gerölldispersionen nicht nur an Schlammströme gebunden. So haben Filmaufnahmen von MORTENSEN & HÖVERMANN (1957) gezeigt, daß eine Hochwasserwelle in einem normalen Flußbett eine Art Schotterwolken auslöst, in der Gerölle als dichte Masse über eine kurze Strecke verfrachtet werden.

(3) Die Azimute der A-Achsen sind entweder parallel (A//a) oder quer zur Strömung (A//b) ausgerichtet, oder beide Richtungen sind vertreten (A/a, A/b)¹⁾. Gefügediagramme der A-Achsen haben meist annähernd monokline Symmetrie, wobei die Strömungsrichtung a in die Symmetrieebene fällt. Bei annähernd gleicher Besetzung der Längs- und Querlage (A/a, A/b) kann rhombische Symmetrie vorgetäuscht werden. Synoptische Diagramme von A- und C-Achsen stellen in den meisten Fällen die monokline Symmetrie wieder her.

Die Symmetriebeziehungen treten bei Orientierungsmessungen mit und ohne Formauslese in gleicher Weise in Erscheinung. Für die Entstehung der Gefüge muß jedoch die Geröllform mit betrachtet werden. Ein stengliges Geröll erreicht in strömungsparalleler Orientierung seine stabilste Lage, die - analog zur Dachziegelstellung plattiger Gerölle - durch Transportselektion mehr oder weniger zufällig erreicht werden kann (JOHANSSON 1965, S.11). Andererseits werden längliche Gerölle in der Schlepplast vorwiegend in Querlage transportiert. Nachdem ein solches Geröll zur Ruhe gekommen ist, kann es in die Längsrichtung umgeregelt werden, um eine stabilere Lage zu erhalten. Ob und in welchem Umfang die Neuregelung stattfindet, hängt von der Festigkeit und Rauigkeit des Bettes, dem zeitlichen Gradienten der Transportkraft, dem Gefälle und anderen Faktoren ab. Bei geringem Gefälle auf sandreichem Bett (JOHANSSON 1963; SENGUPTA 1966) und bei rasch nachlassender Wasserströmung (SCHIEMENZ 1960, S.15; KÜRSTEN 1960, S.498) herrscht die Querlage stets vor. Bei ausreichender Transportkraft werden die Gerölle springend bewegt, wobei die A-Achsen schon während der Verfrachtung eine strömungs-

¹⁾ Symbolik nach JOHANSSON (1965)

parallele Lage erreichen können. Das trifft besonders auf den Bereich des Stromstrichs (RICHTER 1936, S.26) oder auf die Gerölle kleineren Durchmessers zu (JOHANSSON 1965; SENGUPTA 1966; UNRUG 1957).

Während stenglige Gerölle in Querlage mehr oder weniger horizontal liegen, folgen sie in strömungsparalleler Lage meist dem Dachziegelprinzip, wobei die Neigung gegen die Strömung geringer ist als bei plattigen Geröllen (SCHLEE 1957, S.169).

Das A-Achsen-Gefüge plattiger Gerölle wird in erster Linie von der Dachziegella-
gerung gesteuert. Die Azimute der A-Achsen besitzen meist relativ geringe Regelung, die sich vom B-Achsen-Gefüge der gleichen Gerölle nicht wesentlich unterscheidet (KATZUNG 1968, 1971). Beide zusammen besetzen in Diagrammen einen gegen die Strömung geneigten Gürtel, der die Spur der mittleren Imbrikationsebene nachzeichnet.

(4) Ein Vergleich der A- und C-Achsen-Gefüge führt zu dem Schluß, daß die C-Achsen bzw. die Ebenen A B weitaus besser geregelt sind und daß deshalb die Imbrikation als Indikator für die Richtung der transportierenden Wasserströmung gegenüber der Orientierung der langen Achsen vorzuziehen ist (Autorenkollektiv 1965; DZIEDZIC 1964; JOHANSSON 1965; LAMING 1966; SCHLEE 1957; u.a.). Eine Auslese von abgeflachten Formen läßt die Regelung der Imbrikation deutlicher hervortreten bzw. setzt den Arbeitsaufwand herab (SCHLEE 1957; SENGUPTA 1966). Aus diesem Grunde wurden für die vorliegenden Untersuchungen ausschließlich plattige Gerölle mit einem Achsenverhältnis $B : A > 2/3 > C : B$ verwendet.

(5) Durch Nebenmaxima und nicht genau symmetrisch aufgebaute Hauptmaxima weisen Gefügediagramme fluviatiler Kiese nicht selten mehr oder weniger triklone Züge auf (DZIEDZIC 1964; JOHANSSON 1965; KATZUNG 1971; SCHLEE 1957). Sie werden durch Fluktuation der lokalen Strömungsvektoren und die Überlagerung ihrer Abbilder in der Gefügeanisotropie hervorgerufen. So kann sich bei fallendem Wasserstand die lokale Strömungsrichtung an vielen Stellen ändern. Dabei kommt es unter abklingender Kompetenz zu schwacher Umregelung, ohne daß sich die veränderte Richtung vollständig durchsetzen kann. Eine schiefe Verteilung kann auch dadurch entstehen, daß ein Diagramm in einem Teilbereich aufgenommen wurde, in dem sich der lokale Strömungsvektor lateral rasch verändert. Das ist besonders an den Flanken von Strömungsrinnen der Fall. In nicht gekrümmten Abschnitten divergieren die lokalen Vektoren an der Sohle des Flusses vom Stromstrich zum Rand der Strömungsrinne. Demzufolge biegen die Streichlinien der plattigen Gerölle, die in der Rinne Mitte quer zur Strömungsrinne verlaufen, an den Rinneflanken nach hinten ab, während die Fallrichtungen schräg nach innen zum Stromstrich hin abgelenkt werden. Generell besitzen Anlagerungsgefüge in Randnähe eine größere Schiefe als in der Strommitte (SARKISJAN & KLIMOVA 1955; LEVIN 1968).

Das Gefüge der C-Achsen (AB-Ebenen) scheint gegen Umregelungen weniger anfällig zu sein als das A-Gefüge (DZIEDZIC 1964). JOHANSSON (1965, S.12) sieht in der Ballung von imbrizierten Geröllen (clustering) eine wesentliche Ursache für Nebenmaxima und schiefe Punkthäufungen.

(6) Die Geröllorientierung auf Schrägschichtungsflächen in sandreichen Kiesen muß als Sonderfall betrachtet werden. Die Abplattungsebene A B fällt hier mit der Schrägschicht in Richtung der Strömung ein. Die A-Achsen länglicher Gerölle sind auf den Schrägschichtflächen parallel zur Strömung eingestellt (JOHANSSON 1963, 1965; KALTFRERBERG

1956; SENGUPTA 1966; BANDYOPADHYAY 1971). KRUMBEIN (1940, S.653) diskutiert ferner eine scheinbar entgegengesetzte Imbrikation durch lokale Rückströme im Strömungsschatten eines Hindernisses.

(7) Als Parameter, die den Regelungsgrad des Anlagerungsgefüges beeinflussen, werden in der Literatur u.a. Geröllgröße, Wassertiefe, Geschwindigkeit, Turbulenzbedingungen, Sedimentzufuhr, Sortierung, Packungsdichte, Beschaffenheit des Flußbettes (Festigkeit und Rauigkeit der Sohle, Kleinmorphologie, Kornzusammensetzung des Substrats), Gefälle, Kornform und Korndichte genannt. Der Einfluß der Korngröße äußert sich darin, daß kleinere Gerölle oft schlechter geregelt sind, da sie von größeren Geröllen im Regelungsprozeß behindert werden (CAILLEUX 1945; JOHANSSON 1965; RUST 1972; UNRUG 1957; WHITE 1952). Diese Beziehung konnte jedoch nicht in allen Fällen bestätigt werden (Autorenkollektiv 1965; SUTTER 1962, S.56). Zunehmende Geröllsortierung und Packungsdichte scheinen die Dachziegellagerung zu fördern (KALTERHERBERG 1956, S.54). Das A-Achsen-Gefüge reagiert dagegen mit größerer Streuung (JOHANSSON 1965; KÜRSTEN 1960; RUST 1972).

Auf das unterschiedliche Verhalten verschiedener Geröllformen wurde bereits näher eingegangen. Viele Autoren haben besonders den Gegensatz von plattigen und stengligen Formen betont. LEVIN (1958) zeigt, daß auch breitstenglige Gerölle eigene Gesetzmäßigkeiten der Orientierung besitzen.

Die Signifikanz bestimmter Einflußgrößen, auf deren weitere Aufzählung hier verzichtet werden muß, wurde bisher nur in wenigen Fällen durch statistische Testverfahren geprüft (Autorenkollektiv 1965; ORE 1963; BANDYOPADHYAY 1971).

Insgesamt ist die Bildung des Anlagerungsgefüges in Flußkiesen ein komplexer Vorgang, in dem noch zahlreiche Fragen offen sind. Unzureichend bekannt sind die Einflußgrößen, die im transportierten Material selbst liegen (Kornverteilung, Packungsdichte, Formzusammensetzung). Vor allem fehlt es aber an Informationen über die Wechselwirkung mit den hydraulischen Parametern der Flüsse, besonders auch unter Berücksichtigung der für die geologischen Prozesse wichtigen Flußtypen verschiedener Klimate und unterschiedlicher geomorphologisch-geotektonischer Konstellationen (Stromgeflechte, Schwemmfächer usw.). Wenig untersucht sind ferner die Abhängigkeiten der Geröllorientierung von der Geometrie der Flüsse (vgl. TEISSEYRE 1975 b).

Die wichtigste und allgemeingültigste Gesetzmäßigkeit ist das Imbrikationsprinzip und seine Steuerung durch den lokalen Strömungsvektor. Sie bietet auch für die Konglomerate der permosilesischen Rotsedimente eine gut gesicherte Grundlage der Rekonstruktion von Transportrichtungen. Beispiele dafür lieferten KALTERHERBERG (1956), DZIEDZIC (1961, 1964, 1971), LÜTZNER (1966 a) und KATZUNG (1968). Auch für die vorliegenden Untersuchungen wurde die Orientierung abgeplatteter Gerölle zur Kartierung der Transportrichtungen systematisch angewendet.

2.1.1.2. Meßmethode

Zur Richtungsmessung der Geröllachsen diente ein Geologenkompaß des VEB Freiburger Präzisionswerke in Verbindung mit einer Ergänzungsvorrichtung, die bereits an anderer

Stelle beschrieben wurde (LÜTZNER 1964 b). Damit können die Achsen direkt in einen Außentaster eingespannt werden. Sie lassen sich aber auch durch paralleles Anlegen eines Tastarmes einmessen. Gerade dadurch hat sich die Vorrichtung an senkrechten Aufschlüssen bewährt, an denen aus Mangel an freiliegenden Schichtflächen oft in engen Nischen gemessen werden mußte.

Die zur Messung bestimmten Gerölle wurden mit dem Meißel so weit freigelegt, daß die Achsen A und B zugänglich waren. Da nur die Lage von C interessierte, konnten auch zwei beliebige, annähernd senkrecht aufeinander stehende Achsen in der Ebene A B verwendet werden. Ungeachtet der teilweise ziemlich starken Verfestigung waren die meisten Konglomerate auf diese Weise zu bearbeiten. Nur in einigen pyroklastisch beeinflussten Psephiten der Oberen Gehrener und Oberhöfer Schichten sowie in lokal verkieselten Partien des Unteren Tambacher Konglomerates war es nicht möglich, die Gerölle aus ihrer Matrix zu lösen.

Für jede Probe wurden im Normalfall 50, in ausgesuchten Aufschlüssen auch bis zu 100 Gerölle vermessen. Bei starker Verfestigung konnten an einigen Stellen nur 30 - 40 Messungen durchgeführt werden. SCHLEE (1957) stellte anhand von Teilproben fest, daß für die Auswertung plattiger Gerölle bereits 20 Messungen ein brauchbares Ergebnis liefern. Das Sedimentary Petrology Seminar (Autorenkollektiv 1965) gibt für die Imbrikation den notwendigen Probenumfang für ein vorgegebenes Vertrauensintervall des Mittelwertes von $\pm 15^\circ$ an. Danach sind unter den Bedingungen des Testobjektes am Wolf Run (Indiana, USA) bei einem Wahrscheinlichkeitsniveau von

95 %	54 Messungen
90 %	36 Messungen
67 %	5 Messungen

erforderlich. Nimmt man diese überschlägige Angabe als Richtwert für fluviatile Kiese und wählt 90 % als eine für geologische Zwecke ausreichende Signifikanz, so ist ein Probenumfang von 50 Geröllen eine genügend sichere Grundlage, die sich auch vom Arbeitsaufwand her noch vertreten läßt.

Die Fläche, auf die sich die vermessenen Gerölle verteilen, wurde möglichst gering gehalten. In günstigen Fällen reichten Aufschlußflächen von weniger als 1 m^2 aus, an anderen Stellen mußte der Meßbereich auf mehrere Meter in der Horizontalen und Vertikalen ausgedehnt werden. Die Streuung der Geröllorientierung wird vom Umfang des Meßbereiches nur wenig beeinflusst (s.u.).

2.1.1.3. Darstellung und Auswertung der Meßergebnisse

Auswertung im SCHMIDT'schen Netz

Die Verarbeitung der Meßdaten im SCHMIDT'schen Netz (untere Halbkugel) erfolgte in der allgemein üblichen Form. Aus den Geröllachsen A und B wurde die Lage der C-Achsen konstruiert und gegebenenfalls entsprechend dem Fallen und Streichen der Schichtung zurückrotiert. Daran schlossen sich das Auszählen und die Darstellung der Punktdichte durch Isopyknen an.

Die Festlegung der Transportrichtung geschah nach der maximalen Besetzungsdichte, die in bezug auf die Diagrammitte "vorwärts" dezentriert ist, wenn man zur Darstellung die untere Hälfte der Lagenkugel verwendet. In streng monoklin symmetrischen Diagrammen ist die Richtungsbestimmung eindeutig. Bei offensichtlich schiefer Lage des Maximums wurde versucht, die Symmetrie des gesamten Belegfeldes korrigierend mit heranzuziehen. Dazu berechtigt die oben referierte Modellvorstellung, daß schwach triklin Gefüge durch fluktuierende Strömungsrichtungen mit unvollständiger Umregelung entstehen.

Daneben kann eine schiefe Verteilung auch meßtechnische Ursachen haben. Eine bevorzugte Auslese bestimmter Achsenlagen ist z.B. an senkrechten, geradlinigen Aufschlüssen mit starker Verfestigung denkbar. Ferner kommt es vor, daß die Schichtfläche, auf die die Rotation der Geröllachsen bezogen wird, nicht die ursprüngliche Horizontalebene repräsentiert. Der Bezug auf eine primär stark geneigte und schief zur Strömungsrichtung einfallende Schichtfläche (Randböschung einer Fließrinne) kann eine deutliche Asymmetrie hervorrufen. Diese Gefahr besteht besonders in groben Konglomeraten aus dem Schwemmfächer-Milieu, die in einigen Aufschlüssen sehr arm an meßbaren Schichtflächen sind. Wenn die Symmetrieachse der Belegfelder offensichtlich an der Diagrammitte vorbeiläuft, besteht Verdacht auf eine fehlerhafte Schichtungsmessung. In solchen Fällen kann man bei visueller Auswertung das Diagramm "justieren" (Abb. 14, Diagramm Ob 3).

Numerische Auswertung

Um die Streuung der Meßergebnisse besser erfassen zu können, erschien es notwendig, neben der graphischen Lösung einen Zentralwert der Achsenrichtung und ein Maß für die Regelung zu berechnen. Ein für die Auswertung der Imbrikation geeigneter Weg wurde von LÜTZNER & MAAZ (1969) näher behandelt. Dabei werden die C-Achsen als Einheitsvektoren aufgefaßt, die vom Mittelpunkt der Lagenkugel zum darstellenden Punkt an der Oberfläche der unteren Kugelhälfte verlaufen. Durch diese Vereinbarung wird aus dem steil einfallenden Bündel der C-Achsen ein polares Vektorenbündel mit gleicher Streuung und Symmetrie abgetrennt. Als zentraler Wert dient die Richtung des Summenvektors. Seine normierte Länge

$$R_c = \frac{\text{Betrag des Summenvektors}}{\text{Anzahl der Vektoren}}$$

ist ein Maß für den allgemeinen Regelungsgrad des Achsengefüges.

Für einen Teil der Proben wurden Γ_0 , γ_0 (Azimut und Fallen des Summenvektors) und R_c (normierter Betrag des Summenvektors) auf dem Rechenautomaten ZRA 1 berechnet. Die Ergebnisse sind in Tab. A zusammengestellt. Für viele Meßpunkte liegt auch ein Gefügediagramm vor, so daß beide Verfahren verglichen werden können.

Vergleich von graphischer und numerischer Auswertung

Die numerische Auswertung bringt einige Vorteile. Die hohe Genauigkeit maschineller Datenverarbeitung schließt potentielle Fehlerquellen aus, die in den verschiedenen Arbeitsgängen im SCHMIDT'schen Netz enthalten sind und die vor allem die Azimutbestimmung des nahe an der Diagrammitte gelegenen Dichtemittels (Maximum) beeinflussen kann. Die Verwendung des Summenvektors bietet ferner die Möglichkeit, statistische Modellverteilungen auf der Kugel und dem Kreis auf ihre Anwendbarkeit zu prüfen (s.u.).

Andererseits muß man sich darüber im klaren sein, daß die Berechnung des Summenvektors nur unter bestimmten Annahmen aus der Schwierigkeit der Interpretation trikliner Gefüge heraushilft. Deshalb empfiehlt es sich, das Gefügediagramm mit heranzuziehen, wenn die Symmetrie näher beurteilt werden soll.

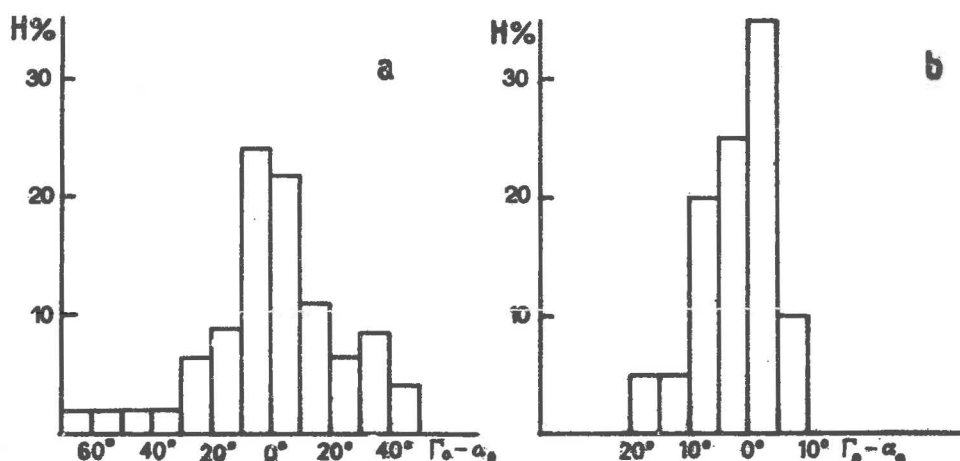


Abb. 1. Häufigkeitsverteilung der Abweichung zwischen der Transportrichtung nach visueller Diagrammauswertung (α_0) und Summenvektor (Γ_0)
a - Routinemessungen, b - ausgewählte Meßpunkte mit kleinem Probenbereich

Die Abweichungen zwischen den Richtungsangaben nach Gefügediagramm und Summenvektor sind aus Tab. A und B sowie Abb. 1 ersichtlich. Für eine statistische Betrachtung der Abweichungen muß man zwei Fälle unterscheiden, nämlich (1) Routineuntersuchungen mit heterogenen Richtungsmessungen und (2) ausgesuchte Aufschlüsse, in denen der Meßbereich sehr klein gehalten und als annähernd homogen angesehen werden kann.

(1) Für das gesamte Material von Routinefällen beträgt die mittlere Abweichung

$$\bar{x} = \sqrt{\frac{\sum(x)^2}{n}} = \pm 23^\circ.$$

Das Häufigkeitsdiagramm (Abb. 1 a) läßt erkennen, daß die Abweichungen annähernd normal verteilt sind. Die Ursachen dieser Differenzen liegen zum kleineren Teil in Ungenauigkeiten beim Arbeiten mit dem SCHMIDT'schen Netz, zum größeren Teil in der subjekt-

tiven Beurteilung von (primär oder messtechnisch) triklin beeinflussten Gefügen, wobei meistens die Hauptrichtung stärker gewichtet wurde.

(2) Wesentlich geringere Abweichungen ergeben sich aus Proben, die aus einem sehr kleinen Aufschlußbereich (Vertikalbereich $v \leq 1$ m Horizontalbereich $h \leq 2$ m) entnommen wurden. Unter Einbeziehung der für Testzwecke ausgewählten Meßreihe am Mädelstein beträgt die mittlere Abweichung $\bar{x} = \pm 6^\circ$. Das Häufigkeitsdiagramm zeigt Abb. 1 b. Die mittlere Abweichung liegt innerhalb der Fehlergrenze für eine visuelle Diagramm- auswertung, deren Genauigkeit auf etwa $\pm 10^\circ$ eingeschätzt wird.

Modellverteilungen

Behandelt man die G-Achsen als Vektorenbüchel, so kann die sphärische Normalverteilung (FISHER 1953; PINGUS 1953; WATSON 1956, 1966) in erster Näherung als statistische Modellverteilung verwendet werden. Die Wahrscheinlichkeitsdichte wird beschrieben durch (WATSON 1966, S.787)

$$f(\theta, \Phi) = \frac{\kappa}{4\pi \sin \theta} e^{\kappa \cos \theta},$$

wobei θ der Winkel zwischen dem Pol der Verteilung und einem Einzelvektor und κ eine positive Konstante ist, die die Streuung bzw. Konzentration der Verteilung kontrolliert. Der Pol der Verteilung wird durch die Richtung des Summenvektors geschätzt. Der Parameter κ wird bei geringer Streuung, d.h. wenn der normierte Betrag des Summenvektors dem Einheitsvektor nahekommt, geschätzt durch (WATSON 1956, S.156)

$$\hat{\kappa} = k = \frac{N}{N - R}.$$

Da imbrizierte Gerölle stets relativ geringe Streuung besitzen, kann diese Formel zur Schätzung von κ hier verwendet werden.

FISHER (1953) gibt ferner ein Verfahren zur Berechnung eines Vertrauensbereiches θ für den aus einer Stichprobe mit Hilfe des Summenvektors geschätzten Pol der Verteilung an:

$$1 - \cos \theta = \frac{N - R}{R} \left\{ \left(\frac{1}{P} \right)^{\frac{1}{N-1}} - 1 \right\}.$$

Hier bezeichnen N die Anzahl der Messungen, R den Betrag des Summenvektors und P die Irrtumswahrscheinlichkeit. Übertragen auf die Lagenkugel, stellt der Vertrauensbereich einen Kegel dar, dessen Achse der Summenvektor ist. Die Kegelspitze liegt im Kugelmittelpunkt, und die Basis bildet auf der Kugeloberfläche einen Kleinkreis mit dem Radius θ , in dem mit einer Wahrscheinlichkeit von $1 - P$ der Mittelwert der Population liegt, aus der die Stichprobe stammt.

Der Winkel θ wurde für alle numerisch behandelten Proben berechnet, wobei eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % angesetzt wurde. Um zu einem Vertrauensintervall für den Transportvektor Γ_0 zu gelangen, muß noch die mittlere Geröllneigung γ_0 berücksichtigt werden. Nur bei horizontaler Lage des Summenvektors wäre θ zugleich das Ver-

trauensintervall für die Transportrichtung. Bei geneigter Lage des Summenvektors ergibt sich das Vertrauensintervall für Γ_0 aus den durch den Pol der Lagenkugel gelegten Tangenten an den Sicherheitskreis. Aus Abb. 2 ist ersichtlich, daß durch

$$\sin \theta : \sin (90 - \gamma_0) \pm \sin \varrho$$

der Vertrauensbereich des Summenvektors auf dessen Azimut übertragen wird. Unter Annahme sphärischer Normalverteilung fällt also der wahre Transportvektor am Probenpunkt mit 95 % Wahrscheinlichkeit in den Bereich $\Gamma_0 = \varrho$. Diese Formulierung trifft strenggenommen nur auf homogene Proben zu. Die berechneten Werte (Tab. A) geben aber auch für Messungen aus mehreren Schichten eine anschauliche Vorstellung von der Sicherheit der Richtungsbestimmung.

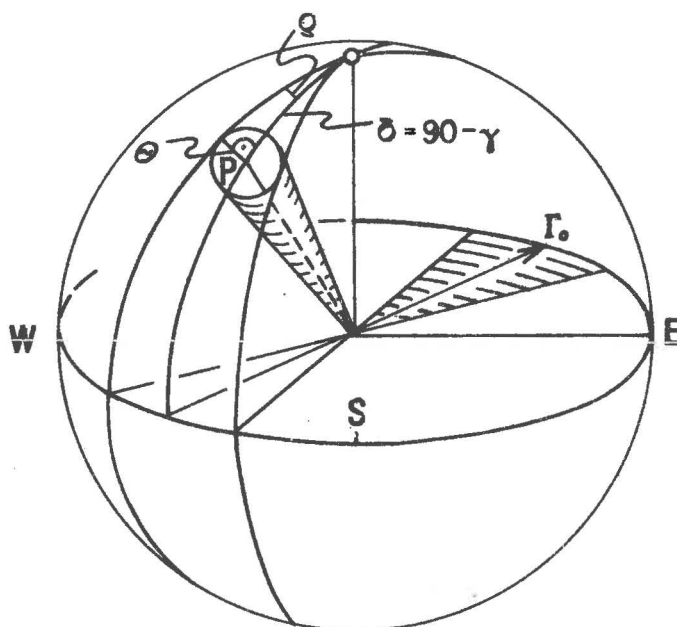


Abb. 2. Vertrauensbereich θ des Summenvektors und Vertrauensbereich $\pm\varrho$ des Azimuts der Fließrichtung Γ_0 .

Für einige Proben überschreitet das Vertrauensintervall $\pm 90^\circ$. Hier ist bei 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit überhaupt keine Aussage mehr möglich. Dieser Fall tritt ein, wenn $\theta > \delta_0$, d.h. wenn der Pol der Lagenkugel in den Vertrauenskreis des Summenvektors fällt.

Die sphärische Normalverteilung ist zirkulärsymmetrisch. Ihre Anwendung als statistisches Modell bedeutet, daß man ein "ideales" C-Achsen-Bündel unterstellt, in dem

es in der Streuung (bezogen auf den Summenvektor als Pol) keine bevorzugten Azimute gibt. Die Parameter der sphärischen Normalverteilung geben über die Asymmetrie keine Auskunft.

SCHNEIDEGGER (1965) hat für die statistische Behandlung von unimodalen Achsenbündeln einen etwas anderen Weg vorgeschlagen, bei dem die bipolare Natur der Achsen erhalten bleibt. Die Verteilung der Achsen wird durch drei normierte Eigenvektoren charakterisiert.

Die C-Achsen können ferner als Verteilung auf dem Einheitskreis dargestellt werden, wenn man für jedes Geröll die Gegenrichtung zur Fallrichtung als Transportvektor definiert. Als statistisches Modell dient dann in Analogie zur dreidimensionalen Darstellung die zirkulare Normalverteilung (GUMBEL, GREENWOOD & DURAND 1953). Ein Beispiel für die Anwendung auf die Geröllorientierung (A-Achsen) gab BANDYOPADHYAY (1971). Für C-Achsen ist dieser Weg wenig geeignet, denn dabei müßte die Neigung der Achsen bzw. der Abplattungsebene vernachlässigt werden.

Die zirkulare Normalverteilung nähert sich bei geringer Streuung bzw. hoher Konzentration mehr und mehr der linearen Normalverteilung. Dieser Fall kommt für die Verteilung einzelner Geröllachsen kaum in Betracht. Dagegen kann die Variabilität von Transportvektoren verschiedener Aufschlüsse aus einem Konglomerat relativ gering sein, so daß eine Anwendung der Normalverteilung möglich erscheint. Nach AGTERBERG & BRIGGS (1963) besteht zwischen zirkularer und linearer Normalverteilung kein wesentlicher Unterschied, wenn die Standardabweichung $s = 30^\circ$ und weniger beträgt.

KRUMBEIN & GRAYBILL (1965) befürworten für geologische Zwecke die Verwendung des Summenvektors als Mittelwert und die Standardabweichung als anschauliches Maß für die Streuung. Der Streuwert der zirkularen Normalverteilung, der nicht in der Einheit der Variablen ausgedrückt wird und daher wenig anschaulich ist, kann für Verteilungen mit kleiner und mittlerer Streuung mit Hilfe einer von PINCUS (1956) abgeleiteten Näherung aus der Standardabweichung erschlossen werden nach

$$k = \frac{\sin \sqrt{3} s}{\sqrt{3} s}, \quad 0 < s < \frac{\pi}{3} .$$

Insgesamt ergibt sich, daß im Hinblick auf die theoretischen Verteilungen, die für das Imbrikationsgefüge als statistische Modelle in Betracht kommen, das Vektorenmittel die günstigste Mittelwertbildung darstellt. Der normierte Betrag des Summenvektors kann über Tabellen und einfache Berechnungen zur Schätzung der Konzentrationsparameter von sphärischer und zirkularer Normalverteilung benutzt werden. Für die statistische Beschreibung einer geringen Streuung von Transportvektoren ist die Standardabweichung ausreichend und anschaulicher. Alle in Frage kommenden Modellverteilungen sind symmetrisch. Schiefe Achsenverteilungen passen sich den Modellen nicht an.

2.1.1.4. Allgemeine Ergebnisse

Einfluß der Aufschlußgröße

Infolge unterschiedlicher Verfestigung und Beschaffenheit der Aufschlüsse mußte in Kauf genommen werden, daß sich die Messungen teilweise über mehrere Meter in der Horizontalen und Vertikalen verteilen. Dabei entsteht die Frage, ob dadurch die Streuung und die Genauigkeit der Richtungsbestimmung beeinflußt werden. In jedem Aufschluß wurde notiert, über welchen vertikalen und horizontalen Bereich die Messungen verstreut liegen. Das Produkt, d.h. die von Messungen überzogene Aufschlußfläche, wird in Abb. 3 gegen den Betrag des Vektormittels als Maß für die Gefügeregelung aufgetragen. Es ergibt sich, daß der Regelungsgrad bei großer Meßfläche etwas zurückgeht. Die Anpassung der stark streuenden Punkte an eine Ausgleichsgerade ist aber so schwach, daß der Einfluß der Aufschlußfläche praktisch vernachlässigt werden kann.

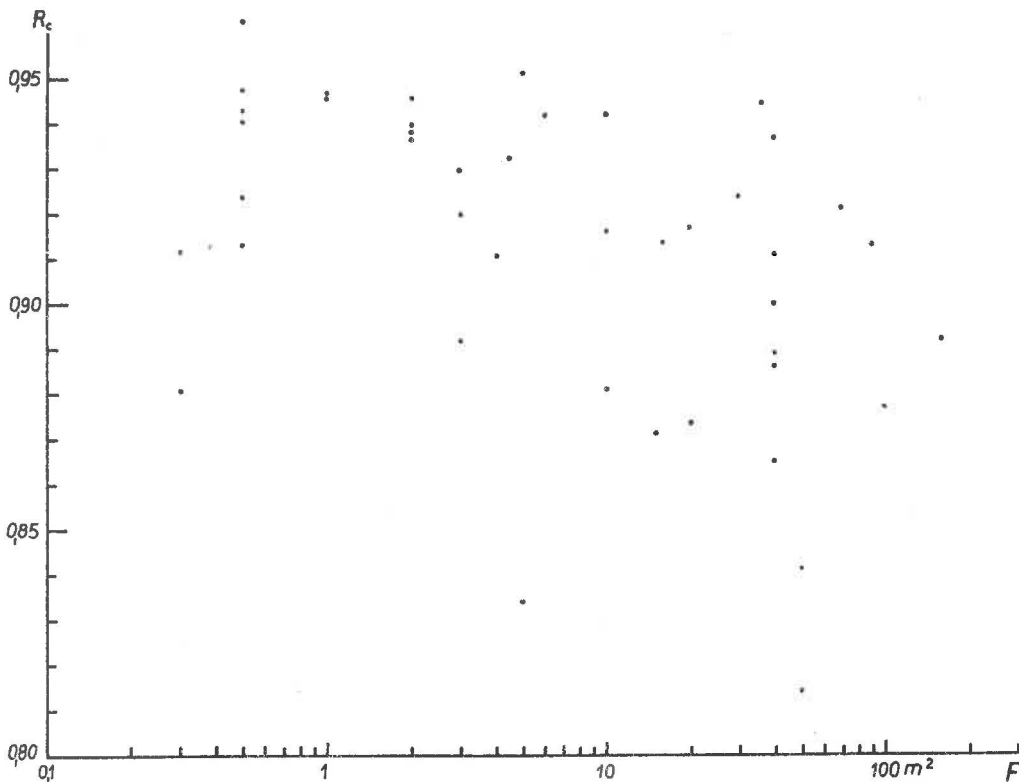


Abb. 3. Zusammenhang zwischen Geröllregelung R_c und Aufschlußfläche F

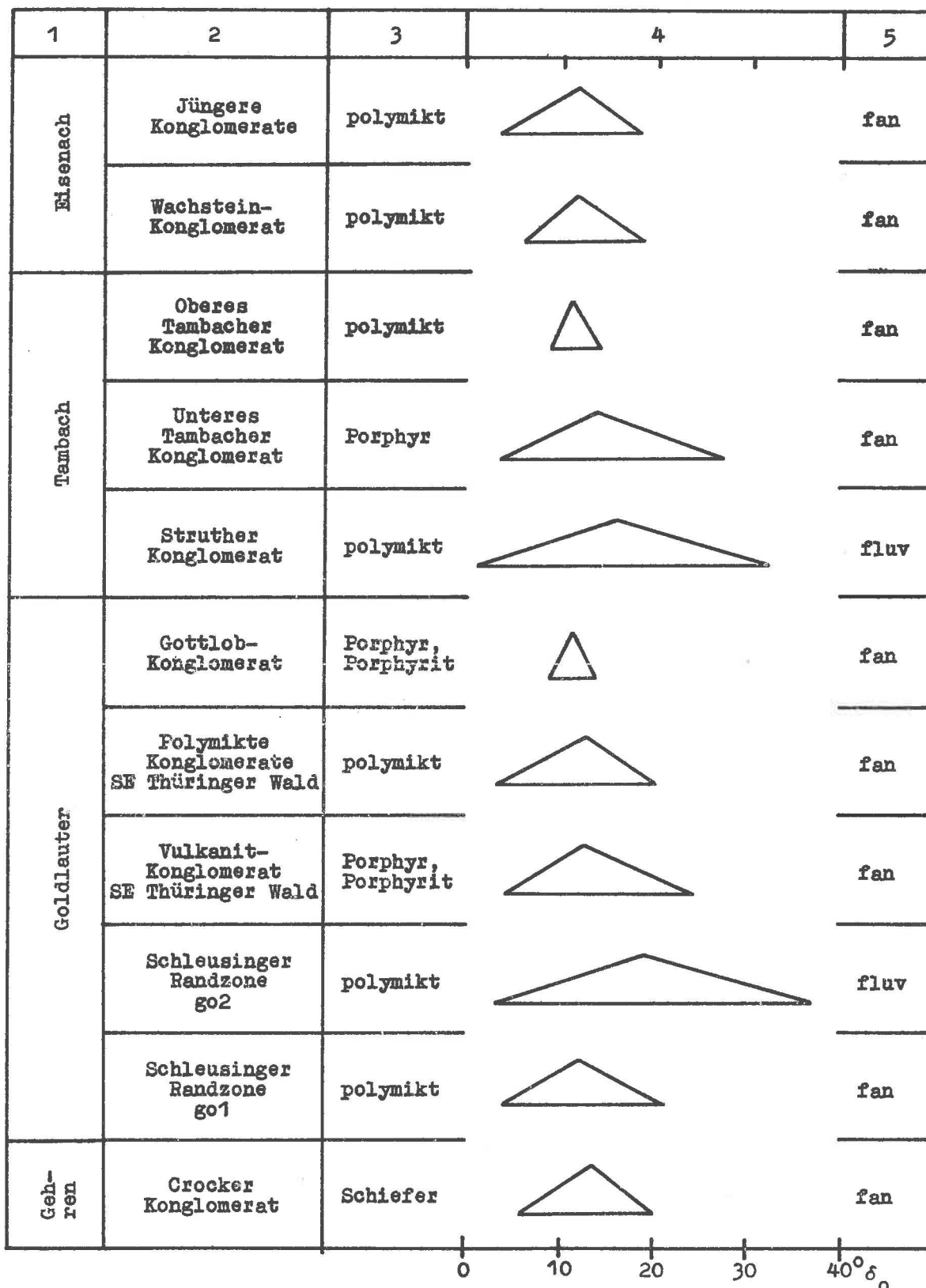


Abb. 4. Variationsbreite und Mittelwert der Geröllneigung in verschiedenen Konglomeraten

1 - Lithostratigraphie, go1: Schieferschuppenkonglomerat, go2: Silbacher konglomeratischer Sandstein; 2 - Konglomerat-Horizonte; 3 - Geröllzusammensetzung; 4 - Geröllneigung; 5 - Milieu

Geröllneigung

Die Neigung der mittleren Abplattungsebene beträgt im Durchschnitt $10 - 20^\circ$. Die gesamte Variationsbreite liegt zwischen 2° und 28° (Tab. A). Eine Übersicht der Mittelwerte und Variationsbreiten von Proben verschiedener Konglomeratkörper gibt Abb. 4. Berücksichtigt sind nur Konglomerate, aus denen mindestens 3 Meßpunkte vorliegen. Die relativ "steilste" Geröllneigung mit durchschnittlich 20° bzw. 16° (maximal 38° bzw. 33°) und zugleich die größte Variationsbreite tritt im Langenbacher und im Struther Konglomerat auf. Diese fluviatilen Sedimente besitzen eine hohe Packungsdichte. Auch die fluviatilen Konglomerate der Manebacher Schichten haben mit ca. 20° eine relativ steile mittlere Geröllneigung. Das bestätigt die generelle Erfahrung, daß dichte Geröllpackung zu relativ steiler Geröllneigung führt (vgl. S. 9).

Die übrigen Konglomerate, die auf mehr oder weniger ausgedehnten semiariden Schwemmfächern gebildet wurden, unterscheiden sich nach der Geröllneigung nur wenig. Die Mittelwerte liegen zwischen 10 und 15° . Die Variationsbreite ist in schieferreichen Konglomeraten offenbar geringer als in reinen Vulkanitkonglomeraten. Die geringe Variationsbreite des Oberen Tambacher und des Gottlobkonglomerates (Abb. 4) beruhen auf zu geringer Zahl von Meßpunkten.

Streuung der Einzelgerölle

Zur Beurteilung der Streuung der räumlichen Lage von Einzelgeröllen muß man sich zunächst auf homogene Proben, d.h. auf Messungen aus einer einzelnen Schicht, beschränken. Diese Proben können zur Schätzung des Konzentrationsparameters der sphärischen Normalverteilung benutzt werden (Tab. 1).

Tab. 1. Konzentrationswerte ausgewählter Einschicht-Proben

	Lokalität	Konzentrationswert k
Polymikte Konglomerate mit dichter Geröllpackung	Helmershof 3	11,4
	Helmershof 5	8,4
Polymikte Konglomerate mit hohem Anteil plattiger Gerölle und mittlerer Geröllpackung	Brattendorf 2	18,4
	Waldau 3	19,2
	Dörrberg 3	27,3
	Lubebach 7	20,6
	Schmerbach 1	18,8
	Wachstein 2	18,9
	Wachstein 3	29,3
	Mosbach 1	21,4
Kissel 5	22,9	

Auffallend niedrige Konzentration (starke Streuung) tritt im Struther Konglomerat auf. Die Messungen wurden in gut ausgewaschenen Mittel- bis Grobkiesbänken durchgeführt. Vermutlich beruht die hohe Streuung auf dem relativ großen Anteil sphäroidischer Gerölle, die infolge dichter Packung die Entstehung des Imbrikationsgefüges bis zu einem gewissen Grade behinderten. Unerwartet niedrige Konzentrationswerte lieferte auch das Hauptkonglomerat am Vachaer Berg. In den übrigen Konglomeraten ist die Konzentration höher. Besonders hoch konzentrierte Dachziegellagerung tritt in schieferreichen Konglomeraten der Goldlauterer Schichten und im Wachstein-Konglomerat bei mittlerer Packungsdichte und durchschnittlich starker Abplattung der Gerölle auf. Die relativen Unterschiede in der Streuung spiegeln sich auch im Radius θ des Vertrauensbereiches um den Summenvektor wider (Tab. A). In diese Werte gehen jedoch Inhomogenitäten und Probenumfang in stärkerem Maße mit ein.

Streuung der Transportvektoren im vertikalen Profil

Aus dem Anlagerungsgefüge einer homogenen, quasi punktförmigen Probe ergibt sich ein lokaler Strömungsvektor, dessen Richtung im fluviatilen Ablagerungsmilieu mehr oder weniger variiert. In rezenten Wasserläufen läßt sich die Variabilität der Transportrichtungen in ihrem hierarchischen Aufbau erfassen, worauf auch im Zusammenhang mit geröllstatistischen Fragen schon verschiedentlich hingewiesen wurde (BYRNE 1963; KATZUNG 1971; SCHLEE 1957; TEISSEYRE 1975 b). In der Reihenfolge Fließrichtung, Rinnenrichtung, Flußrichtung, Schüttungsrichtung können die Transportvektoren als hierarchisch abgestufte Vektorenfelder betrachtet werden, deren Muster für die verschiedenen fluviatilen Milieus kennzeichnend sind.

In fossilen Konglomeratkörpern läßt sich die Variabilität der Vektoren nur durch subtile Bearbeitung günstiger Aufschlüsse in ihre hierarchischen Anteile zerlegen (vgl. TEISSEYRE 1975 a). Durch Routinemessungen kann man dagegen nur die Gesamtvariabilität einer Meßstelle erfassen. Wegen günstiger Aufschlußverhältnisse wurde als Beispiel das Wartburg-Konglomerat ausgewählt, das am Mädelsstein über eine Mächtigkeit von ca. 70 m zusammenhängend aufgeschlossen ist. Auf 10 Meßstellen verteilt wurden im Abstand von 4 bis 7 m je 100 Gerölle im Korngrößenbereich 2 - 6,5 cm eingemessen. Die Ergebnisse sind in Tab. B und Abb. 5 dargestellt.

Die graphische Darstellung läßt erkennen, daß die Transportrichtung über die gesamte Mächtigkeit des Konglomeratkörpers im Rahmen einer gewissen Streuung konstant bleibt. Die Meßreihe unterliegt nicht einem eindeutigen Trend, so daß die statistischen Parameter der Stichprobenverteilung unter Annahme einer Normalverteilung geschätzt werden können (Tab. 2). Es ergibt sich, daß die aus den Einzelproben berechneten Transportrichtungen mit einer Standardabweichung von 15° streuen. Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % ist zu erwarten, daß die mittlere Schüttungsrichtung des Konglomeratkörpers innerhalb eines Sektors von $\pm 33^{\circ}$ um den Transportvektor liegt, der an einem beliebigen Meßpunkt ermittelt wurde.

Die Feststellung, daß ein Konglomeratkörper von der Größenordnung eines lithostratigraphischen Horizontes mit über 100 m Mächtigkeit im Verlauf seiner Sedimentation annähernd richtungskonstant geschüttet wurde, ist für die regionale Auswertung der

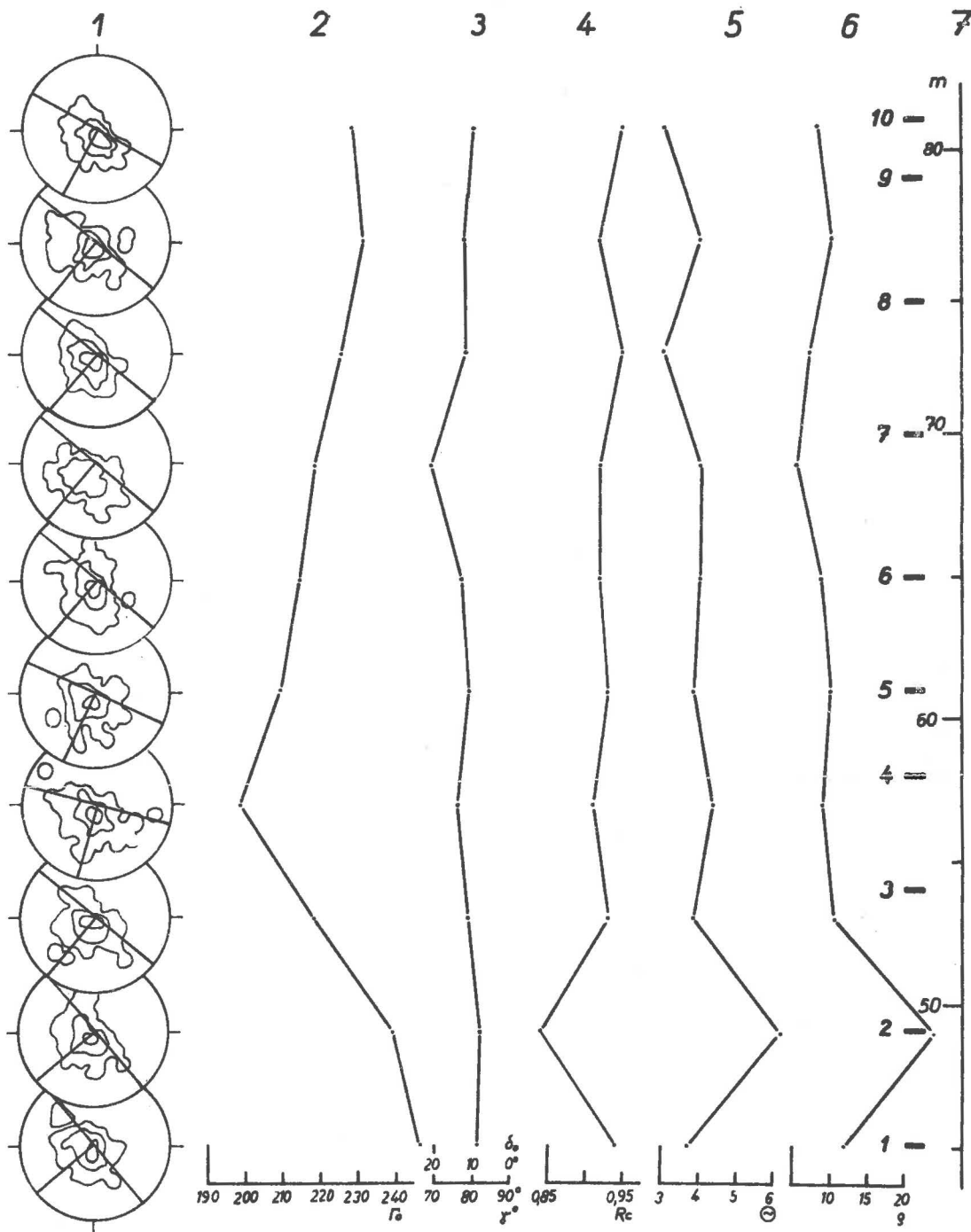


Abb. 5. Variation des C-Achsen-Gefüges plattiger Gerölle im Wartburg-Konglomerat am Madelstein bei Eisenach
 1 - Gefügediagramme (vereinfacht); 2 - geschätzte Fließrichtung Γ_0 ;
 3 - mittlere Neigung Γ_0 der C-Achsen bzw. mittlere Neigung δ_0 der Abplattungsebene; 4 - normierte Länge R_c des Summenvektors;
 5 - Vertrauensbereich θ des Summenvektors; 6 - Vertrauensbereich $\pm\varphi$ der Fließrichtung Γ_0 ; 7 - Probennummer und Lage der Probe über der Basis des Wartburg-Konglomerats

Tab. 2. Mittel- und Streuwerte der Geröllorientierung in der Probenreihe Mädelstein

	Mittelwert	Standard- abweichung	Vertrauensintervall für 5 % Irrtums- wahrscheinlichkeit
Transportrichtung Γ_0	221,1°	14,8°	±33,4°
Geröllneigung δ_0	12,1°	0,4°	± 0,9°
Regelungsgrad R_c	0,922	0,032	± 0,072
Vertrauensradius θ	4,1°		
Vertrauensintervall e	10,6°		

Messungen sehr wichtig. Dadurch wird es möglich, die Transportvektoren ohne Rücksicht auf die lithostratigraphische Position innerhalb des Horizontes kartenmäßig zusammenzustellen. Die Erfahrung zeigt, daß die am Wartburg-Konglomerat näher geprüfte Richtungskonstanz auch für die anderen rotliegenden Konglomerate zutrifft.

Typisierung des Anlagerungsgefüges

Eine Typisierung des Anlagerungsgefüges von C-Achsen läßt sich nur anhand von Gefügediagrammen durchführen. Dabei sind Proben aus einer Schicht und kleinem Meßbereich von solchen aus mehreren Schichten und großem Meßbereich zu trennen. Mit den im folgenden beschriebenen Gefügetypen soll die Variabilität der Diagrammbilder (Abb. 6 bis 17) charakterisiert und auf Interpretationsmöglichkeiten für schiefe Verteilungen hingewiesen werden. Eine Milieubestimmung allein nach Gefügetypen ist nicht möglich. Dazu ist, wie schon TEISSEYRE (1975 a) betonte, eine nähere Analyse der Rinnengeometrie notwendig.

1. Einschicht-Gefüge

Typ 1.1: monoklin, ohne triklinen Einschlag. Das Gefügediagramm ist eindeutig monoklin. Die Gefügeachse a (Transportrichtung) teilt ein Dichtefeld von der Flächengröße F in annähernd flächengleiche Teile f_1 und f_2 . Die Schiefe

$$\text{Sch} = \frac{f_1 - f_2}{F}$$

beträgt weniger als 20 %. Die Felder sind größtenteils parallel zu b gestreckt, wobei die Achse eines Feldes bzw. seine luvseitige Begrenzung im Bereich $b \pm 20^\circ$ liegt. Die b-Achse schneidet die hohen Belegdichten nicht, die mittleren nur randlich, und nur die niedrigen Belegdichten liegen bis zu 25 % "hinter" der b-Achse.

Beispiele: Diagramm Mä 2, 4, 8, 9, Dö 3, Lu 6, He 5 (Abb. 6, 7, 11, 12, 15).

Eisenach—West
91900149100
65

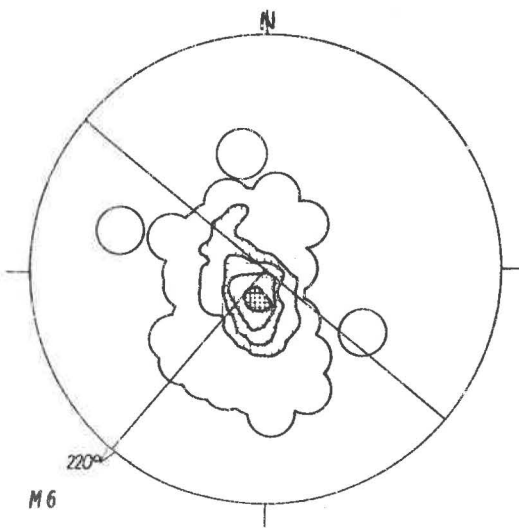
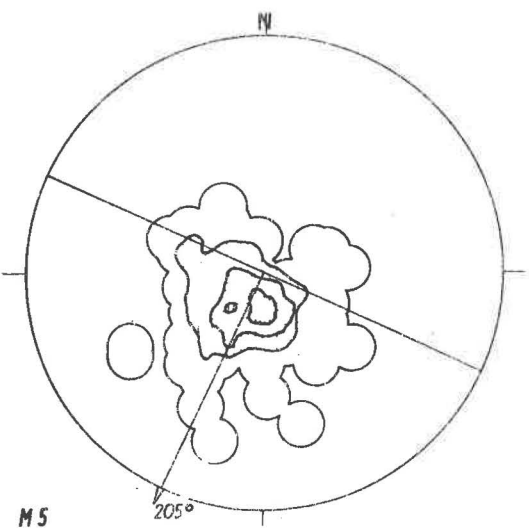
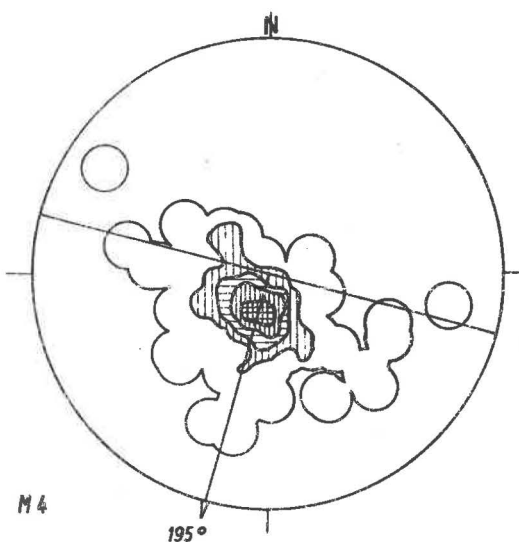
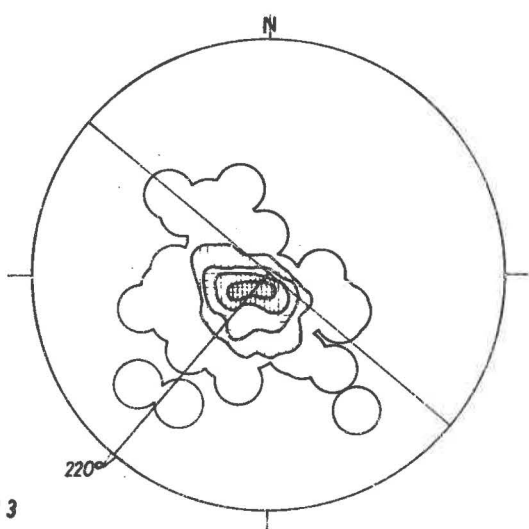
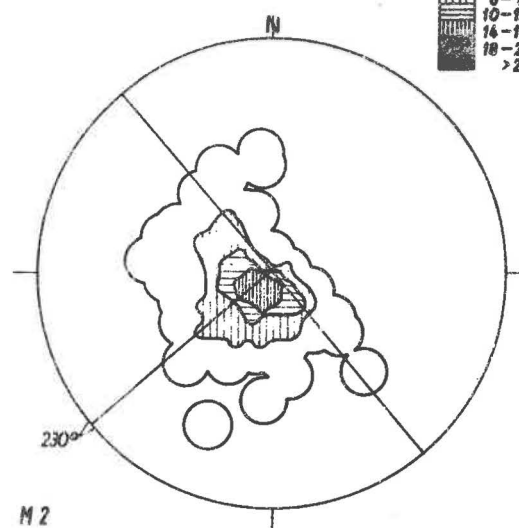
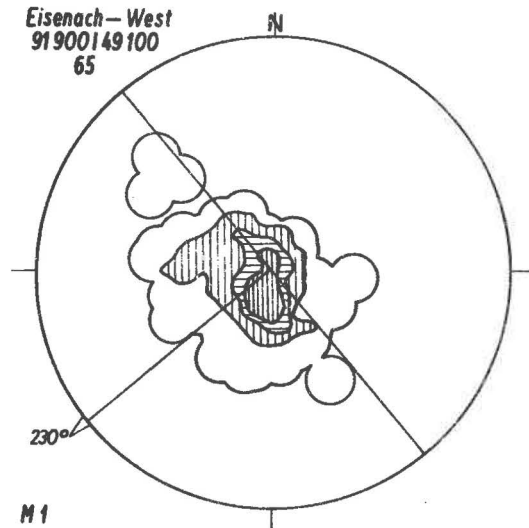
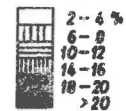


Abb. 6. Anlagerungsgefüge plattiger Gerölle, Eisenacher Schichten (I), Testreihe Mädelstein, Meßpunkte 1 bis 6

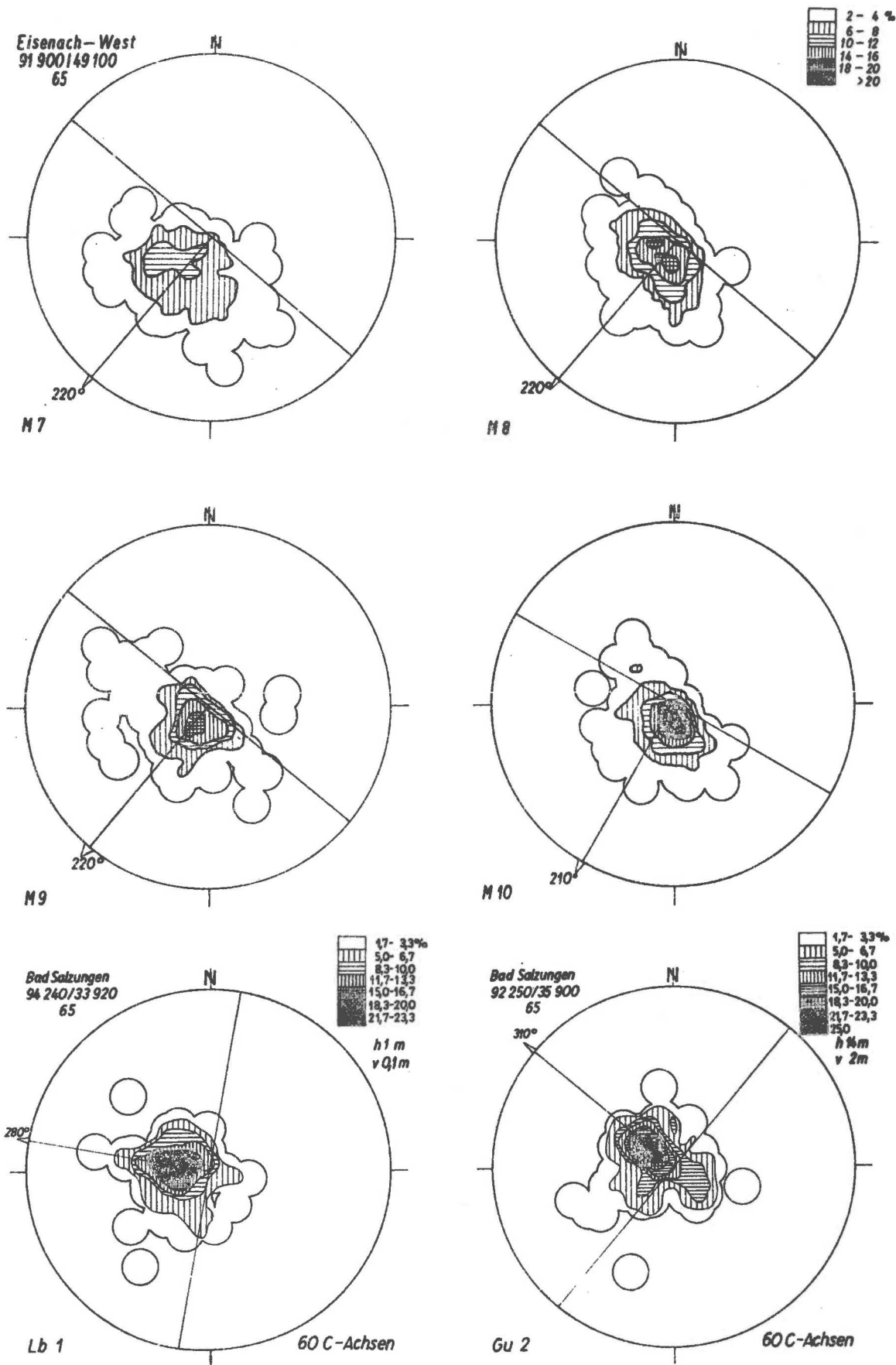


Abb. 7. Anlagerungsgefüge plattiger Gerölle, Eisenacher Schichten (II), Testreihe Mädelstein, Meßpunkte 7 bis 10, u. a.

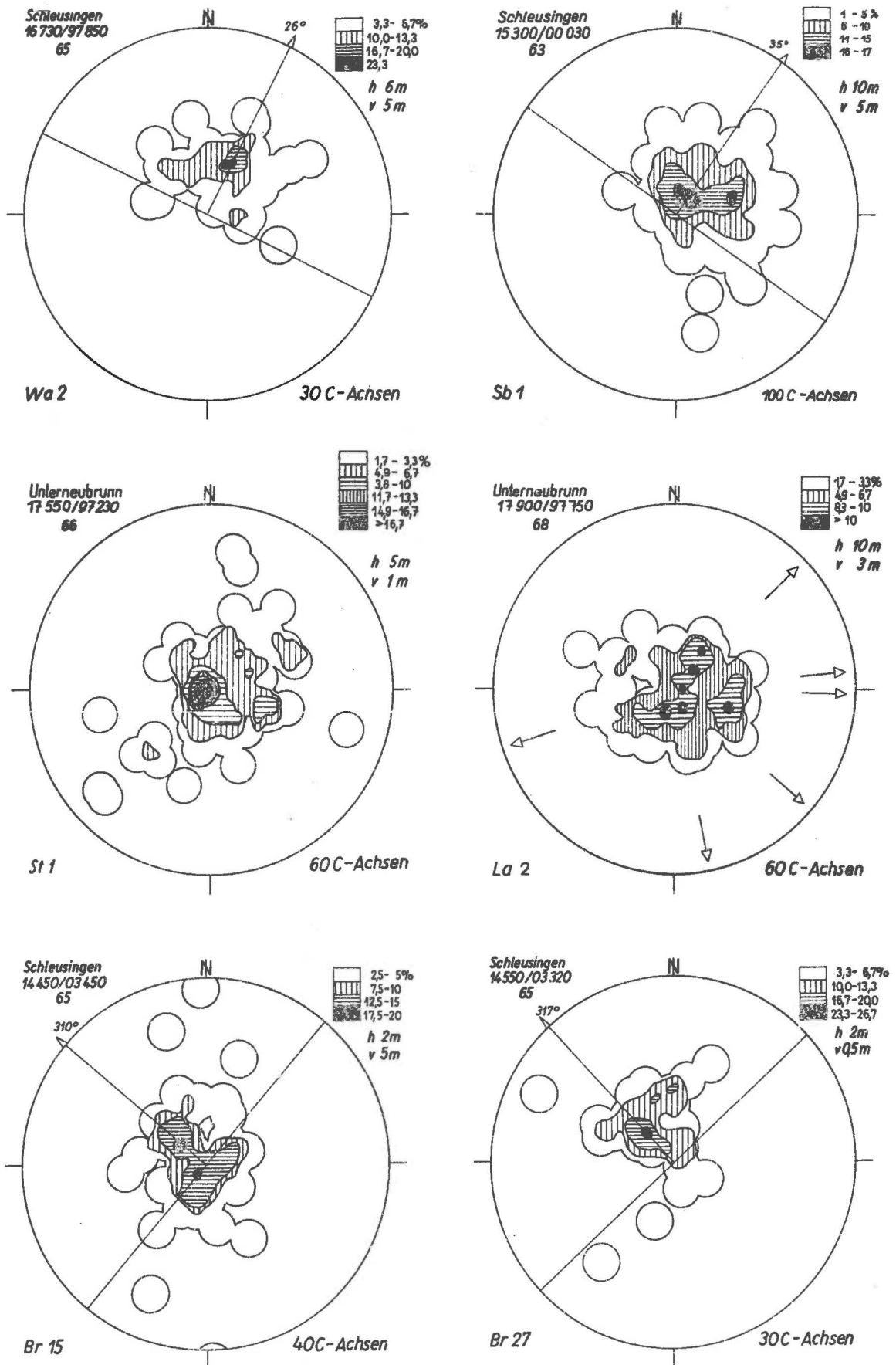


Abb. 8. Anlagerungsgefüge plattiger Gerölle, rotliegende Konglomerate der Schleusinger Randzone

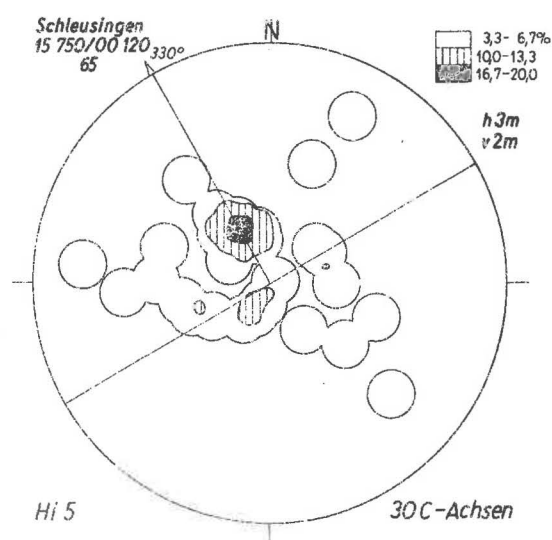
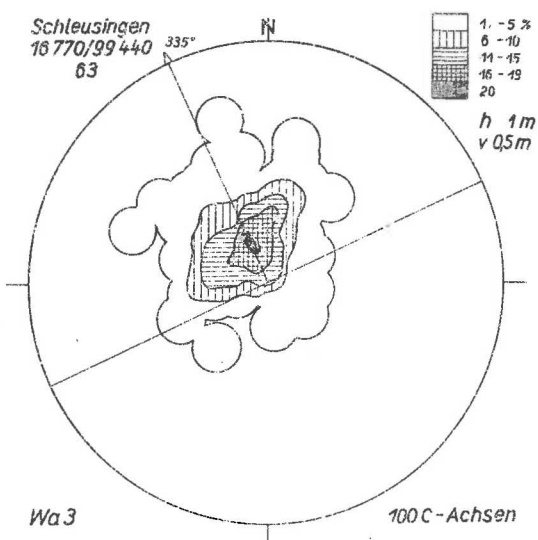
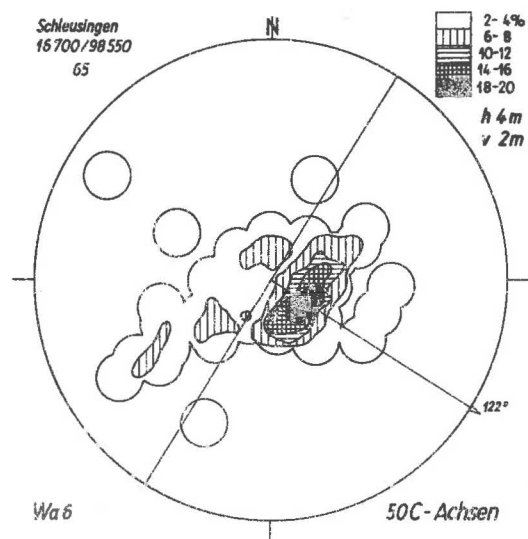
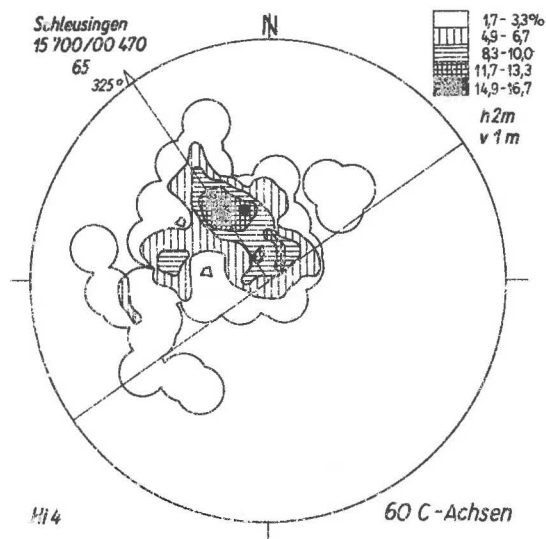
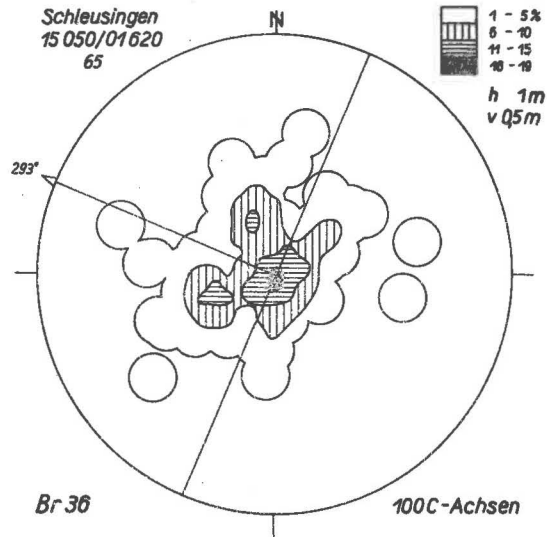
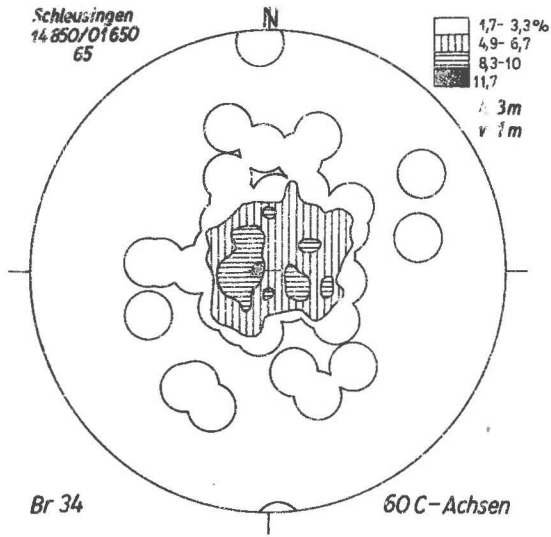


Abb. 9. Anlagerungsgefüge plattiger Gerölle, Goldlauterer Schichten der Schleusinger Randzone

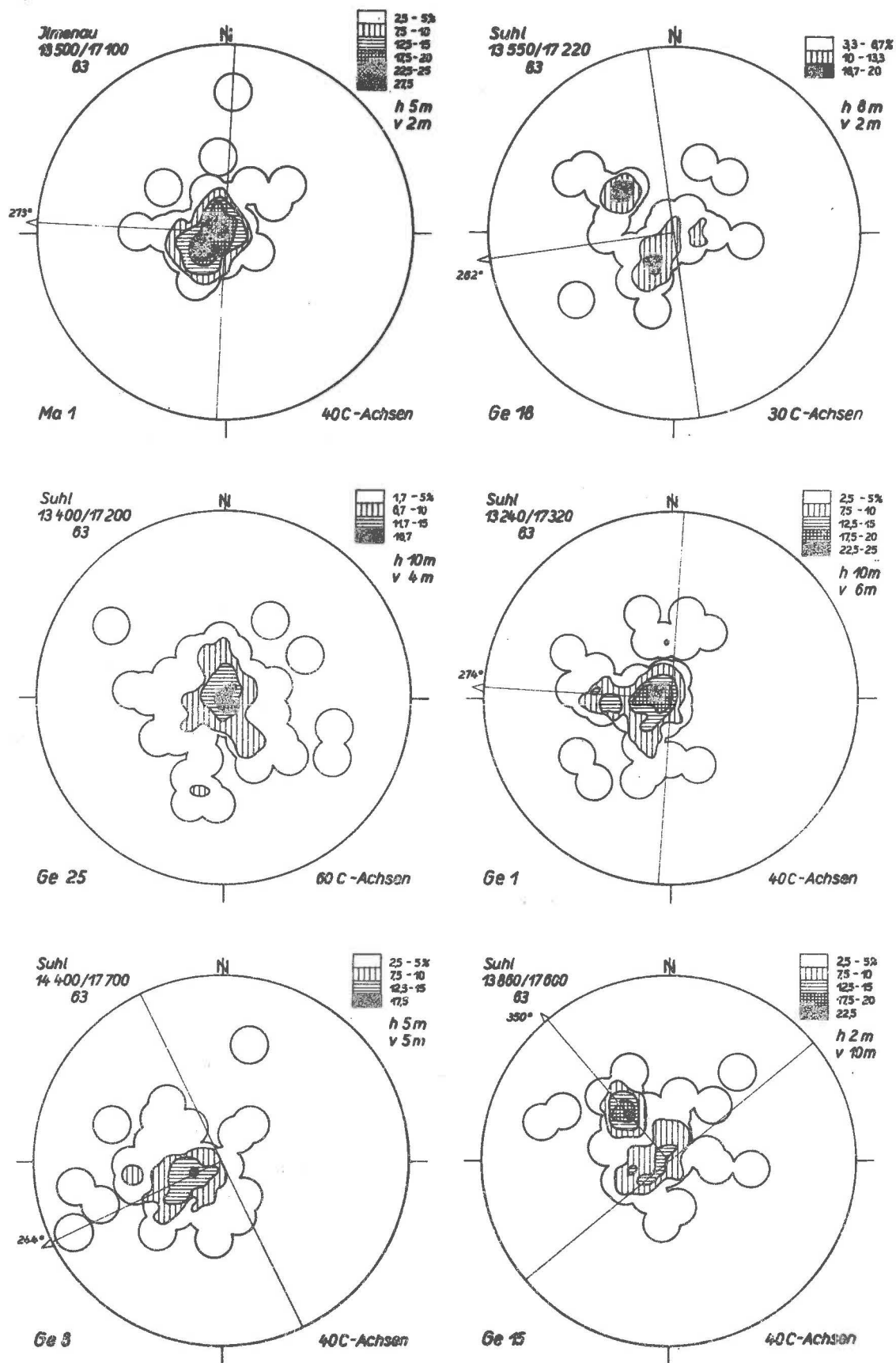


Abb. 10. Anlagerungsgefüge plattiger Gerölle, Goldlauerer Schichten im Zentralen Thüringer Wald (I)

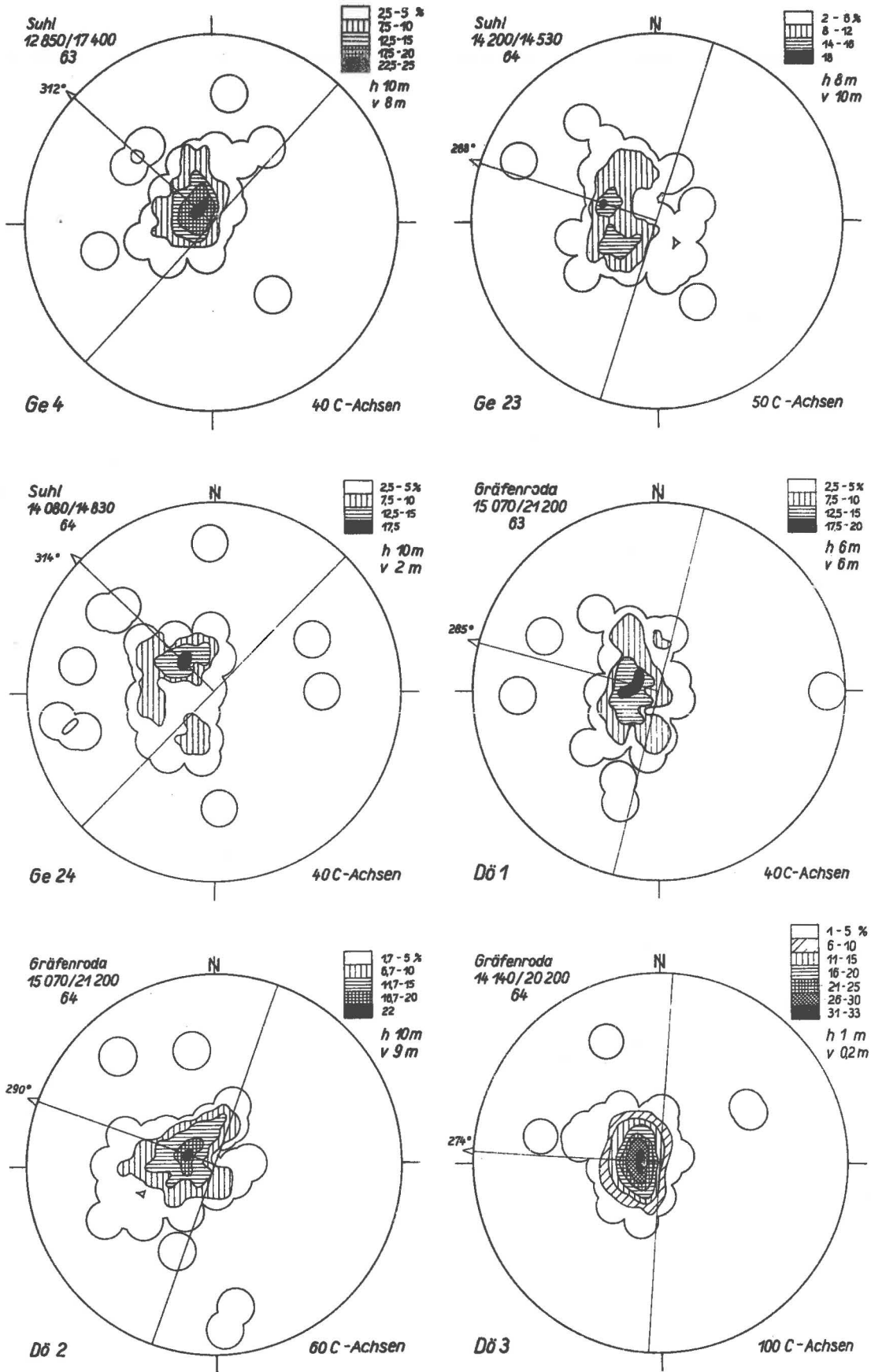


Abb. 11. Anlagerungsgefüge plattiger Gerölle, Goldlauerer Schichten im zentralen Thüringer Wald (II)

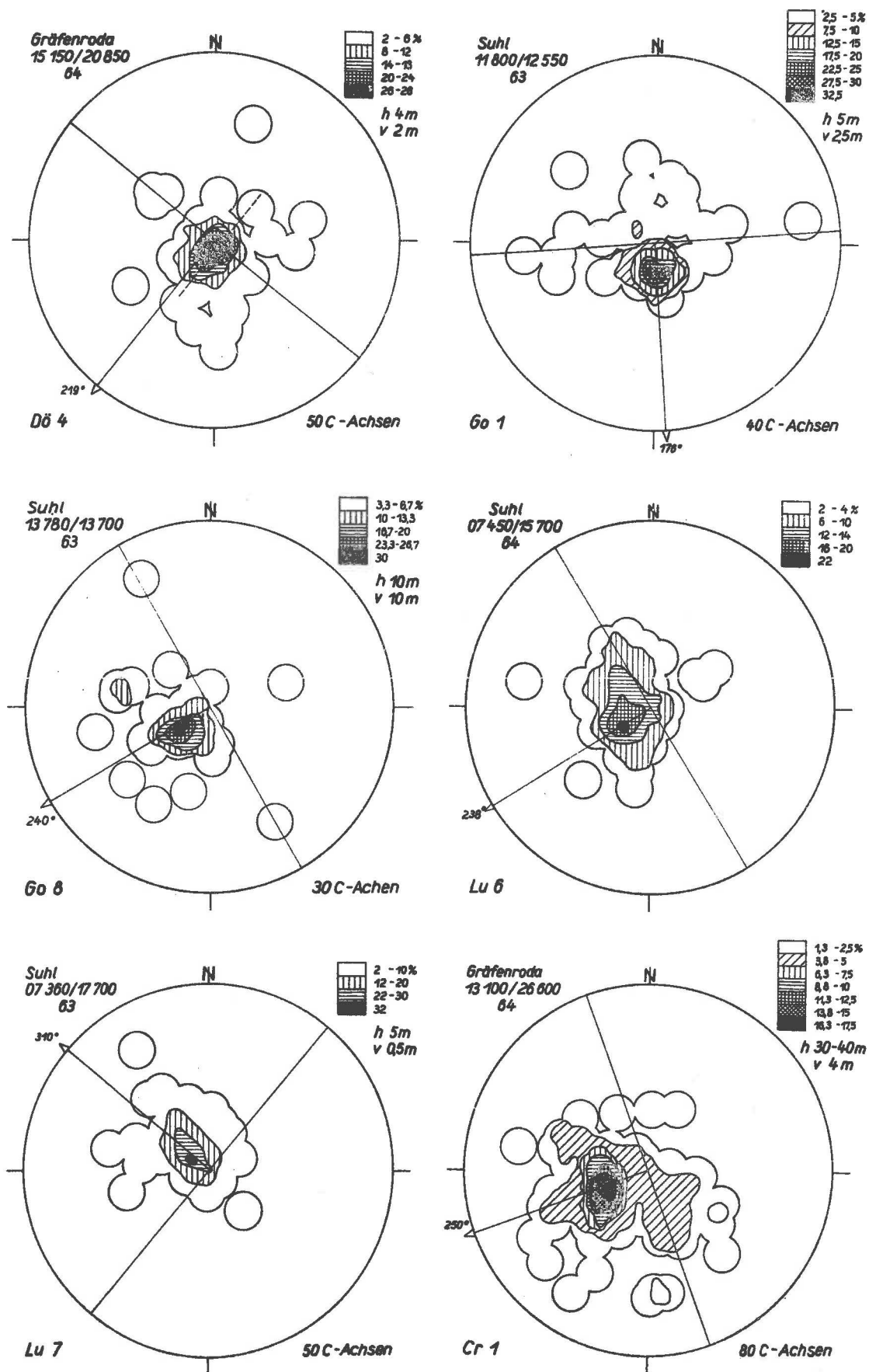


Abb. 12. Anlagerungsgefüge plattiger Gerölle, Goldlauterer Schichten im zentralen Thüringer Wald (III)

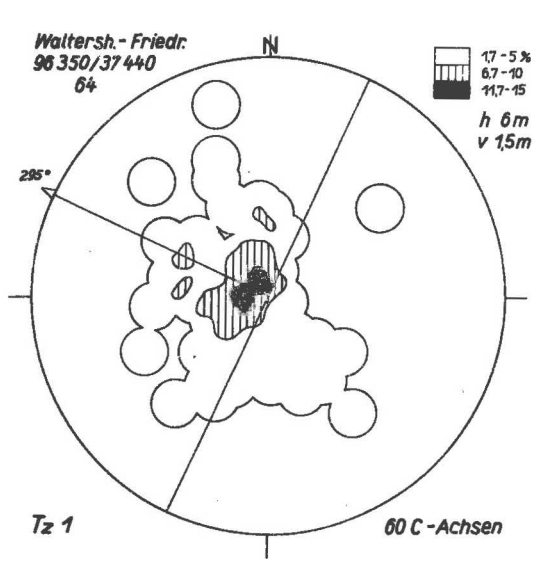
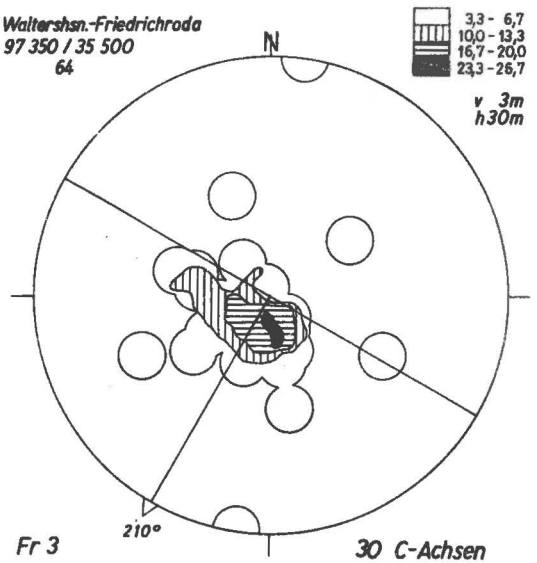
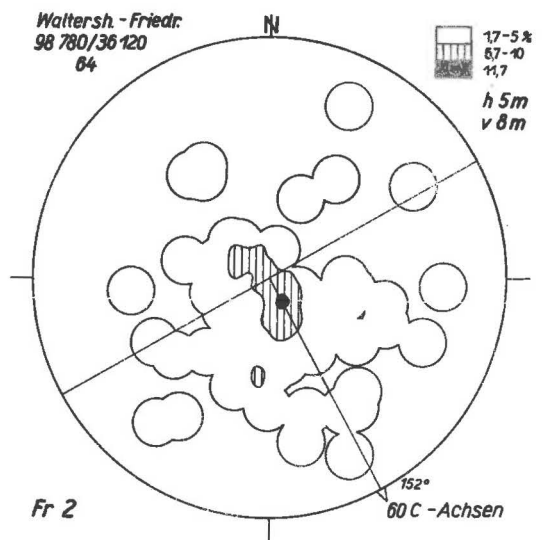
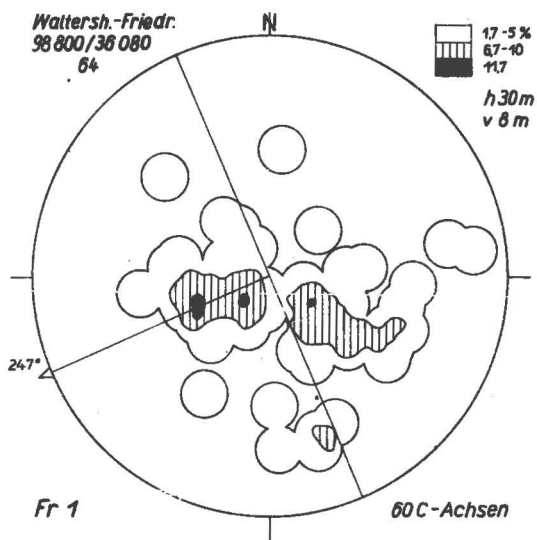
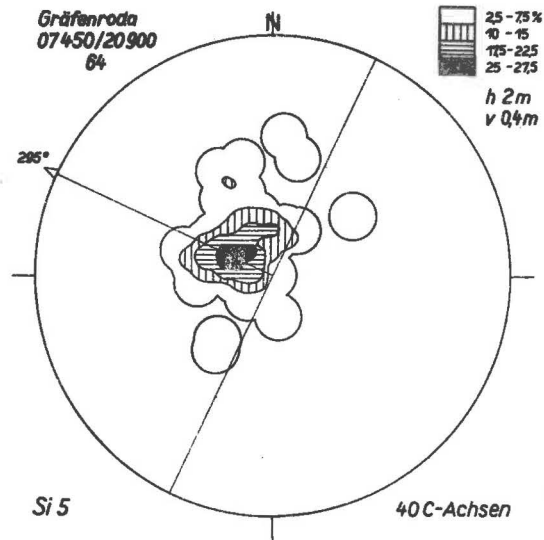
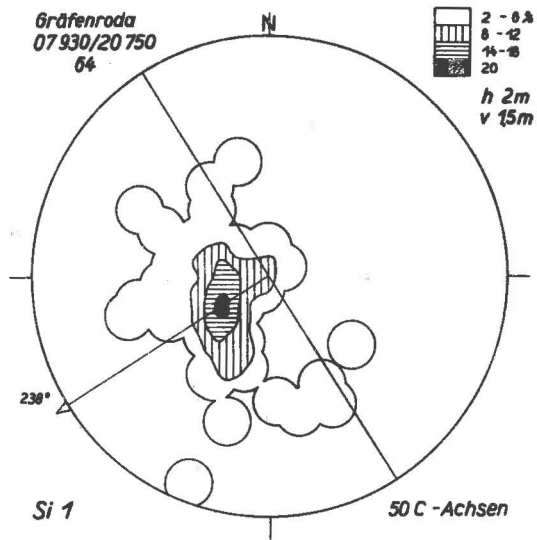


Abb. 13. Anlagerungsgefüge plattiger Gerölle, Goldlauterer Schichten im zentralen Thüringer Wald (IV)

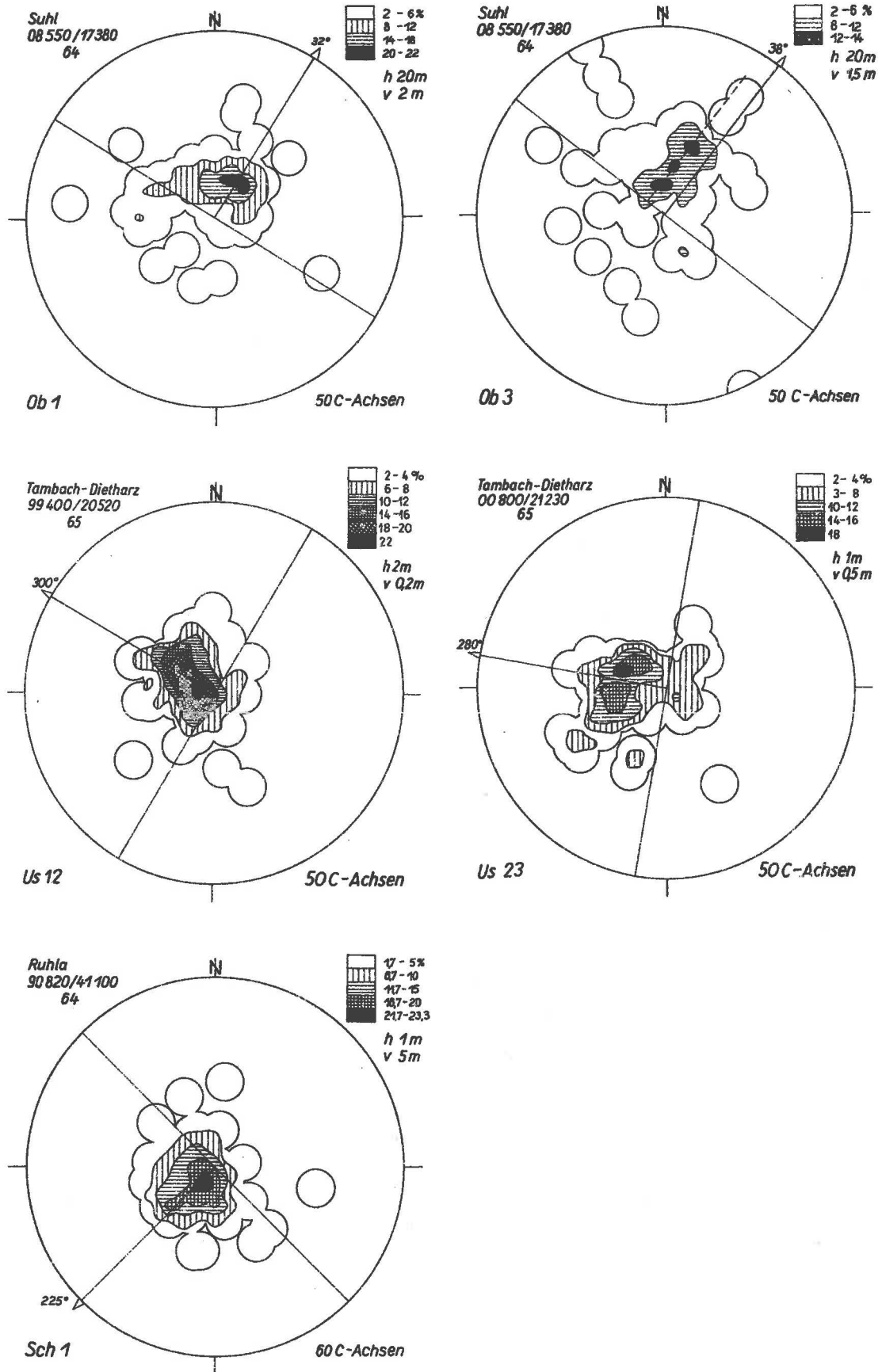


Abb. 14. Anlagerungsgefüge plattiger Gerölle, Goldlauterer und Oberhöfer Schichten

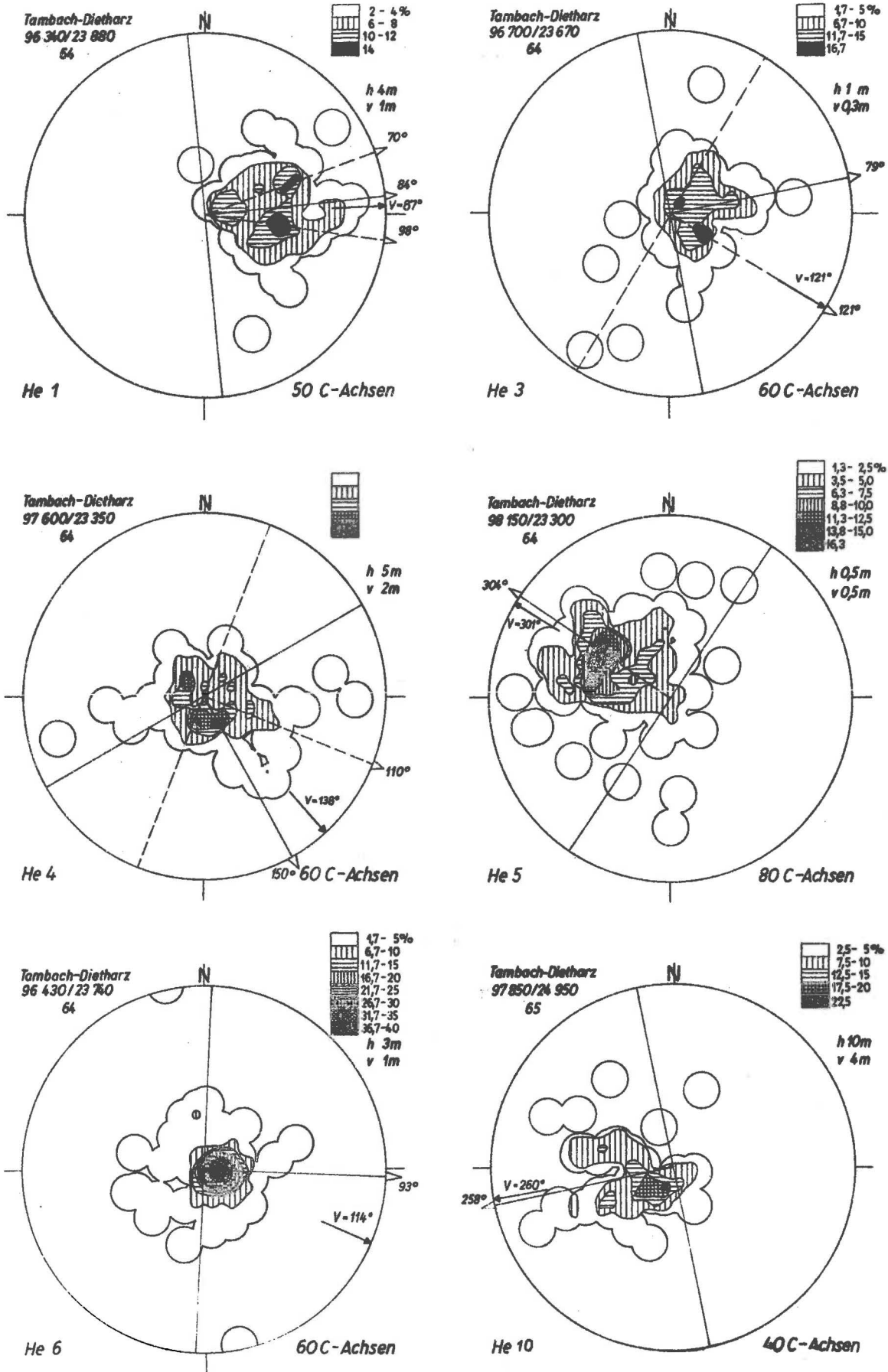


Abb. 15. Anlagerungsgefüge plattiger Gerölle, Rotteröder Schichten (I)

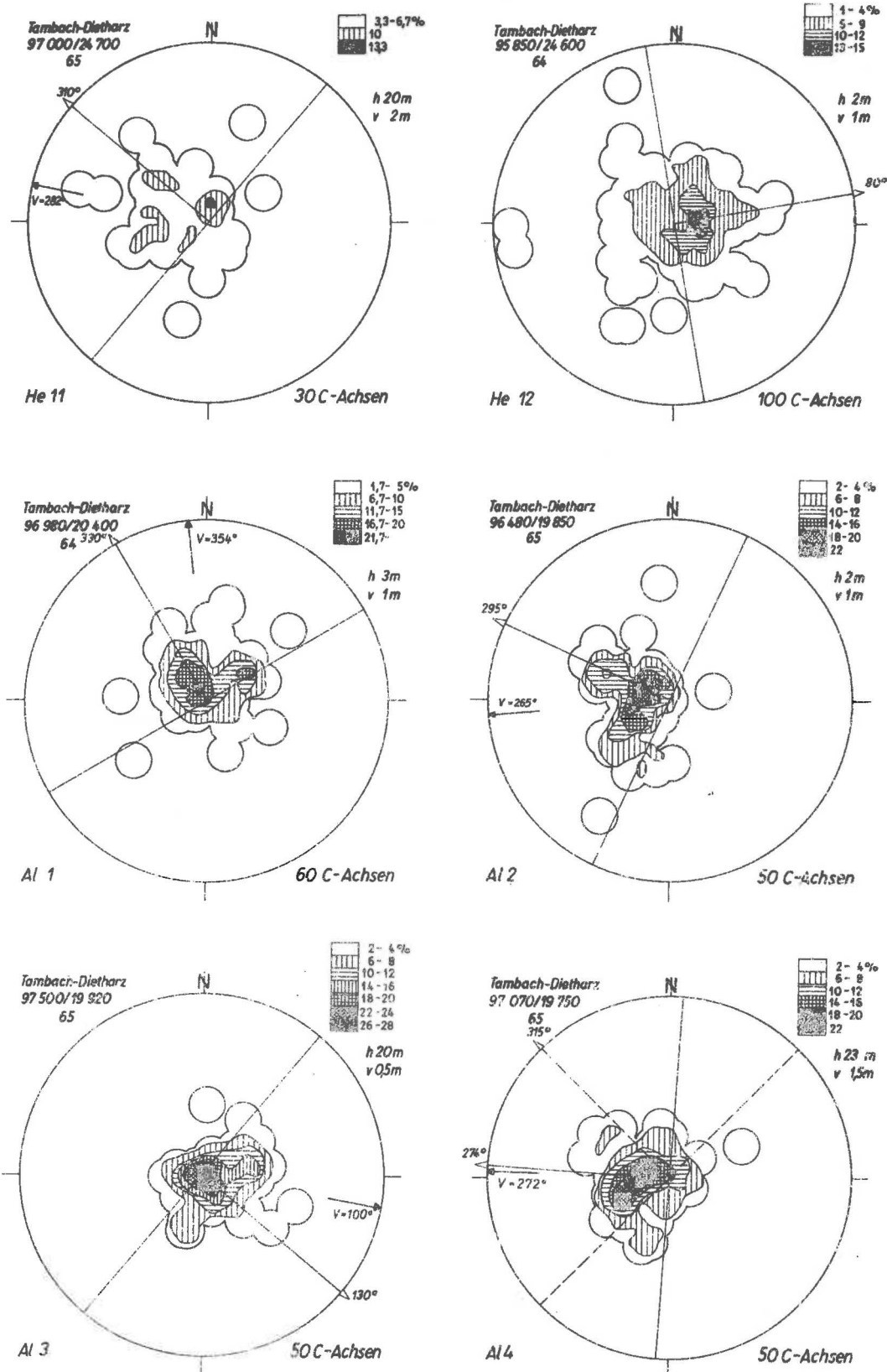


Abb. 16. Anlagerungsgefüge plattiger Gerölle, Rotteröder Schichten (II)

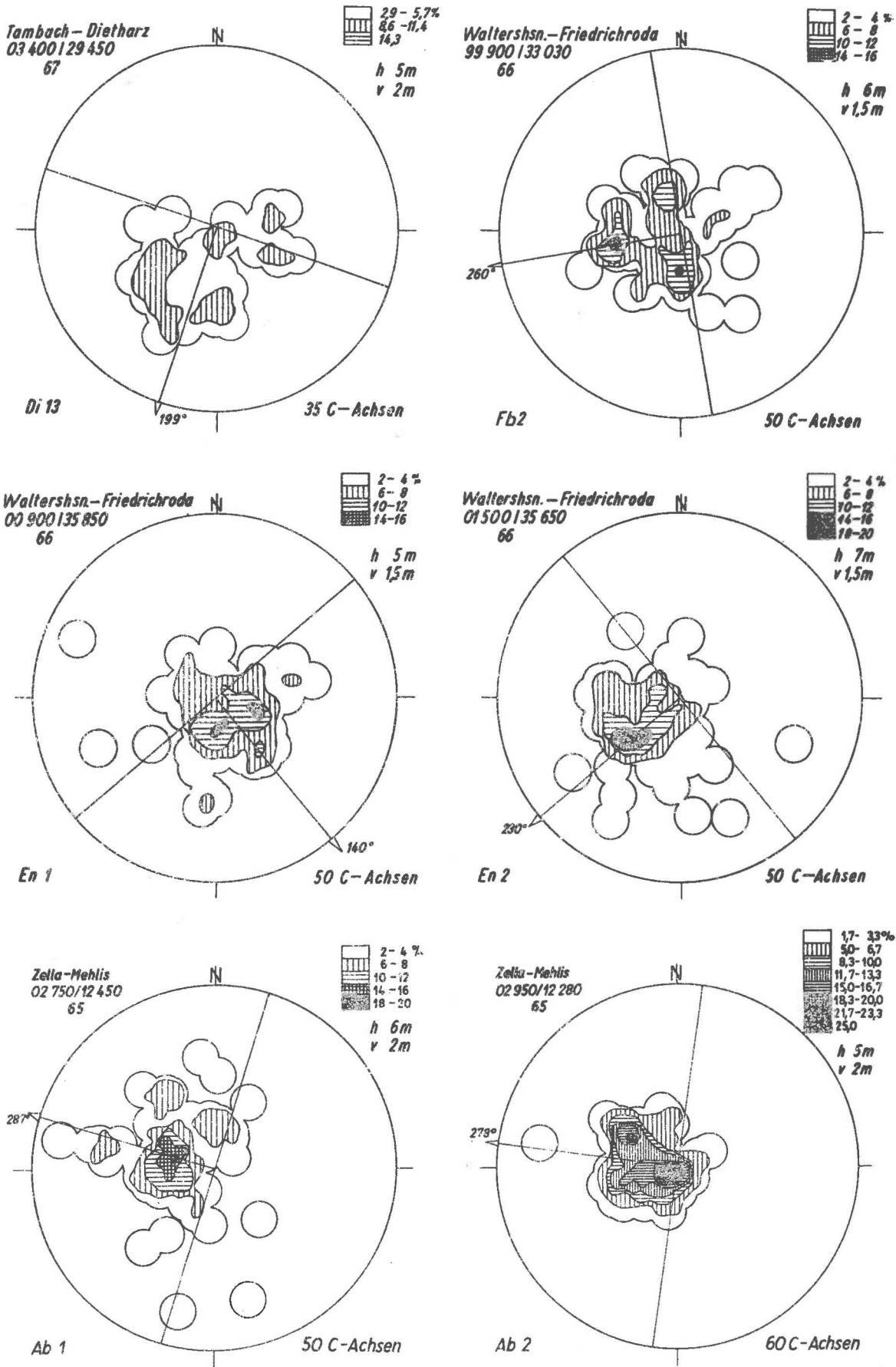


Abb. 17. Anlagerungsgefüge plattiger Gerölle, Tambacher Schichten

Typ 1.2: monoklin, schwach torsionstriklin. Das Gefügediagramm ist insgesamt noch monoklin und nach *b* gestreckt. Legt man jedoch Symmetrielinien durch die einzelnen Belegdichte-Felder, so ergeben sich unterschiedliche Richtungen, die sich von der höchsten zur niedrigsten Belegdichte einseitig über einen Sektor von ca. 60° verschieben. Auf diese Weise erscheint das Diagramm in sich torquiert. Die Teilung der Belegdichte-Felder durch die *a*-Achse ist im wesentlichen noch flächengleich, jedoch beträgt die Schiefe einzelner Felder über 20 %.

Beispiele: Diagramm Mä 1, 3, 6, 7, 10, Us 12 (Abb. 6, 7, 14).

Typ 1.3: monoklin, schwach bimodal-triklin. Das Gefügediagramm ist ähnlich ausgebildet wie Typ 1.2. Der trikline Einschlag besteht jedoch nicht in einer sukzessiven Drehung der Richtung benachbarter Belegfelder, sondern in einem unterschiedlichen Dichtegradienten zu beiden Seiten der *a*-Achse. Zum Beispiel fällt im Diagramm Mä 5 die Punktdichte links von *a* (SE-Sektor) stärker ab als rechts (SW-Sektor). Das Diagramm läßt sich als Überlagerung einer nach S gerichteten Haupt- und einer nach WSW gerichteten Nebenrichtung deuten. Dieser Typ ist nur selten ausgebildet.

Beispiele: Mä 5, He 3 (Abb. 6).

In Einschicht-Diagramme geht nur die lokale Fließrichtung ein. Sie ist im Fall von Typ 1.1 richtungskonstant oder fluktuiert symmetrisch um die mittlere Richtung *a*. Typ 1.2 spricht für eine Drehung der Fließrichtung während oder kurz nach der Sedimentation. Das kann besonders dann eintreten, wenn der Probenpunkt im Randbereich einer Fließrinne liegt, in der es bei wechselndem Wasserstand zum Abdrehen der lokalen Fließrichtung und zu schwacher Umregelung der sedimentierten Gerölle kommt (vgl. S.11). Dem Typ 1.3 scheint die Überlagerung einer vorherrschenden und einer untergeordneten Fließrichtung zugrunde zu liegen, die einen Winkel von $40 - 60^\circ$ bilden. Es kann sich um nachträgliche Umregelung, vielleicht auch um Fluktuationen im Bereich einer Rinnenkrümmung handeln.

Bei Einschicht-Proben stimmen die Richtungsbestimmungen nach Gefügediagramm und Summenvektor allgemein gut überein.

2. Mehrschicht-Diagramme

Typ 2.1: monoklin, Streckung in *b*. Das Gefügediagramm ähnelt weitgehend dem Typ 1.1, wobei die einzelnen Belegdichte-Felder im Symmetrieverhalten etwas stärker variieren können. Da in dem Diagramm Messungen aus mehreren Schichten zu ungleichen Anteilen enthalten sind, wäre eine Untergliederung analog zu Typ 1.2 sinnlos.

Typ 2.1 weist auf schwach pendelnde Fließ- und Rinnenrichtung hin, wie sie in flächigen Schüttungen oder Stromgeflechten auftreten.

Beispiele: Diagramm Ge 1, 4, Dö 1, Sg 1, Al 4, He 6 (Abb. 10, 11, 13, 15, 16).

Typ 2.2: monoklin, schwach trikliner Einschlag. Bei diesem Gefügetyp liegen geschlossene Felder mittlerer und höherer Besetzungsdichte in den schwach besetzten Bereichen. Charakteristisch sind ferner stark streuende Einzelgerölle.

In Mehrschichtdiagrammen kann ein trikliner Einschlag durch ungleiche Geröllauswahl aus verschiedenen gerichteten Fließrinnen entstehen, ohne daß sich die Bildungsbedingungen von denen des Typs 2.1 unterscheiden. Eine Trennung erscheint dennoch zweckmäßig, da die Asymmetrie möglicherweise auch durch Messung unter ungünstigen Aufschlußverhältnissen hineingetragen wird. Diagramme vom Typ 2.2 ergeben Richtungswerte, die vom Summenvektor z.T. stärker abweichen.

Beispiele: Diagramm Ge 23, Ma 1, Tz 1, Fr 3, Go 1, Cr 1 (Abb. 11, 12, 13).

Typ 2.3: monoklin, Streckung in a. Diagramme von diesem Typ sind in den Feldern mittlerer und höherer Belegdichte in a gestreckt, vereinzelt sogar bimodal (Ge 15, Ob 3). Die schwach besetzten Felder werden häufig von a asymmetrisch geteilt und zeichnen sich durch stark gegliederten Außenrand aus. Die Abgrenzung gegen Typ 2.2 und 2.1 ist nicht immer eindeutig.

Eine Streckung in a bedeutet geringe Streuung der lokalen Fließrichtung und mittlere bis starke Einkippung gegen die Strömung. Es fällt auf, daß dieser Typ meist in sandreichen Konglomeraten auftritt. Wahrscheinlich wird er durch isolierte Imbrikation und relativ richtungskonstante Strömungen auf sandreichem Bett begünstigt.

Beispiele: Diagramm Ge 15, Ob 3, He 4, 10 (Abb. 10, 14, 15).

Typ 2.4: monoklin, stark zerrissen. Einige Konglomerate lieferten stark zerrissene Diagramme, in denen die Punktdichte infolge starker Streuung nicht mehr über 15 % ansteigt. Dieser Typ tritt in groben, ungeschichteten Konglomeraten auf und wurde besonders im Gottlob-Konglomerat angetroffen. Die starke Auflösung der Diagramme mag mit durch den großen Vertikalbereich bedingt sein, jedoch variiert die Geröllage auch im Kleinbereich beträchtlich.

Beispiele: Diagramm Fr 1, 2 (Abb. 13).

Typ 2.5: polysymmetrisch. Das Gesamtbild des Diagramms läßt sich nicht mehr als monoklines Gefüge interpretieren. Das Dichtemaximum liegt in der Diagrammitte, und auch die geringeren Belegdichten sind so schwach dezentriert, daß eine Richtungsangabe nicht möglich ist. Die Felder verteilen sich annähernd zirkulärsymmetrisch um den Pol der Lagenkugel. Durch unregelmäßig-länglichen Umriß einzelner Felder kann rhombische Symmetrie angedeutet sein, die jedoch nur als zufällige Figuration anzusehen ist. Über den Summenvektor erhält man auch hier einen Richtungswert, jedoch sind die Vertrauensschranken stets größer als $\pm 90^\circ$, so daß die Richtung statistisch nicht gesichert ist.

Die Entstehung des polysymmetrischen Gefügetyps ist noch etwas unklar. Der scheinbar überwiegend flachen Geröllage steht gegenüber, daß man in den Aufschlüssen relativ häufig Kontaktimbrikation beobachten kann. Nachdem sich herausstellte, daß der Typ besonders im Langenbacher Konglomerat auftritt, wurde hier der Aufschluß La 2 ausgewählt, um die Geröllorientierung schichtweise zu untersuchen. Aus 6 Konglomeratschichten, die jeweils durch sandige Partien getrennt sind, wurden je 10 Gerölle eingemessen und das Vektormittel berechnet. In Abb. 11 (Diagramm La 2) sind die Summenvektoren an der Peripherie des Diagramms eingetragen. Daraus wird ersichtlich, daß sich die Einzelschichten nach der Strömungsrichtung wesentlich unterscheiden. Das synoptische Diagramm entsteht durch Überlagerung der unterschiedlichen Anlagerungsgefüge in den einzelnen Schichten. Vermutlich vollzog sich der Transport in stark gekrümmten Fließrinnen eines Stromge-

flechts oder in einem mäandrierenden Fluß (vgl. LÜTZNER 1979).

Neben dem Langenbacher Konglomerat tritt der polysymmetrische Gefügetyp vereinzelt im Schieferschuppen-Konglomerat (Br 34, Abb. 9) und im Liegenden des Acanthodes-Horizontes bei Gehlberg (Ge 25, Abb. 10) auf.

2.1.2. Korngefüge der Sandsteine

Allgemeines

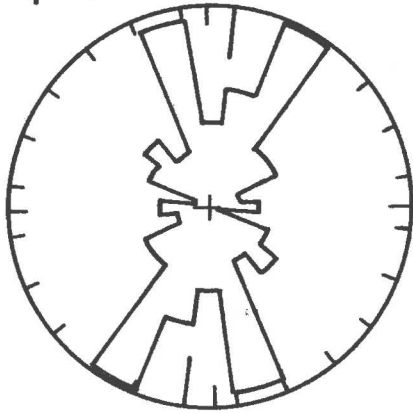
Analog zum Geröllgefüge der Konglomerate kann auch das Korngefüge der Sandsteine zur Rekonstruktion der Transportrichtungen herangezogen werden. Die Methodik ist insgesamt aufwendiger, und die aus einer Probe gewonnenen Ergebnisse beschränken sich auf den engen Bereich eines Handstückes. Das Anlagerungsgefüge der Sandsteine sollte deshalb bei den vorliegenden Untersuchungen nur dort eingesetzt werden, wo Lücken in der Richtungsbestimmung nach Geröllorientierung und Strömungsmarken auftreten.

Die Abhängigkeit des Sandkorngefüges von der Strömungsrichtung wurde mehrfach an rezenten Wasserläufen (WENDLER 1956; YOUNG & MANKIN 1961) und im Strömungskanal (SCHWARZACHER 1951; VOLLBRECHT 1953; RUSNAK 1957; DAPPLES & ROMINGER 1948; ALLEN 1964) untersucht. Die Interpretation von Korngefügen ist jedoch nicht in dem Maße auf rezente Beispiele angewiesen wie in Konglomeraten. Besonders Sandsteinbänke mit Strömungsmarken gestatten auch in fossilen Sedimenten einen Vergleich von Strömung und bevorzugter Kornorientierung (McBRIDE 1962; McBRIDE & YEAKEL 1963; POTTER & MAST 1963; SESTINI & FRANZINI 1965; SPOTTS 1964). Dabei muß vorausgesetzt werden, daß Marken und Korngefüge in der gleichen Strömung bei gleichbleibender Richtung entstanden.

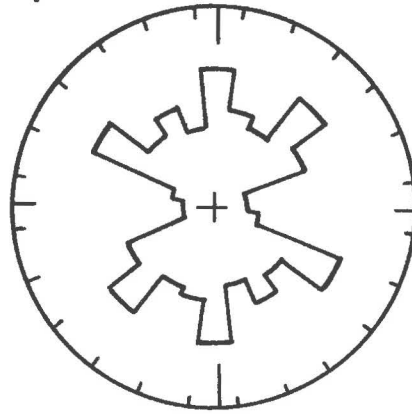
Die Erfahrungen der Untersuchungsmethodik und Auswertung des Sandkorngefüges haben POTTER & FETTIJOHN (1963, S.40 - 48) und JOHANSSON (1965, S.12 - 15) zusammenfassend referiert. Die meisten Bearbeiter fanden, daß die langen Achsen von länglichen Körnern bzw. von schichtparallelen Kornschnitten parallel zur Strömungsrichtung ausgerichtet sind. Vereinzelt wurde in b ein Nebenmaximum oder sogar ein Hauptmaximum festgestellt. In Schnitten parallel zu a c fallen die langen Achsen der Kornschnitte im allgemeinen gegen die Strömungsrichtung ein (SCHWARZACHER 1951; ALLEN 1964; McBRIDE 1962; REES 1968; HAMILTON, OWENS & REES 1968; MARTINI 1971).

Die hier durchgeführten Untersuchungen beschränken sich auf Richtungsmessungen an den langen Achsen von Kornschnitten in 7 orientierten Dünnschliffen parallel zur Schichtfläche. Die bevorzugte Richtung wird als Achse der Fließrichtung interpretiert. Imbrikation und Asymmetrie der Kornschnitte wurden nicht untersucht, so daß nur die bipolare Achse des Sandtransportes bestimmt werden kann. Für die Untersuchung der Kornregelung wurden nur horizontalgeschichtete und ungeschichtete, nicht aber schräggeschichtete Sandsteine verwendet.

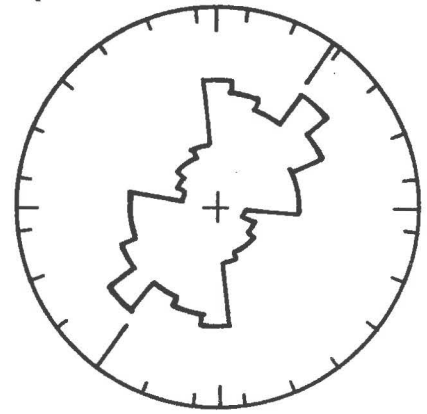
Ap 1/1



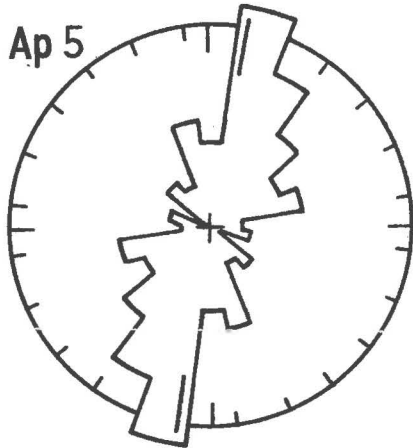
Ap 1/2



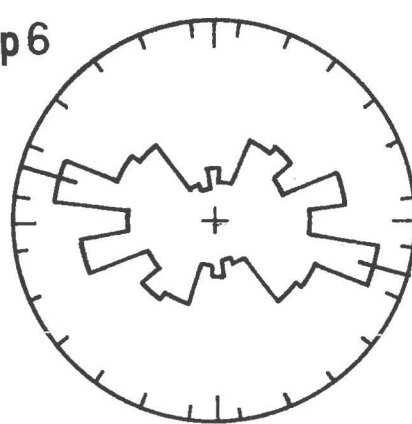
Ap 2/19



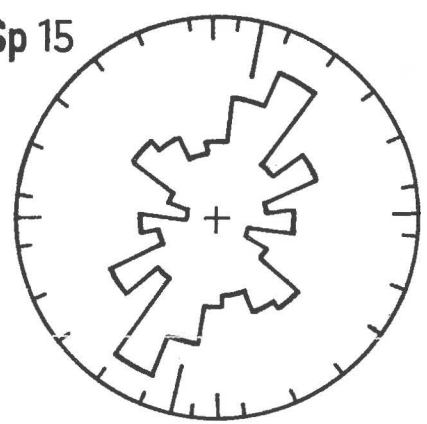
Ap 5



Ap 6



Sp 15



Us 16

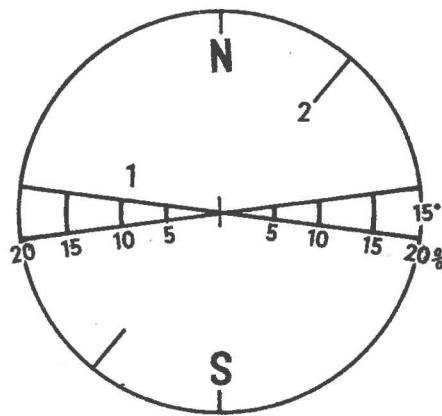
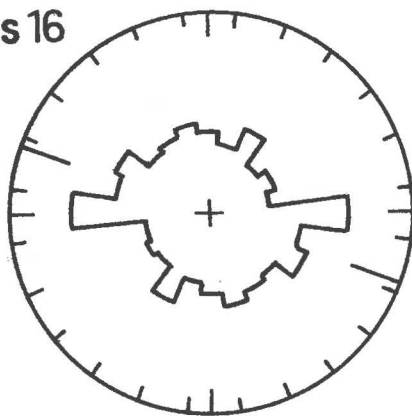


Abb. 18. Anlagerungsgefüge rotliegender Sandsteine; Häufigkeitsdiagramme der langen Achsen von schichtparallelen Kornschnitten
 1 - Breite und Häufigkeitsmaßstab der Azimutklassen; 2 - mittlere Richtung nach dem Summenvektor des doppelten Azimutwinkels

Meßverfahren

Für die Erfassung des Korngefüges wurden nur Kornschnitte mit einem Achsenverhältnis $b : a \leq 0,7$ vermessen. In den zuerst untersuchten Proben erfolgte die Richtungsmessung der "Linie maximaler Projektion" (DAPPLES & ROMINGER 1945) unter dem Mikroskop. Zur Auswahl der Körner diente ein mit dem Integrationsgerät ELTINOR abgestecktes Punktraster. Eine wesentliche Zeitersparnis erreicht man, wenn man den Schliff in einem Lesegerät (verwendet wurde das Lesegerät DL 2 des VEB Carl Zeiss Jena) projiziert und die Achsen auf einem untergelegten Millimeterpapier nachzieht. Die Azimutwinkel lassen sich dann mit einem einfachen Winkelmesser schnell ablesen. In jeder Probe wurden 100 - 200 Achsen vermessen.

Statistische Behandlung

Nach einem von KRUMBEIN (1939) vorgeschlagenen und bei späteren Arbeiten häufig angewandten Verfahren werden die Azimutwinkel verdoppelt, um die bipolaren Achsen in polare Vektoren zu überführen. Aus den so gewonnenen Einheitsvektoren berechnet man den Summenvektor. Dazu wurden die Einzelwerte in Sektoren von 5° klassiert. Der halbierte Azimutwinkel des Summenvektors liefert die Schätzung der Strömungsrichtung, der normierte Betrag des Summenvektors ist ein Maß für den Grad der Regelung (Tab. 3). Die Ergebnisse sind in Abb. 18 außerdem als zirkulare Häufigkeitshistogramme (nicht flächentreu) mit einer Klassenbreite von 15° graphisch dargestellt.

Tab. 3. Kornorientierung in Sandsteinen
(lange Achsen von schichtparallelen Kornschnitten)

Probe	Anzahl Sandkörner	Mittlere Richtung	Regelungsgrad
Us 16	224	$110,9^\circ$	7,6 %
Ap 1/1	200	$6,8^\circ$	31,8 %
Ap 1/2	100	$179,6^\circ$	16,8 %
Ap 2/19	124	$36,1^\circ$	28,4 %
Ap 5	100	$8,6^\circ$	54,5 %
Ap 6	143	$106,3^\circ$	26,4 %
Sp 15	100	$14,0^\circ$	19,2 %

Ergebnisse

Die Kreisdiagramme lassen erkennen, daß in allen Proben eine bevorzugte Orientierung der langen Achsen besteht. Der Regelungsgrad ist unterschiedlich (Tab. 3). Niedrige Werte beruhen auf stärkerer Aufspaltung in Teilmaxima (Ap 1) oder auf schiefer Verteilung (Us 16).

In den meisten Fällen ist ein deutliches Maximum ausgebildet, das mit dem Summenvektor annähernd übereinstimmt. Senkrecht dazu besteht in allen Proben ein Minimum. Aufgespaltene Maxima zeigen besonders die Diagramme der Proben Ap 1/1 und Ap 1/2, die aus einer schlammstromartigen Ablagerung der Oberhöfer Schichten entnommen wurden. Die Proben Ap 2, Ap 5, Ap 6 und Sp 15, bei denen es sich um schlecht sortierte Sandsteine fluviatiler Entstehung handelt, weisen kleinere Nebenmaxima in Richtungen schräg zur Symmetrieachse bzw. zum Summenvektor auf. Eine wenig differenzierte Verteilung zeigt das Diagramm der Probe Us 16. Der untersuchte Sandstein gehört zu einer deltaartigen Einschüttung in ein lakustrisches Milieu. Mit diesen Befunden deutet sich ein Zusammenhang zwischen Gefügetyp und Ablagerungstyp an, jedoch reicht das Material für Verallgemeinerungen nicht aus.

Die Proben Ap 1/1 und Ap 1/2 wurden aus dem gleichen Aufschluß im Abstand von 1,5 m entnommen. Die ermittelten Richtungswerte zeigen die erwartete Übereinstimmung. Einen Vergleich mit anderen Indikatoren der Strömungsrichtung gestattet die Probe Us 16. In unmittelbarer Umgebung der Probeentnahmestelle lieferten andere Richtungsindikatoren folgende Mittelwerte:

Schrägschichtung, Klippe 1	297°
Schrägschichtung, Klippe 2	273°
Schrägschichtung, Klippe 3	240°
Strömungsmarken	291°

Die Übereinstimmung mit dem Anlagerungsgefüge, aus dem sich eine Richtung der Transportachse von 291° ergibt, ist angesichts der Streuung unter den übrigen Richtungsindikatoren durchaus zufriedenstellend. Die aus dem Sandkorngefüge ermittelten Transportrichtungen werden zusammen mit anderen Befunden im regionalen Teil ausgewertet.

2.2. Schrägschichtung

In sandigen Sedimenten ist die Schrägschichtung das wichtigste Sedimentgefüge zur Ermittlung der Transportrichtungen. Obwohl in allen sandigen Sedimentfolgen vorhanden, tritt Schrägschichtung im thüringischen Rotliegenden meist nur lokal und oft auch nur undeutlich ausgeprägt auf. Etwas größere Bedeutung besitzt sie im Tambacher Sandstein sowie stellenweise in den Grausedimenten der Goldlauterer und Unteren Oberhöfer Schichten.

Die vorhandenen Größenklassen (nach GRUMBT 1966) reichen von Mikroschrägschichtung bis zu großdimensionaler Schrägschichtung. Erstere tritt besonders in feinsandigen bis grobsiltigen lakustrischen Grausedimenten und fluviatilen Rotsedimenten auf. Klein- bis mitteldimensionale Schrägschichtung findet man häufig als Interngefüge von Sandsteinbänken, oft aber wechseln Schrägschichtungskörper auch unregelmäßig mit Horizontalschichtung, und eine Gruppierung zu bankförmigen Seriengruppen fehlt. Statistische Messungen liefern auch in diesen Fällen eindeutig eine bevorzugte Schüttungsrichtung (Abb. 19). Großdimensionale Schrägschichtung tritt vereinzelt in Mittel- bis Grobsandsteinen der Rotteröder Schichten auf. Nach der Morphologie der Schrägschichtung (Terminologie von McKEE & WEIR 1953) gehören die mitteldimensionalen Formen teils zur taf-

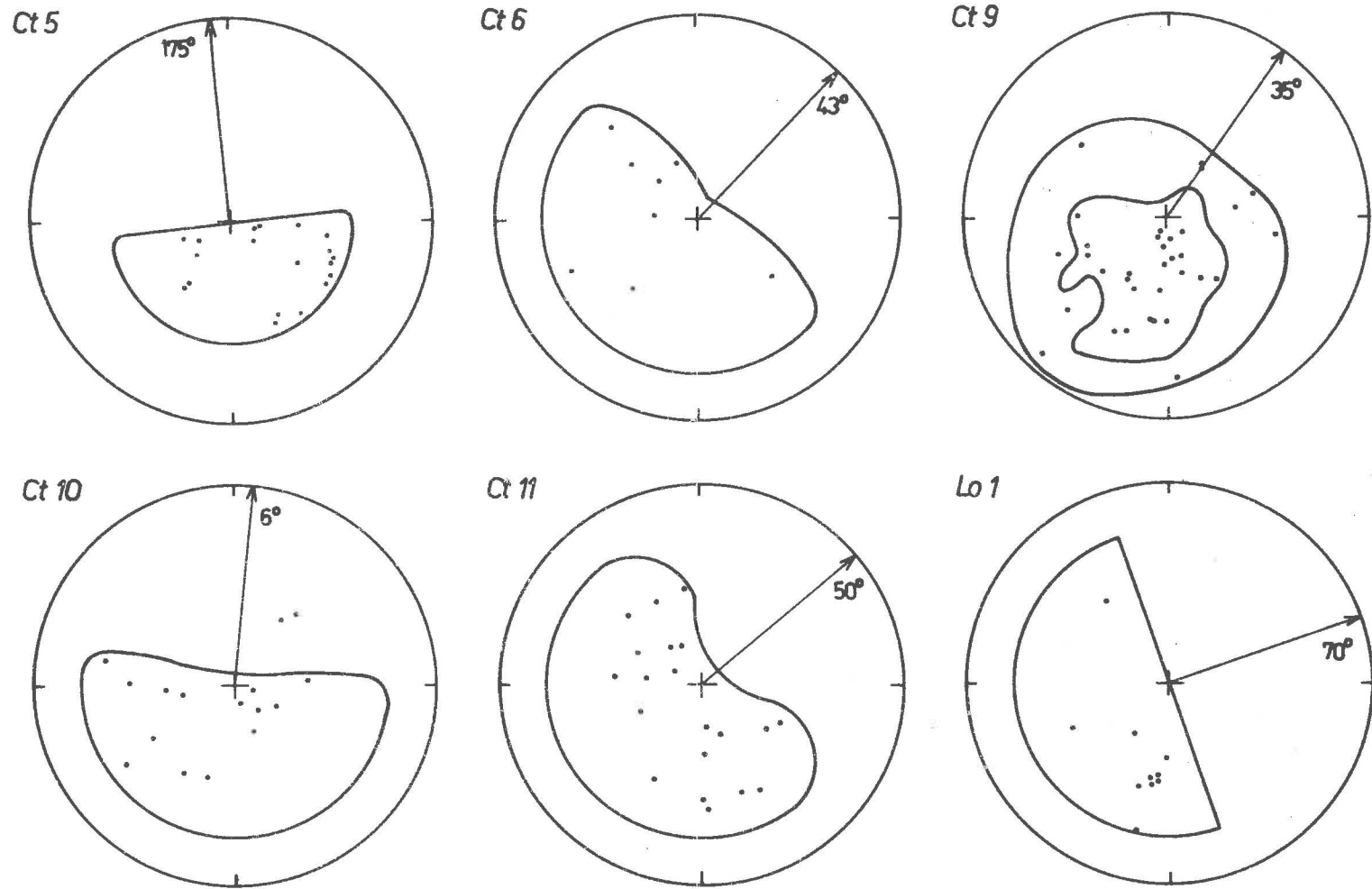


Abb. 19. Schrägschichtungsdiagramme des Tambacher Sandsteins
 Darstellung der Flächenpole im SCHMIDT'schen Netz.
 Bestimmung der Transportrichtung durch Gefügemasken
 nach WURSTER (1964). In Diagramm Ct 9 ist außerdem
 die 10-% Isopykne eingezeichnet

ligen, teils zur muldenförmigen Schrägschichtung. Bogige Schrägschichtung tritt bevorzugt in kleineren Dimensionen auf.

Die Bestimmung der lokalen Strömungsvektoren wurde nach dem Vorbild früherer Autoren, z.B. WURSTER (1964) und GRUMBT (1974), vorgenommen. Die Richtung von Mikroschrägschichtung ließ sich an schichtparallelen Anschnitten direkt einmessen. An größeren Schrägschichtungsformen wurden Einzelflächen gemessen und im SCHMIDT'schen Netz ausgewertet. Beispiele von Schrägschichtungsmessungen aus dem Tambacher Sandstein zeigt Abb. 19. Schrägschichtung in sandigen Partien konglomeratischer Sedimente, die nach dem Aufschlußbild als Gleithangsedimente (point bar deposits) von Fließbännen zu interpretieren sind, wurden für die Kartierung der Strömungsrichtungen nicht mit ausgewertet.

2.3. Sedimentgefüge auf Schichtflächen

In feinsandigen und siltig-tonigen Sedimenten eignen sich besonders die Strömungsmarken und andere auf Schichtflächen zu beobachtende Sedimentgefüge für eine Rekonstruktion der Paläoströmungen. Darüber sind besonders in der Flyschliteratur umfangreiche Erfahrungen niedergelegt (vgl. DZULYŃSKI & WALTON 1965).

In rotliegenden Sedimenten bestanden nach dem bisherigen Kenntnisstand wenig Aussichten, daß Marken in größerer Menge und Vielfalt gefunden werden könnten, wenn auch schon früher aus dem Nahegebiet (REINECK 1954, 1955) und aus dem östlichen Harzvorland (DEFFE 1933) einzelne Formen beschrieben wurden. Die systematische Suche durch Aufschlagen von Schichtflächen im Anstehenden ergab jedoch, daß vor allem Strömungsmarken in ausreichender Menge vorkommen, um danach die lokalen Transportrichtungen zu kartieren (LÜTZNER 1966 b). Neben einigen anderen Marken, die wichtige Hinweise auf spezielle Bildungsbedingungen geben (vgl. LÜTZNER 1979), beanspruchen die Strömungsmarken als wichtige Grundlage der Transportanalyse auch weiterhin vorrangiges Interesse.

Nachfolgend sind die linear geregelten Gefüge und Strömungsmarken, die im thüringischen Rotliegenden auftreten und für die Kartierung der Paläoströmungen benutzt wurden, zusammengestellt. Ein Teil dieser Gefüge gestattet nur die Achse des Transports festzustellen (b, bipolare Formen), andere zeigen auch die Transport r i c h t u n g an (p, polare Formen).

1. Lineare Anlagerungsgefüge

- | | |
|---|---|
| 1.1. Linear geregelte Einzelklasten (clast lineation) | b |
| 1.2. Strömungstreifung (parting lineation) | b |

2. Schichtflächengefüge in Verbindung mit Schrägschichtung

- | | |
|---|------|
| 2.1. Rippelmarken (ripple marks) | b, p |
| 2.2. Schrägschichtungsbögen (rib-and-furrow structures) | p |

3. Strömungsmarken (current marks)

3.1. Erosionsmarken (erosion marks)

Erosionsrinnen (channels)	b
Rieselmarken (rill marks)	p
Strömungskolke (flute marks)	p
Hufeisenkolke (crescent marks)	p
Furchenmarken (ridges)	p

3.2. Gegenstandsmarken (tool marks)

Rillenmarken, Schleifmarken (groove marks, drag marks)	b
Riefenmarken (striation marks)	b
Rückprallmarken (bounce marks)	b
Stoßmarken (prod marks)	p
Bürstmarken (brush marks)	p
Fiedermarken (chevron marks)	p
Hüpfmarken (skip marks)	p
Stichmarken	p

Bezüglich der Beschreibung und Abbildung der verschiedenen Strömungsmarken und -gefüge sowie ihrer Bildungsweise kann auf LÜTZNER (1966 b, 1979) verwiesen werden.

Zur Richtungsstatistik der Strömungsmarken wurden bereits einige Ergebnisse mitgeteilt (LÜTZNER 1966 b, S.1154). Die Variationsbreite der Einzelwerte überschreitet für ein Kollektiv nur selten $\pm 30^\circ$, in keinem Fall $\pm 60^\circ$ zu beiden Seiten des Mittelwertes. Unter diesen Bedingungen kann nach PINCUS (1953, 1956), CURRAY (1956) und WOOD & WOOD (1966) die statistische Behandlung der Richtungswerte wie die von linearen Daten erfolgen. Das lineare arithmetische Mittel stimmt hier mit dem zirkularen arithmetischen Mittel (WOOD & WOOD 1966) bzw. dem Summenvektor (PINCUS 1956; CURRAY 1956) ausreichend überein. Wie die graphische Darstellung der Häufigkeitsverteilung von einigen größeren Stichproben erkennen läßt (LÜTZNER 1966 b), sind Strömungsmarken annähernd normal verteilt, so daß die üblichen Verfahren der statistischen Beschreibung angewandt werden können.

Die kartenmäßige Erfassung der Transportvektoren verlangt vor allem eine graphisch darstellbare Angabe zur Streuung der Marken an jeder Meßlokalität. Dafür wurden die Vertrauensschranken des Mittelwertes für 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit gewählt. Das berechnete Intervall wurde an dem Richtungspfeil als symmetrischer Fächer angetragen und in dieser Form mit in die Karte übernommen. Wenn nur bipolare Marken vorliegen, erscheint der Fächer des Vertrauensintervalls in beiden Richtungen. Durch diese Darstellungsweise sind die einzelnen Richtungspfeile in ihrer Zuverlässigkeit leicht und anschaulich zu vergleichen. Mit einer Sicherheit von 95 % liegt der tatsächliche Mittelwert innerhalb des eingetragenen Fächers. Das Intervall wird durch zunehmende Streuung der Meßwerte erweitert und durch zunehmende Anzahl der Messungen eingeschränkt. Ausgefüllte Fächer beziehen sich auf Messungen auf mehreren Schichtflächen eines Aufschlusses, während ein nicht ausgefüllter Fächer anzeigt, daß die Messungen nur von einer Schichtfläche stammen (vgl. Karten der Transportrichtungen im regionalen Teil).

Bei der Anwendung einfacher Mittelwerte setzt man voraus, daß die einzelnen Markentypen eine gleiche Standardabweichung besitzen. Diese Annahme ist nicht ganz richtig, da besonders die Strömungstreifung nachweislich etwas stärker streut als Strömungsmarken. Von diesen haben besonders einschellige Schleifmarken die kleinste Standardabweichung. Die Unterschiede sind jedoch insgesamt gering, und die entstehenden Ungenauigkeiten haben keine Bedeutung, so daß man die Ausgleichsrechnung auf alle Strömungsmarken, einschließlich von Strömungsrippeln und Schrägschichtungsbögen, anwenden kann. Dagegen sind eingeregelter Pflanzenreste nicht mit einzubeziehen. Die Bestimmung der Regelungssachse erfolgte hier auf graphischem Wege (LÜTZNER 1966 b, S.1153).

2.4. Bestand an klastischen Komponenten

2.4.1. Methodik der Geröllanalyse

Ziel der Geröllanalyse ist es, den Geröllbestand nicht nur qualitativ zu beschreiben, sondern durch Mengenangaben auch quantitativ zu erfassen. Diese Daten gehören zu den kennzeichnenden Merkmalen eines Konglomerats. Die Geröllzusammensetzung bleibt im Konglomeratkörper annähernd konstant oder ändert sich lateral bzw. vertikal mit genetisch deutbarer Gesetzmäßigkeit, die dann mit Hilfe von Geröllanalysen erschlossen werden kann. Neben ihrer Bedeutung als lithologisches Merkmal einer sedimentologischen Einheit ist die Geröllzusammensetzung für Rückschlüsse auf Muttergesteine und den Aufbau eines Liefergebietes wichtig. Ferner geben Unterschiede im Verwitterungs- oder Zersetzungsgrad der Geröllkomponenten Hinweise auf das chemische Milieu im Liefer- und Ablagerungsgebiet.

Die quantitative Erfassung des Geröllbestandes kann auf verschiedene Weise erfolgen. Eine vollständige Analyse würde erfordern, daß die Anteile der unterschiedenen Geröllklassen in jeder Korngrößenklasse bestimmt werden. Eine nach Fraktionen getrennte Bestimmung der Anteile ergibt, daß sich die Anteile in Abhängigkeit von der Korngröße verändern bzw. daß die einzelnen Komponenten unterschiedliche Korngrößenverteilungen besitzen (BÖHME 1962; SCHIEMENZ 1953; DAVIS 1958; EISSMANN 1975; u.a.). Die statistischen Parameter dieser Verteilung, wie mittlere und maximale Geröllgröße sowie Sortierung, werden von der Korngrößenverteilung des Schuttangebotes im Liefergebiet sowie von der Länge und dem Mechanismus des Transportes bestimmt. Komponenten, die in großen Bruchstücken in den Transport aufgenommen werden, herrschen in den groben Fraktionen der Konglomerate stark vor. Das gilt beispielsweise für die Porphyrgerölle im Raubschloß- und Emmafels-Konglomerat (Goldlauterer Schichten).

Bei größeren Analysereihen wird man sich schon wegen des Arbeitsaufwandes auf eine Korngrößenfraktion beschränken. Dafür sind besonders die feinen Kiesklassen geeignet, da sich bei diesen Korngrößen einerseits der Zerfall von Gesteinen zu Mineralkörnern noch nicht bemerkbar macht und andererseits der Einfluß der primären Steingröße noch in vertretbaren Grenzen bleibt.

Die Anteile der Geröllklassen können in Volumen- oder Kornzahl-Prozenten angegeben werden. Die relative Volumenbestimmung geschieht nach den Prinzipien der Integrationsanalyse. Die Volumina der Geröllkörper werden auf eine Reihe von Schnittflächen und

schließlich auf eine Schar von Schnittlinien oder ein Raster von Zählpunkten zurückgeführt. Bei früheren geröllanalytischen Untersuchungen in Gehrener und Oberhöfer Schichten bei Manebach konnten mit dieser Methode einige Erfahrungen gesammelt werden (LÜTZNER 1964 a).

Da die Integration von Konglomeratanschliffen recht zeitaufwendig ist, wurden für die vorliegenden Untersuchungen überwiegend Kornzählungen durchgeführt. Aus den mehr oder weniger verfestigten Konglomeraten wurden für eine Analyse 200 - 400 Gerölle der Fraktion 20 - 35 mm herausgelöst. Für einzelne Testproben wurde ferner die Fraktion 35 - 63 mm herangezogen. Die Identifizierung der aufgeschlagenen Gerölle erfolgte unter dem Binokular.

Einige Analysen mußten an Schnittflächen ausgezählt werden, da entweder die Verfestigung zu stark war oder nur wenige Konglomeratstücke zur Verfügung standen. Für eine Analyse kamen 300 - 500 Körner der Fraktion 2 - 6,3 mm (Feinkies) zur Auszählung, wobei auch die anfallenden Gerölle der Fraktion 6,3 - 20 mm mit registriert wurden. Das Auszählen von Anschnitten hat verschiedene Nachteile. Die Definition ausgewählter Korngrößenklassen wird durch den Schnitteffekt beeinträchtigt. Bei der Probenahme ist man auf schnittfestes Material angewiesen. Ferner kann man wegen des begrenzten Probenumfangs meist nur die Feinkiesfraktion auswerten. Die Identifizierung der Gerölle ist schwieriger, da man an eine kleine, vorgegebene Schnittfläche gebunden ist. Nach Möglichkeit wurde deshalb das Auszählen von herauspräparierten Geröllen bevorzugt.

Im Hinblick auf die Genauigkeit der Mengenangaben ist zwischen statistischem und subjektivem Fehler zu unterscheiden. Setzt man eine homogene Mischung der Komponenten voraus, so wird die Genauigkeit der Mengenangaben vom Probenumfang und dem Anteil der jeweiligen Komponente bestimmt. Dafür stehen verschiedene Tabellarien (BLANKENBURG & JAGUSCH 1964; BANDNER 1965) zur Verfügung. Bequemer sind Nomogramme (VAN DER PLAS & TOBI 1965), aus denen sich eine gewünschte Genauigkeitsangabe leicht ablesen läßt. Der Probenumfang ist in den Ergebnistabellen der Geröllanalysen (Tab. C) mit angegeben. Der statistische Fehler trifft strenggenommen nur auf eindeutig abgegrenzte Geröllklassen zu. Bestehen, wenn auch nur in wenigen Fällen, Schwierigkeiten in der Zuordnung ("Übergänge"), so wird der statistische von einem subjektiven Fehler überlagert. Da dieser Fehler bei einem Bearbeiter im wesentlichen systematischer Natur sein wird, fällt er für den relativen Vergleich der Analysenergebnisse nicht sehr ins Gewicht.

Vergleiche mit Analysen anderer Bearbeiter erfordern meist schon wegen abweichender Definition der einzelnen Geröllklassen eine Zusammenfassung von mehreren Klassen. Unter einer Geröllgruppe soll die Zusammenfassung von mehreren, genetisch verwandten Gesteinsarten verstanden werden (ZEUNER 1933). Die Geröllgruppen sind gegenseitig klar abgegrenzt, die Daten sind weitgehend frei von subjektiven Fehlern und können mit den "gruppierten" Daten anderer Autoren verglichen werden. Die wichtigsten Geröllgruppen der untersuchten Konglomerate sind

- (1) silesisch-rotliegende Vulkanite, Tuffe und Sedimente,
- (2) präsilesisches sedimentäres Grundgebirge (einschließlich Gangquarz und Porphyroid),
- (3) Plutonite und hochgradige Metamorphite.

Die Geröllgruppen werden in **G e r ö l l k l a s s e n** gegliedert. Ihre Abgrenzung ist teilweise mit subjektiven Fehlern behaftet, obwohl die Gerölle in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle (ca. 90 - 95 %) eindeutig einer bestimmten Klasse zugeordnet werden können. In den Ergebnistabellen sind zum Teil mehrere Geröllklassen, die beim Auszählen noch unterschieden wurden, zu einer Klasse zusammengefaßt (z.B. Quarzitvarietäten zu "Quarzit").

2.4.2. Geröllspektrum

Die Zusammensetzung der rotliegenden Konglomerate im Thüringer Wald ist sehr unterschiedlich. In der Nähe einheitlich aufgebaute Liefergebiete können monomikte Schüttungen auftreten, wobei auch hier noch die Unterscheidung verschiedener Gesteinsvarietäten möglich ist. Reine Porphyrkonglomerate sind für die Tambacher Schichten in der Umgebung der Oberhöfer Porphyryplatte charakteristisch. In den Goldlauterer Schichten treten lokal monomikte Porphyritkonglomerate auf (Crawinkel). Schieferkonglomerate wurden stellenweise am Schwarzburger Sattel, Glimmerschieferkonglomerate am Ruhlaer Kristallin geschüttet. Vereinzelt kommen nahezu reine Granitkonglomerate vor. Monomikte Quarzkonglomerate fehlen. Ein großer Teil der rotliegenden Konglomerate besitzt polymikte Geröllzusammensetzung.

Eine stratigraphische Zuordnung der Konglomerate allein nach dem Geröllspektrum ist nicht möglich. Dagegen kann man zwei oder drei Hauptprovinzen unterscheiden, die sich in allen lithostratigraphischen Stufen mehr oder weniger deutlich wiederholen. Im südöstlichen Teil des Thüringer Waldes treten neben rotliegenden Vulkaniten häufig Schiefer, Quarzite und untergeordnet Grauwacken auf; Granit ist allgemein selten. Im NW sind dagegen Granite, Gneise und teilweise andere Quarzittypen verbreitet, während Grauwacken fehlen und epizonale Schiefer zurücktreten. In dieser Zweiteilung zeichnen sich die permanent aufsteigenden Schwellen des Schwarzburger Antiklinoriums bzw. des Schiefergebirges (SE) und des Ruhlaer Kristallins (NW) ab. Im mittleren Thüringer Wald wird die Geröllfazies des Grundgebirges zeitweise vollständig von Schüttungen aus rotliegenden Vulkaniten verdrängt.

Die Interpretation der Muttergesteine anhand der ausgeschiedenen Geröllsorten ist in großen Zügen leicht möglich, stößt aber bei einer stärkeren Aufgliederung der Geröllklassen teilweise auf Schwierigkeiten. Das trifft besonders für die Komponenten des Schiefergebirges und des hochmetamorphen Grundgebirges zu. In einer Klasse können ähnliche Liefergesteine unterschiedlichen Alters vereinigt sein. Petrographische Analogien können "Übergänge" zwischen Geröllklassen vortäuschen, die im Liefergebiet als solche nicht bestehen. Umgekehrt wird eine Wechsellagerung aus mehreren Gesteinstypen (z.B. Frauenbacher Wechsellagerung) im Geröllspektrum auf mehrere Klassen aufgeteilt, usw.

Auf die Petrographie der ausgeschiedenen Geröllsorten kann nicht ausführlich eingegangen werden. Die folgende kurze Beschreibung, die sich vor allem an makroskopische bis binokular-mikroskopische Beobachtungen auf Anschliffen hält, soll Wiederholungen in den speziellen Abschnitten ersparen und die möglichen Rückschlüsse auf Muttergesteine zusammenfassen.

Komponenten des präsilesischen Grundgebirges

Folgende Komponenten des präsilesischen Grundgebirges werden als Geröllklassen ausgehalten: Quarz, Quarzit, Quarzit mit Serizitlagen, Tonschiefer und Phyllit, Grauwacken, Kieselschiefer, Porphyroid, übrige Metamorphite, Granit.

Die **Q u a r z g e r ö l l e** zeigen die milchweiße, massige Beschaffenheit des Gangquarzes, in dem Fetzen des Nachbargesteins eingeschlossen sein können. Die Quarzgerölle können aus allen Horizonten des Schiefergebirges geliefert werden.

Unter den **Q u a r z i t e n** kann man zahlreiche Varietäten unterscheiden, die sich jedoch nicht streng trennen lassen. Helle, grobkörnige Quarzite, die relativ wenig durch Glimmerminerale verunreinigt sind, zeigen bei Korngrößen um 0,1 - 0,3 mm zum Teil noch deutlich körnige, sandsteinartige Struktur. Ferner treten teils grünliche, teils rötliche Quarzite mit etwas feinerem Korn (0,05 - 0,2 mm) auf. In manchen Proben läßt sich eine sehr feinkörnige (unter 0,05 mm) graue Varietät abtrennen. Daneben kommen in allen Proben mehr oder weniger "unreine", dunkelgraue Quarzite unterschiedlicher Korngröße vor. In ihnen stellt sich mit zunehmendem Gehalt an feinschuppigen Glimmermineralien eine lagige Textur ein.

Diese genannten Quarzitvarietäten sind zu einer Geröllklasse zusammengefaßt worden. Getrennt ausgehalten wurden stark glimmerführende Quarzite, die am Geröll durch die Regelung der Hellglimmer eine Schieferung erkennen lassen. Sie leiten zu Quarz-Serizit-Schiefern über. In einigen Feld- und Anschliffzählungen unterblieb die Trennung von den übrigen Quarziten.

Die Muttergesteine der Quarzite sind in erster Linie in den mächtigen Quarzithorizonten des Altpaläozoikums zu suchen. Das trifft vor allem auf die relativ reinen Varietäten, aber auch für die stärker serizitführenden, geschiefertten Quarzite zu. Zumindest ein Teil der dunklen Quarzite kann den Phyllitquarziten der Kernzone des Schwarzburger Sattels entstammen.

Besonders zu erwähnen sind feinstkörnige, schwarzgraue Quarzite, die in der nordwestlichen Schüttungsprovinz im Struther Konglomerat der Rotteröder Schichten auftreten. Diese Gerölle können auf die Graphitquarzite in der Truseserie des Ruhlaer Kristallins (NEUMANN 1966) bezogen werden.

Die Färbung der Quarzitgerölle ist weniger für die Herkunft als vielmehr für die Redox-Bedingungen während des Transportes und der Ablagerung von Interesse. Die primär grünliche Farbe der altpaläozoischen Quarzite wird in stark oxydierendem Milieu (Rotverwitterung) infolge von Hämatitbildung durch rötlichen Farbton ersetzt. In Goldlauterer Konglomeraten treten beide Farbvarianten nebeneinander auf; sie können sich auch in einem Geröll fleckig durchdringen. Demgegenüber fehlen in den Manebacher Schichten rote und grüne Farbtöne. Durch limonitische Eisenoxide ist hier der größte Teil der Quarzite gelblich bis bräunlich gefärbt.

Die **T o n s c h i e f e r g e r ö l l e** bestehen zum größten Teil aus Quarz-Serizit-Schiefer mit Korngrößen unter 0,05 mm, in denen die Regelung der Glimmerminerale eine deutliche Schieferung erkennen läßt. Zunehmender Quarzgehalt leitet zu glimmerführenden Quarziten, zunehmender Feldspatgehalt zu geschiefertten Grauwacken über. In die Geröllklasse der Tonschiefer werden auch die Phyllite mit einbezogen, die in einzelnen Proben (Wa 3, Wa 6) stark vorherrschen. Im allgemeinen ist der Phyllitanteil gering und von den Tonschiefern nicht klar abzutrennen. Die Beschaffenheit der Ton-

schiefer ist gewöhnlich innerhalb einer Probe ziemlich einheitlich, wechselt aber von einem Schüttungskörper zum anderen.

Im SE liegen die Muttergesteine der Tonschiefer teils in den Katzhütter Schichten einschließlich der höher metamorphen Kernzone des Schwarzburger Sattels, teils im Altpaläozoikum. Dunkle Varietäten mit Übergang zu feinkörnigen Grauwacken dürften vor allem den Katzhütter Schichten entstammen.

Unter den Grauwacken sind grob- und feinkörnige Typen ohne deutliche Lagentextur sowie geschieferte Grauwacken zu unterscheiden. In der grobkörnigen Ausbildung erreichen die Korndurchmesser 1,5 - 2 mm. Zur feinkörnigen Ausbildung, die unter dem Binokular als grünliches Gemenge aus feinen Quarzkörnern, Glimmerschüppchen und anderen Mineralkörnern erscheint, besteht ein lückenloser Übergang. Die feinkörnige Varietät ist von den Tonschiefern, aber auch von bestimmten Quarziten nicht immer deutlich zu trennen.

Grauwacken treten besonders in den Manebacher und Goldlauterer Schichten der Schleusinger Randzone auf. Die Gesteine besitzen auffallende Ähnlichkeit mit den Geröllen des Grauwackenkonglomerats im Stockheimer Becken. Als Muttergesteine kommen hier nur die in der Umgebung anstehenden Grauwackenkomplexe des Unterkarbons in Betracht. Wahrscheinlich hat der größte Teil der Grauwackengerölle in der Schleusinger Randzone den gleichen Ursprung. Die Grauwacken der Katzhütter Schichten, die ebenfalls Geröllmaterial geliefert haben können, unterscheiden sich von den Grauwackengeröllen im Rotliegenden durch einen generell höheren Gehalt an dunklen Glimmern.

Kiesel-schiefer treten nur selten auf. Sie heben sich durch den muschelig-splittigen Bruch und die äußerst feine Korngröße stets deutlich von dem übrigen Geröllbestand ab. Die Farbe ist teils schwarz, teils grau mit bläulichem Schimmer. Als Liefergesteine kommen die Kiesel-schiefer der Altenfelder (= Mittlere Katzhütter) Schichten in Betracht.

Porphyroide wurden ebenfalls nur selten gefunden. Möglicherweise liegt ihr Anteil tatsächlich etwas höher, da bei der geringen Größe der untersuchten Gerölle Verwechslungen mit Quarzporphyr vorkommen können, während ausgeschieferter Porphyroide leicht mit Quarziten oder anderen Metamorphiten verwechselt werden. Dennoch ist der Porphyroidanteil insgesamt unbedeutend. Eine lokale Anhäufung, wie sie im Fehrenbacher Konglomerat vorkommt (KATZUNG 1964), bleibt sicher eine Ausnahme.

Unter den Metamorphiten können die Glimmer-schiefer noch relativ gut als eigene Geröllklasse ausgehalten werden, jedoch ist die Abgrenzung gegenüber Gneisen, glimmerreichen Quarziten und Quarz-Serizit-Schiefern nicht immer eindeutig zu treffen. Glimmerschiefergerölle sind an die nordwestliche Schüttungsprovinz und das Eisenacher Rotliegende gebunden. Die Liefergesteine sind Bestandteile der Mitteldeutschen Kristallinschwelle, die während des Rotliegenden im Ruhlaer Kristallin und im nordwestlichen Vorland des Thüringer Waldes zutage traten.

Die übrigen Metamorphite wurden bei der Geröllanalyse zusammengefaßt. Darunter fallen hauptsächlich gneisartige Quarz-Feldspat-Gesteine mit wechselndem Glimmergehalt und unterschiedlichen, aber stets deutlich lagigen Texturen sowie vereinzelte Amphibolite. Lediglich Gerölle vom Typ des Thaler Gneises wurden getrennt ausgehalten. Das erwies sich vor allem deshalb als notwendig, weil dieses Gestein in einigen Proben nicht klar von Granit abzugrenzen war.

Die Abtragungsprodukte gneisartiger Metamorphite sind vor allem in der Umgebung des Ruhlaer Kristallins verbreitet. Vereinzelt wurden Quarz-Feldspat-Gesteine mit deutlicher Paralleltextur auch in der südöstlichen Schüttungsprovinz gefunden.

Mit Ausnahme des granitführenden Konglomerats der Schleusinger Randzone treten **G r a n i t g e r ö l l e** im südöstlichen Thüringer Wald nur untergeordnet auf. Meist handelt es sich um relativ feinkörnige Biotitgranite oder um Aplite.

Bei der Auszählung der Feinkiesfraktion in Anschnitten fallen gewöhnlich vereinzelte Gerölle von **F e l d s p a t** an, die mit dem Granitanteil zusammengefaßt wurden.

In der nordwestlichen Schüttungsprovinz erreichen relativ grobkörnige Granite einen teilweise erheblichen Anteil. Ihre Liefergesteine liegen im Ruhlaer Kristallin und dessen nordöstlichem Vorland. In geringen Mengen sind stets auch aplitische Gesteine vorhanden.

Der Granitanteil des granitführenden Konglomerats der Schleusinger Randzone stammt aus dem südwestlichen Vorland des Thüringer Waldes. Als Liefergestein ist der Granit der Schleusinger Hochscholle anzusehen, der im Kleinen Thüringer Wald zutage tritt.

Komponenten des Permosiles

In Abtragungsprodukten permosilesischer Gesteine treten Gerölle auf von Quarzporphyr, Porphyrit, Tuff, Tonstein, Silt- und Sandstein.

Die Gerölle der **Q u a r z p o r p h y r e** lassen sich bei vorhandenen Quarzeinsprenglingen eindeutig identifizieren. Am häufigsten sind Porphyre mit kleinen Einsprenglingen (Quarz um 0,5 mm, Feldspat 1 - 3 mm). Porphyre mit mittelgroßen Einsprenglingen treten zurück, und solche mit großen Quarzen und Feldspäten sind außerordentlich selten. Die Menge von Einsprenglingen, insbesondere von Quarzen, variiert sehr stark. Kommt in einer Probe eine quarzarme Porphyrvarietät vor, so kann die Abgrenzung von den Porphyriten unsicher werden. In vielen Fällen können dann Farbe und Grundmasseausbildung als Kriterien mit herangezogen werden. Das felsitische bis mikrokristalline, häufig fluidale oder sphärolithische Gefüge der Grundmasse entspricht dem üblichen Bild der Gehrener und Jüngerer Oberhöfer Porphyre.

Die **P o r p h y r i t e** (incl. Melaphyre) variieren in ihrer Ausbildung noch wesentlich stärker als die Quarzporphyre. Kennzeichnend ist das Fehlen von Quarzeinsprenglingen. Fluidale und sphärolithische Grundmasse-Texturen treten im allgemeinen nicht auf, wohl aber die von Melaphyren bekannte Parallelstellung der Feldspateinsprenglinge. Nach der Farbe unterscheiden sich frische Porphyritgerölle durch den meist dunkleren, bläulichen bis violetten Ton von den mehr bräunlichen, nach Orange oder Grau abgestuften Farben der Porphyre. An Einsprenglingen können in sehr unterschiedlicher Größe und Menge sowie mit verschiedenartigen Zersetzungserscheinungen Orthoklase, Plagioklase, Biotite und Augite auftreten. Auch Mandelsteinausbildung ist weit verbreitet.

Im Spektrum der Vulkanitgerölle besteht zwischen SE- und NW-Provinz kein grundsätzlicher Unterschied. Die Verbreitung der Vulkanite reicht über den gesamten Beckenbereich, so daß sie an aufsteigenden Schwellenrändern und Bruchschollen immer wieder in den Bereich intrarotliegender Abtragung gelangen konnten.

Die petrographische Variabilität der Vulkanitdecken, insbesondere der Porphyrite, ist bekannt, und sie spiegelt sich in den Abtragungsprodukten wider. Fast in jeder Probe kann man mehrere Varietäten von Porphyren und Porphyriten aushalten, die auf eine gewisse Distanz konstant bleiben und den beprobten Konglomeratkörper durch Leitgerölle und konstante Mengenverhältnisse bestimmter Komponenten charakterisieren. Eine genauere Analyse des Vulkanitanteils kann das Bild der Schüttungsprovinzen und der Abtragungsgeschichte bestimmter Liefergebiete noch wesentlich verbessern, wie an einer früheren Untersuchung mit lokal begrenzter Problematik gezeigt werden konnte (LÜTZNER 1964 a). Auf Feinheiten konnte jedoch bei den vorliegenden Geröllanalysen nicht eingegangen werden.

Gerölle von **R o t s e d i m e n t e n** treten stets nur in sehr geringer Menge auf. Bei Sandsteinen sind Verwechslungsmöglichkeiten mit sekundär rotgefärbten präsilesischen Grauwacken zu beachten. Auch **T u f f e** sind allgemein selten. In den Ergebnistabellen wurden Tuffe und Sedimente zusammengefaßt.

Die Ergebnisse der Geröllanalysen sind in Tab. C zusammengestellt. Ihre Auswertung erfolgt im regionalen Teil. Die Probenkollektive der stratigraphischen Einheiten werden im Stoffdreieck dargestellt, wobei die Eckpunkte (Hauptgeröllgruppen) je nach der Geröllzusammensetzung unterschiedlich gewählt werden. In der Anordnung der Geröllgruppen soll auch die stratigraphische Ordnung der Liefergesteine zum Ausdruck kommen. Deshalb wurde das Stoffdreieck in einigen Fällen auf die Spitze gestellt (Abb. 24, 26, 35).

2.4.3. Sandsteine

Auf den klastischen Materialbestand der Sandsteine kann hier nur kurz eingegangen werden. Eingehende dünnschliffpetrographische Untersuchungen an Kernmaterial aus Erkundungsbohrungen führte JUDERSLEBEN (1972) durch. Danach sind unter Verwendung der Nomenklatur von FÜCHTBAUER (1959) die meisten Sandsteine als Grauwacken und Feldspatgrauwacken anzusprechen. Quarz herrscht im allgemeinen vor, erreicht aber nur in wenigen Proben über 50 %. Der Anteil an Feldspäten beträgt meist 15 - 30 %. Plagioklase und Orthoklase treten in wechselndem Mengenverhältnis nebeneinander auf und sind mehr oder weniger von Zersetzungserscheinungen betroffen. Unterschiedlich ist der Gehalt an Glimmermineralien, die naturgemäß besonders in feinkörnigen Sedimenten gehäuft vorkommen können. Die Glimmer weisen ebenfalls Zersetzungserscheinungen auf. Der Anteil von Gesteinsbruchstücken liegt zwischen 10 und 100 %. Am häufigsten sind Granit und Quarzchloritschiefer sowie andesitische und rhyolitische Effusivgesteine. Ferner kommen in geringer Menge Reste von Metamorphiten vor.

Die prozentuale Zusammensetzung des klastischen Materialbestandes der Sandsteine variiert in weiten Grenzen. Im Stoffdreieck Quarz - Feldspat - Gesteinsbruchstücke (Abb. 20) nehmen die meisten Proben den mittleren Bereich ein. Der Übergang zum Eckpunkt der Gesteinsbruchstücke ist lückenlos belegt. In diesem Gesamtfeld besetzen Probenkollektive, die einer bestimmten Schüttungsprovinz einer stratigraphischen Einheit entstammen, begrenzte Teilbereiche, die sich teilweise überlagern, teilweise aber auch gegenseitig ausschließen. So überschneidet das Punktfeld von Proben aus den Rotteröder Schichten (JUDERSLEBEN 1972) teilweise ein Probenkollektiv aus den Manebacher Schichten

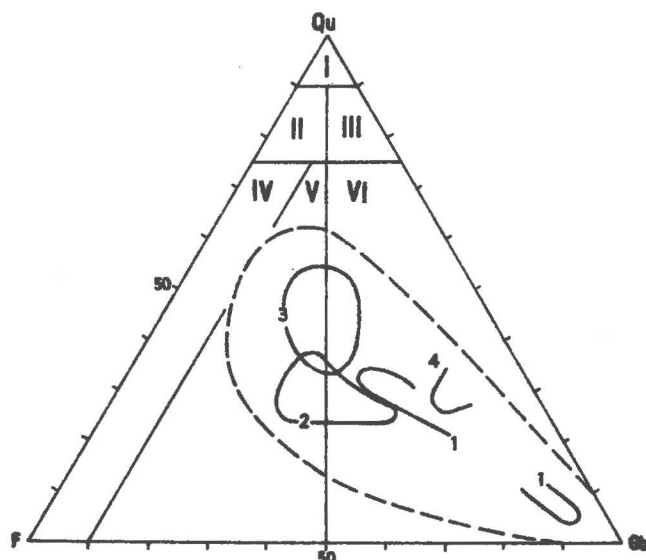


Abb. 20. Klastischer Mineralbestand permosilesischer Sandsteine des Thüringer Waldes im Stoffdreieck Quarz - Feldspat - Gesteinsbruchstücke. Gebrochene Linie: gesamtes Belegfeld, ausgezogene Linien: ausgewählte Probenkollektive

1 - Basissedimente, Bhg. Wipfra; 2 - Manebacher Schichten bei Benshausen; 3 - Rotteröder Schichten, Bhg. Helmershof 1; 4 - Elgersburger Sandstein (1, 3, z.T. 4 nach JUDERSLEBEN 1968)

Sandsteinklassifikation nach FÜCHTBAUER (1959):
I - Quarzsandstein; II - feldspathaltiger Sandstein; III - Sandstein mit Gesteinsbruchstücken; IV - Arkose; V - Feldspatgrauwacke; VI - Grau-
wacke

ten im Gebiet von Benshausen. In einen anderen Teil des Stoffdreiecks fallen dagegen Proben aus dem Elgersburger Sandstein oder der Bohrung Wipfra (JUDERSLEBEN 1972).

Neben der Darstellung im Stoffdreieck Quarz - Feldspat - Gesteinsbruchstücke kann die prozentuale Verteilung der Gesteinsreste zur Kennzeichnung der klastischen Provinzen herangezogen werden. JUDERSLEBEN (1972) hat für einige Bohrungen die Ergebnisse von Integrationsanalysen des Anteils an Gesteinsbruchstücken profilmäßig dargestellt. Die Ergebnisse lassen sich qualitativ in die hier ausgeschiedenen Geröllprovinzen einordnen (Einzelheiten vgl. regionale Abschnitte). Quantitativ bestehen zwischen der Zusammensetzung von Sand- und Kiesfraktion gewisse Unterschiede, die auf dem unterschiedlichen Verhalten der Gesteine gegenüber der mechanischen Zerkleinerung beruhen. Besonders Granitmaterial reichert sich schneller in der Sandfraktion an als beispielsweise Vulkanitbruchstücke. Geröllspektren sind daher generell granitärmer als die Sandspektren der gleichen Provinz.

Es kommt auch vor, daß lithostratigraphisch eigenständige Sandsteinhorizonte in der Zusammensetzung von den angrenzenden Konglomeraten stark abweichen. So zeichnet sich nach JUDERSLEBEN (1972) der Elgersburger Sandstein durch hohen Granitanteil aus, der

im darunterliegenden Schwalbenstein-Konglomerat vollständig fehlt und im darüberfolgenden Totenstein-Konglomerat nur ganz selten auftritt.

Die stoffliche Maturität der sandigen Sedimente ist durchweg sehr gering, so daß die Zusammensetzung den geologischen Aufbau des Liefergebietes deutlich widerspiegelt. Ein gewisser Reifeprozeß scheint in einem schwachen Anstieg des Quarzgehaltes von Gehrener zu Manebacher Sandsteinen zum Ausdruck zu kommen. Ob sich diese Entwicklung in den Goldlauterer Sedimenten stellenweise fortsetzt, ist noch nicht geklärt. Spätestens in den Oberhöfer Schichten kam es durch Schüttung von frischem Vulkanitmaterial zu einer Unterbrechung des Reifeprozesses, der wahrscheinlich in den Tambacher Schichten neu beginnt.

3. Geologische Übersicht

Die geologische Situation im Untersuchungsgebiet zeigt Abb. 21. Der Thüringer Wald ist in seinen heutigen morphologischen Umrissen annähernd identisch mit einer im Jungmesozoikum und Tertiär herausgehobenen Horststruktur. Auf drei Seiten von mesozoischen Schichtenfolgen umgeben, treten im Thüringer Wald paläozoische und vorpaläozoische Gesteinsfolgen zutage. Die ältesten Gesteine sind in der vermutlich altproterozoischen Unteren Baustufe des Ruhlaer Kristallins angeschnitten (NEUMANN 1974). Die in diesem Gebiet stark metamorphen Folgen setzen sich über das Jungproterozoikum bis zum Ordovizium und ?Devon fort. Eine jungproterozoische bis altpaläozoische Schichtenfolge mit geringer oder fehlender metamorpher Beanspruchung tritt im südöstlichen Teil des Thüringer Waldes zutage und leitet zu dem nach SE anschließenden Thüringischen Schiefergebirge über. Im mittleren Thüringer Wald erstreckt sich unter der stefanisch-rotliegenden Bedeckung auf großer Fläche der "Thüringer Hauptgranit". Unter dieser Bezeichnung wird eine Gruppe von syn- bis postkinematischen Magmatiten zusammengefaßt, die im Stefan bereits vom Erosionsschnitt erreicht wurden.

Die genannten Gesteinskomplexe, die dem variszisch geprägten Grundgebirge an der SE-Flanke der mitteldeutschen Kristallinzone angehören, werden diskordant von der Molasse des höchsten Siles und des Rotliegenden (Unterperm) überlagert. Die durchweg kontinentale Schichtenfolge lagert sich in einer bzw. zwei Innensenken des variszischen Orogens ab. Der mittlere Thüringer Wald stellt ein Teilstück der Saale-Senke dar, aus der im Horst des Thüringer Waldes ein Querprofil in das Niveau des heutigen Erosionsschnittes gehoben wird. Der nordwestliche Thüringer Wald war im Stefan ebenfalls noch Bestandteil der Saale-Senke, entwickelte sich jedoch mit dem allmählichen Aufstieg des Ruhlaer Kristallins während des Autuns zu einem Teil der Saar-Werra-Senke.

Die lithostratigraphische Gliederung des stefanisch-rotliegenden Profils in Gehrener, Manebacher, Goldlauterer, Oberhöfer, Rotteröder und Tambacher Schichten beruht auf der Einschaltung mächtiger Serien von Eruptivgesteinen und Tuffen sowie auf typischen Gesteinsassoziationen der Sedimentfolgen (Abb. 21). Zusammenfassende Darstellungen der lithologischen Ausbildung und Gliederung lieferten ANDREAS u.a. (1974) und LÜTZNER (1979). Eine kurze Charakteristik des sedimentären Anteils der Folgen ist den Abschnitten 4.1 bis 4.7 jeweils vorangestellt.

Die Alterseinstufung geschieht vorrangig nach Florengemeinschaften und Spurenfossilien. Die in den Basissedimenten gefundenen Makroflora gehören dem höheren Stefan an (REMY u.a. 1963), jedoch gibt es mikrofloristische Hinweise, daß der obere Teil der 100 m mächtigen Basissedimente bereits zum Autun (Unterrotliegenden) zu stellen ist (KATZUNG & DÖRING 1973). Kriterien für eine biostratigraphische Gliederung des Autuns haben ANDREAS & HAUBOLD (1975) zusammengestellt. Danach liegt die Grenze zwischen Unterem und Oberem Autun etwa in der Mitte der Goldlauterer Schichten. Das Saxon (Oberrotliegendes) grenzen HAUBOLD & KATZUNG (1972) nach Tetrapodenfährten biostratigraphisch gegen das Autun. Im Thüringer Wald liegt die Autun-Saxon-Grenze zwischen den Fossilfundpunkten in den Rotteröder und Tambacher Schichten.

Hinsichtlich der paläotektonischen Position während des Molassestadiums zeichnet sich der Thüringer Wald dadurch aus, daß er im Kreuzungsbereich der Saale-Senke mit einer langfristig aktiven lineamentären Zone liegt. Daraus erklärt sich die hohe Aktivität des subsequenten Vulkanismus sowie synsedimentärer Bruchstörungen, die die Beckenentwicklung im Raum des Thüringer Waldes und seiner näheren Umgebung maßgeblich beeinflussen.

Das Rotliegende wird transgressiv von marinen Ablagerungen des Zechsteins (Oberperm) überdeckt, der in den Randbereichen des Thüringer Waldes mit einem schmalen, durch Auslaugungsprozesse reduzierten Ausbiß zutage tritt.

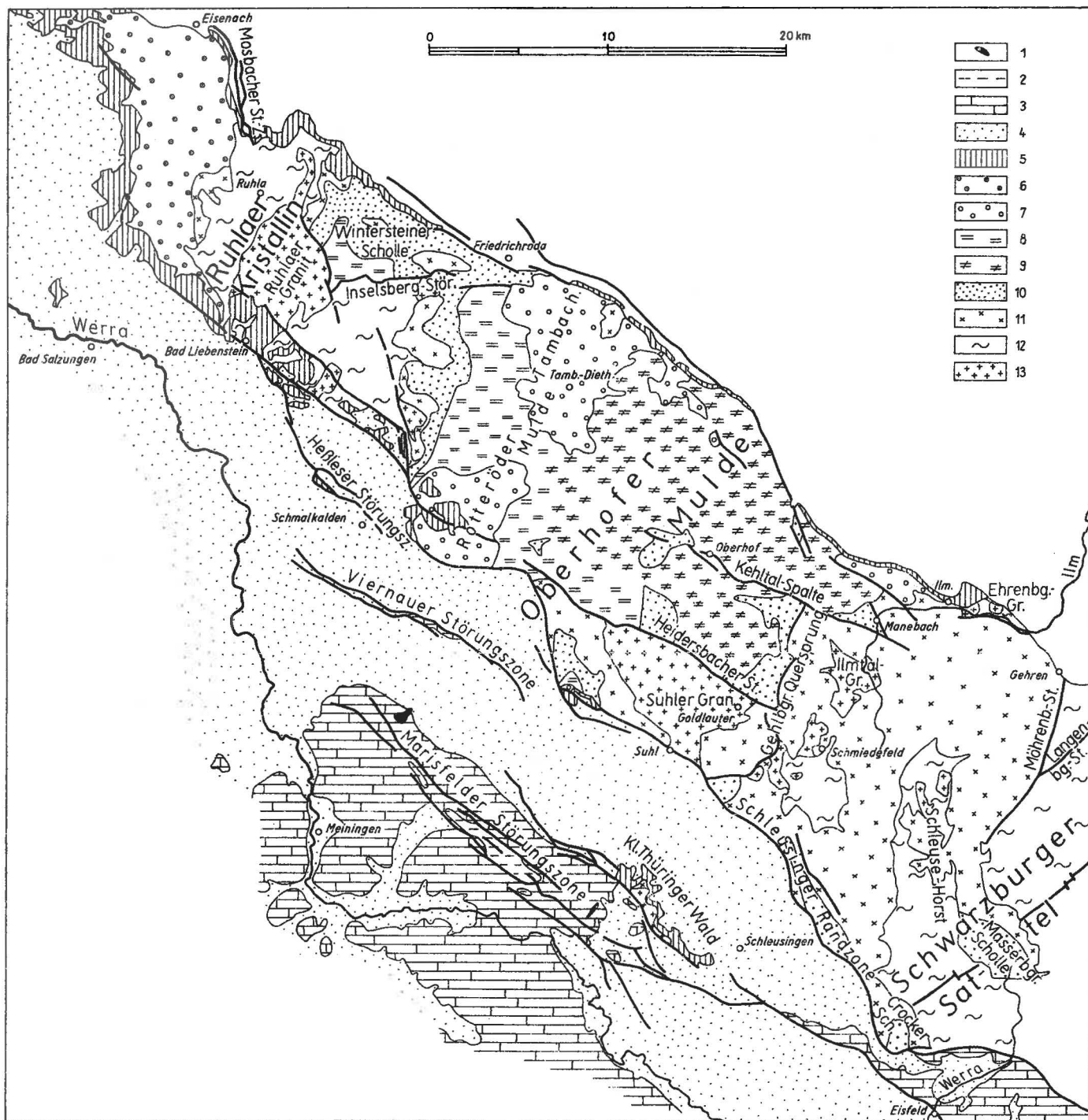


Abb. 21. Geologische Übersichtskarte des Thüringer Waldes
 1 - Basalt; 2 - Keuper; 3 - Muschelkalk; 4 - Buntsandstein; 5 - Zechstein; 6 - Eisenacher Schichten; 7 - Tambacher und Rotteröder Schichten; 8 - Oberhöfer Schichten in vulkanitisch-sedimentärer Ausbildung; 9 - Oberhöfer Schichten in überwiegend vulkanitischer Ausbildung; 10 - Goldlauterer und Manebacher Schichten; 11 - Gekreiner Schichten; 12 - Präsillesische gefaltete Sedimente und Metamorphite; 13 - Granite

4. Regionale Ergebnisse

4.1. Gehrener Schichten

Die Gehrener Schichten bestehen zum überwiegenden Teil aus vulkanischen Förderprodukten, unter denen intermediäre Vulkanite und zugehörige Tuffe vorherrschen. Daneben kommen Porphyre und untergeordnet auch basische Vulkanite vor. Sedimente haben insgesamt nur geringen Anteil.

Für eine transportanalytische Untersuchung kommen im wesentlichen die Basissedimente sowie die Oberen Gehrener Schichten im südöstlichen Thüringer Wald in Betracht, in denen sich sedimentäre Abfolgen auf mehrere stratigraphische Horizonte verteilen (Abb. 22).

4.1.1. Basissedimente

Die Basissedimente sind allgemein nur schlecht aufgeschlossen. An vielen Stellen wurden die oft tonreichen Ablagerungen auch als Bewegungsbahn für tektonische Verschiebungen zwischen den angrenzenden starren Eruptivgesteinakörpern benutzt und stark überprägt. Aus diesem Grunde wurde eine Kartierung der Transportrichtungen anhand der Sedimentgefüge nicht versucht.

Psephitische Sedimente, die Aussagen über den Geröllbestand zulassen, zeigen nur begrenzte Verbreitung. Abgesehen von feinkonglomeratischen Ablagerungen der Basis, beschränkt sich das Vorkommen von Konglomeraten auf den südöstlichen Randbereich des Bekens. Nach KATZUNG (1964) bestehen die untersten Konglomeratlagen bei Masserberg aus ortsständigem Material der Katzhütter Schichten. Im mittleren und oberen Teil der Basissedimente kommen 25 - 50 % Quarzite, Grauwacken und Arkosen hinzu. Bemerkenswert ist das Auftreten von Kalksteindetritus mit einem Fund von *Palmatolepis* sp. Das spricht dafür, daß im Liefergebiet oberdevonische Kalksteine auftraten und daß demzufolge noch der SE-Flügel des Schwarzburger Antiklinoriums im Einzugsbereich lag.

Wo die Basissedimente auf Granit liegen, beginnen sie meist mit einer groben Arkose bzw. einem feinkiesigen Konglomerat. Diese Sedimente stellen im wesentlichen einen umgelagerten Granitgrus mit untergeordnet beigemengten Schiefer- und Quarzitgeröllen dar. Auch in den Sandsteinen, die JUDERSLEBEN (1972) in den Bohrungen Wipfra 1, Themar 1, Tabarz 1 und Ohrdruf 1 untersuchte, bestehen die Gesteinsrelikte zu 80 - 100 % aus Granit (incl. "Quarzit", dessen sedimentärer Anteil nicht bestimmt werden kann). In der Bohrung Themar 1 enthalten die tiefsten Sedimente vorwiegend Detritus von Hornfelsen. Vereinzelt Proben sind reich an Glimmer (Wipfra 1). Der hohe Granitanteil bleibt über das gesamte Profil der Basissedimente erhalten.

Insgesamt kann man auf Grund des Geröllmaterials, der Korngrößenabnahme und der von ANDREAS u.a. (1974, Abb. 53) dargestellten Faziesverteilung mit einer Einschüttung aus SE und NW rechnen. Der gleichbleibend hohe Gehalt an Granit in der Sandfraktion läßt jedoch vermuten, daß auch ein Transport parallel zur Achse der Saale-Senke bestand, da

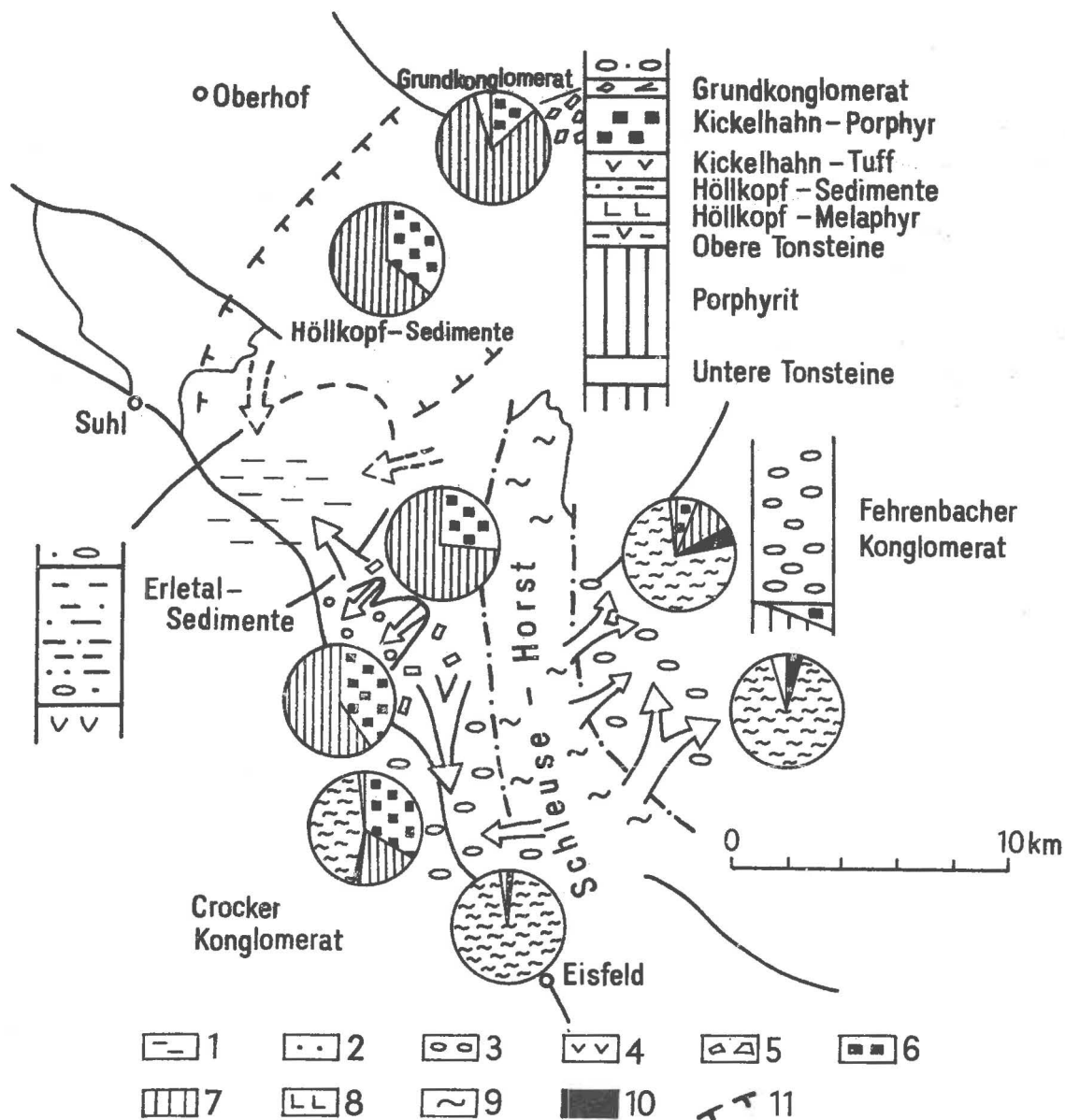


Abb. 22. Transportrichtungen und Geröllprovinzen der Oberen Gohrener Schichten im südöstlichen Thüringer Wald

1 - Silt- und Tonstein, 2 - Sandstein, 3 - Konglomerat, 4 - Tuff, 5 - sedimentäre und vulkanogene Brekzien, 6 - Porphyr, 7 - Porphyrit, 8 - Melaphyr, 9 - prästefanisches Grundgebirge, 10 - Quarz, 11 - Verbreitungsgrenze der Tonstein-Horizonte und Höllkopf-Sedimente

Kreisdiagramme nach Geröllanalysen von KATZUNG (1964), LÜTZNER (1964) und neuen Ergebnissen (Tab. C)

der Granitdetritus nicht allein aus den Schwellen erklärt werden kann.

4.1.2. Sedimente der Oberen Gekrener Schichten

Die Verbreitung der Oberen Gekrener Schichten war schon primär auf zwei Teilgebiete im NW und SE beschränkt. ANDREAS u.a. (1974) bezeichnen sie als Teilbecken von Friedrichroda-Schmalkalden und Elgersburg-Hirschbach. Im nordwestlichen Verbreitungsgebiet treten Sedimente nur als lokale Einschaltungen in Vulkanoklastiten und zwischen Vulkanitdecken auf.

Im südöstlichen Thüringer Wald sind die Oberen Gekrener Schichten in ihrer Gesamtheit mächtiger entwickelt und reicher gegliedert, wobei zwischen den vorherrschenden Vulkaniten auch die sedimentären Glieder einen höheren Anteil besitzen. Sie verteilen sich auf mehrere kleine Lokalbecken, die einerseits in der Zone Elgersburg-Hirschbach liegen, andererseits in der Schleusinger Randzone aufgereiht sind.

Zwischen Ilmenau und Rennsteig sind die Oberen Gekrener Schichten einheitlich in Untere Tonsteine, Oberen Porphyrit, Obere Tonsteine, Höllkopf-Melaphyr, Höllkopf-Sedimente, Kickelhahn-Tuff und Kickelhahn-/Sturmheide-Porphyr gegliedert (Abb. 22). Bei Manebach schließen die Oberen Gekrener Schichten mit dem sogenannten Grundkonglomerat ab. Dieses Schichtglied tritt südlich von Manebach in einem Aufschluß an der Straße nach Stützerbach unter den tiefsten grauen Sandsteinen der Manebacher Schichten zutage, bevor es von der Kehltal-Spalte abgeschnitten wird (vgl. LÜTZNER 1964a). Es wurde deshalb von früheren Autoren (LORETZ u.a. 1908; KATZUNG 1964; LÜTZNER 1964a) als tiefster Horizont der Manebacher Schichten aufgefaßt. Der rein vulkanitische Geröllbestand und die brekziöse, tuffige Matrix, die das Gestein stark verfestigt, sprechen jedoch für eine Zuordnung des Grundkonglomerats zu den Oberen Gekrener Schichten (LÜTZNER 1972, S. 816).

Am südwestlichen Gebirgsrand ändert sich die Ausbildung der Oberen Gekrener Schichten. Im Erletal bei Hirschbach treten im höchsten Teil nochmals Grausedimente auf (Erletal-Sedimente, LÜTZNER 1972). In diesem Gebiet scheint auch der Kickelhahn-Porphyr auszukeilen, so daß Höllkopf-Sedimente und sedimentäre Überdeckung des Kickelhahn-Porphyr nicht mehr klar zu trennen sind. Die Erletal-Sedimente gehören einem kleinen Sedimentationsbecken an, dessen südöstliche Randfazies im Vessertal bei Breitenbach abgeschlossen ist. Etwas weiter südöstlich verzahnen sich die Ausläufer der lakustrischen Beckensedimente mit teils sedimentären, teils vulkanoklastischen Brekzien. In diesen sedimentologisch noch wenig untersuchten Bildungen tritt erst im Nahetal bei Schleusingerneundorf wieder ein eindeutig sedimentärer Schüttungskörper auf, der von SCHREIBER (1955) als Salzleckenkopf-Fanglomerat beschrieben wurde. Weiter nach SE dominieren bis Lichtenau zunächst wiederum vulkanoklastisch beeinflusste Brekzien. Bei Engenau vollzieht sich der fazielle Übergang zum Crocker Konglomerat bzw. zu dessen höchsten sandig-konglomeratischem Abschnitt, der als Crocker Wechsellagerung bezeichnet wird. Das Crocker Konglomerat wird durch den Schleuse-Horst vom Fehrenbacher Konglomerat getrennt, dessen stratigraphische Einstufung wegen seiner isolierten Stellung schwierig ist. Die lithologische Ähnlichkeit beider Konglomerate spricht dafür, daß beide Schüttungskörper

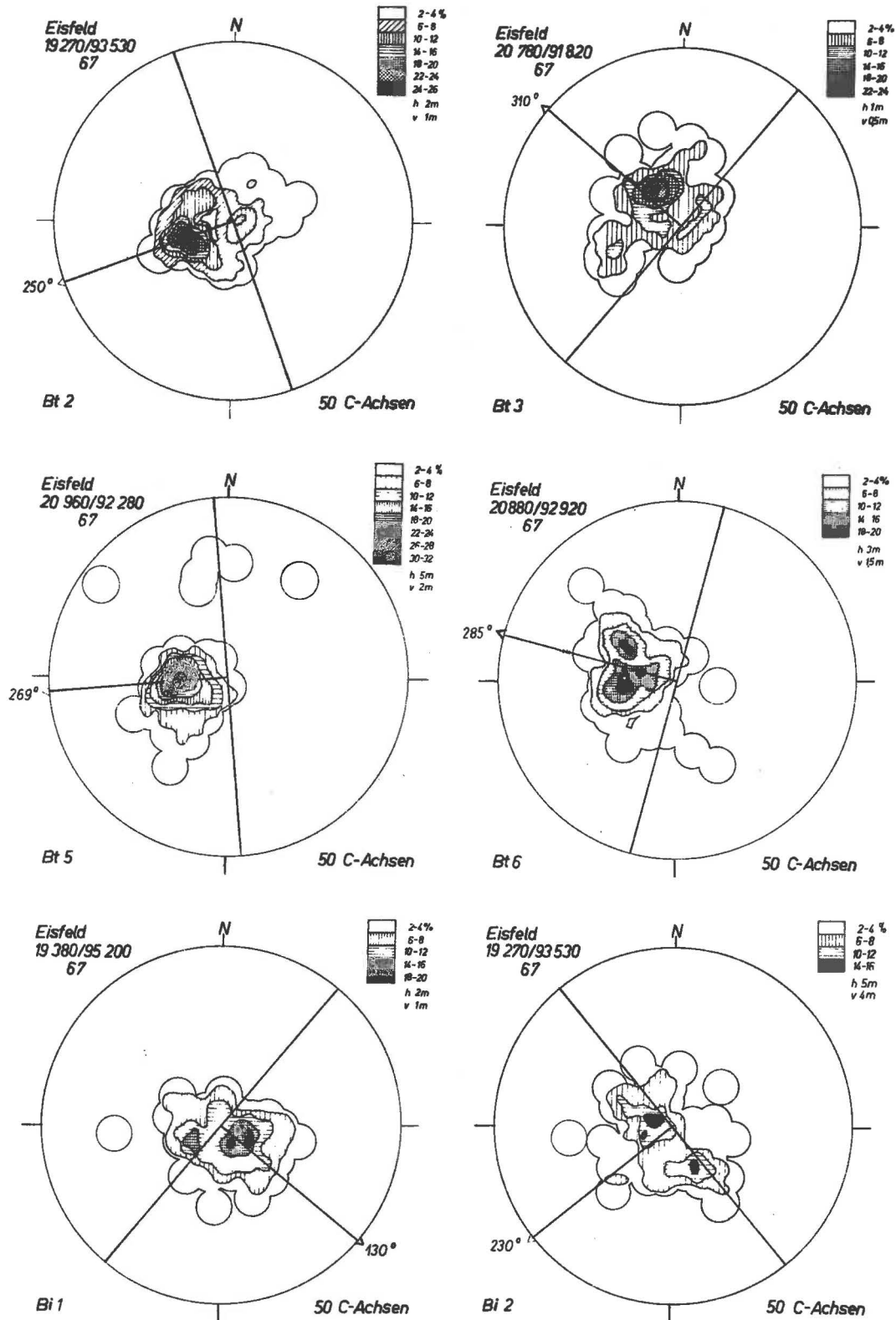


Abb. 23. Anlagerungsgefüge plattiger Gerölle, Obere Gehröner Schichten der Schleusinger Randzone

zur gleichen Zeit gebildet wurden (LORETZ 1906; REICHARDT 1932; KATZUNG 1964). Daraus ergibt sich die Einordnung des Fehrenbacher Konglomerats in die Oberen Gehrner Schichten (LÜTZNER 1979).

4.1.2.1. Transportrichtungen

Das Anlagerungsgefüge des Fehrenbacher Konglomerats hat KATZUNG (1964, 1968) eingehend untersucht und beschrieben. Die Schüttung des Konglomerats erfolgte danach eindeutig von SW nach SE. Lediglich in der basalen Partie wurden am Langertfelsen nach NW gerichtete Vektoren ermittelt. Eine Auswahl der festgestellten lokalen Transportvektoren ist in Abb. 22 mit eingezeichnet. Sie wird durch zahlreiche weitere Beobachtungen von Dachziegellagerung ergänzt (KATZUNG 1968, Abb. 19).

Im Crocker Konglomerat, das wesentlich schlechter aufgeschlossen ist als das Fehrenbacher Konglomerat, konnten zwischen Engenau und Crock einige Orientierungsmessungen an Geröllen durchgeführt werden. Am östlichen Flügel der Oberwinder Senke (Diagramme Bt 3, 4, 5, 6) weisen die Vektoren einheitlich nach W bis WNW. Weiter nordwestlich sind die ermittelten Schüttungspfeile nach WSW (Bt 2) bis SW (Bi 2) gerichtet. Mit einer Streuung bis nach SSE (Bi 1) ist zu rechnen.

Die Gefügediagramme (Abb. 23) zeigen, daß das Schieferkonglomerat von Crock eine deutliche Geröllregelung aufweist. Klare Symmetrie zeichnet vor allem die Diagramme von Meßpunkten aus, an denen nur innerhalb einer Konglomeratschicht gemessen wurde (Bt 2, Bt 3). Die Mehrschichtdiagramme Bt 5 und Bt 6 enthalten bei leichter Asymmetrie stärker streuende Einzelgerölle, die jedoch keine größere Abweichung zwischen Summenvektor und visueller Richtungsbestimmung hervorrufen. Stärkere Streuung tritt im Übergangsbereich zur vulkanitischen Geröllfazies auf. Der triklinale Einschlag von Diagramm Bi 1 läßt eine visuelle Richtungsbestimmung zwischen 130° und 190° zu; dazwischen liegt der berechnete Summenvektor von 160° .

Die Richtungsbestimmungen führen zu dem Ergebnis, daß das Crocker Konglomerat aus östlicher Richtung geschüttet wurde. Nach NW tritt bei gleichzeitig zunehmendem Anteil von Vulkanitdetritus eine mehr südwestliche Transportrichtung hervor. Die Schüttungen laufen auf das östliche Senkungszentrum zu, das sich mit den sandigen Ablagerungen im Niveau des Brattendorfer Erzhorizontes abzeichnet (vgl. LÜTZNER 1979, Abb. 17).

Aus den übrigen Verbreitungsgebieten der Oberen Gehrner Schichten liegen nur wenige Richtungsbestimmungen vor. Ein Meßpunkt im Salzleckenkopf-Fanglomerat ergab eine Schüttung von NE nach SW. Im Vessertal, wo die konglomeratische Randfazies der Erletal-Sedimente aufgeschlossen ist, zeigt das Anlagerungsgefüge der Gerölle eine nordwestliche Transportrichtung an (Abb. 8, Diagramme Br 15, Br 27). In der Verlängerung dieser Einschüttung treten im Erletal nur noch feinkiesige Einschaltungen in grauen Sand- und Siltsteinen auf.

4.1.2.2. Geröllprovinzen

Im Fehrenbacher und Crocker Konglomerat hat KATZUNG (1964) Geröllanalysen durchgeführt und beschrieben. Diese Untersuchungen wurden in den nordwestlichen Teilgebieten durch weitere Geröllzählungen ergänzt.

Die gesamte Schleusinger Randzone weist in den Oberen Gehrener Schichten eine einfache, schon qualitativ leicht erkennbare Gliederung in zwei Geröllprovinzen auf, eine rein vulkanitische im NW und eine reine Schiefergebirgsprovinz im SE. Zwischen Engenstein und Primäusel erstreckt sich eine ziemlich breite Übergangszone, in der sich beide Komponenten vermischen (Abb. 24). Bei geologischen Kartierungen wurde dieser Übergang zum Schieferkonglomerat gestellt.

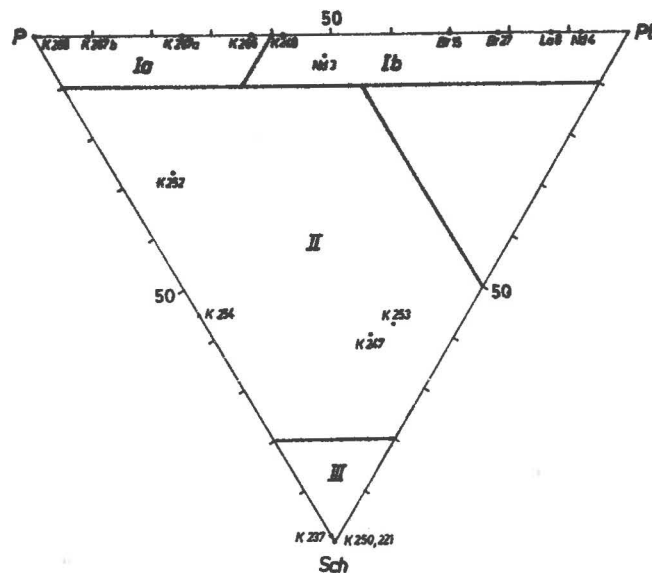


Abb. 24. Geröllanalysen von Konglomeraten der Oberen Gehrener Schichten im Stoffdreieck Porphyr (P) - Porphyrit (Pt) - präsilesisches Grundgebirge (Sch)
Geröllprovinzen: I - Vulkanitprovinz (a - Manebach, b - Schleusinger Randzone); II - Mischprovinz; III - Schieferprovinz
(Analysen K 221 bis K 268 aus KATZUNG 1964)

Innerhalb der Vulkanitprovinz, zu der auch das Manebacher Grundkonglomerat gehört, bestehen nach den vorliegenden Analysen zwischen den einzelnen Schüttungskörpern noch gewisse Unterschiede, deren Signifikanz allerdings wegen zu geringer Probenanzahl nicht in allen Fällen gesichert ist.

Das Manebacher Grundkonglomerat zeichnet sich durch hohen Porphyrannteil aus, der den Porphyritgehalt stets übertrifft und der bis zu monomikt porphyrischer Zusammensetzung ansteigen kann (Abb. 24). Die Liefergesteine lagen in der näheren Umgebung, so daß der hohe Anteil von (Kickelhahn-)Porphyrit nicht überrascht. Zum Teil wird es sich um kurz transportierte pyroklastische Brekzien handeln, teilweise sind wahrscheinlich auch nicht umgelagerte Tuffe vorhanden (Bohrung Manebach 4; DEUBEL 1960, S. 419). Ein Vergleich mit

der Geröllzusammensetzung der Höllkopf-Sedimente (Abb. 24) zeigt deutlich, daß in der Zwischenzeit durch die Platznahme des Kickelhahn-Porphyr die Menge des Porphyrdetritus sehr stark zugenommen hat.

In der Schleusinger Randzone besitzen die grobklastischen Einschüttungen in das Becken der Erletal-Sedimente (Br 15, 27) ein entgegengesetztes Mengenverhältnis von sauren zu intermediären Vulkaniten. Porphyrit herrscht vor, steigt jedoch nicht bis auf 100 % an. Das porphyrische Liefergestein hat kleine Quarzeinsprenglinge, wenig Feldspat, kaum Orthoklas und nur vereinzelt Sphärolith- und Fluidaltextur. Nach diesen Merkmalen handelt es sich wahrscheinlich weniger um Kickelhahn-Porphyr, sondern um tiefere Porphyre der Unteren Gehrener Schichten, die zwischen Porphyriten liegen und bereits der Abtragung zugänglich waren. Die Porphyritgerölle entstammen vorwiegend orthoklasführenden Porphyriten mit reichlich Fremdmaterial. - In den pyroklastischen Horizonten innerhalb der Erletal-Sedimente herrschen teils Porphyre, teils Porphyrite vor.

Das Salzleckenkopf-Fanglomerat unterscheidet sich von den porphyritreichen Schüttungen in das Erletal-Becken nicht wesentlich (Abb. 24). Unter den Porphyritgeröllen kann man neben der in Br 15 und 27 vertretenen Varietät eine weitere unterscheiden, die etwas reicher an Feldspat ist und gewöhnlich eine mikrokristalline Grundmasse besitzt. Alle Geröllkomponenten sind frisch; der etwas hellere Farbton, den ein Teil der Porphyritgerölle aufweist, ist wahrscheinlich primärer Natur. Das Liefergebiet des Salzleckenkopf-Fanglomerates liegt nach Anlagerungsgefüge und Geröllbestand im nordöstlichen, aus Gehrener Vulkaniten bestehenden Hinterland zwischen Nahe- und Schleusetal. Es handelt sich um Ablagerungen eines aus nordöstlicher Richtung herabkommenden Schwemmfächers, dessen Mächtigkeit nach SE rasch abnimmt und der im NW an weitere Fächersedimente angrenzt. Das Einzugsgebiet unterscheidet sich etwas, aber nicht wesentlich von denen der weiter nordwestlich ausgebildeten Schüttungskörper.

Im Crocker Konglomerat tritt nur noch im Übergangsbereich (Mischprovinz) ein nach S abnehmender Vulkanitanteil auf (Abb. 24). Das Verhältnis Porphyrit zu Porphyrit wechselt.

Der Geröllanteil des prästefanischen Grundgebirges wird von Gesteinen der Katzhütter Schichten beherrscht (KATZUNG 1964, Tab. 14). Daneben sind Quarz und Porphyroid in unbedeutenden Mengen vertreten. Nur eine Probe, die bezeichnenderweise am weitesten im SE liegt (Trettersberg bei Crock), enthält 5 % altpaläozoische Quarzite. Das Liefergebiet, das nach Richtungsbestimmungen im E bis NE zu suchen ist, bestand also nahezu ausschließlich aus Gesteinen der Katzhütter Schichten.

Im Fehrenbacher Konglomerat zeichnet sich im nordwestlichen Teilbereich der basischen Zone eine Mischprovinz mit maximal 50 % Vulkanitgeröllen ab. Porphyrit und Porphyrit sind dabei gleich stark vertreten. Im übrigen gleicht das Fehrenbacher Konglomerat in seiner Geröllzusammensetzung weitgehend dem Crocker Konglomerat.

Anlagerungsgefüge und Geröllzusammensetzung zeigen an, daß Crocker und Fehrenbacher Konglomerat aus dem Schleuse-Horst angeliefert wurden. Unter Berücksichtigung weiterer sedimentologischer Merkmale lassen sich beide Konglomerate zwanglos als Schwemmfächerkörper interpretieren, die durch die Heraushebung und Abtragung der Bruchscholle des

Schleuse-Horstes entstanden (LÜTZNER 1979).

4.1.3. Gesamtbild der Oberen Gekreiner Schichten

Die Eigenschaften der klastischen Ablagerungen in den Oberen Gekreiner Schichten werden von der geringen Größe der Sedimentationsbecken bestimmt. Teilweise ist die Konfiguration der Becken nur unvollständig bekannt, oder es sind lediglich randnahe Schwemmfächersedimente angeschnitten. Die Rekonstruktion der Paläoströmungen ergibt Hinweise auf eine bruchtektonische Heraushebung des Schleuse-Horstes zu Beginn oder während der Oberen Gekreiner Schichten. Die distalen Teile der Schwemmfächer weisen auf vorgelagerte Ablagerungsräume begrenzter Ausdehnung hin. Am Beispiel des Erletal-Beckens zeigt sich, daß psephitische Schwemmfächer in kleine lakustrische Becken münden können, wobei die Konglomerate über kurze Entfernung auskeilen oder auffingern.

Die Geröllfazies wird von Gesteinen bestimmt, die in der näheren Umgebung der Lokalbecken anstehen. Infolge der kurzen Transportwege ist die Reife der Sedimente außerordentlich gering. Die Gefüge (Korngröße, Schichtung) werden durch sehr schwache Materialsortierung charakterisiert, die klastischen Komponenten haben noch keine Härteauslese erfahren.

Die Position der Lokalbecken hängt offenbar von der räumlichen und zeitlichen Entwicklung des Gekreiner Vulkanismus ab, an dessen Spätphase die Beckenbildung gebunden ist. Die Sedimentationsprozesse haben die Funktion eines raschen Reliefausgleichs von vulkanotektonisch bedingten Senkungen und bruchtektonisch herausgehobenen Teilschollen.

4.2. Manebacher Schichten

Die Manebacher Schichten bestehen aus einer 20 - 170 m mächtigen Abfolge von durchweg grauen bis grau-grünen Siltsteinen, Sandsteinen und Konglomeraten. In Gebieten höherer Mächtigkeit, so besonders bei Manebach und Crock, treten geringmächtige Steinkohlenflöze auf.

Die Verbreitung der Konglomerate beschränkt sich auf die randnahen Beckenteile. Im mittleren Thüringer Wald, d.h. im Inneren der Saale-Senke, sind die Manebacher Schichten bei insgesamt feinkörniger Ausbildung nur lückenhaft verbreitet und generell schlecht aufgeschlossen. Aussagen zur Transportanalyse sind deshalb in erster Linie aus den Randgebieten zu gewinnen.

Charakteristisch sind ferner schwarze Kieselgesteine und Kalksteinlagen, die jedoch nur selten vorkommen. Vulkanitische und vulkanoklastische Einschaltungen sind bisher nicht mit Sicherheit bekannt geworden. Manebacher Schichten wurden in der ersten Auflage der Geologischen Karte 1 : 25 000 lediglich auf den Blättern Ilmenau und Suhl ausgedehnt. In die vorliegenden Untersuchungen sind zahlreiche weitere Vorkommen einbezogen, die den Arbeiten von ANDREAS u.a. (1966, 1974) und LÜTZNER (1969, 1972) zufolge ebenfalls zu den Manebacher Schichten zu stellen sind.

4.2.1. Transportrichtungen

Eine direkte Bestimmung der Transportrichtung an Manebacher Schichten war nur vereinzelt möglich. Bei Manebach schwanken die Messungen an Schrägschichtung und eingeregelt Pflanzenresten zwischen Strömungen nach NW, N und NE. Bei Breitenbach ergab die Geröllorientierung im Aufschluß Br 3 einen nach NW (Summenvektor 285°) gerichteten Transport.

Die wenigen Einzelbeobachtungen stimmen mit der generellen Abnahme von Korngröße und Mächtigkeit in nordwestlicher Richtung überein, so daß eine Schüttung von SE nach NW angenommen werden kann. Dem entspricht auf der entgegengesetzten Seite eine Korngrößenabnahme von NW nach SE. Einzelbeobachtungen zur Transportrichtung bei Winterstein stehen damit in Einklang. Im Aufschluß Se 1 ergibt die Geröllorientierung eine Transportrichtung nach SE (Tab. A), Hufeisenmarken in Manebacher Sandsteinen weisen unter 135° ebenfalls nach SE.

Einzelheiten des Transportbildes vermißt man besonders im zentralen Teil der Oberhöfer Mulde. Es bleibt offen, ob die Schüttungen hier stagnierend ausliefern oder ob ein einheitlicher Abfluß bestand.

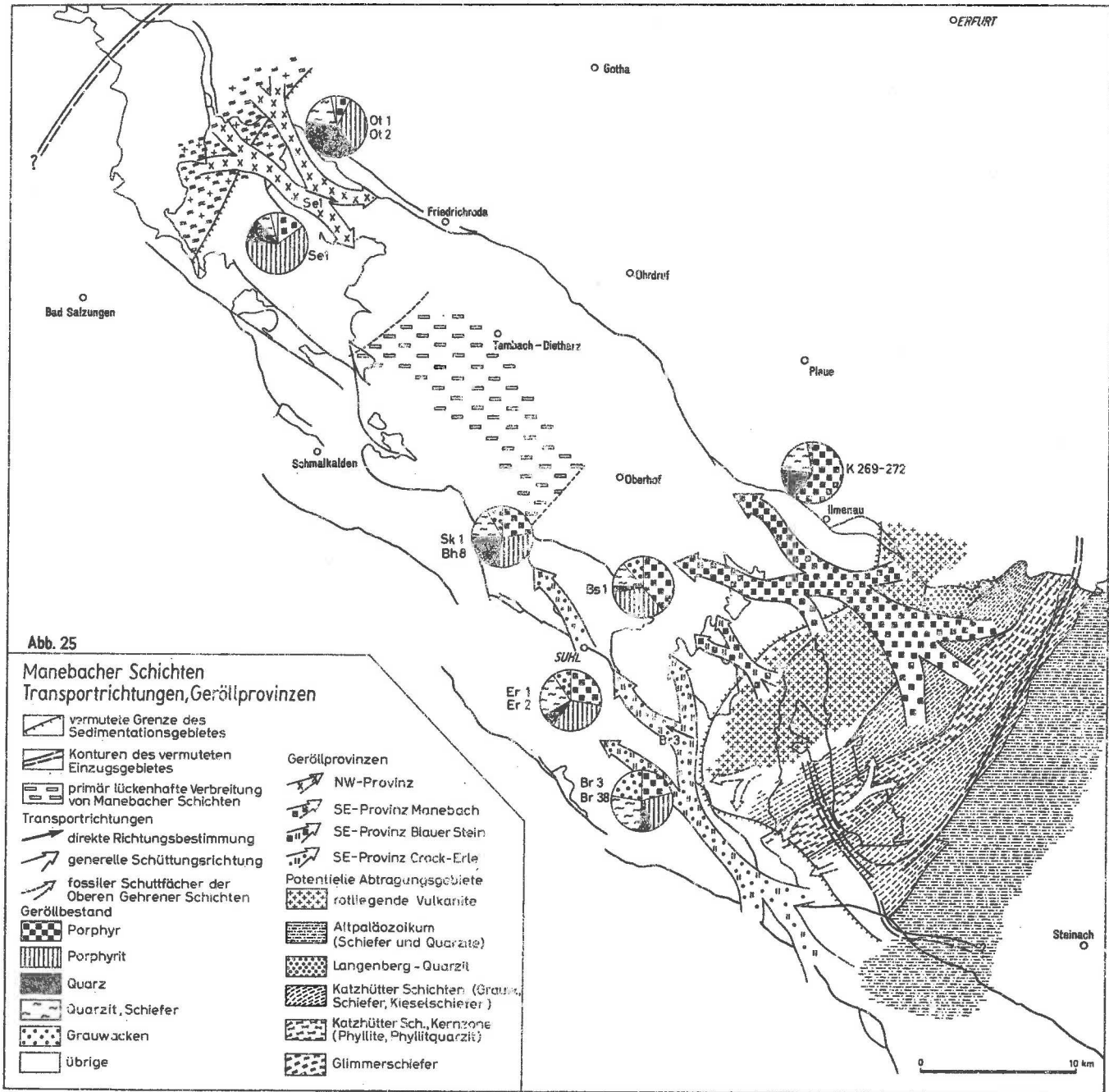
4.2.2. Geröllprovinzen

Ungeachtet des lückenhaften und methodisch ziemlich heterogenen Analysenmaterials läßt sich erkennen, daß die Manebacher Konglomerate gemeinsame Merkmale aufweisen, durch die sie sich von den älteren und jüngeren Schichtgliedern unterscheiden. Daneben sind provinzielle Unterschiede in der Geröllzusammensetzung nachzuweisen (Abb. 25).

Gemeinsame Merkmale der Manebacher Geröllspektren sind ein verhältnismäßig hoher Schiefergebirgsanteil zwischen 20 und 70 % sowie die vollständige Auflösung der Hämatitpigmentierung, die sich besonders an den Vulkanitgeröllen in einer gelblich- bis grünlich-grauen Färbung äußert. Diese Geröllbleichung gehört zu den wichtigsten Leitmerkmalen der Manebacher Schichten (LÜTZNER 1969). Anhand von Quarzeinsprenglingen kann man den porphyrischen Anteil auch hier von den quarzfreien Vulkaniten abtrennen. Die starke Zersetzung der intermediären Gesteine läßt jedoch keine weitere Differenzierung zu. In randnahen Gebieten, besonders in der Schleusinger Randzone, ist die Entfärbung der Vulkanitgerölle teilweise noch unvollständig.

Das reduzierende Milieu wirkte sich auch auf die Färbung der Quarzitgerölle aus, die in den Manebacher Schichten häufig gelblich bis bräunlich gefärbt sind, während dieser Farbton an Quarzitgeröllen anderer Horizonte fehlt oder nur lokal auftritt.

Im Stoffdreieck Porphyr - Porphyrit - prästefanische Gesteine zeichnen sich mehrere Geröllprovinzen ab (Abb. 26). Das Gebiet von Manebach, das KATZUNG (1964) geröllanalytisch bearbeitete, wird bei wechselndem Verhältnis von Porphyr zu Schiefergebirgsmaterial durch gleichbleibend niedrigen Porphyritanteil charakterisiert. Porphyrvormacht kennzeichnet bereits das noch rein vulkanitdetritische Grundkonglomerat im Liegenden



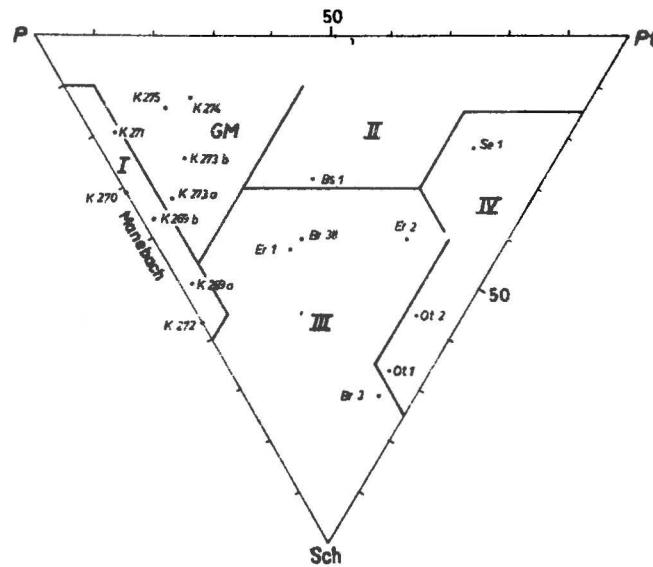


Abb. 26. Geröllanalysen von Konglomeraten der Manebacher Schichten im Stoffdreieck Porphyrit (P) - Porphyrit (Pt)-präsililesches Grundgebirge (Sch)

Geröllprovinzen: I - Manebach, II - Blauer Stein, III - Schleusinger Randzone, IV - Winterstein; GM - Mandelstein-Konglomerat (Goldlauterer Schichten) bei Manebach
(Analysen K 269 bis K 275 aus KATZUNG 1964)

der Manebacher Schichten. Der hohe Porphyritanteil beruht wohl auf der Schuttlieferung des Kichelhahn-Porphyr, der zwar bei Manebach selbst schon von Sedimenten bedeckt war, der aber nach SE noch weiter verbreitet gewesen sein muß und während der Manebacher Zeit abgetragen wurde. Teilweise stammen die Manebacher Porphyritgerölle sicherlich auch aus umgelagerten Schotterflecken, die sich als obere Sedimentzone über den jüngsten Gehrener Vulkanitdecken ausbreiteten (dazu Grundkonglomerat von Manebach).

Der Schiefergebirgsanteil in der Manebacher Provinz ist nach KATZUNG (1964) ganz überwiegend aus der Kernzone des Schwarzburger Antiklinoriums abzuleiten, die 75 - 100 % des prästefanischen Geröllmaterials (ohne Quarz) lieferte. Der geringe Anteil von Quarz, der im Transport neben dem Kernzonenmaterial stabil sein müßte, spricht dafür, daß das Einzugsgebiet dieser Provinz nach SE nicht wesentlich über die Kernzone hinausgegangen sein kann.

Die Schüttungsprovinz im Gebiet Crock - Erletal unterscheidet sich von Manebach durch höheren Porphyritgehalt. Das Verhältnis Pt : P beträgt 60 : 40 bis 70 : 30. Die Ursache liegt in einem veränderten Anteil von quarzführenden und quarzfreien Gesteinen in der zum Einzugsgebiet gehörigen Vulkanitlandschaft. Zusätzlich dürften auch hier die Manebacher Konglomerate umgelagerte Schotter der Oberen Gehrener Schichten enthalten, die ein ähnliches Verhältnis von Porphyrit zu Porphyrit aufweisen (Abb. 24).

Der Schiefergebirgsanteil ist in der Schleusinger Randzone generell höher als bei Manebach und zeigt eine etwas andere Zusammensetzung. Einem wesentlich größeren Anteil an Grauwacken und Quarziten steht ein geringerer Gehalt an Kernzonenmaterial gegenüber, mit dem offenbar auch ein Rückgang im Quarzgehalt gekoppelt ist. Die Grauwacken sind zumindest teilweise aus den Kulmgrauwacken des Teuschnitzer Synklinoriums abzuleiten. Zusammen mit den altpaläozoischen Quarziten belegen sie, daß das Einzugsgebiet über die Kernzone des Schwarzburger Antiklinoriums hinaus weit nach SE reichte. Die Kernzone selbst wird bei Crock noch von Manebacher Sedimenten überdeckt. Damit wird seit den Basissedimenten erstmalig wieder in den Manebacher Schichten Material abgelagert, das die Achse des Schwarzburger Antiklinoriums überquert hat.

Die Geröllzusammensetzung läßt vermuten, daß zwischen den Sedimentationsgebieten von Breitenbach und Crock über das südwestliche Vorland des Thüringer Waldes Verbindung bestand, über die Schotter antransportiert werden konnten.

Die Geröllzusammensetzung im Vessertal (Br 3, Br 38) setzt sich zunächst im Erletal (Er 1, Er 2) und in nordwestlicher Verlängerung auch bei Benshausen (Sk 1, Bh 8) weiter fort. Auf dieser Transportlinie findet ein gewisser Reifeprozess statt, der sich in der relativen Abnahme der wenig widerstandsfähigen Schiefer- und Grauwackengerölle gegenüber Quarz und Quarzit äußert (Abb. 27). Bei Benshausen ist der Schieferanteil fast vollständig ausgemerzt. Die Grauwacken waren in diesen Analysen nur unsicher zu identifizieren. Der hohe Quarzgehalt mag darauf beruhen, daß hier die Fraktion 2 - 6,3 mm untersucht wurde.

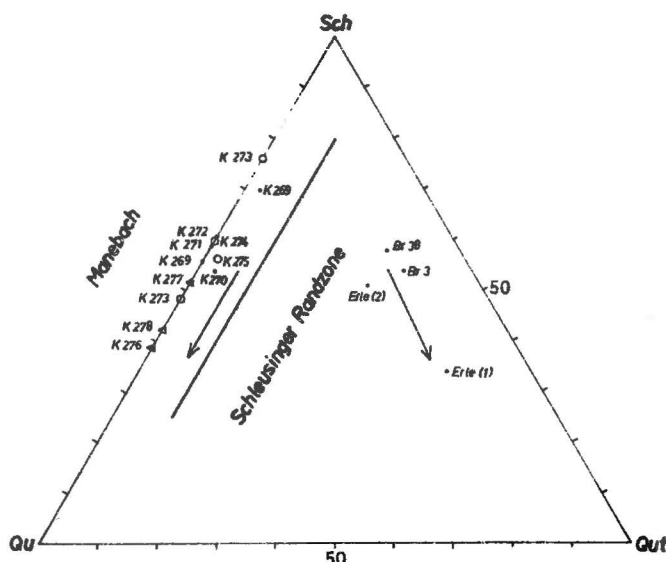


Abb. 27. Präilesischer Geröllanteil im Stoffdreieck Quarz (Qu) - Quarzit (Qut) - übrige Gesteine (Sch)
 Rechts: Manebacher Konglomerate der Schleusinger Randzone, Härteauslese in Transportrichtung (Pfeil); links: Manebacher und Goldlauterer Konglomerate bei Manebach, Härteauslese von älteren zu jüngeren Sedimenten; • Manebacher Schichten, o Mandelstein-Konglomerat, Δ höhere Goldlauterer Schichten

Erwähnt sei, daß auf den lokalen Schwemmfächern zwischen Crock/Oberwind und Breitenbach/Erletal, die größtenteils den Oberen Gehrener Schichten angehören, ein geringmächtiges Konglomerat vorkommt, das SCHREIBER (1955, S. 17) wegen der auffallenden Färbung als "Gelbes Konglomerat" auskartierte. Die ausgezeichnet gerundeten Gerölle erreichen 6 - 10 cm Durchmesser und bestehen zu 92 % aus gelblich zersetzten Porphyr, zu 8 % aus Porphyrit. Möglicherweise handelt es sich hier um ein Äquivalent von Manebacher Schichten im Bereich eines paläomorphologisch noch vorhandenen Schwemmfächers der Oberen Gehrener Schichten.

Das Geröllspektrum am Blauen Stein (Bs 1) bildet eine eigene Geröllprovinz, die sich durch hohen Vulkanitanteil (> 70 %) auszeichnet, an dem Porphyr und Porphyrit annähernd zur Hälfte beteiligt sind. Wahrscheinlich wurde dieser Teil des Sedimentationsraumes aus dem südöstlich benachbarten Vulkanitgebiet beliefert. Der Schiefergebirgsanteil entstammt entweder kleinen Erosionsfenstern im Bereich des Schleuse-Horstes oder wurde durch laterale Zuflüsse aus den angrenzenden Geröllprovinzen beigemischt.

Die nordwestliche Geröllprovinz zeichnet sich durch das Fehlen von Grauwacken und durch geringen Schieferanteil aus. Bezeichnend ist der hohe Quarzindex. Das Verhältnis von rotliegenden Vulkaniten zu Grundgebirge scheint stärkeren Schwankungen zu unterliegen, in denen sich der wechselnde geologische Aufbau des Einzugsgebietes abbildet. Die Probe aus dem Sembachtal enthält nahezu doppelt so viel rotliegende Eruptiva wie die Proben aus dem Otterbachtal (Abb. 25, Tab. C). Dabei bleibt das Verhältnis Porphyrit zu Porphyr nahezu konstant.

Das Liefergebiet ist nach den wenigen direkten Richtungsbestimmungen und nach dem allgemeinen Faziesbild im Westen bis Nordwesten anzunehmen, also im Gebiet des Ruhlaer Kristallins, wobei das Einzugsgebiet bis in die Eisenacher Mulde gereicht haben kann. Neben Quarz herrscht im Geröllanteil des Grundgebirges Quarzit vor. In sehr geringer Menge sind auch Granit und Metamorphite vorhanden. Das Geröllspektrum stimmt also mit einer Materiallieferung aus der Kristallinzone überein, zeigt aber, auch wenn man annimmt, daß Gneise und Granite noch nicht im heutigen Umfang freigelegt waren, eine deutliche Härteauslese, der neben anderen auch die Schiefergesteine zum Opfer gefallen sind. Das Grundgebirge war im Liefergebiet in wechselndem Umfang noch von Gehrener Vulkaniten bedeckt.

4.3. Goldlauterer Schichten

Die Goldlauterer Schichten setzen sich aus Konglomeraten, Sandsteinen und Siltsteinen zusammen, in die einige stratigraphisch und sedimentologisch bedeutsame Pelithorizonte eingeschaltet sind. Mit einer Mächtigkeit von 200 - 600 m stellen die Goldlauterer Schichten die umfangreichste Sedimentfolge des Thüringer Waldes dar, die auch flächenmäßig große Verbreitung besitzt. Vulkanitdecken treten nicht auf, und vulkanische Aschen beschränken sich auf einige geringmächtige Horizonte. Die Sedimentfolge besitzt eine deutliche fazielle Gliederung in eine grobe, rotbraune Randausbildung und eine feinkörnige Beckenfazies.

Die vertikale Abfolge, die am Beckenrand mit Mittel- bis Grobkonglomeraten und im Beckeninneren mit Grobsandsteinen bis Feinkonglomeraten beginnt, stellt einen Großzyklus dar. Zumindest an der nordöstlichen bis östlichen Beckenflanke und in der Schleusinger Randzone können ein unterer und ein oberer Teilzyklus ausgehalten werden. Eine lithostratigraphische Gliederung der Goldlauterer Schichten wurde in Teilgebieten bereits früher durchgeführt (DEUBEL 1930; SCHREIBER 1955; LÜTZNER 1964a, 1972). Ansätze zu einer über den gesamten Thüringer Wald korrelierbaren Gliederung lieferten ANDREAS & HAUBOLD (1975) durch die Verfolgung von Tuffhorizonten in Verbindung mit fossilführenden Pelithorizonten. Die Frage der Horizontbeständigkeit von bituminösen Pelithorizonten war bereits im Zuge der Aufnahmen für die Geologische Karte 1 : 25 000 (erste Auflage) durch SCHEIBE, ZIMMERMANN u.a. diskutiert worden, ohne daß dieses Problem seinerzeit gelöst werden konnte.

4.3.1. Transportrichtungen

Gebiet Manebach - Crawinkel - Gehlberg - Goldlauter (Abb. 28)

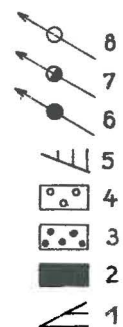
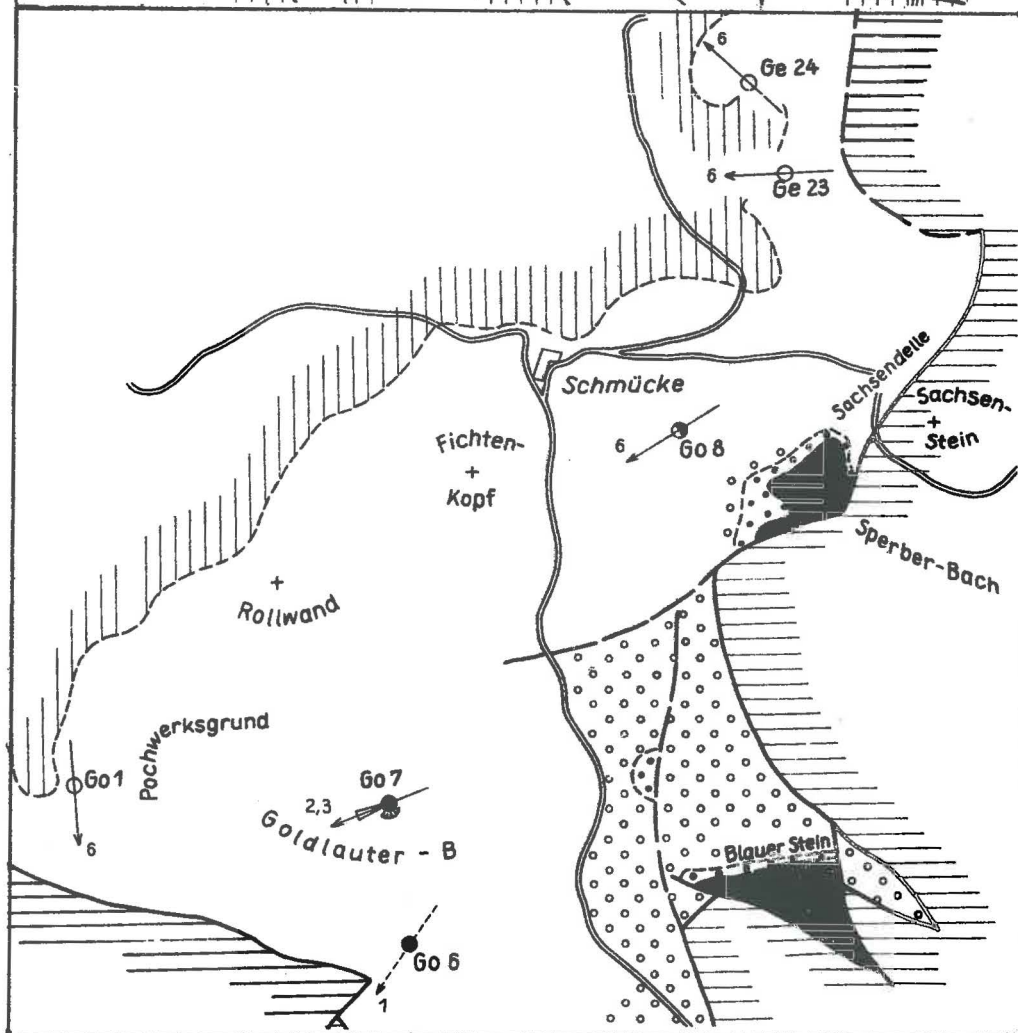
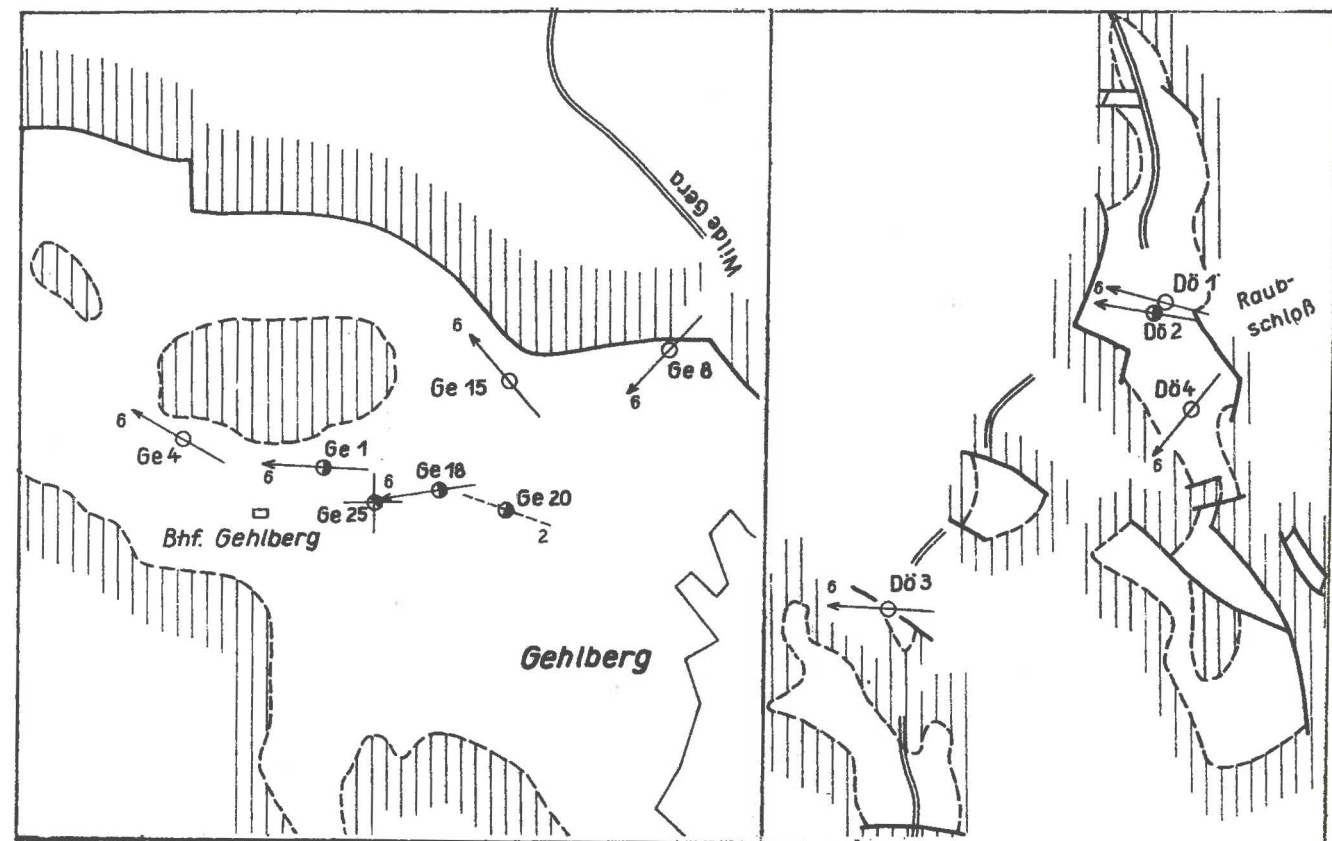
In der randnahen Fazies wurde die Transportrichtung fast ausschließlich aus dem Anlagerungsgefüge der Gerölle bestimmt.

Bei Manebach zeigt die Orientierung der plattigen Gerölle am Emmafels eine Schüttung nach W an. Das Diagramm Ma 1 (Abb. 10) enthält zwei schwach voneinander abgesetzte Maxima, deren mittlere Richtung 273° beträgt. Der Summenvektor hat ein Azimut von 281° .

Im Konglomerat von Crawinkel wird die Auswertung des Anlagerungsgefüges durch undeutliche Schichtung erschwert. Das Diagramm Cr 1 (Abb. 12) zeigt jedoch einwandfrei ein nach W dezentriertes Maximum, das eine westliche Transportrichtung belegt (Summenvektor 239°).

Im Gerotal wurde die Schüttungsrichtung am Raubschloß in zwei Teilbereichen (Dö 1 und Dö 2) und außerdem an zwei Stellen etwas weiter westlich (Dö 3 und Dö 4) bestimmt. Die beiden Teildiagramme am Raubschloß (Abb. 11) ergeben eine nur wenig variierende Schüttung nach W bis WNW. Dö 3 weist ebenfalls, und zwar mit einem ausgezeichnet monoklin-symmetrischen Anlagerungsgefüge, nach W, während die Richtung von Dö 4 (Abb. 12) stärker nach SW abweicht. Der Summenvektor zeigt sogar nach S (187°).

Bei Gehlberg liegen die Meßstellen Ge 18 und Ge 25 (Abb. 10) wenige Meter unter dem Acanthodes-Horizont. Ge 18 (Abb. 10) ergibt eine westliche Transportrichtung; die Aufspaltung in Teilmaxima beruht wohl lediglich auf einer zu geringen Anzahl von Meßpunkten. Ge 25 gehört zu den seltenen Fällen, in denen die Einkippung der Gerölle nicht stark genug ist, um daraus die Strömungsrichtung abzulesen. Das Belegfeld ist in seiner Gesamtheit sehr schwach nach W dezentriert. Der Summenvektor weist unter 18° nach S. Da jedoch die auf den Summenvektor bezogene "mittlere" Geröllneigung nur 3° beträgt, ist dieser Richtungswert statistisch nicht gesichert. Aus dem Konglomerat im Hangenden des Acanthodes-Horizontes liegen in aufsteigender Reihenfolge die Diagramme Ge 1, Ge 8, Ge 15 und Ge 4 (Abb. 10, 11). Die Richtungsbestimmung bereitet keine Schwierigkeiten, sie ergibt im Mittel einen nach W gerichteten Transport.



Südlich von Gehlberg wurden in der Nähe der Seiffartsburg die Diagramme Ge 23 und Ge 24 (Abb. 11) aufgenommen, die ebenfalls dem oberen Teil der Goldlauterer Schichten angehören. Die Richtungsbestimmung ist nicht ganz eindeutig. Vor allem Ge 24 hat stark triklone Symmetrie. Die Transportrichtung wurde hier nach dem Maximum eingetragen; nach dem Umriß des gesamten Belegfeldes müßte der Pfeil etwas weiter auf WNW gedreht werden. Der Summenvektor weist mit 277° ebenfalls nach WNW.

Zwischen Schmücke und Goldlauter wurde die Transportrichtung im Unteren und Oberen Konglomerat jeweils nur in einem Aufschluß bestimmt (Abb. 12). Diagramm Go 8 (Unteres Konglomerat, Sperbersbach) gibt trotz geringer Zahl von Meßwerten eindeutig SW-Richtung an. Go 1 (Oberes Konglomerat, Pochwerksgrund) hat ein klares Maximum, das nach S weist. Der Summenvektor ist jedoch statistisch nicht gesichert, da die Gerölleinkippung zu schwach ist. Im Aufschluß Go 7 wurden Schleif- und Stoßmarken beobachtet, deren Transportvektor unter 65° nach SW weist. Ähnliche Richtung besitzen schwache Erosionsmarken im Aufschluß Go 6.

Die Lage der Meßpunkte im stratigraphischen Profil ist aus Abb. 28 ersichtlich. Als Bezugshorizont kann der Acanthodes-Horizont dienen, mit dem ANDREAS & HAUBOLD (1975) die Unteren Goldlauterer Schichten enden lassen. Das Vorkommen im Pochwerksgrund wird von ihnen auch als Typusgebiet des darunterliegenden Tuffhorizontes Nr. 0 genannt.

Über eine Reihe von heute isolierten Einzelvorkommen ist die Fortsetzung des Acanthodes-Horizontes in dem Schwarzpelit-Horizont am Bahnhof Gehlberg zu vermuten. Ein zweiter schwarzgrauer Pelit-Horizont tritt hier in einem 40 m höheren Niveau auf, was dem Niveau des Tuffs Nr. 1 entsprechen könnte.

Die meisten Messungen liegen über dem Acanthodes-Horizont und somit im Bereich der Oberen Goldlauterer Schichten. Soweit Messungen aus den Unteren Goldlauterer Schichten enthalten sind, stimmen sie jedoch mit der generellen Richtung in den höheren Horizonten überein. In den basalen Teilen fehlt es mangels Aufschlüssen an Beobachtungsmöglichkeiten.

Zum gleichen Faziesbereich gehört schließlich noch das Gebiet des Silbergrabens (Abb. 30). Die Geröllorientierung wurde an zwei Stellen gemessen, die ebenfalls in den Oberen Goldlauterer Schichten liegen. Es ergibt sich im Mittel eine westliche Transportrichtung. Bei klarem Bild weist Diagramm Si 1 mehr nach SW und Diagramm Si 5 nach WNW (Abb. 13). Die berechneten Summenvektoren stimmen mit der visuellen Diagrammauswertung gut überein.

Abb. 28. Transportrichtungen der Goldlauterer Schichten im Gebiet Dörrberg - Goldlauter
 1 - Gehrener Schichten; 2 - Manebacher Schichten, Flözzone; 3 - Manebacher Schichten, Obere Sandsteine; 4 - Mandelstein-Konglomerat; 5 - Oberhöfer Schichten; 6, 7, 8 - Meßpunkte in Goldlauterer Schichten, unterer, mittlerer bzw. oberer Teil
 Art der ausgewerteten Sedimentgefüge (Zahlensymbole an den Transportvektoren):
 1 - Erosionsmarken; 2 - bipolare Gegenstandsmarken; 3 - polare Gegenstandsmarken; 6 - Orientierung plattiger Gerölle

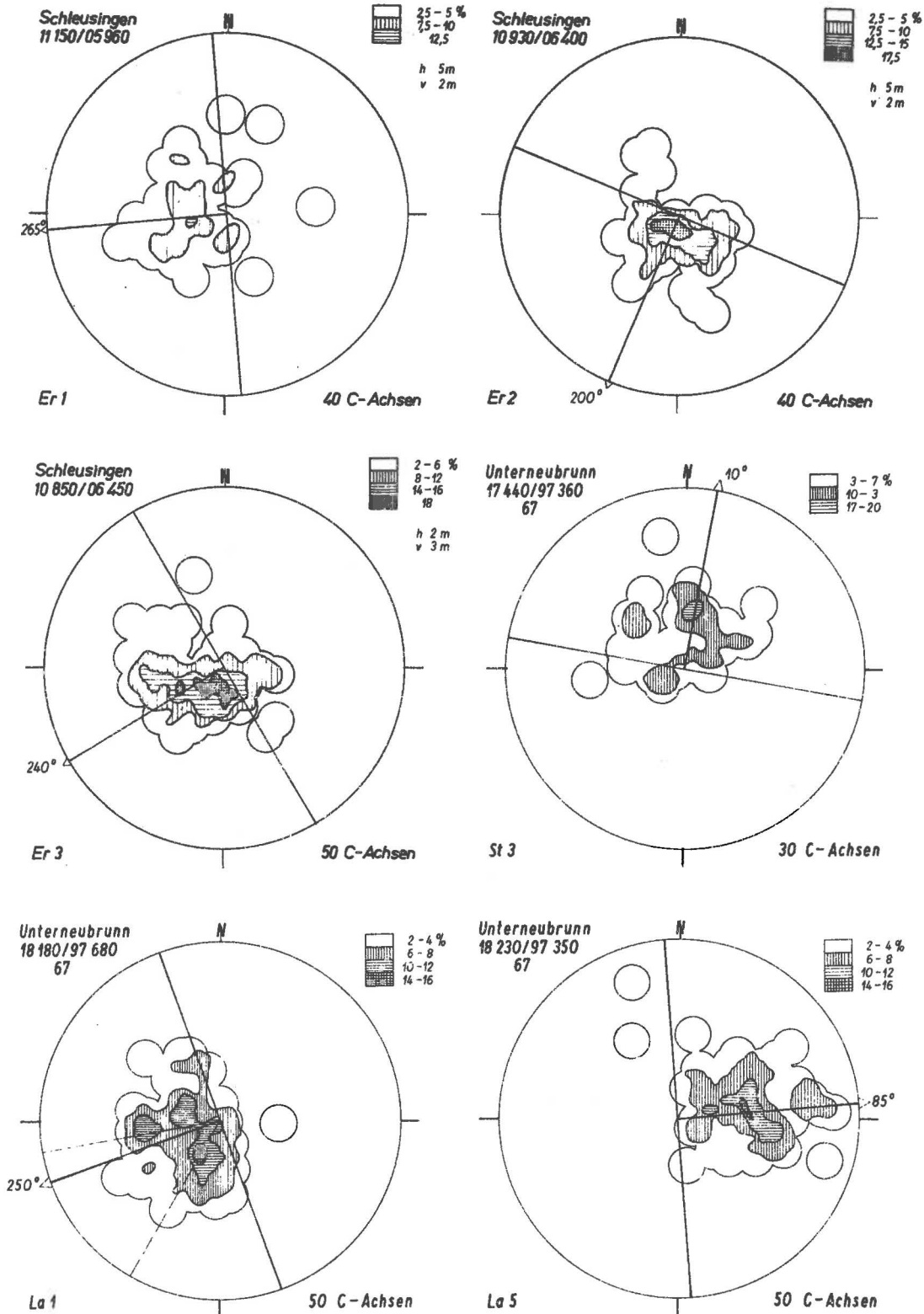


Abb. 29. Anlagerungsgefüge plattiger Gerölle, Goldlauterer Schichten der Schleusinger Randzone

Insgesamt herrscht in der grobklastischen Randfazies zwischen Crawinkel und Gohlberg - Manebach eine Transportrichtung nach W. Die einzelnen Meßpunkte weichen maximal um 55° von der mittleren Richtung ab. Eine Ausnahme bildet das Teilgebiet zwischen Schmücke und Goldlauter. Hier scheint der Sedimentstrom tatsächlich nach SW abzuschwenken.

Schleusinger Randzone

Das Goldlauterer Konglomerat im Erletal ergab an drei Meßstellen (Er 1, Er 2, Er 3) Summenvektoren von 268° , 191° und 239° . Die Diagramme Er 1 und Er 2 haben annähernd symmetrische Punktdichtfelder, Er 3 besitzt dagegen triklinale Züge (Abb. 29). Der Transport war insgesamt nach SW gerichtet.

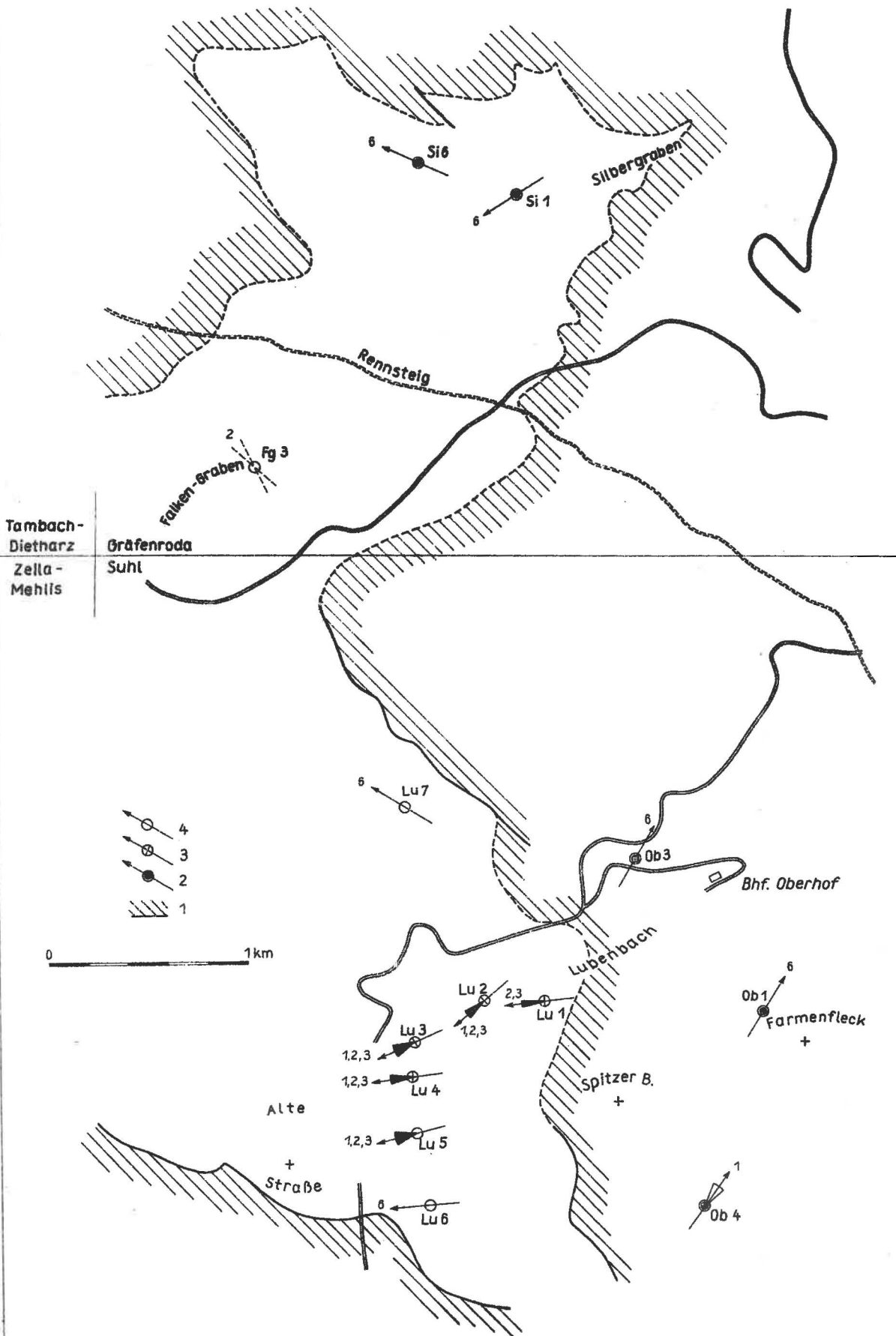
Im Schieferschuppen-Konglomerat (Wd 3, Er 36) und in konglomeratischen Partien des Silbacher Sandsteins (Hi 4, Hi 5) belegen die Diagramme und Summenvektoren einen Transport nach NW (Abb. 9). Mit Ausnahme von Er 34, das zu den polysymmetrischen Diagrammen gehört, bereitet die Interpretation der Diagramme keine Schwierigkeiten.

Etwas unklar sind die Ergebnisse aus dem Langenbacher Konglomerat und der darüberliegenden sandig-konglomeratischen Wechsellagerung. Südlich Langenbach zeigen zwei Diagramme mit eindeutiger Punkthäufung (La 1, La 5) eine Schüttung nach WSW, am Meßpunkt St 3 nach NNW an (Abb. 29). Weitere Stellen (St 1, La 2) lieferten stark zerrissene Punktdichtfelder, die keine eindeutige Richtungsbestimmung zulassen (Abb. 8). Das Diagramm Wd 6 (Abb. 9) besitzt ein deutliches, aber nur wenig von der Diagrammitte entferntes Maximum. Die Berechnung des Vertrauensintervalls für den Summenvektor zeigt, daß sich aus dieser Regelung keine eindeutige Richtung ableiten läßt (Tab. C). Der polysymmetrische Gefügetyp wurde bereits auf S. 38 als synoptisches Bild von stark gebogenen Fließrinnen erklärt. Es ist bemerkenswert, daß die vieldeutigen Diagramme Wa 6, St 3 und La 2 gerade aus den Aufschlüssen stammen, die nach Schichtung, Geröllrundung und -sortierung auf Flußbett-Milieu schließen lassen (Konglomerattyp E nach LÜTZNER 1978).

Insgesamt läßt sich die generelle Schüttungsrichtung für Langenbacher Konglomerat und Wechsellagerung nicht sicher angeben. Da die eindeutigen Vektoren aus E bis S kommen, ist die generelle Entwässerung vermutlich nicht in entgegengesetzter Richtung verlaufen. Möglich erscheint ein Transport nach NW oder auch nach SW.

Lubenbachgebiet, Falkengraben (Abb. 30)

Im Lubenbachgebiet wurde die Transportrichtung an zahlreichen Strömungsmarken ermittelt, die mit einem recht umfangreichen Formenschatz (LÜTZNER 1966 b) in den feinkörnigen Sedimenten des Übergangsbereiches von der Rand- zur Beckenfazies auftreten. Erosions- und Gegenstandsmarken sind gleichermaßen häufig. An zwei Stellen wurde auch das Anlagerungsgefüge von plattigen Geröllen ausgewertet.



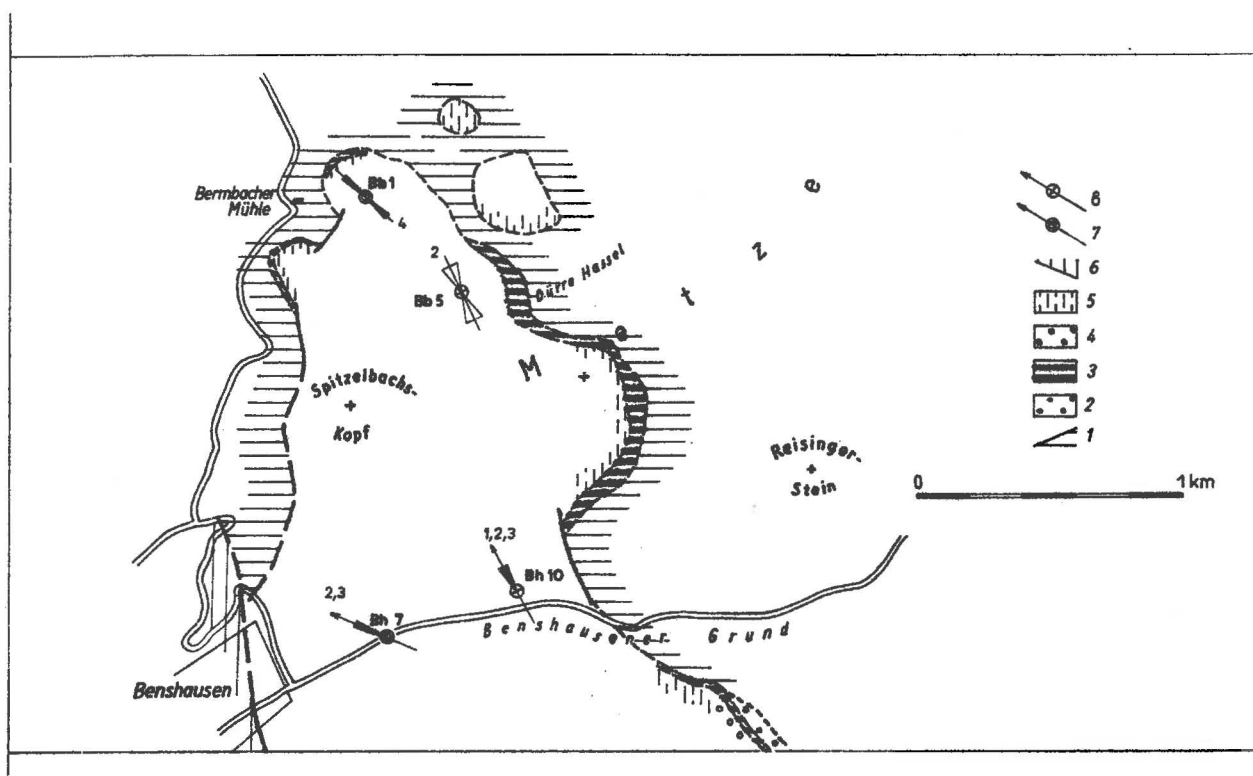


Abb. 31. Transportrichtungen der Goldlauterer Schichten im Gebiet von Benshausen

1 - Gehrener Schichten; 2 - Manebacher Schichten in vorwiegend sandig-konglomeratischer Ausbildung; 3 - Manebacher Schichten in vorwiegend siltiger Ausbildung; 4 - Basisschichten der Goldlauterer Schichten, konglomeratische Ausbildung (Mandelstein-Konglomerat); 5 - Basisschichten der Goldlauterer Schichten, sandige Ausbildung; 6 - Oberhöfer und jüngere Schichten; 7 - Meßpunkt in Goldlauterer Schichten, unterer (rotvioletter) Teil; 8 - Meßpunkt in Goldlauterer Schichten, oberer (grauer) Teil

Art der ausgewerteten Sedimentgefüge (Zahlensymbole an den Transportvektoren):

1 - Erosionsmarken; 2 - bipolare Gegenstandsmarken; 3 - polare Gegenstandsmarken; 4 - Strömungstreifung

Abb. 30. Transportrichtungen der Goldlauterer Schichten im Gebiet Silbergraben - Lubenbach

1 - Verbreitungsgrenze der Oberhöfer Schichten (Basis); 2 - Meßpunkt in Oberhöfer Schichten; 3, 4 - Meßpunkte in Goldlauterer Schichten, mittlerer bzw. oberer Teil

Art der ausgewerteten Sedimentgefüge (Zahlensymbole an den Transportvektoren):

1 - Erosionsmarken; 2 - bipolare Gegenstandsmarken; 3 - polare Gegenstandsmarken; 6 - Orientierung plattiger Gerölle

Die im Lubenbachgebiet gewonnenen Vektoren sind ein ausgezeichnetes Beispiel dafür, daß die Schüttungsrichtung über große Profilabschnitte konstant bleibt. In der Reihenfolge ihrer Bezifferung liegen die Aufschlüsse Lu 1 bis Lu 7 stratigraphisch übereinander. Der Sedimenttransport verläuft insgesamt in westlicher Richtung. Die Mittelwerte von Lu 2, Lu 3 und in schwächerem Maße von Lu 5 weichen etwas nach WSW ab. In Übereinstimmung mit der Richtung der Strömungsmarken brachte die Geröllorientierung im Oberen Konglomerat die gleichen Ergebnisse. Die klaren Diagramme des Anlagerungsgefüges bedürfen keiner Diskussion (Abb. 12). Lu 6 weist nach W (Summenvektor 271°), Lu 7 nach WNW (Summenvektor 318°). Aus dem Falkengraben liegen nur zwei Einzelbeobachtungen vor, die sich mit nordwestlicher Transportachse gut in das Gesamtbild einfügen.

Insgesamt verlängern die im Gebiet Lubenbach/Falkengraben ermittelten Richtungswerte die bei Gehlberg festgestellte allgemeine Transportrichtung nach W.

Gebiet Bermbach - Unterschönau (Abb. 31 und 32)

Die Verbreitungsgebiete Bermbach und Unterschönau gehören zur beckeninneren Fazieszone. Für die Transportrichtung wurden Erosions- und Gegenstandsmarken sowie Strömungstreifung ausgewertet. Der Materialtransport verläuft sowohl in den rotviolettten Basischichten (Bb 1, Bh 7) als auch in den grauen Siltsteinen (Bb 5, Bh 10) nach NW. Damit wird die von E her bis zum Lubenbachgebiet vorherrschende Westrichtung endgültig nach NW abgeleitet. Diese Richtung setzt andererseits den Materialstrom fort, der in der Schleusinger Randzone zumindest den unteren Teil der Goldlauterer Schichten beherrscht.

Im Haseltal sind nur die oberen Teile der Goldlauterer Schichten - maximal 200 m bei Unterschönau - übertage zugänglich. Im Kanzlersgrund ist nach Strömungsmarken und spärlichen Beobachtungen an Schrägschichtungsmessungen eine westliche Transportrichtung nachzuweisen. Die generell westliche Strömung im Lubenbachgebiet hält also hier noch an. Dagegen setzt sich bei Unterschönau eine Ablenkung nach NNW bis NE durch. Die Richtungsbestimmungen beruhen auf Erosions- und Gegenstandsmarken sowie auf Schrägschichtung. Die angezeigten Richtungen sind offenbar keine zufälligen Abweichungen, da sie sich an drei Stellen wiederholen, während die im Aufschluß Us 2 gefundene NW-Richtung statistisch nur sehr wenig gesichert ist (Abb. 32).

Nordöstlicher Gebirgsrand zwischen Friedrichroda und Winterstein (Abb. 33).

Zwischen Friedrichroda und Winterstein liegen die Goldlauterer Schichten in randnaher Ausbildung vor. Im Gebiet von Friedrichroda, das der psephitischen Randfazies angehört, wurde an mehreren Stellen das Anlagerungsgefüge des Gottlob-Konglomerates untersucht. Zwei Diagramme von Teilbereichen des Gottlob-Felsens zeigen ein stark zerrissenes Bild der Punktdichtfelder (Abb. 13). Während Diagramm Fr 2 noch eindeutig einen Transportpfeil nach SE abzulesen gestattet, zerfällt im Diagramm Fr 1 die höhere Besetzungsdichte in zwei Teilmaxima, deren eines nach SW, das andere nach SE weist. Wahrscheinlich wurden von den Messungen zwei wesentlich voneinander abweichende Schüttungskörper erfaßt. Die Summenvektoren ergeben in beiden Fällen eine Transportrichtung nach

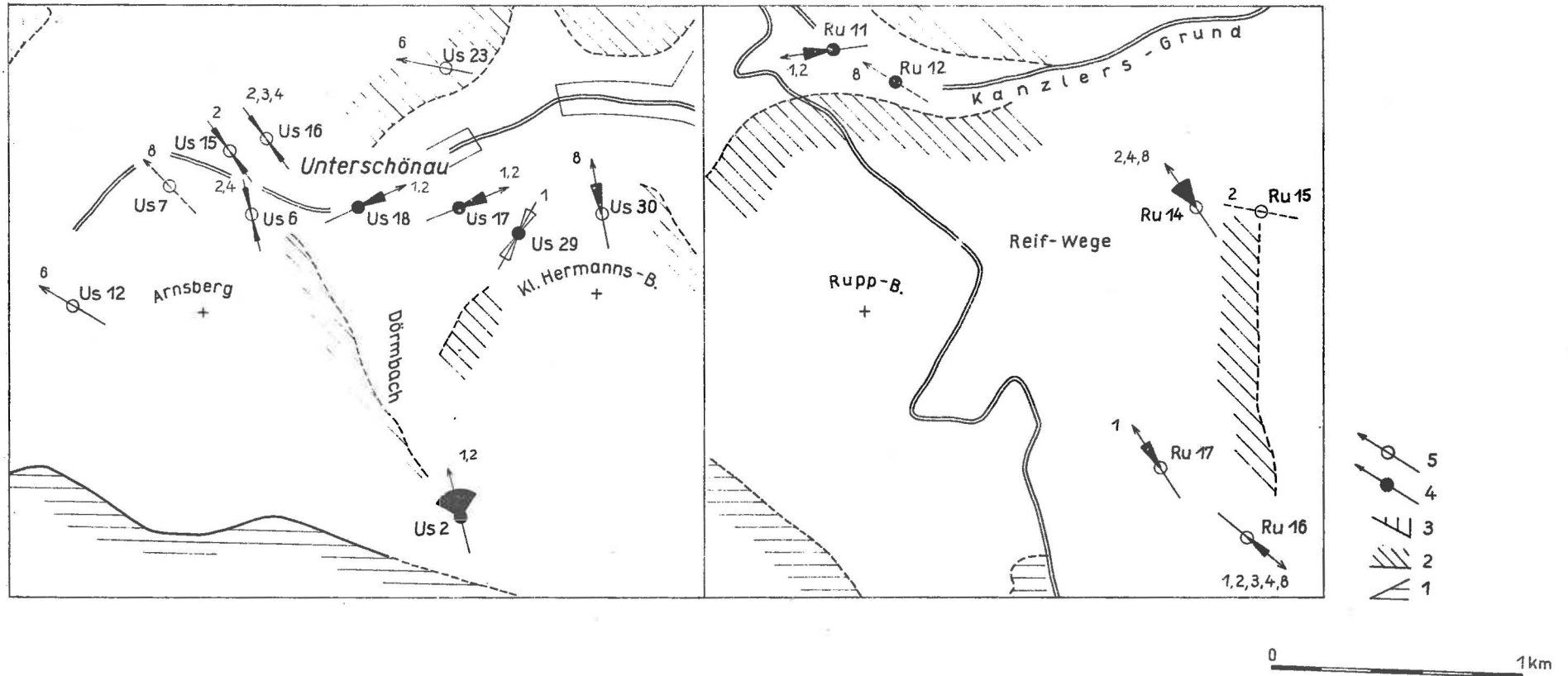


Abb. 32. Transportrichtungen der Goldlauterer und Oberhöfer Schichten im Gebiet Ruppberg - Unterschönau

1 - Gehrener Schichten; 2 - Verbreitungsgrenze der Oberhöfer Schichten (Basis); 3 - Rotteröder Schichten; 4 - Meßpunkt in Goldlauterer Schichten; 5 - Meßpunkt in Oberhöfer Schichten

Art der ausgewerteten Sedimentgefüge (Zahlensymbole an den Transportvektoren): 1 - Erosionsmarken; 2 - bipolare Gegenstandsmarken; 3 - polare Gegenstandsmarken; 4 - Strömungsstreifung; 6 - Orientierung plattiger Gerölle; 8 - Schrägschichtung

SE (154° , 158°). Im Aufschluß Fr 3 (Kesselgraben) liefern sowohl das Punktdichtediagramm als auch der Summenvektor eine Schüttungsrichtung nach SW. Der weiter nordwestlich gelegene Aufschluß Tz 1 (Ungeheurer Grund) ergab nach dem Gefügediagramm (Abb. 13) eine Transportrichtung von 295° , nach dem Summenvektor 260° , insgesamt also eine westliche Schüttung. Die Meßpunkte in der konglomeratischen Ausbildung von Friedrichroda weisen im Gesamtbild auf eine radiale Ausbreitung des Geröllmaterials nach NW, SW und SE hin. Die Wurzel dieser fächerförmigen Schüttung scheint etwa am Büchig (1 km nordwestlich von Friedrichroda) zu liegen.

Bei Tabarz geht die konglomeratische Ausbildung von Friedrichroda in eine konglomeratarmer Randfazies über, die am Gebirgsrand bis über Winterstein hinaus verbreitet ist. Die Transportrichtung konnte hier an mehreren Stellen an Strömungsmarken bestimmt werden. Am häufigsten sind Schleifmarken, jedoch treten daneben auch Erosionsmarken und polare Gegenstandsmarken, ferner Strömungstreifung und Rippeln auf. Generell verläuft die Schüttung nach SW. Abweichungen nach WSW (Wi 11, Fi 17) stehen auch am Gebirgsrand Meßstellen mit südlicher Richtung gegenüber (Ca 1, Ca 2). Mit Übergang zur südwestlich anschließenden Graufazies scheint sich die südliche Transportrichtung stärker durchzusetzen (Fi 5, Fi 7, Fi 13).

Zur Randfazies im Bereich der Wintersteiner Scholle gehört schließlich die konglomeratische Ausbildung südlich von Schmerbach. Das Diagramm des Anlagerungsgefüges im Aufschluß Sch 1 (Abb. 14) besitzt geschlossene Punktdichtefelder und ergibt deutlich einen südwestlichen Transport. Der Summenvektor weicht vom visuell bestimmten Wert nur um 6° ab (231°). Die gleiche Richtung haben Schleifmarken in einer siltigen Zwischenlage.

Wintersteiner Scholle (Abb. 33)

Südwestlich von Winterstein besitzen die Goldlauterer Schichten graue, vorwiegend siltig-feinsandige Ausbildung mit gröbersandigen Einlagerungen und einzelnen Schwarzpelithorizonten. Die Transportrichtung konnte an zahlreichen Stellen aus Strömungsmarken rekonstruiert werden. Neben Schleif- und Erosionsmarken sind kleindimensionale Rippeln häufig. Strömungstreifung tritt besonders in den stärker sandigen Basisschichten auf, während die Einregelung von Pflanzendetritus mehrfach in pelitischen Horizonten zur Richtungsbestimmung herangezogen werden konnte.

Bei geringer Streuung im Aufschlußbereich zeigt auch das gesamte Vektorenfeld der südwestlichen Wintersteiner Scholle ziemlich einheitliche Regelung. Der Sedimenttransport verlief generell nach SE; nur lokal treten stärkere Abweichungen in südliche Richtung auf (Wi 94). Die Strömung verläuft somit parallel zu den Beckenkonturen bzw. Faziesgrenzen. In diese Tendenz ist auch der Übergangsbereich zur Randfazies südlich der Lauchgrund-Aufwölbung mit einbezogen (Tz 7, Tz 8, Tz 9). Überschautes man noch einmal die Transportpfeile zwischen Fischbach und Tabarz (Abb. 33), so wird deutlich, daß die generell nach SW gerichtete Strömung der Randfazies über eine südliche Richtung auf den SE-Strom im becken tieferen Teil einschwenkt.

Hinweise auf einen westlichen bis südwestlichen Beckenrand sind aus dem Vektorenfeld nicht eindeutig abzuleiten. Lediglich nahe dem Westrand der Wintersteiner Scholle tritt

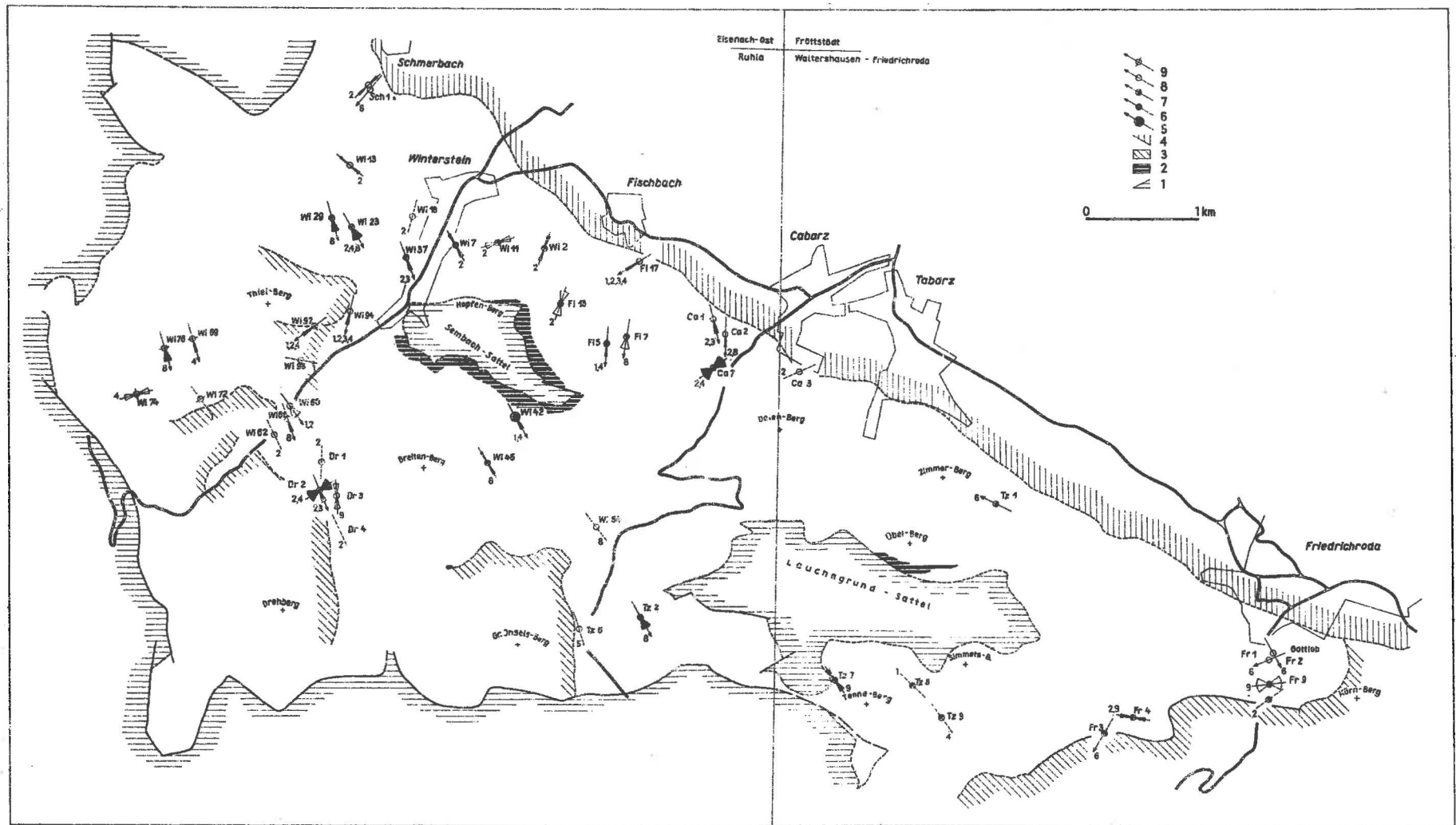


Abb. 33. Transportrichtungen der Goldlauterer Schichten im Gebiet Friedrichroda - Winterstein

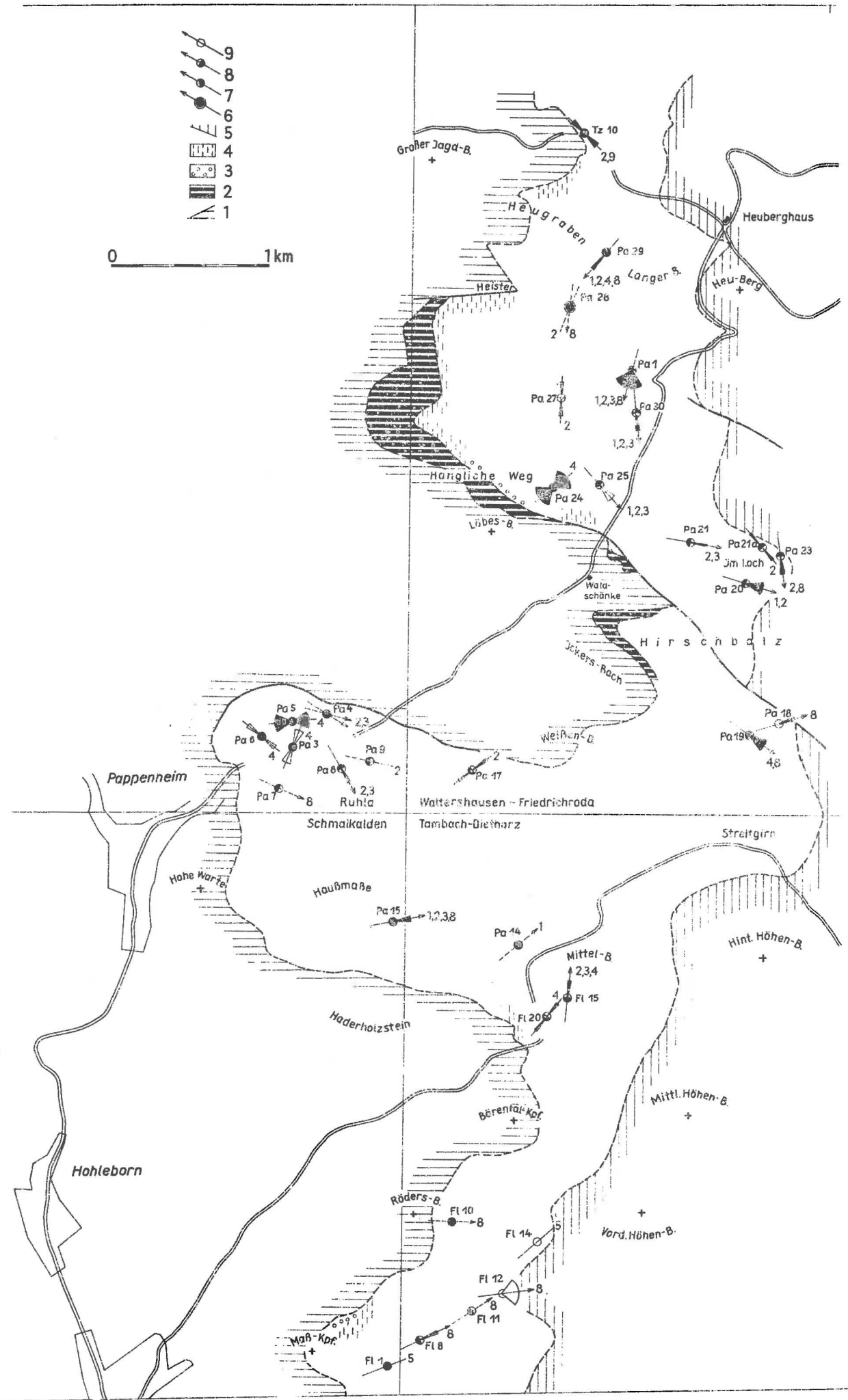
1 - Gehrener Schichten; 2 - Manebacher Schichten; 3 - Oberhöfer Schichten;
 4 - Zechstein; 5 - Meßpunkt in Goldlauterer Schichten, rotviolette Basis-
 schichten; 6, 7, 8 - Meßpunkte in Goldlauterer Schichten, unterer, mitt-
 lerer bzw. oberer Teil; 9 - Meßpunkt in Schichten unsicherer Stellung

Art der ausgewerteten Sedimentgefüge (Zahlensymbole an den Transportvek-
 toren): 1 - Erosionsmarken; 2 - bipolare Gegenstandsmarken; 3 - polare
 Gegenstandsmarken; 4 - Strömungsstreifung; 5 - Orientierung von Pflanzen-
 resten; 6 - Orientierung plattiger Gerölle; 8 - Schrägschichtung, Rippeln;
 9 - Furchenmarken

Abb. 34. Transportrichtungen der Goldlauterer Schichten im Gebiet
Rennsteig - Schnellbach

1 - Gehrener Schichten; 2 - Manebacher Schichten; 3 - Basisschichten der Goldlauterer Schichten, konglomeratische Ausbildung (Mandelstein-Konglomerat); 4 - Basisschichten der Goldlauterer Schichten, sandige Ausbildung; 5 - Oberhöfer Schichten; 6 - Meßpunkt in Goldlauterer Schichten, rotviolette Basisschichten; 7, 8, 9 - Meßpunkte in Goldlauterer Schichten, unterer, mittlerer bzw. oberer Teil

Art der ausgewerteten Sedimentgefüge (Zahlensymbole an den Transportvektoren): 1 - Erosionsmarken; 2 - bipolare Gegenstandsmarken; 3 - polare Gegenstandsmarken; 4 - Strömungstreifung; 5 - Orientierung von Pflanzenresten; 8 - Schrägschichtung, Rippeln; 9 - Furchenmarken



im Aufschluß Wi 74 Strömungsstreifung mit ENE-Richtung auf. Da Strömungsstreifung stärker streut als andere Marken, darf dieser Befund nicht überbewertet werden. Er weist jedoch darauf hin, daß wahrscheinlich westlich der Wintersteiner Scholle der Einfluß des (süd-)westlichen Randgebietes begonnen hat.

Gebiet zwischen Rennsteig und Streitgirn (Abb. 34)

Das Gebiet zwischen Rennsteig und Streitgirn gehört zu den innersten Teilen des Goldlauterer Sedimentationsbeckens. Die Strömungsrichtungen sind wiederum vorwiegend nach Strömungsmarken zu rekonstruieren, wobei Schleifmarken und polare Strömungsmarken vorherrschen. Ferner treten kleine Erosionsmarken, Rippeln und vereinzelt Strömungsstreifung auf.

Wie das Gesamtbild der Vektoren erkennen läßt, verläuft die Strömung generell nach S bis SE, wobei sich im Detail ein bogenförmiger Verlauf abzeichnet. In der Nähe des Rennsteigs nach SSW gerichtet, drehen die Pfeile zwischen Heisterbachgraben und Hangliche Weg auf S ab und weisen schließlich in der Umgebung der Waldschänke nach SE. Der von den Aufschlüssen Pa 29, Pa 28, Pa 27, Pa 25 und Pa 21 bis 23 gespannte Bogen wird von Pa 1 und Pa 30 parallel nachgezogen. Die Messungen liegen vorwiegend im mittleren Abschnitt des Goldlauterer Profils, jedoch in verschiedenen Horizonten. Da sich dennoch der Bogen so deutlich abzeichnet, kann man annehmen, daß es sich hier nicht nur um eine zufällige Reihung von Einzelwerten handelt, sondern daß eine Krümmung der allgemeinen Strömungsrichtung zugrunde liegt, die über längere Zeit konstant geblieben ist.

Als einziger Aufschluß fällt Pa 24 aus dem Rahmen. Davon kann man jedoch absehen, da er den rotviolettten Basisschichten angehört und ferner nur wenige Messungen an stark streuender Strömungsstreifung lieferte. Der Meßpunkt Tz 10 schließt sich mit NW--SE verlaufender Transportachse der generellen Richtungstendenz im Bereich der Wintersteiner Scholle an.

Gebiet Pappenheim - Schnellbach (Abb. 34)

Zwischen Pappenheim und Schnellbach liegen die Transportrichtungen einwandfrei im Einflußbereich des westlichen bzw. südwestlichen Randgebietes des Goldlauterer Sedimentationsbeckens. Bereits bei Pappenheim sind die Transportpfeile im Mittel nach E bis ESE gerichtet. Einzelne Vektoren weichen nach SE (Pa 8) und nach NE (Pa 17) ab. Ausgewertet wurden Gegenstandsmarken, Strömungsstreifung und vereinzelt Schrägschichtung. Die östliche Fortsetzung der bei Pappenheim festgestellten Richtung findet in den Aufschlüssen Pa 18 und Pa 19 zwischen Hirschbalz und Streitgirn ihre Bestätigung.

Weiter südlich, im Verbreitungsgebiet einer sandigen Graufazies, schwenken die Vektoren im Mittel in nordöstliche Richtung um, wobei die extremen Abweichungen der Einzelvektoren relativ gering sind. Südwestliche Transportrichtung tritt nicht mehr auf. Die Messungen beruhen nördlich von Schnellbach auf kleindimensionaler und Mikroschrägschichtung sowie auf eingeregeltten Pflanzenresten, am Mittelberg vorwiegend auf Strömungsmarken und Strömungsstreifung. Bemerkenswert ist die konstante Strömungsrichtung

der Meßreihe zwischen Maßkopf und Vorderem Höhenberg, die ein Vektorenprofil durch die gesamten Goldlauterer Schichten darstellt.

4.3.2. Geröllprovinzen

Die Geröllanalyse der psephitischen Goldlauterer Sedimente gestattet es, aus den auf das Beckeninnere gerichteten Schüttungsfronten eine Reihe von segmentartigen Einheiten auszugliedern, die sich durch relativ gleichbleibende Geröllspektren auszeichnen. Besonders der nordöstliche Beckenrand läßt sich geröllfaziell weit untergliedern.

Die Ergebnisse der Geröllanalysen sind in Tab. C zusammengestellt. In die Auswertung wurden auch die Analysen von FORSTMANN (1961), BARTMANN (1965) und WEISSE (1965) mit aufgenommen. Die Gruppierung der Analysen zu Geröllprovinzen mit annähernd gleichbleibender Zusammensetzung wird im Stoffdreieck Porphyry - Porphyrit - Grundgebirge (Abb. 35) und in der Kartendarstellung (Abb. 36) deutlich.

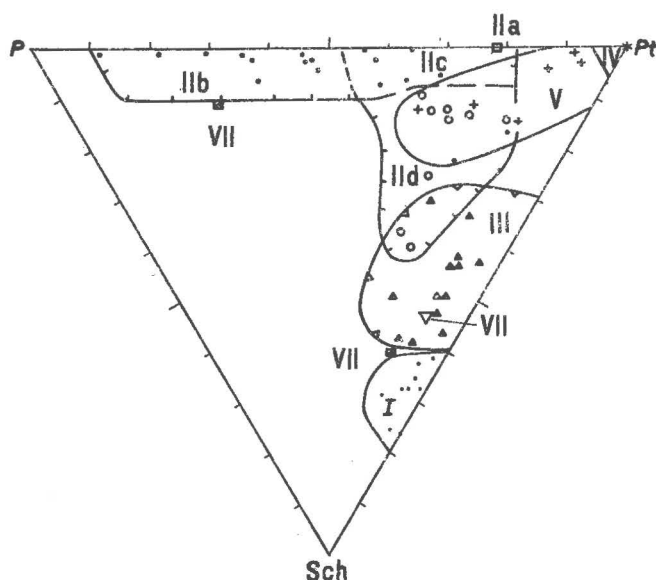


Abb. 35. Geröllanalysen von Goldlauterer Konglomeraten im Stoffdreieck Porphyry (P) - Porphyrit (Pt) - präsilisches Grundgebirge (Sch)

Geröllprovinzen: I - polymikte SE-Provinz; II - vulkanitreiche NE-Provinzen Manebach - Goldlauter - Erletal (a - Erletal, b - Goldlauter, c - Manebach); III - polymikte NE-Provinz Dörrberg - Lubenbach; IV - Porphyritprovinz Crawinkel; V - porphyritreiche NE-Provinz Friedrichroda; VI - polymikte NE-Provinz Schmerbach; VII - Einzelwerte westlicher Geröllprovinzen

4.3.2.1. Südöstliche Provinz (A)

Die Geröllspektren der Schleusinger Randzone zeichnen sich durch einen hohen Anteil von Komponenten des sedimentären Grundgebirges aus. Typisch ist das Auftreten von Grauwacken, deren Anteil zwischen 3 und 30 % liegt. Einen Teil davon dürften die Katzhütter Schichten geliefert haben. Andererseits besteht eine auffallende Ähnlichkeit mit den

Grauwackengeröllen im Stockheimer Becken, die aus Kulmgrauwacken abzuleiten sind. Ein petrographischer Vergleich ist bisher noch nicht versucht worden.

Unter den Quarziten dominieren graue und grünliche bis rötliche Varietäten. Dunkle und glimmerreiche Quarzite treten zurück. Der Schieferanteil (incl. Phyllit) unterliegt ziemlich großen Schwankungen. Dabei könnten lokale Sortierungseffekte nach der Geröllform eine Rolle spielen. Wahrscheinlich bestanden aber auch Unterschiede im Materialangebot. Dafür spricht die Feststellung, daß einzelne Proben reich an Phyllit sind, der an anderen Stellen völlig fehlt. Die Quarzite entstammen vorwiegend dem Altpaläozoikum an der südöstlichen Flanke des Schwarzburger Sattels.

Bemerkenswert sind vereinzelte Gerölle von schwarzem Kieselgestein, die entweder von Kieselschiefern der Katzhütter Schichten oder von Hornsteinlagen der Manebacher Schichten geliefert wurden.

Im Vergleich zu den Manebacher Schichten hat sich der Geröllbestand nur wenig geändert, wenn man von einem durchschnittlichen Rückgang des Porphyrgehaltes absieht. Daraus folgt, daß das Einzugsgebiet ähnlich umrissen war. Auch die stratigraphisch geordneten Durchschnittswerte der einzelnen Goldlauterer Schichtglieder (Abb. 37) ergeben für das gesamte Entwässerungsbecken im südöstlichen Hinterland keine einschneidende Veränderung. In ihm traten Katzhütter Schichten und Teile des Altpaläozoikums sowie, im nordwestlichen Teil, rotliegende Vulkanitdecken zutage. Hinzu kommen wahrscheinlich Umlagerungen aus Manebacher Schichten.

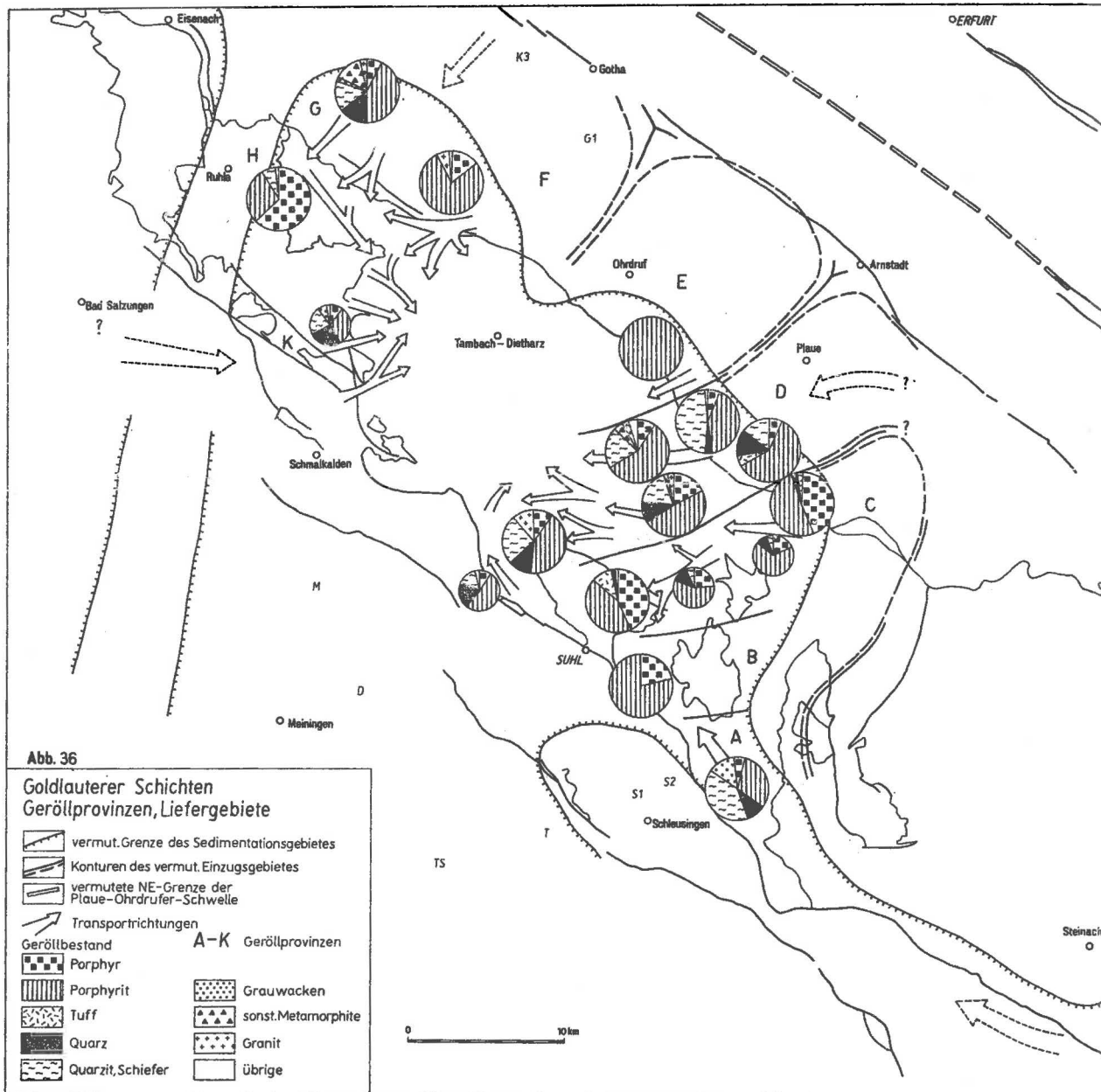
Die vorhandenen geringfügigen Verschiebungen in den durchschnittlichen Geröllspektren lassen sich als Schwankungen in der Maturität der Kiese erklären, die von unterschiedlicher Reliefenergie im Nachgang tektonischer Bewegungen gesteuert wird. Als Maß für die Maturität kann man das Mengenverhältnis von harten und weichen Komponenten verwenden, etwa von Quarz und Schiefer (Abb. 37). Nach einer Reliefbelebung zu Beginn der Goldlauterer Schichten steigt der Schieferanteil im Schieferschuppen-Konglomerat deutlich an. Bei zunehmend ausgeglichener Morphologie wird er im Silbacher konglomeratischen Sandstein von höherem Quarzgehalt verdrängt. Der Korngrößenanstieg des Langenbacher Konglomerates wird nochmals von erhöhtem Schiefergehalt begleitet, der in der Langenbacher Wechsellagerung erneut zurückgeht.

4.3.2.2. Nordöstliche Provinzen (B - G)

In den aus E bis NE geschütteten Sedimenten zeichnen sich nach der Geröllzusammensetzung folgende Einheiten ab:

Provinz Erletal (B)

Gegenüber der benachbarten SE-Provinz unterscheiden sich die Konglomerate im Erletal sehr deutlich durch das Fehlen von Grundgebirgsmaterial und durch höheren Porphyrgehalt bei weiterhin vorherrschendem Porphyrit. Das Liefergebiet liegt im nördlichen



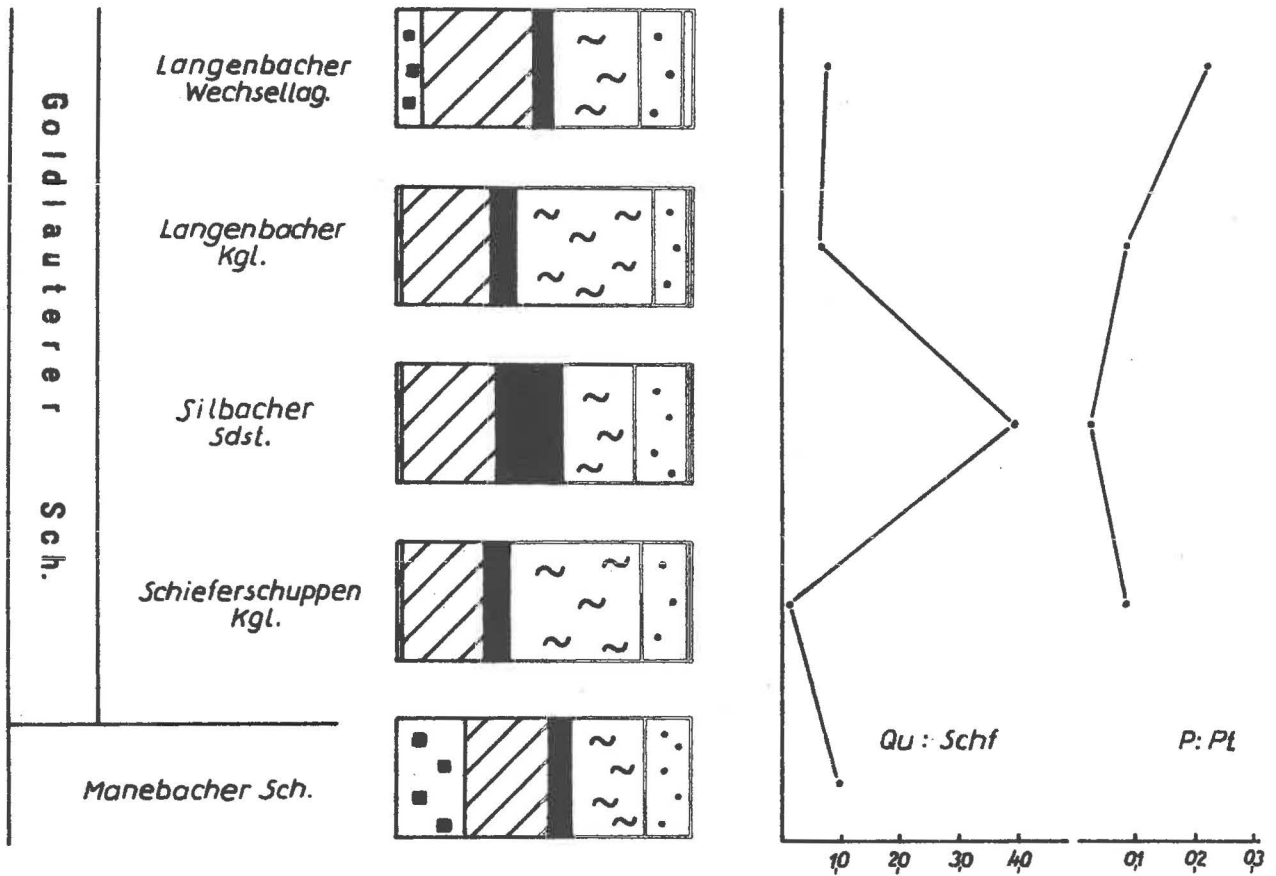


Abb. 37. Durchschnittliche Geröllzusammensetzung von Konglomeraten der Schleusinger Randzone

Geröllkomponenten von links nach rechts: Porphyr, Porphyrit, Quarz, Schiefer, Quarzit, übrige

Ausläufer des Schleusehorstes, der wahrscheinlich weiterhin paläomorphologisch wirksam war. Auf seine östliche Seite kann das Liefergebiet nicht wesentlich übergreifen haben, da sonst aus aufgearbeiteten Manebacher Sedimenten zumindest ein geringer Anteil an Grundgebirgsmaterial zu erwarten wäre.

Provinz Manebach - Goldlauter (C)

Nach NW schließt sich ein ca. 6 km breiter Streifen an, in dem Vulkanitgerölle weiterhin absolut vorherrschen, wobei Porphyrit und Porphyrit im Durchschnitt etwa gleich häufig vertreten sind. Im einzelnen weisen die Geröllspektren Veränderungen in Abhängigkeit von der lithostratigraphischen Position auf (Abb. 38).

Der Bereich dieser Geröllprovinz ist zugleich das Verbreitungsgebiet des Mandelstein-Konglomerats in seiner typischen Ausbildung. Hier überwiegt noch der Porphyritanteil, und die Gehalte der Schiefergebirgskomponenten (in der Fraktion 2 - 20 mm insbesondere Quarz) sind mit 10 - 25 % noch relativ hoch. In der Probe Bs 2 wurden auch vereinzelt Granitgerölle gefunden. In den höheren Horizonten steigt sowohl bei Manebach als auch bei Goldlauter der Porphyritgehalt mehr und mehr an, während die Grundgebirgskomponenten fast vollständig verschwinden (Abb. 38).

Derartig deutliche Verschiebungen lassen sich nur erklären durch entsprechende Veränderungen im geologischen Aufbau des Liefergebietes, das in diesem Fall östlich von Manebach und Ilmenau zu suchen ist. Im Einzugsgebiet traten vorwiegend Gehrener Vulkanite zutage. Zuerst wurde hier eine in Manebacher Zeit entstandene Zersatzdecke abgetragen, in der alle Vulkanite in einer oberen, besonders stark zersetzten Zone gelbbraun, in größerer Tiefe orangerot bis rot zersetzt waren. Aus den Abtragungsprodukten wurde das Mandelstein-Konglomerat geschüttet. Direkte Richtungsbestimmungen liegen aus diesem Horizont nicht vor, jedoch kann man auf Grund der nach SW abnehmenden Korngröße und gleichbleibenden Zusammensetzung annehmen, daß die Schüttung aus der gleichen Richtung kam wie in den höheren Horizonten.

Bei fortschreitender Erosion im Liefergebiet wurden offenbar in zunehmendem Maß porphyrische Komplexe der Unteren Gehrener Schichten angeschnitten. Das Grundgebirge lag bestenfalls in kleinen Flächen frei. Wahrscheinlich stammen die geringen, nach oben ständig abnehmenden Gehalte aus umgelagerten Manebacher Schichten.

Provinz Geratal - Silbergraben - Dörrberg (D)

Mit relativ scharfer Grenze, die sich bei Manebach und Gohlberg auf 1 km einengen läßt, schließt nach NW eine etwa 8 km breite Geröllprovinz an, die durch einen erhöhten Schiefergebirgsanteil von ca. 30 - 50 % charakterisiert wird. Porphyrit ist stets häufiger als Porphyrit.

Die Veränderungen über das stratigraphische Profil lassen sich schlecht beurteilen, da die tiefen Horizonte nicht zugänglich sind. Im oberen Abschnitt der Goldlauterer Schichten zeigen die Proben einen schwachen Anstieg des Porphyritanteils (Abb. 39), der

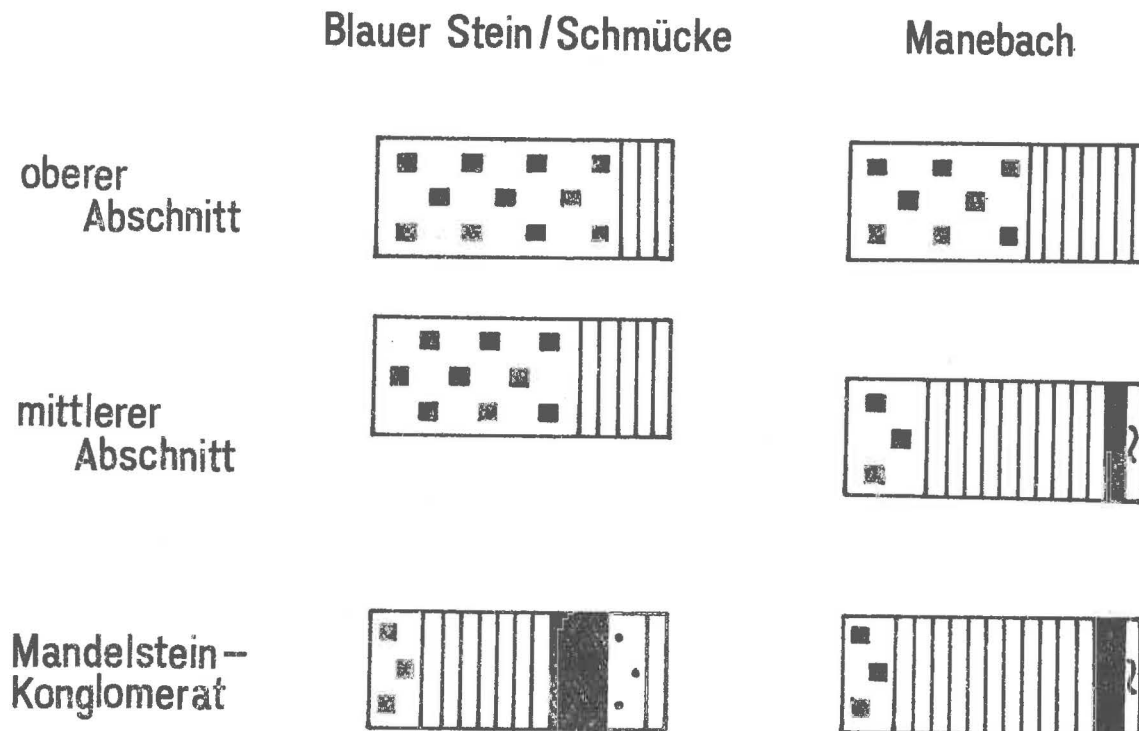


Abb. 38. Durchschnittliche Geröllzusammensetzung Goldlauterer Konglomerate in der Geröllprovinz Manebach - Goldlauter in Abhängigkeit von der lithostratigraphischen Position (Gebiet Manebach nach Geröllanalysen von KATZUNG 1964, Gebiet Goldlauter z.T. nach PORSTMANN 1961)

Geröllkomponenten von links nach rechts: Porphyry, Porphyrit, Quarz, Schiefer, Quarzit, übrige

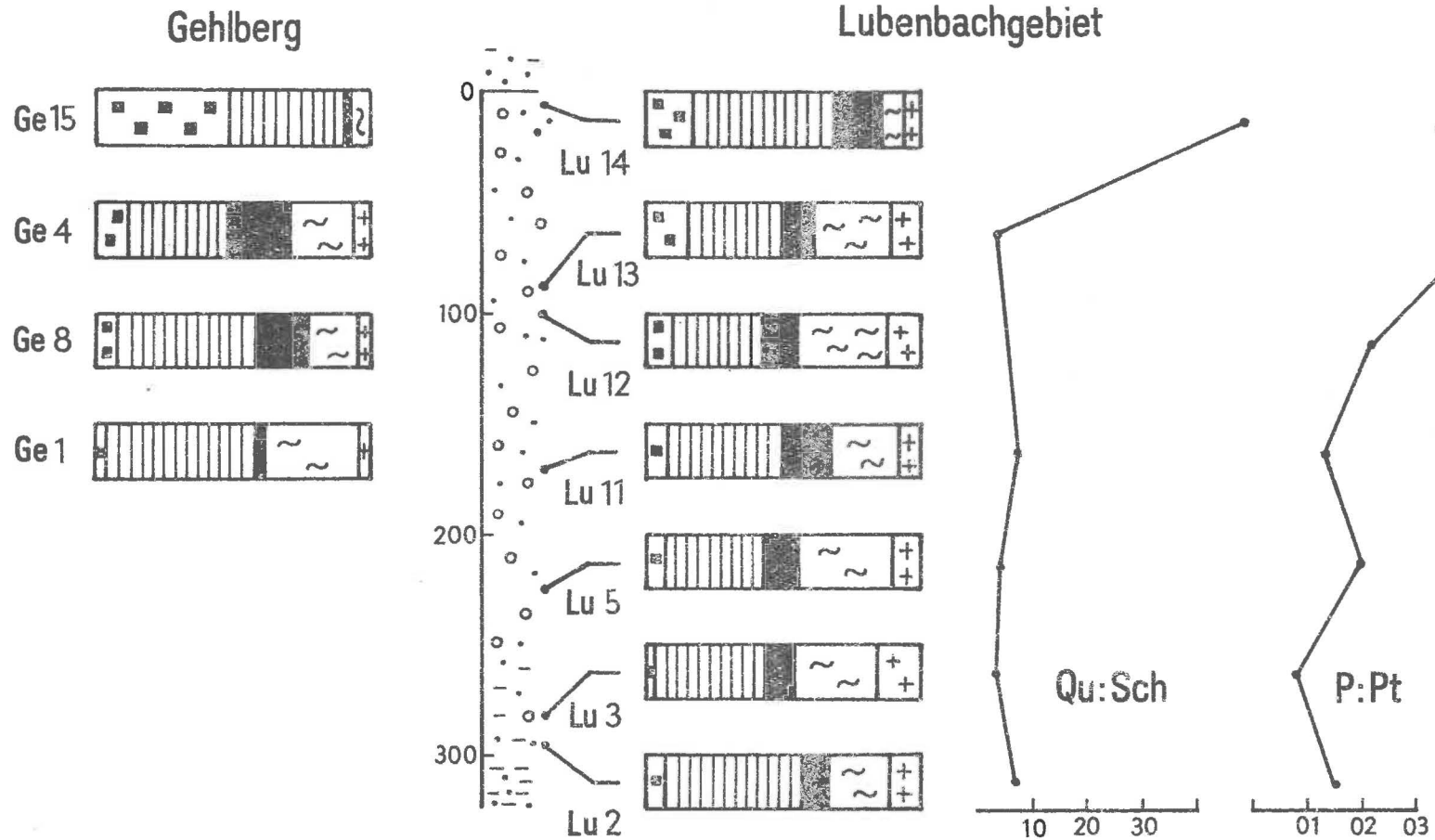


Abb. 39. Geröllzusammensetzung Goldlauerer Konglomerate im Gebiet Gehlberg - Lubenbach in Abhängigkeit von der stratigraphischen Position

Geröllkomponenten von links nach rechts: Porphyr, Porphyrit, Quarz, Schiefer und Quarzit, Granit

lokal auch einmal 50 % erreichen kann (Probe Ge 15). Insgesamt sind die Veränderungen jedoch deutlich geringer als in der Provinz Manebach - Goldlauter. Äquivalente des Mandelstein-Konglomerates bei Benshausen gehören nach ihrer Zusammensetzung noch zur gleichen Provinz.

Das Einzugsgebiet, das im nordöstlichen Vorland des Thüringer Waldes lag, enthielt vorwiegend Gehrener Vulkanite mit untergeordnetem, jedoch noch deutlichem Porphyrannteil. In den Tälern des Liefergebietes war schon die Unterlage des Rotliegenden angeschnitten; unter anderem trat bereits Granit zutage, dessen Anteil jedoch nach oben hin nicht zunimmt. Eine anhaltende, allmähliche tektonische Heraushebung des Liefergebietes ist aus diesem Grunde unwahrscheinlich. Die Komponenten der Schieferhülle stammen mit Sicherheit nicht allein aus umgelagerten Manebacher Schichten, sondern traten primär im Einzugsgebiet zutage. Der unterschiedliche Quarzgehalt beruht in erster Linie darauf, daß verschiedene Korngrößenfraktionen untersucht wurden (vgl. Tab. C).

In dieser Geröllprovinz steht die Bohrung Oberhof. Die von JUDERSLEBEN (1972, Abb. 11) durchgeführten Integrationsanalysen von Gesteinsbruchstücken in Sandsteindünnschliffen stimmen mit den Geröllanalysen gut überein. Im Vulkanitanteil herrschen Porphyritkörner gegenüber Porphyr stark vor. Der Granitanteil liegt in den Sandsteinen (20 - 40 %) naturgemäß höher als in den Konglomeraten (1 - 3 %), da die Granitgerölle im Transportprozeß leichter zu Sand zerrieben und zerstoßen werden als beispielsweise die Vulkanitgerölle. Auch der Anteil von Quarz-Chlorit-Schiefer und Quarzit ist in den Konglomeraten etwas geringer.

Provinz Crawinkel (E)

Das tektonisch isolierte Konglomeratvorkommen am Crawinkler Steiger gehört einer monoklinalen Porphyritprovinz an, deren Ausdehnung nach NW nicht genau bekannt ist. Man kann aber annehmen, daß sie sich bis in das Gebiet von Finsterbergen fortsetzt, da das rein porphyritisch zusammengesetzte Liefergebiet, dessen Hauptteil im nordöstlichen Vorland liegt, bei Georgenthal bis in den Thüringer Wald hereinreicht und hier zutage tritt. In der Umrandung der Georgenthaler Porphyrite fehlen die Goldlauterer Schichten, von spärlichen Sedimenten fraglicher Zuordnung abgesehen.

Provinz Friedrichroda (F)

Mit sehr grobkörniger Schüttung breitet sich bei Friedrichroda eine vorherrschend, jedoch nicht ausschließlich porphyritische Geröllprovinz aus. Neben Porphyr, dessen Anteil meist um 10 % beträgt, treten Granit- und Gneisgerölle auf (BARTMANN 1965; WEISSE 1965). Sie waren im Einzugsgebiet unter einer mächtigen Decke Gehrener Vulkanite bereits in gewissem Umfang angeschnitten. Die Zusammensetzung der Sandsteine, die JUDERSLEBEN (1972, Abb. 7) in der Bohrung Tabarz untersuchte, stimmt nur im oberen Teil der Goldlauterer Schichten annähernd mit den geröllanalytischen Ergebnissen überein. In den tieferen Teilen des Profils herrscht granitischer Detritus gegenüber Vulkanitkörnern stark vor. Es ist zur Zeit noch nicht bekannt, ob die Geröllspektren der tieferen Konglomerate, die übertage nicht aufgeschlossen sind, sich ähnlich zusammensetzen. Nach

Aussage der Sandsteine nimmt der Granitanteil jedenfalls nach oben hin stark ab. - Die nordwestliche Grenze der Friedrichrodaer Geröllprovinz liegt im Gebiet von Tabarz - Fischbach.

Provinz Schmerbach (G)

Nur auf geringer Fläche verbreitet, geröllfaziell aber sehr wichtig, sind die Goldlauterer Konglomerate südlich von Schmerbach. Sie bestehen zur Hälfte aus Komponenten des prästefanischen Grundgebirges, wobei ein wesentlicher Anteil auf Glimmerschiefer und Gneise entfällt. Das Liefergebiet, auch hier im NE gelegen, gehört zum Ruhlaer Kristallin. Eine lückenhafte Bedeckung von Gehrerner Vulkaniten mit etwa gleichem Anteil an Porphyry und Porphyrit war noch vorhanden.

4.3.2.3. Westliche Provinz (H)

Die aus westlicher Richtung angelieferten Sedimente enthalten nur wenige, meist feinkonglomeratische Einschaltungen. Am Knickstein bei Winterstein (Wi 94) ist ein geringmächtiger Konglomerathorizont aufgeschlossen. Die sehr schlecht gerundeten Gerölle bestehen ganz vorwiegend aus Vulkaniten, unter denen ein extrem fluidal texturierter Quarzporphyry vorherrscht. In geringer Menge kommen Quarze, Quarzite und Granite vor. Die Mengenanteile sind für die westliche Schüttungsprovinz wahrscheinlich nicht repräsentativ, zumal der Aufschluß noch im Bereich der Umbiegung der Transportvektoren aus der SW- in die SE-Richtung liegt.

Bei Pappenheim enthalten konglomeratische Einschaltungen der Basisschichten eine prästefanische Geröllassoziaton von Grauwacken, Quarziten, Schiefnern, Glimmerschiefern und Graniten. Daneben sind rotliegende Vulkanite enthalten, unter denen Porphyrite vorherrschen. Insgesamt ähnelt die westliche Geröllprovinz in ihrer Assoziation der Provinz Schmerbach. Im Einzugsgebiet wurde eine lückenhafte Decke von Gehrerner Vulkaniten abgetragen, unter denen Teile des Ruhlaer Kristalline zutage kamen. Das paläomorphologische Relief war wesentlich schwächer als in den Hochgebieten am nordöstlichen Beckenrand.

4.3.3. Gesamtbild

Die relativ große Mächtigkeit der Goldlauterer Schichten und ihre Verbreitung über den gesamten mittleren Thüringer Wald bieten günstige Voraussetzungen für eine Dispersionsanalyse. Das Strömungsmuster, das sich durch Kartierung der Transportvektoren in seinen Grundzügen rekonstruieren läßt, gliedert sich sinnvoll in das Faziesmuster des Beckens (LÜTZNER 1979) ein. Die konzentrisch angelegten Faziesgürtel werden von dem Vektorfeld annähernd zentripetal überquert.

In den Strömungsrichtungen der psephitischen Rotsedimente am nordöstlichen Beckenrand bildet sich das paläomorphologische Gefälle an der Beckenflanke ab. Nach der Ge-

samtform und den Schicht- und Korngefügen der Konglomerate entstanden die Ablagerungen in einem 2 - 7 km breiten Saum von Bergfuß-Schwemmfächern, der sich vor einer reliefstarken, NW--SE streichenden Querschwelle, der Plaue-Ohrdrufer Schwelle (Abb. 36), entwickelte (LÜTZNER 1978, 1979). Die kurzfristige Bildung dieses Hochgebiets, dessen Längserstreckung der bevorzugten paläotektonischen Bruchrichtung in der weiteren Umgebung des Thüringer Waldes folgt, führt zu der Vermutung, daß es sich um eine bruchtektonisch herausgehobene Scholle handelt. Ihre Randstörungen sind nicht direkt der Beobachtung zugänglich, bzw. sie wurden durch saxonische Bewegungen an der nordöstlichen Randstörung des Thüringer Waldes und an der Gotha-Arnstädter Störungszone überprägt.

Der geologische Aufbau der Plaue-Ohrdrufer Schwelle bestimmt die Geröllspektren der nordöstlichen Goldlauterer Geröllprovinzen. Die Provinzen B bis G bilden die unterschiedliche Zusammensetzung der Einzugsgebiete benachbarter Schwemmfächer ab. Die Transportwege waren relativ kurz und betragen für die meisten Provinzen nicht viel mehr als 10 - 20 km. Dafür spricht neben den Sedimentgefügen der Konglomerate auch der hohe Gehalt an Vulkanitgeröllen, die aus der Plaue-Ohrdrufer Schwelle stammen müssen, da weiter nordöstlich im Bereich des Thüringer Beckens die Verbreitung der permischen Vulkanite endet (STEINER & BROSIN 1974). In der Geröllprovinz D ist mit einer Umlagerung von Psephiten der Manebacher und Oberen Gehrrener Schichten zu rechnen.

Aus SE erhielt das Goldlauterer Sedimentationsbecken eine Materialzufuhr entlang der Schleusinger Randzone. Die hier durch Messungen belegte nordwestliche Richtung der Paläoströmungen wird offenbar durch die im südwestlichen Vorland gelegene und zu Beginn der Goldlauterer Zeit herausgehobene Schleusinger Hochscholle "geschiebt" (LÜTZNER 1972). Die jüngsten Goldlauterer Sedimente der Schleusinger Randzone, Langenbacher Konglomerat und Wechsellagerung, scheinen dem Talzug entlang der Schleusinger Hochscholle nicht mehr zu folgen. In der Summe der stark variierenden lokalen Strömungsvektoren ist es wahrscheinlich, daß die fluviatilen Transportwege zu dieser Zeit die Schleusinger Hochscholle bereits überquerten und das Goldlauterer Becken über das südwestliche Vorland erreichten.

Die Geröllspektren der südöstlichen Zuflüsse variieren in ihrer Zusammensetzung nur wenig und ähneln insgesamt der Manebacher Geröllzusammensetzung in diesem Gebiet. Die Gerölle hatten zumindest teilweise einen Transportweg von mindestens 40 - 50 km. Eine Beimengung von Material aus der näheren Umgebung, insbesondere aus den inneren Teilen des Schwarzbunger Antiklinoriums, steht außer Zweifel. Im Unterschied zu den Schwemmfächern vor der Plaue-Ohrdrufer Schwelle weist die südöstliche Geröllprovinz Merkmale beginnender Reife auf. Die vor allem bei nachlassender Strömungsenergie einsetzende Härteauslese wird jedoch durch neue Schüttungsimpulse unterbrochen.

An seiner Westflanke erhielt das Goldlauterer Becken ebenfalls Materialzuflüsse. Die in der Wintersteiner Scholle aus NW zugeführten Konglomerate haben lokalen Charakter. Ihr Geröllmaterial stammt aus aufgearbeiteten Gehrrener Vulkanitdecken an der Ostflanke des Ruhlaer Kristallins. Dagegen sind die Paläoströmungen bei und südlich Pappenheim auf einen anhaltenden fluviatilen Zufluß zurückzuführen, der ein größeres Einzugsgebiet vermuten läßt. Das Spektrum der Gerölle, die hier nur in den basalen Sedimenten der Goldlauterer Schichten auftreten, enthält reichlich Komponenten des Ruhlaer Kristallins.

Im Inneren des Beckens, wo lakustrische Sedimentationsbedingungen herrschten (LÜTZNER 1979), wurde das hier überwiegend feinsandig-siltige Material subaquatisch verteilt. Wie das Strömungsmuster erkennen läßt, sind auch diese Paläoströmungen auf das Beckenzentrum gerichtet. Sie folgten offenbar dem paläomorphologischen Gefälle des Beckenbodens. Insgesamt erweist sich der Goldlauterer Sedimentationsraum als ein nahezu von allen Seiten aufgefülltes, in seinem Zentrum lakustrisches Becken. Der südwestliche Abschluß des Beckens ist noch unbekannt. Ein möglicher Abfluß könnte nur in dieser Richtung gelegen haben.

4.4. Oberhöfer Schichten

Die Oberhöfer Schichten umfassen die zweite Gesteinsfolge des Rotliegenden im Thüringer Wald, in der vulkanische Förderprodukte dominieren. Zum Unterschied von den Gehrener Schichten handelt es sich vorwiegend um saure Eruptivgesteine und Tuffe. Auch ist der Anteil an Sedimentgesteinen in den Oberhöfer Schichten insgesamt höher. Das vulkanische Geschehen beeinflusst aber maßgeblich die Sedimentationsprozesse. Zentrum der vulkanischen Tätigkeit ist der Oberhöfer Vulkanitkomplex, in dessen Bereich die Sedimentation fast völlig durch eruptive Gesteinsserien verdrängt wird. In den anderen Teilen des Thüringer Waldes kommt es zur Bildung mehr oder weniger zusammenhängender oder von Vulkanitdecken unterbrochener Ablagerungen.

Die lithostratigraphische Gliederung der Oberhöfer Schichten beruht hauptsächlich auf der petrographischen Beschaffenheit und Profilabfolge der sauren Eruptivgesteine. Seit langem wird die Gruppe der Älteren Porphyre mit großen Einsprenglingen von den Jüngeren Porphyren mit kleinen Einsprenglingen unterschieden. Die teilweise weit untergliederten Lokalprofile lassen sich mit Hilfe von charakteristischen Vulkanitdecken und Sedimentlagen in großen Zügen vergleichen. Für die Korrelation der vorwiegend vulkanitischen Serien mit den überwiegend sedimentären Profilen haben sich insbesondere geringmächtige, aber weit verbreitete Tuff-Tuffit-Horizonte bewährt. Einen Überblick über den derzeitigen Stand der Gliederung geben ANDREAS & HAUBOLD (1975) und LÜTZNER (1979).

Die Dispersionsanalyse der Oberhöfer Schichten beschränkt sich naturgemäß auf vorherrschend sedimentäre Teilfolgen und Teilgebiete. Die wichtigsten sind (in zeitlicher Reihenfolge

- die Grausedimente der Unteren Oberhöfer Schichten im Gebiet Ruppberg - Unterschönau - Schnellbach sowie der Wintersteiner Scholle,
- die Zwischensedimente im Oberhöfer Vulkanitkomplex nahe dem Bahnhof Oberhof,
- die Rotsedimente und Tuffite der Oberen Oberhöfer Schichten zwischen Rotterode und Friedrichroda.

4.4.1. Untere Oberhöfer Schichten zwischen Ruppberg und Schnellbach

Im Bereich der Ruppberg-Mulde und der Rotteröder Mulde bestehen die Unteren Oberhöfer Schichten aus einer ca. 200 m mächtigen, vorwiegend lakustrisch gebildeten Folge von sandig-siltigen Grausedimenten mit konglomeratischen Einlagerungen. In den Siltsteinen sind Strömungsmarken recht häufig anzutreffen, in sandigen Partien tritt Schrägschichtung auf, und in konglomeratischen Einschaltungen kann das Anlagerungsgefüge der Gerölle ausgewertet werden. Die Beobachtungsdichte wird durch die geringe Zahl von brauchbaren Aufschlüssen eingeschränkt.

In der Ruppberg-Mulde wird in den Aufschlüssen Ru 14, 15 und 17 (Abb. 32) durch Strömungsmarken eine nordwestliche Transportrichtung angezeigt. Das gleiche ergibt auch eine basisnahe Konglomerateinschaltung (Ru 20), in der die plattigen Gerölle nach SE gekippt sind und die langen Achsen der stengligen Formen parallel zur Fließrichtung liegen. Im Gegensatz dazu weisen Strömungsmarken im Aufschluß Ru 16 nach SW. Bei guter statistischer Absicherung des Mittelwertes muß man annehmen, daß es sich hier um eine lokale oder zeitweilige Abweichung von einer generell nach NW gerichteten Strömung handelt.

Weitere Richtungsbestimmungen konnten bei Unterschönau durchgeführt werden (Abb. 32). Mehrere Aufschlüsse (Us 6, 7, 15, 16) in fein- bis grobsandigen Sedimenten, die nur wenig über dem Dörmbach-Tuffit liegen, zeigen nordwestliche Transportrichtung, die auch durch das Anlagerungsgefüge konglomeratischer Einlagerungen aus unterschiedlichem Niveau (Us 23, 12) bestätigt wird. Die NW-Strömung setzt sich also von der Ruppberg-Mulde über den Südostflügel der Rotteröder Mulde weiter fort. Bemerkenswert ist das Schüttungsbild bei Unterschönau insofern, als hier auf engem Raum Meßpunkte als Goldlauterer und Unteren Oberhöfer Schichten verglichen werden können. In auffälliger Weise überschneiden die Vektoren der Unteren Oberhöfer Schichten die ältere N- bis NE-Richtung der Goldlauterer Schichten.

Am nordwestlichen Flügel der Rotteröder Mulde liegen die Meßpunkte Schn 8, 12, 16 und 18, die durch Strömungsmarken einheitlich eine Schüttung nach NNE bis NE belegen (Abb. 40). Der Materialstrom geht von einem Gebiet am südwestlichen Gebirgsrand bei Schnellbach aus, in dem die Unteren Oberhöfer Schichten in Rotfazies entwickelt sind. Ob dieser Einschüttung von SW ein entgegengesetzter Strom aus NE gegenübersteht, ist noch nicht näher bekannt.

Die Geröllfazies des Sedimentationsraums wurde mit den Proben Us 12 und Us 23 untersucht. In der Zusammensetzung dominieren rotliegende Vulkanite, wobei Porphyrit vorherrscht. Komponenten des Schiefergebirges sind mit 17 - 18 % beteiligt. Unter den Quarziten überwiegt die grünliche bis rötliche Varietät. Grauwacken sind ebenfalls in geringer Menge vorhanden. Bemerkenswert hoch ist der Granitanteil.

Noch weniger als in den tieferen Schichtgliedern kann der Geröllbestand der Oberhöfer Schichten einfach als Spiegelbild des geologischen Aufbaus im Einzugsgebiet interpretiert werden. Vielmehr muß damit gerechnet werden, daß umgelagertes Geröllmaterial aus älteren Sedimenten, besonders aus Goldlauterer und Manebacher Schichten, eingeschwemmt wurde. Das trifft auch auf die Konglomerate der Ruppberg-Mulde und im Ost-

flügel der Rotteröder Mulde zu. In Verbindung mit den Transportvektoren muß man annehmen, daß das Material aus SE antransportiert wurde. Hier liegt zwischen Heidersbacher Verwerfung und südwestlicher Randstörung die Scholle des Suhler Granits, für die schon in anderem Zusammenhang eine relative Heraushebung in saalischer Zeit postuliert worden war (LÜTZNER 1961). Goldlauterer Konglomerate können sowohl hier als auch weiter im SE abgetragen worden sein. Der Granitgehalt der Goldlauterer Konglomerate reicht jedoch nicht aus, um den relativ hohen Anteil in den Proben Us 12 und Us 23 zu erklären. Ein beginnender Anschnitt des Suhler Granits wäre möglich, er ist jedoch bei der hohen Mächtigkeit der Gehrener Vulkanitdecke dieses Gebietes unwahrscheinlich. Möglicherweise kamen die Granitgerölle teilweise weiter aus SE, wo im Bereich der Schleusinger Hochscholle vermutlich früher Granit angeschnitten war. Eine direkte fluviatile Zulieferung vom Granitkonglomerat der Schleusinger Randzone erscheint plausibel. Aus dieser Sicht gewinnt dessen Alterseinstufung in die Oberhöfer Schichten an Wahrscheinlichkeit.

4.4.2. Sedimente des Hauptzwischenmittels im Oberhöfer Vulkanitkomplex

Im südöstlichen Randbereich des Oberhöfer Porphyrykomplexes erreicht das Hauptzwischenmittel, das die Oberen Oberhöfer Schichten einleitet, in der weiteren Umgebung von Bahnhof Oberhof eine Mächtigkeit von 20 - 50 m. Neben Sand-, Silt- und Tonsteinen treten auch Konglomerate auf, an denen Transportrichtung und Geröllzusammensetzung untersucht wurden. Aus der Geröllorientierung (Abb. 14, Diagramm Ob 1, Ob 3) geht trotz starker Streuung der Einzelwerte eine nach NE verlaufende Transportrichtung hervor. Diagramm Ob 1 besitzt stark triklinen Charakter. Der Transportpfeil wurde nach dem Maximum der Belegdichte festgelegt. Im Diagramm Ob 3 erfolgte eine Korrektur nach der Symmetrie der hoch belegten Punktdichtefelder, da die Einmessung von Schichtflächen, nach der die Maßwerte der Geröllachsen zurückrotiert wurden, nicht zuverlässig war. Der nicht korrigierte Summenvektor würde mehr nach NNE zeigen. Eine nordöstliche Strömung zeigen auch Erosionsmarken in sandig-siltigen Sedimenten am Bühnholz an (Ob 4, Abb. 30).

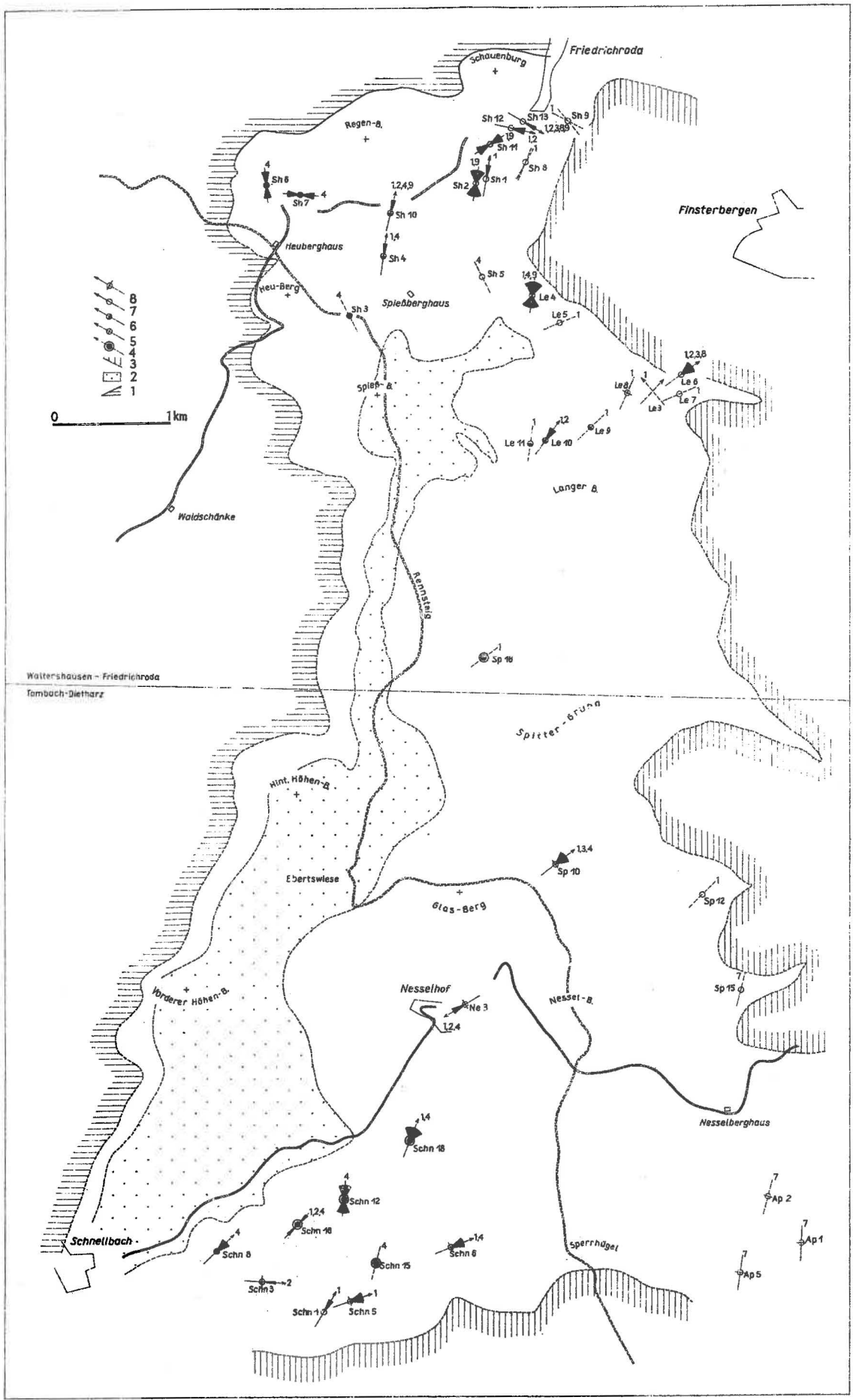
Die Geröllzusammensetzung (Analysen Ob 2, Ob 3) ist polymikt. Die Vorherrschaft von Vulkaniten in der unmittelbaren Umgebung dieser Sedimente wirkt sich offenbar nur in einem etwas erhöhten Porphyryanteil aus. Im übrigen enthalten die Konglomerate aufgearbeitetes Goldlauterer Geröllmaterial. Granitgerölle treten hier nicht auf, vermutlich war die Zufuhr durch einsetzende Tuffakkumulation oder tektonisch ausgelöste Umstellungen in der Entwässerung unterbrochen.

Südlich von Elgersburg kommen am Heidelberg und im oberen Körnbachtal stark differenzierte Sedimente vor, die bereits lithologisch bearbeitet wurden (LÜTZNER 1964 a). Sie werden als Schuttfächersedimente an einer Geländestufe, die durch tektonische Bewegungen an der Kammerberg-Störung entstand, aufgefaßt. Da Aufschlüsse fehlen, kann die Schüttungsrichtung nicht direkt bestimmt werden. Nach Geröllanalysen, Faziesdifferenzierung und tektonischen Studien muß man eine Schüttung von E nach W annehmen.

Abb. 40. Transportrichtungen der Oberhöfer Schichten im Gebiet Friedrichroda - Schnellbach

1 - Goldlauterer Schichten; 2 - Dolerit der Höhenberge (Intrusion); 3 - Rotteröder und Tambacher Schichten; 4, 5, 6, 7 - Meßpunkt in Oberhöfer Schichten, unterer Teil in Graufazies, unterer Teil in Rotfazies, Sedimente zwischen Älteren und Jüngeren Porphyren bzw. Sedimente über dem Jüngeren Porphyr; 8 - Tuffite der Jüngeren Porphyre

Art der ausgewerteten Sedimentgefüge (Zahlensymbole an den Transportvektoren): 1 - Erosionsmarken; 2, 3 - Gegenstandsmarken, bipolar bzw. polar; 4 - Strömungsstreifung; 7 - Kornorientierung in Sandsteinen; 8 - Schrägschichtung, Rippeln; 9 - Furchenmarken



4.4.3. Rotsedimente und Tuffite der Oberen Oberhöfer Schichten

Im nordwestlichem Thüringer Wald besitzen die Porphyrdecken der Oberen Oberhöfer Schichten generell geringere Mächtigkeit als im Oberhöfer Porphyrkomplex. Zwischen und über den Vulkaniten lagern vorwiegend sandig-siltige Rotsedimente, in denen die Transportrichtung aus Strömungsmarken ermittelt werden kann (Abb. 40).

Bei Friedrichroda weisen die Vektoren im Hauptzwischenmittel (Sh 4, Sh 10) nach NNE. Die gleiche Richtung ergeben die tiefsten Fundstellen in der Oberen Sedimentzone (Sh 1, Sh 2). Je höher im Profil dann die weiteren Meßpunkte Sh 8 - 13 liegen, um so mehr drehen die Vektoren auf NE, E und schließlich auf ESE ab. Im Mittel ergibt sich eine nordöstliche Transportrichtung, wie sie auch in einer zweiten dicht belegten Maßreihe im Leinatal südwestlich von Finsterbergen wiederkehrt (La 6 - 11). Einzelne, statistisch allerdings nur wenig gesicherte Messungen weichen nach NNE ab. Charakteristisch für die starke Streuung in Tuffiten ist Aufschluß Le 3, wo auf zwei Schichtflächen von nur 3 cm Abstand Hufeisenmarken einmal nach NE und andererseits nach NW zeigten.

Die generell nordöstliche Transportrichtung bei Friedrichroda wiederholt sich im Gebiet östlich von Schnellbach (Abb. 40). Die Beobachtungen liegen hier teils in Tuff-Tuffit-Wechselfolgen, die die Jüngeren Porphyre faziell vertreten, teils in liegenden und hangenden Sedimenten. Als Strömungsindikatoren wurden Marken, kleine Schrägschichtungsformen sowie das Korngefüge von Sandsteinen verwendet. Am nordwestlichen Flügel der Rotteröder Mulde (Schn 1, 2, 3, 5, 6, 15) ergibt sich im Mittel nordöstliche Richtung. In vier Fällen handelt es sich um statistisch gut gesicherte Vektoren. Auch im Aufschluß Sp 10 zeigen Strömungsmarken klar nach NE. Aus diesem Grunde kann man annehmen, daß an den Belegpunkten in der Umgebung des Nesselberghauses, für die nach dem Korngefüge von Sandsteinen nur die im Mittel NNE--SSW verlaufende Achse des Transportes ermittelt wurde, ebenfalls eine nach NNE bis NE gerichtete Strömungsrichtung herrscht. Als Ausnahme in diesem relativ einheitlichen Gesamtbild erscheint das Ergebnis von Aufschluß Ne 3. In einer engschichtigen Wechsellagerung von feinkörnigen Tuffen und Tuffiten weisen hier zahlreiche Strömungsmarken nach SW. Die Ursache dafür liegt wahrscheinlich in einem unausgeglichenes Relief. Die durch häufige Aschenfälle stets erneut unregelmäßig gestaltete Oberfläche wurde durch Umlagerungen des Lockermaterials ausgeglichen, wobei die lokalen Strömungsrichtungen insgesamt dem regionalen Gefälle folgen, lokal aber auch Abweichungen bis zur Gegenrichtung möglich sind.

4.4.4. Gesamtbild

In ihrer sedimentären Ausbildung westlich und nordwestlich des Oberhöfer Porphyrkomplexes füllen die Unteren Oberhöfer Schichten einen restlichen lakustrischen Sedimentationsraum aus, der seit den Goldlauterer Schichten bestand. Die von SE vorrückenden psephitischen und grobsandigen Schüttungen weichen mit ihrer nordwestlichen Richtung von den Paläoströmungen der darunterliegenden Goldlauterer Schichten deutlich ab. Geröllanalytisch macht sich der Einfluß von Gesteinskomponenten geltend, die bereits in den Goldlauterer Schichten für die südöstliche Provinz typisch waren (Schiefer, Grauwacken). Möglicherweise hat die fluviatile Zufuhr aus dieser Richtung weiter bestanden. Daneben muß eine Aufarbeitung von Goldlauterer Konglomeraten im Bereich der Suhler Scholle in

Betracht gezogen werden.

Neben der südöstlichen Zufuhr wird eine Auffüllung des Beckens auch aus nordwestlicher Richtung durch die in der Wintersteiner Scholle gemessenen Transportvektoren belegt (Abb. 33). Eine Materiallieferung aus NE ist im Gebiet von Friedrichroda anzunehmen. Demgegenüber sind die Älteren Porphyre des Oberhöfer Porphyirkomplexes weder im Strömungsbild noch im Geröllbestand nachzuweisen. Sie traten paläomorphologisch offenbar nicht in Erscheinung.

In den Oberen Oberhöfer Schichten setzt sich eine Tendenz zu nordöstlicher Transportrichtung durch. Sie tritt sowohl im südöstlichen Teil des Oberhöfer Vulkanitkomplexes auf, wo in psephitischen Sedimenten ein Gemisch aus lokalen vulkanitdetritischen Abtragungsprodukten sedimentiert wird, als auch in der vorwiegend sedimentären Fazies nordwestlich des Vulkanitkomplexes. Hier handelt es sich um vorwiegend subaerische Transporte bei geringer Strömungsenergie. Während der Akkumulation feinkörniger vulkanischer Aschen setzen sich die sedimentären Umlagerungen mit gleicher Richtungstendenz fort, wobei jedoch der lokale Vektor infolge rascher Veränderung des Mikroreliefs stark variieren kann.

4.5. Rotteröder Schichten

Die Rotteröder Schichten bestehen aus einer horizontal und vertikal rasch wechselnden Folge von Konglomeraten und Sandsteinen mit Lagen von Tuffen. Am Gebirgsrand zwischen Floh und Altersbach verzahnen sich die Sedimente auf kurze Entfernung mit einer Serie von sauren Vulkaniten, die lediglich durch geringmächtige Sediment- und Tufflagen getrennt sind. Die Rotteröder Schichten wurden zuerst von PATZELT (1966) ausgeschieden. Seine Befürwortung einer Parallelisierung mit den Tambacher Schichten wurde durch HAUBOLD & KATZUNG (1972) in Zweifel gestellt, da zwischen den in beiden Schichtenfolgen lokal gefundenen Fährtenfaunen biostratigraphische Unterschiede bestehen. Die Eigenständigkeit der Rotteröder Schichten wird damit unterstrichen, wobei die Frage der lithostratigraphischen Beziehung zwischen Rotteröder und Tambacher Schichten zur Zeit noch nicht eindeutig geklärt ist (PATZELT 1977; LÜTZNER 1979).

Konglomeratische Sedimente treten in den Rotteröder Schichten besonders im tieferen Teil auf. Am südöstlichen Flügel der Rotteröder Mulde handelt es sich um monomikte Porphyirkonglomerate. Am nordwestlichen Muldenflügel treten dagegen im gleichen stratigraphischen Niveau polymikte Konglomerate auf (Struther Konglomerat). In einem höheren Niveau liegt nahe dem Gebirgsrand bei Altersbach das Hirzberg-Konglomerat.

4.5.1. Transportrichtungen (Abb. 40)

Am nordwestlichen Flügel der Rotteröder Mulde ergeben die Aufschlüsse im Struther Konglomerat (He 1, 3, 4, 6, 12) eine Sedimentlieferung aus westlicher Richtung. Eine Ausnahme macht nur der gegenläufige Vektor von He 5. Die aus den Diagrammen (Abb. 15, 16) abgeleiteten Richtungen stimmen mit den Summenvektoren (Tab. A) gut überein, obwohl die Belegdichtfelder teilweise stark aufgegliedert sind und häufig steile Geröllagen

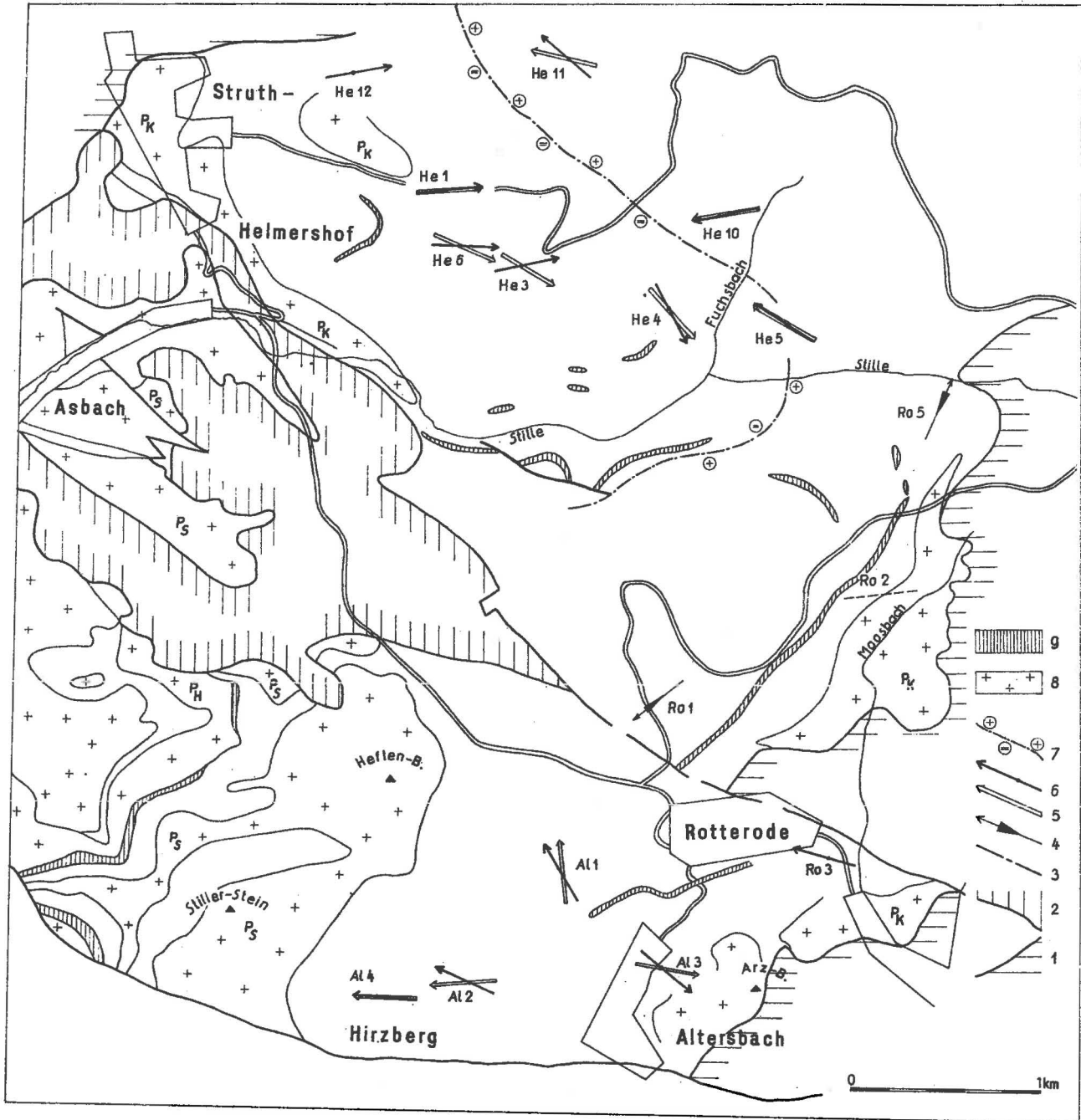


Abb. 41. Transportrichtungen der Rotteröder Schichten

1 - Oberhöfer Schichten; 2 - Zechstein; 3 - Richtungsbestimmung aus bipolaren Strömungsmarken; 4 - Richtungsbestimmung aus polaren Strömungsmarken; 5 - Richtungsbestimmung nach Orientierung plattiger Gerölle, numerische Auswertung (Summenvektor); 6 - Richtungsbestimmung nach Orientierung plattiger Gerölle, visuelle Diagrammauswertung; 7 - Grenze zwischen polymikter Geröllprovinz (Strichsignatur) und Porphyryprovinz (Kreuzsignatur); 8 - Quarzporphyre der Rotteröder Schichten; 9 - Tonstein-Tuffit-Horizont

aufzutreten. Ein klares Maximum bei deutlich monokliner Symmetrie besitzen die Diagramme He 5, He 6 und He 12. In den Diagrammen He 1 und He 4 wurde zwischen zwei vorhandenen Teilmaxima gemittelt. He 3 besitzt stark triklinen Charakter. Im Gegensatz zum Struther Konglomerat ergeben Messungen im Porphyirkonglomerat (He 10, 11, Ro 3) eine Schüttung aus östlicher Richtung. Die Qualität der Diagramme ist nicht besonders gut, jedoch wird der auffallende Gegensatz zur Transportrichtung des Struther Konglomerates dadurch keineswegs in Zweifel gezogen. Bei He 11 besteht zwischen graphisch und rechnerisch bestimmten Vektoren - offensichtlich wegen zu geringer Anzahl von Messungen - eine Differenz von 27° . Die Diagramme He 10 und Ro 3 sind unsymmetrisch besetzt. Während He 10 nach den aufgereihten Teilmaxima korrigiert werden kann, bleibt in Ro 3 auf Grund der triklinen Symmetrie zwischen Belegdichte und Summenvektor eine Differenz von ca. 45° .

Wir finden also in der Rotteröder Mulde eine zweiseitige Einschüttung, die einerseits von W, andererseits von E bis ESE antransportiert wurde. Etwa im Bereich der heutigen Muldenachse treffen die beiden Sedimentströme aufeinander. Die Transportenergie war relativ gering. Das Porphyirkonglomerat der Rotteröder Mulde ist stets sehr sandreich und von Sandlagen durchsetzt. Auch das durchschnittlich gröbere Struther Konglomerat enthält bereits bei Struth (Aufschluß He 12) zahlreiche Sand- und Siltschichten, die in Richtung zum Stille-Tal noch zunehmen. Die nach dem Gesamtbild der Vektoren scheinbar aufeinanderprallenden Schüttungen muß man sich als ausklingende Schotterstriche in einer zwischenliegenden, ungefähr N--S verlaufenden Talsenke vorstellen. Die aus E kommende Strömung war jedoch in der Lage, die Ausläufer der polymikten Schotter aus der Gegenrichtung (Struther Konglomerat) stellenweise zurückzutransportieren und umzuregeln. Eine andere Deutung ist für die Transportrichtung im Aufschluß He 5, die auch durch Schrägschichtung bestätigt wird, nicht möglich.

Das Hirzberg-Konglomerat besteht ebenfalls aus zwei gegenläufiger Schüttungen von den Flanken eines engen Sedimentationsraums. Mit Ausnahme von Al 3, wo der Transport nach SE verläuft, zeigen die Vektoren in den polymikten Konglomerat-Aufschlüssen Al 1, 2 und 4 nach W bis NW. Relativ geschlossene Dichtefelder besitzt Diagramm Al 4, während der triklinen Einschlag in Al 1 und Al 2 wieder dazu führt, daß Belegdichte und Summenvektor um 25° bzw. 30° differieren (Abb. 16).

In seinem westlichen Teil besteht das Hirzberg-Konglomerat monomikt aus Geröllen des Stillerstein-Porphyr, dem das Konglomerat seitlich angelagert ist. Man muß mit PATZELT (1966) annehmen, daß dieser Teil, der den nur über kurze Strecke transportierten Abtragungsschutt des morphologisch aufragenden Stillerstein-Porphyr darstellt, aus W bis NW geschüttet wurde. Direkte Bestimmungen sind wegen fehlender Aufschlüsse nicht möglich. Möglicherweise stellt der Aufschluß Al 3 einen früh geschütteten Ausläufer dieses Sedimentfächers dar. Die Gerölle bestehen hier ebenfalls fast ausschließlich aus Porphy.

4.5.2. Geröllprovinzen

Wie bereits erwähnt, sind in den Rotteröder Konglomeraten zwischen Rotterode und Struth-Helmershof deutlich zwei Geröllprovinzen zu unterscheiden. Die östliche Provinz zeichnet sich durch monomikte Zusammensetzung aus Quarzporphyren aus. Da die Transportvektoren eine Herkunft aus östlicher Richtung anzeigen, muß das Liefergebiet in dem von

Jüngeren Porphyren bedeckten Oberhöfer Vulkanitkomplex gesucht werden. Nach Geröllfazies und Herkunftsgebiet stimmt das Porphyrkonglomerat der Rotteröder Schichten weitgehend mit dem Unteren Konglomerat der Tambacher Schichten überein. Ein lithologischer Unterschied besteht im Sandgehalt, der im Rotteröder Porphyrkonglomerat wesentlich höher ist als im Unteren Tambacher Konglomerat.

Das Struther Konglomerat stellt geröllanalytisch eine quarzreiche polymikte Provinz dar. Rotliegende Vulkanite bestreiten nur etwa die Hälfte der Geröllspektren, wobei Porphyrit normalerweise vorherrscht. Nur in der Kiesgrube Struth, die stratigraphisch sehr tief liegt, enthalten die Proben in gleicher Menge auch Porphyr. Auffallendste Merkmale des Struther Konglomerates sind die deutliche Härteauslese und die gute Geröllrundung. Quarz und Quarzit beherrschen den Grundgebirgsanteil. Granit ist vorhanden, aber offenbar in starkem Maße zerrieben und in der grobsandig-feinkiesigen Konglomeratmatrix angereichert. Die Herkunft der Geröllprovinz ist eindeutig im W der Rotteröder Mulde zu suchen. Das Auftreten von Quarziten mit großen Glimmern, von Glimmerschiefern und gneisartigem Metamorphiten weist auch auf ein metamorphes Liefergebiet (Ruhlaer Kristallin) hin, das teilweise von rotliegenden Vulkaniten bedeckt war. Unklar bleibt jedoch, ob das Einzugsgebiet tatsächlich an den relativ schmalen Rücken zwischen Rotteröder (Teil-) Senke und Werra-Senke gebunden war. Die ungewöhnlich hohe Reife des Sedimentes spricht gegen einen kurzen Transportweg. Ein Zufluß quer über die Ruhlaer Schwelle wäre möglich, jedoch sind aus den Bohrungen im Werra-Gebiet dafür nur schwer Hinweise abzuleiten. Vielleicht war der Transportweg dadurch verlängert, daß sein oberer Abschnitt im Streichen des kristallinen Hochgebietes verlief.

Das Mengenverhältnis der Gesteinsbruchstücke in den von JUDERSLEBEN (1972) untersuchten Sandsteinproben stimmt mit den Ergebnissen der Geröllanalyse gut überein.

Eine Porphyr-Porphyrit-Provinz mit geringem Grundgebirgsanteil wird durch das Hirzberg-Konglomerat repräsentiert. Porphyr herrscht auch hier im Geröllbestand vor. Neben Porphyrit fällt der relativ hohe Gehalt an roten Sedimenten (besonders Tonstein) und Tuff auf. Das weist auf Aufarbeitung älterer Rotliegendensedimente hin, die zugleich auch den Grundgebirgsanteil im Geröllbestand geliefert haben. Die relativ seltenen prästefanischen Gerölle bestehen aus Quarz, Quarzit und Granit, dagegen fehlen die typischen Komponenten des Ruhlaer Kristallins. Die Materiallieferung erfolgte, auch nach den ermittelten Transportvektoren, aus SE. Die Transportstrecke kann nicht lang gewesen sein, da relativ weiche Sedimentgerölle noch zahlreich enthalten sind. Als Einzugsgebiet wird die Suhler Scholle oder deren südöstliches Hinterland vermutet.

Zur gleichen Geröllprovinz gehören neben dem Hirzberg-Konglomerat auch die vorwiegend sandigen Sedimente in der Umgebung von Rotterode (Tab. C, Analyse Ro 1). Granit scheint auf das Hirzberg-Konglomerat beschränkt zu sein.

4.6. Tambacher Schichten

Die Tambacher Schichten setzen sich aus rotbraunen Konglomeraten und Sandsteinen zusammen, die in feinkörnigen Bereichen auch siltige und tonige Lagen enthalten können.

Bei Elgersburg sind als letzte Nachläufer des Vulkanismus nochmals zwei kleine Porphyrkörper und eine geringmächtige Melaphyrdecke eingeschaltet.

Die Verbreitung der Tambacher Schichten verteilt sich auf drei primär getrennte Ablagerungsgebiete mit unterschiedlicher Mächtigkeit, jedoch mit sehr ähnlicher lithologischer Ausbildung. Die Konglomerate haben durchweg den Charakter von Schwemmfächerse-dimenten (Typ C, untergeordnet Typ D nach LÜTZNER 1978). Die größte Verbreitungsfläche finden die Tambacher Schichten in der weiteren Umgebung von Tambach-Dietharz (Tambacher Becken). Sie gliedern sich hier in das Untere oder Bielstein-Konglomerat (100 m), den Tambacher Sandstein (bis 80 m) und das Obere oder Finsterberg-Konglomerat (70 m). Auch im Elgersburger Becken erreichen die Tambacher Schichten relativ große Mächtigkeit. Infolge der am Gebirgsrand relativ steilen Lagerung ist die Ausstrichfläche geringer als bei Tambach-Dietharz. Die Gliederung ist ähnlich wie im Tambacher Becken. Das Untere oder Schwalbenstein-Konglomerat (200 m) enthält die erwähnten vulkanitischen Einschaltungen. Darüber folgen der Elgersburger Sandstein (30 m) und das Obere oder Totenstein-Konglomerat (100 m). Ein kleines und geringmächtiges Vorkommen Tambacher Konglomerate gibt es ferner bei Benshausen.

4.6.1. Tambacher Becken

Mit der Schüttungsrichtung der Tambacher Konglomerate befaßte sich M. KNOTH (1957) im Rahmen einer Diplomarbeit. Als Indikator für die Schüttungsachse wurden die langen Achsen stengliger Gerölle verwendet, zur Ermittlung der Schüttungsrichtung diente die Fallrichtung einer geringeren Anzahl von plattigen Geröllen. Wegen der oft mehrdeutigen Gefügediagramme stengliger Gerölle bringt nur ein Teil der Meßpunkte sicher deutbare Befunde, die dann in die Karte der Schüttungsrichtungen (Abb. 42) mit eingezeichnet sind. Die Grundzüge des Schüttungsbildes hat M. KNOTH (1957) ungeachtet einiger Irrtümer bereits richtig erkannt.

Die im Tambacher Becken festgestellten Transportvektoren sind in Abb. 42 für alle Horizonte zusammengestellt. Betrachten wir zunächst nur das Untere Konglomerat, so fällt am südöstlichen Muldenflügel ein ziemlich einheitlich geregelter Zug von Transportpfeilen auf, der über die Meßstellen Di 14, 5, 12, Ta 1, 2 und 11 im Mittel nach NW weist. Mit einer mittleren Abweichung $s = 24^\circ$ bleibt die Schüttungsrichtung hier über 6 km auffallend konstant. Im Marderbachtal verlief der Geröllstrom nach den von M. KNOTH aufgenommenen Diagrammen etwas mehr nach WNW. Eine stärker abweichende Richtung, die aber im Rahmen des genetischen Gesamtbildes verständlich wird, ergeben die Meßpunkte Gg 5 (nach W) und Di 13 (nach SW). Für den letztgenannten Meßpunkt ist zu berücksichtigen, daß er stratigraphisch sehr hoch liegt, so daß schon im Aufschluß mit relativ geringer Geröllgröße und eingeschalteten Feinkies-Grobsand-Bänken nicht mehr das typische Bild des Unteren Konglomerates vorhanden ist. Die zur Kontrolle ausgezählten Diagramme Gg 5 und Di 13 ergeben ausreichende Übereinstimmung mit dem Summenvektor. Wegen stark zerrissener Belegdichtfelder läßt sich die Transportrichtung aus Diagramm Di 13 nicht genau bestimmen (zu geringe Punktzahl). Im Diagramm Gg 5 zeigt der Transportvektor nach der Punktdichte etwas mehr nach WNW.

schichtungsmessungen nach WURSTER (1964). Die Messungen bei Finsterbergen ergeben insgesamt einen deutlichen NE-Transport (Abb. 42).

Etwas abweichende Ergebnisse lieferten Weganschnitte im Erfurter Grund. Am Meßpunkt Ct 16 mit SE-Richtung ist der Vertrauensbereich relativ breit, und auch die Beobachtungen bei Ct 2 (SW-Richtung) sind wenig gesichert, so daß diesen Vektoren keine hohe Bedeutung zukommt. Gleichwohl sind derartige Abweichungen als Einzelercheinungen in einem breiten NE-Strom durchaus möglich.

Das Obere Konglomerat hat heute nur noch geringe Verbreitung. Das Anlagerungsgefüge ergibt eine Schüttung nach ENE (Hn 1, Hn 3) bis NE (Hn 3). Auch Strömungsmarken in feinkörnigen Zwischenlagen weisen ungefähr nach E (Hn 2, Hn 5). Generell kann man auf eine von W nach E gerichtete Schüttung schließen, die stromab wahrscheinlich nach NE ein-schwenkt. Gegenüber dem Tambacher Sandstein besteht also eine spitzwinkelige Über-schneidung. Die Schüttung zeigt die Wiederbelebung eines im Westen gelegenen Lieferge-bietes an, wobei das Material weiterhin, der älteren Bahn folgend, nach NE abwandert.

Geröllanalytisch handelt es sich um eine quarzarme polymikte Schüttung. Im Vulkanit-anteil herrschen wiederum Porphyre vor. Nach den Analysen von THALHEIMER (1965) sind sowohl Quarzite als auch Gneise, Migmatite, Glimmerschiefer und Granite vorhanden. Die Geröllrundung ist schwach. Zweifellos stammt diese Geröllgemeinschaft aus dem Ruhlaer Kristallin in der weiteren Umgebung von Brotterode.

4.6.2. Elgersburger Becken

Über die in den Tambacher Schichten bei Elgersburg ermittelten Transportrichtungen wurden bereits Einzelheiten mitgeteilt (LÜTZNER 1966 a). Der Sedimentstrom verlief im Schwalbenstein-Konglomerat generell nach NE, wobei in einzelnen Aufschlüssen an der nordwestliche Flanke eine von NW nach SE gerichtete, tributäre Einschüttung deutlich wird (El 3, El 4). An der Gegenflanke ist eine südwestliche Nebenrichtung angedeutet (El 9, El 10). Nach der Verteilung der maximalen Korngröße (LÜTZNER 1966 a, Abb. 9) hat die nordwestliche Komponente die größere Bedeutung.

Die monomikte Zusammensetzung des Schwalbenstein-Konglomerats kann in Verbindung mit den Transportvektoren für den nordwestlichen Teil des Elgersburger Beckens wiederum ein-deutig auf das Liefergebiet im Zentrum des Oberhöfer Porphyrkomplexes bezogen werden.

Etwas unklar ist die Herkunft der rein porphyrischen Konglomerate im südöstlichen Flügel des Elgersburger Vorkommens. Nach den teilweise NW gerichteten Vektoren im Schwalbenstein-Konglomerat wären hier schon Porphyritgerölle zu erwarten. Entweder han-delt es sich um lokale Abweichungen einer generell NE gerichteten Schüttung, oder die tributären Zuflüsse stammen aus Gehrener Porphyren.

Das Totenstein-Konglomerat enthält in geringer Menge Quarz, Quarzit, Schiefer und sehr selten Granit. Diese Gerölle kommen zweifellos aus aufgearbeiteten Goldlauterer Konglomeraten, die westlich von Elgersburg in einer polymikten Geröllfazies (Provinz Dörrberg-Silbergraben) vorliegen.

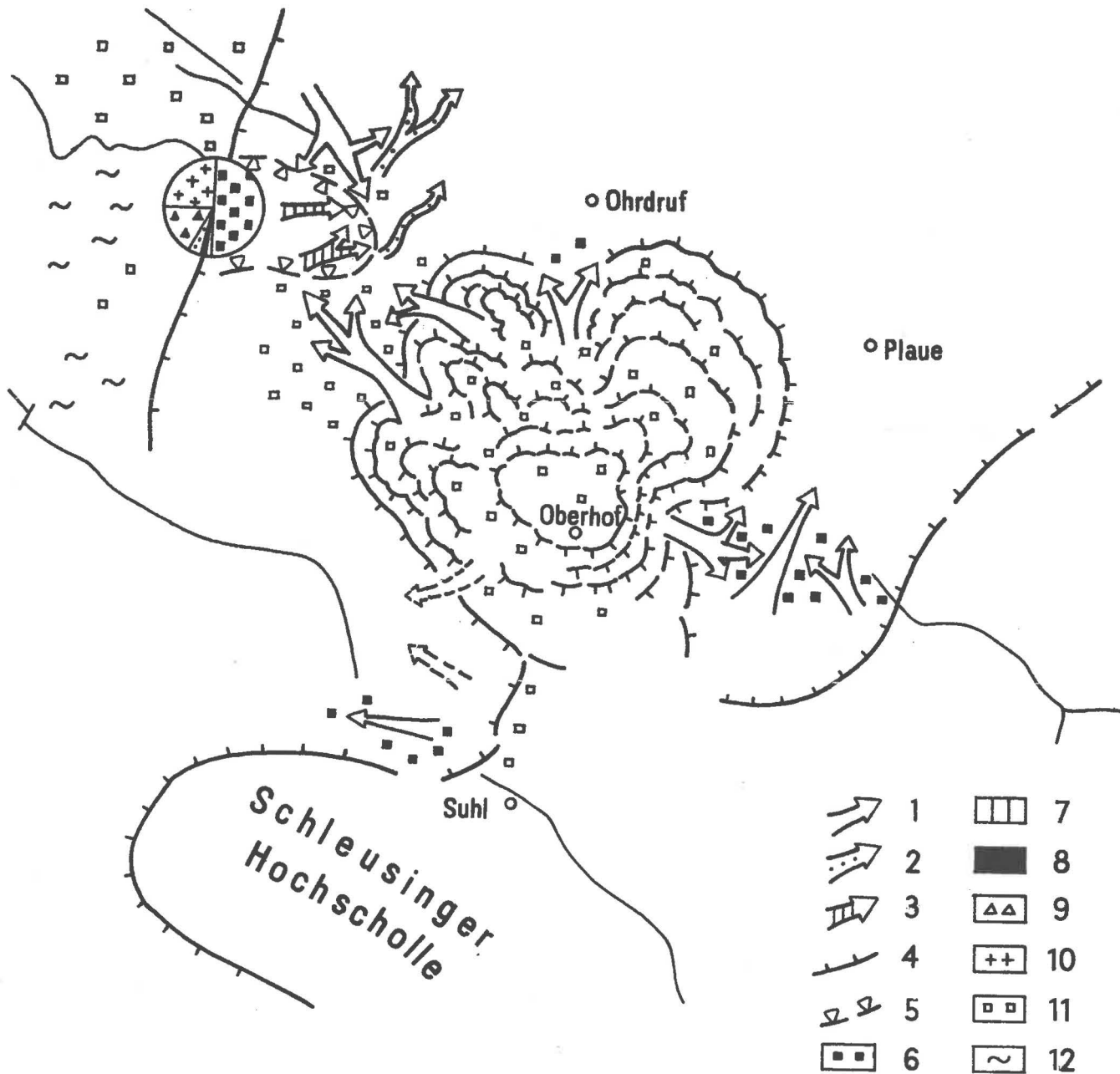


Abb. 43. Transportrichtungen und Geröllzusammensetzung der Tambacher Schichten

1, 2, 3 - Transportrichtung von Unterem Konglomerat, Tambacher Sandstein bzw. Oberem Konglomerat; 4 - Grenze des Sedimentationsraums; 5 - Geröllfazies des Oberen Konglomerats; Geröllzusammensetzung: 6 - Porphyr, 7 - Porphyrit, 8 - Quarz, 9 - Metamorphite, 10 - Granit; Liefergebiete: 11 - Porphyr, 12 - prästefanisches Grundgebirge

4.6.3. Tambacher Schichten bei Benshausen

Östlich von Benshausen bestehen die Tambacher Schichten lediglich aus ca. 50 m fein- bis grobkiesigen Konglomeraten. In dem nur kleinen Verbreitungsgebiet wurden an zwei Stellen plattige Gerölle eingemessen. Die Diagramme (Abb. 17) zeigen deutlich eine Schüttung nach WNW an. Die Konglomerate bestehen auseinschließlich aus Porphyrgeröllen. Sie sind mit BÖHNE (1916) als lokales Abtragungsprodukt des darunterliegenden Jüngeren Porphyrs zu erklären.

4.6.4. Gesamtbild

Im Gesamtbild des Tambacher Strömungsmusters tritt insbesondere das Zentrum des Oberhöfer Vulkanitkomplexes als Liefergebiet der Porphyrkonglomerate hervor. Dieses Hochgebiet, das inmitten der Saale-Senke liegt, wird zumindest im NW und SE von Bergfuß-Schwemmfächern gesäumt. Es ist zu erwarten, daß ähnliche Bildungen auch vor dem verdeckten Nordostrand des Vulkanitkomplexes entwickelt sind. Die Schwemmfächersedimente dieser Herkunft füllen zu einem wesentlichen Teil das Tambacher und das Elgersburger Becken, die an den Flanken des Vulkanitkomplexes gebildet wurden. An ihrer Auffüllung sind fernerhin Einschüttungen von der Gegenflanke der Becken beteiligt, die ebenfalls auf die Abtragung von flächenhaft verbreiteten Porphyrkörpern zurückgehen. In diesen Liefergebieten, die in der Nachbarschaft der Becken vermutet werden müssen, war die Reliefenergie geringer als im Vulkanitkomplex von Oberhof. Abtragungsprodukte tieferer Horizonte treten erst mit dem vom Ruhlaer Kristallin geschütteten Oberen Konglomerat des Tambacher Beckens in Erscheinung.

Die Sedimentationsbecken der Tambacher Schichten waren, wie sich aus Abb. 43 erkennen läßt, engräumige Talsenken. Im Tambacher Becken treffen die Schwemmfächer beider Flanken zunächst gegenläufig aufeinander, ohne daß es sichere Hinweise auf Materialtransport in der Beckenachse gibt. Der in der Mitte des Elgersburger Beckens feststellbare Längstransport nach NE (LÜTZNER 1966 a) setzt sich bei nachlassender Reliefenergie der Liefergebiete dann auch im Tambacher Sandstein durch. - Die Schüttung der Tambacher Schichten bei Benshausen steht wahrscheinlich nicht im Zusammenhang mit dem zentralen Hochgebiet des Oberhöfer Vulkanitkomplexes.

4.7. Eisenacher Schichten

Nordwestlich vom Ruhlaer Kristallin treten in mehrfachem Wechsel rotbraune Konglomerate und tonige Siltsteine zutage, die als Eisenacher Schichten bezeichnet werden. Da sie ausschließlich rotbraun gefärbt sind und direkt vom Zechstein überlagert werden, gelten sie als Altersäquivalente der Tambacher Schichten. Noch ungeklärt ist die Frage, ob die Sedimentation der Eisenacher Schichten nicht bereits früher beginnt.

In den Konglomerathorizonten der Eisenacher Schichten wurden einige Aufschlüsse auf Geröllorientierung und Geröllzusammensetzung untersucht. Die Ergebnisse sind in den Tabellen A, B und C mit enthalten. Mit Ausnahme der Meßreihe im Wartburg-Konglomerat

am Mädelstein sowie zwei weiteren Meßpunkten bei Bad Liebenstein wurden die Transportrichtungen ausschließlich als Summenvektoren berechnet und auf das Auszählen von Diagrammen verzichtet. Eine Auswertung der Ergebnisse unter Einbeziehung der Resultate von KNOTH (1960, 1970) befindet sich bei LÜTZNER (1979). Insgesamt ergibt sich für die Eisenacher Konglomerate eine Schüttung nach W bis SW. Sie stellen Schwemmfächerablagerungen dar, die von der Westflanke der Ruhlaer Schwelle und der Südwestflanke der Buchenauer (Quer-)Schwelle herabkommen und sich im Randbereich des Werra-Beckens mit tonig-siltigen Beckensedimenten verzahnen.

5. Allgemeine Ergebnisse

Die untersuchten Sedimentationsbecken haben einen Flächeninhalt in der Größenordnung von $10^2 \dots 10^4 \text{ km}^2$. Es handelt sich durchweg um relativ kleine Becken, die sich paläogeographisch in das Senkungssystem Saar - Saale einordnen. Naturgemäß sind in den Tagesaufschlüssen nur Teile der Becken zugänglich oder erhalten. Oft sind nur die Flanken bekannt, während das schmale Ende der Becken nur in zwei Fällen erfaßt werden kann.

Ungeachtet der teilweise lückenhaften Rekonstruktion läßt sich das allgemeine Bild der Paläoströmungen in den untersuchten Molassebecken durch vier Typen von Strömungsmustern charakterisieren (Abb. 44). Zu Typ 1 (Wannentyp) gehören die breiten und flachen Becken der Basissedimente und der Manebacher Schichten. Materialzufuhr von den Beckenflanken ist deutlich. Im Beckeninneren scheint ein einheitlicher Trend der Strömungen zu fehlen, die Materialtransporte klingen stagnierend aus. Unter günstigen klimatischen Bedingungen kann es zur Bildung von Kohlen kommen. Der Typ 2 (Taltyp) zeichnet sich durch deutlichen Längstransport aus, in den von den Rändern her laterale Zuflüsse einmünden. Das Sedimentationsmilieu ist vorrangig alluvial. Dieses Strömungsmuster bildet sich über relativ schmalen Senkungszonen wie Tambacher und Elgersburger Becken zur Zeit der (höheren) Tambacher Schichten. Typ 3 (Bolsontyp) ist ebenfalls an schmale Senken gebunden, in denen jedoch ein deutlicher Längstransport fehlt. Das Schüttungsbild erinnert an abflußlose Senken, die aus südamerikanischen Trockengebieten als Bolsone beschrieben werden. Strömungsmuster dieses Typs findet man im tieferen Teil des Tambacher Beckens sowie im Rotteröder Becken. Typ 4 (Bruchschollentyp) entwickelt sich bevorzugt in der Nachbarschaft von aktiven tektonischen Brüchen, an denen in der Beckenumrandung Horstschollen herausgehoben bzw. Beckenteile abgesenkt werden. Im Thüringer Wald gehören dazu die Becken der Goldlauterer und Eisenacher Schichten. In beiden Fällen bildet eine Hochscholle, die quer zur Saale- und Werra-Senke orientiert ist, den Abschluß der Becken. Charakteristisch ist die (im Goldlauterer Becken durch Messungen belegte) dreiseitige Materialzufuhr. Zwischen der Hochscholle und der benachbarten Beckenscholle besteht ein starkes paläomorphologisches Gefälle; hier bilden sich große psephitische Schwemmfächerkörper aus, deren Geröllspektren den geologischen Aufbau des Hochgebietes unmittelbar widerspiegeln. Die abgesenkte Scholle kann, in Abhängigkeit von den hydrologischen Bedingungen, mit lakustrischen oder Playa-Sedimenten gefüllt sein.

Die Paläoströmungen prägen sich mit unterschiedlicher Deutlichkeit aus. Am klarsten sind die Strömungsmuster der Sedimentationsbecken, die nicht oder nur wenig von vulkanischen Prozessen beeinflusst werden, wie die Goldlauterer, Tambacher oder Eisenacher Schichten. Nehmen vulkanische Förderprodukte an der Beckenfüllung teil, so beeinflussen sie in erheblichem Maße die Materialverteilung im Becken durch Veränderung des Beckenreliefs und durch nichtsedimentäre Akkumulationen, insbesondere von Vulkanoklastiten. Das zeigt sich besonders in den Oberhöfer Schichten. Ferner sind die Paläoströmungen in sehr kleinen Becken nur undeutlich ausgeprägt. Gewöhnlich fehlt es hier auch an ausreichender Dichte von Aufschlußpunkten.

Die Geröllspektren der untersuchten Folgen weisen durchweg einen geringen bis sehr geringen Reifegrad auf. Eine beginnende Reifeentwicklung, die sich vorrangig in Härtauslese und zunehmender Rundung der feineren Kiesfraktionen äußert, deutet sich in den Manebacher und teilweise in den Goldlauterer Schichten an. Dieser Prozeß wird jedoch durch die Reliefbelebung der Liefergebiete sowie durch die Eruption von Vulkaniten immer

wieder unterbrochen. Die Geröllassoziationen, in denen sich stets nahegelegene Liefergebiete erkennen lassen, sowie der geringe Rundungs- und Sortierungsgrad der Gerölle bewahren den Molassecharakter der Sedimente von den Gehrener bis zu den Tambacher und Eisenacher Schichten.

Da ein einheitlicher Trend der Geröllzusammensetzung fehlt, eignen sich die Geröllspektren wenig zur lithostratigraphischen Charakteristik und Korrelation. Dagegen sind provinzielle Unterschiede innerhalb einer stratigraphischen Einheit sehr ausgeprägt. Sie unterstützen die paläogeographische Aussage und liefern wichtige Hinweise zur paläogeologischen Situation in den abgetragenen Liefergebieten. Der geringe stratigraphische Wert der Geröllspektren schließt allerdings nicht aus, daß sich lithostratigraphische Einheiten im lokalen Rahmen durch ihre Geröllassoziaton unterscheiden. Hier bietet die Zusammensetzung der Kiesfraktion ein einfaches Hilfsmittel, um Grenzziehungen oder Zuordnungen fraglicher Profilteile zu entscheiden.

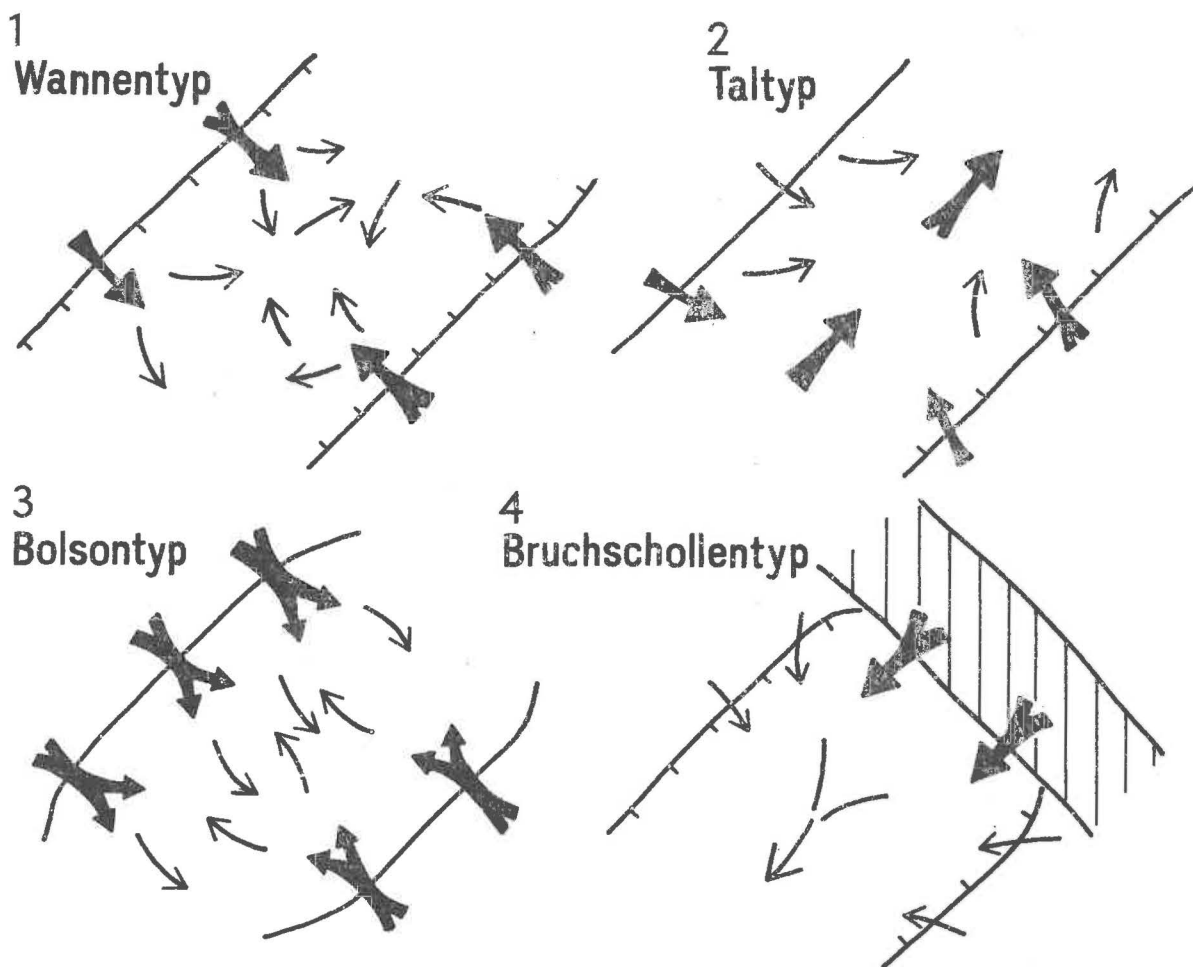


Abb. 44. Strömungsmuster rotliegender Sedimentationsbecken im Thüringer Wald

6. Zusammenfassung der Ergebnisse

Die aus Sedimentgefügen rekonstruierte Transportrichtung und der Geröllbestand grobklastischer Sedimente geben wichtige Einblicke in die paläogeographisch-paläotektonische Entwicklung des Sedimentationsraums. Mit dieser Konzeption wurden in rotliegenden (unterpermischen) Sedimenten des Thüringer Waldes die Paläoströmungen und Geröllassoziationen untersucht.

Methodisch ist die statistische Erfassung des Korngefüges der Konglomerate und Sandsteine eines der grundlegenden Hilfsmittel zur Rekonstruktion und Kartierung der Transportrichtungen. In psephitischen Ablagerungen wird der lokale Strömungsvektor am sichersten aus der Orientierung von plattigen Geröllen ermittelt, die von der Strömung nach dem Prinzip der Dachziegellagerung eingeregelt werden. Die Auswertung der Messungen erfolgte sowohl visuell mit Hilfe von Gefügediagrammen als auch numerisch. Bei numerischer Behandlung kann die sphärische Normalverteilung als statistisches Modell für die Verteilung der C-Achsen verwendet werden. Nach den Symmetrieverhältnissen der Achsenverteilung sind mehrere Typen von C-Achsen-Gefügen zu unterscheiden. Die Variabilität des Strömungsvektors über das Vertikalprofil eines 80 m mächtigen Konglomeratkörpers wurde am Wartburg-Konglomerat geprüft. Die Streuung der einzelnen Meßpunkte um die mittlere Richtung des Testprofils beträgt $\pm 15^\circ$.

Im Korngefüge der Sandsteine ergibt sich die Transportachse aus der bevorzugten Richtung der langen Achsen von Kornschnitten parallel zur Schichtung. Stellenweise konnte Schrägschichtung zur Richtungsbestimmung des Materialtransports mit herangezogen werden. In feinsandig-siltigen Sedimenten sind Strömungsmarken die wichtigsten Richtungsindikatoren.

Die regionalen Ergebnisse werden in der Reihenfolge der lithostratigraphischen Einheiten behandelt. In den Gehrener Schichten wird nach Ablagerung der Basissedimente mit einer teils beckennahen, teils über größere Distanz transportierten Sedimentfracht der gesamte Beckenraum zunächst mit vulkanischen Förderprodukten gefüllt. In der wiederbeginnenden Sedimentation der Oberen Gehrener Schichten sind die Paläoströmungen auf kleine lokale Becken gerichtet; die Geröllassoziaton hat unterschiedlichen, stets jedoch örtlichen Charakter. In dem wieder weit ausgebreiteten Manebacher Sedimentationsbecken sind Einschüttungen von den Flanken der Saale-Senke deutlich. Die Geröllspektren weisen auf ansteigende Transportweiten hin. Insbesondere muß eine fluviatile Zufuhr aus dem Gebiet des Stockheimer Beckens angenommen werden, die etwa dem heutigen Verlauf des südwestlichen Gebirgsrandes folgte. Im Strömungsmuster der Goldlauterer Schichten zeichnet sich neben Zuflüssen aus westlicher und südöstlicher Richtung eine grobsephitische Schüttungsfront am nordöstlichen Beckenrand ab. Sie geht von einem in der Beckenentwicklung neu erscheinenden Hochgebiet aus, das die Saale-Senke überquert. In den Oberhöfer Schichten werden die Paläoströmungen von vulkanischen Prozessen beeinflusst, die den Beckenraum teilweise mit Vulkaniten und Vulkanoklastiten füllen. Die lokal verbreiteten Rotteröder und Tambacher Schichten kamen in schmalen, wahrscheinlich vulkanotektonisch angelegten Senken zur Ablagerung, die von den Flanken her gefüllt wurden. Die Tambacher Schichten bestehen zu einem wesentlichen Teil aus dem Abtragungs-

schutt des Oberhöfer Vulkanitkomplexes. In den talähnlichen Becken stellte sich mit fortschreitendem Reliefausgleich ein Längstransport nach Nordosten ein.

Die Gesamtentwicklung der Strömungsmuster und Geröllspektren zeigt, daß der Molassecharakter des untersuchten Sedimentprofils vom Stefan bis zum Saxon erhalten blieb.

Literatur

- AGTERBERG, F.P.; BRIGGS, G.: Statistical analysis of ripple marks in Atokan and Desmoinesian rocks in the Arkona basin of East-central Oklahoma. *J. sediment. Petrol.*, Menasha/Wisc. 33 (1963), S. 393-410
- ALLEN, J.R.L.: Primary current lineation in the Lower Old Red sandstone (Devonian), Anglo-Welsh Basin. *Sedimentology*, Amsterdam 3 (1964), S. 89-108
- ANDREAS, D.; ENDERLEIN, F.; MICHAEL, J.: Zur Entwicklung des Rotliegenden im Thüringer Wald auf Grund neuer Kartierungsergebnisse. *Ber. dt. Ges. geol. Wiss.*, Berlin A 11 (1966), S. 119-130
- ANDREAS, D.; ENDERLEIN, F.; MICHAEL, J.: Siles und Rotliegendes im Thüringer Wald und seinem südlichen Vorland. In: HOPPE, W.; SEIDEL, G. (Hrsg.): *Geologie von Thüringen*, S. 356-449. Gotha/Leipzig: VEB H. Haack 1974
- ANDREAS, D.; HAUBOLD, H.: Die biostratigraphische Untergliederung des Autun (Unteres Perm) im mittleren Thüringer Wald. *Schriftenr. geol. Wiss.*, Berlin 3 (1975), S. 5-86
- Autorenkollektiv (Sedimentary Petrology Seminar): Gravel fabric in Wolf Run. *Sedimentology*, Amsterdam 4 (1965), S. 273-283
- BAGNOLD, R.A.: Experiments on a gravity free dispersion of large solid spheres in a Newtonian fluid under shear. *Proc. Roy. Soc.*, London A 225 (1954), S. 49-63
- BANDEMER, H.: Die für eine vorgegebene Genauigkeit notwendige Punktzahl bei Point-Counter-Verfahren. *Z. angew. Geol.*, Berlin 11 (1965), S. 147-148
- BANDYOPADHYAY, S.: Pebble orientation in relation to cross-stratification: A statistical study. *J. sediment. Petrol.*, Menasha/Wisc. 41 (1971), S. 585-587
- BARTMANN, W.: Beitrag zur Revisionskartierung des Blattes Waltershausen - Friedrichroda. *Dipl.-Arb. Humboldt-Univ. Berlin* 1965
- BECKER, G.F.: Finite homogeneous strain, flow, and rupture of rocks. *Bull. geol. Soc. Amer.*, New York 4 (1893), S. 13-90
- BLANKENBURG, H.-J.; JAGUSCH, K.H.: Mögliche Fehler bei Schwermineraluntersuchungen. *Z. angew. Geol.*, Berlin 10 (1964), S. 640-650
- BÖHME, P.: Die paläogeographischen Verhältnisse der Meisdorf-Opperoder und Ilfelder Rotliegend-Mulden auf Grund der Herkunft der Gerölle. *Wiss. Z. Univ. Greifswald, math.-nat. R.*, Greifswald 11 (1962), S. 321-334
- BÖHNE, E.: Das Randgebiet des Thüringer Waldes bei Schmalkalden und Steinbach-Hallenberg. *Jb. preuß. geol. Landesanst.*, Berlin 36 (1916), S. 1-173
- BYRNE, J.V.: Variations in fluvial gravel imbrication. *J. sediment. Petrol.*, Menasha/Wisc. 33 (1963), S. 467-482
- CAILLEUX, A.: Distinction des galets marins et fluviatiles. *Bull. Soc. géol. France*, Paris 15 (1945), S. 375-404
- CURRAY, J.R.: The analysis of two-dimensional orientation data. *J. Geol.*, Chicago 64 (1956), S. 117-131
- DAPPLES, E.C.; ROMINGER, J.E.: Orientation analysis of fine-grained clastic sediments: A report of progress. *J. Geol.*, Chicago 53 (1945), S. 246-261
- DAVIS, S.: Size distribution of rock types in stream gravel and glacial till. *J. sediment. Petrol.*, Menasha/Wisc. 28 (1958), S. 87-94

- DETTE, K.: Der Hornburger Sattel, seine geologische und tektonische Untersuchung. Jb. Hall. Verb. mitteldt. Erdgesch., Halle 12 (1933), S. 199-266
- DEUBEL, F.: Geologische Spezialkarte 1 : 25 000, Blatt Ilmenau, 2. Aufl. Kolorierter Grenzandruck 1930 (unveröff.)
- DEUBEL, F.: Das Untere Perm in Thüringen und angrenzenden Gebieten. Wiss. Z. Univ. Jena, math.-nat. R., Jena 9 (1960), S. 409-448
- DZIEDZIC, K.: Utwory dolnopermskie w niecce śródsudeckiej (Lower Permian of the Intra Sudetic Basin). Studia geol. polon., Warszawa 6 (1961)
- DZIEDZIC, K.: Orientacja otoczków i jej geologiczne znaczenie (The geological significance of the orientation of pebbles). Geol. sudet., Warszawa 1 (1964), S. 263-307
- DZIEDZIC, K.: Sedymentacja i paleogeografia utworów górno-karbońskich w niecce śródsudeckiej (Sedimentation and palaeogeography of the Upper Carboniferous in the Intrasudetic Depression). Geol. sudet., Warszawa 2 (1971), S. 7-75
- DŻUŻYŃSKI, S.; WALTON, E.K.: Sedimentary features of flysch and greywackes. Developm. Sedimentol., Amsterdam 7 (1965)
- EISSMANN, L.: Das Quartär der Leipziger Tieflandsbucht und angrenzender Gebiete von Saale und Elbe. Schriftenr. geol. Wiss., Berlin 2 (1975)
- FAHNSTOCK, R.K.; HAUSHILD, W.L.: Flume studies of the transport of pebbles and cobbles on a sand bed. Bull. geol. Soc. Amer., New York 73 (1962), S. 1431-1436
- FANTASNY, D.: Die Goldlauterer Schichten in der Umgebung von Gohlberg (Bl. Suhl). Dipl.-Arb. Univ. Jena 1962
- FISHER, R.: Dispersion on a sphere. Proc. roy. Soc., Ser. math. and phys. Sci., London 217 (1953), S. 295-305
- FORCHE, F.: Stratigraphie und Paläogeographie des Buntsandsteins im Umkreis der Vogesen. Mitt. geol. Staatsinst. Hamburg, Hamburg 15 (1935), S. 15-55
- FÜCHTBAUER, H.: Zur Nomenklatur der Sedimentgesteine. Erdöl u. Kohle, Essen 12 (1959), S. 605-613
- GEIKIE, J.: Structural and field geology. Edinburgh: Oliver & Boyd 1905
- GRUMBT, E.: Schichtungstypen, Marken und synsedimentäre Deformationsgefüge im Buntsandstein Südthüringens. Ber. dt. Ges. geol. Wiss., Berlin A 11 (1966), S. 217-234
- GRUMBT, E.: Sedimentgefüge im Buntsandstein Südwest- und Südthüringens. Schriftenr. geol. Wiss., Berlin 1 (1974), 205 S.
- GUMBEL, E.J.; GREENWOOD, J.; DURAND, D.: The circular normal distribution: Theory and tables. J. amer. statist. Assoc., 48 (1953), S. 131-156
- HAMILTON, N.; OWENS, W.H.; REES, A.I.: Laboratory experiments of the production of grain orientation in shearing sand. J. Geol., Chicago 76 (1968), S. 465-572
- HAUBOLD, H.; KATZUNG, G.: Die Abgrenzung des Saxons. Geologie, Berlin 21 (1972), S. 887-914
- JOHANSSON, C.E.: Riktninganalyser i glacifluviala och fluviala avlagringar. Sv. geogr. Årsbok 36 (1960), S. 130-144
- JOHANSSON, C.E.: Orientation of pebbles in running water. A laboratory study. Geogr. Ann., Stockholm 45 (1963), S. 85-112

- JOHANSSON, C.E.: Structural studies of sedimentary deposits.
Geol. Fören. Stockholm Förhandl., Stockholm 87 (1965), S. 3-61
- JOHNSTON, W.A.: Imbricated structure in a river gravel.
Amer. J. Sci., Ser. 5, New Haven 4 (1922), S. 387-390
- JUDERSLEBEN, G.: Zur Petrologie des sedimentären Rotliegenden im Thüringer Wald und seinem Vorland.
Jb. Geol., Berlin 4 (1972), S. 181-289
- KALTERHERBERG, J.: Über Anlagerungsgefüge in grobklastischen Sedimenten.
N. Jb. Geol. u. Paläont., Abh., Stuttgart 104 (1956), S. 30-57
- KATZUNG, G.: Die Stellung des Konglomerates von Fehrenbach.
Diss. Univ. Jena 1964
- KATZUNG, G.: Das Einregelungs-Gefüge im Konglomerat von Fehrenbach (Rotliegendes; Thüringen).
Jb. Geol., Berlin 2 (1968), S. 85-118
- KATZUNG, G.: Zur fluviatilen Gerölleinregelung.
Z. angew. Geol., Berlin 17 (1971), S. 39-47
- KATZUNG, G.; DÖRING, H.: Die Lage der Karbon/Perm-Grenze im Permosiles-Profil des Thüringer Waldes.
Z. geol. Wiss., Berlin 1 (1973), S. 493-506
- KAYSER, E.: Lehrbuch der Geologie, Bd. 1, 4. Aufl.
Stuttgart: Enke Verlag 1912
- KNOTH, M.: Sedimentpetrographische Untersuchungen im Bielsteinkonglomerat des Oberrotliegenden der Tambacher Mulde.
Dipl.-Arb. Univ. Halle 1957
- KNOTH, W.: Über sedimentpetrographische Untersuchungen von Konglomerathorizonten des Eisenacher und Tambacher Oberrotliegendgebietes.
Ber. geol. Ges. DDR, Berlin 2 (1960), S. 62-63
- KNOTH, W.: Zur Lithologie und Paläogeographie des höheren Rotliegenden im Thüringer Wald.
Ber. dt. Ges. geol. Wiss., Berlin A 15 (1970), S. 47-65
- KRUMBEIN, W.C.: Preferred orientation of pebbles in sedimentary deposits.
J. Geol., Chicago 47 (1939), S. 673-706
- KRUMBEIN, W.C.: Flood gravel of San Gabriel Canyon.
Bull. geol. Soc. Amer., New York 51 (1940), S. 636-676
- KRUMBEIN, W.C.; GRAYBILL, F.A.: An introduction to statistical models in geology.
New York 1965
- KÜRSTEN, M.: Zur Frage der Geröllorientierung in Flußläufen.
Geol. Rdsch., Stuttgart 49 (1960), S. 498-501
- LAMING, D.J.C.: Imbrications, paleocurrents and other sedimentary features in the Lower New Red Sandstone, Devonshire, England.
J. sediment. Petrol., Menasha/Wisc. 36 (1966), S. 940-959
- LEVIN, V.I.: Orientirovka okatyšej v sovremennom galečnom rysle.
Litol. i pol. Iskop., Moskva (1968) 4, S. 126-130
- LORETZ, H.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen und den Thüringischen Staaten, Blatt Masserberg
Berlin: Geol. Landesanst. 1906
- LORETZ, H.; SCHEIBE, R.; ZIMMERMANN, E.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen und den Thüringischen Staaten, Blatt Ilmenau.
Berlin: Geol. Landesanst. 1908
- LÜTZNER, H.: Saalische Bewegungen im Rotliegenden des mittleren Thüringer Waldes.
Diss. Univ. Jena 1960

- LÜTZNER, H.: Saalische Bewegungen im Rotliegenden des mittleren Thüringer Waldes. Geol. Rdsch., Stuttgart 51 (1961), S. 560-566
- LÜTZNER, H.: Die saalische Phase im Gebiet von Ilmenau. Abh. dt. Akad. Wiss., Kl. Bergbau, Hüttenw., Montangeol., Berlin (1964) 2, S. 287-308 (1964 a)
- LÜTZNER, H.: Eine einfache Kompaßergänzung zum Einmessen von Geröllachsen. Z. angew. Geol., Berlin 10 (1964), S. 155-157 (1964 b)
- LÜTZNER, H.: Fazies und Transportrichtung im Oberrotliegenden von Elgersburg (Thüringer Wald). Ber. dt. Ges. geol. Wiss., Berlin A 11 (1966), S. 137-160 (1966 a)
- LÜTZNER, H.: Strömungsmarken aus dem Rotliegenden des Thüringer Waldes. Geologie, Berlin 15 (1966), S. 1135-1160 (1966 b)
- LÜTZNER, H.: Über die Verbreitung der Manebacher Schichten im Rotliegenden des Thüringer Waldes. Geologie, Berlin 18 (1969), S. 815-827
- LÜTZNER, H.: Lithostratigraphie und Paläotektonik des Rotliegenden der Schleusinger Randzone (Thüringer Wald). Ber. dt. Ges. geol. Wiss., Berlin A 17 (1972), S. 811-834
- LÜTZNER, H.: Sedimentation des Rotliegenden im Thüringer Wald. Diss. B Univ. Greifswald 1974
- LÜTZNER, H.: Konglomerattypen des Rotliegenden Thüringens und deren Vergleich mit rezenten Schwemmfächer-Sedimenten. Z. geol. Wiss., Berlin 6 (1978), S. 1187-1210
- LÜTZNER, H.: Sedimentation der variszischen Molasse im Thüringer Wald. Schriftenr. geol. Wiss., Berlin (1980) (im Druck)
- LÜTZNER, H.; MAAZ, R.: Ein Rechenprogramm zur Auswertung von Richtungsmessungen mit geringer Streuung. Z. angew. Geol., Berlin 15 (1969), S. 248-252
- MARTINI, I.P.: A test of validity of quartz grain orientation as a paleocurrent and paleoenvironmental indicator. J. sediment. Petrol., Menasha/Wisc. 41 (1971), S. 60-68
- McBRIDE, E.F.: Flysch and associated beds of the Martinsburg formation (Ordovician), Central Appalachians. J. sediment. Petrol., Menasha/Wisc. 32 (1962), S. 39-91
- McBRIDE, E.F.; YEAKEL, L.S.: Relationship between parting lineation and rock fabric. J. sediment. Petrol., Menasha/Wisc. 33 (1963), S. 779-782
- McKEE, E.D.; WEIR, G.W.: Terminology for stratification and cross-stratification in sedimentary rocks. Bull. geol. Soc. Amer., New York 64 (1953), S. 381-390
- MORTENSEN, H.; HÖVERMANN, J.: Filmaufnahmen der Schotterbewegungen im Wildbach. Petermanns geogr. Mitt., Erg.-H., Gotha 262 (MACHATSCHKE-Festschr.) (1957), S. 43-52
- NEUMANN, W.: Versuch eines lithostratigraphischen Vergleichs von Grundgebirgsanschnitten im Bereich der Mitteldeutschen Schwelle. Geologie, Berlin 15 (1966), S. 942-962
- NEUMANN, W.: Mitteldeutsche Kristallinzone. In: HOPPE, W.; SEIDEL, G. (Hrsg.): Geologie von Thüringen, S. 77-118. Gotha/Leipzig: VEB H. Haack 1974
- NOËL, E.: Note sur la détermination du courant qui a amené les éléments d'un conglomérat. Bull. Séances Soc. Sci. Nancy, Sér. III, Paris 2 (1907) 2, S. 144-162
- ORE, T.: Some criteria for recognition of braided stream deposits. Contr. Geol., Laramie 3 (1963), S. 1-14

- PATZELT, G.: Bau und Schichtenfolge der Asbach-Rotteröder Mulde (Thüringerwald) nach neuen Kartierungsergebnissen.
Hall. Jb. mitteldt. Erdgesch., Leipzig 7 (1966), S. 39-60
- PATZELT, G.: Nochmals zur Frage der Einstufung der Porphyry-Konglomerate im Rennsteiggebiet des Meßtischblattes Tambach-Dietharz (Thüringer Wald).
Hall. Jb. Geowiss., Gotha/Leipzig 1 (1977), S. 115-120
- PETTIJOHN, F.J.: Sedimentary rocks, 2nd ed.
New York: Harper & Brothers 1957
- PICARD, K.: Sedimentationsverhältnisse des Hauptbuntsandsteins in der Bucht von Mechernich-Nideggen.
Geol. Jb., Hannover 64 (1950), S. 331-347
- PINCUS, H.J.: The analysis of aggregates of orientation data in the earth sciences.
J. Geol., Chicago 61 (1953), S. 482-505
- PINCUS, H.J.: Some vector and arithmetic operations on two-dimensional orientation variates, with application to geological data.
J. Geol., Chicago 64 (1956), S. 533-557
- PLAS, L. VAN DER; TOBI, C.A.: A chart for judging the reliability of point counting results.
Amer. J. Sci., New Haven 263 (1965), S. 87-90
- PORSTMANN, E.: Die Manebacher und Goldlauterer Schichten im Gebiet nordöstlich Goldlauter - Heidersbach (Bl. Suhl).
Dipl.-Arb. Univ. Jena 1961
- POTTER, P.E.; MAST, R.F.: Sedimentary structures, sand shape fabrics and permeability, I
J. Geol., Chicago 71 (1963), S. 441-471
- POTTER, P.E.; PETTIJOHN, F.J.: Paleocurrents and basin analysis.
Berlin: Springer-Verlag 1963
- REES, A.I.: The production of preferred orientation in a concentrated dispersion of elongated and flattened grains.
J. Geol., Chicago 76 (1968), S. 457-465
- REICHARDT, W.: Zur Stratigraphie des Rotliegenden in Thüringen.
Jb. Hall. Verb. Erforsch. mitteldt. Bodensch., NF, Halle 11 (1932), S. 121-184
- REINECK, H.E.: Fossile Schleifspuren und Abdrücke von Schaum und Blasen.
Natur u. Volk, Frankfurt a.M. 84 (1954), S. 226-233
- REINECK, H.E.: Marken, Spuren und Fährten in den Waderner Schichten (ro) bei Martinstein/Nahe.
N. Jb. Geol. u. Paläont., Abh., Stuttgart 101 (1955), S. 75-90
- REMY, W.; ANDREAS, D.; KAMPE, A.: Beiträge zur Kenntnis des Stéphanien im Saaletrog.
Jb. staatl. Mus. Miner. u. Geol. Dresden, Dresden (1963), S. 115-146
- RICHTER, K.: Die Bewegungsrichtung des Inlandeises, rekonstruiert aus den Kritzen und Längsachsen der Geschiebe.
Z. Geschiebeforsch., Leipzig 8 (1932), S. 62-66
- RICHTER, K.: Gefüge und Zusammensetzung des norddeutschen Jungmoränengebietes.
Abh. geol.-paläont. Inst. Univ. Greifswald, Greifswald 11 (1933), S. 1-63
- RICHTER, K.: Gefügestudien in Engebræe, Fondalsbræe und ihren Vorlandssedimenten.
Z. Gletscherkd., Leipzig 24 (1936), S. 22-30
- RUSNAK, G.A.: Orientation of sand grains under conditions of "unidirectional" fluid flow, 1: Theory and experiment.
J. Geol., Chicago 65 (1957), S. 384-409
- RUST, B.R.: Pebble orientation in fluvial sediments.
J. sediment. Petrol., Menasha/Wisc. 42 (1972), S. 384-388

- SANDER, B.: Einführung in die Gefügekunde der geologischen Körper, Bd. 1.
Wien: Springer-Verlag 1948
- SARKISJAN, S.G.; KLIMOVA, I.G.: Orientirovka galek i metody ich izučenijsa dlja paleogeografičeskich postroenij.
Moskva: Izd. Akad. Nauk SSSR 1955
- SCHIEDEGGER, A.F.: On the statistics of the orientation of bedding planes, grain axes, and similar sedimentological data.
Geol. Survey, prof. Paper, Washington 525-G (1965), S. 164-167
- SCHIEMENZ, S.: Schotteranalyse des Porphyrkonglomerates im obersten Rotliegenden des östlichen Harzvorlandes.
Hall. Jb. mitteldt. Erdgesch., Halle 2 (1953), S. 3-27
- SCHIEMENZ, S.: Fazies und Paläogeographie der subalpinen Molasse zwischen Bodensee und Isar.
Beih. geol. Jb., Hannover 38 (1960)
- SCHLEE, J.: Fluvial gravel fabric.
J. sediment. Petrol., Menasha/Wisc. 27 (1957), S. 162-176
- SCHREIBER, A.: Über orogene Bewegungen im Unterrotliegenden des Thüringer Waldes.
Abh. dt. Akad. Wiss., Kl. Math. u. allg. Naturw., Berlin 1954 (1955) 7
- SCHWARZACHER, W.: Grain orientation in sands and sandstones.
J. sediment. Petrol., Menasha/Wisc. 21 (1951), S. 162-172
- SENGUPTA, S.: Studies on orientation and imbrication of pebbles with respect to cross-stratification.
J. sediment. Petrol., Menasha/Wisc. 36 (1966), S. 362-369
- SESTINI, G.; PRANZINI, G.: Correlation of sedimentary fabric and sole marks as current indicators in turbidites.
J. sediment. Petrol., Menasha/Wisc. 35 (1965), S. 100-108
- SÖLLIG, A.; HETZER, W.: Ergebnisbericht über die Erkundungsarbeiten 1956 bis 1959 auf das Kupfervorkommen in Sandsteinen und Konglomeraten des Unterrotliegenden bei Brattendorf (Bez. Suhl), Meßtischblatt Eisfeld, Nr. 5531.
Ber. geol. Dienst Jena 1961 (unveröff.)
- SPOTTS, J.H.: Grain orientation and imbrication in Miocene turbidity current sandstones, California.
J. sediment. Petrol., Menasha/Wisc. 34 (1964), S. 229-253
- STEINER, W.; BROSIN, P.: Siles und Rotliegendes nördlich des Thüringer Waldes. In: HOPPE, W.; SEIDEL, G. (Hrsg.): Geologie von Thüringen, S. 449-515.
Gotha/Leipzig: VEB H. Haack 1974
- SUTTER, K.: Gefügeanalytische Untersuchungen im Nördlichen Vollsotter der ungefalteten Molasse Niederbayerns.
Diss. Univ. München 1962
- TEISSEYRE, A.K.: Sedymentologia i paleogeografia kulmu starszego w zachodniej części niecki bródzudeckiej.
Geol. sudet., Warszawa 9 (1975) 2 (1975 a)
- TEISSEYRE, A.K.: Pebble fabric in braided stream deposits with examples from recent and "frozen" Carboniferous channels.
Geol. sudet., Warszawa 10 (1975) 1, S. 7-56 (1975 b)
- THALHEIMER, H.: Beitrag zur Revisionskartierung des Klattes Waltershausen - Friedrichroda.
Dipl.-Arb. Humboldt-Univ. Berlin 1965
- TWENHOFEL, W.H.: Treatise on sedimentation, 2. Aufl., 2 Bde.
New York: Williams & Wilkins Comp. 1932 (Nachdr. New York: Dover Publ. 1961)
- UNRUG, R.: Recent transport and sedimentation of gravels in the Dunajec valley.
Acta geol. polon., Warszawa 7 (1957), S. 217-257

- VOLLEBRECHT, K.: Zur Quarzachsenregelung sandiger Sedimente.
Acta hydrophys., Berlin 1 (1953/54), S. 61-88
- WADELL, H.: Volume, shape, and shape position of rock fragments in openwork gravel.
Geogr. Ann., Stockholm 18 (1936), S. 74-92
- WALTHER, J.: Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft. Beobachtungen
über die Bildung der Gesteine und ihrer organischen Einschlüsse.
Jena: Gustav Fischer 1893/94
- WATSON, G.S.: Analysis of dispersion on a sphere.
Monthly Not. roy. astron. Soc., geophys. Suppl., London 7 (1956), S. 153-217
- WATSON, G.S.: The statistics of orientation data.
J. Geol., Chicago 74 (1966), S. 786-797
- WEISSE, K.: Beitrag zur Revisionskartierung des Blattes Waltershausen - Friedrich-
roda.
Dipl.-Arb. Humboldt-Univ. Berlin 1965
- WENDLER, R.: Zur Frage der Quarzkornregelung in Psammiten.
Wiss. Z. Univ. Leipzig, math.-nat. R., Leipzig 4 (1956), S. 421-426
- WHITE, W.S.: Imbrication and initial dip in a Keweenawan conglomerate bed.
J. sediment. Petrol., Menasha/Wisc. 22 (1952), S. 189-199
- WOOD, W.W.; WOOD, R.M.: Arithmetic means of circular data.
J. sediment. Petrol., Menasha/Wisc. 36 (1966), S. 50-56
- WURSTER, P.: Geologie des Schilfsandsteins.
Mitt. geol. Staatsinst. Hamburg, Hamburg 33 (1964)
- YOUNG, L.M.; MANKIN, C.J.: Dimensional grain-orientation studies of recent Canadian
River sands.
Oklahoma geol. Notes 21 (1961), S. 99-107
- ZEUNER, F.: Die Schotteranalyse.
Geol. Rdsch., Berlin 24 (1933), S. 65-104

- VOLLBRECHT, K.: Zur Quarzachsenregelung sandiger Sedimente.
Acta hydrophys., Berlin 1 (1953/54), S. 61-88
- WADELL, H.: Volume, shape, and shape position of rock fragments in openwork gravel.
Geogr. Ann., Stockholm 18 (1936), S. 74-92
- WALTHER, J.: Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft. Beobachtungen
über die Bildung der Gesteine und ihrer organischen Einschlüsse.
Jena: Gustav Fischer 1893/94
- WATSON, G.S.: Analysis of dispersion on a sphere.
Monthly Not. roy. astron. Soc., geophys. Suppl., London 7 (1956), S. 153-217
- WATSON, G.S.: The statistics of orientation data.
J. Geol., Chicago 74 (1966), S. 786-797
- WEISSE, K.: Beitrag zur Revisionskartierung des Blattes Waltershausen - Friedrich-
roda.
Dipl.-Arb. Humboldt-Univ. Berlin 1965
- WENDLER, R.: Zur Frage der Quarzkornregelung in Psammiten.
Wiss. Z. Univ. Leipzig, math.-nat. R., Leipzig 4 (1956), S. 421-426
- WHITE, W.S.: Imbrication and initial dip in a Keweenawan conglomerate bed.
J. sediment. Petrol., Menasha/Wisc. 22 (1952), S. 189-199
- WOOD, W.W.; WOOD, R.M.: Arithmetic means of circular data.
J. sediment. Petrol., Menasha/Wisc. 36 (1966), S. 50-56
- WURSTER, P.: Geologie des Schilfsandsteins.
Mitt. geol. Staatsinst. Hamburg, Hamburg 33 (1964)
- YOUNG, L.M.; MANKIN, C.J.: Dimensional grain-orientation studies of recent Canadian
River sands.
Oklahoma geol. Notes 21 (1961), S. 99-107
- ZEUNER, F.: Die Schotteranalyse.
Geol. Rdsch., Berlin 24 (1933), S. 65-104

Tab. A. Statistische Werte der Orientierungsmessungen an plattigen Geröllen.

- a_0 Fließrichtung nach Gefügediagramm, n.b. nicht bestimmbar (polsymmetrisch)
 Typ Gefügetyp
 r_0 Fließrichtung nach Summenvektor; eingeklammerte Werte: Vertrauensbereich von r_0 bei 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit nicht bestimmbar
 γ_0 mittlerer Fallwinkel der C-Achsen
 δ_0 mittlerer Fallwinkel der Abplattungsebenen
 R_c normierter Betrag des Summenvektors (Maß der Gefügeregelung)
 N Anzahl der vermessenen Gerölle
 θ Vertrauensbereich des Summenvektors bei 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit
 e Vertrauensbereich der Fließrichtung r_0 bei 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit, n.b. nicht bestimmbar ($e > \pm 90^\circ$)
 h, v Größe der beprobten Aufschlußbreite [m], gemessen schichtparallel (h) und senkrecht zur Schichtung (v)
 alle Winkelangaben in Altgrad

Stratigr. Einheit	Lokalität	a_0	Typ	r_0	γ_0	δ_0	R_c	N	θ	e	h	v	
Obere Gebirger Schichten	Brattendorf 2			250,4	79,7	10,3	0,946	50	4,9	28,5	2	1	
	Brattendorf 3			309,8	76,1	13,9	0,936	50	5,3	22,6	1	0,5	
	Brattendorf 4			303,3	83,8	6,2	0,941	50	5,1	54,4	5	1	
	Brattendorf 5			268,9	70,0	20,0	0,916	50	6,2	18,4	5	2	
	Brattendorf 6			279,6	70,2	19,8	0,932	50	5,5	16,4	3	1,5	
	Biberschlag 1			160,2	82,3	7,7	0,940	60	4,6	36,8	2	1	
	Biberschlag 2			217,2	83,3	6,7	0,917	48	6,3	70,0	5	4	
	Breitenbach 15	310	2.1					40					
	Breitenbach 27	317	2.2					30					
	Schleusingerneundorf 7			235,4	69,2	20,8	0,871	30	10,3	30,2	5	3	
Manebarer Schichten	Breitenbach 3			283,8	71,7	18,3	0,784	24	9,8	33,2	4	4	
	Sembach 1	110		115,9	70,4	19,6	0,914	12	6,4	19,4	1	0,5	

Stratigr. Einheit	Lokalität	a_o	Typ	r_o	γ_o	δ_o	R_c	N	θ	e	h	v
Goldlauterer Schichten	Breitenbach 34	n.b.	2.5	(18,2)	85,8	4,2	0,889	60	6,6	n.b.	3	1
	Breitenbach 36	293	1.1	291,0	84,1	5,9	0,909	100	1,4	13,7	1	0,5
	Waldau 3	335	1.1	336,1	71,3	18,7	0,948	100	3,3	10,4	1	0,5
	Hinternah 4	325	2.3	317,1	68,2	21,8	0,884	60	6,7	18,3	2	1
	Hinternah 5	330	2.2	316,5	79,8	10,2	0,878	30	10,0	78,6	3	2
	Waldau 6	122	2.2	(166,3)	86,7	3,3	0,847	50	8,7	n.b.	4	2
	Steinbach 1	n.b.	2.5	(85,8)	83,6	6,4	0,871	60	6,3	n.b.	5	1
	Steinbach 3			358,0	71,3	18,7	0,888	30	8,6	27,8	4	1,5
	Langenbach 1			249,9	73,1	16,9	0,914	50	6,3	22,2	8	2
	Langenbach 2	n.b.	2.5	(114,7)	86,2	3,8	0,906	60	6,0	n.b.	10	3
	Langenbach 5			79,4	52,0	38,0	0,900	48	6,9	11,3	4	10
	Waldau 2	26	2.1					30			6	5
	Silbach 1	35	2.2	98,3	76,5	13,5	0,931	100	3,9	16,9	10	5
	Erle 1			268,3	74,9	15,1	0,907	40	8,6	35,0	5	2
	Erle 2			191,4	80,3	9,7	0,929	40	7,5	51,9	5	2
	Erle 3			238,5	77,4	12,6	0,921	50	6,0	28,6	2	3
	Goldlauter 1	176	2.2	(314,0)	83,9	6,1	0,868	33	10,0	n.b.	5	2,5
	Goldlauter 8	240	2.1	249,1	73,1	16,9	0,890	40	9,4	27,1	10	10
	Manebach 1	273	2.2	(281,1)	85,2	4,8	0,942	40	5,7	n.b.	5	2
	Dörrberg 1	285	2.1	260,0	79,2	10,8	0,918	40	6,9	39,9	6	6
	Dörrberg 2	290	2.2	281,2	76,4	13,6	0,913	60	5,7	25,0	10	9
	Dörrberg 3	274	1.1	282,3	79,8	10,2	0,963	100	2,8	16,0	1	0,5
	Dörrberg 4	219	2.1	187,2	82,3	7,7	0,939	50	5,2	42,0	2	4
	Gehlberg 1	274	2.1	266,1	75,4	14,6	0,922	40	6,7	27,6	10	6
	Gehlberg 4	312	2.1	311,5	79,1	10,9	0,918	40	6,9	39,1	10	8
	Gehlberg 8	244	2.3	265,4	69,4	20,6	0,878	40	8,6	25,8	5	5
	Gehlberg 15	350	2.3	299,7	74,3	15,7	0,911	41	7,2	27,4	2	10
	Gehlberg 18	262	2.2	267,2	79,4	10,6	0,887	40	9,6	27,1	8	2
	Gehlberg 23	288	2.2	278,1	75,7	14,3	0,922	50	5,9	24,6	8	10
	Gehlberg 24	314	2.2	277,3	65,5	24,5	0,834	40	6,3	15,3	5	1
	Gehlberg 25	n.b.	2.5	(182,9)	86,8	3,2	0,886	60	6,6	n.b.	10	4

Stratigr. Einheit	Lokalität	a ₀	Typ	Γ ₀	γ ₀	δ ₀	R _c	N	e	e	h	v
Goldlauterer Schichten	Lubebach 6	238	2.2	271,3	79,5	10,5	0,937	50	5,3	30,3	10	4
	Lubebach 7	310	1.1	318,1	76,4	13,6	0,951	50	4,6	20,0	5	1
	Crawinkel 1	250	2.2	238,6	73,9	16,1	0,892	80	10,3	40,3	40	4
	Silbergraben 1	238	2.1	231,6	70,5	19,5	0,892	50	7,0	21,4	2	1,5
	Silbergraben 6	295	1.3	312,8	75,5	14,5	0,946	40	4,9	19,9	2	0,5
	Friedrichroda 1	247	2.4	153,9	76,0	14,0	0,841	60	4,0	35,1	10	5
	Friedrichroda 2	152	2.4	157,6	77,9	12,1	0,814	60	4,5	47,6	5	10
	Friedrichroda 3	210	2.2	(210,1)	79,2	10,8	0,877	30	5,0	n.b.	5	20
	Tabarz 1	295	2.2	260,8	80,5	9,5	0,873	60	3,5	47,6	2	10
	Schmerbach 1	225	1.1	231,4	80,3	9,7	0,947	60	2,2	27,1	1	1
Oberhöfer Schichten	Oberhof 1	32	2.2	345,8	78,0	12,0	0,889	50	7,2	37,1	20	2
	Oberhof 3	38	2.2					50			20	1,5
	Ruppberg 20			320,4	73,8	16,2	0,924	18			1	0,5
	Unterschönau 12	300	1.2	295,1	78,4	11,6	0,813	50			2	0,5
	Unterschönau 23	280	2.2	258,1	74,8	15,2	0,929	50	5,6	21,8	1	0,5
Rotteröder Schichten	Altersbach 1	330	2.2	354,5	79,6	10,4	0,920	60	5,5	32,1	3	1
	Altersbach 2	295	2.2	265,1	73,4	16,6	0,937	50	5,3	18,9	2	1
	Altersbach 3	130	1.3	100,0	80,6	9,4	0,942	49	5,1	33,0	20	0,3
	Altersbach 4	274	2.1	272,4	78,4	11,6	0,946	50	4,9	25,1	24	1,5
	Rotterode 3	285	2.2	238,8	83,6	6,4	0,943	60	4,6	46,0	10	5
	Helmershof 1	84	2.3	87,2	56,8	33,2	0,911	50	6,4	11,8	4	1
	Helmershof 3	121	1.3	120,8	83,0	7,0	0,912	60	5,7	54,5	1	0,3
	Helmershof 4	150	2.3	137,8	79,9	10,1	0,881	60	6,8	42,5	5	2
	Helmershof 5	304	1.1	300,5	60,1	29,9	0,880	80	5,9	11,9	0,5	0,5
	Helmershof 6	93	2.1	(113,5)	88,7	1,3	0,930	60	5,1	n.b.	3	1
	Helmershof 10	258	2.3	259,6	69,8	20,2	0,911	40	7,2	21,3	10	4
	Helmershof 11	310	2.2	282,9	78,8	11,2	0,865	30	10,6	71,4	20	2
Helmershof 12	80	1.1					100			2	1	

Stratigr. Einheit	Lokalität	a_o	Typ	r_o	v_o	δ_o	R_o	N	θ	e	h	v
Tambacher Schichten	Luisenthal 1			357,1	78,3	11,7	0,914	50	6,3	32,7	20	3,5
	Luisenthal 2			348,2	79,5	10,5	0,924	50	5,9	34,0	5	2
	Georgenthal 5	290	2.1	263,2	75,7	14,3	0,996	30	6,9	29,1	5	1,5
	Dietharz 4			359,8	70,0	20,0	0,925	50	10,0	30,5	8	5
	Dietharz 5			(333,0)	86,0	4,0	0,890	60	6,5	n.b.	15	0,8
	Dietharz 12			298,5	75,2	14,8	0,920	60	5,5	22,0	6	1,5
	Dietharz 13	199	2.3	198,8	70,1	19,9	0,899	35	9,0	27,4	5	2
	Dietharz 14			277,2	61,6	28,4	0,899	50	6,8	11,9	5	2
	Tambach 1			334,8	70,8	19,2	0,908	50	6,5	20,1	20	3,5
	Tambach 11			(335,8)	84,8	5,2	0,919	40	6,8	n.b.	22	4
	Finsterbergen 2	260	2.1	253,0	83,0	7,0	0,899	50	6,8	76,3	6	1,5
	Finsterbergen 3			34,5	76,3	13,7	0,862	29	10,8	n.b.	20	10
	Engelsbach 1	140	2.1	151,7	79,8	10,2	0,899	50	6,8	42,0	5	1,5
	Engelsbach 2	230	2.3	230,4	69,8	20,2	0,912	50	6,4	18,8	7	1,5
	Hain 1			79,5	80,6	9,4	0,913	50	6,3	42,2	1	1
	Hain 3			32,8	76,3	13,7	0,940	50	5,3	23,0	6	1,5
	Hain 4			80,0	80,7	9,3	0,933	50	5,5	36,4	2	1
	Albrechts 1	287	2.1	282,1	73,4	16,6	0,851	50	8,5	30,9	6	2
	Albrechts 2	278	2.2	274,0	76,1	13,9	0,936	60	4,8	21,0	5	2
Eisenacher Schichten	Liebenstein 1	280	1.1					60			0,6	0,1
	Gumpelstadt 1			322,2	83,5	6,5	0,949	60	4,3	41,4	10	0,8
	Gumpelstadt 2	310	2.3					60			14	2
	Kissel 1			207,1	77,9	12,1	0,942	50	5,1	25,1	1	1
	Kissel 3			247,0	76,1	13,9	0,938	60	4,8	20,4	1,8	0,7
	Kissel 4			255,3	81,0	9,0	0,950	60	4,3	28,7	3	2
	Kissel 5			284,6	81,4	8,6	0,956	40	5,5	39,8	15	1,5
	Kissel 6			294,1	81,8	8,2	0,952	60	4,1	30,3	1	0,3
	Wachstein 1			292,5	80,5	9,5	0,938	60	4,7	29,8	3	1,5
	Wachstein 2			305,5	78,0	12,0	0,947	59	4,4	21,6	2	0,1
Wachstein 3			313,1	77,9	12,1	0,966	50	3,8	18,6	4	0,9	

Stratigr. Einheit	Lokalität	a_0	Typ	r_0	γ_0	δ_0	R_c	N	θ	ϱ	h	v
Eisenacher Schichten	Mosbach 1			226,3	74,0	16,0	0,953	40	5,1	18,8	4	1
	Mosbach 2			244,3	71,0	19,0	0,946	50	4,8	14,9	7	1,5
	Eisenach 2			288,6	76,0	14,0	0,952	60	4,2	17,6	9	2
	Eisenach 3			276,4	70,7	19,3	0,951	50	4,6	13,8	20	1,5
	Aschburg 1			(148,4)	86,7	3,3	0,901	50	6,8	n.b.	2	1,5
	Aschburg 2			237,0	81,9	8,1	0,951	50	4,6	34,7	3	1
	Aschburg 3			349,3	74,5	15,5	0,945	36	5,8	22,2	2	1,5
	Kupfersuhl 1			282,0	81,8	8,2	0,943	50	5,0	42,2	2	1
	Unkeroda 1			321,3	81,1	8,9	0,913	50	6,3	45,2	2	0,5
	Clausberg 1a			200,3	80,9	9,1	0,916	50	6,2	43,1	0,3	0,3
	Clausberg 1b			200,3	79,2	10,8	0,882	50	7,4	43,4	0,3	0,3

Tab. B. Statistische Werte der Orientierungsmessungen an plattigen
Geröllen, Testreihe Mädelstein (Eisenacher Schichten)
(Symbole wie Tab. A)

Meßpunkt	a_0	Typ	r_0	γ_0	δ_0	R_c	N	θ
1	230	1.2	246,0	80,8	9,2	0,938	3,7	11,7
2	230	1.1	240,0	82,3	7,7	0,840	6,2	23,8
3	220	1.2	218,9	79,1	10,9	0,932	3,9	10,4
4	195	1.1	197,6	75,6	14,4	0,911	4,4	8,9
5	205	1.3	209,9	78,7	11,3	0,923	3,9	10,0
6	220	1.2	214,9	77,1	12,9	0,922	4,1	9,2
7	220	1.2	218,4	69,3	20,7	0,921	4,1	5,8
8	220	1.1	225,4	78,1	11,9	0,952	3,1	7,5
9	220	1.1	231,1	78,5	11,5	0,922	4,1	10,3
10	210	1.2	208,8	79,7	10,3	0,953	3,1	8,4

Tab. C. Ergebnisse von Geröllanalysen

Erklärung von Abkürzungen:

Konglomerat-Horizonte:

SK	Saaleberg-Konglomerat
SF	Salzleckenkopf-Fanglomerat
LB	Lichtenauer Brekzie
GK	Gelbes Konglomerat
SSK	Schieferschuppen-Konglomerat
SKS	Silbacher konglomeratischer Sandstein
LK	Langenbacher Konglomerat
LW	Langenbacher Wechsellagerung
MK	Mandelstein-Konglomerat
ZS	Oberhöfer Zwischenschichten
UO	Untere Oberhöfer Schichten
GrK	Granitführendes Konglomerat
StK	Struther Konglomerat
HK	Hirzberg-Konglomerat
LK	Lokale Konglomerate der Eisenacher Schichten
EK	Wachstein-Konglomerat
HK	Hauptkonglomerat

Geröllprovinzen der Manebacher Schichten:

PSE	Südöstliche Geröllprovinz
PNW	Nordwestliche Geröllprovinz

Geröllprovinzen der Goldlauterer Schichten:

PMG	Provinz Manebach - Goldlauter
FGD	Provinz Gahlberg - Silbergraben - Dörrberg
PC	Provinz Crawinkel
PS	Provinz Schmerbach
PW	Westliche Geröllprovinz

Methodik der Geröllanalyse:

Z	Zählung von Geröllen aus aufbereiteten Konglomeratproben
ZA	Zählung von Geröllen in geschnittenen und angeschliffenen Konglomeratproben

Stratigr. Einheit	Konglomerat-Horizont bzw. -Provinz	Lokalität	Porphyr	Porphyrit	Quarz	Quarzit	Serizitreicher Quarzit	Schiefer	Grauwacke	Kieselgestein	Metamorphite	Granit	Fraktion	Methode	Anzahl der Gerölle
Obere Gehrener Schichten	SK	Breitenbach 15	29	70	-	-	-	-	1	-	-	-	20-35	Z	100
	SK	Breitenbach 27	22	78	-	-	-	-	-	-	-	-	20-35	Z	100
	SF	Schleusingerneundorf 3	50	48	-	2	-	-	-	-	-	-	20-35	Z	202
	LB	Langenbach 8	13	87	-	-	-	-	-	-	-	-	2- 6	ZA	160
?Manebach	GK	Schleusingerneundorf 4	8	92	-	-	-	-	-	-	-	-	20-35	Z	153

Stratigr. Einheit	Konglomerat-Horizont bzw. -Provinz	Lokalität	Porphyr	Porphyrit	Tuff und Rotsedimente	Quarz	Quarzit	Serizitreicher Quarzit	Schiefer	Grauwacke	Kieselgestein	Metamorphite	Granit	Übrige	Fraktion [mm]	Methode	Anzahl der Gerölle
Manebacher Schichten	PSE	Breitenbach 3	6	23	-	8	25	3	10	25	<1	-	-	-	20-35	Z	262
	PSE	Breitenbach 38	35	25	-	5	12	-	3	20	-	-	-	-	20-35	Z	190
	PSE	Erle 1	37	22	-	6	21	-	7	7	-	-	-	-	20-35	Z	100
	PSE	Erle 2	17	43	-	8	11	-	10	10	1	-	-	-	20-35	Z	100
	PSE	Blauer Stein 1	39	33	-	4	10	-	4	11	-	-	-	-	2-6	ZA	200
	PSE	Schwarzer Kopf 1	21	39	-	23	5	-	4	7	-	-	-	-	2-20	ZA	300
	PSE	Benshausen 8	25	28	-	20	11	2	7	7	-	-	-	-	2-20	ZA	200
	PNW	Sembach 1	15	62	-	12	8	-	-	-	-	2	1	-	20-35	Z	224
	PNW	Otterbach 1	7	27	-	43	17	1	3	-	-	1	1	-	20-35	Z	143
	PNW	Otterbach 2	8	37	-	35	16	-	-	-	-	2	1	-	20-35	Z	119
Goldlauterer Schichten	SSK	Breitenbach 34	4	29	-	14	13	6	3	28	-	-	1	2	20-35	Z	313
	SSK	Breitenbach 36	3	30	-	4	11	3	32	16	-	-	-	1	20-35	Z	304
	SSK	Waldau 3	-	25	-	6	11	2	53	3	-	-	-	<1	20-35	Z	314
	SKS	Hinternah 2	1	32	-	23	18	-	6	19	-	-	<1	1	20-35	Z	358
	SKS	Hinternah 4	7	25	-	6	22	3	20	14	-	-	2	1	20-35	Z	158
	LK	Langenbach 1	2	23	-	5	42	-	21	7	-	-	-	-	20-35	Z	208
	LK	Langenbach 2	3	32	-	5	34	-	16	10	-	-	-	<1	20-35	Z	412
	LK	Waldau 6	2	37	-	14	16	2	10	17	-	-	-	2	20-35	Z	332
	LW	Waldau 4	4	34	-	6	16	5	11	21	-	<1	-	3	20-35	Z	285
	LW	Steinbach 3	13	41	-	7	25	-	7	7	-	-	-	-	20-35	Z	152
	MK	Blauer Stein 2	18	44	2	18	13	13	3	1	-	-	1	-	2-6	ZA	400
	MK	Benshausen 17	10	50	2	21	13	-	3	1	-	-	1	-	2-6	ZA	400
	PMG	Erle 3	22	78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20-35	Z	232
	PMG	Goldlauter 1	37	55	2	2	-	3	1	-	-	-	-	-	2-6	ZA	301
	PMG	Gehlberg 23	88	10	1	-	<1	-	<1	-	-	-	-	-	20-35	Z	300
PMG	Gehlberg 24	78	19	2	-	<1	-	<1	-	-	-	-	-	20-35	Z	400	
PGD	Dörrberg 3	6	44	1	4	1	2	41	-	-	-	1	-	20-35	Z	395	
PGD	Dörrberg 4	7	50	1	2	2	12	25	-	-	-	1	-	20-35	Z	307	

Stratigr. Einheit	Konglomerat-Horizont bzw. -Provinz	Lokalität	Porphyr	Porphyrit	Tuff und Rotsedimente	Quarz	Quarzit	Serizitreicher Quarzit	Schiefer	Grauwacke	Kieselgestein	Glimmerschiefer	Metamorphite	Granit	Feldspat	Übrige	Fraktion [mm]	Methode	Anzahl der Gerölle	
Goldlauterer Schichten	PGD	Gehlberg 1	4	54	-	3	7	5	22	1	-	-	-	1	-	3	20-35	Z	217	
	PGD	Gehlberg 4/11	11	37	-	23	2	-	24	-	-	-	-	3	3	-	2-6	ZA	512	
	PGD	Gehlberg 8/9	8	51	-	18	3	-	16	-	-	-	<1	3	1	-	2-6	ZA	500	
	PGD	Gehlberg 15/12	48	43	-	4	1	-	4	-	-	-	<1	-	-	-	2-6	ZA	504	
	PGD	Gehlberg 15/23	48	43	1	4	2	-	1	-	-	-	<1	-	-	-	2-6	ZA	300	
	PGD	Lubenbach 2	8	49	1	9	10	-	12	<1	-	-	-	11	-	-	2-6	ZA	400	
	PGD	Lubenbach 3/35	3	41	-	10	2	1	27	-	-	-	10	6	-	-	2-6	ZA	553	
	PGD	Lubenbach 6	7	35	-	13	6	-	29	-	-	-	-	5	5	-	2-6	ZA	500	
	PGD	Lubenbach 11	6	45	-	17	4	-	21	-	-	-	<1	7	1	-	2-6	ZA	500	
	PGD	Lubenbach 12	10	33	-	11	5	-	29	-	-	-	-	6	-	-	2-6	ZA	300	
	PGD	Lubenbach 13	15	36	-	10	2	-	26	-	-	-	-	3	9	-	2-6	ZA	500	
	PGD	Lubenbach 14	18	52	-	17	4	-	3	-	-	-	-	4	2	-	2-6	ZA	500	
	PGD	Silbergraben 5	10	57	<1	6	8	5	3	1	-	-	5	3	-	2	20-35	Z	347	
	PC	Crawinkel 1	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20-35	Z	100
	PS	Schmerbach 1	7	40	3	14	8	8	<1	2	-	-	5	-	-	-	-	20-35	Z	493
PW	Winterstein 94	63	28	-	3	4	1	-	<1	-	-	-	1	-	-	-	20-35	Z	234	
PW	Pappenheim 2	10	32	-	26	9	5	9	7	-	-	1	-	2	-	-	2-6	ZA	400	
Oberhöfer Schichten	ZS	Oberhof 2	23	37	2	7	8	8	14	-	-	-	-	1	-	-	20-35	Z	400	
	ZS	Oberhof 3	31	40	2	4	5	3	13	1	-	-	-	1	-	-	20-35	Z	400	
	UO	Unterschönau 12	23	34	-	4	12	2	3	7	3	-	-	12	-	-	20-35	Z	398	
	UO	Unterschönau 23	23	50	-	4	9	4	2	1	<1	-	-	7	-	<1	20-35	Z	384	
Oberhöfer oder Tamb. Schichten	GK	Silbach 1	3	2	<1	1	11	-	32	<1	-	-	-	50	-	-	20-35	Z	247	

Stratigr. Einheit	Konglomerat-Horizont bzw. -Provinz	Lokalität	Porphyr	Porphyrit	Tuff und Rotsedimente	Quarz	Quarzit	Serizitreicher Quarzit	Schiefer	Grauwacke	Glimmerschiefer	Gneis	Übrige Metamorphite	Granit	Feldspat	Übrige	Fraktion [mm]	Methode	Anzahl der Gerölle
Rotteröder Schichten	StK	Helmershof 1	2	39	-	16	21	5	-	-	5	-	2	9	-	1	20-35	Z	100
	StK	Helmershof 3	2	30	<1	30	14	4	-	2	1	-	2	10	4	1	20-35	Z	385
	StK	Helmershof 4	14	44	<1	11	14	7	-	-	-	-	2	6	-	1	35-63	Z	380
	StK	Helmershof 5	2	42	<1	25	11	3	-	1	-	-	1	14	<1	-	20-35	Z	396
	StK	Struth 1/10	30	25	2	12	18	7	-	-	2	-	-	3	-	<1	20-35	Z	194
	StK	Struth 1/22-23	27	21	7	15	19	8	-	-	<1	-	-	<1	-	1	35-63	Z	197
	HiK	Rotterode 1	67	23	5	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20-35	Z	300
	HiK	Altersbach 2	61	11	14	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20-35	Z	381
LK	Gumpelstadt 1	51	<1	<1	34	1	-	-	-	-	4	2	1	7	-	-	20-35	Z	495
	Gumpelstadt 2	12	<1	-	14	1	-	-	-	-	18	-	1	54	-	-	20-35	Z	520
	Liebenstein 1	27	2	<1	6	1	-	-	-	-	12	11	-	41	-	-	20-35	Z	454
Eisenacher Schichten	WK	Kissel 1	27	5	1	7	21	-	-	-	30	6	1	2	-	-	20-35	Z	388
	WK	Kissel 2	40	6	<1	3	2	-	-	-	27	8	<1	14	-	-	20-35	Z	533
	WK	Kissel 3	27	5	<1	5		←	54	→				9	-	-	20-35	Z	537
	WK	Kissel 4	41	1	<1	5	2	-	-	-	28	2	1	20	-	-	20-35	Z	514
	WK	Kissel 5	57	1	2	5	1	-	-	-	21	8	-	5	-	-	20-35	Z	221
	WK	Kissel 6	29	2	<1	21	1	-	-	-	29	4	<1	14	-	-	20-35	Z	514
	WK	Wachstein 1	21	5	2	9	3	-	-	-	35	3	3	19	-	-	20-35	Z	521
	WK	Wachstein 3	24	5	3	10	3	-	-	-	32	6	2	15	-	-	20-35	Z	411
	WK	Marienthal 2	1	<1	-	4	<1	-	-	-	6	1	1	87	-	-	20-35	Z	569
HK	Kupfersuhl 1	19	1	-	11	8	-	11	-	-	7	4	5	34	-	-	20-35	Z	547