

Neuerkenntnisse über das tektonische Gefüge des Steirischen Erzberges

Von GÜNTHER HIRZBAUER, ARMIN STROMBERGER, OSKAR SCHULZ & FRANZ VAVTAR*)

Mit 7 Abbildungen und 64 Diagrammen

Österreichische Karte 1 : 50.000
Blatt 101

Steiermark
Eisenerzer Alpen
Grauwackenzone
Steirischer Erzberg
Tektonische Gefügeanalyse

Inhalt

Zusammenfassung	51
Abstract	52
1. Einleitung	52
2. Problemstellung	52
3. Grundlagen	52
4. Kartierungsneuergebnisse bezüglich der Schollengrenzen	57
5. Beschreibung der s-Flächen- und Achsengefüge in Großhomogenbereichen (s, β , B)	57
5.1. Präbichlschichten (Perm)	58
5.1.1. s-Flächen über Christof-Hauptverwurf	58
5.1.2. s-Flächen unter Christof-Hauptverwurf	59
5.1.3. Zusammenfassende Betrachtung der Präbichlschichten	60
5.2. Der ordovizische, silurische, devonische bis karbonische Schichtkomplex	61
5.2.1. Liegendsholle, Erzberg-Südseite	61
5.2.2. Liegendsholle, oberer Erzberg-Ostteil (Gipfel 1450 m – Etage Johann 1120 m)	62
5.2.3. Hangendscholle, oberer Erzberg-NNW- und W-Teil (Etagen Pauli 1291 m – Schuchart 1108 m)	64
5.2.4. Liegendsholle unter Christof-Hauptverwurf. Erzberg-Mittelteil (Etagen Hell 1133 m – Elias 792 m)	65
5.2.5. Hangendscholle unter Christof-Hauptverwurf. Erzberg-Mittelteil (Etagen Dreikönig 1085 m bis Polster 1101 m)	67
5.2.6. Liegendsholle unter Christof-Hauptverwurf. Erzberg-Westseite, Mitte bis Tiefe (Etagen Liedemann 901 m bis I 807 m)	67
5.2.7. Hangendscholle, unterer Erzbergbereich, Ostflügel, Muldenkern und Westflügel (Etagen Palmer 879 m, Etage I 807 m, Peter Tunner 788 m)	68
5.2.8. Liegendsholle, unterer Erzbergbereich; Muldenkern und Westflügel (Etagen: Halbetage 800 m bis -III 743 m)	69
5.2.9. Zusammenfassende Betrachtung der ordovizisch-devonisch-karbonischen Schichtabfolge und der permischen Auflagerungen	72
6. Klufftektonische Untersuchungen	76
6.1. Präbichlschichten (Perm)	76
6.2. Ordovizischer bis karbonischer Schichtkomplex	77
6.2.1. Liegendsholle Ostflügel (über und unter dem Christof-Hauptverwurf)	77
6.2.2. Hangendscholle Ostflügel (über und unter dem Christof-Hauptverwurf)	78
6.2.3. Muldenkern, Devon	78
6.2.4. Westflügel, Liegendsholle	78
6.3. Genetische Erkenntnisse aus der Klufftektonik	79
7. Die tektonische Entwicklung des Steirischen Erzbergs, beurteilt auf Grund der gefügeanalytischen Daten	80
8. Tektonik und Erzführung	84
Dank	84
Literatur	84

Zusammenfassung

Das tektonische Flächen- und Achsengefüge der altpaläozoischen bis karbonischen, schwach metamorphen Schichtfolge und der transgressiv auflagernden permischen Schichten ist das Ergebnis einer mehrphasigen Tektogenese. Die von Teilbereichen homogener Formungen ausgehende statistische Analyse erbringt den Nachweis zweier alpidischer und zweier variszischer tektonischer Formungspläne: die achsialen Verformungen erfolgten variszisch nach $B_1 = W-E$ (?WNW-ESE), $B_2 = N-S$; alpidisch nach $B_3 = NNE-SSW$ und $B_4 = WNW-ESE$.

*) Anschrift der Verfasser: GÜNTHER HIRZBAUER, ARMIN STROMBERGER, Univ.-Prof. Dr. OSKAR SCHULZ, Univ.-Doz. Dr. FRANZ VAVTAR, Institut für Mineralogie und Petrographie, Abteilung Geochemie und Lagerstättenlehre, Universität Innsbruck, Innrain 52, A-6020 Innsbruck.

Die Schollenüberschiebung wurde wahrscheinlich bereits durch die erste variszische Einengung (B_1) im Zuge des tangentialen Transportes als flach S-fallende h0l-Gleitungs-kluft vorbereitet und, gefördert durch die hohe Teilbeweglichkeit der Eisenerzer Schichten, zur Ausführung gebracht. Daher waren die beiden Erzbergschollen frühzeitig gemeinsamen Verformungen unterworfen. Mit einer N-S-achsialen (B_2) variszischen Einengung E-W hängt die Prägung des voralpidischen Großfaltenreliefs zusammen, in dessen Kluftsyste-me der bergbaulich bedeutende Christof-Hauptverwurf als h0l-Abschiebung zuordenbar ist.

Die alpidischen Orogenesen scheinen hingegen im hier untersuchten Bereich des Erzberges mehr als Amplatztekonik zur Auswirkung gekommen zu sein. Eine ESE-WNW-Einengung mit $B_3 = \text{NNE-SSW}$ erzwang die heute wesentliche tektonische Gestalt: die Erzbergsynklinale und die Reaktivierung des Christof-Hauptverwurfs.

Die Verformungsbereitschaft der transgredierenden permischen Präbichlschichten bildet noch deutlich jüngste Umformungen durch eine SSW-NNE gerichtete Einengung mit der Achse $B_4 = \text{WNW-ESE}$ ab. Diese Formung bewirkt Überprägungen auch im älteren paläozoischen Schichtenstapel und die verschieden schwache Nord-Neigung der Erzbergmulde.

Im Zuge der feldgeologisch-tektonischen Aufnahme auf den Etagen des Siderit-Tagebaues ergab sich eine neue Erklärung für den Verlauf der durch die karbonischen Eisenerzer Schichten markierten Überschiebungsbahn Liegendsscholle/ Hangendsscholle.

New Findings on the Tectonic Fabric of the Styrian Erzberg

Abstract

The tectonic planar and axial fabric of the Lower Palaeozoic to Carboniferous weakly metamorphic bedding sequence and transgressively overlying Permian beds is the result of a multi-phase tectogenesis. The statistical analysis, which is based on sections of homogeneous formations, establishes two Alpidian and two Variscian tectonic formation plans: the axial deformations occurred in the Variscian after $B_1 = \text{W-E}$ (? WNW-ESE), $B_2 = \text{N-S}$; in the Alpidian after $B_3 = \text{NNE-SSW}$ and $B_4 = \text{WNW-ESE}$.

It is likely that the block overthrusting was already prepared by the first Variscian compression (B_1) in the course of the tangential transport as a weakly S-dipping h0l-sliding joint and completed with the aid of the high componental mobility of the Eisenerz Beds. Therefore, the two Erzberg Blocks underwent joint deformations at an early stage. An N-S-axial- (B_2) -Variscian compression E-W is connected with the imprint of the pre-Alpidian large-scale fold relief, whose joint-systems incorporate the Christof Main Fault, which is interesting from the miner's point of view, as an h0l-downthrown fault.

In the investigated section of the Erzberg, the Alpidian orogeneses rather seem to have resulted in in-situ-tectonics. An ESE-WNW-compression with $B_3 = \text{NNE-SSW}$ forced the present significant tectonic shape: the Erzberg Syncline and the reactivation of the Christof Main Fault.

The readiness of the transgressing Permian Präbichl Beds to undergo deformation still depicts clearly youngest reformations through an SSW-NNE-compression with the axis $B_4 = \text{WNW-ESE}$. This forming also causes overprintings in the older Palaeozoic bedding sequence and the northward dip of the Erzberg Syncline in varying degrees.

In the course of the geological and tectonic field survey on the levels of the opencast siderite minings we have found a new explanation for the course of the overthrust area lower block/upper block, which is marked by the Carboniferous Eisenerz Beds.

1. Einleitung

Im Zusammenhang mit einem vom Österreichischen Wissenschaftsfonds geförderten Projekt über petrographische, geochemische und Gefüge-Untersuchungen der Gesteins- und Erzabfolge des Steirischen Erzberges kamen auch tektonische Daten zur Aufnahme. Ihre gefügestatistische Auswertung brachte Ergänzungen zu bisherigen Kenntnissen und einige Neuergebnisse für Wissenschaft und Praxis.

2. Problemstellung

Die komplizierte, mehraktige Tektogenese der als Sideritbergbau weltberühmt gewordenen Lagerstätte bringt es mit sich, daß in den bisherigen Erklärungen Widersprüche in den Auswirkungen der variszischen und der alpidischen Orogenese und über die zeitliche Anlage der Fe-Anreicherung bestehen. Eine umfangreicher als bisher erfolgte Nutzung von tektonischen Formelementen, mit statistischer Auswertung flächiger und linearer Gefüge in den vom Ordovizium bis in das Permoskyth reichenden Gesteinspaketen, verspricht eine bessere Unterscheidung von alpidischen und voralpidischen tektonischen Formungen.

3. Grundlagen

Gesteine und ihre Schichtenabfolge am hervorragenden Aufschlußkörper des Steirischen Erzberges bilden seit vielen Jahrzehnten ein begehrtes Forschungsobjekt teils wegen der durch den Bergbau geschaffenen idealen Aufschlüsse im Tage- und Grubenbau, teils wegen der montangeologischen Aussagekraft der Ergebnisse. Aus der Fülle von Erkenntnissen über die Gesteine und ihre Verformungen in nah und fern ragen einige Arbeiten hervor: nämlich die von KERN (1927), SPENGLER (1926), SPENGLER & STINY (1926), HIESSLEITNER (1929, 1931), REDLICH & PRECLIK (1930), REDLICH (1931) und FRITSCH (1960).

Die jahrzehntelang umstrittene Frage, ob am Erzberg eine durchgehende Schichtabfolge oder, durch den sogenannten Zwischenschiefer (die Eisenerzer Schichten) getrennt, zwei tektonische Schollen übereinander liegen, wurde durch die Conodotenstratigraphie von SCHÖNLAUB (1979) exakt beantwortet. Demnach wird die untere (Liegend-)Scholle von Sericitschiefern bis Sericitquarziten und phyllitischen Schiefern des Ordoviziums mit rund 400 m Mächtigkeit, dem sehr unterschiedlich, aber ebenfalls bis 400 m mächtigen Blasse-neck-Porphyr (Oberordoviz), wenigen Metern Cystidenkalk mit „Übergangsporphyroid“ (KERN, 1927; jün-

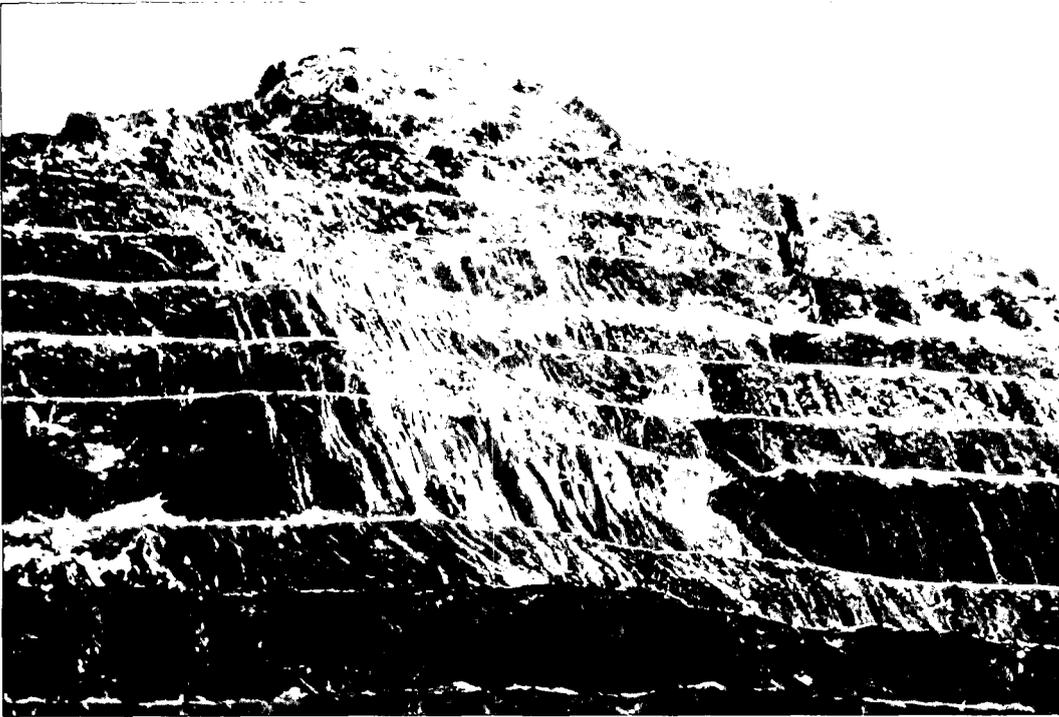


Abb. 1.
Der Steirische Erzberg von NNW gesehen. Blick auf die steil nach W fallenden devonischen Schichten der Liegend-scholle (links) und die karbonischen Eisenerzer Schichten (= Überschiebungsbahn, Verlauf nachgezogen). Darüber (rechts) die dazu quasiparallelen Devongesteine der Hangendscholle. Mit Annäherung an den Kern der Großsynklinale fallen die Schichten (Mitte unten) etwas flacher ein. Leichte Schneebedeckung.

geres Ordovizium), weiters von einigen Zehnermetern silurischen Graphitphylliten, Kieselschiefern und Kalksteinen sowie von der markanten Devonserie mit verschieferten hellen und bunten Flaser- und Bänderkalen (Sauburger Kalk) und gebankten Kalksteinen aufgebaut. Die dem Unter-, Mittel- und Oberdevon zuzurechnenden schwach metamorphen Kalksteine haben nach FRITSCH (1960) 60–250 m Mächtigkeit. (Wahrscheinlich) Tuffe und grafitische sowie chloritische und hämatitreiche Phyllite – die sogenannten Eisenerzer Schichten (SCHÖNLAUB, 1977), früher als „Zwischenschiefer“ bezeichnet – dem Unterkarbon zugerechnet, stellen die jüngste erhaltene Ablagerung der Liegend-scholle und nach SCHÖNLAUB et al. (1980) überhaupt das jüngste Schichtglied des Variszikums in den Eisen-

erzer Alpen dar. Diese hochteilbewegliche sericitreiche Bank ist, wenn überhaupt, so mit unterschiedlich geringer Mächtigkeit (max. 50 m am Erzberg) erhalten: kein Wunder, denn nach SCHÖNLAUB's Ergebnissen bildet sie den Gleithorizont für die darüber geschobene devonische Kalksteinserie der Hangendscholle, die heute eine maximale Mächtigkeit von rund 200 m (nach FRITSCH über 300 m) erreicht.

Nach dieser altersmäßig exakten stratigraphischen Zuordnung der Erzberggesteine und der Tatsache, daß die permischen und skythischen klastischen Sedimente (Präbichlkonglomerat und -schiefer, Werfener Schiefer), erosiv sowohl die Liegend- als auch die Hangendscholle bedecken, kann kein Zweifel bestehen, daß die variszische Orogenese bedeutende tektonische Transpor-

Abb. 2.
W-Ansicht des Steirischen Erzberges. Der Verlauf der Überschiebungsfäche, repräsentiert durch die tektonisch reduzierten Eisenerzer Schichten sowie der Christof-Hauptverwurf (N-S-streichend, E-fallend) sind zeichnerisch hervorgehoben. Reste der transgressiv auflagernden Präbichlschichten am linken Bildrand.



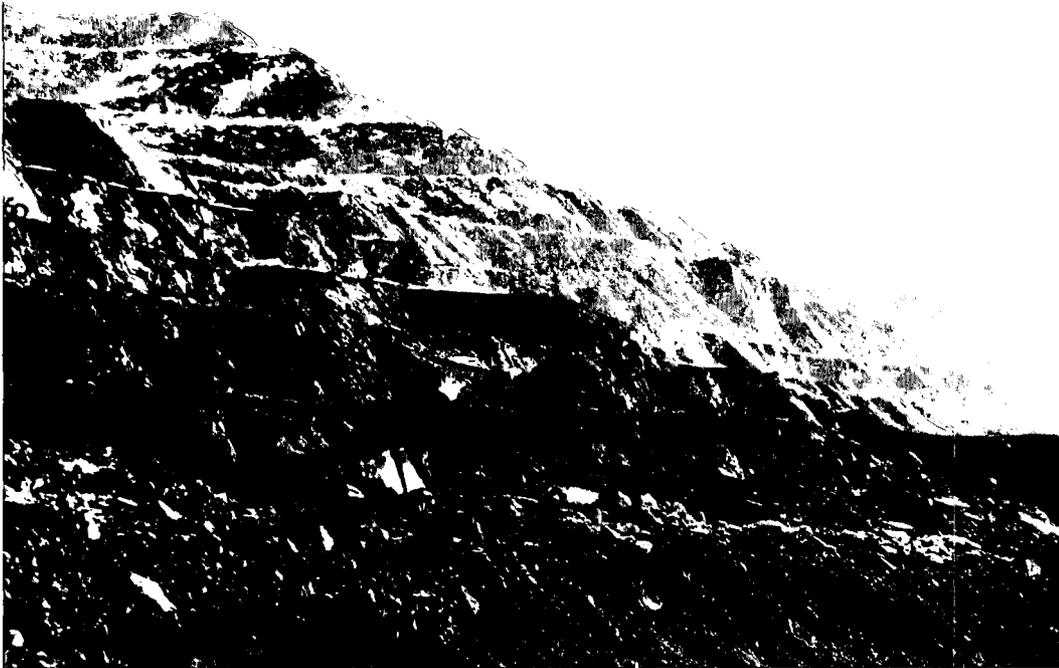


Abb. 3.
Die flach nach W fallenden Devon-Schichten der Liegend- und Hangendscholle unter dem Christof-Hauptverwurf.

te ausgelöst hat. Gerade dies wurde aber früher zum Teil bezweifelt, so auch von FRITSCH (1960) auf Grund seiner speziellen tektonischen Untersuchungen.

Eine Diskussion über den Gebirgsbau kann nicht beginnen, ohne die von HIESSLEITNER (1929 und 1931) dargelegte Beschreibung mit exakten Profildarstellungen berücksichtigt zu haben. Aus diesen sowie aus den Geologischen Karten (SPENGLER & STINY, 1926, SCHÖNLAUB, 1981) ist der großräumig grandiose Faltenbau mit Kilometerausmaßen und die auf unterschiedlicher Teilbeweglichkeit der übereinander gestapelten Gesteinspakete beruhende Verformungsbereitschaft erschließbar. So sollte auch die von SPENGLER (1926), REDLICH & PRECLIK (1930) vertretene und von HIESSLEITNER schon 1929, dann 1931 für möglich gehaltene bzw. befürwortete Auffassung von der tektonischen Zweiteilung des Erzberges, durch die mikropaläontologische Bestätigung durch SCHÖNLAUB (1979) keine grundsätzliche Überraschung darstellen. Die von HIESSLEITNER auf-

gezeigten zahlreichen Schollenbildungen der Kalksteinpakete in den km-Großfalten der Ordovizium-Devon-Schichtfolge ließen diese Deutungsmöglichkeit reifen.

Die ordovizisch-silurisch-devonischen Gesteine des Steirischen Erzberges dürften nach JUNG (1980) während der variszischen Metamorphose unter Bedingungen der unteren Grünschieferfazies gestanden haben, während die Werfener Schichten am Kalkalpen-Südrand nur unter den Einfluß einer höher temperierten Anchizone geraten waren. JUNG hielt deshalb den Einfluß der variszischen Metamorphose für stärker, wenn auch die alpidische Metamorphose im Bereich des Erzberges etwas wirksamer gewesen sein dürfte. Der tektonisch zu interpretierende Ausschnitt in den Eisenerzer Alpen SE Eisenerz gehört im Rahmen der Großgliederung der östlichen Grauwackenzone als oberostalpine Einheit zum Norischen Deckensystem (nach TOLLMANN, 1959) und in diesem (nach SCHÖNLAUB, 1982, S. 408) zur „Nordzone“, welche er als „die höchste tektonische

Abb. 4.
Zehnermeter-Zwischenfalte im Schiefermar-
mar der Liegendscholle mit 20–30° N-einfallender Achse.
Etage Peter Tunner.



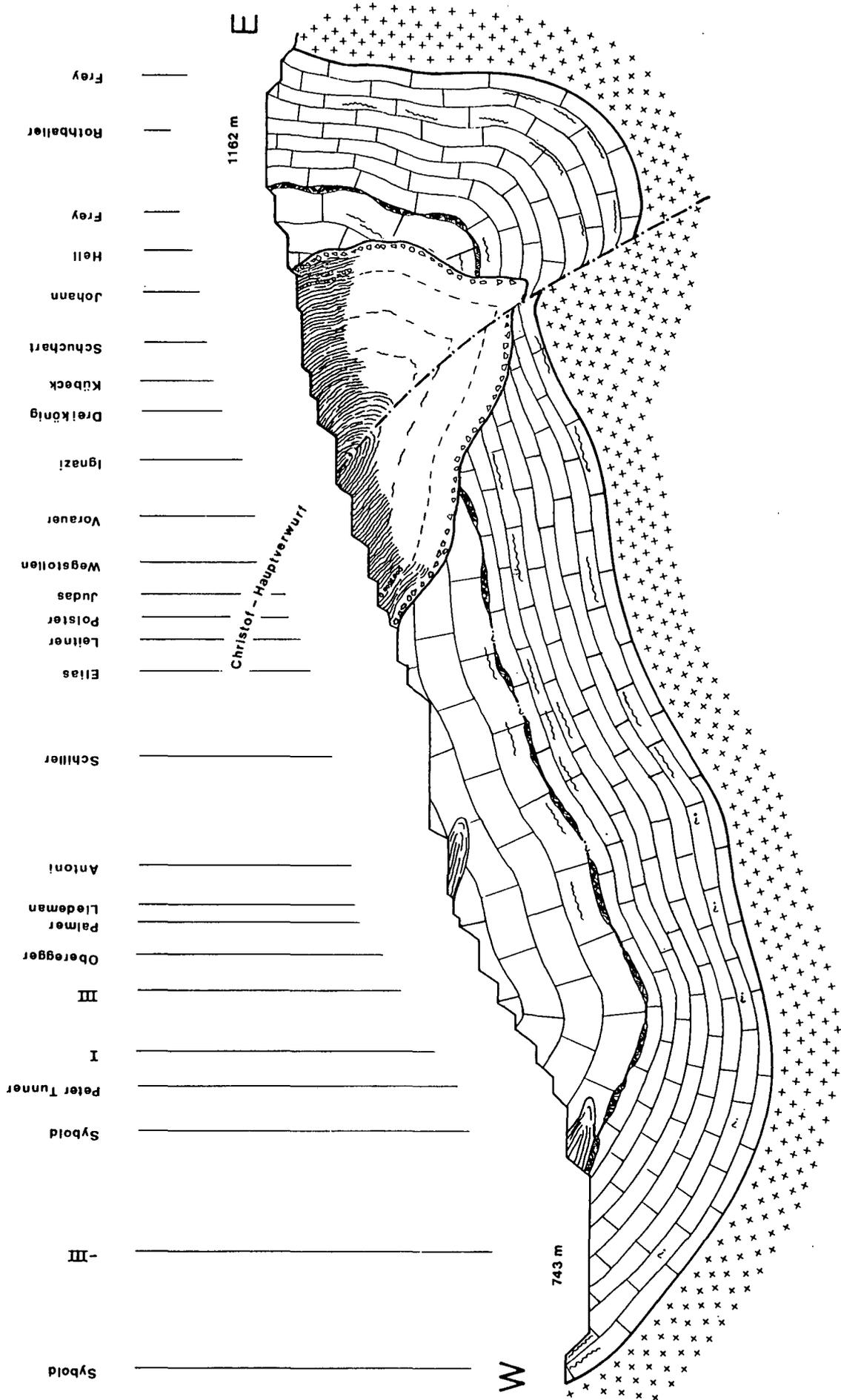


Abb. 5.
 W-E-Profil durch den Steirischen Erzberg von Etage -III in Richtung 90° (gesehen in der Formungsebene, etwa ac zur Großfaltenachse N-S) mit der Lage der Schichten (Ordovizium bis Karbon) der Liegend- und Hangendscholle mit Resten der transgressiv auflagernden Permschichten. Die sonderbar wirkende Lagerung des Präbäichschiefers ist auf die reliefbedingte Anlagerung bzw. auf die hohe Verformungsbereitschaft und Kompetenzunterschiede zum Devonkomplex zurückzuführen. Mitverwertet sind Ergebnisse aus Tiefbohrungen und früheren Grubenbauen. Unsichere Gesteinsgrenzen sind strichliert. Weitere Erläuterungen siehe Abb. 6.

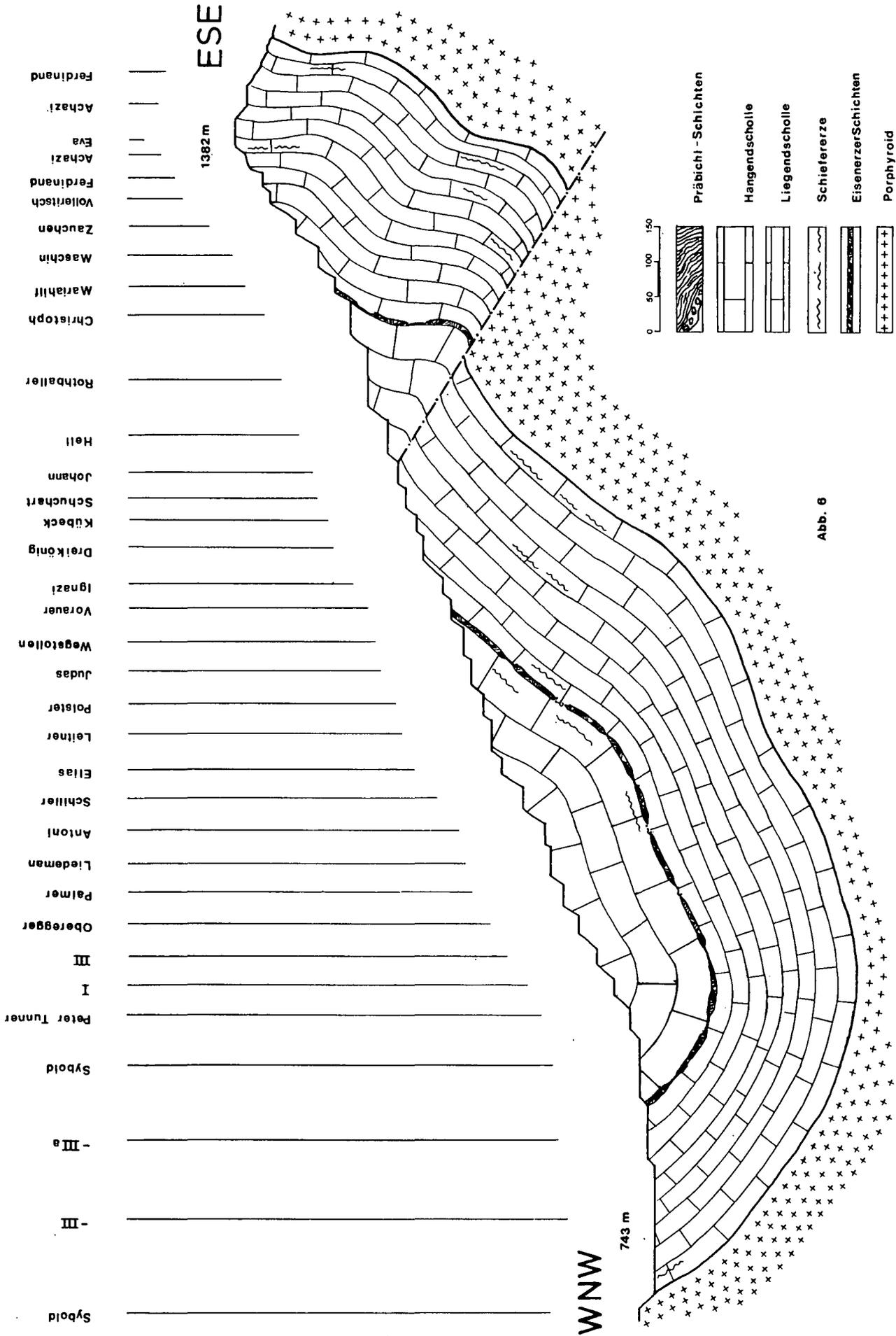


Abb. 6.
 WNW-ESE-Profil durch den Steirischen Erzberg von Etage -III in Richtung ca. 110° (gesehen in der Formungsebene, etwa ac zur Großfaltenachse N-S) mit der Lage der Schichten (Ordovizium bis Karbon) der Liegend- und Hangendscholle.

Einheit des Altpaläozoikums bezeichnet, die im transgressiven Verband mit der Kalkalpenbasis steht“.

Um eine unvoreingenommene Erklärung der mehrak­tigen tektonischen Aktivitäten zu finden, versuchen wir eine Vervollkommnung der von FRITSCH (1960) begon­nenen tektonischen Gefügeanalyse auf der Basis der statistischen Erfassung der in der Abfolge vom Ordovizium bis in das Perm geprägten flächigen und linearen Formelemente, sehr wohl aber unter Berücksichtigung der nunmehr (SCHÖNLAUB, FLAJS & THALMANN 1980) si­chergestellten tektonischen Schollen.

4. Kartierungsneuergebnisse bezüglich der Schollengrenzen

Bezugnehmend auf die beiden Dissertationen gelang HIRZBAUER und STROMBERGER im Jahre 1987 betreffend die Zuordnung der Gesteinspakete im Ostflügel und im Kern der Erzbergmulde im unteren Teil des Tagbaues auch eine neue Erkenntnis über Lage, Mächtigkeit und Verlauf der Liegend- und Hangendscholle.

Das besondere Interesse konzentrierte sich dabei auf den Südwestbereich des Tagbaues, ausgehend vom Muldenkern der „Erzbergschüssel“ ab Etage –III nach oben. Die gerade in diesem Bereich besonders schwierig zu durchschauende tektonische Situation, gab bis jetzt immer wieder zu Fehlinterpretationen Anlaß. Die Ursache ist in der äußerst starken tektonischen Beanspruchung und der hohen Teilbeweglichkeit der Eisenerzer Schichten als Gleithorizont zwischen den beiden Schollen zu sehen. Besonders im Bereich des Muldenkerns sind Verschleppungen und Ausquetschungen dieses schieferig phyllitischen Gesteinspaketes in die vorhandenen Kluftsysteme zu beobachten. Auch das Auftreten farblich und stofflich äußerst ähnlicher Grafit-schiefer des Silurs in nächster Umgebung sowie die oft nur angedeuteten und zeitweise sogar parallel zur Ab­baufront der Etagenwände verlaufenden Schichtreste des Karbon-Zwischenschiefers und der Hangendscholle im mittleren Teil des Ostflügels gaben Anlaß zu Verwechslungen im Bereiche der Etagen Polster bis Igna­zi, und trugen zweifellos erschwerend zur exakten Lo­kalisierung der Schollenabgrenzung bei.

Das dem Bergbau seit langer Zeit in Form von Hori­zontal- und Saigerschnitten zur Verfügung stehende Kartenmaterial konnte die anstehenden Probleme auch nicht klären, weil aufgrund der oben genannten Ur­sachen der Verlauf des Zwischenschiefers oft nur un­genau oder teilweise gar nicht eingetragen war. Daher ist auch in der neuen Geologischen Karte (SCHÖNLAUB, 1982) der Verlauf der Eisenerzer Schichten nicht befriedigend dargestellt. Erst die in den Sommermonaten des Jahres 1987 durch den Abbaustand besonders günstigen Aufschlußverhältnisse auf den entsprechen­den Etagenabschnitten ermöglichten eine genaue und durchgehende Identifizierung der tektonischen Grenz­fläche beider Schollen.

Exakte Geländebeobachtung und Kartierung sowie zahlreiche Meßdatenreihen sicherten die Erkenntnis einer durch tektonische Beanspruchungen gebildeten kuppelförmigen Aufwölbung der Schichtpakete über den Südbereich der Etagen um Palmer und III. Durch das Vorrücken des Tagbaues und dem damit verbun­denen vollständigen Abtrag der Hangendscholle in die­sem Abschnitt tritt die unterlagernde Liegendscholle

klar zutage. Nur in der östlich anschließenden, sich nach Norden und Süden erweiterenden sattelförmig ausgebildeten Muldenstruktur blieben Teile der Han­gendscholle erhalten. Der sich dadurch ergebende tat­sächliche Grenzverlauf – die Überschiebungsfläche – konnte erstmals über alle betroffenen Etagen verfolgt und nachgewiesen werden.

Nach dem Abbaustand vom Jahre 1987 beurteilt, verläuft die Schollengrenze, markiert durch die ausge­walzten Eisenerzer Schichten, von der E-Seite der Eta­ge –III, erkennbar ab der Perm-Überlagerung für einige Zehnermeter mit horizontalem Ausbiß in der Wand der Etage –IVa in Richtung S, um dann über die Etagen –III und Sybold nach ESE umzuschwenken. Unter Beibe­haltung dieser Richtung, und tektonisch auf teilweise nur cm-dünne Schichtbeläge reduziert, zieht sich der Grenzverlauf bis Etage Palmer. Hier beginnt ein kon­stantes, annähernd parabelförmiges Umbiegen der Schollenbegrenzung von ESE über S nach SSW mit dem Scheitelpunkt auf den Etagen Vorauer und Igna­zi. Mit wandparallelem Streichen verläuft der Karbon­schiefer, teilweise unter starker Schuttbedeckung, eini­ge Zehnermeter nach SSW. Dann beginnt mit stetigem Umbiegen auf W und schließlich WNW der absteigende Ast der Parabel bis zur Etage Palmer, um hier mit hori­zontalem Ausbiß in der Etagenwand die Lage des Mul­denkerns anzuzeigen.

Abschließende Vergleiche mit den ständig durch den Bergbaubetrieb durchgeführten chemischen Kontroll­analysen, die den unterschiedlichen Chemismus der beiden Schollen klar erfassen, ergaben schließlich eine entsprechende Übereinstimmung mit den gewonnenen Neuerkenntnissen.

5. Beschreibung der s-Flächen- und Achsengefüge in Großhomogenbereichen (s, β , B)

Aus der seit Jahrzehnten genau bekannten asymme­trischen rinnenförmigen Großmulde aus paläozoischen Schichten der beiden übereinandergeschobenen tekto­nischen Schollen samt der transgressiven permischen Auflage und unter Berücksichtigung der bedeutenden Abscherung um über 300 m am Christof-Hauptverwurf, ergeben sich bereits zwingende Voraussetzungen für eine Unterteilung des Erzberges in große Homogenbe­reiche tektonischer Verformung. Das sind zwar nicht die einzigen stratigraphischen und tektonischen An­haltspunkte, aber die wichtigsten, nach denen wir zu­nächst eine Beschreibung und Übersicht der Gefüge­daten ausrichten wollen. Daß dies keine von Voreinge­nommenheit getragene Vorgangsweise ist, sondern die Berücksichtigung gesicherter Hauptmerkmale, geht aus den bekannten geologischen Profilen, z.B. schon von HIESSLEITNER (1929), aber auch aus der Übersichtsbe­trachtung des Erzberges (Abb. 1,2) hervor, in denen die Verbiegung der glatten Schichtflächen und Bänke mit der Tendenz „oben steiler, unten flacher“ erkennbar ist. Prinzipiell große Bedeutung kommt dem Vergleich der Daten aus dem paläozoischen Schichtverband und der diskordanten Auflage des klastischen Permkomplexes zu, denn dieser wurde ja nur von alpidischen Verfor­mungen betroffen.

Die Arbeitsweise der tektonischen Gefügeanalytik (SANDER, 1948, 1970; MÜLLER 1963) wird vorausgesetzt.

Die zeichnerische Darstellung der Daten erfolgt auf dem Schmidt'schen Netz (flächentreue Lambert'sche Azimutalprojektion, transversales Gradnetz, untere Halbkugel).

5.1. Präbichlschichten (Perm)

Der permische, klastische Sedimentkomplex der Präbichlschichten liegt dem verschieden stark von der Erosion betroffenen variszischen Gebirge in vielen Teilabschnitten mit Winkeldiskordanz auf. Mit der Paläogeographie, Sedimentologie, Stratigraphie und Nomenklatur befaßte sich zuletzt KRAINER (1986), an dessen Auffassungen für das Nachbargebiet am Polster wir uns halten. Die erosive Überlagerung ist derzeit erhalten vom Tagbauaufschluß der Etage -III (743 m) bis hinauf zur Etage Schuchart (1112 m ü.d.M.). Die Überlagerung sowohl der Liegend- als auch der Hangend-scholle und die Zerschering am Christof-Hauptverwurf weisen einerseits auf eine beträchtliche voralpidische, also variszische Tektonik, andererseits auf die relativ junge alpidische Zergleitung des fertig geformten Gesamtkomplexes mit einer Gesamtverwurfsweite von rund 300 m. Diese maximale Verwurfsweite wurde auf Grund von Betriebsunterlagen konstruktiv ermittelt.

Vorweg fällt im Rahmen der Kartierung auf, daß die hier noch rund 150 m mächtige permische Schichtfolge mit vorwiegendem, aber stark gestreutem E-Fallen geprägt ist und mit dieser Orientierung als Erosionsrest heute vor allem den Ostflügel der, aus den älteren paläozoischen Gesteinen aufgebauten Erzbergsynklinale überlagert, wodurch im geologischen Gesamtaufbau die Symmetrie noch weiter erniedrigt ist.

Die Messungen stammen so gut wie nur aus dem quarzsandigen, rötlich-violetten Tonschiefer bis Phyllit, der durch seine hohe Teilbeweglichkeit zu verschiedensten Kleinfältelungen bis Großfaltungen bereit war, aber an Klufftörungsbereichen auch in symmetrologisch abweichende Stellungen verschleppt ist. Bei der Deutung der Diagramme ist zu berücksichtigen, daß die konstruktiv zur Geltung kommenden β in diesen Fällen nicht grundsätzlich B-Faltenachsen aus Teilbewegungen $\perp b$ entsprechen, sondern z.T. ihre s-Flächenstellung zumindest in Liegendbereichen der Serie durch Anlagerung auf geneigte Reliefböden zustandekam. Die Schwierigkeit der genauen Verfolgung der Erosionsflächen verhindert eine ganz klare Interpretation der Faltengefüge.

Im Jahre 1960 reichte die grob- bis feinklastische Abfolge noch bis auf Etage Mariahilf in 1208 m Höhe. Im Jahre 1985 waren Messungen nur bis 1138 m in der Etage Hell möglich. Wir nützen daher für die Darstellung und Interpretation der s-Flächen auch die vom Bergbauarchiv Eisenerz zur Verfügung gestellten Aufzeichnungen von DORSTEWITZ (1961).

5.1.1. s-Flächen über Christof-Hauptverwurf

Die früher in höheren Etagen aufgeschlossenen Schichten (D₁: Etage Mariahilf, 1208 m; D₂: Christof 1183 m, bis Schuchart 1108 m) lassen bei beträchtlicher Streuung tautozonale Stellungen zu flachen β -Achsen in WNW-ESE- bis NW-SE-Lage erkennen. Das differierende Einfallen weist auf Faltungen, wobei aber das NE-Fallen überwiegt. Auch NNE-SSW-Flächen-

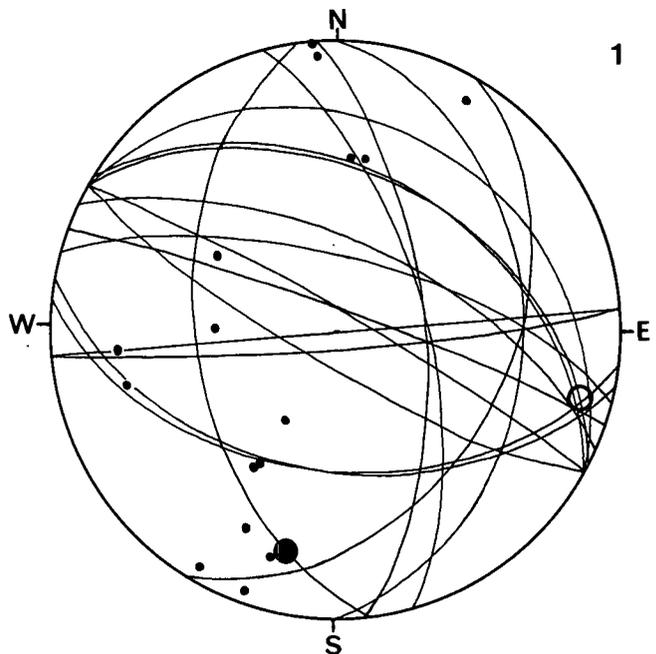


Diagramm 1.
Präbichlschichten: 16 s-Großkreise mit Lotpunkten, dazu β -Achsen und B-Lineationen.
Etage Mariahilf.

scharen treten konträr in Erscheinung, wobei β -Häufungen, z.T. durch überblickbare Faltung als B belegt (D₂, SSW- und NNE-Sektor), mit B-Lineationen auf Schieferungsflächen (Diagramme D_{1,2}) korrespondieren.

In D₃ (Kübeck 1100 m, Dreikönig 1085 m, Ignazi 1062 m) kommt eine s-Bündelung tautozonal zu $\beta = 30^\circ$ NE-fallend zur Geltung, das generelle ENE-Fallen der Schichtung ist deutlich. Die Streuung ist durch großwelligigen Verlauf des Streichens bedingt. Diese β -Richtung könnte auch in D₂ herausgelesen werden; da diese Aufnahmedaten aber nicht von uns stammen, muß eine Interpretation unterbleiben.

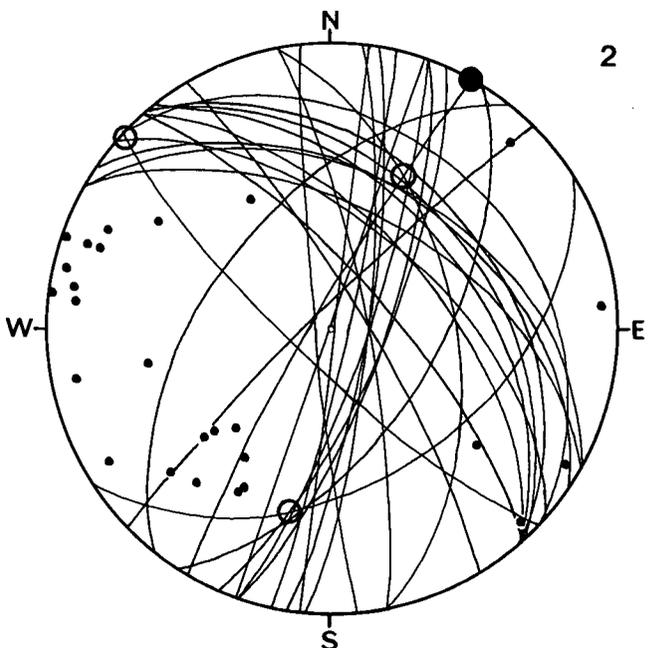


Diagramm 2.
Präbichlschichten: 26 s, dazu β und B.
Etagen Christof bis Schuchart.

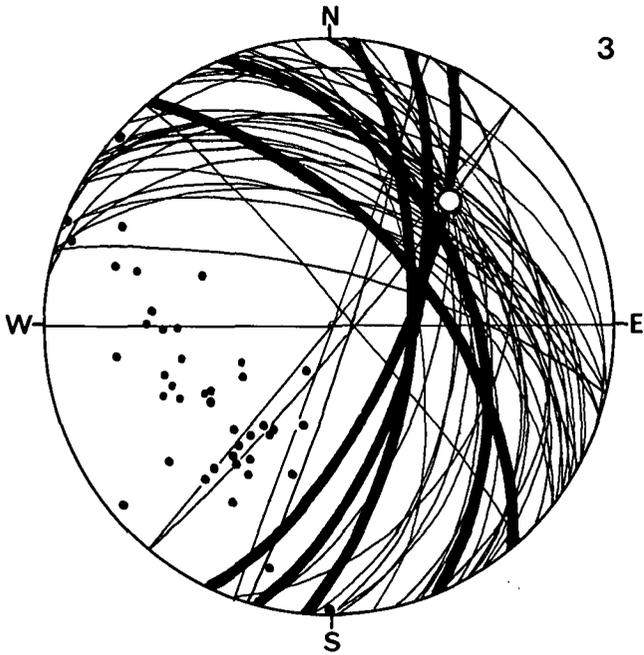


Diagramm 3.
Präbichschichten: 41 s, dazu β .
Häufige Flächenlagen hervorgehoben.
Etagen Kübeck bis Ignazi.

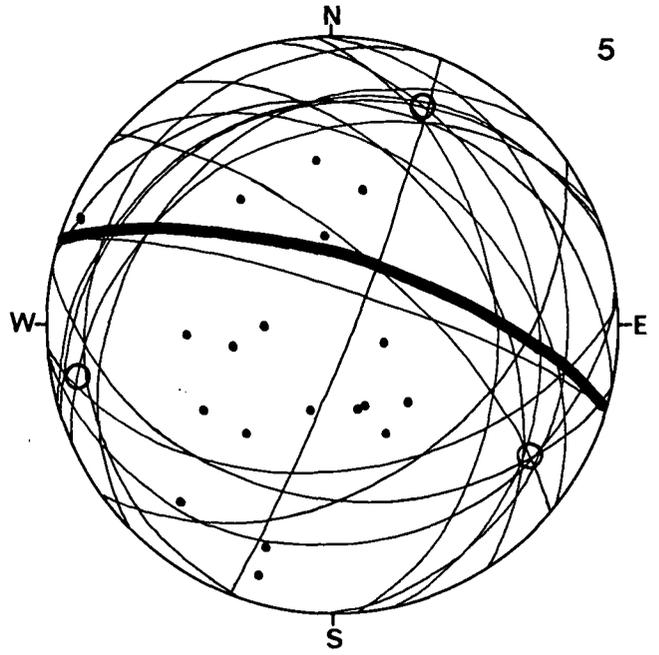


Diagramm 5.
Präbichschichten: 19 s, mit β .
Häufige Flächenlage hervorgehoben.
Etagen Wegstollen bis Polster.

5.1.2. s-Flächen unter Christof-Hauptverwurf

Achsiale und flächige Gefüge in D4 (Vorauer 1038 m) weisen, obwohl durch den Christof-Hauptverwurf vom direkten Zusammenhang mit dem höheren Abschnitt getrennt, auf ähnliche Achsenlagen. Die flach in den NE-Sektor der Lagenkugel fallenden B-Fältelungsachsen markieren ein Formelement, welches in tieferen Abschnitten des Erzberges sehr deutlich geprägt ist. Die permische Schichtfolge liegt wie in den höheren

Teilbereichen diskordant auf dem devonischen Gesteinsverband.

Enorme Lagenunterschiede mit überwiegend geringer Neigung zeigen die Schichten im Niveau Wegstollen (1025 m) bis Leitner (989 m), wobei man dennoch die statistische Schnittpunkthäufung in D5 als β mit flachem ESE-Einschieben und flachem NNE-Eintauchen herauslesen kann.

In D6 (Elias 972 m, Schiller 944 m, Antoni 1918 m) ist die Prägung der flachen ESE-Achse deutlicher und

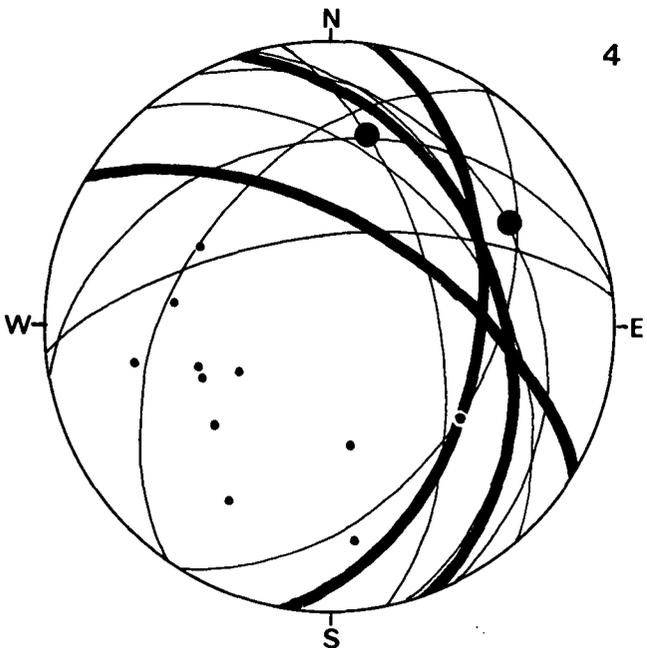


Diagramm 4.
Präbichschichten: 11 s, mit β .
Häufige Flächenlagen hervorgehoben.
Etagen Vorauer, Judas.

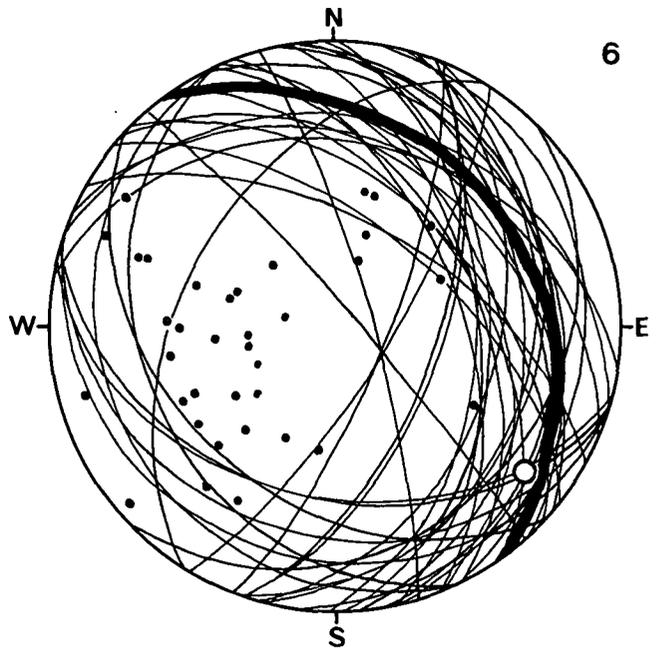


Diagramm 6.
Präbichschichten: 36 s, mit β .
Häufige Flächenlage hervorgehoben.
Etagen Elias bis Schiller.

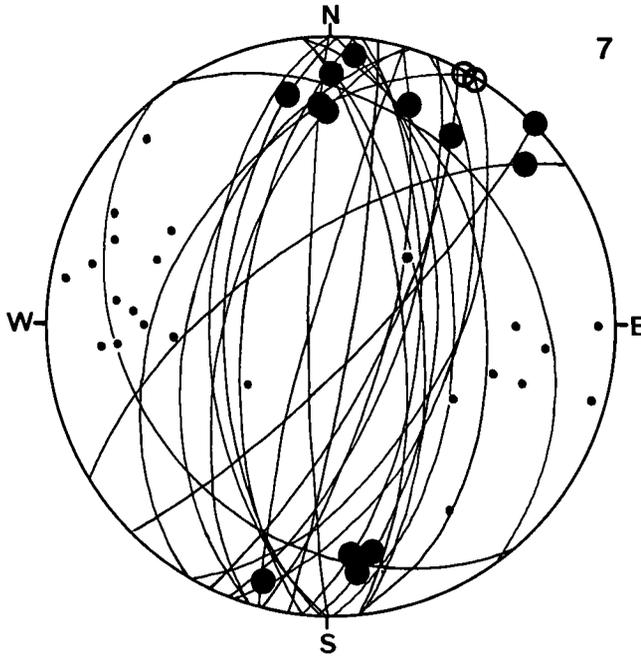


Diagramm 7.
Präbichlschichten: 23 s, mit β und B.
Etagen Antoni bis I.

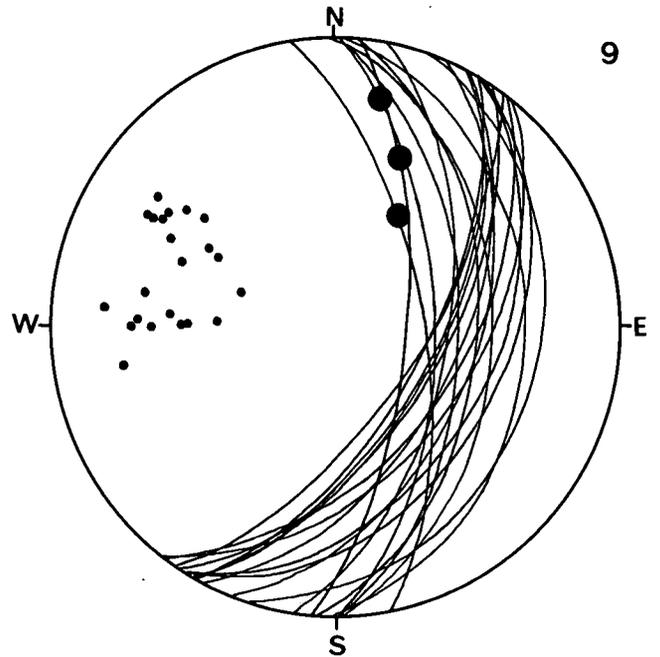


Diagramm 9.
Präbichlschichten: 22 s, mit B.
Etage Sybold.

durch eine β - = B-Achse einer überblickbaren Falte bestätigt. Im Nordbereich der Etagen herrscht das typische E-Fallen der Schichtung, südlich davon aber mehr SW- und NE-Fallen. Zum s des Devonuntergrundes besteht weiterhin große Diskordanz.

In den noch tieferen Erzbergniveaus, z.B. Etage Peter Tunner (787 m) in D7 sowie D8 kommen hingegen die N-S- bis NNE-SSW- streichenden B- und β -Achsen mit gut tautozonaler s-Lage, die wie etwa in D8 von Falten im Zehnermeterbereich stammen, zur Geltung.

Schließlich ist diese ausgeprägte Tautozonalität auch in den tiefsten Aufschlüssen von Sybold (765 m) in D9,

und Etage -III in D10 zu finden. Die generell mittelsteil E-fallenden Schichten bringen einerseits durch Neigungsdifferenzen die Tendenz zur β -Häufung = NNE-SSW zur gestreuten Ausbildung, weisen aber andererseits durch großwellige Krümmungen der Streichrichtung (D9) deutliche β -Bildung mit mittelsteilem E-Einschieben auf. Regional fällt im nördlichen Etagenabschnitt bevorzugt NNE-Streichen, im südlichen aber NS-Streichen auf. Bemerkenswert eindeutig ist die B-Lineation durch Feinfältelung auf den Schieferungsflächen. Sie fällt flach bis mittelsteil gestreut nach NNE. In diesem Aufschlußniveau besteht Quasikonkordanz zwischen den Präbichlschichten und dem Devonkomplex der Hangendscholle; im Detail gesehen allerdings auch Diskordanz.

Im tiefen Abbauniveau der Etage -III (743 m), wo die postvariszische Überlagerung sowohl Anteile der Hangend- als auch der Liegendsholle besetzt, zeigt sich deutliche Tautozonalität zu β = NNE horizontal durch konstantes Streichen, aber sehr verschiedene Schichtneigung. B-Lineationen durch s-Feinfältelung im NE-Sektor des Diagrammes erinnern mit ungefähre β -Übereinstimmung an die schon bekannte Achsenbesetzung. Hier bietet der derzeitige Tagebauaufschluß die vollständige Synklinale mit beiden, mittelsteil W- bzw. E-fallenden Muldenflügeln, bestehend aus dem Transgressionskonglomerat sowie dem rotviolett Quarz-Sericitschiefer im Kern.

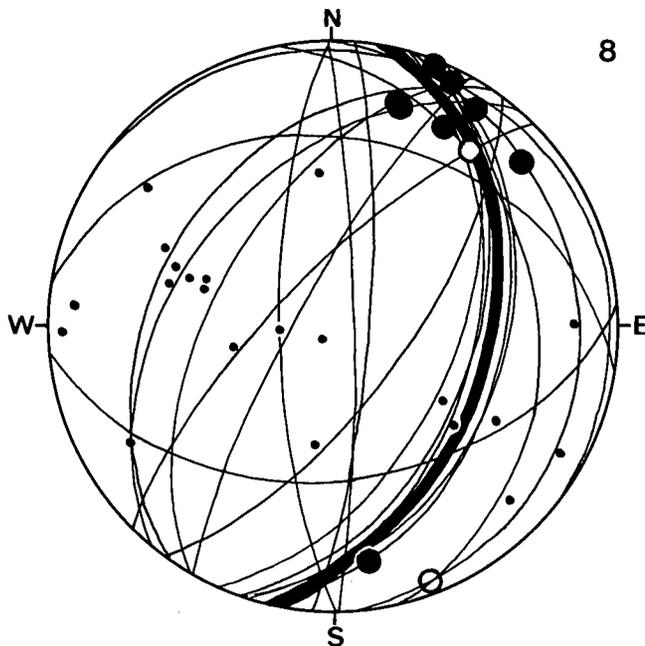


Diagramm 8.
Präbichlschichten: 21 s, mit β und B.
Häufige Flächenlage hervorgehoben.
Etage Peter Tunner.

5.1.3. Zusammenfassende Betrachtung der Präbichlschichten

Die tektonischen Gefügedaten aus den Präbichlschichten bezeugen die alpidischen Verformungen und sollten Vergleiche mit dem älteren Grundgebirge und seinen Deformationen ermöglichen.

Aus den derzeitigen Aufschlüssen und aus alten Bergwerkskarten geht hervor, daß das mit rund 150 m Mächtigkeit erhaltene Schichtpaket, im Liegenden markiert durch Transgressionsbreccien, allgemein als über-

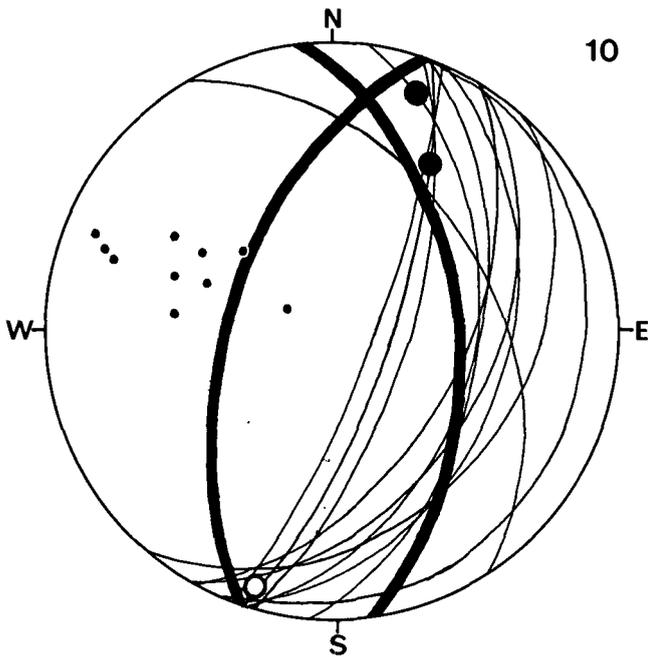


Diagramm 10.
Präbichlschichten: 10 s, mit β und B.
Häufige Flächenlage hervorgehoben.
Etage -III.

kippte, W-vergente Großfalte geprägt ist. Wir gewannen den Eindruck, daß in der als Erosionsrest vorliegenden Großsynklinale mit Kilometerausmaßen sich im schieferig-phyllitischen Gestein nicht nur Zwischenfalten verschiedenster Größenordnung, sondern auch überkippte Isoklinalfalten verbergen. Statistische Vorzugslagen der s-Flächen sind E- und NE-Einfallen, worunter sich Anteile beider Faltenflügel befinden; der Ostflügel vorwiegend in inverser Lage.

Die achsialen Gefüge als B-Lineation und als β - = B-Achsen konstruktiv ermittelt aus den im Aufschluß meßbaren Falten des Meter- und Zehnermeterbereiches, sowie die statistisch gehäuften Schnittpunkte (β) der s-Großkreise als Maß für die Tautozonalität, zeigen große Übereinstimmung. Sie lassen als Vorzugslage \pm horizontale NNE-SSW-Richtung bis flaches NNE-Fallen erkennen. Hierbei handelt es sich ohne Zweifel um das Hauptformungselement im Erzbergbereich.

Dazu kommen noch in höheren Erzberg-Bereichen auffallende β -Lagen horizontal NW-SE, bzw. WNW-ESE. Zu vermerken ist schließlich noch die Tendenz zur β -Häufung im E-Sektor der Lagenkugel mit Bündelung der s-Großkreise wie in D₉, und eine auffällige Schnittpunktkonzentration im NE des Netzes wie in D₃.

Diese Ergebnisse decken sich sehr gut mit den, aus einer viel geringeren Datensammlung erhaltenen Konstruktionen von FRITSCH (1960, Abb. 1,4,5,7). Für die Beurteilung, ob reliefbedingte s-Lagen auf die β -Häufung von Einfluß gewesen sein können, schließen wir uns bejahend der Auffassung von FRITSCH (1960, S. 227) an. Wir haben deshalb bei der Auswahl der Meßstellen auf bereits vorgezeichnete Lageinhomogenitäten geachtet, um wenigstens teilweise diesem Einfluß zu entgehen. Da aber reichlich B-Fältelungsachsen geprägt sind, die durch Teilbewegungen rechtwinkelig zu b entstanden sind, liegt mit der horizontalen Achsenstreuung um NNE-SSW bis N-S, mit dem Schwerpunkt bei flachem NNE-Einschieben, eine sichere

Grundlage für die alpidische Einengung mit der Druckrichtung ESE nach WNW vor.

Zur Frage, welche der symmetrologisch nachweisbaren tektonischen Einengungen relativ älter und welche jünger waren, äußern sich AMPFERER (1935) im Rahmen der geologischen Kartierung der Gesäuseberge, und FRITSCH (1960) für den Erzbergbereich. Beide gelangen zur Vermutung, daß eine S-N-Einengung mit W-E-Achsen älter sein dürfte, wobei allerdings FRITSCH zu dieser Auffassung durch Einbeziehung der altpaläozoischen bis devonischen Serie gelangt, und AMPFERER's Aufnahmegebiet doch weiter nördlich liegt. Schließlich wäre auch eine beiläufige Einaktivität der verschiedenen Achsenprägungen zu diskutieren, wobei durch Untergrundinhomogenitäten im Zusammenhang mit dem tektonischen Fließen unterschiedliche Achsenrichtungen erzwungen worden sein könnten. Diese Frage wird nach Besprechung der Gefüge im älteren Gesteinskomplex nochmals aufgegriffen werden.

5.2. Der ordovizische, silurische, devonische bis karbonische Schichtkomplex

Sollten über die in den permischen Präbichlschichten nachweisbaren Verfaltungen hinaus noch weitere faltende Verformungen in diesem älteren Schichtstapel nachweisbar sein, so wären diese auf die variszische Orogenese zurückzuführen. Sichergestellt ist das tektonische Großereignis der früher umstrittenen Überschiebung durch SCHÖNLAUB's (1979) mikropaläontologische Untersuchungen. Die Überschiebungsfläche im Niveau der karbonen Eisenerzer Schichten („Zwischenschiefer“) und der, zumindest alpidisch aktivierte Christof-Hauptverwurf bilden eine Grundlage für die Unterteilung der Betrachtung in größeren Homogenbereichen der tektonischen Verformung.

5.2.1. Liegendscholle, Erzberg-Südseite

Im weit abseits am SSW-Abhang des Erzberges gelegenen aufschlußarmen Abschnitt stehen auf Höhe der Etage Rothballer (1160 m) lokal begrenzt sehr liegende Schichten des Ostflügels an, die mit ihren s-Flächen in den Diagrammen 11, 12 und 13 getrennt zur Übersicht gebracht sind.

Diagramm 11

Eine offenbar als Einlagerung in die ordovizische Phyllitserie gehörige Kalksteinlinse vermittelt eine gegenüber der tektonischen Gesamtsituation am Erzberg und auch dem unmittelbaren Nachbarbereich völlig konträre Lagerung; nämlich ENE-WSW-Streichen. Das flache bis steile NNW-Fallen bringt im Diagramm eine flach liegende β -Häufung im W-Sektor. Sie entspricht der B-Achse einer Zehnermeterfalte.

Diagramm 12

Die Schieferungsflächen eines Porphyroidaufschlusses hingegen sind bei N-S-Streichen mittelsteil E-fallend ausgerichtet.

Diagramm 13

Der über dem Porphyroid lagernde gut gebankte Kalkschiefer, wahrscheinlich silurisch-devonischen Alters, streicht gestreut N-S bis NE-SW und zeigt An-

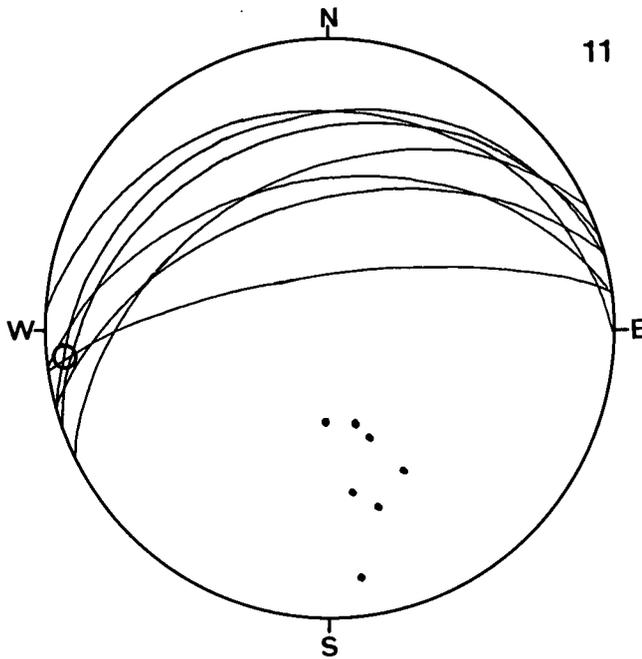


Diagramm 11.
Ordovizische Kalksteinlinse, Liegendsscholle: 7 s, mit β .
Etage Rotballer.

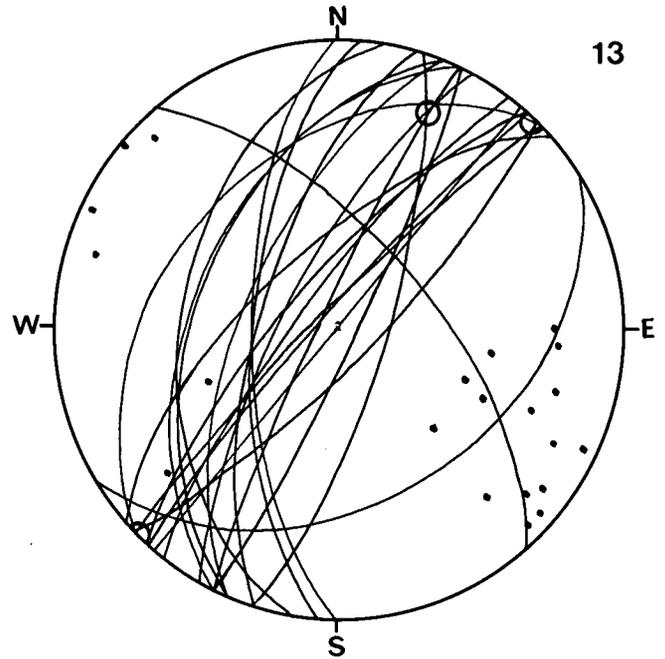


Diagramm 13.
Silur-Devon-Kalkschiefer, Liegendsscholle: 21 s, mit β .
Etage Christof.

sätze zur Faltung mit $\beta = 25^\circ$ Neigung nach NNE sowie horizontal NE-SW streichend.

5.2.2. Liegendsscholle, oberer Erzberg-Ostteil (Gipfel 1450 m – Etage Johann 1120 m)

Es handelt sich hierbei um den von N aus betrachtet linken oberen Teil des Erzberges, genauer ausgedrückt um den östlichen oberen Teil des, von Eisenerz aus gesehen, sich 700 m hoch erhebenden kegelförmigen Berges.

Die Begrenzung dieses Teilbereiches ist gegeben im Osten durch den vom Tagbau nicht mehr zugeschnittene

nen, aber mit Abraum etagenförmig aufgeschütteten Osthang, im Westen durch die Überschiebungsbahn (Eisenerzer Schichten, Grenze zur Hangendsscholle) und nach unten durch die Überschiebungsfläche, welche von Etage Christof (1187 m) nach N auf Etage Johann bis Kübeck (1100 m) verläuft, bzw. auf derselben von Schutt verhüllt ist.

Das dominierende Makrogefüge stellen die deutlichen Schichtflächen der Silur-Devon-Kalksedimente dar, die in diesem Abschnitt mit maximal 250 m Mächtigkeit vorliegen. Im Liegenden, also im Osten des Gipfelbereiches, beschließt das ordovizische Effusivgestein Blasseneck-Porphyröid den betrachteten Abschnitt. Die Hangendgrenze wird von den stark durchbewegten Schiefen und Phylliten der Eisenerzer Schichten gebildet, die SCHÖNLAUB dem Unterkarbon bis möglicherweise auch höherem Karbon zuordnet. Sie bilden somit den stratigraphischen Abschluß der Liegendsscholle und die tektonische Grenze zur Hangendsscholle.

Um Einzelheiten der Schichtverkrümmungen zu erfassen, wird der 330 m Höhendifferenz aufweisende Abschnitt unterteilt und die gemessenen Daten in mehreren Diagrammen zur Darstellung gebracht.

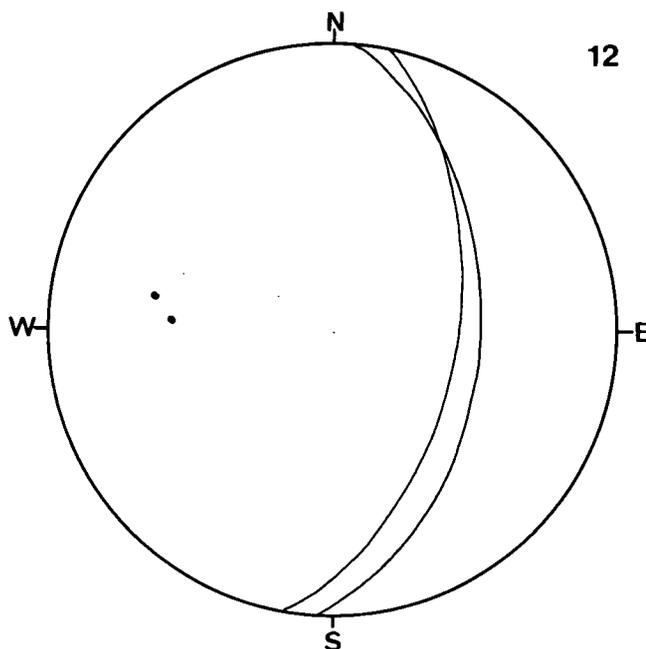


Diagramm 12.
Porphyroid, Liegendsscholle: 2 s.
Etage Rotballer.

Diagramm 14

Der Gipfelbereich zeigt steil stehende, um die Vertikale streuende, N-S-streichende s-Flächen. Als typische Lage könnte man N-S, 70° W ansehen, wenngleich auch überkippte Stellungen vorkommen. Die relativ eng liegende Schnittpunkthäufung (β) der Großkreise als Maß für die Tautozonalität streut um N-S. Deutlich flach nach N geneigt sind allerdings die meisten, auf den s-Flächen geprägten B-Lineationen: sie schieben mit $5-30^\circ$ in die N-Richtung ein.

Diagramm 15

In den nach unten anschließenden Etagen Ferdinand (1335 m) und Volleritsch (1315 m) zeigen sich die s-Lagen mit N-S- bis NE-SW-Streichen und sehr unter-

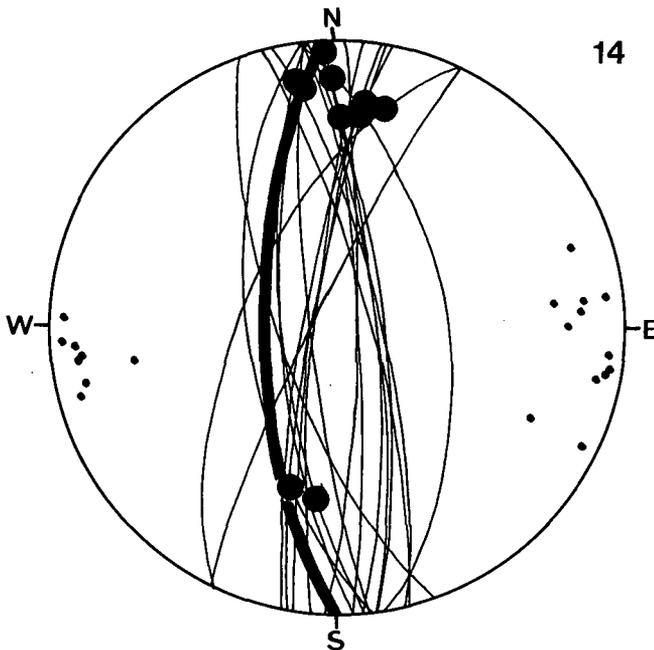


Diagramm 14.
Devon-Kalkschiefer, Liegendsscholle: 20 s, mit B.
Gipfelbereich.

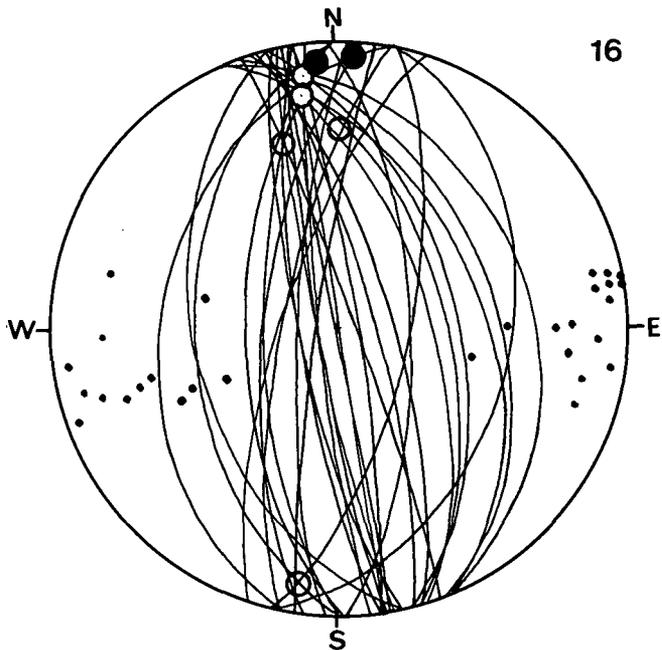


Diagramm 16.
Devon-Kalke, Liegendsscholle: 29 s, mit β und B.
Etagen Zauchen bis Mariahilf.

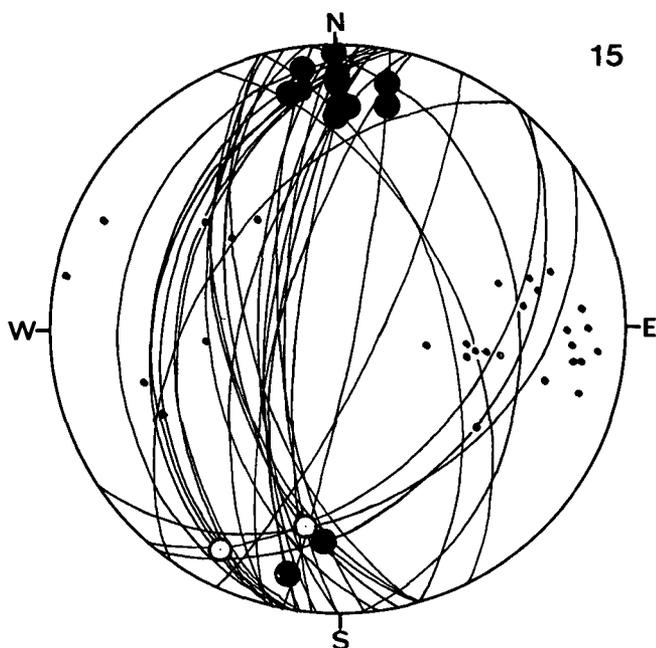


Diagramm 15.
Devon-Kalk, Liegendsscholle: 29 s, mit β und B.
Etagen Ferdinand, Volleritsch.

schiedlichem Einfallen nach W und E. Die Lagenkugeldarstellung bringt β -Häufungen im SSW-Sektor, doch kommen in der gemeinsamen Betrachtung auch die $\beta = N-S$ horizontal zur Geltung. B-Achsen als Feinfältelung gesehen besetzen ganz analog D14 den Bereich mit flachem bis höchstens 30° N-Fallen. Das unterschiedliche s-Fallen stammt aus lokalen Falten und Wellungen.

Diagramm 16

Der Abschnitt umfaßt die Etagen Zauchen (1270 m), Elisabeth (1254 m) und Mariahilf (1208 m), in welchen die von oben nach unten verlaufenden, allgemein immer steil stehenden Schichtpakete durchziehen. Die

nach E, ENE, WNW bis W fallenden s-Flächen sehr unterschiedlicher Neigung erweisen sich als ausgeprägt tautozonal um eine schwach N-fallende β -Achse. Die Konstruktion der β für Teilbereiche des Aufschlusses zeigt die Orientierungen: $\beta = N-S 32^\circ N, = 353^\circ 15' N, = 190^\circ 10' S, = 345^\circ 34' NNW$ und $350^\circ 12' N$.

Das stark variierende Schichteinfallen kommt im Aufschluß und in der großräumigen Ansicht (Abb. 2) in Form von Wellungen im Zehnermeterbereich zur Geltung. Vereinzelt achsiale Feinfältelung zeigt B mit 8° N-Fallen.

Diagramm 17

Das Diagramm enthält wenige Daten aus dem Grenzbereich Devonkalk zu Eisenerzer Schichten auf der

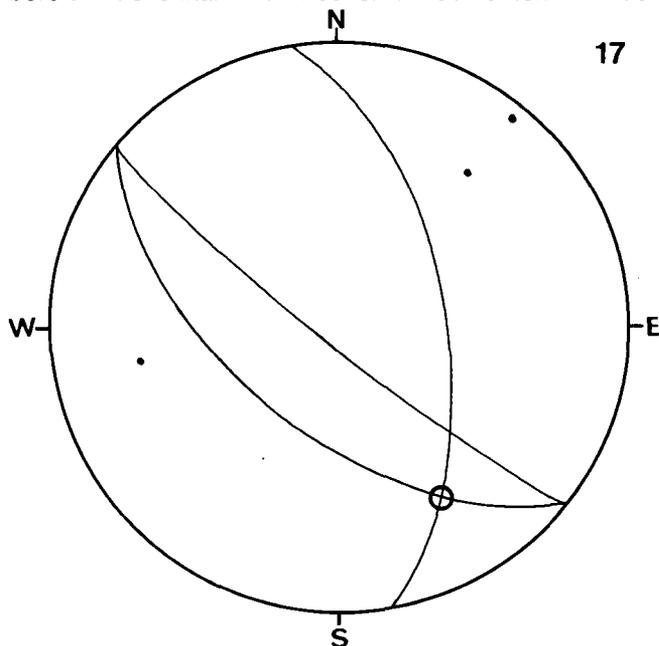
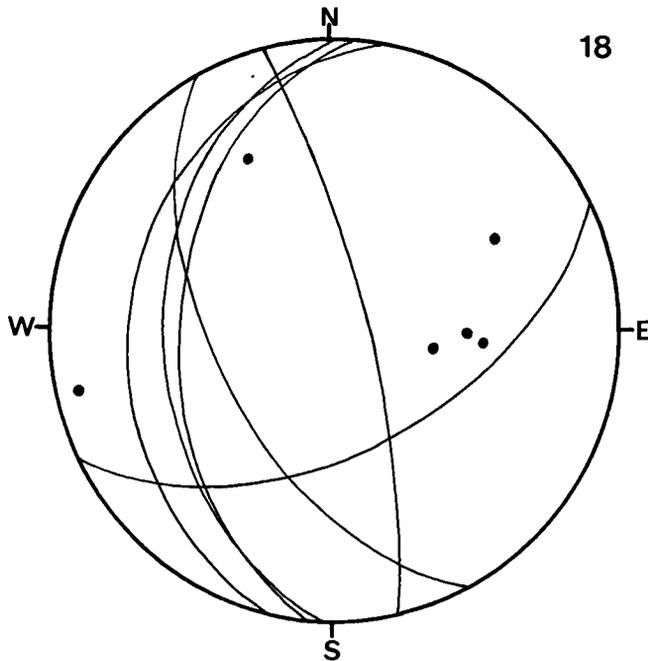


Diagramm 17.
Grenzbereich Devonkalk/Eisenerzer Schichten, Liegendsscholle: 3 s, mit β .
Etag Elisabeth.



18

Diagramm 18.
Eisenerzer Schichten, „Zwischenschiefer“, Grenzbereich zu Hangendscholle: 6 s.
Etagen Elisabeth.

Etagen Elisabeth. Der gestörte Schichtflächenverband markiert eine β -Achse $150^\circ 30'$ SSE. Die hier aus der Reihe fallende Situation dürfte auf die hohe Teilbeweglichkeit des phyllonitischen Gesteins und eine junge Überprägung zurückzuführen sein.

Diagramm 18

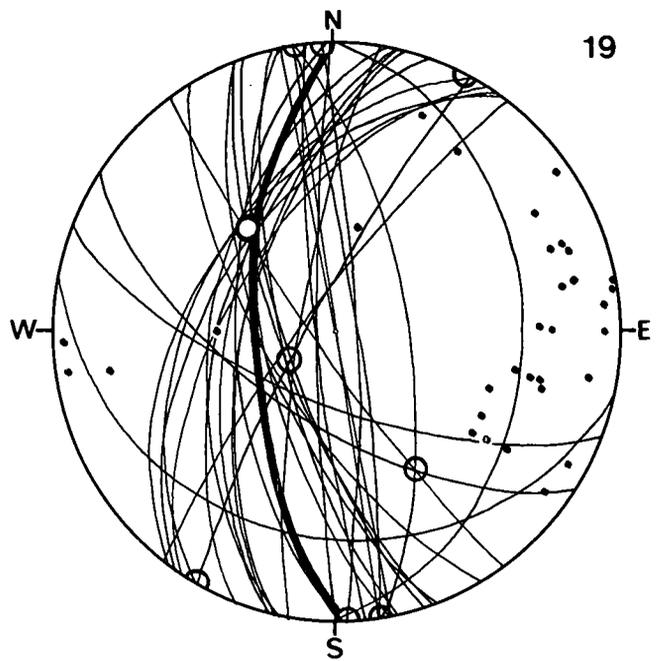
Im Hangenden der Liegendscholle sind die karbonischen Eisenerzer Schichten (Zwischenschiefer) als tektonisch stark durchbewegte Überschiebungsfäche erhalten. Die zur Übersicht gebrachten Daten entsprechen teils den in diesem Raum geprägten s-Lagen, teils fallen sie aus der Reihe. Eine angedeutete Ähnlichkeit aber zeigt sich zu D17.

5.2.3. Hangendscholle, oberer Erzberg-NNW- und Westteil (Etagen Pauli 1291 m – Schuchart 1108 m)

Dieser als Homogenbereich zusammengefaßte Abschnitt schließt an den Teil 5.2.2. (Liegendscholle) in gleicher Höhe unmittelbar an. Grenzfläche und Überschiebungsfäche sind die Eisenerzer Schichten. Es handelt sich also um den oberen Westteil des Erzberges. Die Untergrenze bildet der Christof-Hauptverwurf, der markanteste Verwerfer des Erzberges mit der Lage N–S, 30° E. Dieser Verwerfer bildet die Basisfläche der etwa dreiseitigen Gipfelpyramide.

Diagramm 19

Im oberen Abschnitt der Hangendscholle (von den Etagen Pauli, 1291 m, bis Rothballer, 1160 m) macht sich im Vergleich zu s-Lagen der Liegendscholle (Diagramme D14–16) eine gewisse Lagedifferenz bemerkbar: am auffallendsten in der Mitbeteiligung von mittelsteil nach WNW fallenden Schichten. Durch Verschwenkung dieser Streichrichtung auf N–S bis NNW–SSE kommt eine β -Häufung bei $323^\circ 53'$ NNW zur Geltung. Aus lokal beobachteten Falten wurden auch $\beta (= B) = 150^\circ 44'$ SE und $\beta (= B) = 355^\circ$ horizontal



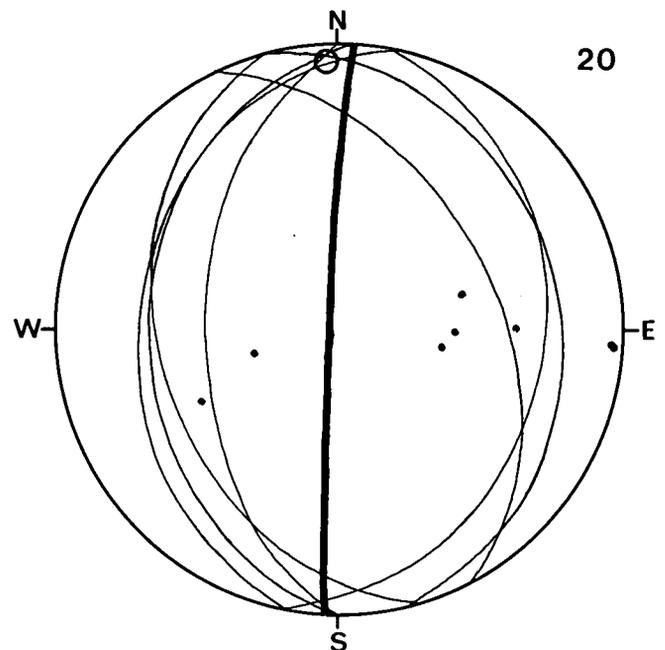
19

Diagramm 19.
Devonkalk, Hangendscholle: 32 s, mit β .
Häufige Flächenlage hervorgehoben.
Etagen Pauli bis Rothballer.

sowie 26° horizontal ermittelt. Die Diagrammübersicht erweckt den Eindruck, daß mit dem NE–Streichen sich eine charakteristische Drehung anzuzeigen beginnt.

Diagramm 20

Im anschließenden tieferen Bereich der Etagen Hell (1133 m) bis Schuchart (1108 m) wurden bei hervortretendem steilen W-Fallen auch unterschiedlich flach nach E und W einfallende Schichten aus Großfalten und eine Falte mit $\beta (= B) = 357^\circ 7'$ N als kennzeichnende Daten gemessen.



20

Diagramm 20.
Devonkalk, Hangendscholle: 7 s, mit β .
Häufige Flächenlage hervorgehoben.
Etagen Hell bis Schuchart.

**5.2.4. Liegendsscholle unter Christof-Hauptverwurf.
Erzberg-Mittelteil
(Etagen Hell 1133 m – Elias 792 m)**

Es handelt sich um den, unter dem Christof-Hauptverwurf derzeit zwischen den Etagen Hell und Elias in dreieckiger Form fensterförmig bloßgelegten Ausschnitt der Liegendsscholle, um den die Hangendscholle den Rahmen bildet.

Diagramm 23

Eine überblickbare Faltung auf Etage Schuchart liefert konstruktiv eine flach nach SW einschiebende Achse: $\beta (= B) = 214^\circ 25' SW$.

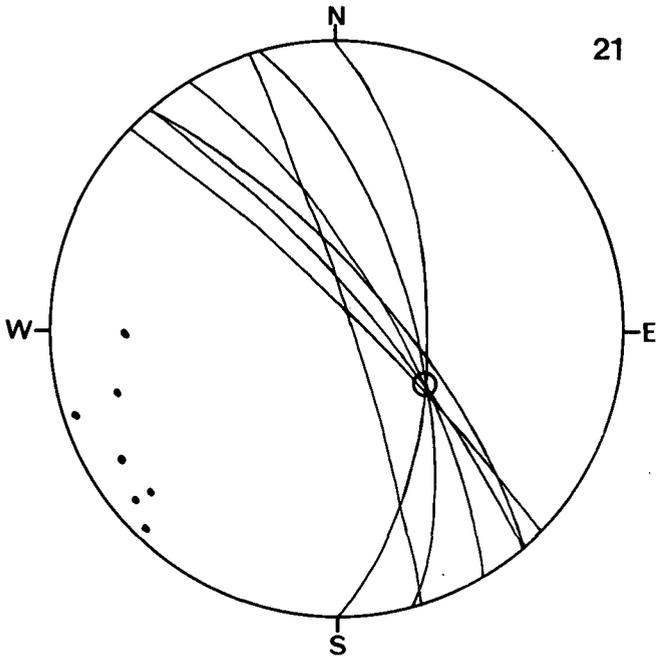


Diagramm 21.
Devonkalk, Hangendscholle: 7 s, mit β .
Etage Johann.

Diagramm 21

Eine Falte auf der Etage Johann (1120 m) lieferte die Daten für diese Konstruktion, aus der für $\beta (= B)$ die Orientierung $120^\circ 60' SE$ ermittelt wurde.

Diagramm 22

Gesondert zur Darstellung gebrachte Daten einer überblickbaren Großfalte in der Etage Hell (1133 m) ergeben bei entsprechend starken Lageunterschieden der Einzel-s eine scharfe Tautozonalität um $\beta (= B) = 6^\circ 40' N$. Das dominierende Streichen dürfte bei $s = 17^\circ 68' W$ liegen.

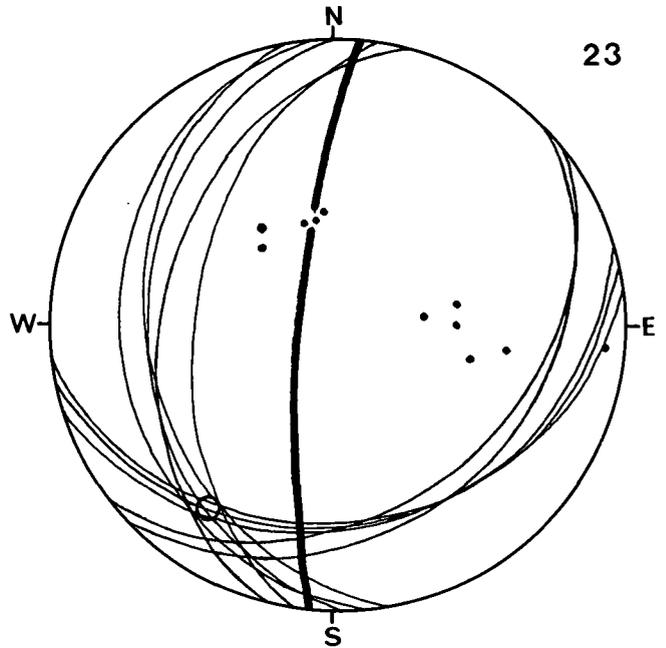


Diagramm 23.
Devonkalk, Liegendsscholle: 11 s, mit β .
Etage Schuchart.

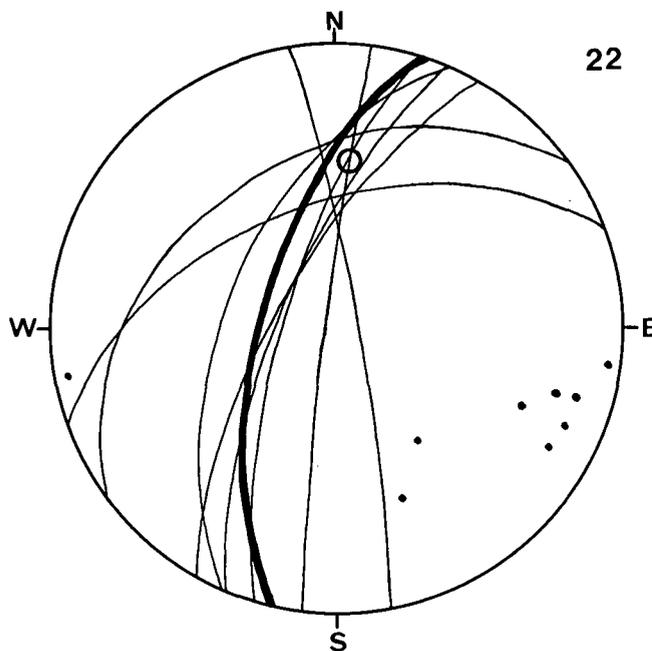


Diagramm 22.
Devonkalk, Hangendscholle: 9 s, mit β .
Häufige Flächenlage hervorgehoben.
Etage Hell.

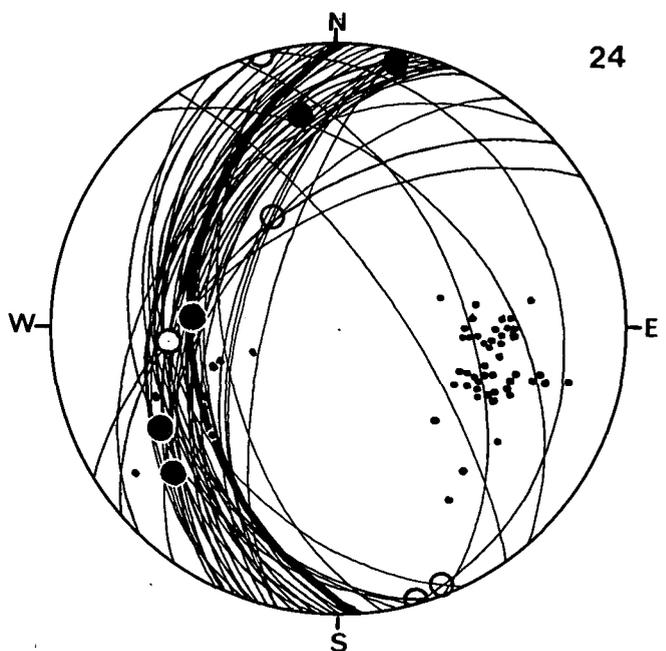


Diagramm 24.
Devonkalk, Liegendsscholle: 50 s, mit β und B.
Häufige Flächenlage hervorgehoben.
Etagen Hell bis Judas.

Diagramm 24

Bei weitgehend konstantem mittelsteilen W-Fallen der Schichten zwischen den Etagen Hell (1133 m) und Elias (792 m) kommt eine statistische Häufung der Schnittpunkte der s-Großkreise im W-Sektor als $\beta = 265^\circ 40'$ W zur Geltung. Eine sich damit fast deckende B-Lineare, gemessen als Fältelungsachse auf Schieferungsflächen, ergänzt diese offenbar unzufällige, bemerkenswerte Situation. Weitere B-Lineationen fallen flach in den SW-Sektor der Lagenkugel, während die flach um die N-Richtung einschiebenden B schon zum gewohnten Formungsbild vor allem der Liegendscholle gehören. Lokal im Aufschluß gemessene Falten im Zehnermeterbereich mit $\beta = 160^\circ 2'$ S und $\beta = 345^\circ$ horizontal ergänzen die Vielfalt von Achsenlagen in diesem Bereich.

Diagramm 25

In den Eisenerzer Schichten der Überschiebungsbahn treten im Teilbereich Etage Hell-Süd aus der Reihe fallende flache und gefaltete s-Flächen auf. Eine Tendenz zur β -Bildung bei $110^\circ 25'$ ESE sowie mit 5° Neigung gestreut nach W bis WNW einfallend und mit 15° nach S geneigte β sind angedeutet. Diese zuletzt genannte Lage ist auch durch eine B-Lineation als Teilbewegung $\perp b$ bestätigt.

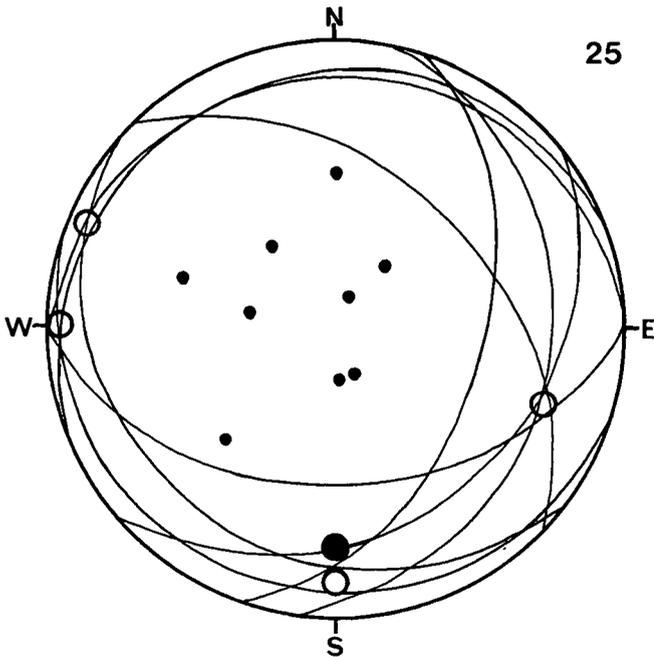


Diagramm 25. Eisenerzer Schichten, Liegendscholle: 9 s, mit β und B. Etage Hell-Süd.

Diagramm 26

Der Zwischenschieferkomplex im Süden der Etagen Hell bis Ignazi allerdings bringt mit ziemlich konstant mittelsteil WNW-fallenden Schichten eine allgemein bekannte Prägung. Auch lokale, mit $5-25^\circ$ Neigung N-fallende β -Achsen entsprechen der bekannten Hauptformung.

Diagramm 27

Hier sind Messungen nur aus dem tiefer gelegenen Grenzbereich Liegendscholle/Hangendscholle der Etagen Polster (1001 m), Leitner (989 m) und Elias (972 m) dargestellt. Im Zwischenschiefer der Liegendscholle er-

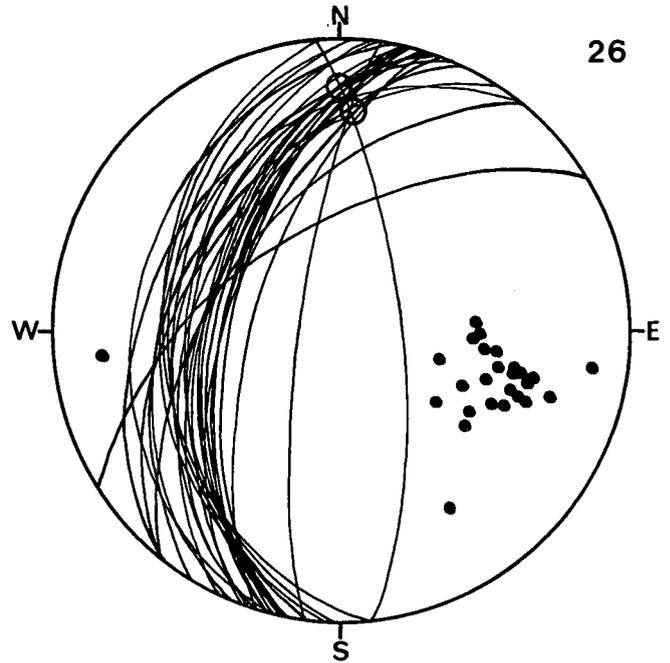


Diagramm 26. Eisenerzer Schichten, Liegendscholle: 27 s, mit β . Etagen Hell-Süd bis Ignazi.

gibt sich eine Schnittpunkthäufung $\beta = \text{ca. } 158^\circ 15'$ SSE für die nördliche Grenze. Die im dreieckigen Fensterbereich nahe gelegene südliche Grenze dazu betrachtet, bringt noch weitere im SE- und SSE-Sektor gestreute β mit $20-30^\circ$ Einschieben (nicht im Diagramm markiert) sowie B mit 15° nach N geneigt, eine flach nach W fallende B-Achse = $270^\circ 22'$ W und mit 14° flach nach WNW (295°) einschiebende β -Achse zur Geltung. Die generelle s-Lage des Devonkomplexes zeigt hier mittelsteiles W-Fallen. Die starken Lagedifferenzen im Zwischenschiefer resultieren aus Faltungen und Zerschörungen im Störungsbereich der Überschiebung, verbergen aber wahrscheinliche Bewegungsspu-

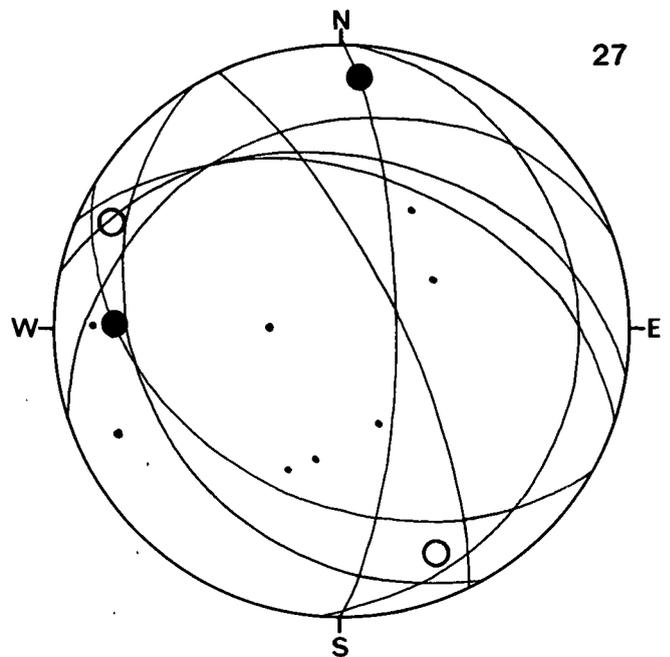


Diagramm 27. Grenzbereich Devonkalk/Eisenerzer Schichten, einschließlich Eisenerzer Schichten: 8 s, mit β und B.

ren, die für die Rekonstruktion alter Verformungen gewisse Aussagekraft haben.

5.2.5. Hangendscholle unter Christof-Hauptverwurf. Erzberg-Mittelteil (Etagen Dreikönig 1085 m bis Polster 1101 m)

Es handelt sich um jenen relativ großen Teil der Hangendscholle, der durch das fensterförmige Bloßliegen der Liegendscholle im mittleren Erzbergabschnitt im Bereich der Etagen Wegstollen (1025 m), Judas (1015 m) und Polster eine beträchtliche Verschmälerung aufweist.

Diagramm 28

Der Bereich ist durch gestreut WNW- bis NW-fallende s-Flächen und auch sehr unterschiedliche Neigung derselben gekennzeichnet. Dies wird von großwelligen Schichtverbiegungen im Zehnermeterbereich verursacht. Diese Varianz bringt einerseits eine Tautozonalität bei $\beta = \text{ca. } 17^\circ$ horizontal zur Geltung, womit flach NNE und SSW einschiebende B-Fältelungen im Einklang stehen; andererseits ist eine Bündelung (β) der Großkreise im NW-Sektor bemerkbar, was durch eine überblickbare Falte mit $\beta = B = 302^\circ 50'W$ auf Etage Vorauer eine Bestätigung erfährt.

Zum Unterschied vom Nachbarbereich der Liegendscholle (D24) fällt hier bei gleicher Tendenz in der s-Streuung und β -Bildung ein Drehen des Streichens nach NNE-WSW auf.

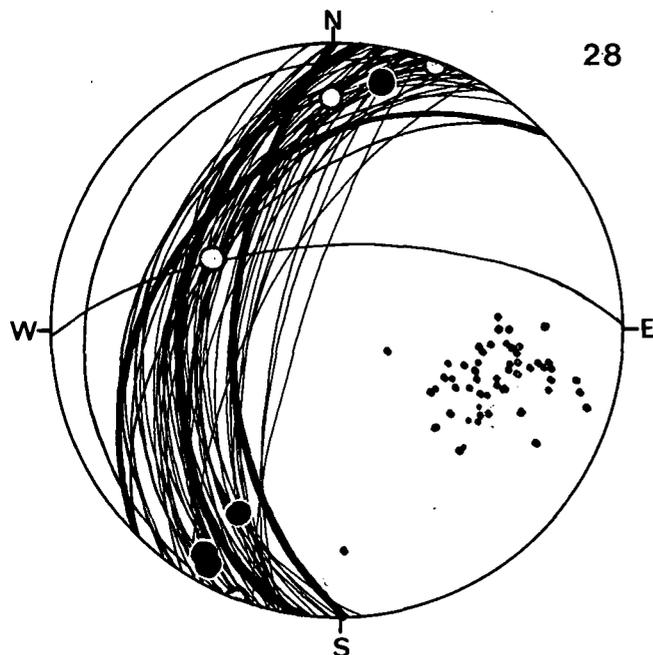


Diagramm 28.
Devonkalk, Hangendscholle: 54 s, mit β und B.
Häufige Flächenlagen hervorgehoben.
Etagen Dreikönig bei Polster.

5.2.6. Liegendscholle unter Christof-Hauptverwurf. Erzberg-Westseite, Mitte bis Tiefe (Etagen Liedemann 901 m bis I 807 m)

Es handelt sich um das nach unserer neuen Erkenntnis auf der Westseite des Erzberges in mittlerer Höhe durch den Etagenbau angeschnittene und sich nach unten zusammenhängend fortsetzende Schichtpaket der Liegendscholle. Die sich im Großbereich ändernden

Daten sind in mehreren Diagrammen zur Darstellung gebracht.

Diagramm 29

Etagen Liedeman (901 m), Palmer (879 m) und Oberegger (= Etage V, 856 m).

Die ziemlich konstant flach nach WNW einfallenden Schichten zeigen nur eine schwache Tendenz zur β -Bildung im NNW-Sektor des Diagrammes bei etwa $\beta = 345^\circ 30' NNW$ infolge welliger Schichtverbiegung. Zugleich wird aber auch das schon bekannte β mit ca. 30° horizontal deutlich. B-Lineationen fallen flach nach NNE ein.

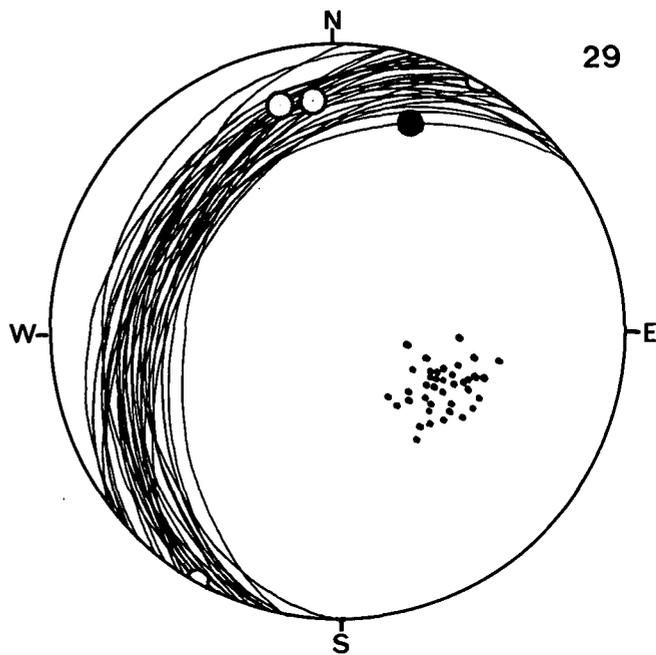


Diagramm 29.
Devon-Kalkschiefer, Liegendscholle: 39 s, mit β und B.
Etagen Liedemann bis Oberegger.

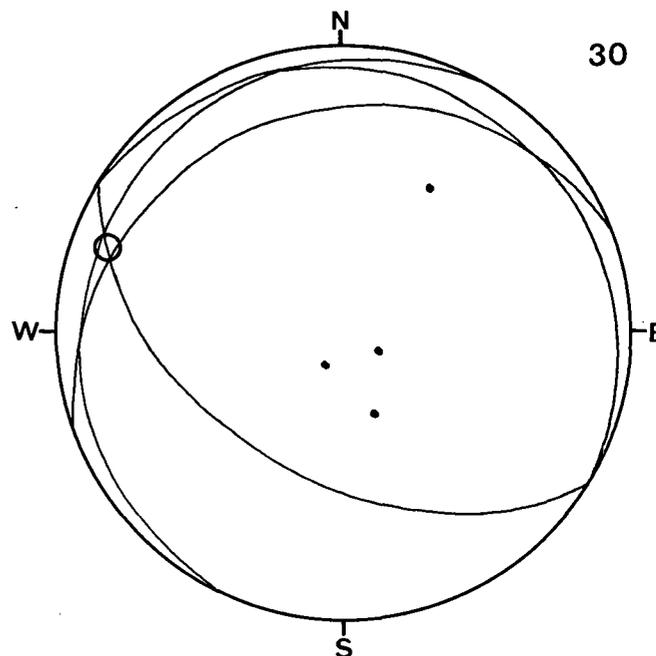


Diagramm 30.
Grenzbereich Devonkalk/Eisenerzer Schichten, Liegendscholle: 4 s, mit β .

Diagramm 30

Auf Etage Palmer ist im Nahbereich der Grenze Devonkalk zu den Eisenerzer Schichten eine Falte mit $\beta = B = 290^\circ 14'$ WNW überblickbar. Solche von der generellen s-Lage abweichende Orientierungen sind auch im Zwischenschiefer selbst mehrfach auffallend.

Diagramm 31

Im Teilbereich der Etage III (832 m) bis Etage I (807 m) ist gegenüber D29 eine Verschwenkung der Streichrichtung auf NE-SW und eine geringe Steilerstellung der Schichtung zu bemerken. Eine Bündelung der s-Großkreise bringt eine β -Achse $288^\circ 30'$ W zur Geltung, zu welcher auch B-Feinlineationen geprägt sind. Eine generelle s-Orientierung könnte mit $s = 47^\circ 45'$ NW angegeben werden.

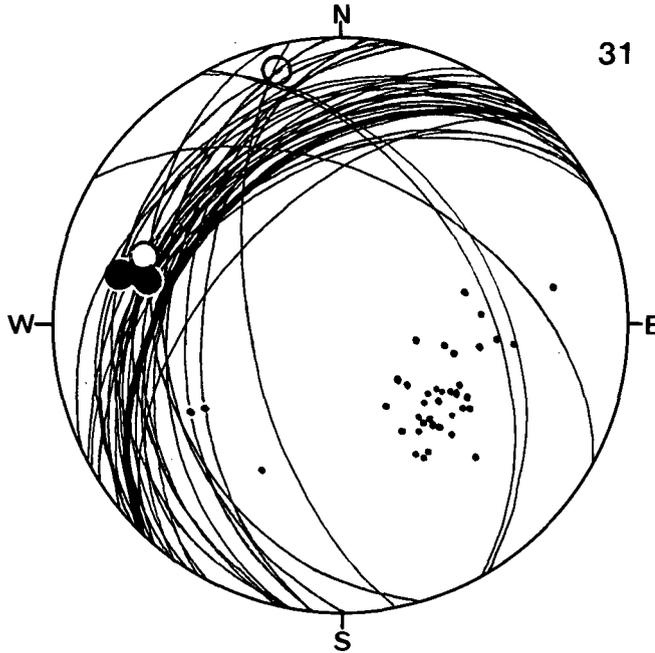


Diagramm 31.
Devonabfolge, Liegendsscholle: 39 s, mit β und B.
Häufige Flächenlage hervorgehoben.
Etagen III bis I.

5.2.7. Hangendscholle, unterer Erzberg-Bereich; Ostflügel, Muldenkern und Westflügel (Etagen Palmer 879 m, Etage I 807 m, Peter Tunner 788 m)

Es handelt sich um den, dem Abschnitt 4.2.6. entsprechenden, nördlich anschließenden Bereich etwa gleicher Höhenlage.

Diagramm 32

Auf Etage Palmer (879 m) dominieren NE-SW streichende, mittelsteil bis steil NW fallende Schichten, die angedeutet eine Tautozonialität um $\beta = 14^\circ 30'$ NNE erkennen lassen. Ein gewisser Unterschied zu D31 besteht in hier etwas steileren Einfällen.

Diagramm 33

Auf Etage Oberegger (856 m) und Etage III (832 m) erscheint das s-Streichen auf NNE bis N gedreht und fallen die Schichten wieder flacher nach WNW bis W ein. Die generelle s-Orientierung betont horizontal NNE-SSW-verlaufendes β , mit Andeutung auch einer Schnittpunkthäufung bei $314^\circ 25'$ NW. In einem Zwischenschieferbereich ergibt sich auch $\beta = 294^\circ 50'$

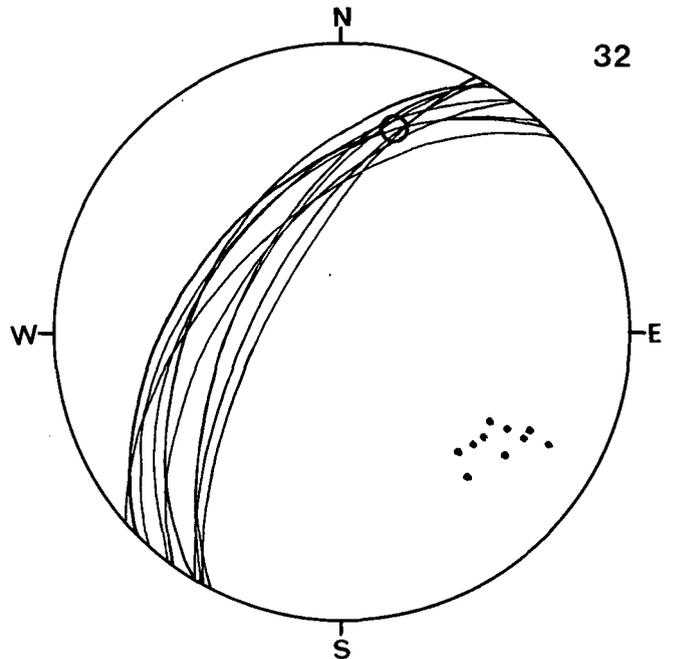


Diagramm 32.
Devonkalk, Hangendscholle: 10 s, mit β .
Etage Palmer.

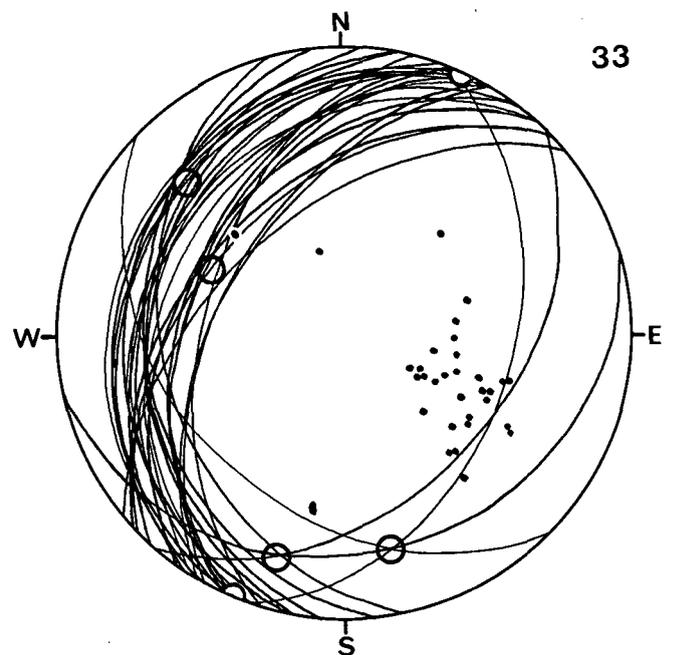


Diagramm 33.
Eisenerzer Schichten mit Grenzbereich zum Devonkalk der Hangendscholle:
31 s, mit β .
Etagen Oberegger und Etage III.

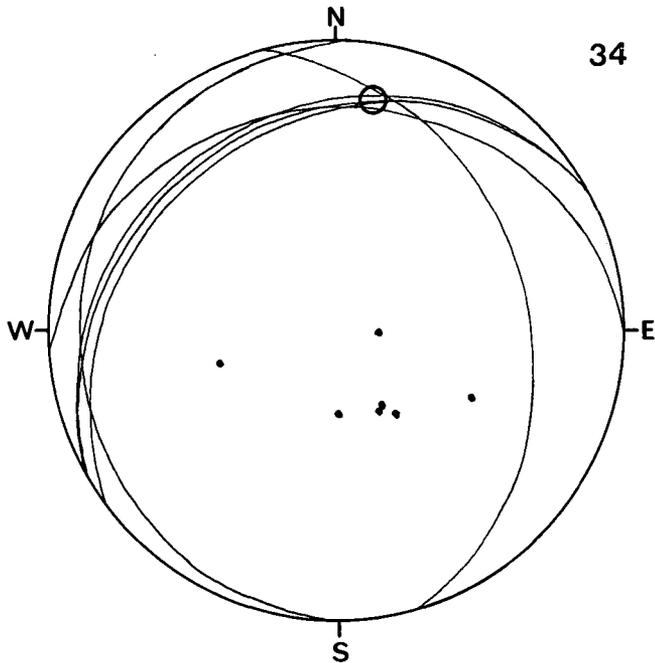
WNW. Lokale Faltungen weisen als β -Achsen = $198^\circ 20'$ S und = $170^\circ 24'$ S aus.

Diagramm 34

Ein durch auffällige Wellungen gekennzeichneten Teilbereich auf Etage Oberegger zeigt scharfe Tautozonialität gefalteter s-Flächen um $\beta (= B) = 10^\circ 20'$ N, was der bisher häufigsten Achsenlage entspricht.

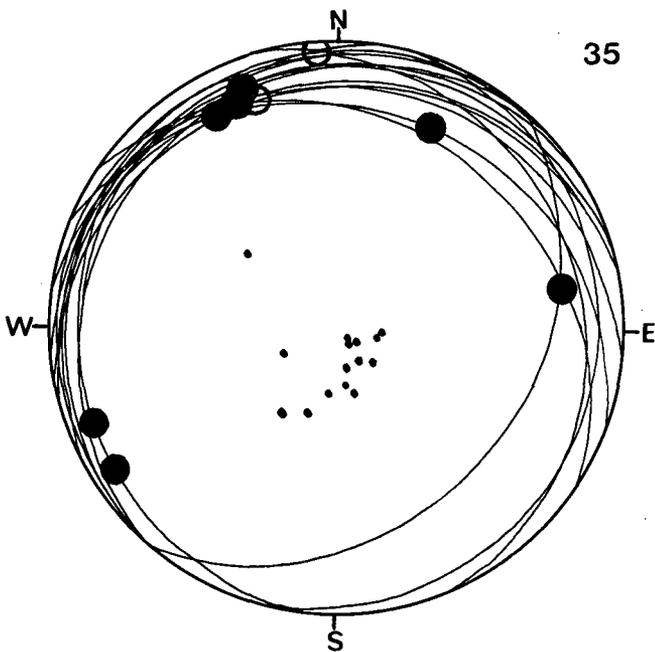
Diagramm 35

Die hier zur Konstruktion gebrachten s-Flächen stammen aus dem nach W abwärts verlaufenden, nach



34

Diagramm 34.
Devonkalk, Hangendscholle: 7 s, mit β .
Teilbereich Etage Oberegger.



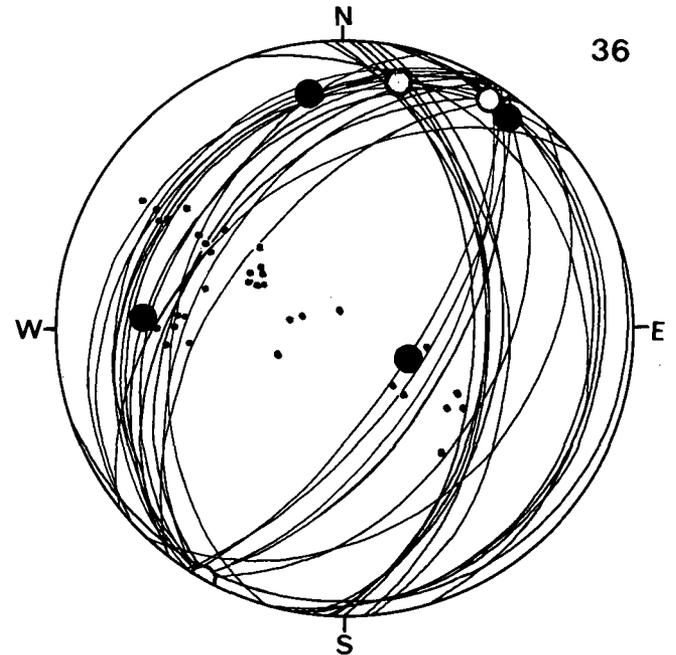
35

Diagramm 35.
Devonkalk, Hangendscholle: 15 s, mit β und B.
Etage I.

unten sich verschmälernden Abschnitt der Hangendscholle bis zu Etage Sybold (766 m). Ganz flache Schichtorientierung kennzeichnet diesen Abschnitt. Dementsprechend stark streut die Streichrichtung, deren Aussagekraft somit abnimmt. Aber bevorzugtes N-Fallen ist in diesem Abschnitt des Muldenkerns erkennbar. β -Achsen und B-Lineationen fallen gestreut nach N ein. Dazu sind auch um die Horizontale pendelnde B-Fältelungsachsen mit WSW-ENE-Streichen zu registrieren, wozu im Aufschluß noch achsiale Schichtwellungen zu finden sind.

Diagramm 36

Die vorwiegend aus dem Bereich Etage Peter Tunner (788 m) stammenden Messungen repräsentieren zum Teil noch den Ostflügel der Erzbergsynklinale mit einem Bündel NW-einfallender Schichten unterschiedlicher Neigung, woraus sich horizontale β -Achsen im NNE-Sektor ergeben. Fast horizontale s-Lagen bietet der Muldenkern, während der Westflügel mit SE- und E-fallenden Schichten zur Geltung kommt. Die N- bzw. NNE-orientierten β -Häufungen decken sich ziemlich mit den B-Fältelungen. Hingegen sind auch noch weitere B-Achsen mit ganz anderer Orientierung (30° nach W fallend, 70° nach ESE fallend) auf den Schieferungsflächen geprägt.



36

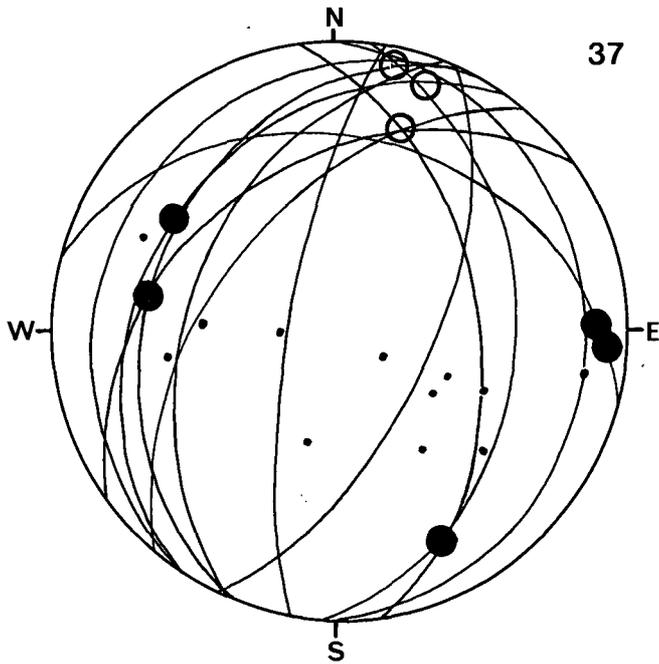
Diagramm 36.
Devonkalk, Hangendscholle: 34 s, mit β und B.
Etage Peter Tunner.

Diagramm 37

In diesem derzeit tiefsten Aufschluß der Hangendscholle von den Etagen Peter Tunner (788 m) über Sybold (766 m) bis zu -III (743 m) findet man die Daten von D36 noch ergänzt, mit der Präzisierung der Tautozonalität durch unterschiedlich E- und W-geneigte Schichten des Ost- und Westflügels: Die β -Konzentration liegt im NNE-Sektor der Lagenkugel. Dementsprechend ist auch die Schichtenlage des Muldenkerns geprägt, wodurch flach nach NNE einschiebenden Falten ($\beta = B = 12^\circ 5' N$; $= 18^\circ 26' NNE$, $= 20^\circ 10' NNE$) bestätigt sind. B-Fältelungen auf Schichtflächen ($B = 306^\circ 30' WNW$, $= 282^\circ 34' W$, $= 90^\circ 10' E$, $= 94^\circ 8' E$, $= 156^\circ 20' SE$) ergänzen bezeichnenderweise die symmetrologische Übersicht.

5.2.8. Liegendscholle, unterer Erzbergbereich; Muldenkern und Westflügel (Etagen: Halbetage 800 m [zwischen I und Peter Tunner] bis -III 743 m)

Hier handelt es sich um einen unteren Erzbergabschnitt, in welchem der Kern der Erzbergmulde aufgeschlossen ist. Die Aufzeichnungen aus dem Jahre 1987 reichen bis auf Etage -III. Hinsichtlich der Anteile von



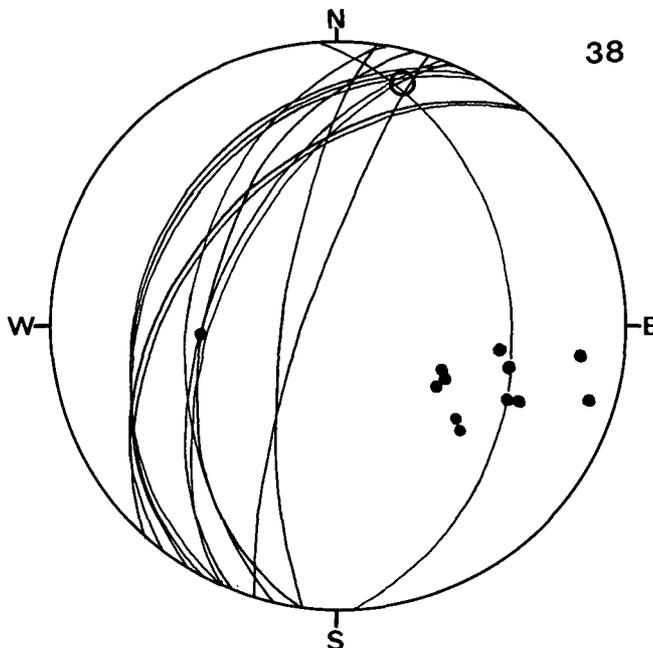
37

Diagramm 37.
Devonkalk, Hangendscholle: 12 s, mit β und B.
Etagen Peter Tunner bis -III.

Liegend- und Hangendscholle legen wir die neuen Erkenntnisse von HIRZBAUER und STROMBERGER zugrunde, welche eine neue Interpretation des Verlaufes der Eisenerzer Schichten als jüngste Schichtfolge der Liegendenscholle ergaben. Dadurch fällt die Verteilung der beiden Schollen in den Aufschlüssen zwischen den Etagen -III (743 m) und Ignazi (1062 m) abweichend von bisherigen Vorstellungen aus.

Diagramm 38

Die Aufnahme von s-Flächengefügen im Zwischenschiefer als Hangendabschluß der Liegendenscholle und als Überschiebungsbahn von Etage Vorauer (1050 m)



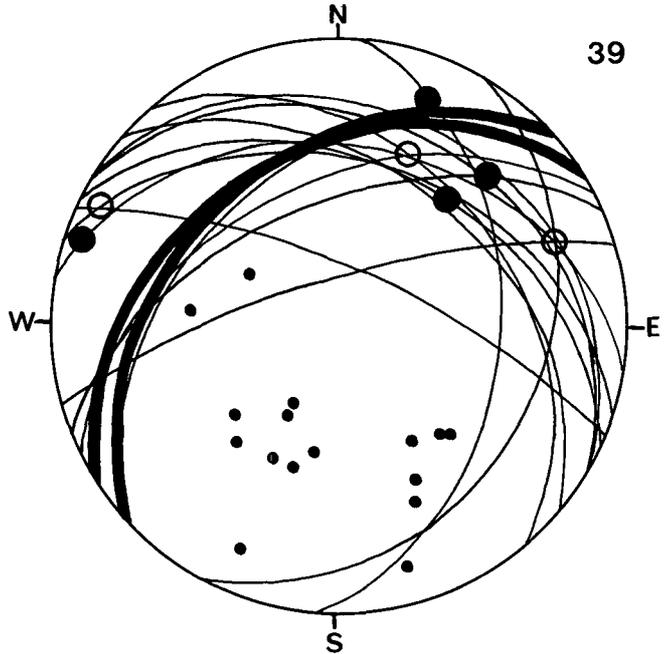
38

Diagramm 38.
Eisenerzer Schichten, Liegendenscholle: 12 s, mit β .
Etagen Vorauer bis -III.

bis -III (743 m) bringt deutlich die tautozonale Anordnung der s-Flächen zur Hauptformungsachse mit $\beta = \text{ca. } 14^\circ 15' \text{ N}$ zur Geltung.

Diagramm 39

Speziell auf Falten im Zehnermeter- bis Meterbereich abzielende Messungen auf den Etagen I (807 m) und Peter Tunner (788 m) ergeben konstruktiv $\beta = \text{B-Achsen mit Aussagekraft für den Kern der Großmulde: } \beta = \text{B} = 25^\circ 36' \text{ NNE, } = 68^\circ 20' \text{ ENE, } = 298^\circ 10' \text{ WNW, und die B-Lineationen} = 22^\circ 16' \text{ NNE, } = 41^\circ 42' \text{ NNE, } = 45^\circ 26' \text{ NNE und B} = 8^\circ 10' \text{ W. Im Rahmen der Variationen der s-Orientierung auf Grund der Tautozonalität ist flaches Einfallen nach NW, N, bis NNE hervortretend und kennzeichnet die Position im Muldenkern.}$



39

Diagramm 39.
Devonabfolge, Liegendenscholle: 16 s, mit β und B.
Etagen I und Peter Tunner.

Diagramm 40

Die generelle s-Lage im Teilbereich der Etagen Liedemann (904 m), Peter Tunner bis -III (743 m) kommt auch in diesem Diagramm mit mittelsteilem bis flachem NW-Fallen zur Geltung. Auffallend ist eine Schnittpunkthäufung von Großkreisen mit β im W-Sektor bei ca. $= 267^\circ 25' \text{ W}$ und in Kleinbereichen des Aufschlusses mit $\beta = 292^\circ 32' \text{ WNW}$. Neben den bekannten flach nach N bzw. NNE fallenden Achsenlagen treten nach WNW bis NW gestreut mit 10–40° eintauchende B-Richtungen auf.

Diagramm 41

Die Schichtfolge vom Porphyry in die Silur-Devon-Gesteine auf Etage -III bringt den Übergang vom Westflügel in den Muldenkern. Die β -Häufung $= 27^\circ 36' \text{ NNE}$ fällt mit B-Lineationen ($\text{B} = 2^\circ 10' \text{ N, } = 20^\circ 18' \text{ NNE}$) ungenau zusammen. Aber bemerkenswerte steilachsige Fältelungen sind mit 50–70° geneigtem ENE-Einschieben auf Schieferungsflächen erhalten.

Diagramm 42

Das Diagramm bringt einige s-Flächen aus dem Silur-Komplex bei der Großbrecheranlage auf Etage I (807 m) zur Übersicht. Es handelt sich um sehr steil ge-

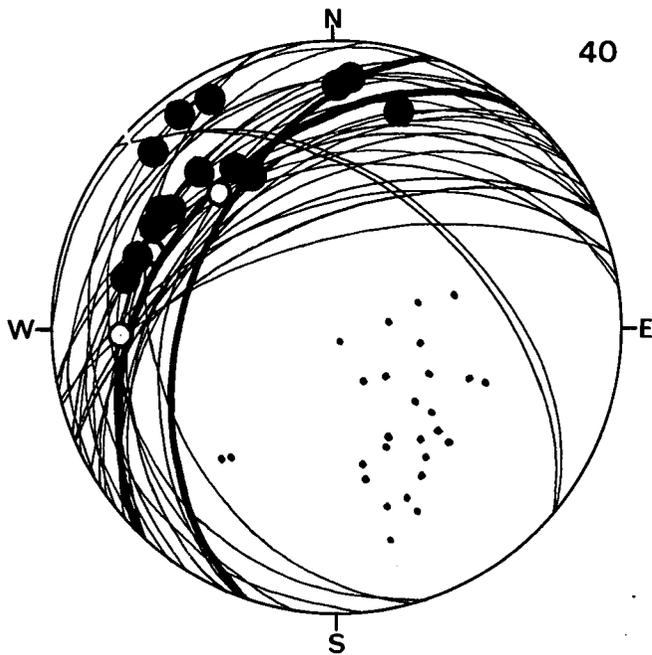


Diagramm 40.
Devonabfolge, Liegendsholle: 27 s, mit β und B.
Häufige Flächenlagen hervorgehoben.
Etagen Liedemann bis Peter Tunner.

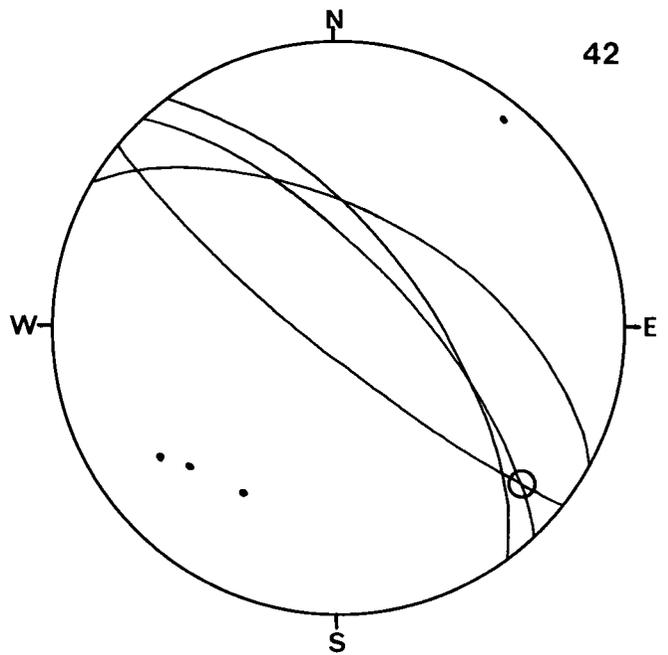


Diagramm 42.
Silur-Schiefer, Liegendsholle: 4 s, mit β .
Etage I.

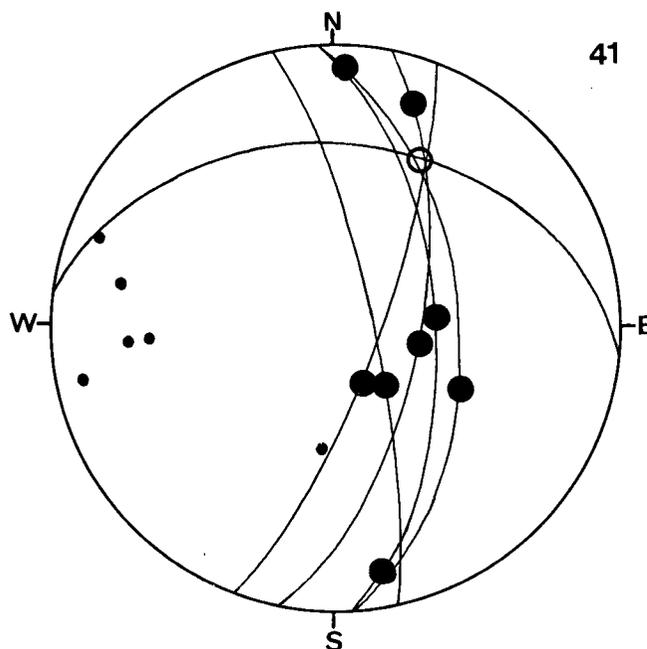


Diagramm 41.
Porphyroid und Silur-Devon-Abfolge, Liegendsholle: 6 s, mit β und B.
Etage -III.

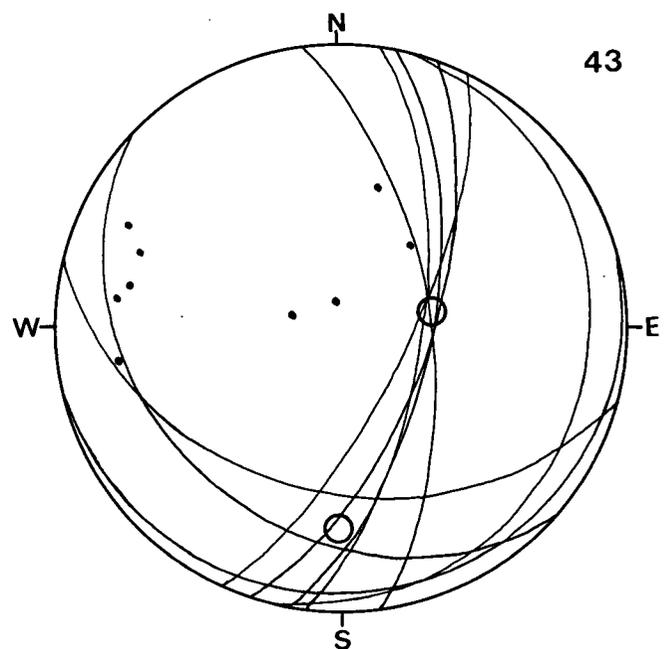


Diagramm 43.
Devon-Kalkschiefer, Liegendsholle: 9 s, mit β .
Etage -III.

stellte, meist nach NE fallende Schichten des Westflügels. Eine Falte im 0,5 m-Bereich gibt konstruktiv $\beta = B = 132^\circ 15' \text{ SE}$.

Diagramm 43

Die Daten stammen in Etage -III aus einer Zwischenfalte im Westflügel. Die mit $\beta = 82^\circ 65' \text{ E}$ gebündelten s-Großkreise beinhalten die generelle Lage der Schichtung dieses Raumes. Die lokale Falte des Zehnermeterbereiches aber gibt $\beta = B$ als Faltenachse mit N-S, 30° S zu erkennen.

Diagramm 44

In einem Teilbereich des Mulden-Westflügels mit gestreutem NE-, E- und SE-Fallen auf Zwischenetage 800 m zeigt sich trotz variabler, aber charakteristischer Lage der s-Flächen konstruktiv ausgezeichnete Tautozonalität zu einer $\beta = B$ -Achse = ca. $78^\circ 40' \text{ ENE}$ bzw. $64^\circ 47' \text{ ENE}$ und $95^\circ 26' \text{ E}$. Die mit auffälligen Wellungen im Zehnermeterbereich geprägten Kalkphyllite weisen auf den sericitreichen s-Flächen auch B-Lineationen auf, die sich nur zum Teil mit der β -Achsenlage decken. Sie werden daher bei der Suche nach noch

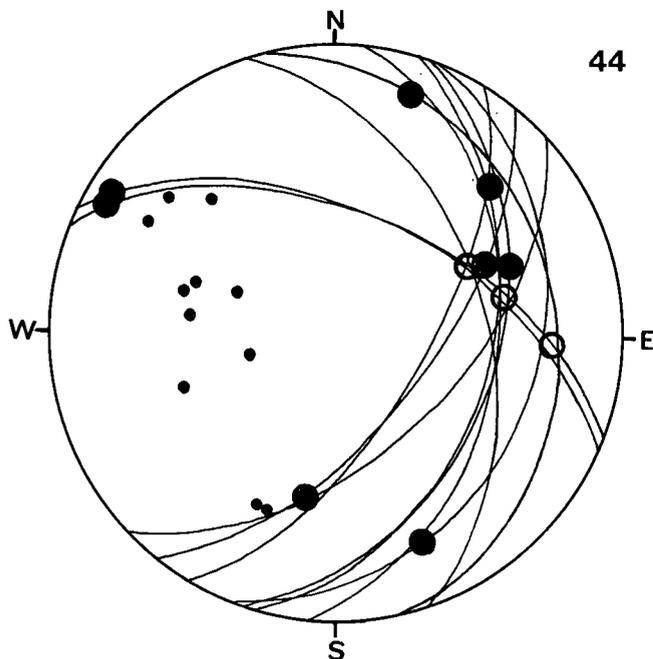


Diagramm 44.
Devon-Kalkschiefer, Liegendscholle: 11 s, mit β und B.
Zwischenetage 800 m.

jüngeren und alten tektonischen Prägungen zu beachten sein. Es sei außerdem festgehalten, daß die β - (= B-)Lage mit mittelsteilem ENE-Einschieben in der bisherigen Reihe der Diagramm-Beschreibung (abgesehen von der Lokalfalte D43) als neu aufscheint und für den W-Flügel als kennzeichnend zu beachten und zu interpretieren ist.

Diagramm 45

Eine ganz analoge Situation bringt die Datenübersicht von Sybold (765 m) bis Etage -III (743 m): das konstante E-Fallen mit der für den Westflügel auffälligen fächerförmigen Streuung von NE- bis zu SE-Einfall-

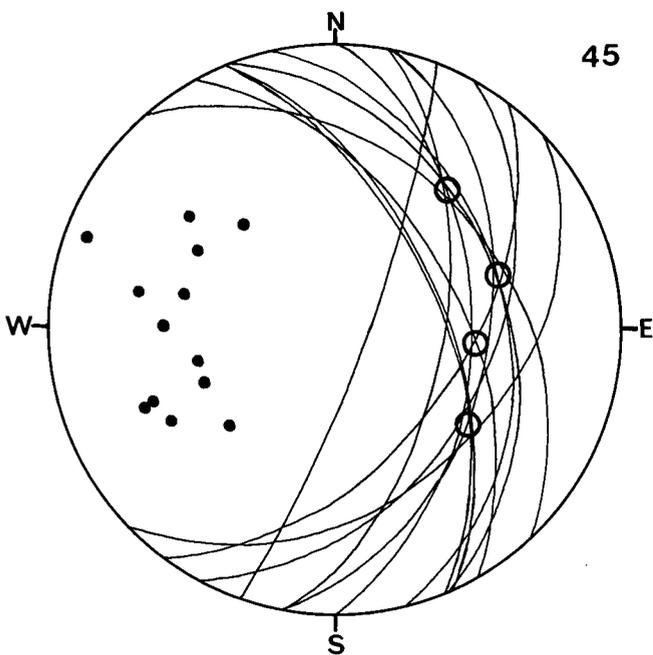


Diagramm 45.
Devon-Kalkschiefer, Liegendscholle: 13 s, mit β .
Etagen Sybold bis -III.

len. β -Häufungen durch Einzelfalten ergeben sich mit folgenden Lagen: = $97^\circ 48' E$, = $72^\circ 40' ENE$, = $128^\circ 42' ESE$, = $39^\circ 38' E$.

Diagramm 46

Schließlich bringt auch dieser im Tagebau sehr tief gelegene Aufschluß nochmals die wesentlichen Kennzeichen der tektonischen Gestaltung im Westflügel. Allerdings zeigt sich eine scharfe β -Häufung im SE-Sektor, wohin auch B-Lineationen von Feinfalten weisen. Damit wird die Unzufälligkeit dieser Achsengefüge bestärkt. Die B-Häufung im N des Diagrammes fällt nahe an die bekannte Lage der Hauptformungsachse.

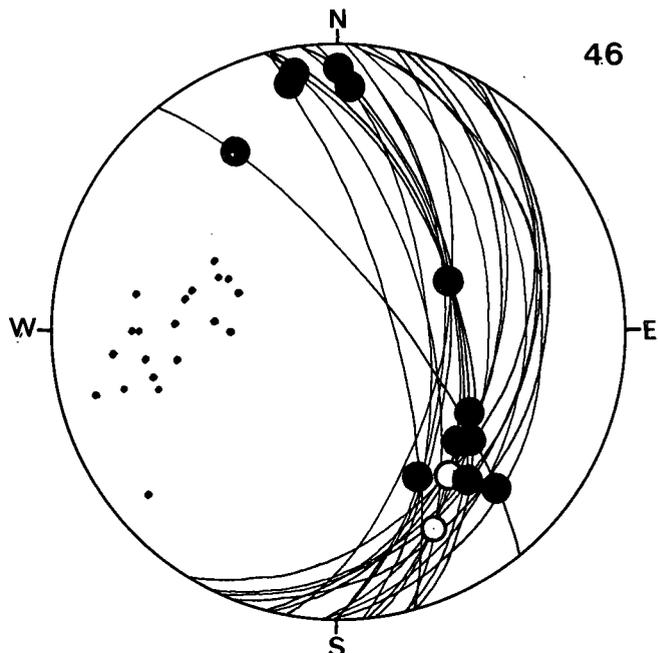


Diagramm 46.
Devon-Kalkschiefer, Liegendscholle: 20 s, mit β und B.
Etage -III.

5.2.9. Zusammenfassende Betrachtung der ordovizisch-devonisch-karbonischen Schichtabfolge und der permischen Auflagerungen

Wesentliche Unterschiede in der Orientierung achsialer Gefügeelemente könnten zwischen den Präbichlschichten und der Liegend- bzw. Hangendscholle, eventuell auch in den mechanisch sehr empfindlichen phyllonitischen Eisenerzer Schichten zu finden sein. Da in der tektonischen Gestaltung des Komplexes über dem Christof-Hauptverwurf und unterhalb desselben hinsichtlich des s-Flächen- und Achsengefüges keine besonderen Unterschiede erkennbar sind, wird in der synoptischen Betrachtung auf diese Unterteilung verzichtet.

Vorweg fällt die einfachere und besser verständliche β - und B-Besetzung der Diagramme der Präbichlschichten auf (D47), gegenüber der scheinbar verwirrenden Achsenverteilung in der Liegend- und Hangendscholle (Diagramme D48,49). Da die Grundlage zum Erkennen alpidischer Verformungen in den transgredierenden Permsedimenten zu suchen ist, gilt die Aufmerksamkeit den tektonischen Daten dieses Komplexes. Die Besetzung der Lagenkugel mit B-Falten- und Fältelungsachsen und mit β -Achsen als konstruierte B-

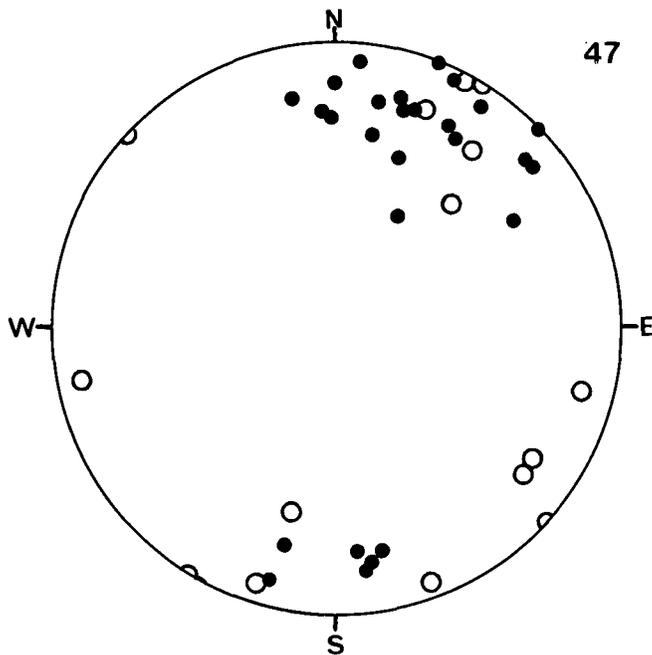


Diagramm 47.
Synoptisches Diagramm, Präbichlschichten: β und B.

Achsen größerer Falten, zugleich auch ein Maß für die Tautozonalität von s-Flächenscharen, ist deutlich auf den NNE-Bereich konzentriert, mit Streuung nach N und NE. Das Einschleiben der Linearen pendelt um die Horizontale und erreicht maximal 53° . Wenn auch S-Einfallen der Achsen vorkommt, so liegt doch das Maximum der Besetzung bei flachem, etwa 20° geneigtem NNE-Einschieben und kennzeichnet offensichtlich die im Großraum Erzberg dominierende Hauptformungsachse der Großsynklinale, wenngleich im Präbichlkomplex der Eindruck einer Falte infolge weitreichender Überkipfung des östlichen Faltenflügels nicht auffallend zur Geltung kommt. Die Einengungsrichtung

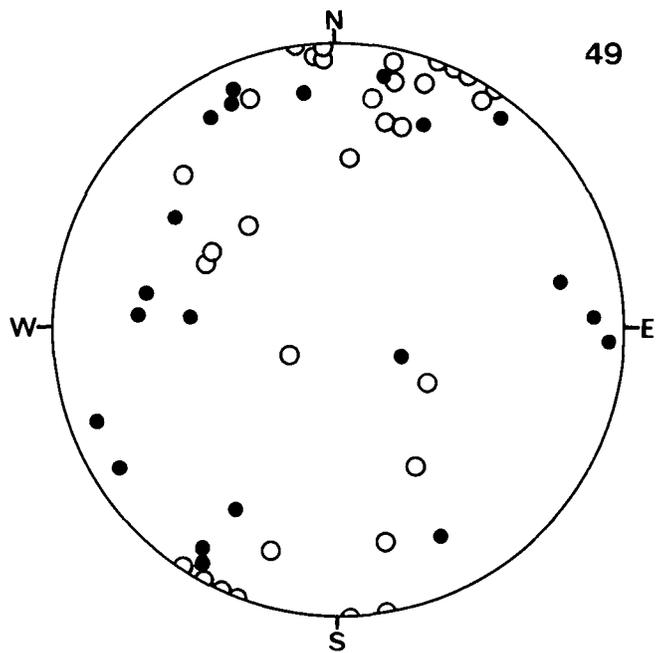


Diagramm 49.
Synoptisches Diagramm, Silur-Devon-Schichtfolge: β und B der Hangendscholle.

(Koordinate a) war auf Grund der W-Vergenz nach WNW gerichtet.

Aus lokalen, wellenförmigen Lageänderungen des s-Streichens resultieren auch WNW-ESE gerichtete Achsen. Es ist nicht auszuschließen, daß im Nahbereich des Transgressionshorizontes Inhomogenitäten des Untergrundes übernommen wurden, die nicht auf Teilbewegungen $\perp b$ beruhen.

Die synoptischen Diagramme der Liegendscholle (D48) und der Hangendscholle (D49) unterscheiden sich außer in der Anzahl der Meßdaten nicht sehr auffallend. Aber man könnte eventuell das Achsenmaximum in D48 in der N-Richtung, hingegen in D49 mehr in NNE-Richtung sehen, womit in der Hangendscholle (D49) eine schwache Ähnlichkeit zum Präbichlkomplex (D47) bestünde. Eine beiläufige Ähnlichkeit könnte man auch beim Vergleich der Sammeldiagramme von FRITSCH (1960, S. 226,228) für die „Werfener Schichten“ und das Paläozoikum mit unseren Diagrammen D47-49 feststellen; aber der FRITSCH-Studie lagen viel weniger Daten zugrunde. Seine Aussage, daß südliche Einzelbereiche bei N-S-Richtung eine horizontale Lage und nördlichere bei Achsenverschwenkung auf NNE eine Neigung bis zu 30° aufweisen, können wir für die Präbichlschichten eventuell akzeptieren. Aber der Hauptkomplex der altpaläozoischen bis devonischen Abfolge weist im Großraum viele Schwankungen im Achsenfallen auf.

Bei FRITSCH sind im Grunde genommen unsere Achsenlagen ziemlich alle vertreten; er konnte aber daraus nur auf bedeutende alpidische Verformungen schließen, vor allem auf die „Hauptfaltung mit NNO-Achse“ (1960, S. 230), und vermutete daher nur schwache paläozoische Tektonik.

Um den statistischen Aufzeichnungen weiter auf den Grund zu gehen, versuchen wir die Achsenprägungen im sehr verformungsbereiten Zwischenschiefer, sowie im Muldenkern bei annähernd E-W-Streichen der Schichten zu beurteilen. Die vorgefundenen Linearen in den Eisenerzer Schichten fallen in Bereiche, die auch

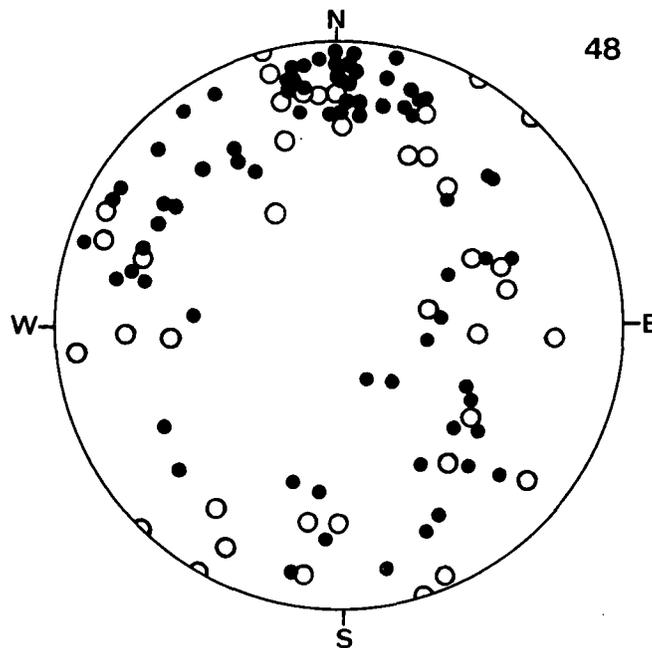


Diagramm 48.
Synoptisches Diagramm, Silur-Devon-Karbon-Schichtfolge: β und B der Liegendscholle.

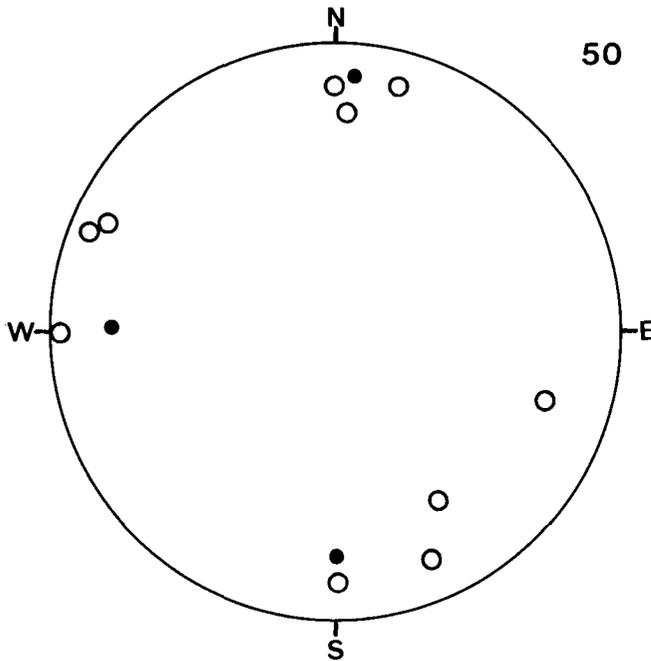


Diagramm 50.
Synoptisches Diagramm, Eisenerzer Schichten und devonischer Nahbereich der Liegendenscholle: β und B.

in D48 der Liegendenscholle besetzt sind. Schließlich bilden die Eisenerzer Schichten ja die jüngste erhaltene Serie der Liegendenscholle. Als verformungsempfindlicher Schieferkomplex dürften analog den ebenfalls teilbeweglichen Präbichlschichten Verformungen markiert worden sein, die in den übrigen Serien nicht unbedingt aufzuweisen müssen. Bei diesem Vergleich entsteht der Verdacht, daß im Zwischenschiefer – ohne Rücksicht auf die Drehlage der Liegendenscholle – analog dem Präbichl-Komplex Achsenrichtungen aus Fältelungen und Falten gespeichert sind, die von einer jüngsten Einengung verursacht worden sind. Demnach sollten also außer der NNE–SSW-(N–S)-Hauptformungsachse noch

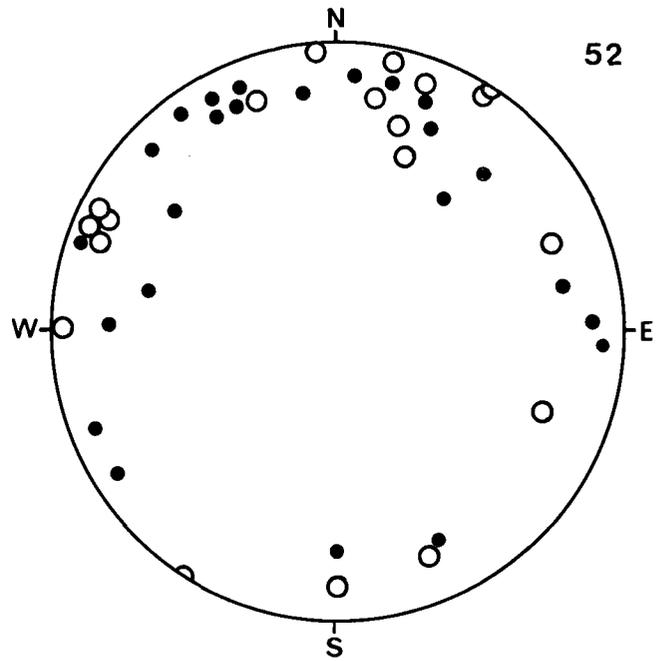


Diagramm 52.
Synoptisches Diagramm der β - und B-Achsen im Kern der Erzbergsynklinale.

Faltenachsen mit WNW–ESE–Streichen beachtet werden.

Der Kern der Erzbergsynklinale, welcher nicht von der Steilstellung der Faltenflügel betroffen wurde (Diagramme D35,37,39,40), enthält ebenfalls Achsenrichtungen, die sich mit gestreutem WNW–ESE–Streichen bis W–E-, WSW–ENE–Streichen zu erkennen geben.

Nun ist freilich zu berücksichtigen, daß die synoptischen Diagramme D48,49 sowohl Daten aus dem Ost-, als auch aus dem Westflügel enthalten, die somit durch Externrotation samt eventuell älterem Gefügeinventar verschwenkt wurden. Deshalb kann eine derartige Gesamtschau nicht zur Auflösung von eventuell mehreren

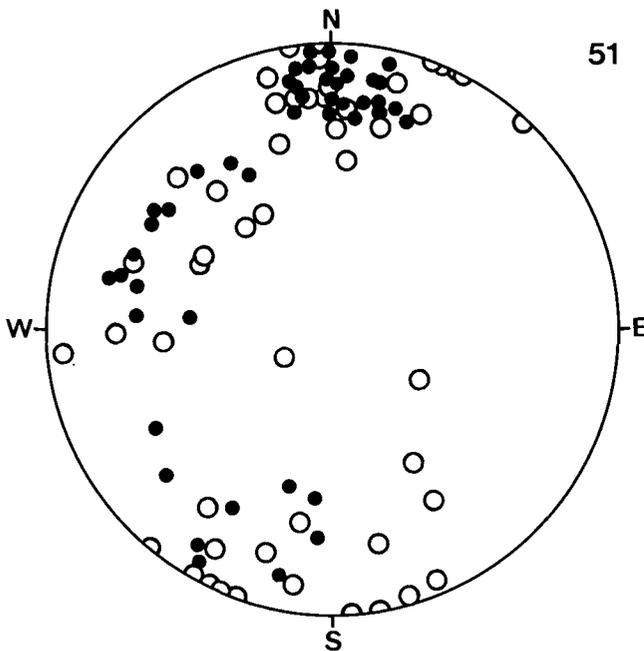


Diagramm 51.
Synoptisches Diagramm der β - und B-Achsen im Ostflügel der Erzbergsynklinale.

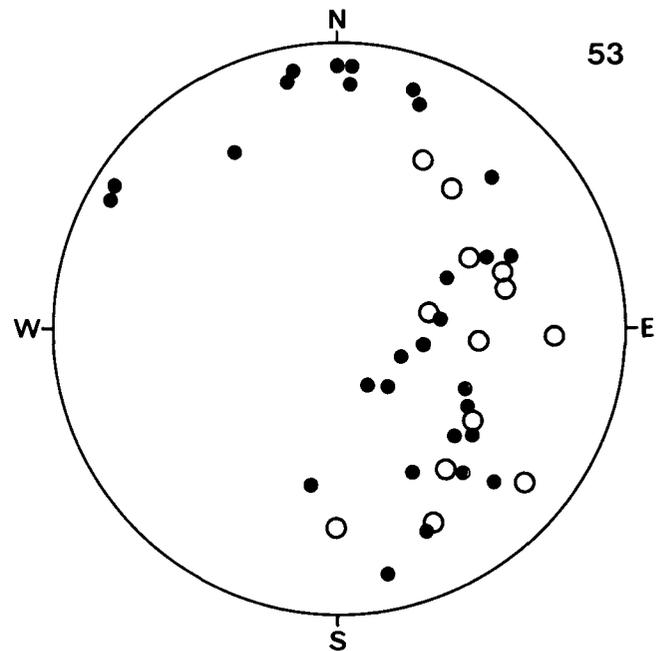


Diagramm 53.
Synoptisches Diagramm der β - und B-Achsen im Westflügel der Erzbergsynklinale.

Formungsplänen führen. Man wird also den Ostflügel getrennt vom Westflügel betrachten und beide mit dem Muldenkern in Beziehung setzen müssen.

Das in hohen Abschnitten des Erzberges geprägte Pendeln des s-Einfallens bei ungefähr konstantem N-S-Streichen bringt nur die Aussage einer N-S-Achse durch E-W-Einengung; wobei nicht ausgesagt ist, ob es sich um eine einmalige alpidische Formung handelt, wie sie der Präbichlkomplex abbildet, oder ob eine ähnliche, etwa symmetriekonstante Überprägung einer schon existierenden variszischen Achsenlage vorliegt.

In mittleren und tieferen Erzbergbereichen aber wird außer der N(NNE)-S(SSW)-Achse zusätzlich ein Pendeln der s-Streichrichtung in den beiden Großfaltenflügeln diskret oder deutlich merkbar. Die hiezu tautozonalen Flächen markieren mit Streuung Achsenlagen E-W, WNW-ESE, auch WSW-ENE, wobei – und das ist sehr aussagekräftig – im Ostflügel ein Achsenabstieg nach W, im Westflügel aber spiegelbildlich ein Fallen nach E gegeben ist. Der Neigungswinkel dieser Achsen wird logischerweise von der Schichtneigung diktiert. mm-Fältelungen (B) auf Schieferungsflächen bis zu Falten im Zehnermeterausmaß (B, β) fallen z.T. zusammen und bestätigen die Unzufälligkeit dieser Formung. Im Muldenkern bieten sich diese entsprechenden linearen Formelemente mit ungefährem WNW-ESE- bis E-W-Streichen und annähernd horizontaler Lage an (Diagramme D35,37,39,40).

Die Beobachtung im Aufschluß und die konstruktive Rückformung auf dem Schmidt'schen Netz bestärken die Vermutung, daß hier eine Überlagerung von jüngeren, aber auch präexisten ten älteren Achsen vorliegt. Auffälliges Merkmal ist der wellenförmige Verlauf der Schichtflächen beider Großfaltenflügel. Zu überprüfen ist die Altersstellung dieser Wellen vor allem im Bezug zur Hauptformung B = N(NNE)-S(SSW).

Ein auffälliges Merkmal beim Vergleich der synoptischen Achsendiagramme des Ost- und des Westflügels bildet die Häufung dieser Linearen in D51 im WNW-Sektor mit Streuung nach W, hingegen in D52 im ESE-Sektor mit Streuung nach E. Nachdem auch der Präbichl-Komplex die Prägung einer WNW-ESE-Achse aufweist, kann als gesichert gelten, daß die in den Silur-Devon-Schollen mit gleicher Streichrichtung, aber gegeneinander gerichtetem Einfallen geprägten WNW-ESE-Faltenachsen jüngster alpidischer Entstehung sind und den bereits aufgewölbten Faltenflügeln der Erzbergsynklinale in Form von größeren und kleineren Wellen und Fältelungen durch die laminare Gleitbereitschaft in den Schieferungsflächen aufgeprägt wurden. Der weitgehend unverstellte Muldenkern bestätigt diese Achsenrichtung WNW-ESE, und auch umgescherte Teilbereiche der Eisenerzer Schichten weisen diese Prägung auf.

Es muß allerdings auch für die erwähnten Achsenstreuungen in der E-W-Richtung eine Erklärung gefunden werden. Der Befund, daß diese Quasi-E-W-Achsen zwar in allen Teilbereichen der Großmulde nachweisbar sind, aber beträchtliche Lagestreuungen aufweisen, könnte als eine alte Anlage und dementsprechende Überprägung infolge nachträglicher Einengung bewertet werden. Diese weniger betonte Achsenlage dürfte somit nicht identisch sein mit den, weil auch in den Präbichlschichten untergeordnet geprägten, zweifellos alpidischen ENE-WSW-Achsen.

Die Rotation von alten W-E-Achsen im Zuge der Auf-faltung der Flügel der N-S-achsialen Großsynklinale könnte lediglich entsprechend der Schichtenneigung ein Gegeneinander-Einfallen verursacht haben. Eine N-Neigung der N-S-Hauptformungsachse müßte eine entsprechende Verlagerung der W-E-Achse auf ESE bzw. WSW bewirkt haben; umgekehrt eine seltener geprägte S-Neigung der Hauptachse eine Verlagerung auf ENE- bzw. WNW-Fallen.

Hiemit sind Erklärungsmöglichkeiten für Achsenstreuungen und Interferenzen von spitzwinkelig einander kreuzenden Achsen aufgezeigt, was allerdings die Interpretation keineswegs erleichtert.

HIESSLEITNER entscheidet sich entgegen seiner früheren Auffassung (1929) nach den Aufnahmeergebnissen in der Grauwackenzone des Radmer-Gebietes für die

„ ... Auffassung vom vortriadischen Alter des Schuppenbaues der paläozoischen Schichtfolge ... “ (1931, S. 49).

Da heute die variszische Überschiebung Hangenscholle über Liegendscholle auch durch SCHÖNLAUB (1979) bewiesen ist, muß einer der beiden variszischen Verformungspläne hierfür maßgeblich gewesen sein.

Die in allen Aufschlüssen des Tagbaues nicht nur stratigraphisch, sondern auch tektonisch ähnliche Position und Verformung der Eisenerzer Schichten legt nahe, daß die Überschiebung relativ frühzeitig erfolgt sein dürfte: in der tektonischen Reduzierung der Mächtigkeit ergeben sich lediglich in den derzeit unten gelegenen Aufschlüssen des Bergbaues auffällige Unterschiede.

Das Flächen- und Achsengefüge des durch die Schollenüberschiebung stark beanspruchten Zwischenschiefers (Diagramme D18,25,26,27,30,38) verrät annähernd dieselben Verformungen wie die der Präbichlschiefer. Der Schollentransport muß aber schon vorher erfolgt sein.

Die Erzberg-Großsynklinale wurde bisher einer Hauptformung mit N(NE)-S(SW)-Achse zugeordnet. Die Miteinbeziehung der bildsamen Präbichlschichten in einen derartigen Formungsplan ließ keinen Zweifel an einem alpidischen Ereignis aufkommen. Verbirgt sich also im scheinbar einfachen Bau der Erzberg-N-S-Mulde ein mehraktiger Formungsablauf? Die zwangsläufig schon zu bejahende Antwort erhält noch eine Bestätigung durch die in Teilbereichen des Erzberges anschaulichen Erosionsdiskordanzen zwischen Präbichlschichten und den beiden devonischen Karbonatkomplexen (Profile Abb. 3,4). So lag der Ostflügel der Devonschichten zur Zeit der permischen Transgression teils schwach ostfallend bzw. horizontal, teils mittelsteil westfallend vor. Im höchsten am Erzberg erhaltenen Abschnitt der Präbichlschichten dürfte die Diskordanz zur Devonabfolge nur schwach gewesen sein. Aber viele andere Abschnitte geben bedeutende Winkeldiskordanzen zu erkennen, die auf ein starkes Relief und auch auf beachtliche voralpidische Falten schließen lassen.

Schon HIESSLEITNER skizziert 1929 (S. 228, Abb. 4) bedeutende strukturgeologische Zusammenhänge, die nun für unsere genetische Interpretation sehr wichtig sind. Und HIESSLEITNER entscheidet sich nachträglich 1931 für eine vortriadische Anlage des großzügigen schlingenförmigen tektonischen Baues um den Steirischen Erzberg.

Aus den alten und unseren neuen Erkenntnissen resultiert also die Folgerung, daß sowohl voralpidisch,

als auch alpidisch Verformungen mit ungefährer N-S- bzw. NNE-SSW-Achsenlage stattgefunden haben müssen. Damit wäre auch der Auffassung von FRITSCH (1960, S. 230) entsprochen, daß

“ ... sich die etwa O-W-streichende Faltung als eindeutig älter als die NNNO-streichende Faltung ... “

erweist. Allerdings ist diese Verformung mit W(NW)-E(SE)-Achse als älteste, in unserem Sinne variszisch zugeordnet.

Ohne einer Überdeutung zum Opfer fallen zu wollen, sehen wir dennoch auch noch einen tangentialen alpidischen SSW-NNE-Transport mit ungefährer Achsenlage WNW-ESE, der für die weiträumige Anlage von Großstrukturen in den Nördlichen Kalkalpen, z.B. der Gesäuseberge, gerechtfertigt erscheint. Dieser tektonische Bauplan hat zwar im leicht verformbaren Präbichl-Komplex mit gewissen Schichtverschwenkungen auf NW-SE offenbar seine Verformungsspuren hinterlassen, konnte sich aber in dem bereits als Großmulde vorliegenden kompetenten mächtigen Karbonat-schichtstapel im Untergrund nur durch Aufprägung von Wellungen und Fältelungen sowie in einer Beeinflussung der N-S-Achsenneigung auswirken.

6. Klufftektonische Untersuchungen

Die Zusammenziehung sämtlicher Trennflächen in ein Diagramm ergibt zwar einige Maxima, aber doch ein zu komplexes Bild, weshalb eine Bezugnahme auf die verschieden alten Sedimentabfolgen und die im Großbereich unterschiedlichen Schichtflächenlagen unumgänglich ist. Für die klufftektonische Analyse wurden selbstverständlich die Erkenntnisse über Homogenbereiche bezüglich Schollenzugehörigkeit und s-Lagen zugrundegelegt. Damit sollte die Abhängigkeit oder Unabhängigkeit der Kluffscharen von der Orientierung der Schichtpakete untersucht werden. Zur Messung gelangten Gleitungsklüfte, soweit vorhanden mit Harnischrillen, sowie Zerrfugenscharen. Wie bei der Interpretation von Faltenachsen, interessiert auch im vorliegenden Fall zuerst das zweifellos alpidische Kluffgefüge der Präbichlschichten. Verzerrungen in der Kluffstatistik durch den Schnitteffekt sind infolge der häufig horizontalen Aufnahme wege in den Etagen nicht ganz auszuschließen.

6.1. Präbichlschichten (Perm)

Die Zusammenfassung aller dieser, in der transgredierenden Permabfolge gemessenen Klüfte zeigt im Lotpunktdiagramm D54 eine beträchtliche Streuung. Aber drei starke Besetzungen heben sich gut ab; sie stehen ungefähr rechtwinklig aufeinander. Beim Maximum handelt es sich um steil nach NW einfallende bis vertikale Kluffscharen. Eine andere Lagehäufigkeit besteht für steil SW-fallende Klüfte. Die Polkonzentration im Weststeil der Lagenkugel repräsentiert N-S-streichende, steil E-fallende Klüfte. Eine Trennung der Abschnitte über und unter dem Christof-Hauptverwurf erübrigt sich, weil keine Differenzen zur Geltung kommen.

Auf die alpidisch geprägten, gering nach NNE geneigten Faltenachsen bezogen, erweist sich die NW-SE-streichende Fugenschar symmetriologisch in

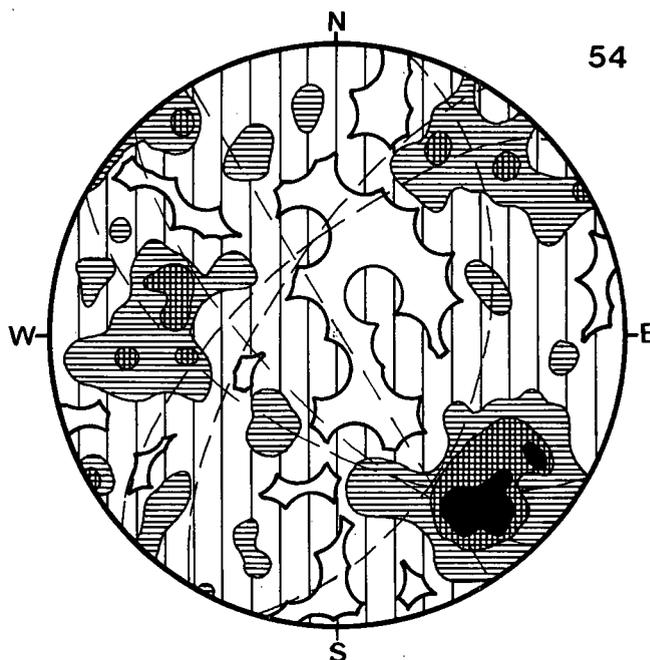


Diagramm 54.
Präbichlschichten: 221 Klufflotpunkte.
Besetzungsdichte >4 - 3 - 2 - 0%. Stärkere Lotpunkthäufigkeiten durch dazugehörige Großreise ergänzt.

ac-Stellung. Im schieferig-phyllitischen Material ist die Anlage von ac-Zerrfugen durch den Faltungsprozess gut verständlich. Eine jüngere Belegung derselben als Gleitungsfugen bleibt vorbehalten. Diese Fugenschar könnte man nämlich auch als h0I-Lage zur jüngsten alpidischen B-Achse = WNW-ESE verstehen, wozu es bestätigende Harnischstriemung gibt.

Das deutliche Maximum durch NE-SW-Klüfte könnte als h0I-Kluffschar zur NNE-Achse gesehen werden. Vereinzelt nachweisbare Riefung bestätigt diese Ansicht teilweise. Aber auch das Untermaximum durch mittelsteil E-fallende Klüfte macht im Vergleich zu den s-Diagrammen D2,3,4,6 eine Mitbeteiligung von schicht-

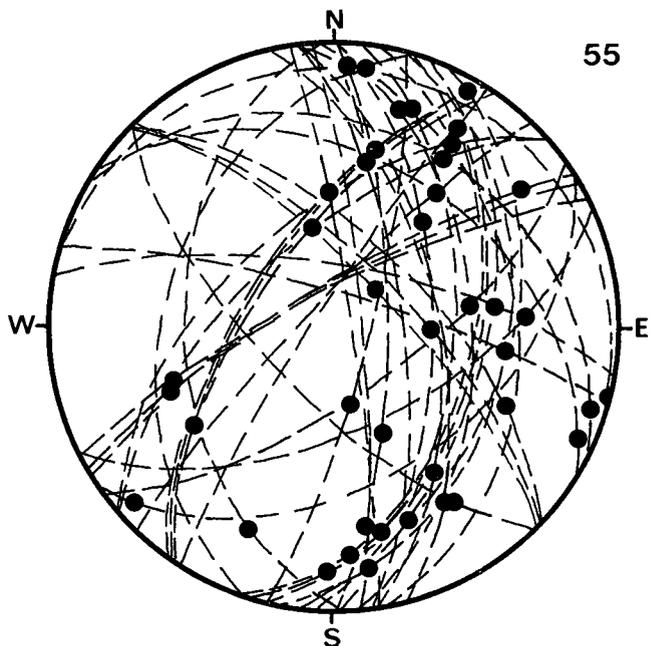


Diagramm 55.
Präbichlschichten: 40 Gleitungsklüfte (Großkreise) mit Harnischstriemungen (Durchstoßpunkte durch die Lagenkugel).

(schieferungs-)parallelem laminaren Zergleiten wahrscheinlich. Dies umso mehr, als die Stellung dieser Flächen dem, in der tektonischen Auswirkung sehr bedeutenden Christof-Hauptverwerfer (D64) nahe kommt. Diskutabel scheint aber auch eine Zuordnung der NE-SW-streichenden Fugenschar als ac-Klüfte zur jungen alpidischen WNW(NW)-ESE(SE)-Achse zu sein.

Die in D55 statistisch auffälligen Punkthäufungen nahe der Kreisperipherie machen auf allgemein flach geneigte Harnischstriemen, vor allem in NNE-Richtung, aufmerksam. Man könnte daraus jüngste Wiederbelebungen von Fugenscharen mit Betonung von Horizontalzergleiten im Sinne von hk0-Klüften ableiten.

Wie der Versuch einer Interpretation zeigt, vermag das Kluffgefüge der Präbichschichten, abgesehen von einigen Musterbeispielen, keine exakten Aussagen über die genetische Zuordnung der Klüfte zu ermöglichen. Aber alle Lotpunkthäufungen sprechen entschieden für eine Zugehörigkeit zu B-Faltenachsen mit NNE-(NE)-SSW(SW)- bzw. NW-SE-Streichen.

6.2. Ordovizischer bis karbonischer Schichtkomplex

Die Gegenüberstellung der Lotpunktdiagramme von Klüften in den Präbichschichten und in der älteren paläozoischen Schichtabfolge zeigt gewisse Unterschiede. Hier wurde bezugnehmend auf die s-Statistik eine Zusammenziehung der Daten auf nur vier Diagramme bevorzugt.

6.2.1. Liegendscholle Ostflügel (über und unter dem Christof-Hauptverwurf)

Diagramme 56,57

Das rhombisch-symmetrische Lotpunktdiagramm markiert zwei statistisch deutlich hervortretende Kluffscharen. Erinnerung man sich an die Position der s-Flä-

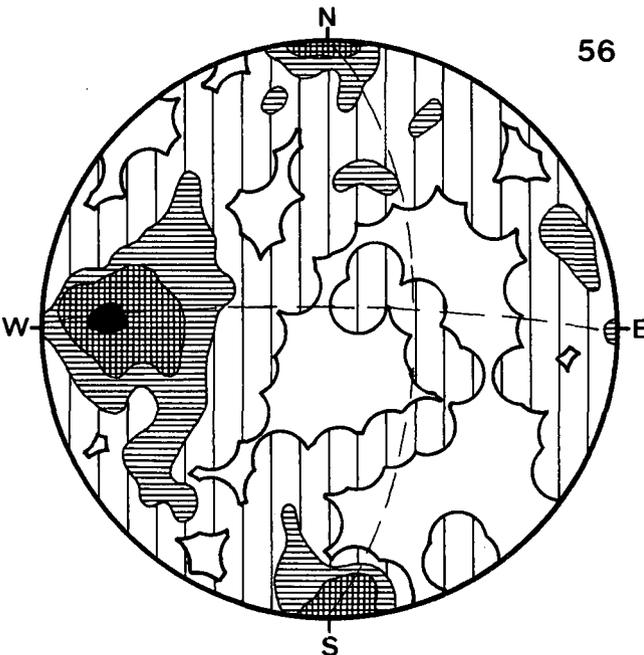


Diagramm 56. Silur-Devon-Karbon-Abfolge der Liegendscholle, Ostflügel: 225 Klufflotpunkte. Besetzungsdichte >8 - 4 - 2 - 0%. Stärkere Lotpunkthäufungen durch dazugehörige Großkreise ergänzt.

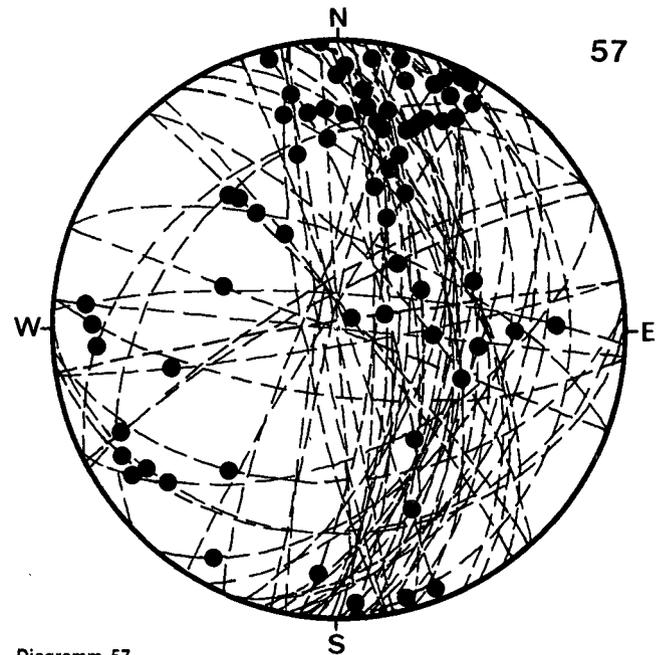


Diagramm 57. Silur-Devon-Karbon-Abfolge der Liegendscholle, Ostflügel: 63 Gleitungs-klüfte (Großkreise) mit Harnischstriemungen (Durchstoßpunkte durch die Lagenkugel).

chen dieses Erzbergbereiches (Diagramme D14-18,23-27) und an die Achsenlagen (Diagramme D48,49), so sollten die vertikalen W-E-Klüfte (Lotpunkte um N-S) als ac-Zerrfugen zur N-S-Achse aufzufassen sein. In Richtung Diagramm-Mitte streuende Pole ergeben dazu 0kl-Klufflagen, was durch vereinzelt geprägte Harnischstriemung vermutlich erscheint. Das eigentliche Maximum nahe W repräsentiert N-S-streichende, steil bis mittelsteil nach E fallende Klüfte: eine in h0l-Lage zur N-S-Achse gesehen einschichtige Kluffgruppe. Eine genetische Bestätigung hiezu bieten die Harnischrillen auf solchen Gleitungsfugen mit a1B in D57. Die

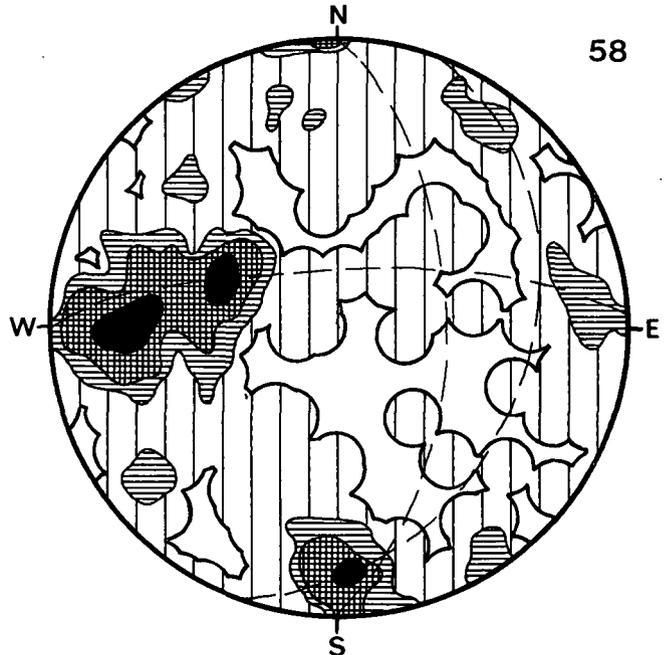


Diagramm 58. Hangendsscholle, Ostflügel: 255 Klufflotpunkte. Besetzungsdichte >5 - 4 - 3 - 2 - 0%. Stärkere Lotpunkthäufungen durch dazugehörige Großkreise ergänzt.

stark betonten flach N-geneigten und horizontalen Zergleitungen könnte man auch hier als eine Auswirkung jüngster Verformungen in schon existierenden Klüften analog D54 vermuten.

6.2.2. Hangendscholle Ostflügel (über und unter dem Christof-Hauptverwurf)

Diagramme 58,59

Im Vergleich zu den Diagrammen der Liegendenscholle (D56,57) ist nahezu Übereinstimmung festzustellen; womit auf eine neuerliche Interpretation der Daten verzichtet werden kann. Das gilt auch für die Statistik der Gleitungsgrillen auf Harnischen.

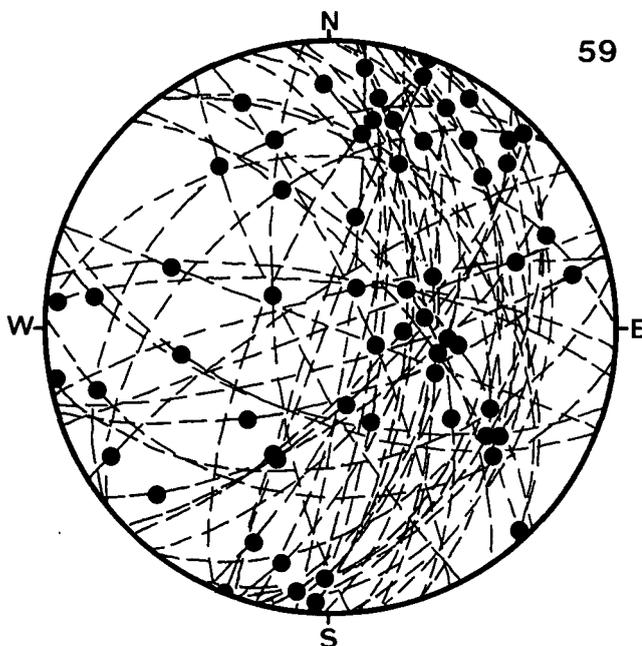


Diagramm 59.
Hangendscholle, Ostflügel: 56 Gleitungsgrillen (Großkreise) mit Harnischströmungen (Durchstoßpunkte durch die Lagenkugel).

6.2.3. Muldenkern, Devon

Diagramme 60,61

Den Bezug zur räumlichen Lage dieses Schichtpaketes liefern die Diagramme D34,35,36, z.T. auch D37,39,40. Dem Teilbereich sollte besonderes Interesse zukommen, zumal hier keine Auffaltung der Muldenflügel stattfand. Besonders deutlich fällt die Prägung einer steil bis mittelsteil nach SSW fallenden Flächenschar (Pol-Maximum im NNE-Sektor) auf, was auf Grund der ac-Lage mit großer Wahrscheinlichkeit für eine Trennfugenschar zur Großmulde spricht.

Die schwächere Lotpunkthäufung im W des Diagrammes, auf steil E-fallende Klüfte zurückzuführen, ist in den Diagrammen D54,56,58 stark vertreten und könnte durch eine aLB-Beanspruchung zur N-S-Achse als hOI-Gleitung entstanden sein, wofür es außer dem Untermaximum (ac-Klüfte) im N von D60, auch aus der s-Analyse B-Achsenlagen als Hinweise gibt. Die wenigen registrierten Rutschstreifen (D58) auf Harnischen bestätigen diese Annahmen zwar nicht, könnten aber durch jüngste Zergleitungen in schon existierenden Klüften entstanden sein.

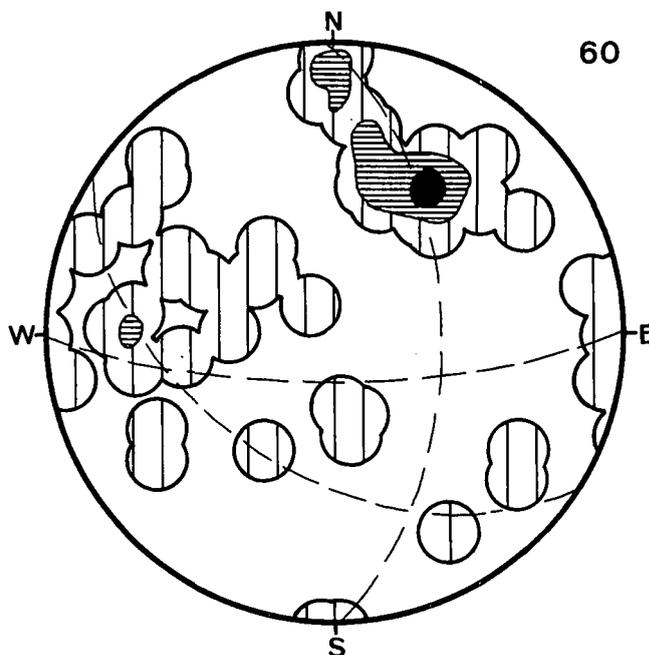


Diagramm 60.
Muldenkern der Erzbergsynklinale: 57 Klufflotpunkte. Besetzungsdichte >12 - 7 - 0%. Stärkere Lotpunkthäufungen durch dazugehörige Großkreise ergänzt.

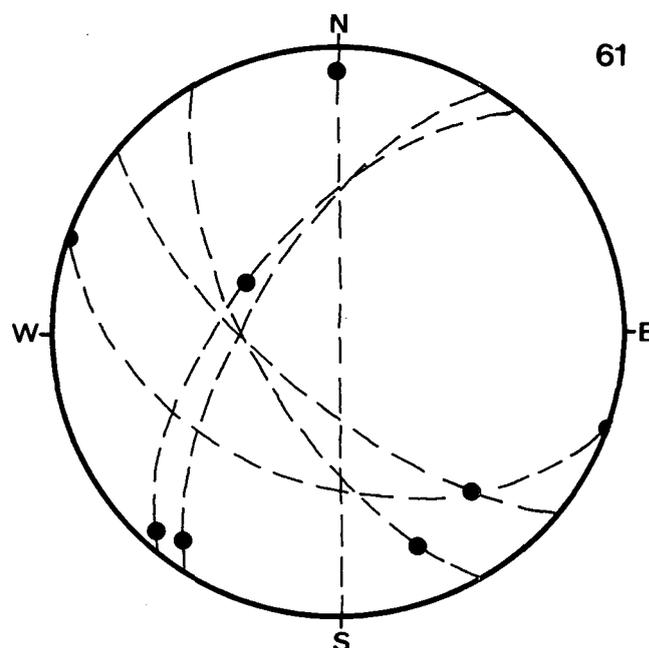


Diagramm 61.
Muldenkern: 6 Gleitungsgrillen mit Harnischströmungen.

6.2.4. Westflügel, Liegendenscholle

Diagramme 62,63

Die Klufftstatistik zeigt bekannte Besetzungsmotive. Die schon bisher als ac-Trennfugen bezeichnete NW-SE-streichende Flächenschar (Untermaximum im NE-Sektor D62) dürfte als ziemlich lagekonstant und nicht rotierbar in den meisten Teilbereichen der Großmulde zur NNE-einschiebenden Hauptformungsachse geprägt worden sein. Da diese als ursächliche Zerrfugen aufgerissen sein sollten, müßten die Gleitungsgrillen (wie z.B. in D63) nachträglich aufgeprägt worden sein.

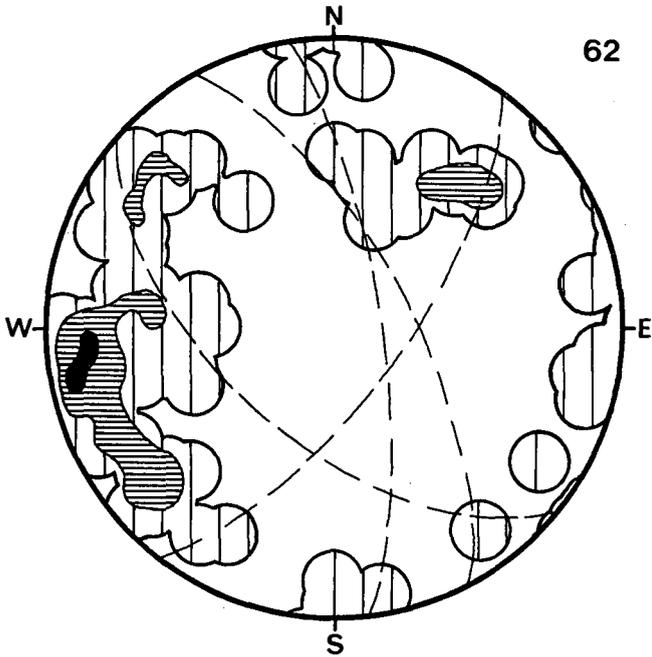


Diagramm 62.
Liegendenscholle, Westflügel: 77 Kluftlotpunkte.
Besetzungsdichte > 9 - 5 - 0%. Stärkere Häufungen durch Großkreise ergänzt.

Das Pol-Maximum bzw. Untermaximum im W-WSW-Sektor der Lagenkugelprojektion hebt sehr steil nach E fallende Klüfte hervor, die auch in der Großkreisdarstellung mit Strömungen vertreten sind und in diesem Westflügel der Erzbergmulde deutlich auf Teilbewegungen $\perp B$ im Sinne von einscharigen hÖl-Klüften zur N-S-Achse und damit auch Zergleitungen in den s-Flächen aufmerksam machen.

Auch dem angedeuteten Untermaximum im NW-Teil des Diagrammes entsprechen auf Grund der Strömungsrichtung $\perp B$ Verschiebungen quasi-parallel s. Zum besseren Verständnis mögen die s-Diagramme D41,43,44,45,46 mit ihrer, der Tautozonalität zu E-fallen-

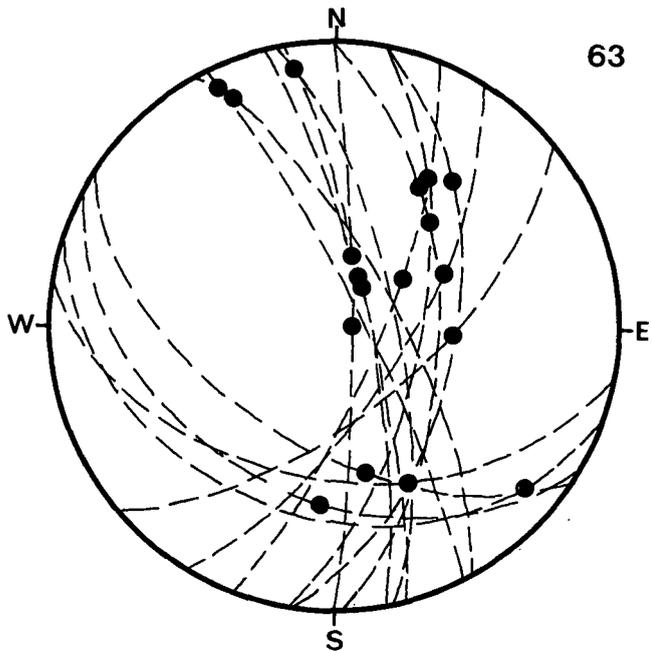


Diagramm 63.
Liegendenscholle, Westflügel: 16 Gleitungsclüfte mit Harnischströmungen.

den Achsen entsprechenden starken Lagevariabilität eingesehen werden.

6.3. Genetische Erkenntnisse aus der Klufftektonik

Die aus der s-Flächen- und Achsenstatistik gewonnene Ansicht, daß der Erzbergbereich von vier unterscheidbaren Formungsabläufen erfaßt wurde, läßt von vorneherein auf eine starke klufftektonische Beeinflussung mit Überlagerung der Verschiebungen in bereits angelegten Kluffscharen schließen. Das erschwert die Erklärungen außerordentlich. Es fehlt zwar nicht an Zuordnungsmöglichkeiten, aber mit der Mehrdeutigkeit wächst die Unsicherheit.

Wegen der weitgehenden Symmetriekonstanz der variszischen und alpidischen Formungspläne verhilft auch die Kluffstatistik des permischen Präbichlkomplexes nicht zu einer exakten Aussage.

Es ist allerdings seit langem bekannt, daß nur eine einzige große Störung einen beträchtlichen Verwurf verursacht hat: der Christof-Hauptverwurf (D64), auf Grund seiner Stellung und Riefung eine hÖl-Kluft zur Hauptmuldenachse, mit einem Abschiebungsbetrag von über 300 m und dem Relativsinn der Bewegung „Höheres nach Osten abwärts“. Die Verwurfsweiten der anderen Gleitungsclüfte liegen offenbar nur im Meter bis Zehnermeterbereich und waren bergbaulich gesehen nie von besonderer Bedeutung.

Der Erkenntnis vom Christof-Hauptverwurf Rechnung tragend, können ähnlich orientierte Klüfte, wie sie in allen Teilbereichen, sowohl in den Präbichlschichten, als auch im älteren paläozoischen Schichtstapel der Liegend- und Hangendscholle durch starke Besetzung hervortreten (Diagramme D54,56,58,60,62), ebenso in genetische Beziehung gesetzt werden. Es fällt auf, daß diese weitgehend einscharige Flächenhäufung unabhängig von der Lage der Faltenflügel ähnlich entwickelt

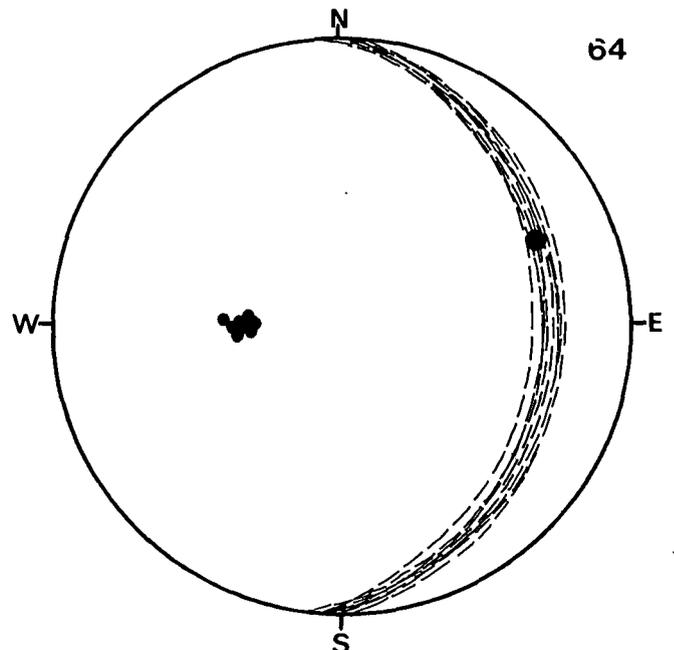


Diagramm 64.
Christof-Hauptverwurf. Messungen auf den Etagen Christof, Rotballer, Hell, Johann und Schuchart.
Darstellung in Großkreisen mit Lotpunkten, dazu Lage der Harnischströmung auf der Klufffläche.

ist. Daraus ist der Schluß ableitbar, daß es sich zumindest um die Mitbeteiligung junger Prägungen handelt. Allerdings kann eine Entstellung der Statistik durch den Schnitteffekt nicht ausgeschlossen werden, weil der Westflügel an Umfang und Aufschluß gegenüber dem Ostflügel nur bescheiden zur Verfügung steht. Auch soll ein möglicher Einfluß schon variszisch angelegter Klüfte auf die alpidischen Zergleitungen in Erwägung gezogen werden.

Gerade der Christof-Hauptverwurf bietet sich als Beispiel hierfür an: Die Tatsache, daß der Verwurfsbetrag in den paläozoischen Karbonatgesteinspaketen beider Schollen genau konstruierbar, aber im überlagernden Präbichlkomplex schlecht erfaßbar ist (Abb. 5) legt die sehr wahrscheinliche Erklärung nahe, wonach es sich um einen bedeutenden ursprünglich variszischen Verwerfer mit alpidischer Nachbewegung handelt.

Die zweite stark vertretene Flächenschar mit der Lotpunktkonzentration im NE- und, bzw. oder N-Sektor fällt in die ac-Stellung zu N- bzw. NNE-einschiebenden Faltenachsen. Die schon in der s-Statistik bekanntgewordene Lagedifferenz dieser Hauptmuldenachsen kann auch durch die Klufftstatistik allein nicht befriedigend geklärt werden. Da diese B-Achsenlagen der Großmulde sowohl das variszische, als auch das alpidische tektonische Geschehen geprägt haben, interessiert, welche älter oder jünger sind. FRITSCH (1960) hatte die leichte Verschwenkung ein und derselben Achse aus seiner Statistik herausgelesen, was eine weitere Komplikation, aber auch eine Erklärung für unser Problem der Lotpunktinterferenz sein könnte.

In dieser unklaren Situation könnte die Polhäufung im NE von D54 noch weiterhelfen. Die dort mit gewisser Streuung konzentrierten Pole sollten als ac-Klüfte mit der B-Achsenrichtung zusammenfallen. Das wäre im Vergleich zu den Diagrammen D2,3,4,7,9,10 der Fall. Man könnte also mit einiger Vorsicht die Betonung einer alpidischen NNE-NE-Faltenachse sehen, wozu sich bestätigend das SE-Maximum in D54 als h0I-Schar anbietet. Überzeugende Bestätigungen durch Harnischstriemung liegen allerdings nicht vor.

Daraus könnte noch weiter abgeleitet werden, daß die in den Präbichlschichten geprägten drei Klufftscharen bei den jüngsten alpidischen S-N-Einengungen, wozu die nördlich des Erzberges gelegene Trias Beispiele bietet, als in h0I-Stellung zu $B = E-W$ befindlich, zu Horizontalzergleitungen Anlaß gegeben hätten.

Die einfacher aussehende Klufftstatistik der älteren paläozoischen Abschnitte, welche die Hauptmasse des Erzberges bilden, kann daher auch einfacher erklärt werden. Die bankrechten Klüfte im Ostflügel, die die Lotpunkthäufung im Süden der Diagramme D56 und D58 aufbauen, sind als ac-Fugen zur N-S-Achse des voralpidischen Bauplanes deutbar. Sie standen im alpidischen Geschehen somit auch für Gleitbewegungen zur Verfügung. Die steil stehenden N-S-Klüfte nehmen zu dieser N-S-Achse allenfalls h0I-Lage ein, und hätten sich vor der alpidischen Rotation der beiden Großmuldenflügel gebildet. Das Lotpunktdiagramm D60 des Muldenkerns der Devonschichten bestätigt demnach sowohl ac-Klufftlagen zur alpidischen NNE-Achse, als auch zur variszischen N-Achse. Und die schwache Polkonzentration im W des Diagrammes D60 erinnert an einscharige h0I-Gleitungen zur N-fallenden Achse, die nach WNW bis NW ausgeweitete Polbesetzung hinge-

gen an h0I-Klüfte zu der nach NNE einschiebenden Achse.

Die kluffttektonische Situation im W-Flügel der Großsynklinale (D62) bringt eine Bestätigung bisheriger Deutungen. So handelt es sich bei den steil SW-bis SSW-fallenden Klüften zweifellos um solche in ac-Stellung zur alpidischen NNE-fallenden Achse; ac-Fugen zur N-S-Achse aber sind nur angedeutet. Das Lotpunktmaximum im W von D62 repräsentiert eine einscharige Klufftgruppe, die sich mit Streuung auf NNW-SSE-Klüfte (Pol-Untermimum im WSW nahe der Peripherie) und NNE-bis NE-Klüfte fortsetzt und dem großwelligen Verlauf der Schichtflächen im W-Flügel entsprechend als einscharige h0I-Gleitungen zu den Achsen N-S und NNE-SSW gedeutet werden können. Zu dieser Auffassung berechtigten die Harnischstriemungen (D63). Auch eine jüngste alpidische Wiederbelebung von WNW-ESE-streichenden Klüften in h0I-Lage zur WNW-ESE-Achse ist bestätigt.

7. Die tektonische Entwicklung des Steirischen Erzberges, beurteilt auf Grund der gefügeanalytischen Daten

Im Anblick der großen tektonischen Erzbergmulde und einer gesonderten Bewertung der s- und Klufftdiagramme des Ost- und Westflügels könnte man eine einfache tektonische Erklärung vermuten. Aber die synoptischen B- und β -Achsendiagramme D48,49,51,52,53 und die Beschäftigung mit Einzelheiten der s-Großkreisdiagramme läßt auf eine Überlagerung mehrerer großräumiger Verformungen schließen.

Es wird zunächst versucht, ausgehend von der Verfaltung der jüngsten Sedimente am Erzberg, den permischen Präbichlschichten, das alpidische Geschehen zu erkennen und dann nach weiteren, verborgenen Anzeichen variszischer Ereignisse in den älteren Gesteinen zu suchen.

Diagramm D47 mit der Zusammenfassung aller Faltenachsen-Richtungen in den Präbichlschichten bringt die Bedeutung der NNE-Richtung zur Geltung, wobei der Schwerpunkt der Lagen mit flachem NNE-Einschieben gegeben ist. Streuungen reichen in die N- und NE-Richtung, pendeln aber auch über horizontales, zu flachem S- und SSW-Fallen. Die Übersicht berechtigt dazu, diese Faltenachse als Hauptformungsachse zu bezeichnen, was auch den bisherigen Auffassungen über die Tektonik des Erzberges entspricht. Die geometrische Kennzeichnung der Teilbereiche zeigt aber nicht nur einfache Faltungen nach dieser Achse und NNE-SSW-, bis N-S-Streichen der Schichtung, sondern auch Faltungskomplikationen mit Verschwenkungen bis auf NW-SE-, ja bis E-W-Streichen der s-Flächen. Derartige Schwankungen können in Liegendbereichen der Permsedimente nahe der Transgressionsfläche durch Untergrundinhomogenitäten verursacht sein. Im vorliegenden Fall wird aber eine jüngste alpidische Überprägung der NNE-SSW-achsialen Mulde, die hier aus zahlreichen symmetriekonstanten Zwischenfalten mit Überkippungen besteht, durch eine ungefähre SSW-NNE-Einengung für wahrscheinlich gehalten. Dadurch können den bereits intensiv gefalteten Präbichlschichten Verlagerungen aufgeprägt worden sein, die

zu einer Lagestreuung der NNE-SSW-Achse und zu einer stellenweisen Umprägung und Entwicklung von Falten mit ca. WNW-ESE-Achse (vgl. D47) geführt haben. Eine gewisse Stützung dieser Ansicht über die beiden alpidischen Achsenrichtungen könnten die alpidischen Klufscharen mit NW-SE-Streichen und NE-SW-Streichen sein (D54), die im Zuge der jüngsten SSW-NNE-Einengung als hk0-Klufschare eine Wiederbetätigung erfahren zu haben scheinen: horizontale Zergleitungen (D55) sind jedenfalls zahlreich.

Die nächste Frage gilt der variszischen Tektonik. Die als alpidisch deklarierte, nach NNE einfallende Achsenrichtung ist in der Hangendscholle des Silur-Devon-Komplexes (D49) zwar hauptsächlich durch β -Achsen vertreten, aber D48 mit Achsen der Liegendscholle vermittelt deutlich den B- und β -Schwerpunkt mit geringer N-Neigung. Da die Rekonstruktion der Ausgangslage vor Ablagerung der Präbichlschichten bzw. vor der alpidischen Gebirgsbildung eine bereits beträchtlich gefaltete Gebirgsmasse aufzeigt, deren Faltenachse ungefähr N-S ausgerichtet sein mußte (vgl. Abb. 5), kommt gerade dem auf flaches N-Fallen zielenden Maximum Bedeutung zu. Dieser generellen Achsenrichtung fällt offenbar während der variszischen Gebirgsbildung große Bedeutung zu, wenngleich wir einer Überdeutung der miteinander interferierenden NNE-NE-NS-Achsenlagen aus dem Wege gehen wollen.

Sollte diese aus der tektonischen Analyse sich abzeichnende Erklärung (B = N-S, variszisch; B = NNE-SSW, alpidisch) aber zutreffen, so wäre die schon voralpidische Anlage des Christof-Hauptverwurfs als h01-Kluft (mit Relativbewegung \perp b), allerdings ohne den vollen Verwurfsbetrag, als gesichert anzusehen.

Als Auswirkung des jüngsten alpidischen SSW-NNE-Schubes kann der unterschiedliche, in Teilbereichen variierende Einfallswinkel der N-S- bzw. NNE-SSW-Achse gesehen werden, wobei aber die bereits kompakt, starr vorliegende alte, aus dem Kalksteinstapel bestehende Mulde und die transgressiv auflagernde und eng zusammengeschobene Präbichlabfolge hinsichtlich der Teilbeweglichkeit in unterschiedlicher Weise reagierten.

Nachdem die bisher erwähnten drei Formungspläne noch nicht für die Erklärung aller Achsenlagen in den Diagrammen D48,49,51,52 ausreichen, müßte noch eine vierte, und zwar wohl noch ältere Verformung als Relikt deutbar sein. Man sollte die E-W-streichenden, in der Neigung um die Horizontale pendelnden B-Lineationen beachten, dazu auch β - = B-Achsen, die durch tautozonales wellenförmiges Verschwenken der s-Flächen innerhalb der Großfaltenflügel in verschiedenen Größenbereichen zur Geltung kommen.

Die Suche nach Deformationsauswirkungen in den teilbeweglichen Karbonschiefern, den Eisenerzer Schichten der Liegendscholle als Überschiebungsbahn, mißlingt insofern, als im Muldenkern, der am ehesten derartige Relikte aufweisen könnte, kaum repräsentative Aufschlüsse existieren. Die im Ostflügel registrierten Achsenlagen der Eisenerzer Schichten aber decken sich mit den Linearen der Präbichlschiefer, sprechen also für alpidische Anlage, bzw. Überprägung.

Die weitgehende Übereinstimmung der s-, β -, B- und Kluftstatistik in der Liegend- und Hangendscholle führt zur Annahme, daß früh zu datierende variszische tekto-

nische Transporte in den Auswirkungen recht wirksam gewesen sein müssen. Wir halten es sogar für vertretbar, daß die ersten Ursachen für den Erzberg-Schollenbau schon vor der gewaltigen variszischen E-W-Einengung (B = N-S) zur Auswirkung kamen, die dann, wie HIESSLEITNER (1931) überzeugend in Profilen und beschreibend darstellt, die weitere Ausgestaltung des Schollen- und Schuppenbaues ausgelöst haben. Beim Versuch einer präzisen Richtungszuordnung der Beanspruchungsrichtungen wird man allerdings zurückhaltend sein müssen.

Nach Ausklammerung der alpidischen WNW-ESE-Achsen führt der Versuch der Horizontierung der Großmuldenflügel zu dem Ergebnis (5.2.9.), daß offenbar eine Achsenrichtung E-W geprägt gewesen sein muß. Diese wurde im Zuge der E-W-Einengung mit horizontaler N-S-Achse im Streichen zwar nicht verlagert, wohl aber mit den Großfaltenflügeln externrotiert und im Falle N-Eintauchens der N-S-Achse und bei eventuell schiefwinkliger Überprägung durch die NNE-SSW-Achse in eine neue Lage gebracht.

Für den Fall, daß auch sehr alte Verformungen mit WNW-ESE-streichenden Achsen erfolgt wären, könnten diese infolge Überlagerung mit der jungen alpidischen Beanspruchung mit B = WNW-ESE symmetrologisch nicht mehr unterschieden werden.

Wollte man nun diese kompliziert anmutende Tektogenese zusammenfassend vom Älteren zum Jüngeren reihen, so wären nach unserem Ergebnis folgende Formungsabläufe und Auswirkungen zur Kenntnis zu nehmen:

- variszisch: B₁ = E-W (ev. WNW-ESE)
- B₂ = N-S
- alpidisch: B₃ = NNE-SSW
- B₄ = WNW-ESE

Die jeweils aufeinander etwa rechtwinkelig orientierten Achsen lassen den Verdacht auf B' \perp B-Gefüge aufkommen. Von der Faltengestaltung her kämen hierfür nur die klein- und großwelligen Verformungen in Betracht. Die Möglichkeit ist symmetrologisch nicht grundsätzlich auszuschließen und daher zumindest eine Mitbeteiligung von B' \perp B-Stauchfalten bei der Großmuldenbildung zu vermuten; aber die analysierten und beobachtbaren tektonischen Gefüge legen doch alle auch eigene Einengungsphasen im Rahmen der mehraktigen Tektogenese nahe.

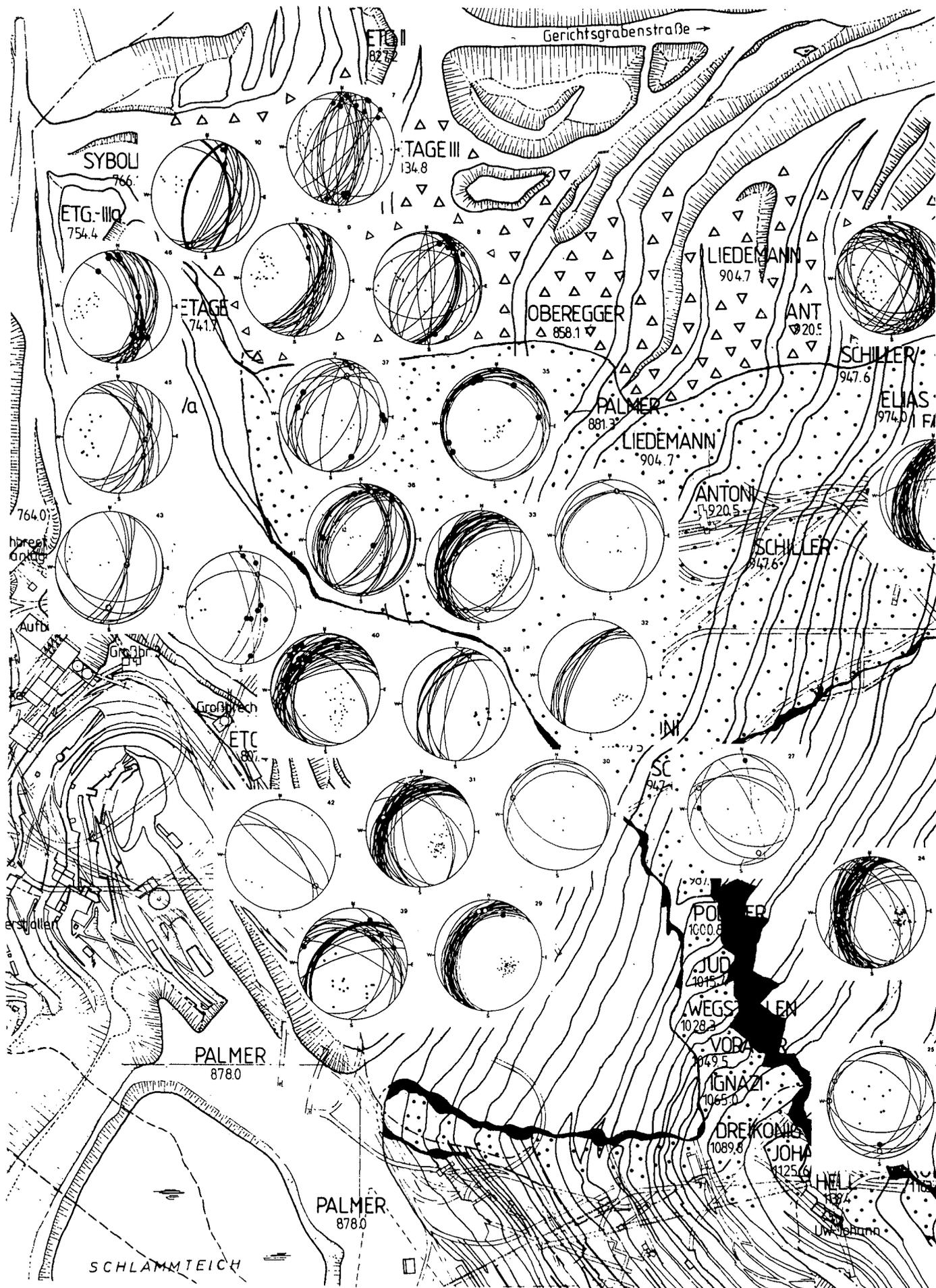
Aus der älteren Literatur scheinen uns Zusammenhänge mit unseren Ergebnissen bemerkenswert. HIESSLEITNER (1931, S. 68) kommt auf Grund der Lagerungsverhältnisse zu einer Rekonstruktion des Bewegungsbildes für den benachbarten Raum Radmer, in welchem von

„... einer O-W gerichteten, wohl schuppenartigen Überfaltung der Porphyroid-Kalkplatte mit nachfolgender ebenfalls O-W gerichteter Aufschüpfung ...“

die Rede ist. Dabei handelt es sich in seinem Sinne um eine „vortriadische Schuppentektonik“ (S. 71), welcher er auch für das Erzberggebiet wesentliche Bedeutung zumißt. Nach unserem Ergebnis sind diese gebirgsbildenden Ereignisse der Achse B₂ (= N-S) zuzuordnen.

Ebenso bemerkenswert ist seine, auf die Verformung der Werfener Schiefer bezogene Vermutung (HIESSLEITNER, 1931, S. 72), daß auch nachtriadisch

„... der alpine Druck aus SO gekommen ist und im Paläozoikum entsprechend der alten, nahe N-S-gerichteten Gebirgsstruktur eine Hauptkomponente ebenfalls noch in N-S-Richtung ausgebildet hat, die sich bis in den Werfener Schiefer hinein bemerkbar machte ...“



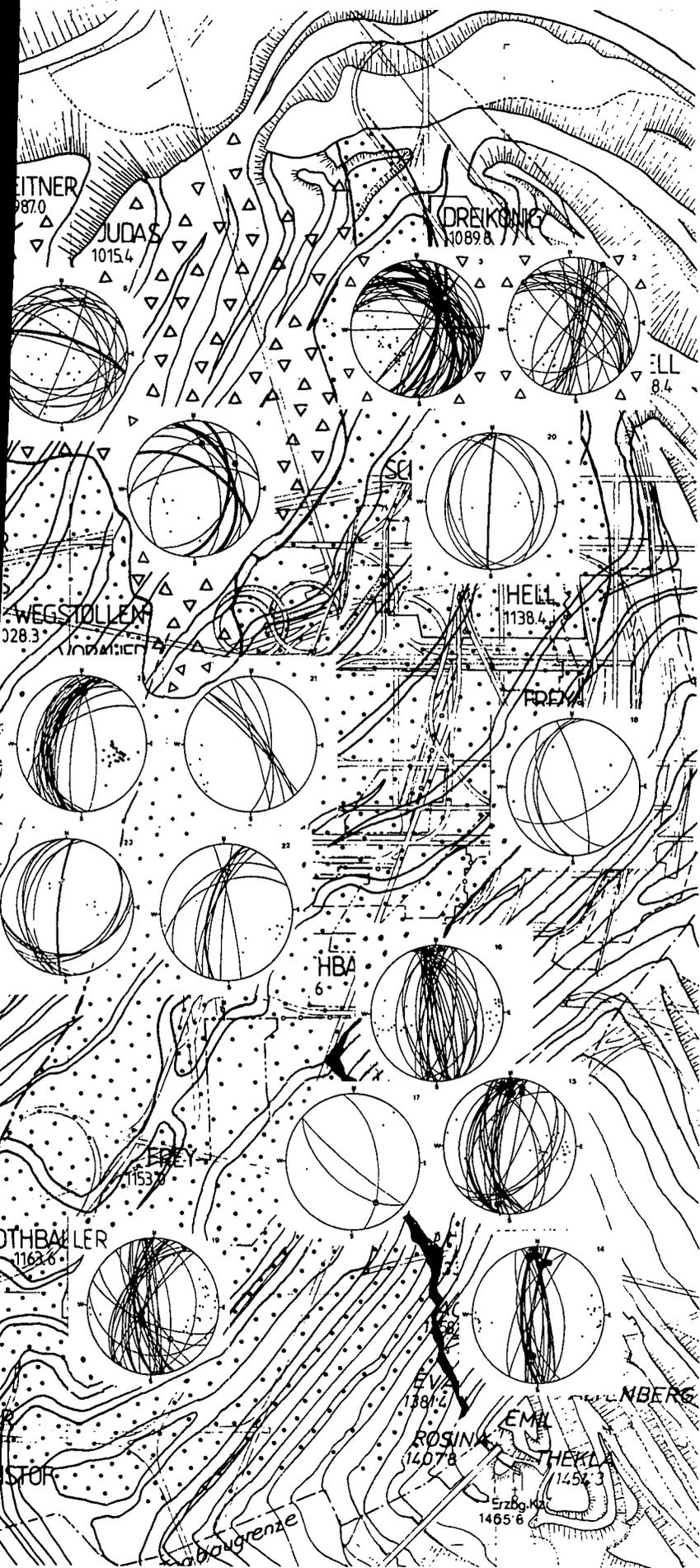


Abb. 7.
Verteilung der s-Diagramme auf die Teilbereiche des Steirischen Erzberges, mit Kennzeichnung der Liegend- und Hangscholle sowie der Bedeckung durch Präbischichten. Grundrißdarstellung.

In diesem Fall handelt es sich nach unserer Deutung um die alpidische Achse B_3 (= NNE-SSW).

Und schließlich ist noch HIESSLEITNER's Erkenntnis eines jüngerer tektonischen Einflusses im Kalk des Zeyritzkampels durch

„... eine S-N gerichtete Bewegung in ausgezeichneter Weise kenntlich ...“ (1931, S. 69-70).

„Es wird eine WNW-OSO gerichtete Schuppenstruktur erzeugt, welche die N-S sich erstreckende ältere Schuppenrichtung überwältigt.“

Diese Deformationen müssen der alpidischen Achse B_4 zugeordnet werden.

Bezüglich der Existenz einer sehr alt angelegten variszischen Achsenrichtung B_1 = W-E (? = WNW-ESE) sei die Auffassung von FRITSCH (1960, S. 229) zitiert, der

„... die Hauptbewegung im Paläozoikum mit O-W-Achse ...“ findet, die aber

„... verglichen mit den alpidischen Bewegungen, recht schwach war ...“

und

„... einem weiten Großfaltenbau mit Flexurfalten ...“ angehört.

Aus der weiteren Umgebung, nämlich im Raume des Palten-Liesingtales, sind durch METZ (1950) in karbonischen kristallinen Schiefen der Veitscher Decke drei Faltenachsenrichtungen festgestellt worden. Die dominierende älteste Achse fällt demnach flach nach NW ein, eine zweite taucht mit 25° bis 35° Neigung in Richtung NNE bis NE ein, wodurch ältere Strukturen überprägt wurden, und eine dritte, damit offenbar interferierende Achse ist N-S gerichtet. Daraus ermittelbare Zusammenhänge mit dem Eisenerzer Gebiet sehen zu wollen, halten wir für zu vage.

Aber im Hinblick des geologischen Kartengrundrisses (SPENGLER, 1926; SCHÖNLAUB, 1981) und der Grundrißskizze von HIESSLEITNER (1929, Abb. 4, S. 228) könnten wegen des schlingenförmigen Verlaufes der Porphyroidplatte Vermutungen über eine steilachsige Falten- und Klufftektonik aufkommen. Wie die Achsenanalyse allerdings zu erkennen gibt, berechtigen die horizontalen oder nur schwach nach N bzw. NNE einfallenden Achsen der Erzbergssynklinale nicht zu dieser Annahme. Aber dennoch wird, im Sinne von HIESSLEITNER (1929, S. 228) der mögliche Einfluß des Untergrundes bei den tangentialen tektonischen Transporten augenscheinlich.

Wenn auch bereits im Zuge der variszischen Tangentialeinengung durch Inhomogenitäten des Untergrundes eine Blockierung und damit unterschiedliches tektonisches Fließen mit Richtungsänderungen der Teilbewegungen für möglich gehalten wird, so dürfte doch als Hauptursache des schlingenförmigen Verlaufes von Gesteinspaketen im geologischen Kartengrundriß offenbar der jüngste NNE-Schub anzusehen sein, welcher die Erzbergmulde zu schwachem N-Fallen dislozierte.

Die statistische Analyse der flächigen und achsialen Formelemente impliziert unter Beachtung der stratigraphischen Kenntnisse bezüglich der Schollenüberschiebung, daß die orogenen variszischen Ereignisse als tektonische Einströmungsgefüge durch Tangentialtransporte, die alpidischen Gebirgsbildungen aber regional im Erzbergbereich hauptsächlich als Amplatztektonik zur Auswirkung kamen. Zweifellos sind aber außerhalb des hier untersuchten Gebietes bedeutende alpidische Tangentialtransporte nachgewiesen.

Allen analysierbaren achsialen Beanspruchungen sind auch klufftektonische Verformungen symmetrisch zuordenbar, wobei jeweils besonders ac-Zerrfuge und h01-Gleitklüfte auffallen. Jüngste Blattverschiebungen in präexistenten Kluffscharen mit Bevorzugung der Bewegungsrichtung gering nach NNE abwärts bilden den Abschluß der tektonischen Beanspruchungen.

Infolge der sich spitzwinkelig überlagernden variszischen und alpidischen tektonischen Baupläne ist eine Aktivierung jeweils älterer Kluffscharen geradezu prädestiniert, wenn sie nur annähernd symmetrisch in den Bewegungsablauf passen.

Allgemein können alle faltenden und zerscherenden Verformungen auf tangentialen Einengungen zurückgeführt werden. Es besteht also kein Grund, wegen einigen Zergleitungen, z.B. am Christof-Hauptverwurf als Abschiebung, von einer Zerrungstektonik zu sprechen.

Die hier nachgewiesenen, sich überlagernden vier tektonischen Formungspläne bedingen in der Statistik eine Interferenz und resultiert daraus eine Beeinträchtigung der Regelungsschärfe. Für die gesonderte Betrachtung der Teilgefüge in der variszisch verformten ordovizischen bis karbonischen Abfolge und in den permischen Präbichlschichten besteht zwar monokline Gefügesymmetrie, durch die Überprägungen aber weist der tektonische Gesamtbau des Erzberges doch eine monokline Großsynklinale mit triklinen Zügen auf.

8. Tektonik und Erzführung

Wir verfolgen im Rahmen dieser tektonischen Gefügeanalyse zwar nicht die Genese der Sideritlagerstätte, aber dem Beispiel zahlreicher Publikationen folgend, wollen wir doch aus dieser Sicht zum Thema Tektonik und Erzführung einige Bemerkungen abgeben.

Was die wirtschaftlich wichtigen Lagererzkörper in den Devonkalken (Kalkmarmoren) betrifft, kann eine kurze und klare Erkenntnis mitgeteilt werden: Die Falten- und Klufftektonik ist nachkristalin. Da aber nur auf die junge, also alpidische Tektonik exakt Bezug genommen werden kann, ist eine Einschränkung der Aussage sinnvoll, wenngleich aber die Erzlager als geologische Körper von allen heute nachweisbaren Verformungen betroffen wurden.

Diese Feststellung gilt sinngemäß auch für die wissenschaftlich aussagekräftigen, aber nur gering ausgedehnten Erzanreicherungen im permischen Transgressionshorizont der Präbichlschichten.

Eine ausführliche Diskussion der Lagerstättengenese ist in den Arbeiten SCHULZ & VAVTAR (1991), HIRZBAUER (1991) und STROMBERGER (1991) enthalten.

Dank

Die Forschungen wurden dankenswerterweise vom FONDS ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTLICHEN FORSCHUNG im Rahmen des Projektes 5595-GEO finanziell unterstützt.

Dem Chefgeologen des Bergbaues Eisenerz, Herrn Dr. Kurt DIEBER, danken wir für die Einführung in die Problematik, für Diskussion und Hilfsbereitschaft bei den Geländeaufnahmen und Planstudien.

Literatur

AMPFERER, O.: Geologische Karte der Gesäuseberge 1 : 25.000. – Geol. B.-A., Wien 1935.

- DORSTEWITZ, U.: Geologische Aufnahme des Grenzbereiches von Paläozoikum (Erzführende Schichten) und Trias (Werfener Schichten) am Steirischen Erzberg mit Kartierung, petrographischer und tektonischer Untersuchung. – Geologische Meldearbeit Clausthal-Zellersfeld, 1961.
- FRITSCH, W.: Eine tektonische Analyse des steirischen Erzberges. – Berg- u. Hüttenm. Mh., **105**, 225–231, Wien 1960.
- HIESLEITNER, G.: Zur Geologie der Umgebung des steirischen Erzberges. – Jb. Geol. B.-A., **79**, 203–240, Wien 1929.
- HIESLEITNER, G.: Zur Geologie der erzführenden Grauwackenzone von Radmer bei Hieflau. – Jb. Geol. B.-A., **81**, 49–80, Wien 1931.
- HIRZBAUER, G.: Petrologie und Geochemie der Gesteins- und Erzabfolge der Sideritlagerstätte Steirischer Erzberg. – Diss. Univ. Innsbruck, Innsbruck 1991.
- JUNG, G.: Radiometrische Altersdatierung und Metamorphoseuntersuchungen der Kalkalpenbasis und der Grauwackenzone in der Radmer und am Steirischen Erzberg. – In: Die frühalpene Geschichte der Ostalpen (Hochschulschwerpunkt S 15). – Jahresbericht 1979, H. 1, 20–27, Montanuniversität Leoben, Leoben 1980.
- KERN, A.: Zur geologischen Neuaufnahme des Steirischen Erzberges, 1925 bis 1926. – Berg- und Hüttenm. Mh., **75**, 23–29, 49–55, Wien 1927.
- KRAINER, K. & STINGL, V.: Alluviale Schuttfächersedimente im Ostalpinen Perm am Beispiel der Präbichlschichten an der Typuslokalität bei Eisenerz/Steiermark (Österreich). – Mitt. österr. Geol. Ges., **78**, 231–249, Wien 1986.
- MÜLLER, L.: Der Felsbau, I: Felsbau über Tage. – 624 S., Stuttgart (Ferdinand Enke-Verlag), 1963.
- REDLICH, K.A.: Die Geologie der innerösterreichischen Eisenerzlagerstätten. – Wien-Berlin (Springer), Düsseldorf (Stahleisen) 1931.
- REDLICH, K.A. & PRECLIK, K.: Zur Tektonik und Lagerstätten-genese des Steirischen Erzberges. – Jb. Geol. B.-A., **80**, 231–260, Wien 1930.
- SANDER, B.: Einführung in die Gefügekunde der geologischen Körper. 1. Teil. – Springer Verlag, Wien 1948.
- SANDER, B.: An Introduction to the Study of Fabrics of Geological Bodies. – Oxford (Pergamon Press), Braunschweig 1970.
- SCHÖNLAUB, H.P.: Die Grauwackenzone in den Eisenerzer Alpen und Palten-Liesingtal. – In: Exkursionführer Nördliche Grauwackenzone (Eisenerzer Alpen), 13-24, Wien (Geol. B.-A.) 1977.
- SCHÖNLAUB, H.P.: Die Nördliche Grauwackenzone. – In: Das Paläozoikum in Österreich, Abh. Geol. B.-A., **33**, 76–79, Wien 1979.
- SCHÖNLAUB, H.P.: Geologische Karte der Eisenerzer Alpen (Grauwackenzone) 1 : 25.000. – Geol. B.-A., Wien 1981.
- SCHÖNLAUB, H.P.: Die Grauwackenzone in den Eisenerzer Alpen (Österreich). – Jb. Geol. B.-A., **124**, H.2, Wien 1982.
- SCHÖNLAUB, H.P., FLAJS, G. & THALMANN, F.: Conodontenstratigraphie am Steirischen Erzberg (Nördliche Grauwackenzone). – Jb. Geol. B.-A., **123**, 169–229, Wien 1980.
- SCHULZ, O. & VAVTAR, F.: Anlagerungs- und Korngefüge als Merkmale für sedimentär-metamorphe Genese der Sideritlagerstätte Steirischer Erzberg. – Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., **13**, 215–231, Wien 1991.
- SPENGLER, E.: Über die Tektonik der Grauwackenzone südlich der Hochschwabgruppe (mit einem petrographischen Beitrag von H.P. CORNELIUS). – Verh. Geol. B.-A., 127–143, Wien 1926.
- SPENGLER, E. & STINY, J.: Geologische Spezialkarte Österreichs 1 : 75.000. Eisenerz, Wildalpe und Aflenz, mit Erläuterungen. – Geol. B.-A., Wien 1926.
- STROMBERGER, A.: Die Erzführung der permischen Transgressionssedimente am Steirischen Erzberg – ihre Bedeutung für die genetische Beurteilung der Sideritlagerstätte. – Diss. Univ. Innsbruck, Innsbruck 1991.
- TOLLMANN, A.: Der Deckenbau der Ostalpen auf Grund der Neuuntersuchung des zentralalpinen Mesozoikums. – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., **10**, 3–62, Wien 1959.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 21. Mai 1990.