

Beiträge zur Geologie der Schweiz

GEOPHYSIK

NR. 38

Publiziert durch die Schweizerische
Geophysikalische Kommission

Ein Organ der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften

**DEFORMATIONSMESSUNGEN MIT DER BOHRLOCH-
SCHLITZSONDE IM JURA UND IM
SCHWEIZERISCHEN MOLASSEBECKEN
MESSKAMPAGNE 1995-1997**

A. BECKER

ISSN 0253-1186

Druckerei am Schanzengraben, CH - 8002 Zürich
2003

Anschrift des Autors:

A. Becker

Institut für Geophysik
ETH-Hönggerberg
CH-8093 Zürich
Schweiz

Vorwort

Tektonische Spannungen in der Lithosphäre sind die Ursache für langfristige Veränderungen der Erdkruste wie zum Beispiel die Gebirgsbildung und für kurzfristige Erscheinungen wie Erdbeben. Trotz ihrer grossen Bedeutung für das Verständnis der aktiven geologischen Prozesse sind jedoch die regionale Spannungsverteilung schlecht und die lokalen in-situ Spannungen kaum bekannt. Die Gründe dafür liegen einerseits in der Komplexität des Spannungsfeldes nahe der Erdoberfläche und andererseits an messtechnischen Schwierigkeiten.

Der vorliegende Bericht mit dem Titel “Deformationsmessungen mit der Bohrloch-Schlitzsonde im Jura und im Schweizerischen Molassebecken” umfasst die Resultate einer mehrjährigen Messkampagne und stellt sie in einen regionaltektonischen Zusammenhang. Die wichtigsten Inhalte der Arbeit liegen allerdings im Bereich der in-situ Spannungsmessungen selbst. Die detaillierten Beschreibungen der Messungen und die Diskussion der Ergebnisse an den einzelnen Beobachtungsstandorten durch den ausgewiesenen Experten A. Becker stellen ein Vermächtnis dar und legen die Fundamente für eine mögliche zukünftige methodische Entwicklung.

Die Schweizerische Geophysikalische Kommission dankt dem Autor A. Becker aufrichtig für sein langjähriges Engagement in der Frage der Bestimmung des tektonischen Spannungsfeldes in der Schweiz und der näheren Umgebung und im speziellen für die vorliegende zusammenfassende Arbeit. Der Bericht profitierte von der kritischen und sorgfältigen Durchsicht des Manuskriptes durch Dr. P. Blümling und Prof. J. Ansorge. Ihnen sei an dieser Stelle herzlich gedankt. Für die grosszügige finanzielle Unterstützung bei der Publikation dieser Arbeit als 38. Beitrag zur Geologie der Schweiz, Serie Geophysik bedanken wir uns bei der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften.

Im Namen der Schweizerischen Geophysikalischen Kommission

August 2003

Prof. Eduard Kissling
Präsident

Zusammenfassung

Zur Bestimmung des *in situ*-Spannungsfeldes im Jura und im Schweizerischen Mittelland wurden Messungen mit der Bohrloch-Schlitzsonde an 33 Lokationen durchgeführt. Die vorliegende Arbeit ist eine Zusammenstellung der Ergebnisse dieser Untersuchungen. Sie enthält Angaben zur geographischen Lage, Geologie und topographischen Situation der Messorte, zur Tiefe der Messbohrlöcher und Anzahl der Einzelmessungen, zu den Tiefenbereichen, in denen gemessen wurde, zu den abgeleiteten Spannungen sowie zur Bestimmung der elastischen Parameter. Gemessen wurde bis maximal 17 m Tiefe in vertikalen Bohrlochern mit einem Durchmesser von 101 mm. Bestimmt wurden die horizontalen Hauptspannungen (S_H , S_h), die in einer Ebene senkrecht zur Bohrlochachse wirken. Zusammen mit bereits veröffentlichten älteren *in situ*-Spannungsdaten liefern die Bohrloch-Schlitzsonde-Messungen in weiten Bereichen des zentralen, südwestlichen und nördlichen Juras ein Azimut für die grösste horizontale Hauptspannung (S_H), das i.A. zwischen NNW-SSE und NE-SW sowie im südöstlichen, nordwestlichen und östlichen Jura i.A. zwischen E-W und NW-SE liegt.

Résumé

Afin de déterminer le champ de contraintes *in situ* régnant dans le Jura et sur le plateau suisse, des mesures en forage ont été réalisées selon la technique du « borehole slotter » en 33 sites. Le présent rapport est une compilation des résultats. Il comprend la présentation des cadres géographiques, géologiques et topographiques des sites de mesure, la profondeur des forages, le nombre de mesures individuelles, les intervalles de profondeur entre des mesures consécutives, les résultats, ainsi que le calcul des paramètres élastiques. Ces mesures ont été poursuivies jusqu'à la profondeur maximale de 17 m dans des forages verticaux d'un diamètre de 101 mm. Le calcul a porté sur les contraintes horizontales maximales (S_H , S_h) qui s'exercent dans le plan perpendiculaire à l'axe du forage. En accord avec des données *in situ* précédemment publiées, les données « borehole slotter » indiquent une direction générale de la contrainte horizontale maximale (S_H) autour de NNW-SSE et NE-SW pour de vastes régions situées dans le centre, le sud-ouest et le nord du Jura ainsi qu'une direction générale comprise entre E-W et NW-SE dans les régions sud-est, nord-ouest et est du Jura.

Abstract

Borehole slotter measurements were carried out in 33 test sites to determine the *in situ* stress field in the Jura Mountains and the Swiss Plateau. This publication is a compilation of the results. It contains information about the geographical setting, geology and topographical situation of the test sites, the depth of the boreholes, the number of individual measurements, the depth intervals where the measurements were carried out, the results and the determination of the elastic parameters. The measurements were carried out down to a maximum depth of 17 m in vertical boreholes with a diameter of 101 mm. The principal horizontal stresses (S_H , S_h) were determined, which act in a level perpendicular to the borehole axis. Together with previously published *in situ* stress data, the borehole slotter data indicate a general azimuthal orientation for the maximum horizontal stress (S_H) between NNW-SSE and

NE-SW for large areas in the central, southwestern and northern Jura Mountains and an azimuthal orientation between E-W and NW-SE in the southeastern, northwestern and eastern Jura Mountains.

Danksagung

Dieses Projekt wurde durch die *Deutsche Forschungsgemeinschaft* im Rahmen eines Heisenberg-Stipendiums und den *Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung* gefördert. Es profitierte wesentlich durch die Unterstützung und das Interesse von Prof. Dr. Stephan Mueller und Prof. Dr. Emile Klingelé (ETH Zürich). Herrn Prof. Dr. Günter Heise, twk Leipzig, danke ich ganz besonders für die kostenlose Bereitstellung der Schlitzsonde-Messausrüstung und Herrn Prof. Dr. Helmut Bock (Bad Bentheim) für die Einführung in die Schlitzsonde-Messtechnik sowie, zusammen mit Prof. Dr. Jörg Ansorge und Dr. Peter Blümling, für die kritische Durchsicht einer ersten Textfassung. Die Bohrarbeiten wurden von der Firma GEOMECHANIK, Woringen (D), ausgeführt.

1.	Einleitung	1
2.	Die Bohrloch-Schlitzsonde	2
2.1	Vorgeschichte	2
2.2	Messgeber und Messapparatur	3
2.3	Messprinzip	5
2.4	Auswertung der Messresultate	7
3.	Bestimmung der elastischen Parameter	11
4.	Ergebnisse der Bohrloch-Schlitzsonde-Messungen	12
4.1	Seewen	12
4.2	Courchavon	13
4.3	Liesberg	14
4.4	Le Sentier	14
4.5	Vauffelin	15
4.6	La Chaux-de-Fonds	15
4.7	Olten	16
4.8	Le Bémont	16
4.9	Charmoille	16
4.10	Brislach	17
4.11	Villarod	17
4.12	Solothurn	18
4.13	Cornaux	18
4.14	La Chaux-du-Milieu	19
4.15	Courrendlin	19
4.16	Sancey-le-Long	19
4.17	Maîche	20
4.18	Valdahon	20
4.19	Samson	20
4.20	Sombacour	21
4.21	Mérey-sous-Montrond	21
4.22	Bief-des-Maisons	21
4.23	Véria	22
4.24	Villette	22
4.25	Linn	22
4.26	Marchaux	22
4.27	Meussia	23
4.28	Lamoura	24
4.29	Hauteville	24
4.30	Cordon	24
4.31	Culoz	25
4.32	Villebois	25
4.33	Crançot	25
5.	Bewertung der Messergebnisse	26
6.	Schriftenverzeichnis	32
Anhang A: Last-Deformations-Diagramme		34
Anhang B: Tabelle der elastischen Parameter		47
Anhang C: Datentabelle der Bohrloch-Schlitzsonde-Messungen		50
Anhang D: Bohrprofile und Spannungs-Tiefen-Diagramme		92
Anhang E: Spannungs-Azimet-Diagramme		110
Anhang F: Topographie und Lage der Messlokationen		115

1. Einleitung

Die tektonischen Spannungen in der Erdkruste sind Ausdruck der Entstehung, der Bewegung und des Vergehens lithosphärischer Platten. Sie geben Einblick in die Ursachen plattentektonischer Prozesse, deren Auswirkungen sich im tektonischen Spannungsfeld manifestieren. In die Geodynamik fanden daher schon bald nach Aufstellung der „Plattentektonik-Hypothese“ verschiedene *in situ*-Messverfahren aus dem Bergbau und der Erdölindustrie sowie Methoden aus der Erdbebenseismologie Eingang, mit deren Hilfe tektonische Spannungsfelder in der Erdkruste kartiert werden konnten. In Europa entstanden vor allem in den 1970er Jahren mehrere Arbeitsgruppen in Italien, Frankreich, Österreich, Deutschland und Schweden, die die Erforschung des rezenten tektonischen Spannungsfeldes mit *in situ*-Spannungsmessverfahren vorantrieben. Auch die ersten publizierten *in situ*-Spannungsdaten aus der Schweiz stammen aus dieser Zeit, die Ergebnisse der Messungen aus dem Sonnenberg-Tunnel bei Luzern (Gysel 1975) sowie dem Grimsel-Stollen (Greiner & Illies 1977) zusammenfassen. Einen Aufschwung nahm die Erforschung des rezenten tektonischen Spannungsfeldes in der Schweiz in den 1980er Jahren durch zwei Projekte im Gebiet des nördlichen Jura, die sich mit der Spannungsumlagerung am SE-Ende des Oberrheingrabens sowie dem Spannungsfeld im kristallinen Grundgebirge befassten. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen wurden ausführlich publiziert (Baumann & Becker 1986, Becker *et al.* 1984, Becker 1986, Becker *et al.* 1987, Becker 1989, Blümling 1986, Müller *et al.* 1987) und, der „Fernschub-Hypothese“ der Jurafaltung entsprechend, als Ausdruck einer andauernden tektonischen Abscherung des Faltenjura über dem kristallinen Grundgebirge interpretiert. Testmessungen zur Erprobung neuer Messverfahren erfolgten in den 1980er Jahren mit der BGR-Sonde (BGR: Bundesanstalt für Gewissenschaften und Rohstoffe) im Grimsel-Versuchsstollen (Pahl & Heusermann 1986, Pahl *et al.* 1989) sowie in den frühen 1990er Jahren in mehreren Lokalisationen der Nordschweiz mit der Bohrloch-Schlitzsonde (Becker & Werner 1994, 1995). Zusammenfassungen der veröffentlichten tektonischen Spannungsdaten aus der Schweiz bis 1990 sowie aus dem Gebiet des Jura vor 1995 finden sich in Becker & Paladini (1990) und Becker & Werner (1995a). Die laufend aktualisierte Datenbank der World Stress Map enthält alle Daten für die Schweiz (www.world-stress-map.org), auch die, die im Rahmen des hier im Detail beschriebenen Projektes bereits publiziert wurden (Becker 1999, 2000, 2000a) sowie weiterer Projekte, die im Zusammenhang mit der Errichtung eines Endlagers für radioaktive Abfallstoffe in der Innerschweiz stehen (Glawe & Blümling 1997). Unpublizierte Daten, zumeist Berichte von Ingenieurbüros an ihre Auftraggeber, werden für das Gebiet der Schweiz beim Bundesamt für Wasser und Geologie, Geologische Informationsstelle, Bern (www.bwg.admin.ch), gesammelt und können dort eingesehen werden.

Die vorliegenden Ergebnisse wurden im Rahmen eines Untersuchungsprogrammes gewonnen, das zum Ziel hatte, anhand von *in situ*-Spannungsmessungen im gesamten Jura die vor allem aus den Beobachtungen aus dem nördlichen Jura in den 1980er Jahren entwickelte Hypothese einer heute noch andauernden Juraabscherung weiter zu belegen. Messtechnisch war dieses Ziel mit Hilfe der Bohrloch-Schlitzsonde in einem vertretbaren zeitlichen und finanziellen Rahmen erreichbar. Die Messungen wurden zwischen 1995 – 1997 am Institut für Geophysik der ETH Zürich im Rahmen des vom Schweizerischen Nationalfonds geförderten Projektes „*Determination of the contemporary state of stress in the Jura Mountains and the Molasse Basin by*

borehole slotter tests“ durchgeführt. Die vorliegende Arbeit ist eine Zusammenstellung der Ergebnisse dieser Bohrloch-Schlitzsonde-Messungen.

2. Die Bohrloch-Schlitzsonde

2.1 Vorgeschichte

Das Druckkissen ist die älteste Apparatur, mit der Gebirgsdrücke direkt gemessen werden können, allerdings nur an einer frei zugänglichen Felsoberfläche und somit in geringer Tiefe. Eine weitere Methode zur direkten Spannungsmessung ist das Hydraulic Fracturing-Verfahren (Hubbert & Willis 1957, Fairhurst 1964). Sie wurde in der Ölindustrie entwickelt und kommt daher vorzugsweise in tiefen Erdölbohrungen zum Einsatz. Im Untertagebau wurde mit den so genannten Überbohrverfahren ein anderer Weg eingeschlagen. Das erste leistungsfähige Verfahren dieser Art war die Hast-Methode, bei der mit zuvor im Labor kalibrierten elektromagnetischen Messzellen Spannungen in verschiedenen Richtungen in der Umgebung eines Bohrloches gemessen werden können (Hast 1958). Mit dieser Methode war es erstmalig möglich, Spannungen im Gebirge ausserhalb der unmittelbaren Einflusszone eines Hohlraumes zu bestimmen. Aber erst die Einführung leistungsfähiger Dehnungsmessstreifen (DMS) führte im Bergbau zur Entwicklung einer Vielzahl neuer Messverfahren nach der Methode der Spannungsentlastung (Leeman 1964). Die DMS wurden zu Rosetten arrangiert, so dass relative Längenänderungen in verschiedenen Richtungen gemessen werden konnten. Daraus kann der ebene (2D) oder – unter Verwendung mehrerer DMS-Rosetten in einem homogenen Gesteinsbereich – der dreidimensionale (3D) Spannungszustand berechnet werden. Um mit DMS-Rosetten auf der Bohrlochwand die axialen und tangentialen Deformationskomponenten ermitteln zu können, ist ein fester Kontakt zwischen DMS und Bohrlochwand erforderlich. Das wird i.A. durch unterschiedliche Zemente erreicht. Allerdings müssen die Zemente zumeist höchst widersprüchliche Anforderungen erfüllen: sie sollten der Gebirgsdeformation keinen Widerstand entgegenbringen, sie sollten mechanische Eigenschaften aufweisen, die denen des Felses nahe kommen und die Deformationen direkt auf die DMS übertragen können, ausserdem sollte der Zement möglichst rasch abbinden, um eine grosse Anzahl von Messungen in kurzer Zeit zu ermöglichen. Es wurden unterschiedliche Lösungen gefunden, das Zeitproblem blieb aber bestehen. Die Abbindezeit zur Aushärtung des Zementes liegt zwischen 1 und 12 h. Versuche, auf den Zement völlig zu verzichten und über Reibungskopplung die DMS-Rosetten direkt auf den Fels zu drücken, waren nicht besonders erfolgreich, da entweder die Messzelle beim Überbohren verrutschte oder die DMS durch Sandkörner, die der Bohrlochwand anhafteten, zerstört wurden. Man ging daher dazu über, diametrale Änderungen des Bohrlochdurchmessers mit DMS oder induktiven Wegaufnehmern zu messen (Hooker & Bickel 1974, Pahl & Heusermann 1986). Ein Zement zur Fixierung des Messgebers war dafür nicht erforderlich. Hinzu kam der Vorteil, dass diese Messsonde nach jeder Messung wiedergewonnen werden konnte. Mit diesen Verfahren lässt sich ohne Schwierigkeiten der 2D-Spannungszustand berechnen, der senkrecht zur Bohrlochachse wirkt. Der vollständige 3D-Spannungstensor lässt sich aber nur durch Messungen in einem Bohrloch nicht bestimmen. Nachteilig ist bei allen „klassischen“ Entlastungsverfahren, dass sie Überbohrverfahren sind: die Messzelle wird in ein Bohrloch eingebracht und fixiert, und anschliessend wird das gesamte Bohrloch mit innensitzender Messzelle überbohrt. Durch das Überbohren

wird ein Teil des Felses aus dem umgebenden Spannungsfeld freigeschnitten, so dass der freigelegte Fels mit innensitzender Messsonde sich proportional zu den ursprünglich wirkenden äusseren Drücken entspannen kann. Der eigentliche Messvorgang kann somit nicht von den Bohrarbeiten getrennt werden. Abgesehen davon, dass das Verfahren zeit- und kostenintensiv ist, verursacht es auch eine Vielzahl technischer Probleme, auf die hier aber nicht eingegangen werden soll. Dem Wunsch mehrerer Felsmechanikergenerationen, ein Messsystem in die Hand zu bekommen, das wiedergewinnbar ist und letztendlich die Bestimmung des 3D-Spannungszustandes in einem bestehenden Bohrloch erlaubt, kam die Arbeitsgruppe um Helmut Bock an der James Cook Universität, Townsville, Australien, mit der Entwicklung der 2D-Bohrloch-Schlitzsonde in den frühen 1980er Jahren ein gutes Stück näher (Bock 1993, Bock & Foruria 1983, Azzam & Bock 1987). Heute, mit der Entwicklung der 3D-Bohrloch-Schlitzsonde (Corthésy *et al.* 1999), kann das technische Problem der Bestimmung des 3-dimensionalen Spannungszustandes in einem bestehenden Bohrloch mit einer wiederverwendbaren Messapparatur als gelöst gelten. Mit der Bohrloch-Schlitzsonde steht somit ein hoch effizientes Messverfahren zur Verfügung, das eine Bestimmungen von Gebirgsspannungen mit geringem zeitlichem und finanziellem Aufwand erlaubt.

2.2 Messgeber und Messapparatur

Das wichtigste Element der Bohrloch-Schlitzsonde ist der Messgeber (Abb. 1). Zwei Wolframcarbid-Hartmetallnadeln definieren den Basisabstand, über den die Längenänderung zwischen zwei Punkten auf der Bohrlochwand gemessen wird. Die Basislänge beträgt ca. 6 mm. Die Längenänderung bewirkt über ein schlupfloses Gelenk eine Krümmungsänderung des Federstahls, der zwischen den beiden Schenkeln des Messgebers eingespannt ist. Die aus der Krümmungsänderung resultierenden Deformationen an der Ober- und Unterseite des Federstahls können mit vier DMS über Längenänderungen der Messdrähte und damit verbundener elektrischer Widerstandsänderungen in einer so genannten Vollbrückenschaltung gemessen werden. Diese Anordnung der DMS ermöglicht zusätzlich eine messtechnische Kompensation der thermoelastischen Deformation, die sich aus der Änderung der Lufttemperatur im Bohrloch ergibt. An der Basis des Messgebers befindet sich die Lastverteilungsplatte. Sie hat zwei Funktionen: einerseits die Last, die auf den hydraulisch gegen die Bohrlochwand gepressten Messgeber wirkt, gleichmässig zu verteilen, andererseits über ein Gelenk die Verbindung mit der restlichen Bohrloch-Schlitzsonde herzustellen. Die Genauigkeit des Messgeber-Ausgabesignales liegt bei ca. 1 $\mu\text{m/m}$.

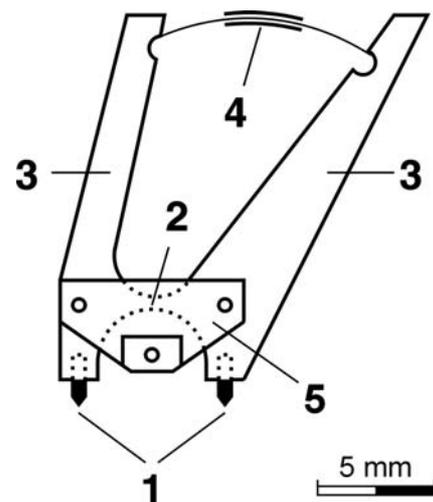


Abb. 1 Elemente des Schlitzsonde-Messgebers: (1) Hartmetall-Nadeln, (2) schlupfloses Gelenk, (3) Schenkel, (4) Federstahl mit vier DMS, (5) Lastverteilungsplatte.

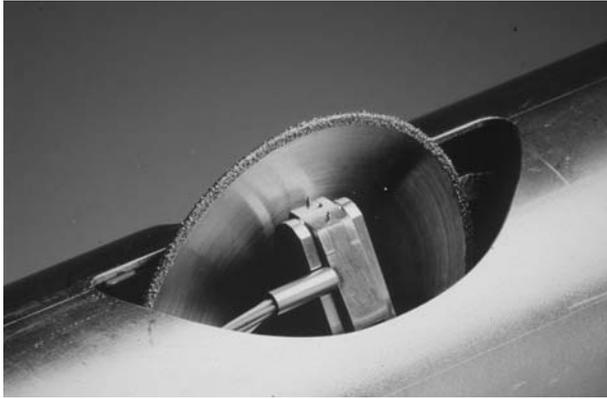


Abb. 2 Messgeber unmittelbar neben der diamantbesetzten Trennscheibe (Foto: H. Bock).

gewährleisten. Die erzeugten Schlitze sind maximal 18 mm tief und 72 mm lang. Die Trennscheibe kann für Luft- und Wasserkühlung ausgelegt sein. Da durch Wasserkühlung eine Erwärmung des Gesteins wesentlich effizienter reduziert und dadurch auch die Messzeit klein gehalten werden kann, wurde während der Messkampagne nur mit Wasserkühlung gearbeitet. Mit zwei Klemmbolzen an ihrem oberen und unteren Ende wird die Schlitzsonde im Bohrloch fixiert (Abb. 3). Alle beweglichen Elemente der Schlitzsonde, also Klemmbolzen, Messgeber und Trennscheibe, werden nacheinander hydraulisch aus dem Gehäuse der Schlitzsonde ausgefahren, gegen die Bohrlochwand gedrückt und für die Dauer des Mess- und Sägevorganges in Position gehalten. Die im Rahmen der hier vorliegenden Arbeit benutzte 2D-Bohrloch-Schlitzsonde ist für Bohrlochdurchmesser von 95-103 mm ausgelegt. Die Bohrloch-Schlitzsonde wird mit einer Seilwinde in das vertikale Messbohrloch abgelassen und in der vorgesehenen Messtiefe mit dem Setzgestänge orientiert. Nachdem die Schlitzsonde mit den Klemmbolzen im Bohrloch fixiert ist, wird ihre Orientierung am Setzgestänge mit dem Kompass eingemessen.

Ausserhalb des Bohrloches befinden sich das hydropneumatische Steuerpult, der Drucktopf sowie die elektrische Kontroll- und Anzeigevorrichtung (Abb. 4), die über Schläuche und Kabel mit der Bohrloch-Schlitzsonde verbunden sind. Mit dem Steuerpult werden alle hydraulischen und pneumatischen Werkzeuge der Schlitzsonde kontrolliert. Der Andruck für die Klemmbolzen wird über das linke Manometer abgelesen (Abb. 4). Der Druck im hydraulischen Steuerungssystem sollte bei

In der Bohrloch-Schlitzsonde befindet sich der Messgeber unmittelbar neben einer diamantbesetzten Trennscheibe, mit der die Bohrlochwand geschlitzt wird (Abb. 2). Die Trennscheibe hat einen Durchmesser von 90 mm und eine Dicke von 0.7-1.0 mm und wird von einer luftbetriebenen Turbine (0.6 MPa, 1.3 m³/min) angetrieben, mit deren Hilfe eine Drehzahl von 12000 Umdrehungen/min erzielt werden kann. Diese hohe Drehzahl ist erforderlich, um auch in sehr hartem Gestein ein kontinuierliches Schneiden mit der Trennscheibe zu

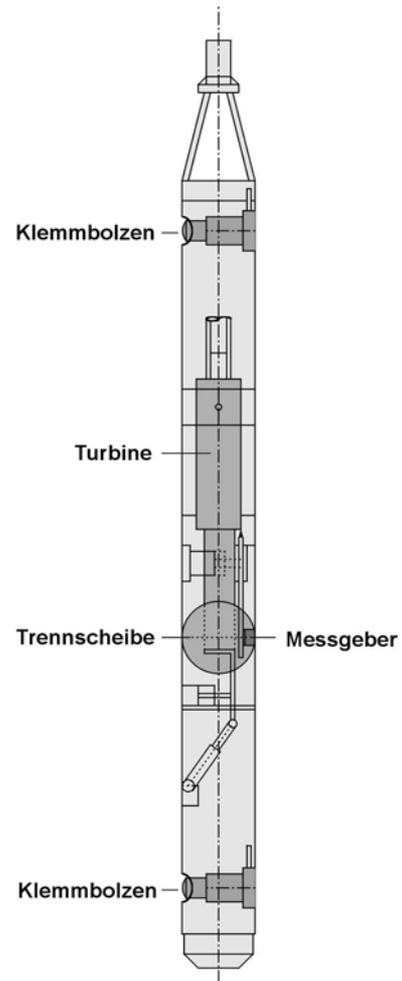


Abb. 3 Schnitt durch die Bohrloch-Schlitzsonde, Gesamtlänge 1.50 m.

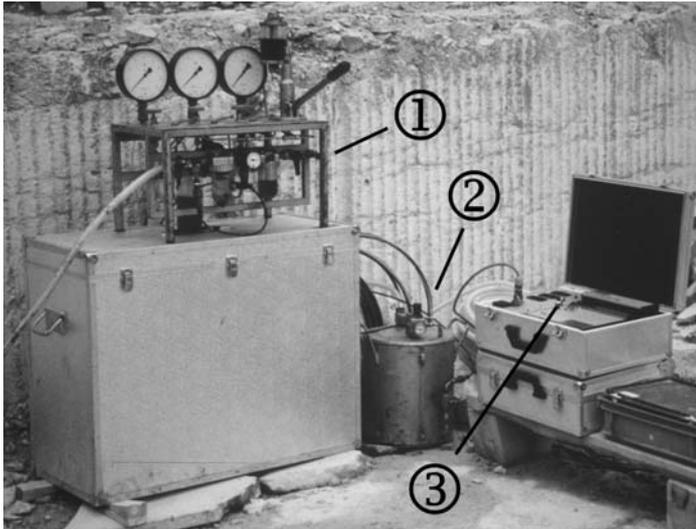


Abb. 4 Mess- und Steuereinrichtung der Bohrloch-Schlitzsonde: (1) hydropneumatisches Steuerpult, (2) Drucktopf, (3) elektrische Kontroll- und Anzeigevorrichtung.

abscheider, das Manometer mit Handrad zur Einstellung des Luftdrucks (i.A. 0.55 MPa) und der Öler zur Schmierung der Turbine. Der Drucktopf (Abb. 4) ist der Kühlwasser-Vorratsbehälter für die Trennscheibe. Der Füllstand des Druckbehälters kann über die Füllstandsanzeige abgelesen werden. Der Druck im Druckbehälter liegt bei ungefähr 0.15-0.2 MPa. Die elektrische Kontroll- und Anzeigevorrichtung (Abb. 5) gibt auf der linken Seite mit Hilfe von drei LCD-Anzeigen Informationen zur Schlitzorientierung (nur für horizontale Bohrlöcher geeignet), zur Schnitttiefe der Trennscheibe sowie zum Dehnungswert. Auf der rechten Seite befindet sich der Analogschreiber, mit dem das Messsignal (in mV) auf einen Papierstreifen aufgezeichnet wird.

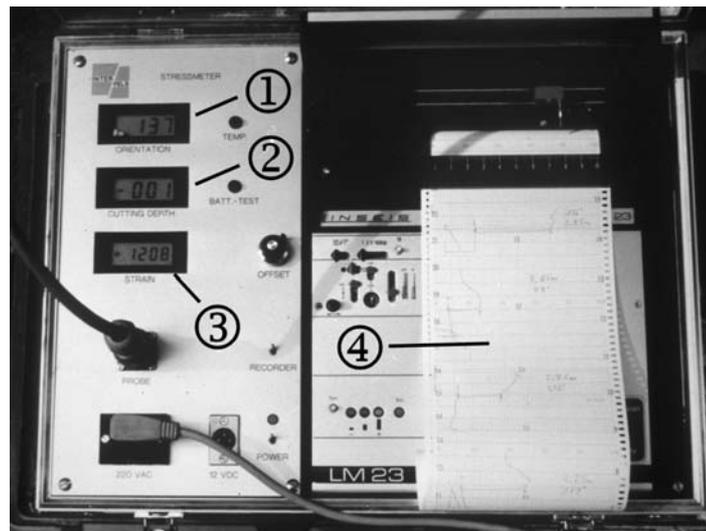


Abb. 5 Elektrische Kontroll- und Anzeigevorrichtung mit (1) Orientierungs-, (2) Schnitttiefen-, (3) Deformationsanzeige, (4) Analogschreiber.

2.3 Messprinzip

Die sechs Arbeitsschritte zur Durchführung einer Schlitzsonde-Messung zeigt die Abb. 6. In der Aufsicht dargestellt sind das Bohrloch und, als die beiden wichtigsten Elemente der Bohrloch-Schlitzsonde, der Messgeber und die Trennscheibe. Zunächst wird die Bohrloch-Schlitzsonde bis zur vorgesehenen Messtiefe ins Bohrloch

ungefähr 2 MPa liegen, um die Schlitzsonde fest im Bohrloch zu verankern. In der Mitte befindet sich das Manometer für den Messgeberdruck. Hier sollte der Anzeigewert zwischen 1.0 und maximal 1.15 MPa liegen. Schliesslich befindet sich rechts das Manometer für die Sägedruckanzeige. Ganz rechts ist die Handpumpe, mit der die verschiedenen Hydrauliksysteme angesteuert werden können, sowie der Hydrauliköl-Vorratsbehälter. Schliesslich befinden sich im unteren Teil des Steuerpults die Kontrolleinrichtungen für die Turbine: der Wasser-

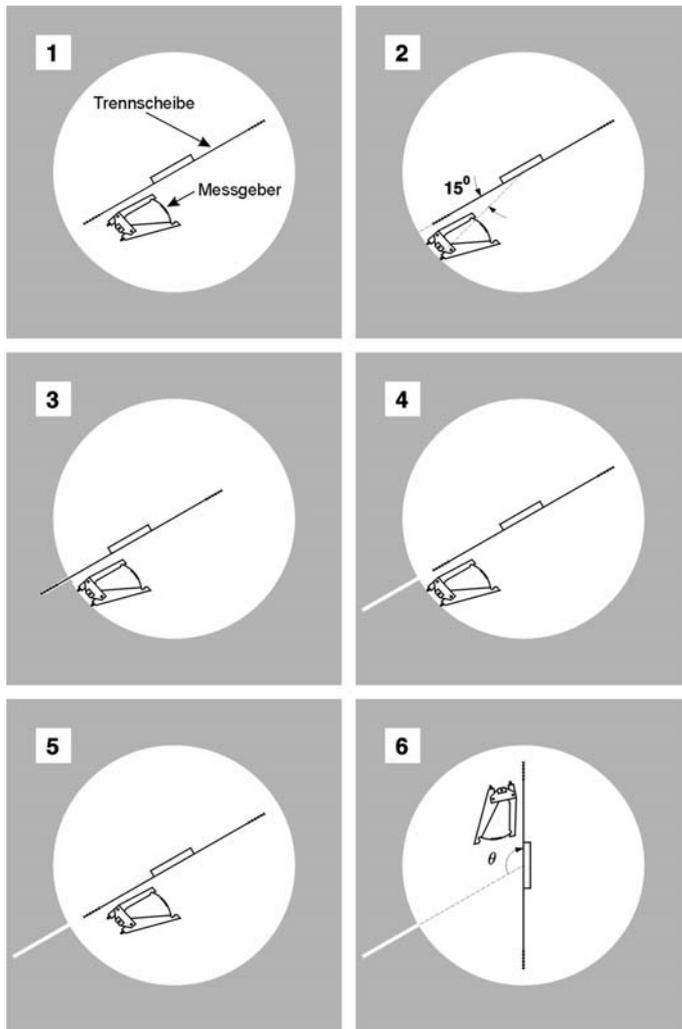


Abb. 6 Arbeitsschritte für eine Schlitzsonde-Messung. Schematisch dargestellt sind das Bohrloch in der Aufsicht mit den beiden wichtigsten Elementen der Bohrloch-Schlitzsonde, dem Messgeber und der Trennscheibe. Arbeitsschritte 1 bis 6 werden im Text erklärt.

Der Schlitz wird gesägt, gleichzeitig wird der Messwert registriert (3). Die Änderung des Messsignal wird ab einer Schnitttiefe von 8-10 mm deutlich geringer und ab etwa 12 mm tritt keine signifikante Signaländerung mehr auf. Der Sägevorgang kann bei einer Schnitttiefe von 15 mm beendet und die Trennscheibe aus dem Schlitz zurückgezogen werden (4). Sobald sich nach dem Sägevorgang wieder ein stabiles Messsignal eingestellt hat, wird die Kühlwasserzufuhr unterbrochen und der Messgeber von der Bohrlochwand genommen (5). Schliesslich werden auch die Klemmbolzen gelöst und die Bohrloch-Schlitzsonde für eine weitere Messung neu orientiert (6). In einer Messtiefe wird versucht, wenigstens drei Schlitze in unterschiedlichen, nicht parallelen Richtungen zu sägen, beispielsweise mit Schlitzwinkeln von 0-120-240° oder 60-180-300°. Nur dann ist es möglich, aus den drei Messwerten in einer Schnittebene, die senkrecht zur langen Bohrlochachse (z-Achse) wirkenden, ebenen Hauptspannungen (S_H , S_h) zu berechnen. Der geringst

abgelassen, orientiert und mit Hilfe der Klemmbolzen fixiert (1). Die Trennscheibe wird auf volle Umdrehungszahl hochgefahren und die Kühlwasserzufuhr geöffnet. Dadurch werden der Messsensor und die Bohrlochwand gleichmässig benetzt und eine Temperaturanpassung erzielt. Der Messgeber wird gegen die Bohrlochwand gedrückt (2). Stellt sich innerhalb von 2-3 min kein stabiler Messwert ein, wird der Messgeber wieder von der Bohrlochwand gelöst und erneut angedrückt. Lässt sich auch nach mehreren Versuchen kein stabiles Messsignal erzielen, dann werden der Messgeber von der Bohrlochwand genommen, die Klemmbolzen gelöst und die gesamte Schlitzsonde neu orientiert. Nach erfolgreicher Platzierung des Messgebers befindet er sich innerhalb eines Bogensegmentes, das, vom Zentrum des Bohrloches aus gemessen, einen Winkel kleiner als 15° mit der Trennscheibenorientierung einschliesst (Foruria 1987). Nur innerhalb dieses Bereichs wird die Tangentialspannungskomponente durch den Sägeschlitz praktisch vollständig abgebaut.

mögliche Abstand zwischen zwei Messebenen liegt bei 10 cm. Um in diesem Fall eine Beeinflussung der beiden Messebenen auszuschließen, empfiehlt es sich, die Schlitzorientierungen in den beiden Ebenen um 60° gegeneinander zu verdrehen.

Die Bohrloch-Schlitzsonde kann nur im Fels oberhalb des Grundwasserspiegels eingesetzt werden. Unter Wasser würde die Verwirbelung des Wassers in der Umgebung der Trennscheibe zu einer starken Störung und damit zu einem unbrauchbarem Messsignal führen. An die Bohrlochwand werden nur wenige Anforderungen gestellt. Sie muss vor allem glatt und sauber sein, aber nicht trocken. Eine wellige Bohrlochwand oder Bereiche mit Hohlräumen in der Bohrlochwand sind schon allein deshalb zu meiden, weil der Messgeber zu Beginn des Schlitzens verrutschen kann oder das Messsignal anfängt, stark zu schwanken. Der Fels sollte vor allem nicht quellen, hart sein und eine Körnung haben, die möglichst kleiner ist als ein Fünftel der Messgitterlänge (ungefähr 1.2 mm). Ton-, Mergel- oder Sandsteine mit tonigem Bindemittel sind vor allem aufgrund ihrer Quellfähigkeit zu meiden, da sich in diesen Fällen die zeitabhängige Änderung des Messsignals nicht eindeutig der Deformation zuordnen lässt, die sich aus der Entlastung vom umgebenden Gebirgsdruck ergibt.

2.4 Auswertung der Messresultate

Die Auswertung der Messresultate mit dem Ziel, die senkrecht zur vertikalen Bohrlochachse wirkenden ebenen Hauptspannungen (S_H , S_h) zu berechnen, basiert auf der Annahme linear-elastischen, homogenen und isotropen Materials. Diese Annahme wird von Fels nur näherungsweise erfüllt, am besten wohl von monomineralischen, massigen, feinkörnigen und harten Gesteinen. Um die Auswertetheorie anwenden zu können, muss zumindest gewährleistet sein, dass die Materialanforderungen bezogen auf die Messgitterlänge erfüllt sind. Da die Messgitterlänge beim Schlitzsondeverfahren durch den Abstand der Hartmetallnadeln an der Basis des Messgebers definiert ist, können bereits sehr kleine Inhomogenitäten im Gestein zu signifikanten Abweichungen von den Annahmen der Auswertetheorie führen. Schon ein grobporiges Gestein, kleine Hohlräume wie z.B.

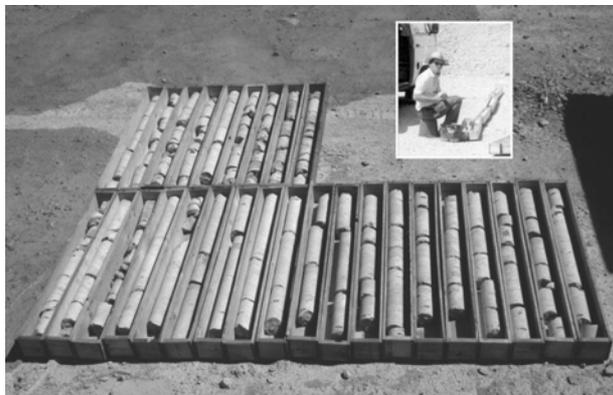


Abb. 7 Bohrkerne aus La Chaux-de-Fonds in 1-m-Kernkisten und Kernaufnahme vor Ort.

Drusen, Risse oder – in Kalkstein relativ weit verbreitet – Stylolithensäume, selbst eine zu grobe Körnung des Gesteins können zu lokalen Spannungsumlagerungen und -konzentrationen führen und damit die vom Rechenmodell geforderte Homogenität des Spannungszustandes verletzen. Lokale Änderungen des Spannungszustandes, die im Rechenmodell nicht vorgesehen sind, führen somit zu fehlerhaften Bewertungen der Messresultate. Konsequenterweise wurde bereits während der Bohrarbeiten durch eine sorgfältige Bohrkernanalyse dafür gesorgt, dass nur möglichst homogene Gesteinspartien fern von lokalen Gesteins-Inhomogenitäten für die Schlitzsonde-Messungen ausgewählt und die betreffenden Bohrlochabschnitte möglichst genau

festgelegt wurden (Abb. 7). Darüber hinaus wurden für die Berechnung der Spannungen immer nur räumlich nahe beieinander liegende Messwerte genommen, d.h. möglichst nur die drei Werte aus einer Messtiefe. Nur in Ausnahmefällen wurde auch auf benachbarte Resultate zurückgegriffen, beispielsweise wenn eine der drei Messungen aus einer Messtiefe kein Ergebnis lieferte. Falls Ergebnisse aus mehreren Messtiefen zusammengefasst wurden, dann i.A. nur über einen maximal 40 cm langen Bohrlochabschnitt. Zuvor wurde immer auf die geologischen Verhältnisse geachtet, vor allem auf mögliche Bankungsfugen, Klüfte und Änderungen in der Lithologie zwischen den Messprofilen. Über solche Diskontinuitäten hinweg wurden Messdaten nicht für die Auswertung zusammengefasst.

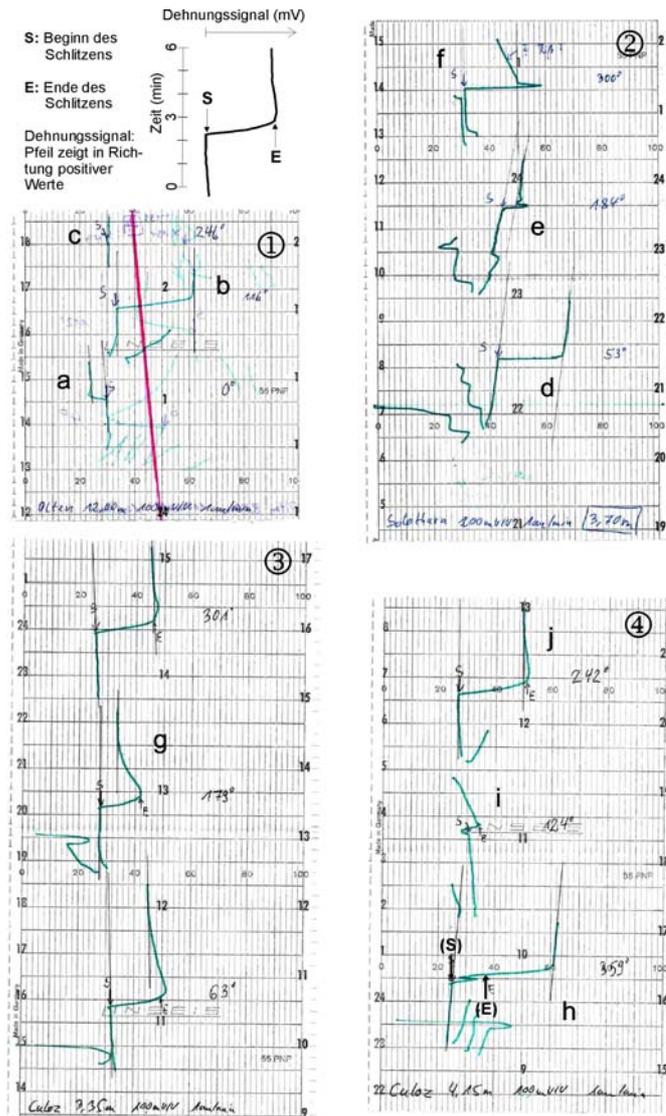


Abb. 8 Beispiele für Analogaufzeichnungen aus Olten (1), Solothurn (2) und Culoz (3, 4). (a) schwaches negatives Signal infolge Messung in der Zugspannungszone des Bohrloches, (b) deutliches positives Signal, (c) Signal ist gleich null, (d) Messsignal mit leichter Drift vor und nach der Messung, (e) leichte Drift vor dem Sägen, danach annähernd stabil, (f) Abfall des Messsignals nach einer kurzen Stabilisierungsphase (Riss?), (g) drei Messsignale mit mehr oder weniger deutlicher zeitabhängiger Stabilisierung der Messwerte, möglicherweise infolge eines Temperatureffektes beim Sägen, (h) vor der eigentlichen Messung wurden bereits drei Versuche unternommen, den Messgeber zu stabilisieren, während des Sägens zeigt sich ein deutlicher Abfall und nach Ende des Sägens (E) ein deutlicher Anstieg des Messsignals: möglicherweise ist der Messgeber verrutscht, (i) die Drift des Messsignals vor und nach dem Sägen ist unterschiedlich, (j) leicht zeitabhängige Messwertstabilisierung. Die Signale (e), (f), (h) und (i) wurden für die weitere Auswertung nicht verwendet. Im Falle zeitabhängiger Stabilisierung der Messwerte (g, j) wurde der Wert zur Berechnung genommen, der sich i.A. nach 2-3 min einstellte (Abklingen des Thermoeffektes).

Die analog aufgezeichneten Messsignale wurden nach folgenden Kriterien als für die weitere Spannungsanalyse brauchbar angesehen:

- vor und nach dem Schlitzens ist das Messsignal stabil
- im Fall, dass sich nach Ende des Schlitzens nicht gleich ein stabiler Wert eingestellt hat, wurde ca. 2-3 min gewartet, um thermoelastische Effekte zu vermeiden. Falls sich das Messsignal nach dieser Zeit stabilisiert hatte, wurde dieser Wert als Messwert genommen.

- bei leichter Drift – meistens dann, wenn das Kühlwasser für die Säge nicht ausreichend der Felstemperatur angepasst war [im Sommer in einem Steinbruch mitunter ein schwieriges Unterfangen] – wurde das Messsignal nur dann verwendet, wenn die Drift vor und nach dem Schlitzzen gleichsinnig verlief.

Nur Werte, die diese Kriterien erfüllen, wurden in die Wertetabelle (Anhang C) ohne Einschränkungen in Normal- oder Fettdruck eingetragen. Alle anderen Werte, die in Klammern gesetzt sind, erfüllten diese Kriterien mehr oder weniger deutlich nicht. Völlige Fehlmessungen werden in der Tabelle (Anhang C) durch einen Auslassungsstrich markiert: es wurde gemessen, es konnte aber kein Messwert abgelesen werden. Einige kommentierte Analogaufzeichnungen zeigt die Abb. 8. Eine sehr instruktive Zusammenstellung von Störsignalen mit Hinweisen auf ihre möglichen Ursachen befindet sich im Handbuch zur Bohrloch-Schlitzsonde des Herstellers (Firma Interfels, Bad Bentheim, Deutschland).

Der Messgeber liefert bei jeder Messung Werte in [mV], die sich aus den Längenänderungen der DMS infolge der Krümmungsänderung des Federstahls zwischen den beiden Messgeberschenkeln ergeben. Diese Messwerte werden über einen messgeberspezifischen Kalibrierungsfaktor in [$\mu\text{V}/\mu\text{m}$] in die Längenänderungen zwischen den Hartmetallnadeln an der Bohrlochwand umgerechnet. Die Kalibrierung des Messgebers erfolgt im Labor an einem Kalibrierrahmen nach dem Prinzip des Biegebalkens. Jedem Messgeber liegt eine Kalibrierungskurve bei. Die Kalibrierungsfaktoren für die verwendeten Messgeber sind in den Datentabellen (Anhang C) angegeben.

Die Auswertetheorie basiert auf den Kirsch-Gleichungen (Kirsch 1898), mit denen die Spannungsumlagerung um ein kreisförmiges Loch in einer unendlich ausgedehnten homogenen und isotropen elastischen Platte beschrieben werden. Mit Hilfe dieser Theorie wird der sekundäre Spannungszustand in der unmittelbaren Umgebung eines Bohrloches mit dem vom Bohrloch unbeeinflussten primären Gebirgsdruck in Verbindung gebracht. Dies ist das übliche Vorgehen bei der Auswertung von spannungsbezogenen Messdaten aus Bohrlöchern und soll daher hier nur kurz beschrieben werden.

Messungen mit der 2D-Bohrloch-Schlitzsonde liefern Werte, die direkt mit der Tangentialkomponente $\varepsilon_{\varphi\varphi}$ des Verzerrungstensors $\underline{\varepsilon}$ in Beziehung stehen. Der Spannungszustand an der Oberfläche des Bohrloches ist zweidimensional. Alle Radialkomponenten des Spannungstensors $\underline{\sigma}$ sind gleich null: $\sigma_{rr} = \tau_{r\varphi} = \tau_{rz} = 0$. Der Verzerrungstensor $\underline{\varepsilon}$ bleibt aber dreidimensional mit $\varepsilon_{rr} = 0$, aber $\varepsilon_{r\varphi} = \varepsilon_{rz} = 0$. Allerdings ist ε_{rr} nicht unabhängig von $\varepsilon_{\varphi\varphi}$ und ε_{zz} und kann durch diese ausgedrückt werden. Geht man von der Annahme eines ebenen Verzerrungstensors aus, dann sind zusätzlich die Komponenten $\varepsilon_{zz} = \varepsilon_{\varphi z} = 0$. Die Verknüpfung zwischen Verzerrungen und Spannungen erfolgt über das Hooke'sche Gesetz, wodurch die Tangential- und Axialkomponenten des Verzerrungstensors folgendermassen durch die Normalspannungen ausgedrückt werden (E: Elastizitätsmodul, ν : Poissonzahl):

$$\varepsilon_{\varphi\varphi} = E^{-1} [\sigma_{\varphi\varphi} - \nu (\sigma_{rr} + \sigma_{zz})] \quad (1)$$

$$\varepsilon_{zz} = E^{-1} [\sigma_{zz} - \nu (\sigma_{rr} + \sigma_{\varphi\varphi})] \quad (2)$$

Mit $\varepsilon_{zz} = 0$ und $\sigma_{rr} = 0$ liefert (2):

$$\sigma_{zz} = \nu \sigma_{\varphi\varphi} \quad (3)$$

(3) mit $\sigma_{rr} = 0$ in (1) eingesetzt ergibt:

$$\varepsilon_{\varphi\varphi} = (1 - \nu^2) E^{-1} \sigma_{\varphi\varphi} \quad (4)$$

Nach Hiramatsu & Oka (1962) kann $\sigma_{\varphi\varphi}$ durch die Spannungskomponenten des primären Gebirgsdrucks ausgedrückt werden. Zusammen mit (4) liefert das die gesuchte Auswerteformel:

$$\varepsilon_{\varphi\varphi} = (1 - \nu^2) E^{-1} [(\sigma_{xx} + \sigma_{yy}) - 2 (\sigma_{xx} - \sigma_{yy}) \cos 2\varphi - 4 \tau_{xy} \sin 2\varphi] \quad (5)$$

Mit wenigstens drei Wertepaaren ($\varepsilon_{\varphi\varphi, i=1,3} / \varphi_{i=1,3}$) aus den Bohrloch-Schlitzsonde-Messungen können drei Gleichungen für (5) aufgestellt werden und für die Spannungskomponenten σ_{xx} , σ_{yy} und τ_{xy} gelöst werden. Die Hauptachsentransformation des Spannungstensors liefert die grösste und die kleinste ebene Haupt(normal)sanspannung sowie die Hauptachsenorientierungen. Damit ist das Problem der Bestimmung der ebenen Hauptspannungen aus den Schlitzsonde-Messungen gelöst.

Im Auswerteprogramm der Firma Interfels wird allerdings ein etwas anderer Lösungsweg eingeschlagen. Ausgegangen wird von der Gleichung (5) in Hauptachsendarstellung mit $\tau_{xy} = 0$:

$$\varepsilon_{\theta} = (1 - \nu^2) E^{-1} [(\sigma_H + \sigma_h) - 2 (\sigma_H - \sigma_h) \cos 2\theta] \quad (6)$$

Stellt man die Gleichung (6) etwas um, so wird klar, dass die Gleichung in die Elemente einer einfachen linearen Gleichung zerlegt werden kann:

$$\varepsilon_{\theta} = 2 (1 - \nu^2) E^{-1} (\sigma_h - \sigma_H) \cos 2\theta + (1 - \nu^2) E^{-1} (\sigma_H + \sigma_h) \quad (7)$$

$$y = m x + b \quad (8)$$

$$\text{mit } m = 2 (1 - \nu^2) E^{-1} (\sigma_h - \sigma_H), \quad x = \cos 2\theta, \quad b = (1 - \nu^2) E^{-1} (\sigma_H + \sigma_h) \quad (9)$$

Die Elemente m und b können mit Hilfe einer linearen Regression aus den n Wertepaaren $(\varepsilon_{\theta, i} / \theta_i)_{i=1, n}$ mit $n = 3, \infty$ aus den Schlitzsonde-Messungen berechnet werden. Details zur Regressions- und Korrelationsanalyse sind den einschlägigen Handbüchern zu entnehmen. Für die Bestimmung der Hauptachsenorientierung wird ein iteratives Verfahren gewählt, wobei der Winkel $\theta_j = \theta_i + \alpha_{i, j}$ mit $i = 1, n$ und $\alpha_j = [1/90]$ mit $j = 1, 90$ in 1° -Schritten zwischen 0 und 90° variiert wird. Sobald der Korrelationskoeffizient R maximal wird, ist die Orientierung des Hauptachsensystems festgelegt. Die zu diesem Winkel gehörenden Elemente m und b der Regressionsgeraden werden in die entsprechenden Gleichungen (9) eingesetzt, womit die beiden ebenen Hauptspannungen berechnet werden können:

$$\sigma_H = 0.25 E (1 - \nu^2)^{-1} (2 b - m) \quad (10)$$

$$\sigma_h = 0.25 E (1 - \nu^2)^{-1} (m + 2 b) \quad (11)$$

Ist $\sigma_H > \sigma_h$, dann ist $\sigma_H = S_H$, mit S_H grösste horizontale Hauptspannung. Andernfalls gilt $\sigma_h = S_H$. Die Auswertung der Messdaten erfolgte mit dem von der Firma Interfels bereitgestellten PC-Programm ‚SLOT‘, Version 2.2, nach diesem Schema.

3. Bestimmung der elastischen Parameter

Die Berechnung der ebenen Hauptspannungsbeträge nach den Gleichungen (7, 10, 11) setzt die Kenntnis der elastischen Parameter voraus. Diese müssen unabhängig von den Bohrloch-Schlitzsonde-Messungen entweder *in situ* oder im Labor bestimmt werden. Aus Zeitgründen wurden im Rahmen dieses Projektes keine *in situ* – E-Modul-Bestimmungen durchgeführt. E-Modul und Poissonzahl wurden ausschliesslich an trockenem Kernmaterial in 1-axialen Druckversuchen ermittelt. Für jede Messlokation wurden 2 – 4 Proben aus dem Bohrkernmaterial, Kerndurchmesser i.A. 72 mm, mit einem Längen/Breiten-Verhältnis von ca. 2.2 untersucht. Die Versuchsdauer betrug i.A. 15 – 20 min. In jedem Versuch wurden 2 Lastzyklen gefahren: der erste Zyklus bis ca. 30 % der (erwarteten) Bruchfestigkeit, der zweite (Halb-)Zyklus bis zur Bruchlast. Insgesamt wurden 100 Druckversuche ausgeführt, davon 92 an der *Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt* (EMPA) in Dübendorf und acht am *Institut des Sols, Roches et Fondations, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne* (ISRF-EPFL). Die Last-Deformations-Diagramme der 1-axialen Druckversuche, die an der EMPA durchgeführt wurden, sind im Anhang A zusammengestellt. Die Last-Deformations-Kurven wurden nach dem Versagen der Proben teilweise verkürzt dargestellt, da diese Kurvenabschnitte für die E-Modul-Bestimmungen ohne Bedeutung sind. Der E-Modul wurde aus der Steigung der Sekante zwischen 40-60 % der Bruchlast bestimmt. Die für die Poissonzahlberechnung erforderliche Querdehnung wurde im Anhang A nicht graphisch dargestellt. In der Anlage B sind die elastischen Parameter aller Versuche tabellarisch zusammengefasst. In Fettdruck sind die Werte markiert, die für die Spannungsberechnung verwendet wurden. Für Kalksteine liegt der E-Modul meistens zwischen 40 und 70 GPa und die Poissonzahl um 0.30. Deutlich fallen die E-Modul-Werte und Poissonzahlen für die Messlokation Villarlod auf mit ihren relativ weichen Molassesandsteinen. Entsprechend dem niedrigen E-Modul ist dort die Poissonzahl erwartungsgemäss höher im Vergleich zu den Kalksteinproben. Ein niedriger E-Modul ist für die Schlitzsonde-Messungen nahe der Erdoberfläche kein Nachteil, da die niedrigen Gebirgsdrücke in weicheren Gesteinen mit niedrigerem E-Modul und höherer Poissonzahl deutlichere Messsignale liefern als in ausgesprochenen Hartgesteinen. Viele der untersuchten Gesteinsproben zeigten ein nahezu linear-elastisches Last-Deformations-Verhalten mit zumeist geringer Hysterese, so dass die von der Auswertetheorie geforderte lineare Elastizität in vielen Fällen als recht gut erfüllt gelten kann. Der E-Modul ist u.a. stark von der Grösse der Probe abhängig, an der er bestimmt wurde. Kleine Proben liefern grosse E-Module und umgekehrt. Im Vergleich zum Fels-E-Modul, der nur an Grossproben oder *in situ* ermittelt werden kann, liefern die E-Module aus 1-axialen Druckversuchen an Bohrkernproben mit einem Durchmesser von 72 mm erfahrungsgemäss Werte, die um einen Faktor 5 bis 10 zu hoch sind. Die aus den Schlitzsonde-Messungen berechneten Spannungsbeträge

müssen daher als obere Grenzwerte dessen eingestuft werden, was in der Messlokation zu erwarten ist.

4. Ergebnisse der Bohrloch-Schlitzsonde-Messungen

Die Lage der Messorte (1 bis 33) ist der Abb. 9 zu entnehmen. Die Nummerierung der Lokationen wird in den nachfolgenden Kapiteln sowie in allen Tabellen und Abbildungen eingehalten. Einen Überblick gibt die Tabelle 1, S. 27. Eine Zusammenstellung der Ergebnisse der Bohrloch-Schlitzsonde-Messungen befindet sich im Anhang C „Datentabelle der Bohrloch-Schlitzsonde-Messungen“. Dort enthalten sind die Einzelmessungen für die unterschiedlichen Messprofile, die berechneten ebenen Hauptspannungen unter Verwendung des messgeberspezifischen Kalibrierungsfaktors und der für die Messlokation ermittelten elastischen Parameter sowie Informationen zum Messdatum, der geographischen Länge und Breite sowie gegebenenfalls Kommentare zu den Einzelmessungen. In den Messlokationen wurde jeweils ein vertikales Bohrloch mit einem Durchmesser von 101 mm abgeteuft. Die Endteufen der Messbohrlöcher sind der Tabelle in Anhang B zu entnehmen. Die Bohrprofile im Anhang D „Bohrprofile und Spannungs-Tiefen-Diagramme“ zeigen nur die Tiefenbereiche, in denen Bohrloch-Schlitzsonde-Messungen durchgeführt wurden. Dort sind homogene Gesteinsbereiche schwarz markiert, dunkelgrau solche mit geringfügigen Abweichungen und hellgrau solche mit schon relativ starken Abweichungen von der idealerweise homogenen Gesteinsbeschaffenheit. Alle anderen Bereiche waren aus unterschiedlichen Gründen für die Bohrloch-Schlitzsonde-Messungen ungeeignet. Weitere Informationen zur Geologie, zur Topographie sowie zur Messdurchführung enthalten die nachfolgenden Abschnitte. Besonderheiten werden hervorgehoben. Finden sich in den nachfolgenden Kapiteln also keine weiteren Angaben zum Gestein, zur Klüftung, zur Topographie, zur Messdurchführung bzw. zur magnetischen Nordabweichung, dann kann davon ausgegangen werden, dass die Messungen in einem weitständig geklüfteten, söhligen, dickbankigen Kalkstein durchgeführt wurden, wobei die Entfernung zwischen der Messlokation und der Steinbruchwand mindestens der doppelten Höhe der Steinbruchwand entsprach, keine Besonderheiten bei den Messungen auftraten und die magnetische Nordabweichung nicht grösser als 1° war. Schliesslich wird im Anhang E eine Azimutaldarstellung der Einzelwerte der ebenen Hauptspannungen für die verschiedenen Messlokationen gegeben.

4.1 Seewen

Im Steinbruch von Seewen im nördlichen Faltenjura (Abb. 9, Nr. 1) sind dickbankige, schwach geklüftete oolithische Kalksteine des Mittleren Juras („Hauptrogenstein“) aufgeschlossen. Die Schichten fallen mit $30-35^\circ$ nach SSE ein. Der Hauptrogenstein ist für Bohrloch-Schlitzsonde-Messungen gut geeignet, da er relativ „weich“ (vgl. Anhang B „Tabelle der elastischen Parameter“) und daher weniger zerbrochen ist als die spröden oberjurassischen Kalksteine. Ausserdem sind die Ooide noch ausreichend klein im Vergleich zur Messlänge des Dehnungsgebers. Entsprechend konnten in dem 10.50 m tiefen Bohrloch aussergewöhnlich viele für die Schlitzsonde-Messungen gut oder sehr gut geeignete Tiefenabschnitte gefunden werden (vgl. Anhang D). Messungen waren bis in eine Tiefe von 7.55 m möglich. Die Messkampagne wurde durch mehrere Schlechtwettereinbrüche unterbrochen. Insbesondere die niedrigen Lufttemperaturen führten dazu, dass die Bohrloch-Schlitzsonde infolge der

Dekompression der für den Antrieb der Turbine erforderlichen Pressluft einfror. Von den insgesamt 13 erfolgreichen Messungen wurde die Messung aus einer Tiefe von 3.75 m nicht bei der weiteren Auswertung berücksichtigt. Der Abstand zwischen Bohrloch und Steinbruchwand war ausreichend. Dennoch ist eine Topographie-Beeinflussung nicht völlig ausgeschlossen, da der Steinbruch am SW-Fuss des Bettenberges liegt, der über eine Entfernung von 750 m um 150 m über die Steinbruchsohle aufragt.

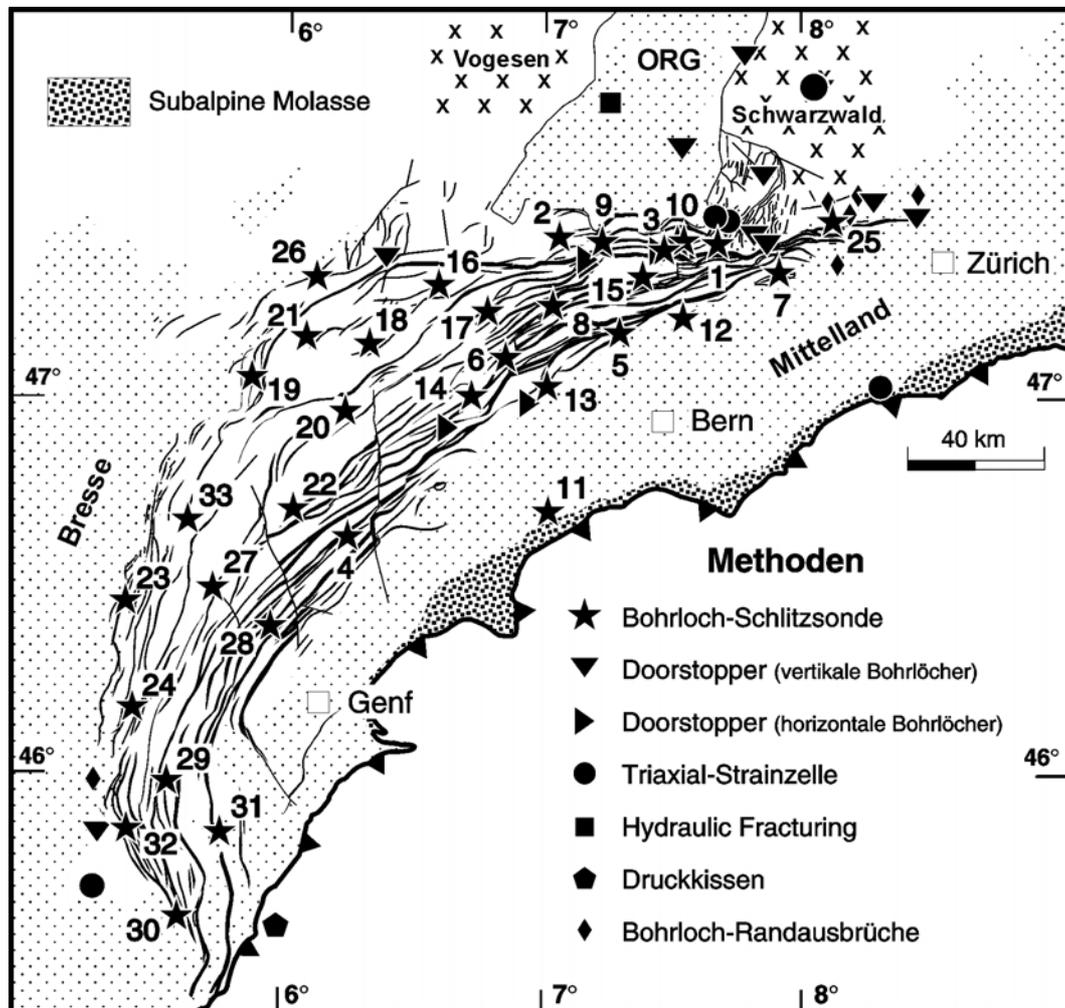


Abb. 9 Lage der Schlitzsonde-Messlokationen (Nummern wie in Tabelle 1) sowie weiterer Messlokationen, in denen andere Verfahren eingesetzt wurden. ORG : Oberrheingraben.

4.2 Courchavon

Der aufgelassene und heute als Lagerplatz genutzte Steinbruch am westlichen Ortsrand von Courchavon in der Ajoie (Abb. 9, Nr. 2) erschliesst söhlige, stark geklüftete, drusige, harte Rauracienkalke des Oberen Juras. Im 10.40 m tiefen Messbohrloch waren nur die Abschnitte von 4.60-6.00 m und 6.95-8.50 m weniger stark geklüftet. Messungen waren bis in eine Tiefe von 7.67 m möglich. Die Messlokation lieferte insgesamt sechs Spannungsdaten, die für die weitere Interpretation verwendet werden konnten.

4.3 Liesberg

Die Messlokation liegt im Birstal westlich von Laufen im noch im Abbau befindlichen Werksteinbruch der Firma „Gebr. Thomann AG“ in söhligem, dickbankigen Sequankalken des Oberen Juras (Abb. 9, Nr. 3). Der Bohransatzpunkt lag auf der 1. Sohle ca. 12 m über Talniveau direkt unterhalb der Werksteinbank, die im Steinbruch abgebaut wird. Das Messbohrloch erschloss Gestein, das über weite Strecken nicht oder nur bedingt für Bohrloch-Schlitzsonde-Messungen brauchbar war. Dafür verantwortlich war das häufige Auftreten von mergeligen Zwischenlagen, kräftigen Stylolithensäumen, Calcitgängen, Drusen sowie schlierigen Sedimentgefügen. Der Kluftwasserspiegel konnte nie unter 14 m abgesenkt werden, so dass Messungen auf den oberen Abschnitt des Bohrloches bis in eine Tiefe von maximal 12.95 m beschränkt blieben. Die Schlitzsonde-Messungen erstreckten sich mit Unterbrechungen über mehrere Monate und hatten mit zahlreichen technischen Problemen zu kämpfen. Die Messungen bis in eine Tiefe von 8.80 m wurden mit einer Schlitzsonde der Firma „Interfels GmbH“, Bad Bentheim, durchgeführt. Aus unbekanntem Gründen lockerte sich zweimal das Sägeblatt während dieser Messkampagne, die schliesslich aufgrund eines Turbinenschadens beendet werden musste. Die zweite Messsonde, die von der Firma „Amberg Messtechnik AG“, Regensdorf, gemietet wurde, funktionierte erst gar nicht. U.a. lockerte sich das Sägeblatt bei einem Testlauf bereits ausserhalb des Bohrloches, ohne überhaupt mit der Felsoberfläche in Berührung gekommen zu sein. Erst die dritte Bohrloch-Schlitzsonde von der Fachhochschule (FH) Leipzig, „twk-Sonde“, brachte den gewünschten Erfolg. Mit ihr wurden die Messungen in Liesberg abgeschlossen, die noch sechs brauchbare Resultate aus einer Tiefe zwischen 9.20-12.95 m lieferten. Für die Berechnung der Spannungsbeträge wurde kein Mittelwert für den E-Modul verwendet. Es zeigten sich deutliche Abhängigkeiten des E-Moduls von der Lithologie. Daher ist für den Tiefenbereich bis 7.75 m ein E-Modul von 64 GPa verwendet worden, darunter einer von 54.2 GPa (Klammerwerte in Anhang C). Da die meisten Schlitzsonde-Messungen in einer Tiefe von 9.00-10.50 m gemacht wurden, habe ich mich entschieden, die Spannungsbeträge mit dem sehr niedrigen E-Modul der Probe aus 9.60 m zu berechnen, der die leicht mergeligen Kalke dieses Tiefenbereichs wahrscheinlich besser charakterisiert als die anderen E-Module, die eher für harten Kalkstein stehen. Allerdings war die im 1-axialen Druckversuch untersuchte Probe Liesberg-960 schon im ersten Belastungszyklus zu Bruch gegangen (vgl. Anhang A), und eine Kontrollmessung an einer weiteren Probe aus diesem Tiefenbereich konnte nicht durchgeführt werden. Für die Berechnung der mittleren Hauptachsenorientierungen wurden nur die Ergebnisse der Schlitzsonde-Messungen ab einer Tiefe von 9.20 m verwendet.

4.4 Le Sentier

Die Messungen wurden im teilweise als Bauschuttdeponie genutzten Schotter-Steinbruch La Combe Noire der Firma „Carlin SA“ im Vallée de Joux im zentralen Jura durchgeführt (Abb. 9, Nr. 4). In den flach lagernden (010/05 E), teilweise stark geklüfteten und leicht verkarsteten, dickbankigen Kimmeridge-Kalksteinen des Oberen Juras wurde ein Messbohrloch bis in eine Tiefe von 13.00 m abgeteuft. Das Gestein war fast durchweg stark geklüftet und teilweise von Drusen durchsetzt. Für Schlitzsonde-Messungen geeignete Tiefenbereiche lagen nur zwischen 0.40-1.10 m,

3.60-4.20 m, 6.45-6.70 m, 8.45-8.90 m und 9.70-10.40 m (vgl. Anhang D). Kluftwasser trat ab einer Tiefe von 10.30 m zu. Die zu Beginn der Messungen verwendete Bohrloch-Schlitzsonde der Firma „Amberg Messtechnik AG“, Regensdorf, lieferte für die Messprofile 8.50 m und 8.80 m aufgrund zahlreicher technischer Probleme keine Ergebnisse. Erst im zweiten Anlauf konnten mit der Schlitzsonde der FH „twk“, Leipzig, Messungen erfolgreich durchgeführt werden. Fünf Spannungswerte konnten berechnet werden. Für die Berechnung der Spannungsbeträge wurde ein E-Modul von 47.9 GPa für die Messung in einer Tiefe von 1.05 m verwendet, für die tieferen Messungen ein mittlerer E-Modul von 71.7 GPa.

4.5 Vauffelin

Der von der Firma „Imperiali“ als Bauschuttdeponie und zur Schottergewinnung genutzte Steinbruch Les Côtattes (Abb. 9, Nr. 5) erschliesst braune und braungrüne, plattige bis dünnbankige Kalksteine der Twannbach-Formation, Oberer Jura. Die Kalksteine sind teilweise stark geklüftet und deutlich verkarstet mit Kluftletten, kleinen Dolinen sowie Lösungshohlräumen („Schläuche“), die ebenfalls teilweise mit Letten verfüllt sind. Die Schichten fallen mit ca. 30° nach SE ein. Die Steinbruchsohle liegt geringfügig über dem Talniveau. Im Messbohrloch wurden feinkörnige, teilweise schräggeschichtete Kalksteine angetroffen, die z.T. extrem dünnplattig waren, so dass der Bohrkern in Scheiben zerfiel. Kleine Drusen und tonige Brekzien kamen gelegentlich vor. Abgesehen vom Tiefenbereich um 2 m, treten die guten Gesteinspartien erst ab 4 m Tiefe auf. Alle Messergebnisse, die für die Spannungsberechnungen verwendet wurden, stammen aus einer Tiefe grösser als 4 m. Insgesamt sieben Spannungswerte konnten berechnet werden.

4.6 La Chaux-de-Fonds

Der Schottersteinbruch der Firma „Ulrich Brechbühler“ liegt am östlichen Stadtrand von La Chaux-de-Fonds. Es sind bankige, schwach geklüftete, feinkörnige Portland-Kalksteine des Oberen Juras aufgeschlossen, die nahe der Geländekante leicht verkarstet sind. Das Schichteinfallen ist variabel. Der Bohransatzpunkt befindet sich in dem Teil des Steinbruchs, wo das Schichteinfallen mit ca. 15°S am kleinsten ist. Die Bohrung wurde bis auf eine Tiefe von 26.20 m abgeteuft. Allerdings sammelte sich bereits in einer Tiefe von 14.70 m Wasser, das nicht mehr abgepumpt werden konnte. Bis in eine Tiefe von 3.00 m war der Kalkstein stark zerbrochen, wahrscheinlich infolge von Sprengungen. Darunter machte der Fels, abgesehen von wenigen Kluftzonen und dem gelegentlichen Auftreten von Drusen, einen durchweg kompakten Eindruck. Der für die Schlitzsonde-Messungen günstigste Bereich lag zwischen 4.70 und 12.70 m. Allerdings zeigten auch in diesem Tiefenbereich die kompakten Partien Risse und kleine Brüche, die teilweise mit Calcit verheilt waren. Zur Tiefe hin wurden diese Risse und Brüche sogar noch häufiger, so dass potentiell gute Messbereiche unterhalb von 12.70 m selten wurden. Diese Mikrorisse können dafür verantwortlich sein, dass trotz des sehr hohen Messaufwandes nur relativ wenige brauchbare Messergebnisse zu verzeichnen sind. Insgesamt konnten 14 Spannungswerte berechnet werden.

4.7 Olten

Die Messungen wurden in dem kleinen aufgelassenen Steinbruch neben dem SKG-Übungsgelände unmittelbar am Ausgang der Aareklus (Abb. 10) am Nordrand der Born-Antiklinale südlich von Olten durchgeführt (Abb. 9, Nr. 7). Es stehen weitständig geklüftete, dickbankige Kalksteine des Oberen Juras an, die im Steinbruch nur mit etwa 10° in nördliche Richtung einfallen. Die Steinbruchsohle war 2.20 m aufgeschüttet. Da es keine Probleme mit dem Grundwasser gab, konnten Schlitzsonde-Messungen bis in eine Tiefe von 12 m durchgeführt werden. Allerdings gab es Abweichungen bei den Bohrtiefenangaben, die nicht abschliessend geklärt und vollständig korrigiert werden konnten. Es muss daher davon ausgegangen werden, dass die Schlitzsonde-Messungen nicht immer in den anhand der Bohrkernbeschreibung festgelegten ‚optimalen‘ Tiefenbereichen durchgeführt und die Messungen daher teilweise durch lokale Gesteins-Inhomogenitäten beeinflusst sind. Das Gestein war zwischen 4-6 m und 7.5-8.2 m stark, sonst aber nur mässig geklüftet. Stylolithensäume und kleine Hohlräume, die teilweise mit rotem Ton verfüllt waren, traten häufig auf. Mit Topographieeffekten ist kaum zu rechnen, da die Steinbruchwand nur maximal 4-5 m hoch ist und die Lokation am flach ausklingenden Nordrand der Born-Antiklinale liegt.

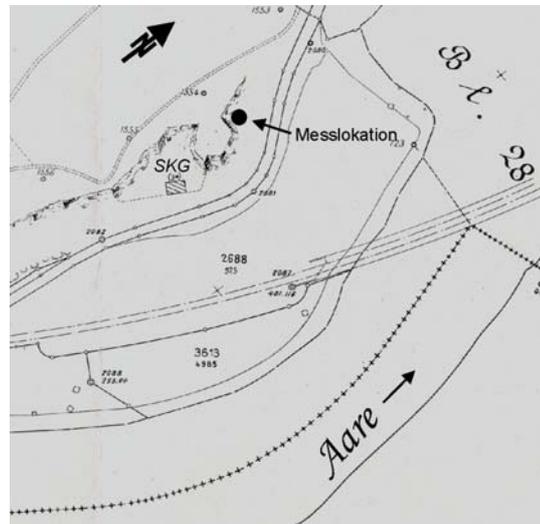


Abb. 10 Lage der Lokation Olten am nördlichen Ausgang der Aareklus durch die Born-Antiklinale.

4.8 Le Bémont

Der aufgelassene Steinbruch in bankigen und feinkörnigen Kalksteinen des Oberen Juras liegt ca. 1.6 km SSE von Le Bémont im Zentrum der Freiberge (Abb. 9, Nr. 8). Die Schichten fallen steil nach NW ein ($060/65$ NW). Dieser Umstand machte sich in der Messbohrung durch teilweise über 2 m Länge durchhaltende, steil stehende Trennflächen mit oft tonigen Bestegen nachteilig bemerkbar, die als Bankungsfugen dünnbankiger und plattiger Felspartien anzusehen sind. Für Schlitzsonde-Messungen gut geeignete Bohrlochabschnitte sind dementsprechend selten. Verkarstungserscheinungen sind im Steinbruch selbst nicht auffällig. Allerdings befindet sich im Tal direkt vor dem Steinbrucheingang eine Doline, in der ein kleiner Bach verschwindet. Weitere Dolinen zwischen dem Steinbruch und Le Bémont weisen auf die allgegenwärtige Verkarstung der Freiberge hin. Zehn Spannungswerte konnten berechnet werden.

4.9 Charmoille

Der aufgelassene Steinbruch liegt in der Ajoie östlich von Charmoille unmittelbar vor dem Zollhaus (Abb. 9, Nr. 9). Es stehen bankige Rauracien-Kalksteine des Oberen

Juras an, die mit 25-30° nach SE einfallen. Das Messbohrloch wurde bis in eine Tiefe von 11.00 m abgeteuft. Es stellte sich heraus, dass der Fels von sehr geringer Qualität und für Schlitzsonde-Messungen de facto unbrauchbar war. Der z.T. oolithische Kalkstein war teilweise angelöst, wodurch bevorzugt die Ooide aus dem Gesteinsverband herausgelöst wurden. Die Bohrlochoberfläche war daher sehr rau. Diese Abschnitte waren für Schlitzsonde-Messungen ungeeignet. Darüber hinaus war das Gestein im Bohrloch stark geklüftet, z.T. brekziiert, so beispielsweise zwischen 7.20-8.20 m und um 9.00 m. Von den Messversuchen in sieben Tiefenabschnitten konnten nur zwei Spannungswerte berechnet werden, von denen nur der Wert aus einer Tiefe von 3.90 m als zuverlässig angesehen werden kann.

4.10 Brislach

Der heute von der Firma „Meier & Jäggi AG“ als Baustoff-Zwischenlager genutzte ehemalige Werksteinbruch liegt im östlichen Laufenbecken (Abb. 9, Nr. 10). Es sind dickbankige Sequan-Kalksteine des Oberen Juras aufgeschlossen. Lithologisch lässt sich das Bohrprofil in drei Abschnitte unterteilen: von 0.00-5.50 m mikritische bis sparitische, fossilreiche Kalksteine, zwischen 5.50-10.00 m oolithische Kalksteine und danach bis zur Endteufe überwiegend mikritische Kalksteine. Dem entsprechend wurden je zwei Proben für die E-Modul-Bestimmungen aus dem oberen mikritischen bis sparitischen, biogenen und dem oolithischen Kalkstein im mittleren Bohrlochabschnitt entnommen. Die berechneten E-Module zeigten deutlich höhere Werte für den biogenen Kalkstein im Vergleich zum Oolith (Anhang B: Tabelle der elastischen Parameter). Allerdings wurde aufgrund der ungewöhnlichen Last-Deformations-Kurve der Probe Brislach-6.80 m (Anhang A) der entsprechende E-Modul für die weitere Berechnung der Spannungsbeträge nicht verwendet. Für die oolithischen Kalksteine wurde der E-Modul 47.4 GPa gewählt, für die biogenen Kalksteine ein mittlerer E-Modul von 61.4 GPa. Abgesehen von einer Auflockerungszone in den obersten 1.6 m sowie zwei Klüftzonen zwischen 2.90-4.10 m und 8.20-9.00 m, die oft braune Bestege zeigten, war das Gestein kompakt. Stylolithensäume waren häufig, dünne mergelig-tonige Zwischenlagen (verlehnte Bankungsfugen) sowie Drusen waren selten. Der Klüftwasserspiegel lag bei 7.30 m. Die Schlitzsonde-Messungen zwischen 2.35 und 7.15 m lieferten 13 Spannungswerte.

4.11 Villarlod

Der Werksteinbruch der Firma „Carrières des Villarlod SA“ liegt ca. 15 km SW von Freiburg im Schweizerischen Mittelland (Abb. 9, Nr. 11). Abgebaut werden Sandsteine der Oberen Meeresmolasse (OMM), Neogen, die unter der Bezeichnung ‚molasses bleue et jaune de Villarlod‘ gehandelt werden. Der Bohransatzpunkt lag ca. 5-10 m über dem Talniveau. In der 10.93 m tiefen Bohrung wurden relativ weiche, mürbe, schlecht gebundene Sandstein angetroffen, die teilweise Tonklasten enthielten. Die geringe Festigkeit des Gesteins zeigt sich auch sehr deutlich in den elastischen Materialparametern (Anhang A und B). Das Gestein war im Bohrloch ungeklüftet. Die härtesten, möglichst homogenen Bohrlochabschnitte wurden für die Schlitzsonde-Messungen ausgewählt. Die Messungen verliefen problemlos, da der Messgeber in den relativ weichen Gesteinen gut halt fand und die Messsignale entsprechend deutlich waren. Aufgrund sich ansammelnden Sägeblatt-Kühlwassers, das nicht mehr abgepumpt werden konnte, waren die Schlitzsonde-Messungen auf den Bohrlochbereich oberhalb 8 m beschränkt. 16 Spannungswerte konnten berechnet

werden, davon wurde das Ergebnis aus einer Tiefe von 4.15 m bei der weiteren Auswertung nicht berücksichtigt.

4.12 Solothurn

Der ehemalige Werksteinbruch in den Kalksteinen der Reuchenette-Formation des Oberen Juras wird heute von der Firma ‚Bargetzi & Biberstein Steinwerke‘ als Steinlager und Steinverarbeitungsbetrieb genutzt. Es stehen bankige, fossilreiche, feinkörnige Kalksteine an, die nur schwach geklüftet sind mit einer Hauptklüftschar in N40°E-Richtung. Im Gegensatz dazu war das im Messbohrloch angetroffene Gestein teilweise so stark geklüftet, dass der Bohrkern zerfallen ist, wie z.B. zwischen 10-11 m und 12-13 m. Stylolithensäume waren häufig. Im oberflächennahen Bereich bis in eine Tiefe von 2.60 m waren grüne Tonschlieren sowie zentimetergrosse, mit grünem Ton verfüllte Hohlräume häufig (z.T. Hohlräume von Gastropodenschalen). Es waren nur sehr wenige, zumeist eng begrenzte Abschnitte für Schlitzsonde-Messungen brauchbar, die oft teilweise noch im Einflussbereich von Gesteins-Inhomogenitäten (z.B. Klüften) lagen. Die Messungen waren auf die obersten 10 m des Bohrloches beschränkt, da der Wasserspiegel im Bohrloch nicht unter 11.20 m abgesenkt werden konnte. Von den sechs berechneten Spannungswerten wurden die Werte aus einer Tiefe von 4.45 m und 7.55 m nicht weiter berücksichtigt, da diese wahrscheinlich durch Klüfte beeinflusst sind. Die topographische Situation der näheren Umgebung des Steinbruchs ist günstig. Allerdings befindet sich 300 m östlich des Steinbruchs die Verena-Schlucht, die sich ca. 30 m unter das Niveau der Steinbruchsohle eingeschnitten hat. Ausserdem steigt das Gelände nach Norden Richtung Weissensteinketten über eine Entfernung von ca. 4 km um fast 900 m an.

4.13 Cornaux

Der Steinbruch liegt im inneren Jurabogen zwischen dem Neuenburger und dem Bieler See auf einem Hügel ca. 150 m über dem Talgrund bei Cornaux. Zur Schottergewinnung sowie für die Zementherstellung werden von der Firma ‚Juracime SA‘ Kalksteine der Unterkreide (u.a. ‚Marbre bâtard‘) ausgebeutet. Das Messbohrloch wurde im tiefsten Teil des Steinbruchs nahe der Brecheranlage bis auf 29.27 m abgeteuft (Abb. 11). In der unmittelbaren Umgebung des Messbohrloches ist das Gestein gefaltet und stark zerbrochen. Letzteres ist wahrscheinlich auf den reichlichen Gebrauch von Sprengstoff beim Heraussprengen einer tieferen Steinbruchsohle zurückzuführen. Dieser Eindruck wurde noch anhand der Bohrkern aus dem Messbohrloch verstärkt, die vor allem nahe der Oberfläche teilweise völlig zerfallen und noch bis in eine Tiefe von 7 m stark zerbrochen waren. Die besten Felspartien setzten erst ab einer Tiefe von 10 m ein. Zumeist handelte es

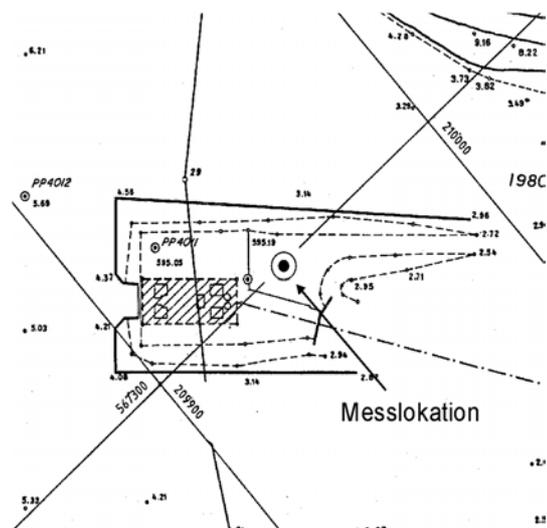


Abb. 11 Lage des Messbohrloches nahe der Brecheranlage im tiefsten Teil des Steinbruchs von Cornaux.

Die besten Felspartien setzten erst ab einer Tiefe von 10 m ein. Zumeist handelte es

sich um einen sehr feinkörnigen, weissen bis hellbraunen Kalkstein mit wenigen Drusen und zahlreichen Stylolithensäumen. Der Kalkstein war homogen, fein laminiert oder geschichtet und teilweise von Kalkbrekzien durchzogen. Zum Zeitpunkt der Schlitzsonde-Messungen war das Messbohrloch ab einer Tiefe von 19 m verstürzt und nicht mehr zugänglich. Zudem beschränkte Wasserzutritt den Einsatz der Schlitzsonde auf den Bohrlochabschnitt oberhalb von 13.50 m. Aus den Schlitzsonde-Messungen konnten 19 Spannungsdaten berechnet werden. Die Messungen aus dem oberen Bohrlochabschnitt bis in eine Tiefe von 7.50 m wurden bei der weiteren Auswertung nicht miteinbezogen.

4.14 La Chaux-du-Milieu

In diesem, im östlichen Teil des Vallée de la Brévine gelegenen (Abb. 9, Nr.14), aufgelassenen und teilweise verfüllten Steinbruch in dickbankigen, leicht verstellten Kalksteinen des Oberen Juras („Portlandien“) wurde ein Messbohrloch bis auf 20.20 m abgeteuft. Der Kluftwasserspiegel wurde in einer Tiefe von 14 m erreicht. Der überwiegend feinkörnige Kalkstein war teilweise laminiert. Drusen Hohlräume waren selten, Stylolithensäume relativ häufig. Das grösste Problem waren die fast allgegenwärtigen Risse, die das Gestein in beliebigen Richtungen durchzogen, teilweise verheilt, teilweise geschlossen und besonders in den oberflächennahen Bohrlochabschnitten angelöst waren. Sie waren dafür verantwortlich, dass die Bohrlochwand teilweise zu rau war für den Einsatz des Schlitzsonde-Messgebers und viele Fehlversuche bei den Messungen auftraten. Es konnten zehn Spannungswerte berechnet werden, von denen die Daten aus einer Tiefe von 3.30 m und 11.85 m unmittelbar ober- bzw. unterhalb zweier Kluftzonen gemessen wurden und daher bei der Datenverarbeitung keine weitere Berücksichtigung fanden.

4.15 Courrendlin

Der Schotter-Steinbruch der Firma „SA Matériaux SABAG“ liegt am Südrand des Delsberger Beckens am nördlich Ausgang der Klus von Choindez. Es sind Oberjura-Kalksteine aufgeschlossen, die an verschiedenen Stellen gefaltet und überschoben sind. Der Messpunkt lag im nördlichsten Teil des Steinbruchs, wo die Schichten flach lagerten und die Steinbruchwand am niedrigsten (ca. 20 m) war. Der Abstand zur Steinbruchwand lag bei ungefähr 25 m. Das Gestein im Messbohrloch wies zahlreiche Bankungsfugen auf, die teilweise verlehmt waren, sowie Stylolithensäume und Drusen. Darüber hinaus waren verschiedene Abschnitte stark geklüftet, so dass der Bohrkern bei der Entnahme zerfiel. Die obersten 80 cm waren durch Sprengungen zerrüttet. Der für Schlitzsonde-Messungen beste Bereich lag zwischen 3 und 6 m Tiefe. Leider konnte dieser Tiefenbereich nicht voll für die Messungen genutzt werden, da geringer Wasserzutritt über eine Fuge in einer Tiefe von 4.50 m Messungen unterhalb von 5.15 m unmöglich machte. Fünf Spannungswerte wurden ermittelt.

4.16 Sancey-le-Long

Der Werksteinbruch der Firma „Soulet“ liegt im nördlichen Französischen Jura (Abb. 9, Nr. 16). Aufgeschlossenen sind plattige oolithische Kalksteine des Mittleren Juras („Dalle nacrée“), die mit 15° nach S einfallen. Im Messbohrloch, das auf 8.00 m abgeteuft wurde, sind z.T. recht grobkörnige oolithische und biosparitische Kalksteine

angetroffen worden, die unterhalb einer Tiefe von 5.50 m von bis zu 15 cm mächtigen, braunen und schwarzen Mergel- und Tonlagen durchzogen waren. Stylolithensäume waren häufig, und einige Bohrlochabschnitte waren stark geklüftet (Anhang D). Es konnten nur wenige, für Schlitzsonde-Messungen brauchbare Bohrlochabschnitte gefunden werden. Die sieben berechneten Spannungswerte zeigten eine grosse Streuung der Hauptachsenorientierungen bei gleichzeitig sehr geringer Anisotropie der Spannungsbeträge.

4.17 Maïche

Der Steinbruch wird von der Firma „Bruno Lacoste“ zur Schottergewinnung ausgebeutet. Es sind bankige oolithische Kalksteine des Mittleren Juras aufgeschlossen („Grande Oolithe“), die mit 35-45° nach SE einfallen. Im 18.02 m tiefen Messbohrloch wurden Oolithe und Biosparite angetroffen, die i.A. nur wenig geklüftet waren. Stylolithensäume waren häufig und teilweise kräftig ausgebildet. Mit Ausnahme der obersten 4 m des Bohrloches, wo das Gestein teilweise von zahlreichen Hohlräumen durchsetzt und stark geklüftet war, konnten viele Abschnitte des Bohrloches als für Schlitzsonde-Messungen gut oder sehr gut geeignet eingestuft werden. Der Kluftwasserspiegel lag bei 12 m Tiefe. Zwölf Spannungswerte wurden berechnet.

4.18 Valdahon

Am westlichen Ortsausgang von Valdahon liegt direkt an der Hauptstrasse nach Besançon ein aufgelassener Steinbruch, der von der Stadt als Baustoff-Lagerplatz genutzt wird. Es sind bankige Kalksteine des Oberen Juras („Kimméridgien“ und „Séquanien“) aufgeschlossen. Die Steinbruchsohle zeigt engständige Klüftung mit Kluftabständen von 10-15 cm und einem Streichen in ENE-WSW-Richtung. Interessanterweise war das Gestein im Messbohrloch weit weniger geklüftet als von den Oberflächenaufschlüssen her zunächst vermutet. Betroffen waren im wesentlichen nur die Bereiche zwischen 1.40-1.80 m, 4.80-5.40 m, 6.10-6.60 m sowie ab 8.70 m. Stylolithensäume waren häufig, ebenso Drusen, die besonders zwischen 2-4 m gehäuft auftraten. Gelegentlich waren dünne Mergellagen dem zumeist feinkörnigen, teilweise fossilreichen Kalkstein zwischengeschaltet. Neun Spannungswerte konnten bis in eine Tiefe von 7.00 m ermittelt werden.

4.19 Samson

Der Steinbruch wird von der Firma „Cuenot Carrières“ zur Schottergewinnung genutzt. Er liegt ca. 24 km SSW von Besançon im NW Jura (Abb. 9, Nr. 19). Aufgeschlossen sind dickbankige bis plattige oolithische Kalksteine des Oberen Juras („Kimméridgien“, Fazies „Séquanien“). Verkarstungserscheinungen sind selten, wie z.B. mit rotem Ton verfüllte Spalten, und konzentrieren sich auf die oberflächennahen Gesteinspartien. Der Kluftwasserspiegel liegt in einer Tiefe von 15 m. Das Messbohrloch wurde bis auf 11.48 m abgeteuft. Abgesehen von den Bohrlochabschnitten nahe der Steinbruchsohle sowie zwischen 6.10-7.60 m, wo eine Kluft kernparallel verlief, war das Gestein durchweg gut für Schlitzsonde-Messungen geeignet. Es konnten 13 Spannungswerte berechnet werden.

4.20 Sombacour

Der Steinbruch liegt ca. 12 km NW von Pontarlier im zentralen Jura (Abb. 9, Nr. 20). Aufgeschlossen sind Kalksteine des Oberen Juras (‚Kimméridgien supérieur‘ und ‚Portlandien‘). Zum Zeitpunkt der Schlitzsonde-Messungen war der Steinbruch aufgelassen, wurde aber noch kurz zuvor von der Firma „Lacoste“ zur Schottergewinnung genutzt. Die Steinbruchwand zeigt einen bankigen Kalkstein mit einer seiger stehenden Hauptkluftchar mit N-S Streichen, die leicht verkarstet ist. Das 18.10 m tiefe Messbohrloch zeigte harte, bis in eine Tiefe von 8.85 m mikritische bis sparitische, teilweise fossilreiche Kalksteine, darunter, bis zur Endteufe, oolithische Kalksteine. Etwas stärker geklüftet war das Gestein nur bis in eine Tiefe von 4 m, wo zwischen 1.75-3.40 m eine kernparallele Kluft auftrat, sowie zwischen 9.55-13.20 m. Schwach ausgeprägte Stylolithensäume waren häufig, Drusen hingegen selten. Unterhalb von 13 m stand Wasser im Bohrloch, das nicht weiter abgesenkt werden konnte. 14 Spannungswerte wurden berechnet.

4.21 Mérey-sous-Montrond

Der Schottersteinbruch der Firma „S.A. Bonnefoy“ liegt 9 km südlich von Besançon im NW Jura. Aufgeschlossen ist ein überwiegend stark geklüfteter und verkarsteter Kalkstein des Mittleren Juras (‚Calcaires de la Citadelle‘) (Abb. 12). Auch im Messbohrloch, das bis auf 16.35 m abgeteuft wurde, waren die z.T. oolithischen Kalksteine über weite Strecken stark geklüftet, so dass der Bohrkern bei der Entnahme zerfiel. Hinzu kamen noch



Abb. 12 Sehr stark geklüfteter und verkarsteter Fels im Steinbruch von Mérey-sous-Montrond. Höhe der Steinbruchwand ca. 10 m.

Bankungsfugen und Stylolithensäume sowie gelegentlich Drusen, die die für Schlitzsonde-Messungen brauchbaren Abschnitte im wesentlichen auf zwei Bereiche zwischen 5.25-8.60 m sowie 11.20-12.80 m Tiefe einschränkten. Allein neun von insgesamt 13 Spannungswerten stammen aus einer Tiefe von 5.30-6.50 m. Der Spannungswert aus 6.75 m Tiefe liegt im Einfluss zweier Bankungsfugen und wurde daher bei den weiteren Berechnungen nicht berücksichtigt.

4.22 Bief-des-Maisons

Der aufgelassene und teilweise verfüllte Steinbruch liegt untermittelbar N von Bief-des-Maisons im zentralen Jura (Abb. 9, Nr. 22). Nur die Steinbruchsohle schliesst noch den anstehenden Oberjura-Kalkstein (‚Portlandien‘) auf, der mit 5-10° leicht nach SE einfällt. Im 11.20 m tiefen Messbohrloch wurden überwiegend stark bis sehr stark geklüftete feinkörnige Kalksteine angetroffen, die bei der Entnahme aus dem Kernrohr meistens zerfielen. Nur sehr wenige, kurze Bohrlochabschnitte waren daher

für Schlitzsonde-Messungen brauchbar (Anhang D), so dass lediglich drei Spannungswerte berechnet werden konnten.

4.23 Véria

Der Schottersteinbruch der Firma „Famy et Cie.“ liegt am Westrand des Jura ca. 27 km SSW von Lons-le-Saunier (Abb. 9, Nr. 23). Im Steinbruch stehen mässig geklüftete, bankige oolithische Kalksteine des Mittleren Juras an, die mit 10° flach nach NE einfallen. Im Messbohrloch wurde überwiegend gut bis sehr gut für Schlitzsonde-Messungen geeigneter Fels angetroffen. Insbesondere im Tiefenbereich 2-12 m war der Fels nur wenig geklüftet oder von Calcitgängen durchsetzt. Entsprechend viele Schlitzsonde-Messungen konnten durchgeführt werden. Insgesamt 22 Spannungsdaten wurden berechnet.

4.24 Vilette

Der Schottersteinbruch der Firma „Dannemuller SA“ im südwestlichen Jura (Abb. 9, Nr. 24) erschliesst wenig geklüfteten, söhligem, dickbankigen Oberjura-Kalkstein („Kimméridgien“). Zum Zeitpunkt der Erstbegehung des Steinbruchs im September 1996 war ein 1-2 m breiter Karstschacht aufgeschlossen, der aber zum Zeitpunkt der Messungen bereits weggesprengt und nicht mehr sichtbar war. Das Messbohrloch erreichte eine Tiefe von 14.60 m. Der angetroffene, sehr harte feinkörnige Kalkstein war nur in wenigen Tiefenabschnitten intensiv geklüftet (Anhang D). Auch Stylolithensäume, Bankungsfugen und Drusen waren selten. Das Kluftwasser stand vor Beginn der Messungen auf 4.40 m Tiefe, konnte aber infolge geringen Zuflusses und mehrmaligem Abpumpens für die Schlitzsonde-Messungen bis auf über 10 m abgesenkt werden. 16 Spannungsdaten wurden berechnet.

4.25 Linn

Der aufgelassene Steinbruch liegt im Aargauer Tafeljura (Abb. 9, Nr. 25) in den Kalksteinen der Wildeg- und Villigen-Formation (Oberer Jura). Die aufgeschlossenen Kalksteine sind im unteren Teil der Steinbruchwand dickbankig und wenig geklüftet, im oberen Teil aber dünnbankig bis plattig, z.T. intensiv geklüftet und leicht verkarstet. Der Bohransatzpunkt lag im östlichen Teil des Steinbruchs auf der zweiten Abbausohle. Das Messbohrloch wurde bis auf 10.73 m abgeteuft. Es wurden feinkörnige Kalksteine angetroffen mit z.T. schlierigen Sedimentstrukturen, die häufig von beliebig orientierten Stylolithensäumen und feinen Rissen durchzogen waren. Klüfte waren hingegen selten und auf die Tiefenabschnitte zwischen 0.90-1.40 m und 7.60-8.75 m beschränkt, wo sie rote Bestege zeigten. Neun Spannungswerte konnten aus den Schlitzsonde-Messungen berechnet werden.

4.26 Marchaux

Der Steinbruch wird von der Firma „Sablières du Doubs“ zur Schottergewinnung genutzt. Er liegt ca. 12 km NE von Besançon im NW Jura (Abb. 9, Nr.26). Aufgeschlossen sind leicht geklüftete, dickbankige Kalksteine des Mittleren Juras („Calcaires de la Citadelle“), die mit 10° flach nach SE einfallen. Das Messbohrloch wurde bis auf 14.96 m abgeteuft. Die obersten 2.50 m waren wahrscheinlich infolge von Sprengungen stark zerbrochen und mussten verrohrt werden. Mit Ausnahme der

Bereiche zwischen 8.75-9.55 m und 11.30-12.10 m war das Gestein nur wenig geklüftet. Häufiger waren z.T. kräftige Stylolithensäume. Bankungsfugen zeigten oft tonige Beläge. Drusen waren selten. Bei dem Gestein handelte es sich zumeist um einen oolithischen, teilweise mikritischen und biosparitischen Kalkstein mit gelegentlich vorkommenden Onkoiden. Die Ooide waren lokal z.T. bis 7 mm gross. Vor dem Messbeginn stand das Kluftwasser in einer Tiefe von 7.20 m, konnte aber für die Schlitzsonde-Messungen auf über 10.50 m abgesenkt werden. 16 Spannungsdaten wurden berechnet. Das Ergebnis aus einer Tiefe von 8.70 m wurde aufgrund der Nähe zu einem stark geklüfteten Bohrlochabschnitt nicht weiter verwendet.

4.27 Meussia

Der ehemalige Werksteinbruch liegt 850 m östlich von Meussia an der Strasse nach Etival im Gewann *Sous les Lattes*, zentraler Jura (Abb. 9, Nr. 27). Aufgeschlossen sind leicht geklüftete, dickbankige, mikritische und sparitische Kalksteine des Oberen Juras (Kimméridgien). Im oberen Abschnitt des Messbohrloches wurden bis in eine Tiefe von 3.85 m graue und weisse mikritische bis sparitische Kalksteine angetroffen, darunter bis 12.20 m überwiegend oolithische und schliesslich bis zur Endteufe fossilreiche, teilweise laminierte, mikritische Kalksteine. Zwischen 8.05-8.40 m war ein sehr grobkörniger, biogener Kalkstein (Lumachelle) aufgeschlossen. Drusen waren von 4-5 m häufig. Das Gestein war schwach geklüftet. 3-5 mm weite Calcitgänge traten zwischen 5.80-6.80 m und 11.35-12.20 m auf. Stylolithensäume waren häufig, i.A. aber nur schwach ausgeprägt. Die Schlitzsonde-Messungen wurden besonders auf die guten Gesteinspartien unterhalb von 7 m konzentriert. Der Kluftwasserspiegel lag vor Messbeginn bei 9.50 m. Insgesamt 14 Spannungswerte konnten berechnet werden, wovon der Wert aus einer Tiefe von 11.30 m nicht für die weiteren Auswertungen benutzt wurde, da die Messungen sehr nahe eines Calcitganges durchgeführt wurden.

Auffallend in dieser Messlokation sind die z.T. aussergewöhnlich hohen Spannungsbeträge (Anhang C). Um diesem Phänomen nachzugehen, wurden zwei Proben für die E-Modul-Bestimmung gezielt aus den Abschnitten mit den höchsten Spannungsbeträgen und zum Vergleich zwei weitere Proben aus höheren Bohrlochabschnitten (Anhang A und B) genommen. Mit Ausnahme der Probe aus einer Tiefe von 5.35 m ist der E-Modul für die anderen Proben ähnlich und vor allem sehr hoch, nämlich zwischen 65.5 und 75.1 GPa. Demnach liegt hier ein Bereich mit aussergewöhnlichen Spannungskonzentrationen vor, der sich zwischen 7.65-9.55 m erstreckt. Darunter deuten zumindest die Messgeberwerte keine zu erwartenden, aussergewöhnlich hohen Spannungsbeträge an, und darüber weist nur das Ergebnis aus einer Tiefe von 2.20 m auf verhältnismässig hohe Spannungsbeträge hin. Der Abschnitt mit den hohen Spannungsbeträgen besteht lithologisch zwischen 7.65-8.05 m aus einem oolithischen Kalkstein, zwischen 8.05-8.40 m aus einer sehr grobkörnigen Muschelbrekzie (Lumachelle), zwischen 8.40-9.10 m aus einem Oolith mit hohem Anteil an grobkörnigen Muschelschalenfragmenten und zwischen 9.25-9.55 m aus einem oolithischen Kalkstein mit biogenen Komponenten. Diese Abfolge, die nur zwischen 9.10-9.25 m von einer verlehnten Bankungsfuge unterbrochen ist, wird oben von einem kräftigen horizontalen Stylolithensaum – wahrscheinlich einer durch Drucklösung überprägten Bankungsfuge – sowie an der Basis durch eine Kluft begrenzt, die zwischen 9.55-10.10 m entwickelt ist. In dieser vergleichsweise

kompakten und partiell entkoppelten Felspartie kann es zu Spannungskonzentrationen gekommen sein. Topographie- sowie Struktureffekte infolge der Schichtneigung lassen sich allerdings als Ursachen ausschliessen, da der Kalkstein s hlig gelagert ist und der Steinbruch in einem sehr flachen Terrain liegt.

4.28 Lamoura

Der aufgelassene Steinbruch liegt 650 m W von Lamoura und ca. 25 km NW von Genf im südlichen Jura (Abb. 9, Nr. 28). Aufgeschlossen sind plattige, z.T. fossilreiche, oolithische Kalksteine der Unterkreide (Hauterivien), die mit 25-30  nach SE einfallen. Das Messbohrloch wurde auf 13.25 m abgeteuft. Es wurden durchwegs oolithische Kalksteine angetroffen, die nur mässig geklüftet waren. Die Schlitzsonde-Messungen zwischen 1.65 und 10.95 m lieferten 15 Spannungswerte. Die magnetische Nordabweichung betrug 1  40' W. Da das Sägeblatt zu viel Spiel bekam, wurde die Schlitzsonde nach Abschluss der Messungen in Lamoura in die Revision gegeben.

4.29 Hauteville

Der Steinbruch der Firma „Vincent et Fils“ ist einer von mehreren Steinbrüchen westlich von Hauteville-Lompnes im zentralen südlichen Jura, in denen Werksteine aus den Kalksteinvorkommen der Unteren Kreide (Berriasien-Valanginien) gebrochen werden (oder wurden). Heute wird im Steinbruch der Firma „Vincent et Fils“ hauptsächlich Schotter gewonnen, und der Werksteinabbau beschränkt sich auf einen kleinen Teil des Steinbruchareals. Es handelt sich um weitständig geklüftete, dickbankige oolithische Kalksteine, die mit 5-10  flach nach SE einfallen. Das Messbohrloch erreichte eine Tiefe von 15.30 m. Nur zwischen 5.25-7.65 m war das Gestein stark geklüftet, teilweise mit Verkarstungserscheinungen auf den Klüften. Von Nachteil waren sedimentäre Schlierentexturen, in denen Kalksteine mit millimeterfeinen Mergellagen wechsellagerten und das Gestein unregelmässig durchzogen. Zur Tiefe hin wurde die Schlierentextur schwächer. Die für die Schlitzsonde-Messungen besten Gesteinspartien wurden dementsprechend erst ab einer Tiefe von 8.70 m angetroffen. Zu Beginn der Messungen stand das Wasser im Bohrloch bis auf 3.90 m Tiefe, konnte aber, da kein nennenswerter Zufluss erfolgte, ohne Schwierigkeiten auf über 11 m abgesenkt werden. In 38 Messprofilen wurden Schlitzsonde-Messungen ausgeführt, aus denen 23 Spannungswerte berechnet werden konnten.

4.30 Cordon

Der aufgelassene Steinbruch in bankigen und plattigen oolithischen Kalksteinen der Unterkreide (Berriasien-Valanginien) war der südlichste Messpunkt im Jura (Abb. 9, Nr. 30). Die Schichten fallen mit 25  nach SW ein. Da in diesem Steinbruch mit einem sehr hohen Grundwasserspiegel gerechnet werden konnte, wurde das Messbohrloch nur auf 5.00 m abgeteuft. Für die Schlitzsonde-Messungen konnte das Grundwasser durch wiederholtes Abpumpen temporär auf 4 m abgesenkt werden. Das angetroffene Gestein war durchweg von geringer Qualität: der teilweise schlierige oolithische und mikritische Kalkstein war zwischen 0.40-1.85 m, 2.75-3.47 m und 3.80-5.00 m sehr stark geklüftet. Entsprechend konnten nur wenige

Schlitzsonde-Messungen ausgeführt werden. Sechs Spannungswerte wurden berechnet.

4.31 Culoz

Der aufgelassene Steinbruch liegt im Ortszentrum von Culoz im südlichen Jura (Abb. 9, Nr. 31). Es sind dickbankige, sparitische Kalksteine des Mittleren Juras (Bajocien) aufgeschlossen, die mit 40° nach E einfallen. Ähnlich wie in Cordon, konnte auch hier mit einem hohen Grundwasserspiegel gerechnet werden. Entsprechend wurde das Bohrloch nur bis in eine Tiefe von 6.20 m abgeteuft. Nur oberhalb von 1.30 m und unterhalb von 4.85 m war der Fels stark geklüftet. Im Übrigen war das Gestein von hervorragender Qualität: dickbankig und hart mit nur wenigen Inhomogenitäten. Wie sich herausstellte, stammt der Sparit von Seelilien-Stilgliedern. Der Kalkstein kann daher als Crinoidenkalk bezeichnet werden. Der Kluftwasserspiegel lag bei 4.80 m und konnte nicht wesentlich abgesenkt werden. Die Schlitzsonde-Messungen lieferten insgesamt 15 Spannungswerte. Die Spannungswerte oberhalb von 3 m sowie der Wert aus einer Tiefe von 4.80 m wurden nicht für die weitere Interpretation verwendet. In Culoz ist mit einem starken Topographieeffekt zu rechnen. Die Messlokation liegt am Fusse des Grand Colombier, der in einer Entfernung von nur 4000 m um mehr als 1200 m über die Steinbruchsohle aufragt.

4.32 Villebois

In dem heute nicht mehr in Betrieb befindlichen Werksteinbruch der Firma „Rocamat“ ca. 700 m westlich von Villebois im südlichen Jura stehen bankige oolithische Kalksteine des Mittleren Juras (Bathonien) an. Tektonisch liegt die Messlokation noch im Tafeljura der Ile Crémieu, die sich vor allem westlich der Rhône erstreckt. Das Messbohrloch war 14.30 m tief. Es wurden oolithische Kalksteine angetroffen, die häufig Schlierentexturen zeigten und über die gesamte Länge des Bohrloches mehr oder weniger stark verkieselt waren. Da diese Silexknollen ausgeprägte Gesteinsinhomogenitäten darstellen, wurden die Bereiche, in denen sie gehäuft auftraten, für die Schlitzsonde-Messungen gemieden. Besonders ungünstig war das Gestein zwischen 3.60-7.62 m und 8.30-9.22 m, wo neben den Sedimentschlieren und Silexknollen auch noch feine Risse und Calcitgängchen häufig auftraten. Zu Beginn der Messungen stand das Wasser bis zur Geländekante. Es handelte sich hierbei um vadoses Wasser, das in das Bohrloch eingedrungen war und nicht abfließen konnte. Da es keinen unterirdischen Zufluss gab, konnte der Wasserspiegel im Bohrloch ohne Schwierigkeiten auf unter 11 m abgesenkt werden. Aus den Schlitzsonde-Messungen konnten elf Spannungswerte berechnet werden. Das Terrain in der Umgebung des Steinbruchs ist flach und auch die Steinbruchwand ist nur 3-4 m hoch. Das Gelände steigt aber nach E über eine Entfernung von 1400 m von ca. 250 m im Steinbruchsareal auf 600 m an.

4.33 Crançot

Der Schottersteinbruch der Firma „Roux SA“ liegt ca. 1 km SE von Briod und ca. 6.5 km E von Lons-le-Saunier am Westrand des Faltenjura (Abb. 9, Nr. 33). Aufgeschlossen sind bankige, wenig geklüftete und kaum verkarstete oolithische Kalksteine des Mittleren Juras (Bajocien). Das insgesamt 14.11 m tiefe Messbohrloch erschloss ein für Schlitzsonde-Messungen hervorragend geeignetes Gestein, das nur

oberhalb von 5 m schwach und unterhalb von 8 m nicht mehr geklüftet war und, abgesehen von gelegentlichen Schlierentexturen, schwachen Stylolithensäumen und feinen Calcitgängen, keine nennenswerten Inhomogenitäten aufwies. Unmittelbar vor dem Messbeginn, nach mehr als 5-wöchiger Trockenperiode, stand das Wasser im Bohrloch noch immer bei 1.60 m. Aufgrund massiven Zuflusses konnte der Kluftwasserspiegel nicht signifikant über längere Zeit abgesenkt werden. Die Schlitzsonde-Messungen konnten daher nur in einer Tiefe von bis zu 1.50 m durchgeführt werden. Die Messungen aus vier Tiefenabschnitten lieferten nur zwei Spannungswerte.

5. Bewertung der Messergebnisse

Eine Zusammenfassung der Schlitzsonde-Messungen gibt die Tabelle 1. Sofern nicht besondere Umstände gegen die weitere Verwendung einzelner Messdaten aus einer Lokation sprachen, z.B. Klüfte oder Bankungsfugen in unmittelbarer Nähe des Messprofils oder durch Sprengungen bedingte Auflockerungen des Felses (vgl. Kap. 4.1 - 4.33, Anhang C und D), wurden alle erhaltenen Spannungswerte für die Berechnung der mittleren Hauptspannungsbeträge und Hauptachsenorientierungen sowie ihrer Standardabweichungen verwendet. Bezogen auf das arithmetische Mittel der Hauptachsenorientierung wurden die verbleibenden Einzelmessungen mit besonders grosser Abweichung vom Mittelwert einem Ausreissertest nach Nalimov (Kaiser & Gottschalk 1972) unterzogen, vorausgesetzt, es standen wenigstens drei Einzelmessungen zur Verfügung. Alle Einzelmessungen, die mit diesem Testverfahren als hoch signifikante, signifikante oder wahrscheinliche Ausreisser identifiziert wurden, sind aus dem Datensatz entfernt worden. Anschliessend wurden die restlichen Daten einem erneuten Nalimovtest unterzogen. Diese Prozedur wurde solange fortgeführt, bis keine Ausreisser mehr identifiziert werden konnten oder die Anzahl der Ausreisser im Vergleich zur Gesamtanzahl der Einzelmessungen 40% überstieg. Letzteres traf nur auf die Lokation Cordon zu.

Abgesehen von der Entfernung einzelner geologisch oder statistisch angezeigter Messwerte (vgl. Anhang C und D sowie Kapitel 4.1 – 4.33), wurden an den Daten keine Korrekturen vorgenommen. Stattdessen wurde versucht, die Verlässlichkeit des Ergebnisses einer Messlokation in Bezug auf eine tektonische Entstehung der ermittelten Spannungen über eine Qualitätseinstufung abzuschätzen (Qualität A – D in Tabelle 1). Details zu der hier angewendeten Qualitätseinstufung können bei Becker & Paladini (1990) nachgelesen werden. Neben den rein statistischen Angaben, wie z.B. der Anzahl der verwendeten Messungen und der Standardabweichung der Hauptachsenorientierung (θ_H), wird vor allem versucht, den Einfluss der Topographie, der Gesteinsinhomogenität und –anisotropie sowie den Einfluss möglicher Residualspannungen auf die Schlitzsonde-Messresultate qualitativ abzuschätzen. Schon bei der Auswahl der Messlokationen wurde darauf geachtet, dass diese Einflussfaktoren so gering wie möglich gehalten werden konnten.

Topographieeffekte infolge einer ungleichmässigen Belastung der Erdoberfläche durch Gravitationskräfte wirken sich bei oberflächennahen Messungen besonders stark aus. Ein wesentliches Augenmerk bei der Auswahl der Messlokationen wurde daher auf mögliche Topographieeinflüsse gelegt. Die grössten Schwierigkeiten ergaben sich in diesem Zusammenhang bei der Auswahl geeigneter Lokationen im nördlichen Jura sowie dem Jura-Innenbogen. Im nördlichen Jura sind die Täler relativ

Tabelle 1 Ergebnisse der Schlitzsonde-Messungen mit Nummer der Messlokation entsprechend Abb. 9, Name der Messlokation, geographischer Länge und Breite, minimaler (d_{\min}) und maximaler (d_{\max}) Messtiefe, Anzahl der Messungen (n_o) und Anzahl der für die weitere Analyse verwendeten Messungen (n) nach den im Text beschriebenen Auswahlkriterien, maximalem (S_H) und minimalem (S_h) ebenen Spannungsbetrag, Azimut der maximalen ebenen Hauptspannung (θ_H) sowie der Qualitätsansprache entsprechend Becker & Paladini (1990).

Nr.	Messlokation	Länge Breite	d_{\min} (m) d_{\max} (m)	n_o n	S_H (MPa) S_h (MPa)	θ_H (N...°E) Qualität
1	Seewen	7.669 E	1.30	12	0.9±2.5	165±22
		47.420 N	7.55	9	-3.8±3.6	C
2	Courchavon	7.054 E	2.05	6	4.9±2.2	3±19
		47.438 N	7.67	6	1.6±1.8	C
3	Liesberg	7.361 E	2.65	6	0.9±0.6	15±25
		47.404 N	13.15	5	0.4±0.3	C
4	Le Sentier	6.248 E	1.05	5	8.7±5.5	177±17
		46.638 N	8.80	5	3.9±2.8	C
5	Vauffelin	7.289 E	1.37	7	3.6±1.2	20±19
		47.183 N	7.85	6	-0.3±1.2	C
6	La Chaux-de-Fonds	6.849 E	1.65	14	3.2±1.5	176±16
		47.117 N	14.20	10	1.5±1.0	B
7	Olten	7.907 E	2.85	8	2.5±1.5	16±14
		47.343 N	12.00	8	-1.3±2.7	C
8	Le Bémont	7.030 E	1.60	10	3.2±1.4	148±16
		47.255 N	17.02	7	1.4±0.6	C
9	Charmoille	7.221 E	3.90	1	1.8	79
		47.426 N	3.90	1	0.8	D
10	Brislach	7.538 E	2.35	13	2.0±1.2	106±22
		47.429 N	7.15	10	1.0±0.6	B
11	Villarod	7.016 E	0.95	16	3.3±0.9	3±17
		46.708 N	7.95	13	2.1±0.9	B
12	Solothurn	7.534 E	2.65	6	5.0±5.0	173±18
		47.223 N	9.75	4	-3.0±4.1	D
13	Cornaux	7.009 E	7.75	19	9.7±4.1	177±23
		47.041 N	13.00	13	4.8±3.9	C
14	La Chaux-du-Milieu	6.718 E	1.65	10	2.2±1.1	177±10
		47.014 N	13.75	6	0.3±1.8	C
15	Courrendlin	7.378 E	1.95	5	1.6±1.7	178±19
		47.333 N	5.15	5	-1.6±2.8	C
16	Sancey-le-Long	6.558 E	1.10	7	1.2±0.7	24±27
		47.309 N	6.00	7	0.5±1.1	C
17	Maîche	6.778 E	4.05	12	2.0±0.8	28±21
		47.239 N	11.75	10	-0.1±2.1	B
18	Valdahon	6.323 E	1.05	9	2.2±0.6	177±13
		47.151 N	7.25	8	1.1±1.2	B
19	Samson	5.871 E	1.95	13	2.1±0.9	110±15
		47.059 N	9.75	11	0.6±0.9	A

Nr.	Messlokation	Länge Breite	d_{\min} (m) d_{\max} (m)	n_o n	S_H (MPa) S_n (MPa)	θ_H (N...°E) Qualität
20	Sombacour	6.233 E 46.971 N	4.40 12.25	14 13	2.7±1.1 0.4±1.4	6±15 A
21	Mérey-sous-Montrond	6.079 E 47.168 N	2.10 12.75	13 11	1.3±1.0 -0.5±1.9	134±24 C
22	Bief-des-Maisons	6.039 E 46.710 N	0.95 7.90	3 3	6.4±3.1 3.5±0.8	169±20 C
23	Véria	5.405 E 46.456 N	2.15 12.85	22 14	3.3±1.7 0.2±2.7	180±7 B
24	Villette	5.441 E 46.174 N	1.10 10.35	16 15	8.1±2.7 3.3±2.3	3±18 B
25	Linn	8.116 E 47.478 N	1.95 7.55	9 7	2.2±0.8 1.4±0.6	21±10 B
26	Marchaux	6.117 E 47.328 N	2.75 10.35	16 12	5.6±2.3 3.0±1.7	104±14 B
27	Meussia	5.736 E 46.497 N	1.90 11.30	14 11	12.5±8.6 0.8±6.4	128±19 B
28	Lamoura	5.959 E 46.397 N	1.65 10.95	15 10	1.6±0.7 0.9±0.3	134±11 B
29	Hauteville	5.577 E 45.980 N	1.00 11.25	23 20	5.3±2.4 2.1±1.6	120±24 C
30	Cordon	5.627 E 45.621 N	1.90 3.75	6 4	4.8±3.3 1.9±1.0	21±8 C
31	Culoz	5.782 E 45.847 N	1.35 4.80	15 8	4.1±2.6 2.8±1.6	19±17 D
32	Villebois	5.429 E 45.851 N	1.35 10.80	11 9	3.1±1.2 1.3±0.5	36±12 C
33	Crançot	5.635 E 46.677 N	1.00 1.45	2 2	5.5±3.6 1.9±1.3	96±15 D

eng und die zumeist schmalen Steinbrüche schmiegen sich den Talflanken an. Im Jura-Innenbogen liegt das Problem in der relativ geringen Entfernung zum Jurahauptkamm mit den höchsten Jurabergen sowie dem Übergang zum Molassebecken, das gerade in seinem nördlichen Teil keinen für Schlitzsonde-Messungen geeigneten Fels aufweist. Keine Probleme mit Topographieeffekten sind für die Messlokationen im zentralen und westlichen Teil des Jura zu erwarten, da dort das Relief insgesamt niedriger ist als im Jura-Innenbogen und die zumeist weiten Täler und Plateaus einen ausreichenden Abstand der Messlokationen zu den benachbarten Höhenrücken oder Taleinschnitten erlauben. Die Positionen der Messlokationen in den verschiedenen Teilen des Jura sind in Anhang F in einem topographischen Höhenmodell (Dick 2000) wiedergegeben. Für die folgenden Messlokationen kann mit einem Topographieeinfluss gerechnet werden: 1, 3, 5, 9, 12, 13, 31, 32. In welcher dieser Lokationen der Topographieeinfluss so gross ist, dass die Ergebnisse für eine tektonische Interpretation ungeeignet sind, wurde durch Vergleich mit früheren Untersuchungen nach Becker & Paladini (1990) abgeschätzt. Berücksichtigt werden die Messtiefe, die Entfernung von und die Höhe der Steinbruchwand sowie die regionale Topographie in Abhängigkeit vom Relief innerhalb eines Radius von bis zu 4 km. Steigt das Relief in einem Umkreis von 4 km

um eine Messlokation um mehr als 800 m an, so ist im Falle oberflächennaher Messungen bis 10 m Tiefe infolge der ungleichmässigen Massenverteilung mit starken Topographieeffekten zu rechnen und die Resultate erhalten eine Qualitätseinstufung D. Das traf auf die Lokationen Culoz (31) mit 1200 m sowie Solothurn (12) mit 900 m auf 4 km Entfernung zu. Eine D-Qualität wird ebenfalls zugewiesen, wenn der Abstand zur Steinbruchwand im Falle oberflächennaher Messungen kleiner oder gleich der einfachen Höhe der Steinbruchwand ist. Das wurde von keiner Messlokation erfüllt, die Lokation Courrendlin (15) kommt dem aber bereits sehr nahe.

Die Auswertetheorie setzt homogenes und isotropes Gestein voraus. Die Auswahl der Messlokationen sowie der Abschnitte im Bohrloch nahm bereits Rücksicht auf diese Anforderungen, allerdings können diese Bedingungen von natürlichem Gestein nur annäherungsweise erfüllt werden. Markante Inhomogenitäten sind die Klüftung und der lagige Aufbau der Sedimentgesteine. Der Einfluss der Klüftung auf das Messergebnis einer Lokation muss in Beziehung stehen zur Anzahl der Einzelmessungen. Nur eine genügende Anzahl von Einzelmessungen erlaubt es, eine genügende Anzahl von Klüftkörpern zu beproben und damit das Messergebnis statistisch abzusichern. Klüftung bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Trennfugen geschlossen sind und eine Spannungsübertragung über Felskontakte und Materialbrücken zwischen den Klüftkörpern möglich ist. Erhöhte Klüftung führt zu einer geringeren Qualitätseinstufung. Lokationen mit vielen offenen oder lehmverfüllten Spalten wurden im Rahmen des vorliegenden Projektes nicht als potentielle Messlokationen angesehen.

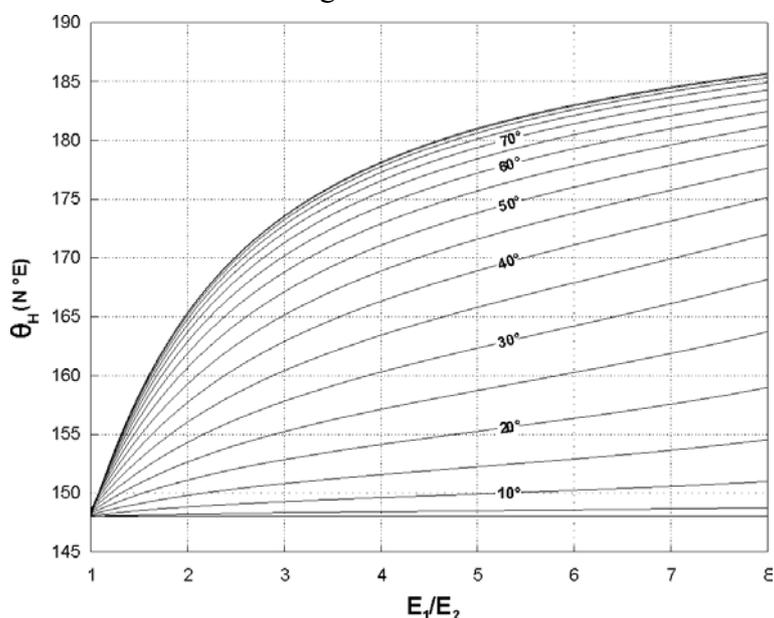


Abb. 13 Horizontale Hauptachsenorientierung (θ_H) in Abhängigkeit von der Gesteinsanisotropie, ausgedrückt durch das Verhältnis E_1/E_2 mit E-Modul E_1 parallel und E_2 senkrecht zur Schichtung, und mit Schichtneigungen zwischen 0 und 90° am Beispiel der Lokation Le Bémont. Der θ_H -Azimut von N148°E ist der Wert, der für die Messlokation Le Bémont unter der Annahme isotroper Materialeigenschaften berechnet wurde.

Transversal-isotropes Materialverhalten, wie es in geschichteten Sedimentgesteinen zu erwarten ist, lässt sich in der Auswertetheorie für die Schlitzsonde-Messungen relativ leicht berücksichtigen. Unter der Annahme, dass die Schichtebene die Ebene der Isotropie darstellt, geht die Gleichung (5) über in:

$$\varepsilon_{\varphi\varphi} = (E_2 - E_1 \nu_2^2) E_1^{-1} E_2^{-1} [(\sigma_{xx} + \sigma_{yy}) - 2(\sigma_{xx} - \sigma_{yy}) \cos 2\varphi - 4\tau_{xy} \sin 2\varphi] \quad (12)$$

E_1 ist der E-Modul bei Last parallel zur Schichtung, E_2 unter Last senkrecht zur Schichtung und ν_2 die Poissonzahl bei Last senkrecht zur Schichtung. Die Gleichung (12) kann aber nur angewendet werden, wenn das Bohrloch senkrecht zur Schichtung verläuft, die Messungen also in der Ebene der Isotropie liegen. In diesem Fall ist der Einfluss auf die Hauptachsenorientierung selbst bei ausgeprägter Anisotropie vernachlässigbar (vgl. Abb. 13). Verläuft das Bohrloch nicht mehr senkrecht zur Schichtung, so kann schon bei relativ geringer Anisotropie in den elastischen Parametern mit deutlichen Abweichungen in der Hauptachsenorientierung gerechnet werden. In den meisten Messlokalationen war das Schichteinfallen klein und lag unter 15° . Die grösste Schichtneigung wurde in der Messlokation Le Bémont mit 65° angetroffen. In den dickbankigen Kalksteinen kann aber nur mit einer verhältnismässig geringen Anisotropie gerechnet werden, die in Bezug auf das E_1/E_2 -Verhältnis sicherlich 2 nicht übersteigen wird. Wie der Abb. 13 zu entnehmen ist, kann in diesem Fall mit einer Abweichung in der Orientierung der maximalen horizontalen Hauptspannung bis zu 15° gerechnet werden. Wären die Messungen also in horizontal geschichteten Kalksteinen durchgeführt worden, wäre mit einem θ_H -Azimut von ungefähr 163° anstelle von 148° zu rechnen (Abb. 13). Le Bémont ist aber die Ausnahme. Für die anderen Messlokalationen ist mit einem wesentlich geringeren Einfluss der Schichtneigung auf die Hauptachsenorientierung zu rechnen.

Ein weiterer Aspekt, der bei der Qualitätseinstufung berücksichtigt wird, sind thermoelastische und residuelle Spannungen. Der Einfluss thermoelastischer Spannungen auf die Messergebnisse infolge der täglichen Temperaturschwankungen in der Atmosphäre kann vernachlässigt werden, da mit den Messungen in einer Tiefe von 1 m begonnen wurde und in dieser Tiefe keine entsprechenden Effekte auftreten. Zusätzlich kommt bei der Schlitzsonde noch ein Temperatureffekt infolge des Schlitzens der Bohrlochwand hinzu. Eigene Laborexperimente haben gezeigt, dass beim trockenen Sägen in einer Entfernung von 5 mm vom Schlitz Temperaturspitzen zwischen 11 und 19°C im Gestein auftreten können. Diese Werte sinken aber innerhalb von $3 \frac{1}{2}$ min bereits wieder auf Temperaturwerte zwischen 2 und 4°C ab. Um diesen Temperatureffekt infolge des Schlitzens der Bohrlochwand so klein wie möglich zu halten, wurde (a) das Sägeblatt mit Wasser gekühlt und (b), wenn nicht gleich nach dem Sägen ein stabiler Messwert vorlag, ca. 3 min gewartet, bis sich ein stabiler Messwert einstellte (vgl. Abb. 8). Dieser Messwert wurde dann für die Berechnung der Spannungen benutzt.

Der Einfluss residueller Spannungen, die auf bereits abgeschlossene tektonische (oder auch thermische) Prozesse zurückgeführt werden und selbst dann im Gestein auftreten, wenn dieses frei von äusseren Belastungen ist, lässt sich nur schwer nachweisen. Es sprechen allerdings folgende Faktoren gegen hohe Residualspannungen in den Gesteinen des Jura: die Messungen wurden in feinkörnigen (monomineralischen) Kalksteinen durchgeführt, die mit Drucklösung und Druckverzwillingung über Mechanismen des Spannungsabbaus verfügen und die zudem im Tafeljura und Plateaujura nur wenig deformiert wurden. Letzteres trifft auf die Messlokalationen 2, 10, 15, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 27, 29, 32, 33 zu. Das Paläospannungsfeld, das mit der Jurafaltung in Zusammenhang gebracht wird, ist recht gut bekannt. Ein Vergleich mit den *in situ*-Spannungsdaten im Gebiet des Jura zeigt für viele Gebiete auffallende Abweichungen (Becker 2000, 2000a). Wenn man die vorliegenden Daten akzeptiert, kann dies als Hinweis gewertet werden, dass

Residualspannungen sehr wahrscheinlich keinen grossen Einfluss auf die Ergebnisse der Schlitzsonde-Messungen im Jura und Molassebecken haben. Direkte Residualspannungsmessungen an Bohrkernmaterial wurden aber nicht durchgeführt.

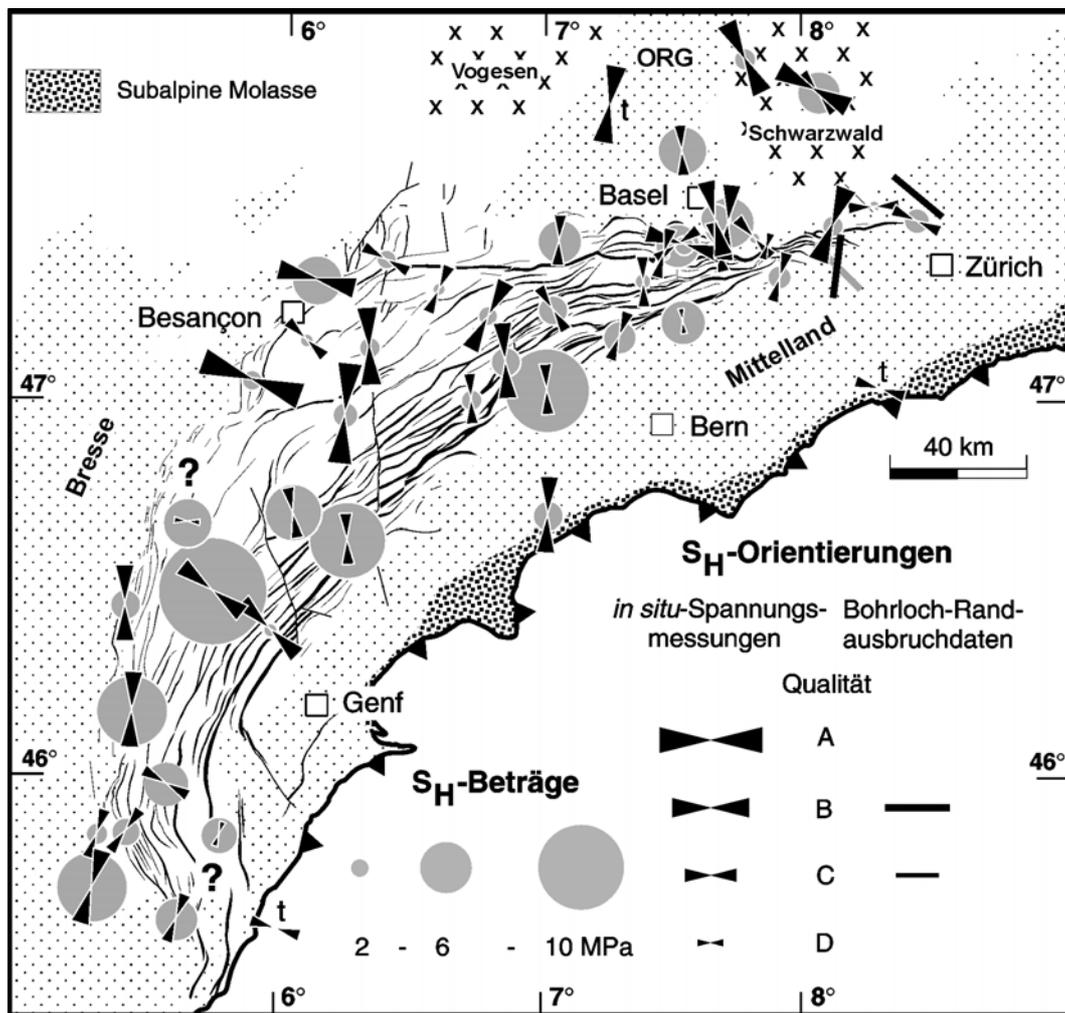


Abb. 14 Beträge und Orientierungen der grössten horizontalen Hauptspannung im Jura und in benachbarten Gebieten aus den vorliegenden (siehe Abb. 9) und früheren Messungen (t: Spannungsmessungen in grosser Tiefe) (abgeändert nach Becker 2000a). Qualitätseinstufung A bis D für die *in situ*-Spannungsdaten nach Becker & Paladini (1990).

Die beschriebenen Bewertungskriterien führten zu einer vierstufigen Qualitätsskala A (höchste) bis D (niedrigste) nach Becker & Paladini (1990). Den meisten Messlokationen wurde eine Qualität B oder C zugewiesen und werden als zuverlässige bzw. bedingt zuverlässige Indikatoren für das rezente tektonische Spannungsfeld eingestuft (Tabelle 1, Abb. 14). D-Qualität wurde 4 Lokationen zugewiesen, in denen als wichtigste Gründe entweder die zu geringe Anzahl von Messungen (Charmoille, Crançot) oder Topographieeffekt (Solothurn, Culoz) ausschlaggebend waren. Diese Lokationen lieferten keine verlässlichen Informationen zum tektonischen Spannungsfeld. Die beiden verlässlichsten Lokationen mit A-Qualität sind Samson und Sombacour (Tabelle 1, Abb. 9 und 14). Insgesamt kann

eine gute Übereinstimmung zwischen den Bohrloch-Schlitzsonde-Messungen und früheren *in situ*-Messungen mit verschiedenen anderen Verfahren festgestellt werden.

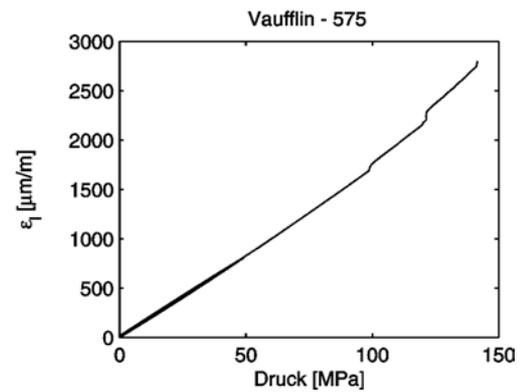
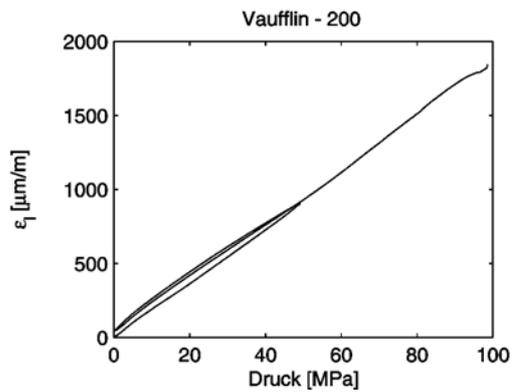
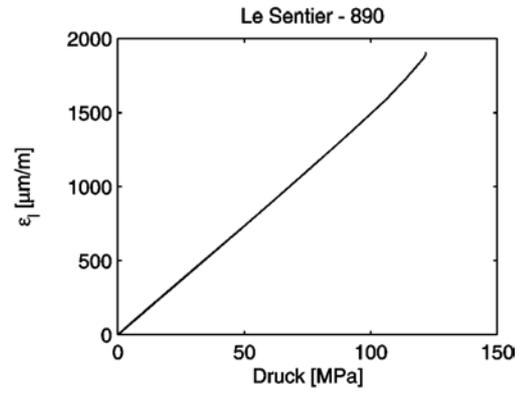
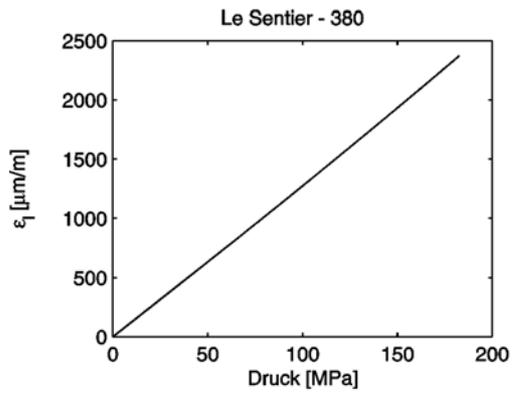
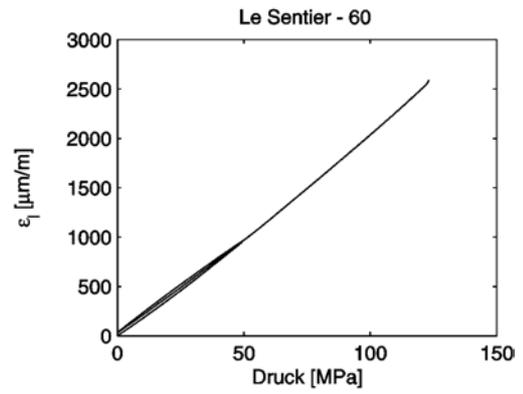
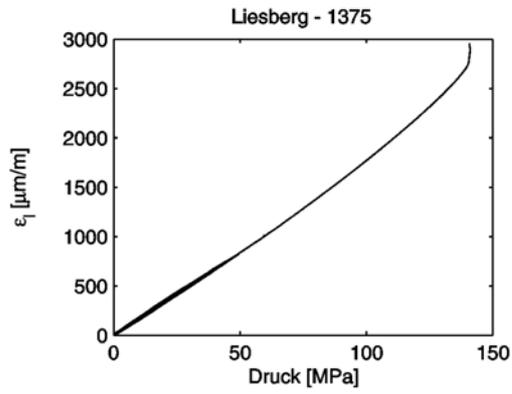
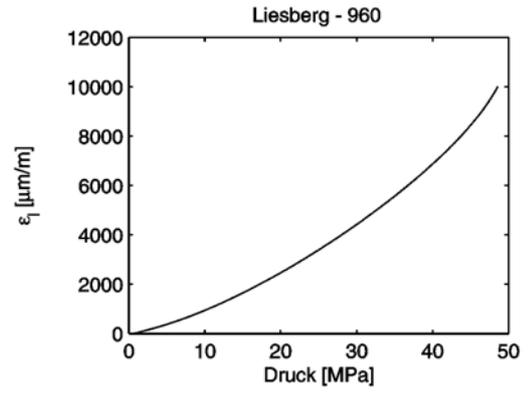
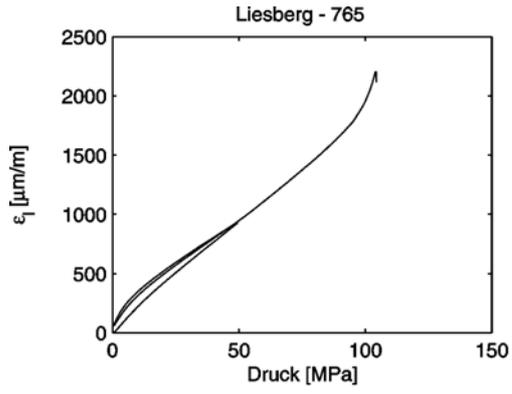
6. Schriftenverzeichnis

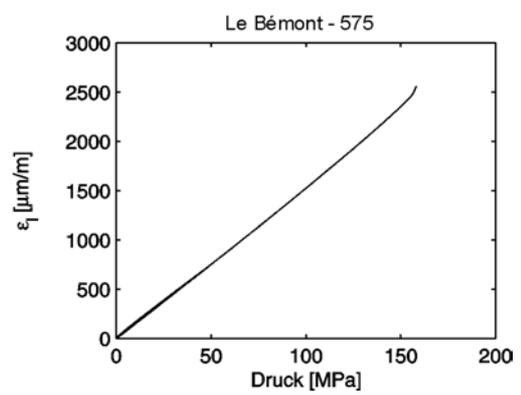
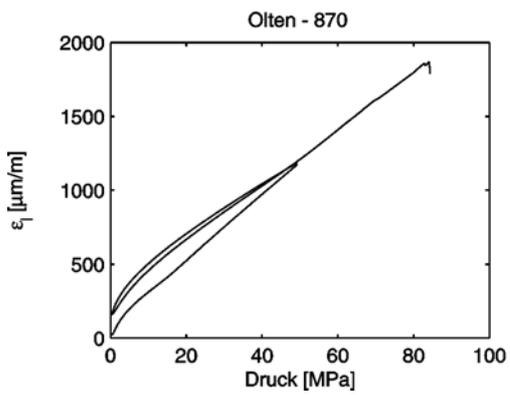
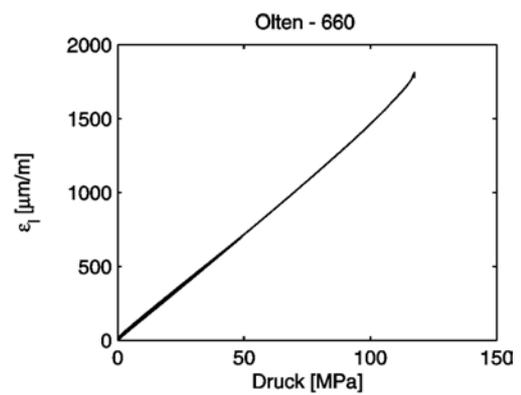
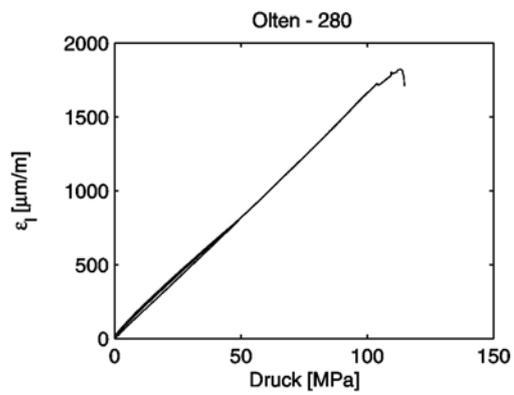
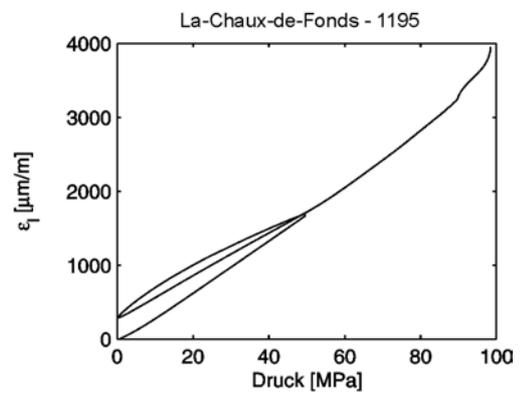
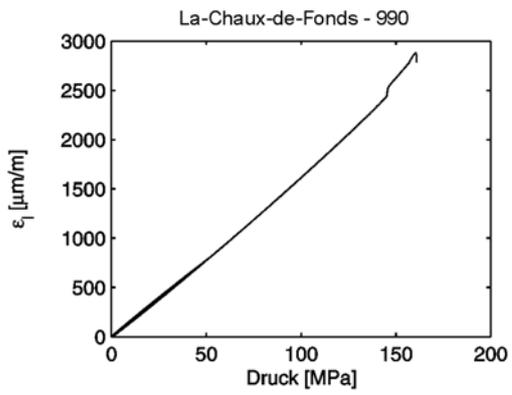
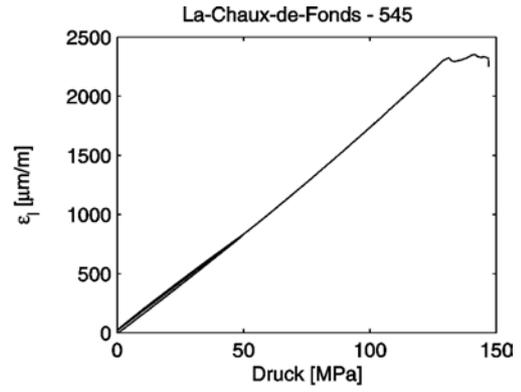
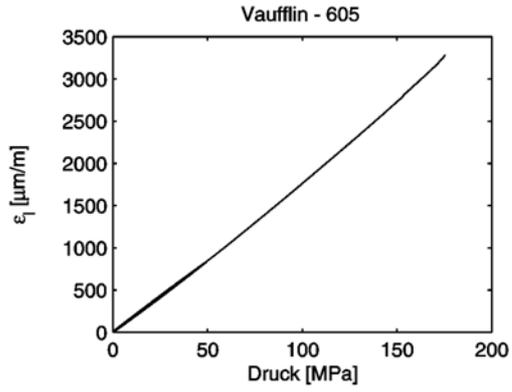
- Azzam, R. & Bock, H. (1987): Recoverable sensor for measurement of tangential strain at borehole walls – A key component in some innovative borehole instrumentation. – Proc. 2nd Int. Symp. Field Measurements in Geomechanics, Kobe, Japan, April 1987, Bd. 1: 98-111.
- Baumann, H. & Becker, A. (1986): Lokale Variation regionaler Spannungsfelder an zwei Beispielen aus SW-Deutschland und der Schweiz. – Proc. Int. Symp. Rock Stress Measurements, 1.-3. Sept., Stockholm: 45-53.
- Becker, A. (1986): Messung und Interpretation oberflächennaher *in situ*-Spannungen am Südost-Ende des Oberrheingrabens und im Tafeljura.- Diss. Univ. Karlsruhe, 221 S.
- Becker, A. (1989): Detached neotectonic stress field in the northern Jura Mountains, Switzerland.– Geol. Rdsch., **78** (2): 459-475.
- Becker, A. (1999): *In situ* stress data from the Jura Mountains – new results and interpretation. – Terra Nova, **11**: 9-15.
- Becker, A. (2000): The Jura Mountains – an active foreland fold-and-thrust belt? – Tectonophysics, **321**: 381-406
- Becker, A. (2000a): Der Faltenjura: geologischer Rahmen, Bau und Entwicklung seit dem Miozän. – Jber. Mitt. Oberrhein. geol. Ver., N.F. **82**: 317-336.
- Becker, A., Blümling, P. & Müller, W.H. (1984): Rezentenes Spannungsfeld in der zentralen Nordschweiz. – NAGRA Techn. Ber., **84-37**: 35 S.
- Becker, A., Blümling, P. & Müller, W.H. (1987): Recent stress field and neotectonics in the Eastern Jura Mountains, Switzerland. – Tectonophysics, **135**: 277-288.
- Becker, A. & Paladini, S. (1990): *In situ*-Spannungen in Nord- und Mitteleuropa.– Schr. Angew. Geol. Karlsruhe, **10**: 63 S.
- Becker, A. & Werner, D. (1994): Strain measurements with the borehole slotter.– Terra Nova, **6**, 608-617.
- Becker, A. & Werner, D. (1995): Bestimmung der Gebirgsspannung mit der Bohrloch-Schlitzsonde.– Felsbau, **13**, 134-138..
- Becker, A. & Werner, D. (1995a): Neotectonic state of stress in the Jura Mountains. – Geodynamica Acta, **8** (2): 99-111.
- Blümling, P. (1986): *In situ*-Spannungsmessungen in Tiefbohrungen mit Hilfe von Bohrlochrandausbrüchen und die Spannungsverteilung in der Kruste Mitteleuropas und Australiens.- Diss. Univ. Karlsruhe, 135 S.
- Bock, H. (1993): Measuring *in situ* rock stress by borehole slotting.– Comprehensive Rock Engineering, **3**: 433-443.
- Bock, H. & Foruria, V. (1983): A recoverable borehole slotting instrument for *in situ* stress measurements, not requiring overcoring. – Int. Symp. on Field Measurements in Geomechanics, Zurich, September 5-8, 1983: 15-29.
- Corthésy, R., He, G., Gill, D.E. & Leite, M.H. (1999): A stress calculation model for the 3D borehole slotter. – Int. J. Rock Mech. Min. Sciences, **36**: 493-508.
- Dick, P. (2000): Tectonic transport directions in the Helvetic-Subalpine thrust system of the NW-Alpine arc.- Thèse Université de Neuchâtel, Faculté des Sciences, (unpubl.)

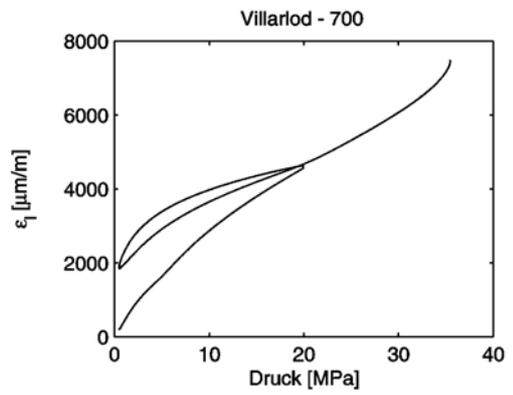
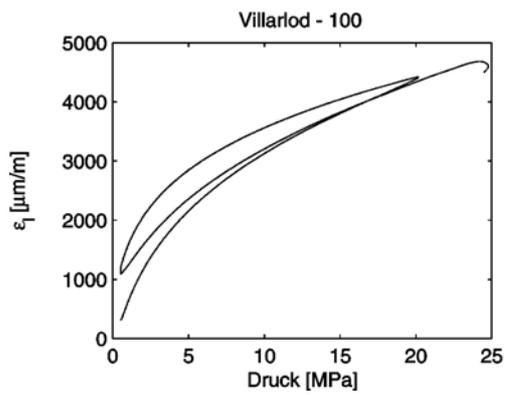
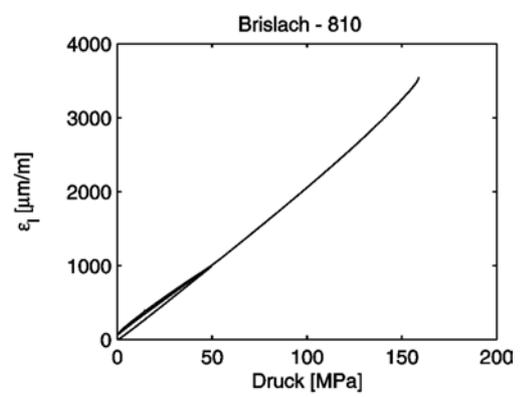
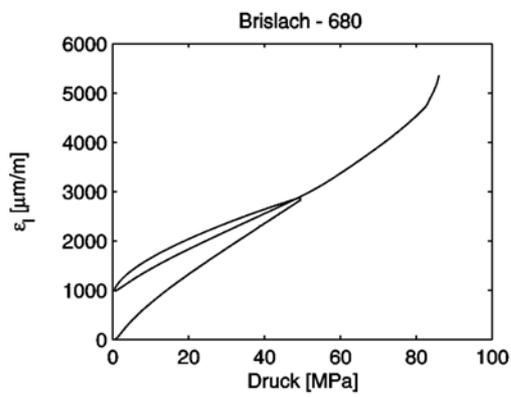
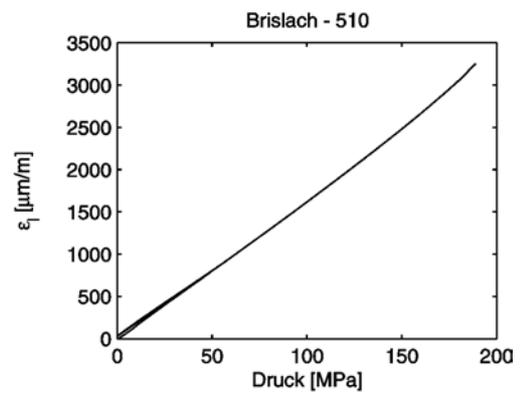
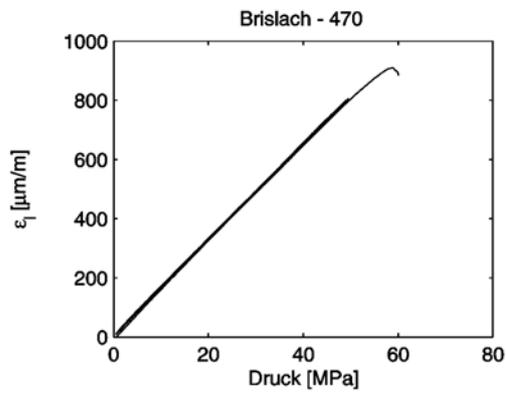
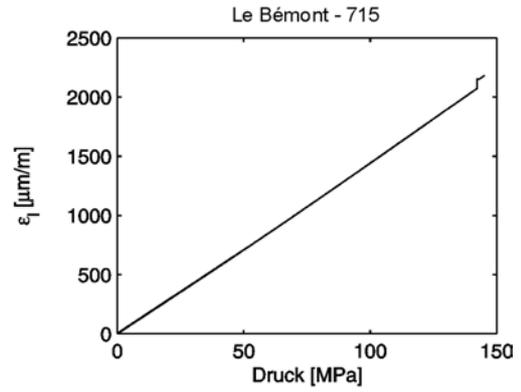
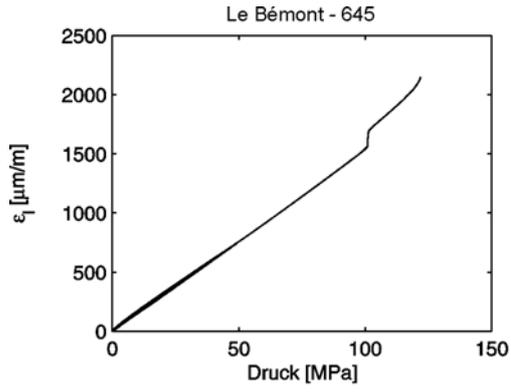
- Fairhurst, C. (1964): Measurement of *in situ* rock stresses with particular reference to hydraulic fracturing.- *Rock Mech. Eng. Geol.*, **2**: 129-147.
- Foruria, V. (1987): Borehole slotting, a new in-situ method for measuring stresses in hard rock.- MEngSc Thesis, James Cook Univ., North Queensland, 174 S.
- Glawe, U. & Blümling, P. (1997): Felsmechanische Daten, *in situ* Spannungen und Berechnungen für den Standort Wellenberg. – *Felsbau*, **15** (6): 440-447.
- Greiner, G. & Illies, J.H. (1977): Central Europe: Active or residual tectonic stresses. – *Pure Appl. Geophys.*, **115**: 11-26.
- Gysel, M. (1975): In-situ stress measurements of the primary stress state in the Sonnenberg tunnel in Lucerne, Switzerland. – *Tectonophysics*, **29**: 301-314.
- Hast, N. (1958): The measurement of rock pressure in mines.- *Sveriges Geologiska Undersökning*, **C 560**: 183 S.
- Hiramatsu, Y. & Oka, Y. (1962): Stress around a shaft or level excavated in ground with a three-dimensional stress state.- *Mem. Fac. Eng., Kyoto Univ.*, **24**: 56-76.
- Hooker, V.E. & Bickel, D.L. (1974): Overcoring equipment and techniques used in rock stress determinations.- US Bureau of Mines, Department of the Interior, IC 8618, Washington, 32 S.
- Hubbert, C.E. & Willis, D.G. (1957): Mechanics of hydraulic fracturing.- *Trans. Am. Inst. Min. Eng.*, **210**: 153-160.
- Interfels GmbH, Bad Bentheim (1991): Bohrloch-Schlitzsonde-Bedienungsanleitung.- 27 S (2. Auflage).
- Kaiser, R. & Gottschalk, G. (1972): Elementare Tests zur Beurteilung von Meßdaten.- Mannheim, B.I. Hochschultaschenbuch, Bd. 774: 68 S.
- Kirsch, B. (1898): Theorie der Elastizität und die Bedürfnisse der Festigkeitslehre.- *VDI-Z.*, 42: 707 ff.
- Leeman, E.R. (1964): Borehole rock stress measuring instruments, part 2.- *J. S. Afr. Inst. Min. Metall.*, **65**: 82-114.
- Müller, W.H., Blümling, P., Becker, A. & Clauss, B. (1987): Die Entkopplung des tektonischen Spannungsfeldes an der Jura-Überschiebung. – *Eclogae geol. Helv.*, **80** (2): 473-489.
- Pahl, A. & Heusermann, S. (1986): Stress measurements at the Grimsel Rock Laboratory. – *Geol. Jb.*, **C 45**: 24 S.
- Pahl, A., Heusermann, S. & Bräuer, V. (1989): Spannungsuntersuchungen im Granit – Ergebnisse und geologische Bewertung.- In: Maury, V. & Fourmaintraux, D. (Hrsg.): *Rock at Great Depth*. – Rotterdam (Balkema), 991- 998.

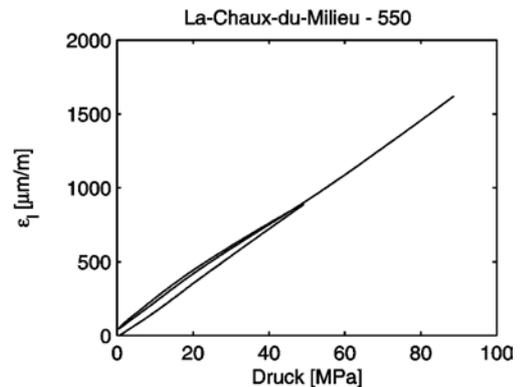
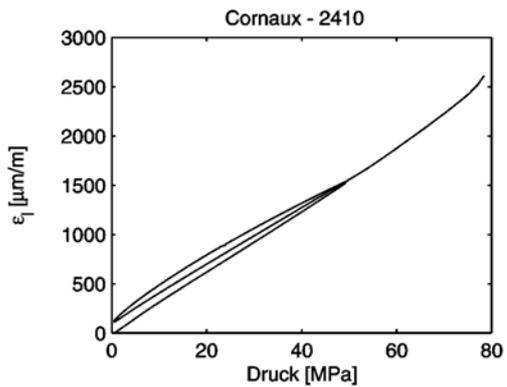
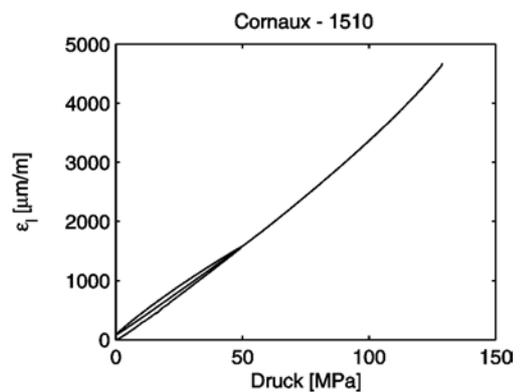
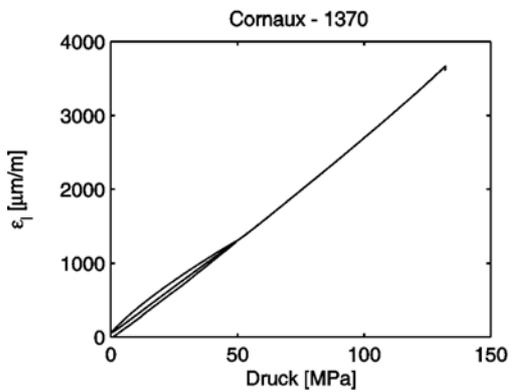
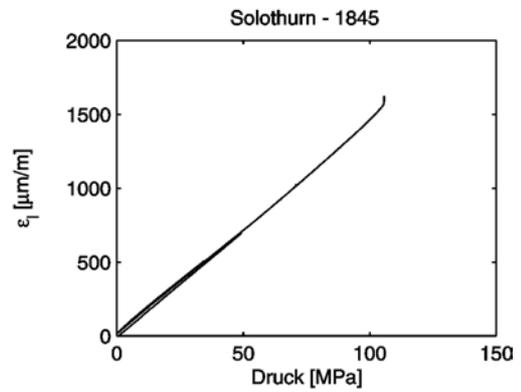
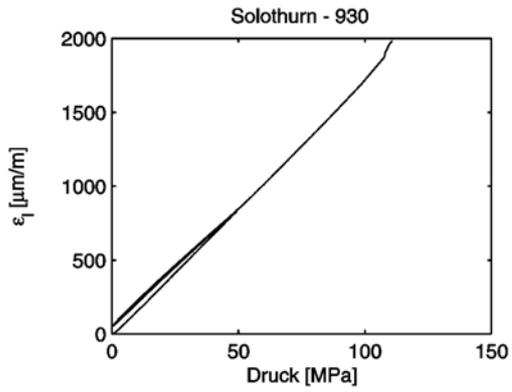
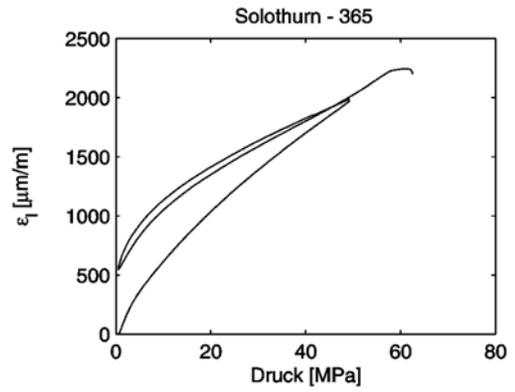
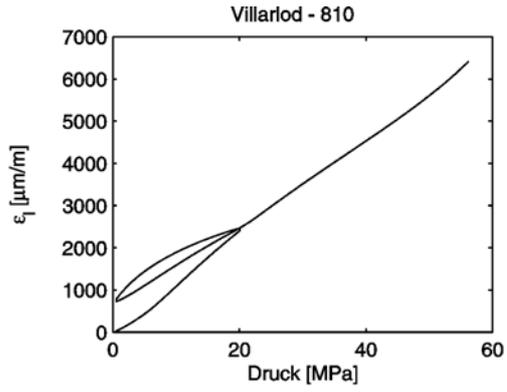
Anhang A: Last-Deformations-Diagramme

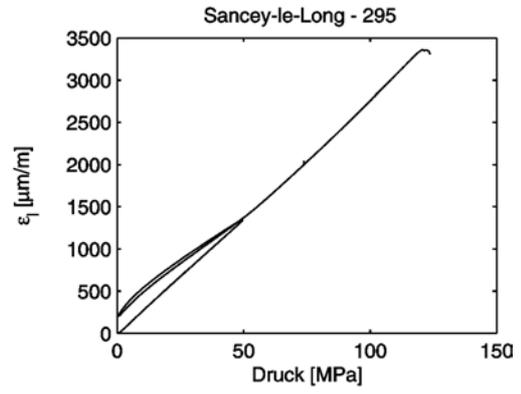
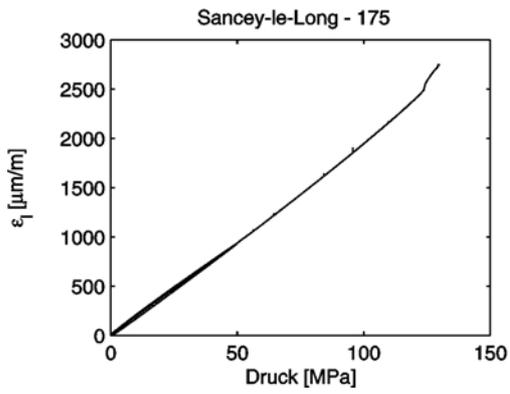
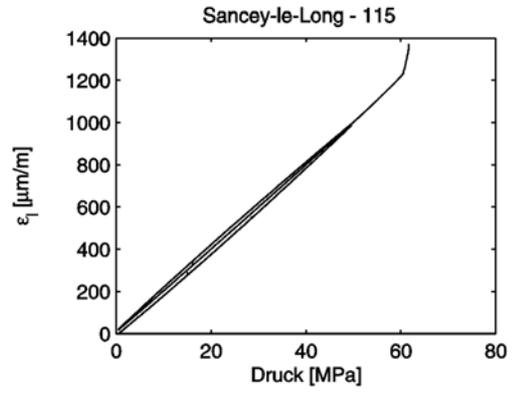
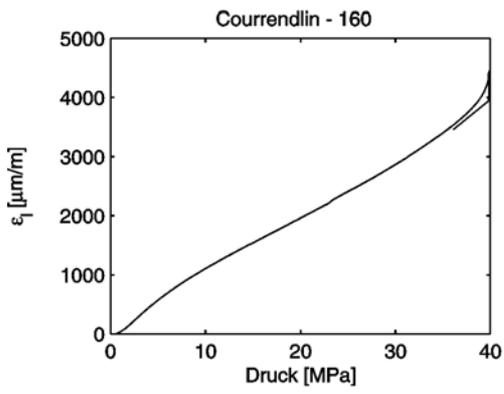
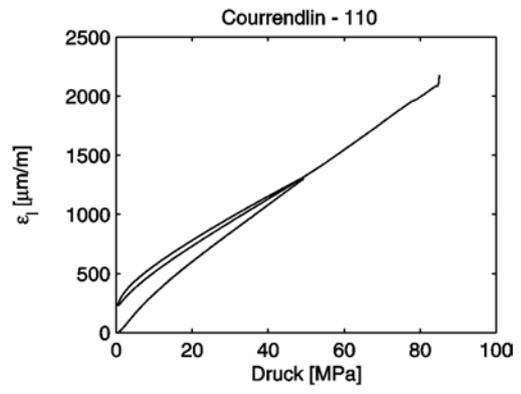
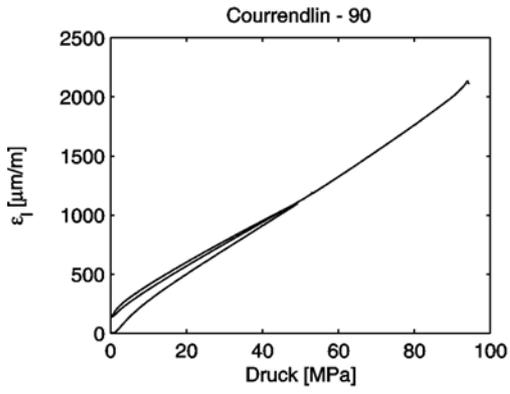
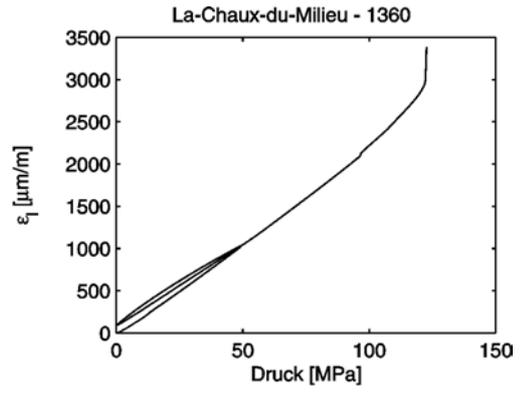
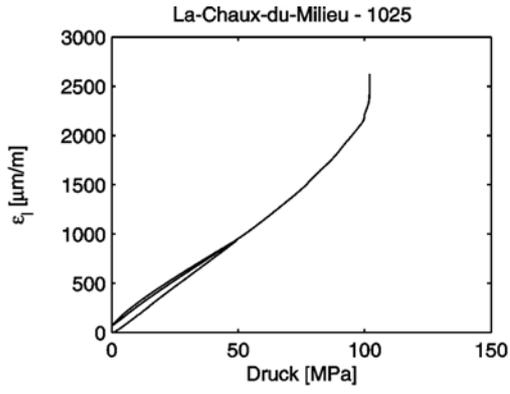
Erläuterungen: Die Last-Deformations-Diagramme von 92 an der EMPA durchgeführten 1-axialen Druckversuchen an Bohrkernen mit einem L/B-Verhältnis von ungefähr 2.2 sind nachfolgend dargestellt. Die Diagrammbezeichnung bezieht sich auf die Messlokation und die Entnahmetiefe des Bohrkerns (in cm). In den meisten Versuchen konnten $1 \frac{1}{2}$ Lastzyklen an dem trockene Bohrkernmaterial gefahren werden, bevor Versagen eintrat. Die Versuchsdauer betrug i.A. 15-20 min. Der Kurvenverlauf nach dem Eintreten des Versagens der Probe wurde aus graphischen Gründen z.T. abgekürzt dargestellt.

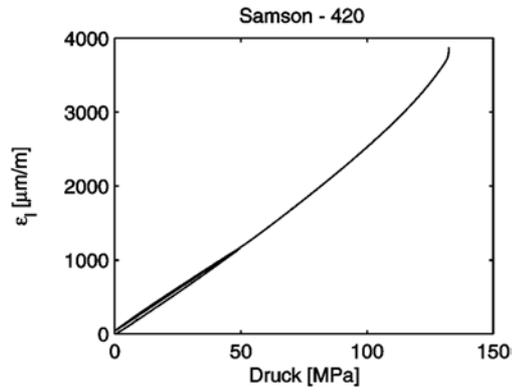
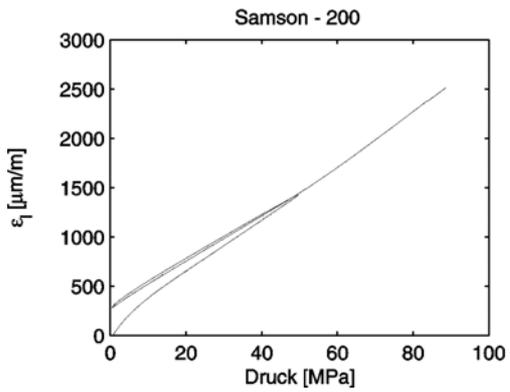
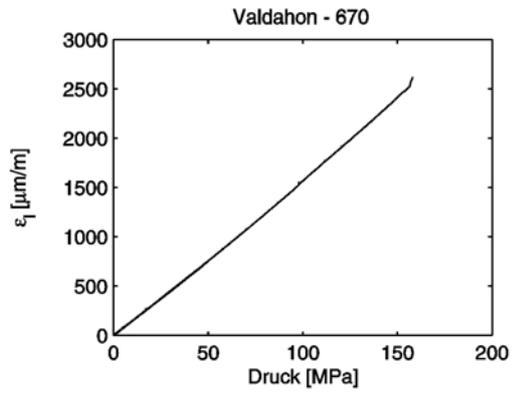
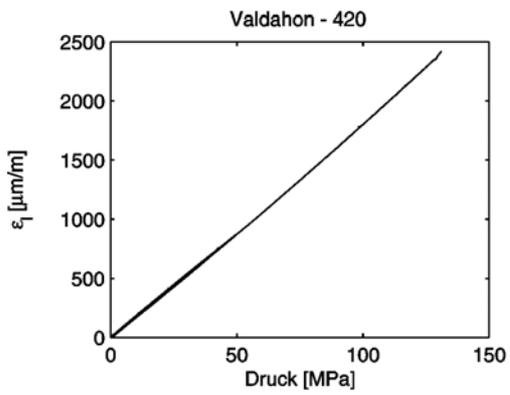
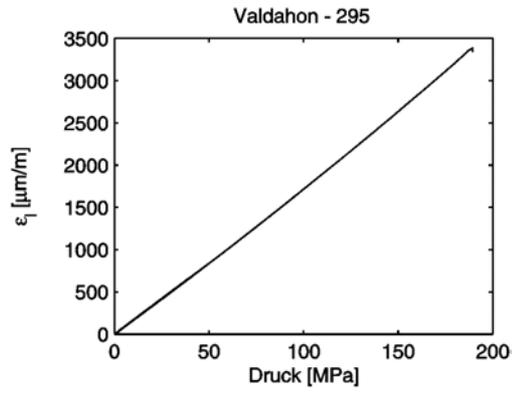
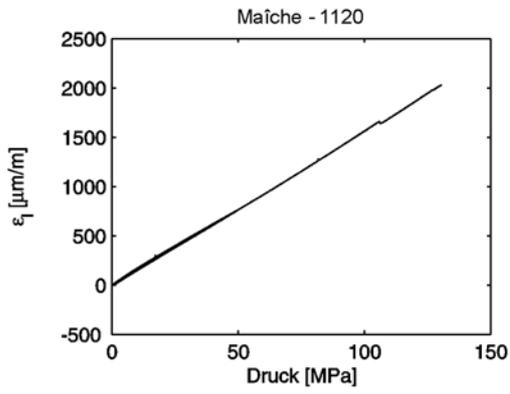
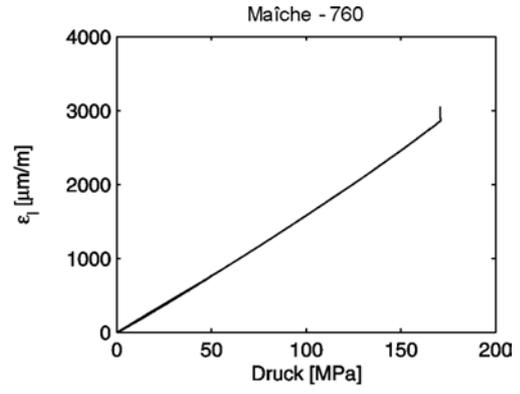
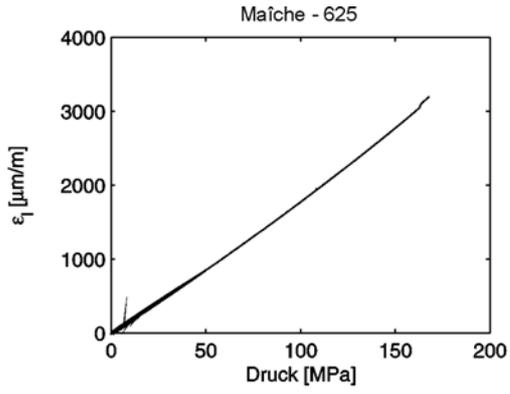


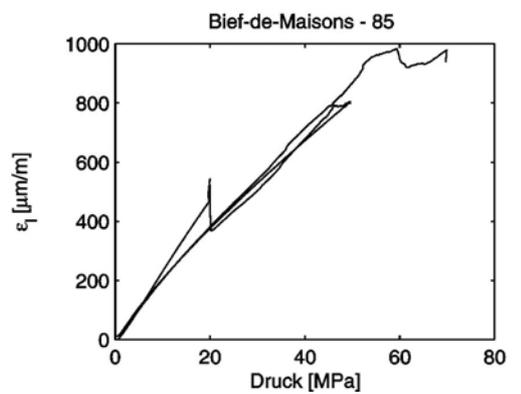
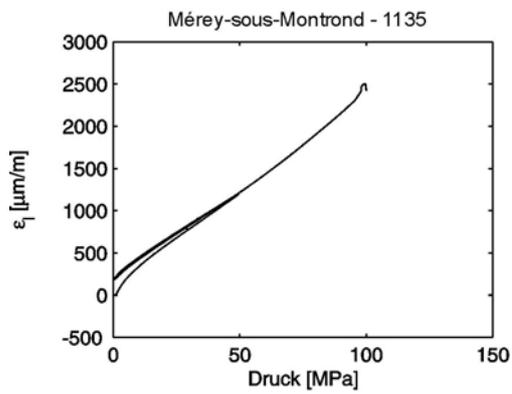
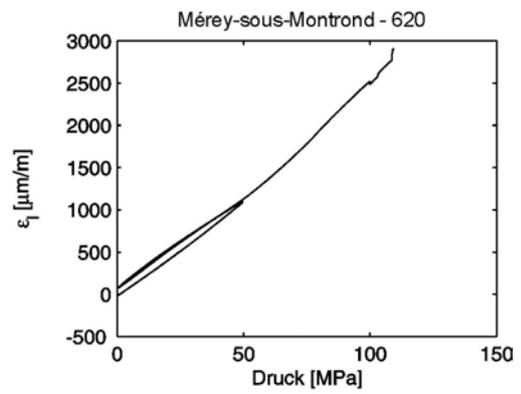
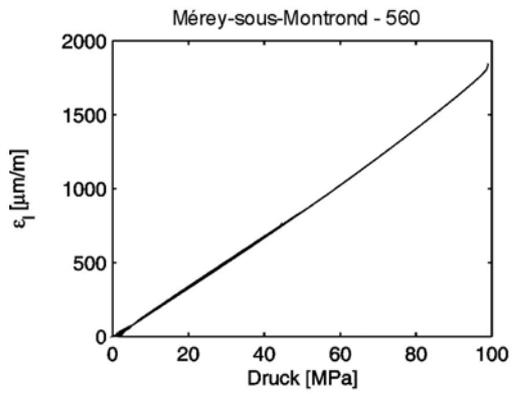
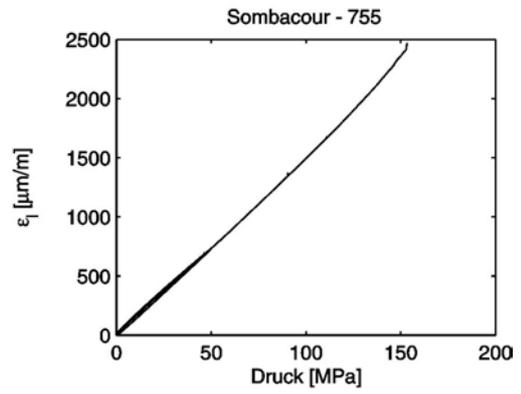
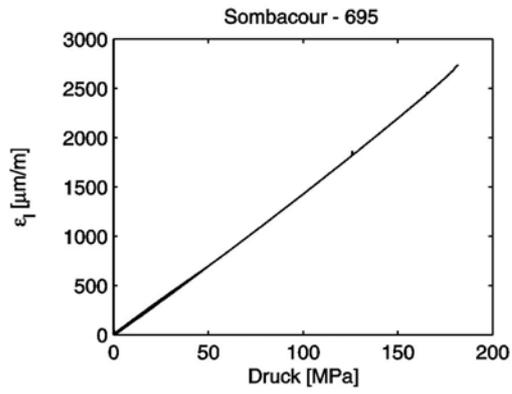
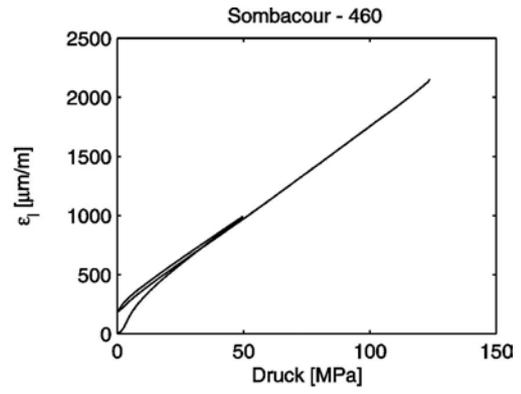
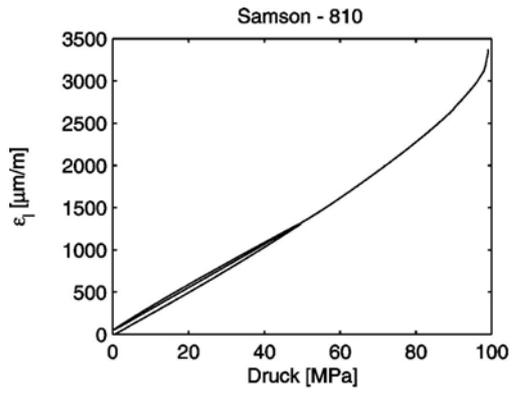


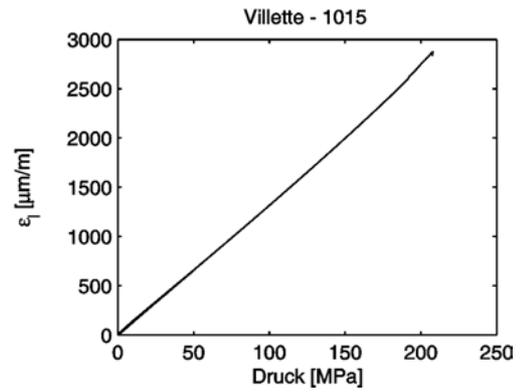
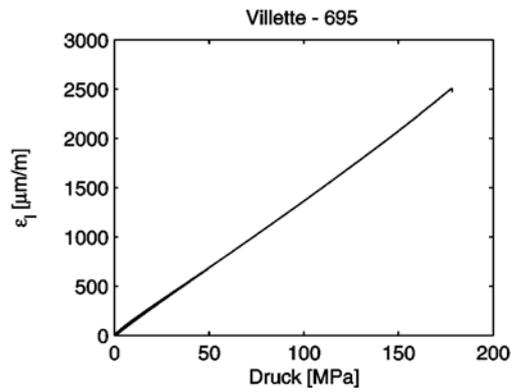
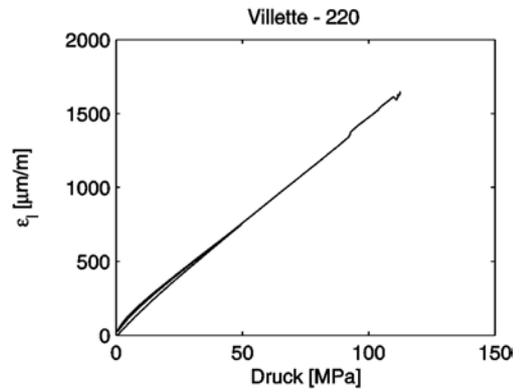
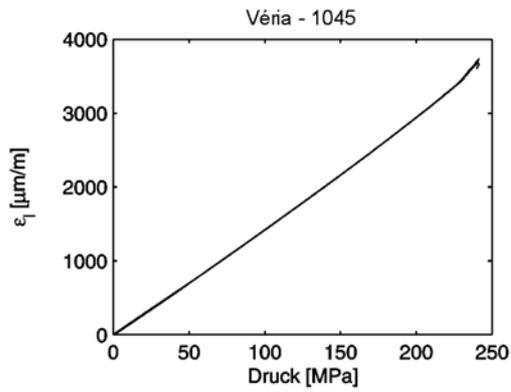
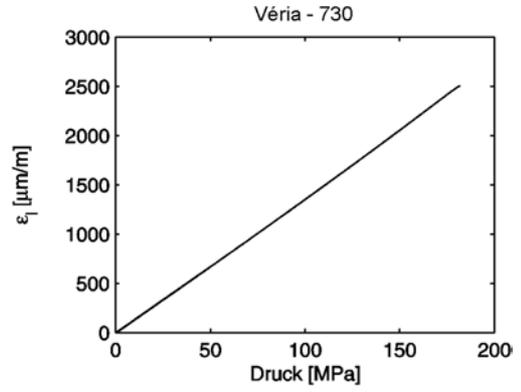
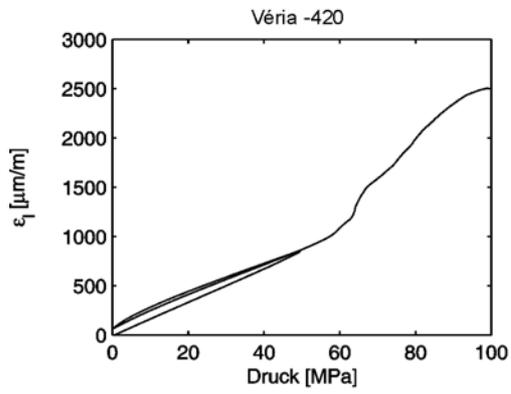
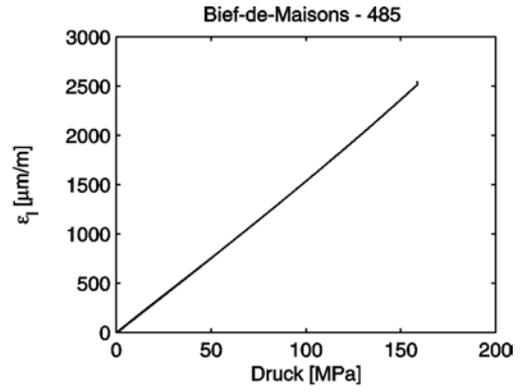
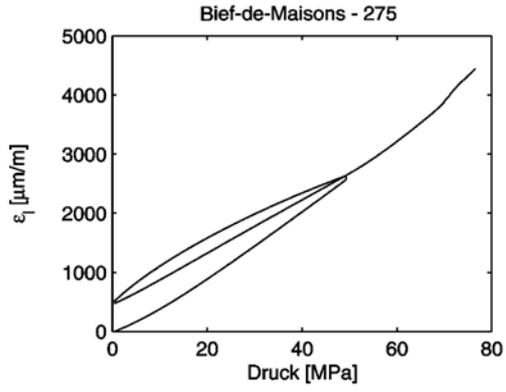


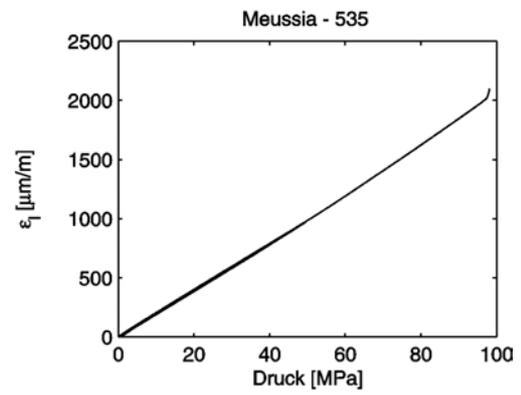
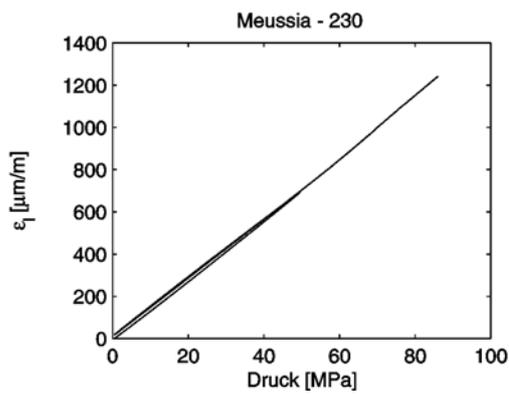
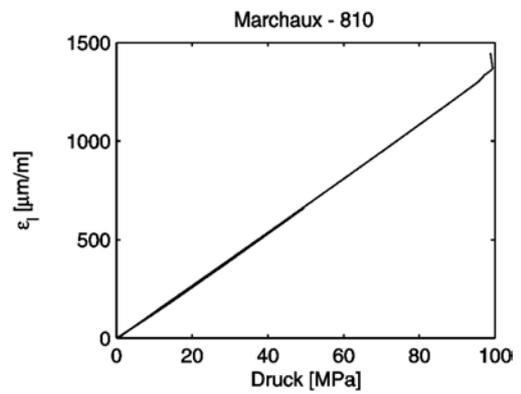
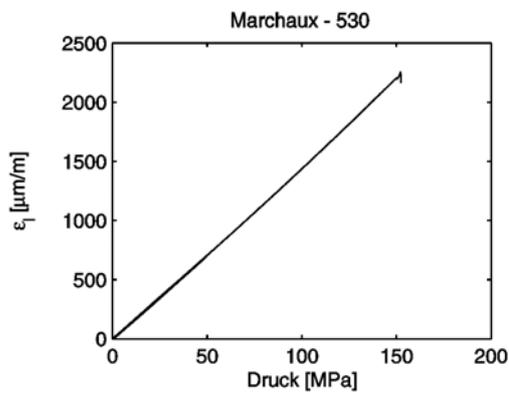
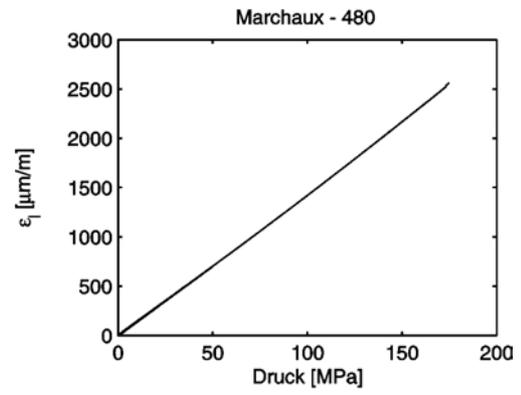
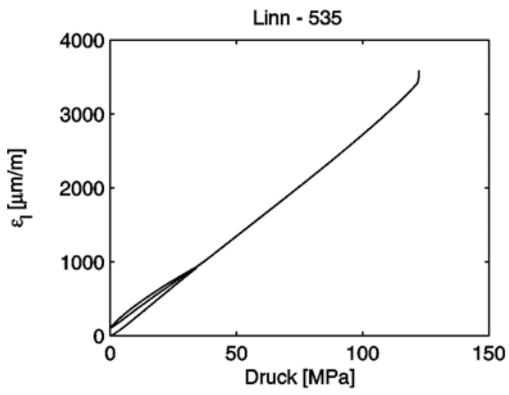
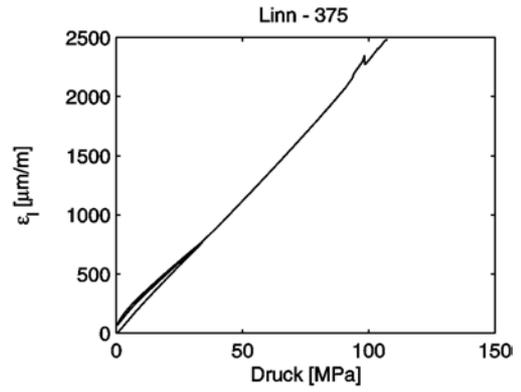
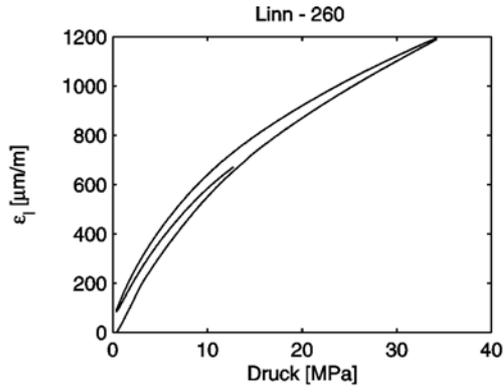


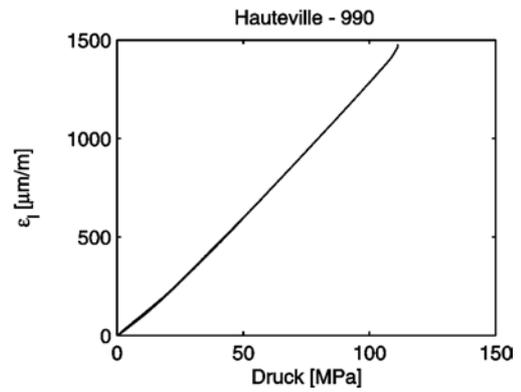
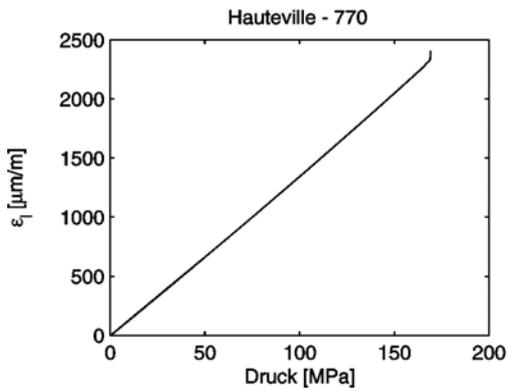
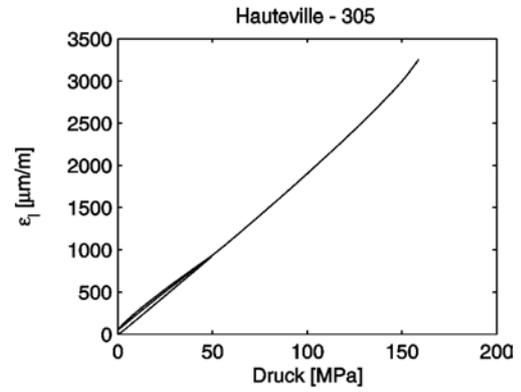
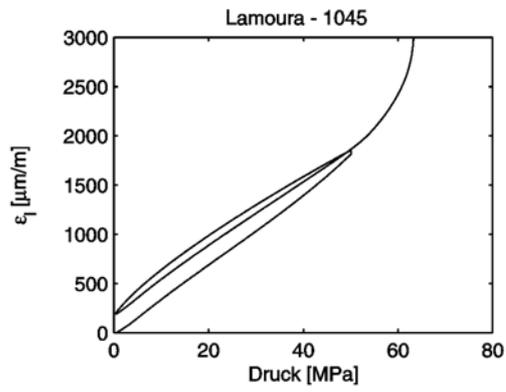
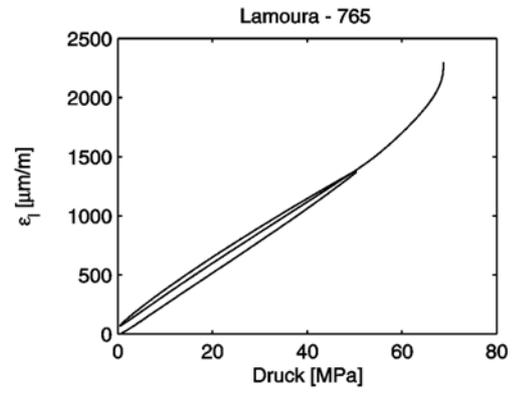
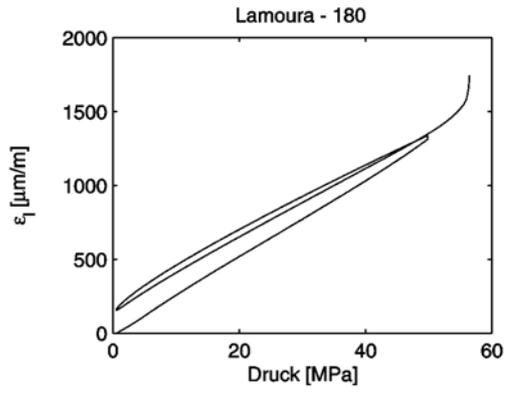
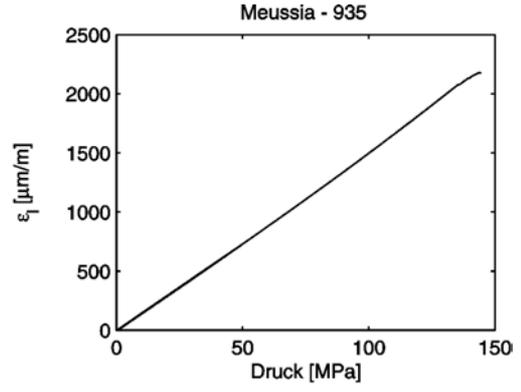
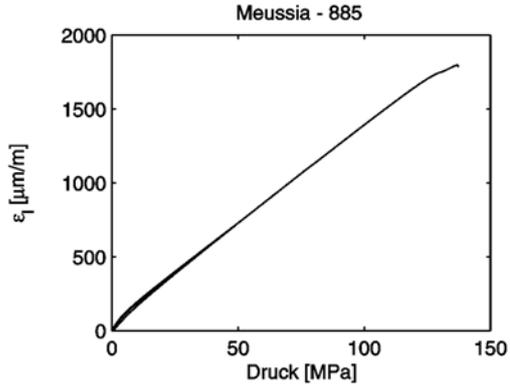


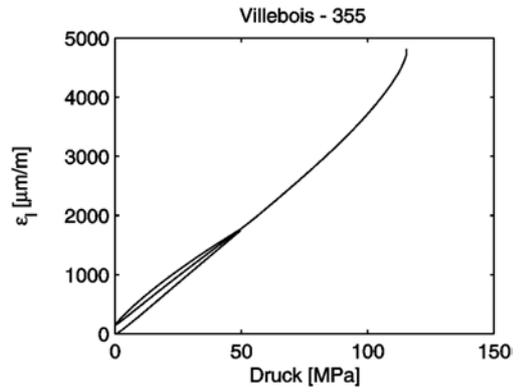
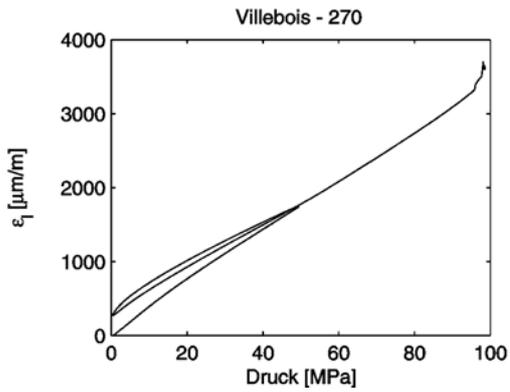
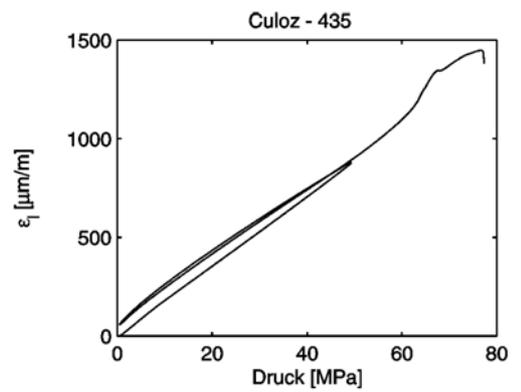
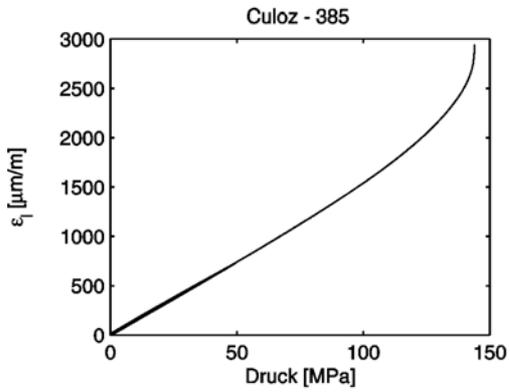
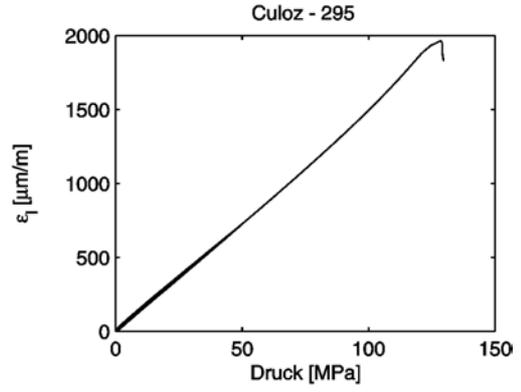
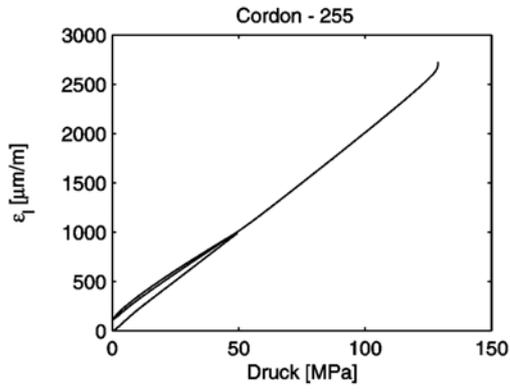
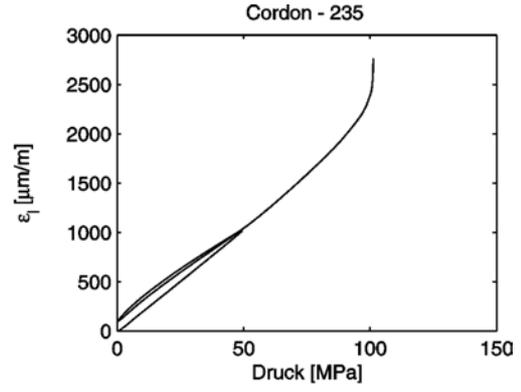
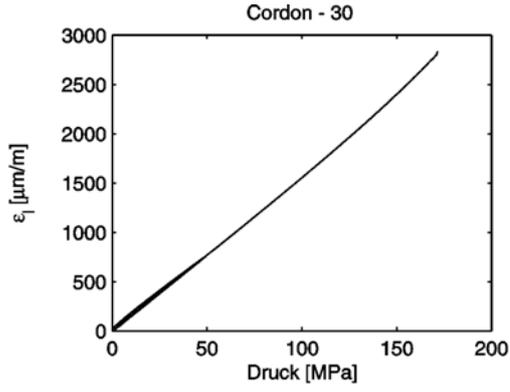


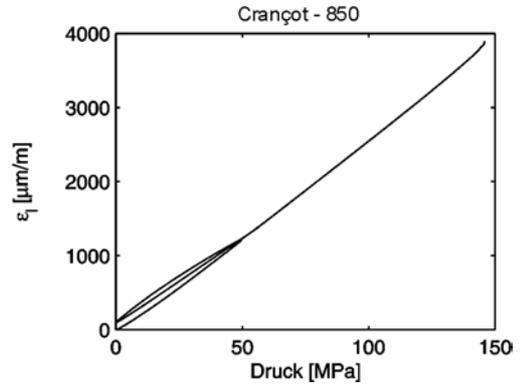
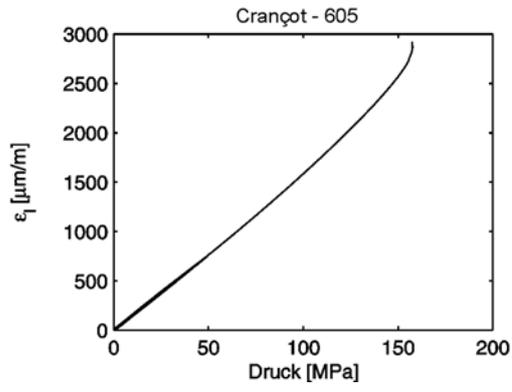
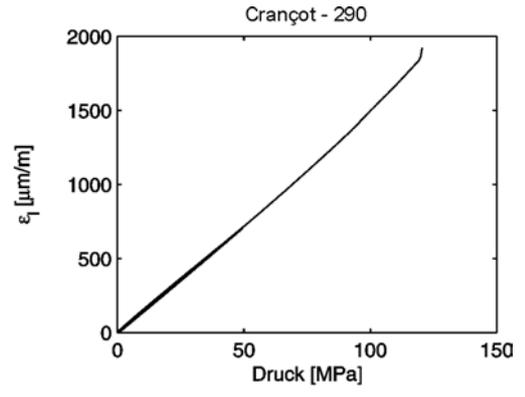
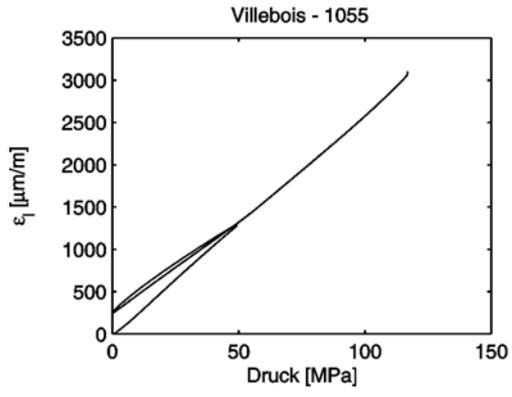












Anhang B: Tabelle der elastischen Parameter

Erläuterungen: Mit Ausnahme der Proben von Seewen, Courchavon und Charmoille, die an der EPFL, *Institut des Sols, Roches et Fondations*, untersucht wurden, sind alle anderen Untersuchungen an der EMPA, Dübendorf, durchgeführt worden. Es wurden i.A. drei Proben je Messlokation untersucht. E-Modul und Poissonzahl wurden aus den Steigungen der Sekanten zwischen 40-60 % der Bruchlast der σ - ϵ_l - und σ - ϵ_q -Kurven bestimmt. Die Spalten „E-Modul“ und „ ν “ geben die berechneten Werte der Einzelversuche an. In Fettdruck sind die Werte markiert, die für die Berechnung der arithmetischen Mittelwerte „ E_m -Modul“ und „ ν_m “ verwendet wurden. Unterstrichen wurden Werte, die für Spannungsbetrags-Berechnungen in dem betreffenden Tiefenbereichen verwendet wurden. Alle übrigen Messergebnisse wurden nicht für die Spannungsberechnungen verwendet, meistens aufgrund ungewöhnlicher Last-Deformations-Kurvenverläufe (vgl. Diagramme in Anhang A).

Nr.	Messlokation	Bohrlochtiefe [m]	Probenahmetiefe [m]	E-Modul [GPa]	E _m -Modul [GPa]	ν	ν _m
1	Seewen	10,50	1,70	80,5	47,2	0,23	0,38
			3,40	47,7		0,37	
			6,80	46,7		0,38	
2	Courchavon	10,40	5,20	18,6	56,1	0,10	0,15
			7,90	95,6		–	
			8,10	54,1		0,20	
3	Liesberg	20,60	7,65	64,0	5,2	0,28	0,32
			9,60	5,2		0,32	
			13,75	54,1		0,30	
4	Le Sentier	13,00	0,60	47,9	47,9	0,25	0,25
			3,80	76,3	71,7	0,32	0,32
			8,70	67,1	0,32		
5	Vauffelin	10,42	2,00	53,1	54,5	(0,48)	0,30
			5,75	56,6		0,30	
			6,05	53,7		0,30	
6	La Chaux-de-Fonds	26,20	5,45	55,0	57,0	0,35	0,32
			9,90	59,0		0,30	
			11,95	33,0		0,23	
7	Olten	13,40	2,80	61,4	62,5	0,39	0,34
			6,60	69,7		0,30	
			8,70	56,3		0,32	
8	Le Bémont	18,28	5,75	64,5	66,2	0,29	0,31
			6,45	65,7		0,31	
			7,15	68,3		0,31	
9	Charmoille	11,00	5,00	14,1	41,8	–	(0,30)
			5,20	41,8		–	
10	Brislach	10,60	4,70	62,7	61,4	0,27	0,28
			5,10	60,1		0,30	
			6,80	27,5		0,25	
			8,10	47,4		47,4	
11	Villarlod	10,93	1,00	7,9	9,2	0,44	0,39
			7,00	10,0		0,40	
			8,10	9,7		0,33	
12	Solothurn	19,20	3,65	45,1	65,4	0,31	0,36
			9,30	60,1		0,40	
			18,45	70,6		0,31	
13	Cornaux	29,27	13,70	36,3	33,5	0,43	0,40
			15,10	29,1		0,46	
			24,10	35,1		0,30	
14	La Chaux-du-Milieu	20,20	5,50	61,3	54,1	0,27	0,29
			10,25	55,1		0,38	
			13,60	45,8		0,23	
15	Courrendlin	11,65	0,90	53,1	51,8	0,28	0,31
			1,10	50,5		0,33	
			1,60	11,5		0,27	
16	Sancey-le-Long	8,00	1,15	50,0	46,2	0,26	0,27
			1,75	50,6		0,27	
			2,95	37,9		0,28	
17	Maïche	18,02	6,25	53,4	59,0	0,30	0,30
			7,60	60,3		0,31	
			11,20	63,4		0,29	
18	Valdahon	11,03	2,95	55,8	57,2	0,29	0,29
			4,20	53,9		0,28	
			6,70	61,8		0,31	
19	Samson	11,48	2,00	42,2	39,0	0,25	0,28
			4,20	38,2		0,28	
			8,10	36,7		0,29	

Nr.	Messlokation	Bohrlochtiefe [m]	Probenahmetiefe [m]	E-Modul [GPa]	E _m -Modul [GPa]	v	v _m
20	Sombacour	18,10	4,60	64,0	65,0	0,36	0,32
			6,95	66,4		0,30	
			7,55	64,6		0,31	
21	Mérey-sous-Montrond	16,38	5,60	56,8	47,8	0,30	0,29
			6,20	41,2		0,23	
			11,35	45,4		0,34	
22	Bief-des-Maisons	11,20	0,85	59,7	63,6	0,17	0,30
			2,75	22,4		0,18	
			4,85	63,6		0,30	
23	Véria	15,30	4,20	66,3	68,8	0,37	0,31
			7,30	72,6		0,31	
			10,45	67,5		0,31	
24	Villette	14,60	2,20	72,7	73,4	0,31	0,31
			6,95	73,0		0,31	
			10,15	74,6		0,31	
25	Linn	10,73	2,60	34,7	40,9	0,17	0,26
			3,75	44,5		0,26	
			5,35	37,3		0,27	
26	Marchaux	14,96	4,80	68,8	70,2	0,32	0,30
			5,30	68,5		0,29	
			8,10	73,3		0,30	
27	Meussia	14,87	2,30	71,7	70,7	0,30	0,31
			5,35	49,7		0,28	
			8,85	75,1		0,32	
			9,35	65,5		0,31	
28	Lamoura	13,25	1,80	43,1	37,7	0,24	0,27
			7,65	38,7		0,29	
			10,45	31,3		0,29	
29	Hauteville	15,30	3,05	51,3	73,6	0,29	0,30
			7,70	72,9		0,31	
			9,90	74,3		0,29	
30	Cordon	5,00	0,30	63,1	51,4	0,32	0,33
			2,35	51,9		0,33	
			2,55	50,8		0,32	
31	Culoz	6,20	2,95	67,0	62,8	0,33	0,34
			3,85	63,4		0,33	
			4,35	57,9		0,37	
32	Villebois	14,30	2,70	34,4	35,0	0,27	0,28
			3,55	28,7		0,26	
			10,55	41,8		0,31	
33	Crançot	14,11	2,90	67,1	63,7	0,29	0,30
			6,05	60,3		0,31	
			8,50	37,7		0,26	

Anhang C: Datentabelle der Bohrloch-Schlitzsonde-Messungen

Erläuterungen: Die Messlokationen sind chronologisch entsprechend ihrem Messbeginn aufgelistet. Das Messdatum, die geographische Länge und Breite sowie der Kalibrierungsfaktor und die elastischen Parameter (E-Modul und Poissonzahl) stehen in der Kopfzeile zu jeder Messlokation. Darunter folgen in den Spalten von links nach rechts die Messtiefe (m), die drei Schlitze mit ihren Azimuten (N...°E) und den dazugehörigen Messsignalen (mV), gefolgt von einer Spalte, die durch Pfeile den Geltungsbereich der in den nachfolgenden Spalten berechneten horizontalen Hauptspannungen markiert. Es folgen die Spalten mit den berechneten horizontalen Hauptspannungen: θ_H Azimut der maximalen horizontalen Hauptspannung S_H (N...°E), S_H und S_h maximale bzw. minimale horizontale Hauptspannung (MPa), schliesslich die Spalte für die mittlere Tiefe (m) der berechneten Spannungen sowie die Kommentarspalte mit Zusatzinformationen, wie z.B. zum Korrelationskoeffizienten R^2 . Nur die Messsignale, die nicht in Klammern gesetzt sind, wurden für die Spannungsberechnungen verwendet. Werte in Klammern sind unzuverlässig, und Auslassungsstriche markieren völlig unbrauchbare Messergebnisse. Für Spannungsberechnungen mit Messresultaten aus mehr als einem Messprofil hebt Fettdruck die verwendeten Einzelmessungen hervor. Alle Rohdaten sind zurzeit beim Autor deponiert. Sie können dort direkt oder über die Schweizerische Geophysikalische Kommission, Institut für Geophysik der ETH Zürich, eingesehen werden.

1. Seewen

Datum: 21.3. - 1.4.1995

Länge.: 7.669 E

Breite.: 47.420 N

Kalibrierungsfaktor: 113.7 [$\mu\text{V}/\mu\text{m}$]

E = 47.2 [GPa]

 $\nu = 0.38$

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
1,30	14°	130°	245°	↑					
	---	-42	---						
1,45	62°	188°	304°		---	---	---	---	
	(-8)	-30	---						
1,75	6°	132°	248°	↓					
	24	-4	(177)						
2,05	9°	127°	240°	↑	138	-0,9	-12,4	2,05	
	-18	-71	16	↓					
2,15	58°	187°	295°	↑	63	0,0	-1,4	2,20	[R ² = 90%]
	(-26)	0	0						
2,25	8°	136°	240°	↓					
	(5)	0	-9						
2,35	56°	192°	305°	↑					
	3	---	---						
2,45	10°	125°	241°		170	0,3	-2,2	2,55	
	-12	(3)	(-32)						
2,75	10°	133°	240°	↓					
	(7)	-7	(7)						
2,90	9°	131°	238°	↑	170	0,5	-1,6	3,10	[R ² = 100%]
	(-4)	-4	(45)						
3,25	14°	129°	234°	↓					
	-8	-3	3						
3,35	62°	180°	304°	↑					
	-9	-15	0						
3,45	5°	124°	235°		13	-0,3	-2,5	3,45	[R ² = 76%]
	(-51)	(-14)	-2						
3,55	55°	170°	310°	↓					
	(-52)	---	1						
3,65	1°	126°	230°	↑					
	(6)	-3	8						
3,75	53°	171°	311°		171	-0,1	-2,1	3,75	[R ² = 44%]
	7	-14	---						
3,85	2°	123°	234°	↓					
	(-33)	-4	-8						
3,95	54°	170°	302°	↑	---	---	---	---	
	---	(30)	---	↓					
4,25	6°	131°	234	↑	13	1,2	-2,6	4,25	
	-18	6	-5	↓					
4,45	6°	127°	234°	↑					
	(-21)	---	(-14)						
4,55	71°	184°	306°		---	---	---	---	
	(-13)	(29)	(18)						
4,65	1°	128°	238°						
	-8	---	0						
4,75	55°	184°	308°	↓					
	-14	---	(-70)						

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
5,15	1°	136°	233°	↑	144	0,6	-0,2	5,30	[R ² = 88%]
	0	-4	4						
5,40	59°	131°	221°	↓					
	(3)	-1	---						
5,70	2°	119°	232	↑	149	7,2	-3,3	5,80	[R ² = 92%]
	1	-13	50						
5,90	2°	118°	229°	↓					
	-21	---	---						
6,00	57°	180°	301°	↑	53	1,7	-3,2	6,05	[R ² = 92%]
	-23	8	11						
6,10	3°	131°	235°	↓					
	-5	---	---						
6,20	55°	178°	308°	↑	105	-1,0	-8,1	6,30	[R ² = 96%]
	(-25)	11	(-17)						
6,30	0°	123°	244°	↓					
	(-18)	---	-23						
6,40	53°	178°	312°	↓					
	---	0	-36						
6,50	359°	130°	250°	↑	144	-1,1	-5,8	6,50	
	-21	-31	2						
6,75	0°	130°	243°	↑	6	0,3	-3,5	7,05	[R ² = 98%]
	-20	---	0						
7,35	9°	137°	246°	↓					
	-24	-5	---						
7,55	10°	---	---	↑	---	---	---	---	
	-2	---	---						

2. Courchavon

Datum: 4. - 6.4.1995

Kalibrierungsfaktor: 113.7 [$\mu\text{V}/\mu\text{m}$]

Länge.: 7.054 E

E = 56.1 [GPa]

Breite.: 47.438 N

 $\nu = 0.15$

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
2,05	0°	120°	240°	↑	---	---	---	---	
	15	3	(-426)						
2,75	358°	113°	234°	↓	---	---	---	---	
	2	(-68)	(-72)						
3,45	8°	115°	237°	↑	169	3,1	2,5	3,66	
	(-181)	12	(-38)						
3,65	0°	114°	238°	↓					
	(-299)	(-35)	(-195)						
3,88	0°	123°	237°	↓					
	(9)	(-110)	13						
4,62	55°	178°	295°	↑	155	8,7	0,2	4,62	
	49	-6	12						
4,84	357°	117°	254°	↑	10	2,8	-0,8	4,84	
	-9	16	13						
5,03	58°	183°	285°	↑	29	4,3	1,1	5,12	
	4	3	(-4)						
5,20	4°	114°	236°	↓					
	(14)	23	---						

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
5,35	53°	188°	289°	↑					
	25	---	---						
5,60	4°	111°	240°		---	---	---	---	
	8	---	(5)						
5,80	1°	110°	234°	↓					
	15	(16)	-26						
5,95	52°	180°	301°	↑	11	5,9	2,6	5,95	
	15	5	27						
6,98	0°	118°	234°	↑	4	4,9	4,1	7,04	[R ² = 53%]
	15	---	21						
7,10	48°	181°	296°	↓					
	15	-6	20						
7,28	4°	121°	219°	↑					
	---	---	(2)						
7,40	58°	182°	295°		---	---	---	---	
	(11)	21	23						
7,53	354°	112°	233°		---	---	---	---	
	(-35)	---	---						
7,67	43°	180°	304°	↓					
	4	(11)	(13)						

3.Liesberg

Datum: 3.4., 12. - 16.5., 2.8., 16. -18.8.1995

Kalibrierungsfaktor: siehe Kommentarzeile

Länge.: 7.461 E

E: siehe Kommentarzeile

Breite.: 47.404 N

v: siehe Kommentarzeile

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
2,65	3°	128°	248°	↑	137	5,2	2,7	2,65	
	13	5	19						
2,75	68°	184°	303°	↑					
	(-21)	(19)	4						
2,85	0°	122°	246°		---	---	---	---	
	---	---	---						
2,95	62°	183°	300°	↓					
	---	---	(20)						
5,55	6°	128°	246°	↑	---	---	---	---	
	(-3)	-18	(-18)						
7,55	0°	123°	242°	↑					
	(26)	(14)	(0)						
7,65	51°	174°	299°		---	---	---	---	
	3	---	---						
7,75	8°	235°	145°	↓					
	---	(-3)	(0)						
8,20	2°	118°	236°	↑					
	---	---	---						
8,30	54°	160°	296°		---	---	---	---	
	(0)	28	---						
8,40	18°	117°	236°		---	---	---	---	
	(13)	(25)	---						
8,50	60°	176°	307°	↓					
	---	---	---						

E = 64.0 [GPa]; $\nu = 0.282$

Interferisonde: Sägeblatt hatte sich 2x gelockert;

Abbruch der Messungen wegen Turbinenschadens

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar	Kali. Faktor 113.7 [$\mu V/\mu m$]
8,60	3° (22)	125° ---	237° ---	↑ ↓	---	---	---	---		
8,70	54° 33	179° 27	295° 14	↑ ↓	126	7,7	4,9	8,70		
8,80	8° ---	/	240° ---	↑						
8,90	58° (31)	/	319° (33)		---	---	---	---		
9,00	13° ---	146° (3)	278° ---							
9,10	188° (21)	60° ---								
9,20	25° 25	128° ---	242° 29	↑	(41)	13,9	7.5)	9,30	[R ² = 100%]	
9,40	64° 30	180° 47	313° ---	↓	41	1,4	0,7			
9,50	6° ---	133° ---	245° 102	↑ ↓	---	---	---	---		
9,60	66° 30	182° ---	328° 100	↑	(39)	17,9	7.2)	9,65		
9,70	7° 38	130° (37)	242° (37)	↓	39	1,7	0,7			
9,80	63° 21	185° 54	311° 8	↑ ↓	(104) 104	8,5 0,8	2.2) 0,2	9,80		
10,05	6° 9	129° 22	265° 51	↑ ↓	(167) 167	8,3 0,8	3.3) 0,3	10,05		
10,15	64° 26	185° (23)	312° ---	↑	(175)	4,4	0.2)	10,20		
10,25	4° -8	128° 12	240° ---	↓	175	0,4	0,0			
10,35	62° (33)	185° ---	309° (20)	↑ ↓	---	---	---	---		
12,95	135° 22	242° 18	8° 9	↑ ↓	(15) 15	4,6 0,4	2.7) 0,3	12,95		

E = 54.2 [GPa]; $\nu = 0.292$

Faktor: 24.3 [$\mu V/\mu m$]

Amberg-Sonde funkt. nicht

E = 5.2 [GPa]; $\nu = 0.318$, Faktor 142.2 [$\mu V/\mu m$]

twk-Sonde funktionierte sehr gut

↓

↓

↓

Anmerkungen:

- 1) Es wurden nur die Messwerte verwendet, die mit der twk-Sonde (Leipzig) bestimmt wurden [9.20 -12.95 m]
- 2) Die Werte in Klammern wurden mit einem E-Modul von 54.2 GPa, die ohne Klammern mit einem E-Modul von 5.2 GPa berechnet.

4. Le Sentier

Datum: 26. -28.7, 31.8.1995

Kalibrierungsfaktor: 142.2 [$\mu\text{V}/\mu\text{m}$]

Länge.: 6.248 E

E: siehe Kommentarzeile

Breite.: 46.638 N

v: siehe Kommentarzeile

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
1,05	0°	123°	232°	↑	177	17,6	8,3	1,05	E= 47.9 [GPa]; $\nu = 0.249$
	6	26	27	↓					
3,65	354°	136°	212°	↑	11	6,3	4,4	3,70	[R ² = 59%]
	5	---	3						
3,75	62°	184°	313°	↓					
	7	(8)	6	↓					
3,85	2°	126°	234°	↑	14	9,5	3,8	3,90	[R ² = 86%]
	2	11	4						
3,95	64°	176°	296°	↓					
	10	(0)	(0)	↓					
4,15	355°	122°	235°	↑	---	---	---	---	E = 71.7 [GPa]; $\nu = 0.315$
	---	1	(0)	↓					
6,50	351°	124°	226°	↑	152	6,8	2,2	6,50	
	1	2	9	↓					
6,60	58°	186°	305°	↑	169	3,2	0,8	6,60	
	4	0	2	↓					
8,50	64°	185°	303°	↑	---	---	---	---	
	---	---	---	↓					
8,80	7°	122°	244°	↑	---	---	---	---	
	---	---	---	↓					

5. Vauffelin

Datum: 29. - 31.8.1995

Kalibrierungsfaktor: 142.2 [$\mu\text{V}/\mu\text{m}$]

Länge.: 7.289 E

E = 54.5 [GPa]

Breite.: 47.183 N

 $\nu = 0.297$

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
1,37	344°	107°	227°	↑	---	---	---	---	Vertikal-Stylolith zwischen 2.63 - 2.65 m
	(3)	---	(2)	↓					
1,95	351°	108°	216°	↑	---	---	---	---	
	-18	(-13)	0						
2,05	51°	183°	289°	↓					
	(-8)	7	(42)	↓					
2,15	358°	114°	226°	↑	---	---	---	---	
	(2)	---	2	↓					
2,65	357°	120°	223°	↑	---	---	---	---	
	4	(7)	10	↓					
4,20	354°	125°	225°	↑	---	---	---	---	
	---	(52)	---	↓					
4,42	0°	128°	219°	↑	16	2,8	0,3	4,42	
	-3	16	-1	↓					
4,55	359°	118°	221°	↑	2	2,7	-1,4	4,55	
	-16	15	-1	↓					
4,78	1°	126°	227°	↑	34	3,5	0,3	4,80	[R ² = 77%]
	9	24	2						
4,90	1°	122°	224°	↓					
	-3	(30)	(-12)	↓					

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
5,65	3°	120°	219°	↑	81	2,0	0,5	5,96	[R ² = 61%]
	15	8	(-14)						
5,75	54°	175°	299°						
	-3	---	1						
6,00	0°	116°	226°						
	10	(-9)	(3)						
6,10	52°	173°	293°						
	0	12	(17)						
6,27	359°	232°	---	↓					3. Schlitz war nicht möglich: Wandausbruch.
	---	9	---						
6,84	3°	115°	219°	↑	51	2,8	-0,2	6,84	
	8	15	-7	↓					
7,00	69°	170°	296°	↑	---	---	---	---	
	---	13	-13	↓					
7,28	356°	121°	227°	↑	180	5,7	-2,0	7,40	[R ² = 96%]
	-28	21	9						
7,55	357°	125°	220°						
	(39)	27	5						
7,75	359°	124°	225°	↑	19	4,1	1,1	7,80	[R ² = 92%]
	2	20	2						
7,85	57°	176°	285°						
	(-15)	4	31	↓					

6. La Chaux-de-Fonds

Datum: 4. - 8.9., 11. - 13.9., 18. - 19.9.1995

Kalibrierungsfaktor: 142.2 [$\mu\text{V}/\mu\text{m}$]

Länge.: 6.849 E

E = 57.0 [GPa]

Breite.: 47.117 N

$\nu = 0.322$

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
1,65	350°	113°	226°	↑	---	---	---	---	
	(8)	(2)	(3)						
3,30	349°	115°	230°	↑					
	15	(-23)	(-2)						
3,45	357°	117°	225°	↓	---	---	---	---	
	8	(1)	9						
3,55	51°	193°	311°						
	14	(22)	---						
3,65	353°	116°	225°	↓					
	(15)	8	7						
3,75	41°	188°	291°	↑	160	2,0	1,8	3,85	
	9	8	(34)						
3,90	356°	133°	225°						
	---	8	(13)	↓					
4,75	0°	117°	234°	↑	59	1,6	0,5	4,85	[R ² = 98%]
	(-10)	7	(8)						
4,85	55°	180°	296°						
	0	7	7						
4,95	1°	117°	240°						
	(5)	6	(27)	↓					

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
5,15	357°	121°	238°	↑					
	8	---	(12)						
5,25	60°	218°	298°		1	4,3	2,6	5,20	
	19	(-20)	20	↓					
5,35	1°	118°	238°	↑					
	-21	-17	---	↓	---	---	---	---	
5,45	60°	183°	297°	↑					
	25	11	21	↓	170	5,1	3,2	5,45	
5,75	4°	115°	240°	↑					
	5	7	15	↓	154	2,6	1,1	5,75	
5,85	57°	186°	292°	↑					
	(28)	(-13)	(32)		---	---	---	---	
5,95	6°	111°	239°						
	(-35)	20	(30)	↓					
6,25	1°	117°	234°	↑					
	(0)	(0)	10						
6,50	357°	120°	236°		177	2,0	1,7	6,35	[R ² = 56%]
	7	9	8	↓					
6,60	58°	182°	292°	↑					
	(13)	18	(12)						
6,80	1°	116°	236°						
	(0)	---	(-23)						
6,90	62°	182°	296°						
	(-10)	(6)	(1)		---	---	---	---	
7,00	4°	116°	238°						
	(-2)	28	---						
7,10	60°	193°	296°						
	(-3)	(6)	-23	↓					
7,20	0°	115°	239°	↑					
	14	6	-8	↓	67	2,5	-0,4	7,20	
7,55	0°	115°	236°	↑					
	(-1)	(-25)	(-25)						
7,65	58°	182°	290°						
	---	12	---		---	---	---	---	
7,75	3°	113°	239°						
	-5	(-44)	5	↓					
8,03	4°	115°	239°	↑					
	(23)	(58)	(3)	↓	---	---	---	---	
8,35	3°	111°	239°	↑					
	---	(0)	(2)						
8,45	60°	188°	301°						
	8	9	(-13)	↓	---	---	---	---	
8,75	359°	121°	241°	↑					
	20	(-28)	8	↓	---	---	---	---	
8,85	65°	179°	300°	↑					
	6	-2	14	↓	20	2,2	0,1	8,85	
9,05	358°	118°	236°	↑					
	17	(-58)	17						
9,15	65°	182°	297°		124	3,5	2,4	9,10	[R ² = 79%]
	(21)	13	8	↓					

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
9,25	0°	120°	245°	↑	2	0,7	0,5	9,25	
	2	3	3	↓					
9,85	2°	120°	243°	↑	---	---	---	---	
	15	(-3)	(7)	↓					
9,95	60°	179°	293°	↑	---	---	---	---	
	(11)	17	9	↓					
10,05	354°	121°	241°	↑	160	5,2	1,2	10,15	
	15	2	---	↓					
10,15	58°	181°	300°	↑	178	3,2	0,8	10,4	[R ² = 94%]
	31	1	11	↓					
10,35	353°	123°	234°	↑	96	6,5	2,0	10,55	
	-4	11	(17)	↓					
10,45	58°	179°	304°	↑	---	---	---	---	
	14	0	14	↓					
10,55	1°	118°	238°	↑	---	---	---	---	
	39	5	14	↓					
10,85	0°	118°	236°	↑	---	---	---	---	
	6	4	---	↓					
10,95	60°	177°	302°	↑	22	4,4	2,4	11,35	
	(17)	(14)	15	↓					
11,05	3°	121°	240°	↑	---	---	---	---	
	(31)	(13)	(32)	↓					
11,30	123°	236°	1°	↑	---	---	---	---	
	(22)	12	(20)	↓					
11,40	60°	180°	295°	↑	---	---	---	---	
	---	9	24	↓					
11,85	359°	118°	237°	↑	---	---	---	---	
	---	(11)	(7)	↓					
11,95	64°	171°	293°	↑	---	---	---	---	
	---	---	---	↓					
12,05	352°	117°	240°	↑	---	---	---	---	
	---	---	---	↓					
12,40	0°	118°	237°	↑	---	---	---	---	
	---	---	---	↓					
12,55	58°	170°	300°	↑	---	---	---	---	
	(20)	---	28	↓					
12,65	353°	116°	239°	↑	---	---	---	---	
	---	---	---	↓					
14,20	2°	124°	235°	↑	---	---	---	---	
	9	9	(-4)	↓					

7. Olten

Datum: 14. - 16.9.1995

Kalibrierungsfaktor: 142.2 [$\mu\text{V}/\mu\text{m}$]

Länge.: 7.907 E

E = 62.5 [GPa]

Breite.: 47.343 N

 $\nu = 0.34$

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
2,85	0°	116°	244°	↑	14	3,4	-0,3	3,05	[R ² = 66%]
	5	20	10	↓					
3,25	359°	120°	249°	↑	---	---	---	---	
	-19	(-15)	10	↓					

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar	
3,35	60°	175°	307°	↑						Tiefenangabe ± 20 cm
	(-2)	18	---		---	---	---	---		
3,45	358°	122°	244°	↓						Tiefenangabe ± 20 cm
	(16)	---	3							
3,55	63°	179°	300°	↑						Tiefenangabe ± 20 cm
	8	---	8		2	1,9	1,1	3,60		
3,68	2°	118°	241°	↓						Tiefenangabe ± 20 cm
	3	---	(19)							
3,80	64°	176°	298°	↑						Tiefenangabe ± 20 cm
	6	-17	3		180	0,7	-2,6	3,90	[R ² = 98%]	
4,00	356°	123°	247°	↓						Tiefenangabe ± 20 cm
	(0)	2	4							
6,15	0°	120°	237°	↑						Tiefenangabe ± 20 cm
	---	(6)	---	↓	---	---	---	---		
6,50	57°	181°	307°	↑						Tiefenangabe ± 40 cm
	15	(6)	---							
6,60	355°	121°	242°	↓						Tiefenangabe ± 40 cm
	(0)	(-41)	6		3	3,8	-6,4	6,70	[R ² = 96%]	
6,80	61°	178°	299°	↓						Tiefenangabe ± 40 cm
	---	(-67)	(-3)							
6,90	4°	118°	246°	↓						Tiefenangabe ± 40 cm
	-47	22	---							
7,10	0°	131°	239°	↑						Tiefenangabe ± 40 cm
	---	(-7)	---	↓	---	---	---	---		
7,80	0°	118°	243°	↑						Tiefenangabe ± 40 cm
	---	---	1	↓	---	---	---	---		
7,90	66°	179°	297°	↑						Tiefenangabe ± 40 cm
	12	6	(13)		16	3,5	1,9	7,95	[R ² = 100%]	
8,00	4°	112°	243°	↓						Tiefenangabe ± 40 cm
	5	17	(4)							
8,88	357°	113°	239°	↑						Tiefenangabe korrekt
	-3	---	(0)	↓	---	---	---	---		
9,95	62°	178°	297°	↑						Tiefenangabe korrekt
	0	-11	---		25	0,3	-2,9	10,00	[R ² = 67%]	
10,10	3°	121°	240°	↓						Tiefenangabe korrekt
	-16	7	-18							
10,90	66°	180°	299°	↑						Tiefenangabe korrekt
	---	3	10		39	1,8	0,2	10,95	[R ² = 100%]	
11,00	357°	119°	240°	↓						Tiefenangabe korrekt
	3	(5)	-1							
12,00	0°	116°	246°	↑						Tiefenangabe korrekt
	-5	28	0	↓	29	4,3	-1,1	12,00		

8. Le Bémont

Datum: 20. - 22.9., 25. - 26.9.1995

Kalibrierungsfaktor: 142.2 [$\mu\text{V}/\mu\text{m}$]

Länge.: 7.030 E

E = 66.2 [GPa]

Breite.: 47.255 N

 $\nu = 0.305$

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
1,60	6°	122°	237°	↑					
	---	11	3						
1,70	58°	174°	301°		---	---	---	---	
	(7)	(-5)	5						
1,95	3°	123°	224°						
	---	3	-23	↓					
2,35	56°	184°	298°	↑	---	---	---	---	
	1	6	(11)	↓					
2,45	1°	123°	235°	↑	171	2,9	1,4	2,45	
	3	9	12	↓					
3,20	55°	174°	---	↑					
	8	---	---						
3,30	359°	122°	239°		---	---	---	---	
	---	---	---	↓					
4,50	358°	121°	235°	↑	---	---	---	---	
	7	---	(12)	↓					
4,95	58°	175°	302°	↑					
	6	(6)	(2)						
5,15	0°	127°	240°		---	---	---	---	
	---	---	---	↓					
5,25	55°	182°	306°	↑					
	(9)	(13)	12						
5,35	354°	118°	235°		168	4,0	2,2	5,50	[R ² = 76%]
	2	(10)	(-3)						
5,75	54°	184°	301°						
	16	10	(3)	↓					
5,85	359°	121°	238°	↑					
	4	(3)	9		147	1,9	1,0	6,10	
6,35	359°	125°	234°						
	---	3	---	↓					
6,45	59°	177°	299°	↑	---	---	---	---	
	11	(-4)	8	↓					
6,55	354°	123°	237°	↑	103	3,0	2,7	6,55	
	12	10	11	↓					
6,95	353°	123°	234°	↑	---	---	---	---	
	(2)	(3)	(24)	↓					
7,10	65°	174°	304°	↑	23	2,3	1,1	7,10	
	6	4	11	↓					
7,20	355°	127°	232°	↑	---	---	---	---	
	---	(3)	---	↓					
7,68	59°	179°	306°	↑					
	12	(5)	(6)		---	---	---	---	
7,85	6°	118°	237°						
	10	---	(4)	↓					
8,35	357°	123°	232°	↑	---	---	---	---	
	(47)	(13)	7	↓					

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
9,55	359°	125°	236°	↑					
	(4)	---	---	↓	---	---	---	---	
9,65	65°	172°	298°	↑					
	17	7	0						
9,75	356°	121°	233°	↓	144	3,3	0,9	9,70	[R ² = 77%]
	0	4	(6)						
10,58	353°	125°	242°	↑	138	5,6	2,0	10,58	
	10	2	27	↓					
11,05	356°	113°	232°	↑	---	---	---	---	
	15	(-37)	16	↓					
12,55	55°	177°	297°	↑	62	1,9	1,1	12,55	
	3	8	7	↓					
12,65	3°	123°	246°	↑	132	3,1	1,5	12,65	
	10	3	13	↓					
13,70	0°	124°	225°	↑	134	1,5	0,5	13,70	
	4	0	8	↓					
16,85	53°	179°	306°	↑					
	(-9)	(6)	6						
17,02	356°	144°	230°	↓	---	---	---	---	
	5	(2)	---						

9. Charmoille

Datum: 26.9.1995

Kalibrierungsfaktor: 142.2 [$\mu\text{V}/\mu\text{m}$]

Länge.: 7.221 E

E = 41.8 [GPa]

Breite.: 47.426 N

(v = 0.3)

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
1,00	3°	236°	120°	↑					
	---	-1	9	↓	---	---	---	---	
2,90	356°	---	---	↑					
	---	---	---	↓	---	---	---	---	
3,90	54°	182°	299°	↑	79	1,8	0,8	3,90	
	4	14	7	↓					
4,15	356°	124°	242°	↑					
	(11)	-7	7	↓	---	---	---	---	
5,00	4°	124°	235°	↑					
	14	---	7						
5,15	59°	186°	300°		10	1,4	0,9	5,15	[R ² = 12%]
	---	-6	15						
5,30	359°	125°	251°	↓					
	---	4	---						

10. Brislach

Datum: 27. - 29.9.1995

Kalibrierungsfaktor: 142.2 [$\mu\text{V}/\mu\text{m}$]

Länge.: 7.538 E

E : siehe Kommentarzeile

Breite.: 47.429 N

v: siehe Kommentarzeile

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
2,35	359°	117°	243°	↑					
	3	2	10	↓	145	1,8	0,5	2,35	
2,45	55°	176°	300°	↑					
	(5)	(6)	(17)						
2,55	358°	112°	233°	↓	---	---	---	---	
	-3	(-2)	1						

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
2,65	58°	176°	301°	↑	80	1,2	0,8	2,65	
	3	6	4	↓					
2,75	355°	117°	237°	↑	---	---	---	---	
	(5)	7	(0)	↓					
2,85	62°	174°	299°	↑	134	1,7	1,0	2,85	
	8	5	3	↓					
4,15	358°	119°	245°	↑	92	2,1	1,7	4,15	
	10	7	7	↓					
4,30	60°	185°	306°	↑	127	1,1	0,6	4,35	[R ² = 92%]
	5	4	2						
4,40	354°	125°	238°	↓					
	4	1	(14)						
4,50	63°	180°	299°	↑	115	0,9	0,3	4,50	
	3	4	0	↓					
4,75	356°	114°	242°	↑	97	2,4	0,9	4,75	
	13	2	5	↓					
4,95	359°	117°	240°	↑	89	1,1	0,5	5,00	
	(7)	2	2						
5,05	59°	181°	292°	↓					
	---	6	(2)						
5,15	358°	120°	240°	↑	92	3,1	1,0	5,20	
	18	4	---						
5,30	59°	171°	300°	↓					
	5	(3)	3						
5,75	351°	117°	229°	↑	---	---	---	---	
	(32)	(63)	(11)						
6,10	356°	113°	241°	↓					
	---	(35)	39						
6,35	110°	236°	358°	↑	178	3,7	1,6	6,35	
	23	20	3	↓					
6,65	60°	175°	293°	↑	159	4,2	1,9	6,65	
	29	6	17	↓					
6,75	356°	105°	243°	↑	---	---	---	---	
	(0)	(25)	(19)	↓					
6,85	54°	175°	296°	↑	19	5,0	4,3	6,90	[R ² = 52%]
	28	23	30						
6,95	0°	112°	235°	↓					
	(7)	--	21						
7,15	356°	115°	238°	↑	93	5,0	2,2	7,15	
	35	9	15	↓					

11. Villarlod
Datum: 2. - 4.10.1995
Länge.: 7.016 E
Breite.: 46.708 N

Kalibrierungsfaktor: 142.2 [$\mu\text{V}/\mu\text{m}$]
E = 9.2 [GPa]
 ν = 0.39

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
0,95	7°	118°	241°	↑	169	5,3	3,7	1,00	[R ² = 90%]
	68	(68)	150						
1,05	58°	182°	303°	↓					
	153	95	119						

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
1,15	9°	116°	241°	↑					
	92	180	59						
1,25	68°	182°	292°		42	5,8	3,0	1,20	[R ² = 100%]
	---	97	(21)	↓					
1,35	5°	109°	242°	↑					
	75	93	96	↓	171	3,5	3,0	1,35	
1,45	58°	182°	291°	↑					
	---	56	98						
1,55	4°	114°	241°		25	3,4	2,3	1,50	[R ² = 98%]
	(88)	108	67	↓					
3,05	3°	120°	244°	↑					
	---	(128)	175		---	---	---	---	
3,15	63°	189°	297°						
	---	---	90	↓					
3,25	3°	110°	242°	↑					
	96	117	99	↓	29	4,2	3,7	3,25	
3,35	63°	186°	297°	↑					
	100	29	56	↓	161	3,0	1,3	3,35	
4,05	4°	122°	236°	↑					
	22	---	175						
4,15	62°	184°	295°		147	3,7	1,9	4,15	[R ² = 38%]
	65	74	(54)						
4,25	2°	114°	240°						
	78	59	---	↓					
4,50	0°	115°	245°	↑					
	26	---	55						
4,60	59°	184°	297°		22	3,6	1,5	4,55	[R ² = 98%]
	59	20	120	↓					
4,70	7°	118°	250°	↑					
	---	(103)	262	↓	---	---	---	---	
5,55	0°	119°	241°	↑					
	38	77	---						
5,65	61°	179°	294°		5	3,2	1,6	5,60	[R ² = 86%]
	78	9	113	↓					
6,95	2°	113°	240°	↑					
	48	109	89	↓	8	3,7	2,4	6,95	
7,05	59°	184°	297°	↑					
	(93)	99	---		---	---	---	---	
7,15	4°	110°	240°						
	62	(75)	91	↓					
7,25	187°	306°	61°	↑					
	109	91	114	↓	131	4,2	3,7	7,25	
7,35	120°	3°	250°	↑					
	63	---	70						
7,45	299°	62°	180°		164	2,4	1,6	7,40	[R ² = 77%]
	40	75	33	↓					
7,55	120°	246°	3°	↑					
	75	67	28	↓	8	2,6	1,6	7,55	
7,65	69°	184°	297°	↑					
	36	16	43	↓	12	1,4	0,9	7,65	

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
7,75	116°	5°	243°	↑	7	3,6	2,0	7,80	[R ² = 100%]
	(79)	28	---						
7,85	63°	180°	295°						
	90	33	109						
7,95	240°	2°	113°	↓	162	2,9	1,9	7,95	
	86	42	66						
12. Solothurn									
Datum: 26.6. - 1.7.1996					Kalibrierungsfaktor: 147.2 [$\mu\text{V}/\mu\text{m}$]				
Länge.: 7.534 E					E = 65.4 [GPa]				
Breite.: 47.223 N					$\nu = 0.36$				
Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
2,65	6°	127°	248°	↑	---	---	---	---	Ungünstige Orientierung der verwendbaren Schlitze.
	---	18	(9)						
2,75	69°	172°	310°						
	---	(13)	(22)						
2,85	4°	123°	239°	↓	---	---	---	---	Ungünstige Orientierung der verwendbaren Schlitze.
	---	8	---						
2,95	67°	176°	290°						
	51	(67)	38						
3,05	9°	124°	252°	↑	---	---	---	---	Ungünstige Orientierung der verwendbaren Schlitze.
	(-15)	13	(14)						
3,60	3°	127°	250°						
	13	(5)	14						
3,70	53°	184°	300°	↓	57	12,9	8,6	4,45	Messquerschnitt im Ein- flussbereich einer Kluft.
	45	(9)	(38)						
4,45	4°	127°	240°						
	47	55	25						
5,40	8°	130°	242°	↑	---	---	---	---	Ungünstige Orientierung der verwendbaren Schlitze.
	24	(-8)	8						
5,50	55°	175°	311°						
	(-28)	---	(-7)						
6,40	6°	123°	242°	↓	---	---	---	---	Ungünstige Orientierung der verwendbaren Schlitze.
	0	---	0						
6,50	59°	180°	300°						
	(-13)	27	---						
6,60	355°	123°	231°	↑	---	---	---	---	Ungünstige Orientierung der verwendbaren Schlitze.
	(-11)	---	-27						
7,38	358°	123°	233°						
	7	-30	---						
7,55	64°	182°	302°	↓	26	16,8	2,4	7,55	Messquerschnitt im Ein- flussbereich einer Kluft.
	24	0	93						
7,75	7°	126°	243°						
	-12	(25)	---						
7,90	63°	180°	313°	↑	152	10,7	-5,8	7,90	[R ² = 100%]
	---	-26	-42						
8,05	33°	127°	240°						
	---	---	74						

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
8,35	0°	127°	231°	↑	8	7,2	2,7	8,45	[R ² = 66%]
	-8	---	(-25)						
8,50	67°	178°	329°						
	28	14	15	↓					
9,10	351°	130°	228°	↑	164	2,3	-2,7	9,10	
	-20	-8	11						
9,20	70°	178°	310°	↑	---	---	---	---	Ungünstige Orientierung der verwendbaren Schlitze.
	-21	---	---						
9,30	3°	130°	236°						
	---	-44	13	↓					
9,55	3°	146°	237°	↑	7	-0,4	-6,1	9,60	[R ² = 72%]
	-43	-3	-7						
9,65	64°	181°	294°						
	0	---	-4	↓					
9,75	6°	126°	240°	↑	---	---	---	---	
	(47)	20	---						

13. Cornaux

Datum: 3. -5.7., 15. - 18.7.1996

Kalibrierungsfaktor: 147.2 [$\mu\text{V}/\mu\text{m}$]

Länge.: 7.009 E

E = 33.5 [GPa]

Breite.: 47.041 N

$\nu = 0.40$

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
2,05	9°	125°	223°	↑	---	---	---	---	
	(-18)	(-13)	31						
2,15	59°	178°	297°						
	(8)	(-7)	(5)						
2,25	0°	120°	235°	↓					
	(-7)	38	---						
3,63	8°	112°	274°	↑	150	2,3	-4,9	3,70	[R ² = 53%]
	2	(27)	6						
3,80	53°	183°	303°						
	(-20)	-57	-36	↓					
5,15	5°	114°	232°	↑	---	---	---	---	
	-12	33	(-22)						
5,65	9°	117°	235°	↑	145	0,4	-0,4	5,65	
	0	-3	6						
6,20	177°	114°	234°	↑	76	0,6	-1,7	6,40	[R ² = 40%]
	36	(-11)	---						
6,30	57°	170°	301°						
	---	(9)	(-8)						
6,40	6°	115°	245°	↑					
	7	---	-20						
6,50	60°	174°	301°						
	---	-10	---						
6,60	10°	126°	248°	↓					
	---	0	---						
6,70	56°	182°	303°	↑	119	-0,5	-2,6	6,70	
	-2	-2	-27						
7,20	4°	120°	249°	↑	155	-1,4	-3,5	7,20	[R ² = 86%]
	-26	-23	(-3)						

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
7,30	54°	172°	306°						
	54	---	0	↓					
7,75	4°	115°	238°	↑					
	-45	87	-12		25	6,7	-3,4	7,80	[R ² = 100%]
7,85	64°	174°	300°						
	-8	---	---	↓					
8,75	8°	121°	230°	↑					
	74	35	---						
8,85	56°	177°	300°						
	---	(12)	---						
8,95	359°	123°	233°		---	---	---	---	
	---	(0)	(45)						
9,05	62°	175°	309°						
	---	---	---						
9,15	4°	118°	246°						
	0	---	(0)	↓					
10,05	59°	175°	303°	↑	17	7,7	6,8	10,05	
	53	49	59	↓					
10,15	356°	120°	236°	↑	142	11,5	5,2	10,15	
	45	28	108	↓					
10,25	60°	170°	302°	↑					
	---	78	53		75	11,3	5,7	10,30	[R ² = 71%]
10,35	353°	118°	239°						
	128	73	26	↓					
10,45	59°	172°	302°	↑	21	12,5	4,8	10,45	
	50	34	117	↓					
10,55	358°	116°	241°	↑					
	---	86	69		12	10,5	7,5	10,60	
10,65	55°	180°	305°						
	---	46	---	↓					
10,75	1°	120°	240°	↑	---	---	---	---	
	15	(-21)	27	↓					
10,85	57°	176°	302°	↑	4	6,1	2,0	10,85	
	38	1	47	↓					
10,95	4°	114°	241°	↑					
	---	---	---						
11,05	60°	174°	303°		---	---	---	---	
	---	63	(93)						
11,15	0°	120°	240°						
	68	---	---	↓					
11,25	61°	176°	299°	↑	159	7,4	3,8	11,25	
	67	19	37	↓					
11,55	358°	117°	240°	↑	---	---	---	---	
	---	23	(219)	↓					
11,65	59°	176°	304°	↑	171	17,5	10,6	11,65	
	141	54	107	↓					
11,75	358°	120°	240°	↑					
	37	69	---		160	11,5	6,8	11,80	[R ² = 96%]
11,85	59°	179°	299°						
	100	42	55	↓					

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
11,95	358°	117°	243°	↑	177	1,4	-1,5	11,95	
	-22	10	14	↓					
12,20	0°	121°	240°	↑	29	12,4	9,3	12,20	
	68	103	70	↓					
12,30	56°	179°	302°	↑	---	---	---	---	
	(139)	---	89	↓					
12,80	358°	119°	240°	↑	146	8,2	5,8	12,85	[R ² = 53%]
	28	39	(10)						
12,90	56°	173°	301°						
	71	57	---	↓					
13,00	1°	122°	238°	↑	157	13,2	4,1	13,00	
	19	41	128	↓					

14. La Chaux-du-Milieu

Datum: 9. - 15.7.1996

Kalibrierungsfaktor: 147.2 [$\mu\text{V}/\mu\text{m}$]

Länge.: 6.718 E

E = 54.1 [GPa]

Breite.: 47.014 N

 $\nu = 0.29$

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
1,65	3°	120°	245°	↑	---	---	---	---	
	(-18)	---	(-37)						
1,75	50°	184°	299°		---	---	---	---	
	---	---	---						
1,95	0°	121°	233°		---	---	---	---	
	---	26	(10)	↓					
2,35	54°	181°	304°	↑	---	---	---	---	
	8	(31)	(17)	↓					
2,70	11°	122°	240°	↑	---	---	---	---	
	14	---	(0)						
2,85	117°	264°	3°		---	---	---	---	
	(7)	(-5)	(24)	↓					
3,30	1°	142°	242°	↑	122	0,00	-0,5	3,30	Kluftzone direkt unterhalb Messprofil
	0	-3	0	↓					
3,70	359°	123°	243°	↑	---	---	---	---	
	---	(7)	(0)	↓					
4,35	63°	181°	299°	↑	---	---	---	---	
	(-7)	(0)	11	↓					
5,35	2°	122°	240°	↑	128	2,9	1,3	5,35	
	13	3	16	↓					
5,45	51°	185°	326°	↑	5	3,2	1,8	5,50	[R ² = 59%]
	14	10	12						
5,55	0°	121°	242°						
	0	---	14	↓					
7,75	3°	122°	240°	↑	---	---	---	---	
	(12)	14	(0)	↓					

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
8,20	356°	120°	241°	↑					
	10	(-9)	(-18)						
8,30	58°	180°	310°		---	---	---	---	
	---	3	---	↓					
8,90	3°	122°	236°	↑	9	2,4	1,5	8,90	
	5	13	10	↓					
9,05	62°	181°	305°	↑					
	17	-2	16						
9,15	1°	124°	240°		2	3,4	1,3	9,10	[R ² = 92%]
	4	(-35)	(-3)	↓					
9,90	0°	124°	247°	↑	163	0,7	-0,3	9,90	
	-3	0	6	↓					
10,05	61°	180°	303°	↑					
	(-10)	---	-7						
10,25	359°	117°	239°		---	---	---	---	Ungünstige Orientierung der verwendbaren Schlitze.
	(8)	8	(0)						
10,45	54°	177°	306°						
	4	(46)	8	↓					
10,75	1°	120°	240°	↑	---	---	---	---	
	16	11	(5)	↓					
10,85	53°	180°	307°	↑	173	2,5	-3,0	10,85	
	12	-28	0	↓					
11,30	2°	123°	237°	↑	---	---	---	---	
	---	8	-19	↓					
11,85	57°	182°	305°	↑	50	1,7	-0,1	11,85	Kluftzone direkt oberhalb Messprofil
	-5	5	12	↓					
12,25	359°	122°	238°	↑					
	-5	5	---						
12,35	58°	175°	301°		50	0,2	-1,7	12,40	[R ² = 85%]
	(-18)	2	7						
12,45	3°	124°	238°						
	-2	1	-13	↓					
12,55	55°	179°	304°	↑					
	5	---	---						
12,65	0°	126°	240°		168	0,9	0,4	12,60	
	1	3	---	↓					
12,85	57°	175°	312°	↑					
	(-14)	---	---	↓					
13,05	0°	123°	237°	↑					
	43	---	(-21)						
13,35	59°	180°	303°						
	---	---	---						Ungünstige Orientierung

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
13,45	0°	122°	239°	↓	---	---	---	---	der verwendbaren Schlitze.
	10	---	(26)						
13,55	59°	179°	301°						
	-3	---	(5)						
13,65	0°	123°	237°						
	0	---	---						
13,75	60°	180°	---						
	15	(16)	---						

15. Courendlin

Datum: 22. - 23.7.1996

Kalibrierungsfaktor: 147.2 [$\mu\text{V}/\mu\text{m}$]

Länge.: 7.378 E

E = 51.8 [GPa]

Breite.: 47.333 N

 $\nu = 0.31$

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
1,95	3°	117°	237°	↑	---	---	---	---	
	(14)	-10	---	↓					
2,05	63°	178°	296°	↑	175	-0,4	-5,7	2,05	
	4	-43	-3	↓					
2,15	359°	120°	243°	↑	25	3,0	1,0	2,15	
	4	20	8	↓					
2,25	62°	178°	293°	↑	---	---	---	---	
	(3)	(10)	---	↓					
3,05	0°	116°	241°	↑	---	---	---	---	
	(8)	{-58}	(-15)						
3,15	63°	179°	296°	↓					
	(-37)	---	---	↓					
3,35	355°	125°	243°	↑	178	2,5	0,8	3,35	
	0	11	14	↓					
3,85	1°	117°	247°	↑	---	---	---	---	
	7	-1	---	↓					
4,40	60°	179°	294°	↑	152	3,1	-1,0	4,55	[R ² = 74%]
	14	-8	---						
4,50	357°	115°	245°						
	---	---	---						
4,60	56°	176°	292°						
	38	---	---						
4,70	358°	113°	241°						
	(-17)	2	(0)						
4,80	61°	178°	294°	↑	180	-0,1	-2,9	4,80	
	0	-22	2	↓					
4,90	357°	114°	243°	↑	---	---	---	---	
	(9)	---	-8						
5,15	58°	178°	---						
	---	---	---	↓					

16. Sancey-le-Long

Datum: 24. - 25.7.1996

Kalibrierungsfaktor: 147.2 [$\mu\text{V}/\mu\text{m}$]

Länge.: 6.558 E

E = 46.2 [GPa]

Breite.: 47.309 N

 $\nu = 0.27$

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
1,10	2°	118°	240°	↑	60	1,0	0,6	1,10	
	6	6	2	↓					
1,20	63°	180°	298°	↑	45	1,6	1,4	1,25	
	(10)	9	(4)	↓					
1,30	359°	121°	238°	↓	30	1,8	1,4	1,45	
	---	10	8	↑					
1,45	59°	180°	301°	↑	172	0,9	-1,5	1,80	[R ² = 90%]
	8	8	12	↓					
1,75	4°	119°	237°	↑	21	1,1	0,4	3,05	[R ² = 100%]
	-19	---	8	↓					
1,85	63°	178°	298°	↓	---	---	---	---	
	(-15)	-11	2	↑					
2,90	3°	122°	240°	↑	---	---	---	---	
	1	(14)	---	↓					
3,00	60°	180°	301°	↑	---	---	---	---	
	(13)	{-21}	8	↓					
3,20	1°	123°	237°	↓	---	---	---	---	
	1	---	3	↑					
3,40	62°	176°	301°	↑	---	---	---	---	
	---	---	---	↓					
3,95	1°	121°	240°	↑	---	---	---	---	
	---	8	(-2)	↓					
4,70	60°	180°	302°	↑	---	---	---	---	
	5	---	---	↓					
5,25	0°	120°	239°	↑	165	2,1	1,7	5,25	
	9	11	13	↓					
5,45	58°	178°	299°	↑	32	-0,1	-0,3	5,55	
	-2	---	---	↓					
5,65	6°	120°	240°	↓	---	---	---	---	
	-2	0	(4)	↑					
6,00	60°	180°	301°	↑	---	---	---	---	
	13	39	---	↓					

17. Maïche

Datum: 25. - 26.7., 29.7. - 1.8.1996

Kalibrierungsfaktor: 147.2 [$\mu\text{V}/\mu\text{m}$]

Länge.: 6.778 E

E = 59.0 [GPa]

Breite.: 47.239 N

 $\nu = 0.3$

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
4,05	3°	124°	240°	↑	16,00	0,60	-3,50	4,20	[R ² = 77%]
	---	8	---	↓					
4,15	57°	178°	304°	↓					
	-18	(-43)	---	↑					
4,25	4°	126°	239°	↓					
	-23	(-5)	---	↑					
4,35	60°	180°	303°	↓	---	---	---	---	
	1	(-13)	(52)	↑					

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
4,60	0°	105°	241°	↑					
	(-26)	---	(-3)	↓	---	---	---	---	
5,15	60°	175°	300°	↑					
	(0)	(-10)	-1	↓	---	---	---	---	
5,65	2°	117°	242°	↑					
	11	13	---		57,00	2,80	0,30	5,70	
5,75	60°	178°	306°						
	-4	(-2)	---	↓					
5,85	359°	118°	240°	↑					
	(13)	---	25						
5,95	58°	180°	300°		---	---	---	---	
	14	10	(13)						
6,05	0°	116°	242°						
	12	(12)	---	↓					
6,15	59°	178°	298°	↑					
	7	4	16	↓	22,00	2,80	1,20	6,15	
6,25	358°	117°	241°	↑					
	(7)	---	(15)	↓	---	---	---	---	
6,35	57°	179°	300°	↑					
	8	9	9	↓	59,00	2,00	1,80	6,35	
7,05	0°	117°	241°	↑					
	13	15	13	↓	30,00	3,20	2,90	7,05	
7,15	59°	175°	300°	↑					
	(10)	8	(8)						
7,35	359°	121°	244°		---	---	---	---	
	(12)	(19)	(23)						
7,45	60°	176°	302°						
	(-33)	(11)	(2)	↓					
7,55	358°	119°	244°	↑					
	7	11	(3)						
7,65	58°	177°	300°						
	(0)	(5)	(0)		28,00	2,00	1,10	7,70	[R ² = 81%]
7,75	1°	117°	245°						
	3	(-22)	(7)						
7,85	57°	178°	304°						
	5	5	(8)	↓					
8,15	0°	121°	240°	↑					
	(13)	---	(8)						
8,25	59°	156°	303°		---	---	---	---	
	6	(11)	(11)						
8,35	358°	117°	241°						
	---	(12)	(13)						
8,45	58°	179°	301°						
	---	9	---	↓					
8,75	357°	116°	239°	↑					
	-33	6	(21)	↓	---	---	---	---	
8,90	57°	178°	305°	↑					
	0	-9	11	↓	15,00	1,70	-1,10	8,90	
9,00	359°	119°	243°	↑					
	9	4	5	↓	97,00	1,70	1,00	9,00	

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
9,10	60°	176°	300°	↑	---	---	---	---	
	---	---	(4)	↓					
9,25	2°	122°	244°	↑	154,00	3,20	1,40	9,40	[R ² = 96%]
	6	---	20						
9,45	60°	178°	302°						
	---	---	8						
9,55	0°	85°	---	↓					
	5	15	---						
9,95	60°	178°	301°	↑	---	---	---	---	
	---	8	(-5)	↓					
10,40	358°	120°	240°	↑	---	---	---	---	
	-7	---	6						
10,50	60°	176°	305°						
	---	---	---	↓					
10,75	1°	116°	240°	↑	1,00	1,70	-3,20	10,75	
	-26	11	7	↓					
10,95	58°	178°	304°	↑	50,00	1,10	-0,70	10,95	
	-7	3	8	↓					
11,05	0°	119°	242°	↑					
	(-10)	---	(46)						
11,15	59°	178°	308°		---	---	---	---	
	(5)	4	(0)						
11,25	359°	122°	243°						
	(-3)	(4)	11						
11,35	59°	177°	319°						
	(10)	(12)	(8)	↓					
11,65	0°	120°	240°	↑	2,00	1,80	0,50	11,70	[R ² = 61%]
	(12)	4	8						
11,75	59°	178°	301°	↓					
	(-43)	-1	13						

18. Valdahon

Datum: 1. - 2.8., 5. - 6.8.1996

Kalibrierungsfaktor: 147.2 [$\mu\text{V}/\mu\text{m}$]

Länge.: 6.323 E

E = 57.2 [GPa]

Breite.: 47.151 N

 $\nu = 0.29$

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
1,05	358°	122°	240°	↑	5,00	2,90	2,10	1,10	
	---	14	13						
1,15	58°	180°	300°						
	(8)	8	(11)	↓					
1,30	357°	122°	241°	↑	---	---	---	---	
	(8)	(15)	(-2)	↓					
1,85	358°	119°	240°	↑	158,00	2,20	1,80	1,85	
	8	9	11	↓					
1,95	60°	173°	300°	↑	---	---	---	---	
	15	23	(18)						
2,05	0°	120°	244°						
	(9)	(18)	(6)	↓					
2,90	0°	121°	245°	↑	18,00	2,00	1,80	2,90	
	8	10	9	↓					

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
3,00	60°	178°	303°	↑	166,00	1,90	1,30	3,05	[R ² = 58%]
	10	6	5						
3,10	356°	121°	265°	↓					
	4	(10)	---						
3,40	59°	176°	300°	↑	175,00	2,30	-1,40	3,40	
	13	-15	8	↓					
4,15	358°	122°	241°	↑	137,00	1,80	0,90	4,25	[R ² = 88%]
	7	---	10						
4,25	60°	178°	303°						
	(5)	(5)	2						
4,35	0°	119°	240°	↓					
	5	4	---						
4,65	56°	176°	303°	↑	8,00	3,40	1,70	4,65	
	13	5	17	↓					
4,75	358°	108°	229°	↑	---	---	---	---	
	---	---	(6)	↓					
6,65	352°	124°	237°	↑					
	-4	6	6	↓	180,00	1,40	-0,10	6,65	
6,75	54°	176°	296°	↑					
	9	---	8		169,00	1,80	1,30	7,00	[R ² = 100%]
7,25	358°	117°	237°						
	5	---	9	↓					

19. Samson

Datum: 6. - 9.8.1996

Kalibrierungsfaktor: 147.2 [$\mu\text{V}/\mu\text{m}$]

Länge.: 5.871 E

E = 39.0 [GPa]

Breite.: 47.059 N

 $\nu = 0.28$

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
9,75	355°	112°	233°	↑	120,00	1,90	1,50	9,75	
	13	9	14	↓					
9,65	50°	184°	288°	↑	123,00	1,60	1,10	9,65	
	12	11	6	↓					
9,55	359°	110°	230°	↑	---	---	---	---	
	(7)	(3)	22	↓					
9,20	0°	109°	238°	↑	165,00	0,30	-1,30	9,20	
	-13	1	6	↓					
8,85	356°	109°	236°	↑	---	---	---	---	
	(8)	(7)	(4)	↓					
8,70	56°	176°	288°	↑	119,00	1,90	-0,20	8,50	
	14	---	---						
8,25	352°	115°	240°	↓					
	10	-8	---		---	---	---	---	
8,15	60°	177°	290°	↑					
	(4)	(8)	2						
8,05	355°	113°	243°	↓	---	---	---	---	
	---	9	---	↓					
7,95	57°	174°	297°	↑	74,00	2,00	1,00	7,90	
	5	(22)	---						
7,85	353°	116°	244°	↓					
	17	10	(3)	↓					

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
6,05	26°	117°	242°	↑					Schlitze der drei guten Messungen liegen ungünstig
	7	---	---						
5,95	60°	174°	294°		---	---	---	---	
	(6)	(-5)	8						
5,80	356°	115°	242°	↓					
	5	---	---						Schlitze der drei guten Messungen liegen ungünstig
4,95	354°	119°	243°	↑	---	---	---	---	
	(0)	(17)	(-2)	↓					
4,75	350°	119°	244°	↑	99,00	1,30	0,30	4,75	
	11	0	3	↓					
4,55	351°	119°	241°	↑	---	---	---	---	
	(13)	(0)	(15)	↓					
4,40	57°	171°	300°	↑	117,00	2,20	0,70	4,40	
	15	13	0	↓					
4,25	353°	113°	251°	↑	110,00	2,30	1,10	4,25	
	17	3	10	↓					
4,15	60°	169°	306°	↑	106,00	3,50	0,60	4,15	
	15	26	-1	↓					
3,75	359°	117°	239°	↑	85,00	2,10	0,90	3,65	
	19	7	(7)						
3,55	0°	117°	245°	↓					
	(26)	(9)	4						
3,40	63°	175°	304°	↑	113,00	1,50	0,40	3,40	
	8	11	0	↓					
3,30	358°	115°	242°	↑	---	---	---	---	Schlitze der drei guten Messungen liegen ungünstig
	---	5	(0)						
3,15	62°	173°	301°	↓					
	19	---	2						
3,05	358°	120°	246°	↑	134,00	0,80	-1,50	3,05	
	-3	-17	9	↓					
2,85	356°	111°	243°	↑	---	---	---	---	Schlitze der fünf guten Messungen liegen ungünstig
	(5)	11	(-5)						
2,75	53°	177°	298°						
	(12)	(9)	(10)						
2,55	357°	113°	243°						
	39	(27)	(15)						
2,25	0°	117°	243°						
	25	(14)	(16)						
2,15	61°	177°	303°						
	(33)	13	9	↓					
2,05	359°	116°	236°	↑	85,00	3,80	2,10	2,00	[R ² = 83%]
	38	15	12						
1,95	57°	180°	301°	↓					
	17	27	(18)						

20. Sombacour

Datum: 13. - 15.8.1996

Länge.: 6.233 E

Breite.: 46.971 N

Kalibrierungsfaktor: 147.2 [$\mu\text{V}/\mu\text{m}$]

E = 65.0 [GPa]

 $\nu = 0.32$

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
4,40	354°	113°	251°	↑	12,00	2,40	1,60	4,55	[R ² = 66%]
	8	11	(8)						
4,55	54°	180°	301°	↓	7,00	3,20	-1,60	5,00	
	8	2	---						
4,65	2°	119°	215°	↓	164,00	2,90	0,70	5,95	
	5	---	---						
5,00	0°	115°	239°	↑	21,00	4,10	2,20	6,05	
	-16	19	8						
5,95	0°	117°	238°	↓	171,00	1,40	-1,40	6,65	
	0	8	15						
6,05	59°	180°	302°	↑	22,00	2,90	1,30	6,80	[R ² = 98%]
	11	7	20						
6,15	1°	120°	239°	↓	10,00	1,30	-1,30	6,95	
	6	25	---						
6,25	56°	180°	299°	↑	174,00	3,50	1,30	7,05	
	---	0	13						
6,35	359°	120°	240°	↓	---	---	---	---	Schlitze der vier guten Messungen liegen ungünstig
	(38)	(23)	(3)						
6,65	359°	118°	239°	↑	1,00	2,30	1,60	7,55	[R ² = 25%]
	-11	3	8						
6,75	61°	179°	298°	↓	---	---	---	---	
	7	3	(13)						
6,85	3°	120°	242°	↑	12,00	2,50	1,10	7,25	
	4	15	(23)						
6,95	58°	180°	300°	↓	174,00	3,50	1,30	7,05	
	1	-10	8						
7,05	0°	114°	242°	↑	---	---	---	---	
	1	14	16						
7,15	58°	178°	301°	↓	---	---	---	---	
	(1)	(3)	(11)						
7,25	1°	120°	240°	↑	12,00	2,50	1,10	7,25	
	2	12	8						
7,35	58°	180°	292°	↓	1,00	2,30	1,60	7,55	[R ² = 25%]
	4	---	(2)						
7,45	6°	121°	239°	↑	---	---	---	---	
	2	(7)	(-2)						
7,55	59°	186°	300°	↓	---	---	---	---	
	14	(4)	9						
7,65	2°	120°	244°	↑	167,00	2,00	0,60	8,65	
	(7)	(-3)	8						
7,75	58°	179°	300°	↓	---	---	---	---	
	11	8	(0)						
8,55	359°	118°	240°	↑	---	---	---	---	
	---	13	26						
8,65	60°	178°	298°	↓	167,00	2,00	0,60	8,65	
	10	0	6						

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
8,75	1°	120°	242°	↑					
	(10)	(46)	60	↓	---	---	---	---	
9,50	358°	120°	240°	↑	31,00	2,80	1,10	9,50	
	5	15	4	↓					
9,90	4°	116°	243°	↑					Die drei Schlitz mit den guten Ergebnissen liegen alle in N-S-Richtung
	8	---	(7)						
10,00	58°	175°	300°		---	---	---	---	
	(7)	7	(7)						
10,30	4°	118°	237°						
	3	(20)	---	↓					
11,25	2°	116°	237°	↑	13,00	5,00	1,50	11,35	
	0	26	(22)						
11,40	63°	178°	299°						
	16	(11)	(-15)	↓					
12,05	1°	120°	241°	↑	---	---	---	---	
	6	10	(-1)	↓					
12,15	61°	176°	301°	↑	172,00	1,60	-2,00	12,15	
	10	-15	2	↓					
12,25	6°	115°	240°	↑	---	---	---	---	
	3	6	---	↓					

21. Mérey-sous-Montrond

Datum: 16.8., 20. - 21.8.1996

Kalibrierungsfaktor: 147.2 [$\mu\text{V}/\mu\text{m}$]

Länge.: 6.079 E

E = 47.8 [GPa]

Breite.: 47.168 N

 $\nu = 0.29$

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
2,10	1°	113°	236°	↑					Stark geklüfteter und möglicherweise durch den Abbau (Sprengungen) beeinflusster Tiefenbereich
	(10)	(-20)	6						
2,25	54°	181°	300°		---	---	---	---	
	3	(10)	8						
2,55	1°	115°	238°						
	---	(2)	10	↓					
4,35	358°	113°	240°	↑	---	---	---	---	
	(18)	18	(1)	↓					
4,75	3°	111°	239°	↑	---	---	---	---	
	(-5)	3	5	↓					
5,30	6°	116°	238°	↑	155,00	0,40	-0,20	5,30	
	-1	0	4	↓					
5,40	55°	178°	300°	↑	131,00	1,80	0,90	5,40	
	12	8	3	↓					
5,50	355°	109°	243°	↑	112,00	1,30	-2,00	5,50	
	9	-21	1	↓					
5,60	51°	177°	295°	↑	178,00	2,10	1,50	5,60	
	11	7	12	↓					
5,70	355°	112°	237°	↑	---	---	---	---	
	(6)	---	---	↓					
5,80	53°	214°	298°	↑	156,00	2,20	0,70	5,80	
	16	12	6	↓					
5,90	357°	110°	235°	↑	---	---	---	---	
	(18)	23	3	↓					

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
6,00	56°	176°	296°						
	(6)	(-16)	---	↓	---	---	---	---	
6,10	357°	112°	236°	↑	102,00	0,20	-2,80	6,10	
	7	-23	-7	↓					
6,20	55°	179°	294°	↑	129,00	1,90	0,40	6,20	
	14	8	-1	↓					
6,30	359°	112°	237°	↑	152,00	1,30	-0,90	6,30	
	-6	-1	13	↓					
6,40	56°	180°	295°	↑	100,00	3,00	1,10	6,40	
	11	22	2	↓					
6,50	0°	111°	239°	↑	---	---	---	---	
	14	---	(-1)	↓					
6,75	0°	114°	240°	↑	[82.00	2,20	0.80]	6,75	Bankungsfugen ober- und unterhalb des Messprofils
	16	5	3	↓					
7,60	26°	119°	239°	↑	---	---	---	---	
	---	(28)	---	↓					
7,75	57°	177°	300°	↑	---	---	---	---	
	3	(6)	18	↓					
7,90	0°	118°	238°	↑	129,00	0,40	0,10	7,90	
	2	0	3	↓					
8,00	54°	180°	296°	↑	---	---	---	---	
	---	18	12	↓					
8,45	1°	118°	232°	↑	---	---	---	---	Schlitze der drei guten Messungen liegen ungünstig
	10	(6)	5						
8,55	58°	175°	294°	↓					
	3	---	(7)						
11,25	1°	123°	233°	↑	---	---	---	---	
	---	9	---						
11,35	53°	180°	294°	↓					
	(5)	5	(6)						
11,45	1°	118°	238°	↑	50,00	0,90	-0,60	11,45	
	2	7	-7	↓					
11,75	359°	119°	242°	↑	---	---	---	---	Schlitze der drei guten Messungen liegen ungünstig
	---	5	---						
11,85	54°	180°	298°	↓					
	---	-23	-44						
12,45	2°	119°	240°	↑	134,00	-0,20	-4,60	12,50	[R ² = 100%]
	---	(4)	10	↓					
12,55	60°	180°	295°	↑					
	6	-13	-33	↓					
12,65	0°	118°	235°	↑	---	---	---	---	
	-10	(-14)	---						
12,75	60°	181°	301°	↓					
	(-14)	(19)	-7						

22. Bief-des-Maisons

Datum: 22. - 23.7.1997

Länge.: 6.039 E

Breite.: 46.710 N

Kalibrierungsfaktor: 168 [$\mu\text{V}/\mu\text{m}$]

E = 63.60 [GPa]

 $\nu = 0.30$

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
0,95	1°	121°	247°	↑	---	---	---	---	
	14	17	---	↓					
2,55	61°	182°	301°	↑	149,00	9,80	3,20	2,55	
	63	18	14	↓					
2,65	4°	123°	242°	↑	170,00	5,50	4,40	2,65	
	19	24	28	↓					
2,75	61°	181°	301°	↑					Schlitze der drei guten Messungen liegen ungünstig
	(9)	32	(4)		---	---	---	---	
2,90	0°	121°	243°	↓					
	10	12	(-14)	↓					
4,90	2°	121°	242°	↑					
	---	8	(4)	↓					
5,35	359°	124°	240°	↑	9,00	3,80	2,90	5,35	
	12	19	17	↓					
7,90	1°	121°	240°	↑					
	---	10	19	↓					

23. Véria

Datum: 24. - 30.7.1997

Länge.: 5.405 E

Breite.: 46.456 N

Kalibrierungsfaktor: 168 [$\mu\text{V}/\mu\text{m}$]

E = 68.8 [GPa]

 $\nu = 0.31$

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
2,15	2°	124°	241°	↑					[R ² = 92%]
	(-35)	13	---		152,00	5,50	2,20	2,35	
2,55	0°	117°	242°	↓					
	8	8	32	↓					
2,65	61°	176°	303°	↑					
	(16)	(2)	29		4,00	6,50	5,00	2,80	
2,95	1°	119°	241°	↓					
	19	(58)	28	↓					
3,35	0°	121°	241°	↑					
	3	14	11	↓	9,00	2,90	1,40	3,35	
3,45	58°	181°	302°	↑					
	10	---	(-5)						[R ² = 83%]
3,55	0°	124°	245°		8,00	2,60	1,60	3,55	
	3	12	---						
3,65	63°	180°	305°	↓					
	(5)	7	---	↓					
3,90	0°	124°	242°	↑					
	(10)	(15)	(13)	↓					

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar					
4,15	2°	124°	240°	↑	179,00	1,60	1,00	4,30	[R ² = 52%]					
	(3)	---	6											
4,25	60°	174°	302°											
	9	---	7											
4,35	1°	121°	242°											
	6	(-1)	7											
4,45	59°	180°	305°	↓	171,00	2,10	-1,40	4,70	[R ² = 100%]					
	(2)	0	(8)											
4,55	0°	121°	245°	↑										
	-13	5	---											
4,85	356°	120°	243°	↓										
	(8)	4	14											
5,05	0°	122°	245°	↑	---	---	---	---						
	---	18	(63)											
5,15	62°	174°	305°											
	(16)	---	(-6)											
5,25	3°	---	---											
	---	---	---	↓										
5,80	359°	121°	241°	↑	166,00	1,30	0,40	6,00	[R ² = 71%]					
	(5)	---	0	↓										
5,90	58°	178°	304°	↑										
	8	3	3											
6,15	4°	125°	241°	↓										
	-2	---	6											
6,25	61°	181°	304°	↑	31,00	4,80	1,80	6,25						
	8	8	28	↓										
6,35	0°	121°	246°	↑										
	-36	6	---											
6,45	62°	178°	304°	↓										
	6	(8)	4											
6,55	0°	121°	246°	↑	177,00	3,70	1,40	6,55						
	1	15	19	↓										
6,95	3°	121°	244°	↑										
	(6)	---	---	↓										
7,05	61°	178°	304°	↑						155,00	6,50	1,90	7,20	[R ² = 100%]
	(-17)	4	(6)											
7,25	3°	123°	248°											
	(23)	8	39											
7,35	62°	176°	304°											
	---	---	11	↓										
7,65	359°	---	---	↑	---	---	---	---						
	---	---	---											
7,75	56°	182°	304°											
	---	---	---											
7,85	4°	124°	240°											
	(23)	---	-6											
7,95	62°	180°	303°											
	---	4	(-9)	↓										
8,05	4°	130°	242°	↑	171,00	3,10	-1,10	8,05						
	-12	2	19	↓										

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
8,15	61°	180°	303°	↑	52,00	8,20	4,20	8,20	[R ² = 100%]
	11	(27)	41						
8,25	1°	122°	245°	↓					
	31	---	11						
8,35	62°	183°	306°	↑	95,00	2,40	1,30	8,40	[R ² = 74%]
	6	(4)	3						
8,45	3°	124°	243°	↓					
	13	8	(11)						
8,85	63°	179°	304°	↑	179,00	5,90	2,40	8,90	[R ² = 81%]
	---	3	30						
8,95	0°	122°	243°	↓					
	(-8)	18	28						
9,05	63°	182°	304°	↑	142,00	2,00	0,90	9,15	[R ² = 72%]
	---	5	(12)						
9,15	2°	120°	244°	↓					
	---	0	11						
9,25	61°	178°	307°	↓	2,00	4,00	0,90	9,35	
	(-17)	(10)	5	↑					
9,35	3°	124°	243°	↓					
	-3	17	18						
9,45	61°	184°	305°	↑	---	---	---	---	
	(-3)	(11)	---	↓					
9,55	9°	123°	242°	↑					
	-45	20	25	↓					
9,65	62°	182°	307°	↑	17,00	9,90	-0,70	9,65	
	20	-20	56	↓					
9,75	1°	125°	242°	↑					
	4	18	14	↓					
10,15	1°	121°	239°	↑	---	---	---	---	
	2	---	(2)						
10,25	60°	183°	304°						
	9	(11)	(10)						
10,35	3°	122°	242°						
	(3)	(-5)	(-1)						
10,45	60°	182°	305°						
	(-14)	(13)	(30)						
10,55	2°	123°	246°						
	---	(-6)	(12)	↓					
10,75	62°	180°	303°	↑	173,00	2,20	0,30	10,75	
	12	-3	7	↓					
10,85	0°	123°	244°	↑					
	19	---	---	↓					
11,65	356°	122°	243°	↑	---	---	---	---	
	---	(-10)	(11)	↓					
11,75	61°	179°	303°	↑					
	(-7)	(2)	12						
11,85	2°	123°	240°	↓	69,00	2,90	1,70	11,80	
	14	---	5	↑					
12,85	1°	120°	245°	↓					
	---	2	10						

24. Vilette

Datum: 30. - 31.7., 4. - 7.8.1997

Länge.: 5.441 E

Breite.: 46.174 N

Kalibrierungsfaktor: 168 [$\mu\text{V}/\mu\text{m}$]

E = 73.4 [GPa]

 $\nu = 0.31$

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
1,10	357°	118°	234°	↑					
	10	33	28	↓	2,00	7,60	4,10	1,10	
1,20	54°	176°	297°	↑					
	19	6	13	↓	163,00	4,00	2,20	1,20	
1,35	356°	118°	237°	↑					
	11	26	64	↓	155,00	12,00	4,50	1,35	
1,45	55°	175°	300°	↑					
	16	(6)	8						
1,65	358°	117°	235°	↑					
	4	(8)	26	↓	156,00	4,00	1,50	1,55	[R ² = 83%]
1,85	354°	116°	239°	↑					
	22	(3)	(25)	↓	---	---	---	---	
1,95	55°	172°	299°	↑					
	40	2	24	↓	165,00	8,30	3,00	1,95	
2,05	356°	118°	236°	↑					
	(10)	(12)	---						
2,15	48°	173°	296°	↑					
	23	---	(19)	↓	---	---	---	---	
2,25	358°	120°	235°	↑					
	---	6	(30)	↓					
2,45	355°	118°	234°	↑					
	(11)	34	21						
2,55	54°	175°	297°	↑					
	(25)	-15	(-3)	↓	3,00	7,20	-0,20	2,50	
2,75	355°	113°	239°	↑					
	-6	49	8	↓	20,00	7,80	-0,40	2,75	
4,30	359°	116°	235°	↑					
	11	42	27	↓	10,00	8,70	4,40	4,30	
4,40	55°	172°	298°	↑					
	24	-2	14	↓	166,00	4,90	1,20	4,40	
5,50	2°	112°	237°	↑					
	8	62	26	↓	19,00	11,50	4,30	5,50	
5,70	358°	115°	238°	↑					
	(28)	(38)	12						
5,90	0°	117°	238°	↑					
	12	---	19	↓	---	---	---	---	Schlitz der drei guten Messungen liegen ungünstig
6,65	358°	113°	234°	↑					
	(26)	(55)	(3)						
6,75	52°	174°	301°	↑					
	(2)	(-5)	29	↓					
6,85	355°	118°	236°	↑					
	37	53	34	↓	30,00	11,40	8,50	6,85	

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
6,95	57°	171°	302°	↑	53,00	13,10	9,70	6,95	
	33	55	58	↓					
7,05	356°	118°	236°	↑	6,00	9,50	5,40	7,05	
	15	43	34	↓					
7,15	54°	172°	300°	↑	6,00	7,10	3,00	7,15	
	23	6	32	↓					
8,20	356°	110°	237°	↑	---	---	---	---	
	27	(65)	(144)	↓					
9,05	322°	101°	235°	↑	20,00	11,70	4,60	9,25	[R ² = 98%]
	(62)	61	27						
9,40	355°	117°	230°						
	15	---	16	↓					
9,55	53°	169°	300°	↑	---	---	---	---	
	(-22)	(-17)	---	↓					
9,85	356°	114°	238°	↑	---	---	---	---	
	(30)	(37)	-14	↓					
10,15	354°	117°	236°	↑	28,00	6,40	3,30	10,20	
	15	33	(-6)						
10,25	56°	167°	307°						
	13	(49)	---	↓					
10,35	358°	113°	---	↑	---	---	---	---	
	---	---	---	↓					

25. Linn

Datum: 13. - 15.8.1997

Kalibrierungsfaktor: 168 [$\mu\text{V}/\mu\text{m}$]

Länge.: 8.116 E

E = 40.9 [GPa]

Breite.: 47.478 N

 $\nu = 0.26$

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
1,95	0°	120°	241°	↑	17,00	2,40	1,00	1,95	
	4	23	13	↓					
4,25	2°	119°	240°	↑	---	---	---	---	
	9	(12)	(-5)	↓					
4,55	0°	121°	239°	↑	30,00	2,20	2,10	4,55	
	16	17	16	↓					
4,73	52°	186°	303°	↑	---	---	---	---	
	(6)	(16)	7	↓					
5,25	4°	121°	236°	↑	30,00	2,00	1,70	5,25	
	13	16	13	↓					
5,35	54°	179°	305°	↑	33,00	2,10	1,00	5,35	
	6	9	20	↓					
5,45	4°	125°	243°	↑	4,00	1,40	1,30	5,45	
	10	11	11	↓					
6,40	355°	124°	241°	↑	170,00	2,70	1,90	6,45	
	11	(19)	23						
6,50	54°	178°	303°						
	---	(60)	18	↓					
6,80	2°	121°	239°	↑	---	---	---	---	
	8	(6)	(16)	↓					
7,15	356°	126°	240°	↑	81,00	4,10	2,20	7,15	
	38	24	13	↓					

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
7,25	53°	174°	305°	↑	19,00	3,90	2,30	7,25	
	19	16	34	↓					
7,35	0°	122°	237°	↑	---	---	---	---	
	16	(-5)	(12)	↓					
7,45	60°	180°	307°	↑	16,00	1,40	0,70	7,45	
	8	4	12	↓					
7,55	3°	122°	238°	↑	---	---	---	---	
	10	12	(36)	↓					

26. Marchaux

Datum: 18. - 22.8.1997

Kalibrierungsfaktor: 168 [$\mu\text{V}/\mu\text{m}$]

Länge.: 6.117 E

E = 70.2 [GPa]

Breite.: 47.328 N

 $\nu = 0.3$

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
2,75	356°	116°	241°	↑	---	---	---	---	
	(9)	(26)	2	↓					
3,25	358°	119°	240°	↑	111,00	4,00	2,20	3,25	
	19	6	15	↓					
3,55	0°	119°	240°	↑	---	---	---	---	Schlitze der drei guten Messungen liegen ungünstig
	12	19	---	↓					
3,75	359°	120°	240°	↑	81,00	7,60	3,20	3,85	
	14	(-21)	---	↓					
3,85	59°	179°	299°	↑	81,00	7,60	3,20	3,85	
	10	42	19	↓					
3,95	358°	120°	240°	↑	---	---	---	---	
	(-5)	29	---	↓					
4,10	57°	180°	300°	↑	116,00	2,80	1,40	4,10	
	12	13	3	↓					
4,45	0°	121°	241°	↑	174,00	14,30	8,80	4,45	
	27	57	67	↓					
4,55	55°	180°	301°	↑	---	---	---	---	Schlitze der vier guten Messungen liegen ungünstig
	---	29	(44)	↓					
4,65	358°	120°	240°	↑	---	---	---	---	
	24	20	---	↓					
4,75	60°	177°	300°	↑	---	---	---	---	
	(4)	10	---	↓					
4,85	0°	116°	240°	↑	123,00	3,10	1,90	4,85	
	13	6	14	↓					
5,05	0°	113°	239°	↑	---	---	---	---	
	(64)	---	---	↓					
5,15	55°	177°	300°	↑	---	---	---	---	
	(3)	38	23	↓					
5,25	2°	116°	241°	↑	49,00	5,30	4,20	5,25	
	21	24	16	↓					
5,35	57°	180°	301°	↑	124,00	8,50	2,40	5,35	
	42	34	-3	↓					
5,45	0°	119°	240°	↑	---	---	---	---	
	10	43	(20)	↓					
5,55	60°	180°	300°	↑	107,00	7,90	5,50	5,55	
	30	38	20	↓					

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
6,45	355°	116°	240°	↑					Schlitze der drei guten Messungen liegen ungünstig
	31	---	---						
6,55	57°	---	---		---	---	---	---	
	---	---	---						
6,95	1°	116°	242°	↓					
	13	44	(-1)						101,00
7,05	60°	175°	300°	↑		2,20	0,40	7,20	
	(-12)	12	---						
7,30	0°	116°	246°	↓					
	(-21)	---	3						
7,40	58°	178°	301°	↓					99,00
	---	---	0						
7,50	0°	118°	242°	↑		5,80	1,80	7,50	
	33	3	12	↓					
7,70	60°	180°	300°	↑	93,00	4,10	1,80	7,70	
	9	23	7	↓					108,00
8,05	0°	117°	237°	↑		6,80	5,60	8,05	
	31	22	28	↓					
8,15	60°	180°	300°	↑	---	---	---	---	
	---	24	24	↓					
8,25	3°	123°	240°	↑	67,00	5,90	5,00	8,25	86,00
	26	25	20	↓					
8,35	56°	180°	302°	↑		8,20	4,30	8,35	
	19	44	22	↓					
8,45	0°	---	---	↑					
	10	---	---		---	---	---	---	[45.00
8,60	60°	194°	302°	↓					
	13	(14)	(17)						
8,70	1°	114°	240°	↑		6,30	2.00]	8,70	
	17	32	2	↓					
9,60	5°	116°	240°	↑					---
	(-2)	49	(-1)						
9,85	0°	120°	238°	↓					
	9	(26)	(15)						
9,95	65°	183°	304°	↑					
	(24)	30	18		97,00	6,60	5,00	10,00	[R ² = 81%]
10,05	6°	120°	240°	↓					
	34	24	23						
10,35	2°	---	---	↑	---	---	---	---	
	(21)	---	---	↓					

27. Meussia

Datum: 23. - 26.8.1997

Länge.: 5.736 E

Breite.: 46.497

Kalibrierungsfaktor: 168 [$\mu\text{V}/\mu\text{m}$]

E = 70.7 [GPa]

 $\nu = 0.31$

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
1,90	0°	121°	245°	↑	---	---	---	---	
	23	(21)	8	↓					
2,20	357°	120°	244°	↑	144,00	7,20	2,30	2,20	
	12	6	40	↓					

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
2,65	356°	119°	245°	↑	158,00	2,00	0,50	2,65	
	0	4	12	↓					
3,15	356°	122°	243°	↑	---	---	---	---	
	---	(26)	(8)	↓					
3,55	359°	119°	244°	↑	---	---	---	---	Schlitze der vier guten Messungen liegen ungünstig
	9	1	(-15)						
3,85	354°	117°	236°						
	14	8	---	↓					
5,30	357°	116°	239°	↑	---	---	---	---	Schlitze der drei guten Messungen liegen ungünstig. E = 49.7 [GPa], $\nu = 0,28$
	(2)	---	10						
5,40	61°	177°	300°						
	12	5	(15)	↓					
7,05	356°	119°	245°	↑	101,00	1,20	-3,10	7,05	
	12	-19	-10	↓					
7,45	358°	117°	245°	↑	7,00	0,70	-2,70	7,45	
	-18	7	2	↓					
7,70	356°	117°	242°	↑	100,00	10,80	-5,30	7,75	[R ² = 83%]
	68	-75	---						
7,80	55°	171°	305°						
	15	---	-2	↓					
7,90	355°	120°	244°	↑	115,00	20,50	7,60	7,95	
	---	6	(3)						
8,00	54°	173°	301°						
	89	85	---	↓					
8,45	359°	119°	241°	↑	144,00	22,90	4,30	8,45	
	30	8	136	↓					
8,55	54°	178°	307°	↑	125,00	24,20	-4,30	8,55	
	140	75	-79	↓					
8,65	1°	119°	242°	↑	132,00	16,00	7,10	8,65	
	55	15	79	↓					
8,75	56°	173°	302°	↑	---	---	---	---	
	---	---	(-40)	↓					
8,85	359°	123°	240°	↑	119,00	5,00	-11,80	8,85	
	21	-86	20	↓					
8,95	56°	175°	299°	↑	122,00	20,90	9,60	8,95	
	98	79	17	↓					
9,05	359°	120°	242°	↑	147,00	7,00	1,70	9,05	
	9	5	41	↓					
9,30	359°	121°	244°	↑	83,00	4,30	1,70	9,35	
	24	10	---						
9,40	60°	176°	300°						
	5	---	---	↓					
9,50	26°	120°	245°	↑	---	---	---	---	Wandausbruch in 0°-Richtung (kein Sensorkontakt)
	[2]	20	(7)	↓					
10,15	3°	115°	239°	↑	---	---	---	---	
	(12)	(5)	---						
10,25	62°	178°	303°						
	7	10	(9)	↓					

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
10,60	356°	---	---	↑					
	---	---	---						
10,95	244°	---	---		---	---	---	---	
	---	---	---	↓					
11,30	4°	114°	226°	↑	[91.00	2,30	1.00]	11,30	3 mm dicker Calcitgang direkt unterhalb Messprofil
	13	3	7	↓					

28. Lamoura

Datum: 27.8., 2. - 3.9.1997

Kalibrierungsfaktor: 168 [$\mu\text{V}/\mu\text{m}$]

Länge.: 5.959 E

E = 37.7 [GPa]

Breite.: 46.397 N

 $\nu = 0.27$

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
1,65	1°	119°	240°	↑					
	7	5	(3)		136,00	1,00	0,70	1,70	
1,75	62°	192°	304°						
	9	---	(-3)	↓					
1,85	1°	120°	240°	↑					
	(12)	8	(4)		107,00	1,20	1,00	1,90	
1,95	63°	181°	304°						
	9	10	(8)	↓					
2,05	358°	121°	265°	↑					
	9	11	10	↓	31,00	1,20	1,10	2,05	
2,50	0°	122°	240°	↑					
	8	(53)	(-9)	↓	---	---	---	---	
3,75	357°	119°	243°	↑					
	23	(16)	---		---	---	---	---	
4,05	356°	119°	242°						
	13	---	---	↓					
4,50	0°	119°	243°	↑					
	10	-37	---	↓	---	---	---	---	
5,25	4°	121°	242°	↑					
	(3)	(-4)	-7		---	---	---	---	
5,40	81°	---	---						
	---	---	---	↓					
5,50	0°	122°	243°	↑					
	5	5	9	↓	151,00	0,90	0,60	5,50	
6,20	0°	122°	239°	↑					
	15	---	---	↓	---	---	---	---	
6,55	359°	122°	240°	↑					
	13	0	23	↓	132,00	2,30	0,70	6,55	
6,85	0°	114°	240°	↑					
	(18)	17	(4)	↓	---	---	---	---	
7,15	359°	120°	245°	↑					
	---	23	17		---	---	---	---	
7,25	61°	176°	307°						
	---	(11)	(23)	↓					
7,45	0°	122°	241°	↑					
	6	5	9	↓	144,00	1,00	0,70	7,45	
7,55	60°	178°	308°	↑					
	(12)	(-2)	(15)	↓	---	---	---	---	

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
7,65	0°	128°	242°	↑	121,00	1,10	0,70	7,65	
	9	4	9	↓					
7,85	62°	179°	306°	↑	147,00	2,20	1,10	7,85	
	23	10	7	↓					
7,95	0°	126°	246°	↑	115,00	0,90	0,70	7,95	
	8	5	7	↓					
8,15	63°	176°	310°	↑	---	---	---	---	
	---	(11)	12	↓					
8,30	2°	123°	242°	↑	86,00	1,40	0,70	8,30	
	14	7	5	↓					
9,15	1°	119°	245°	↑	55,00	1,40	1,00	9,15	
	11	12	7	↓					
9,65	4°	125°	242°	↑	---	---	---	---	
	8	---	17	↓					
9,85	358°	121°	250°	↑	129,00	2,60	1,10	9,85	
	17	3	21	↓					
10,40	4°	127°	244°	↑	25,00	2,60	0,90	10,50	[R ² = 98%]
	(3)	30	12						
10,50	58°	180°	307°						
	(35)	5	(15)						
10,60	5°	123°	244°	↓					
	(9)	26	(12)						
10,75	63°	178°	304°	↑	138,00	2,40	1,40	10,75	
	23	14	8	↓					
10,95	5°	124°	246°	↑	129,00	1,90	1,30	10,95	
	15	9	16	↓					

29. Hauteville

Datum: 4.9., 16. - 19.9.1997

Kalibrierungsfaktor: 168 [$\mu\text{V}/\mu\text{m}$]

Länge.: 5.577 E

E = siehe Kommentarzeile

Breite.: 45.980 N

v = siehe Kommentarzeile

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
1,00	345°	114°	235°	↑	95,00	2,00	-1,30	1,05	
	---	-13	---	↓					
1,10	53°	175°	295°	↑	94,00	4,90	-0,10	2,20	
	0	21	---	↓					
1,95	358°	117°	238°	↑	165,00	3,10	1,70	2,65	
	44	-6	---	↓					
2,40	358°	120°	235°	↑	105,00	6,30	2,40	3,00	
	---	---	8	↓					
2,65	357°	115°	232°	↑	42,00	7,60	3,60	3,25	[R ² = 94%]
	7	16	20	↓					
3,00	2°	117°	234°	↑	117,00	2,80	-0,90	3,45	
	47	5	31	↓					
3,15	55°	181°	301°	↑	---	---	---	---	
	18	30	(29)	↓					
3,35	0°	118°	236°	↑	---	---	---	---	
	---	55	6	↓					
3,45	56°	182°	296°	↑	---	---	---	---	
	17	20	-16	↓					

E = 51.3 [GPa]; $\nu = 0.29$

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
3,85	0°	118°	239°	↑					
	22	(39)	66	↓	---	---	---	---	
4,70	359°	121°	234°	↑	164,00	3,70	2,10	4,70	
	9	17	25	↓					
4,85	52°	181°	298°	↑	---	---	---	---	
	---	(4)	19	↓					
5,20	55°	182°	298°	↑	134,00	10,80	0,80	5,20	
	63	28	-11	↓					
7,70	356°	116°	238°	↑	101,00	2,50	0,70	7,70	
	13	0	6	↓					
8,20	357°	116°	238°	↑	93,00	7,50	3,10	8,20	
	40	9	16	↓					
8,75	4°	117°	234°	↑	176,00	4,40	2,10	8,75	
	4	18	18	↓					
8,85	54°	181°	300°	↑	123,00	5,30	4,50	8,85	
	23	22	17	↓					
8,95	359°	118°	238°	↑					
	(51)	(24)	9	↓	---	---	---	---	
9,05	58°	179°	299°	↑					
	(4)	---	40	↓					
9,15	359°	119°	236°	↑					
	6	14	---	↓	23,00	2,80	1,60	9,20	
9,25	55°	180°	303°	↑					
	7	---	---	↓					
9,35	2°	118°	237°	↑	92,00	7,10	1,40	9,35	
	41	3	10	↓					
9,45	57°	180°	300°	↑	135,00	4,00	3,20	9,45	
	18	15	12	↓					
9,60	0°	120°	239°	↑	120,00	2,20	1,50	9,60	
	9	5	9	↓					
9,70	57°	182°	303°	↑					
	32	(11)	13	↓	116,00	7,80	4,60	9,80	
9,85	358°	120°	236°	↑					
	33	(33)	(7)	↓					
9,95	57°	180°	297°	↑	---	---	---	---	
	11	(24)	16	↓					
10,05	1°	119°	234°	↑	102,00	6,20	2,80	10,05	
	32	7	20	↓					
10,15	56°	180°	300°	↑	132,00	9,00	4,10	10,15	
	45	29	9	↓					
10,35	0°	116°	236°	↑					
	18	---	-4	↓	---	---	---	---	Schlitz der drei guten Messungen liegen ungünstig
10,45	55°	180°	299°	↑					
	9	(32)	---	↓					
10,55	359°	120°	238°	↑	154,00	6,50	2,40	10,55	
	8	12	35	↓					
10,65	56°	180°	299°	↑	88,00	3,00	2,40	10,65	
	10	14	10	↓					
10,80	0°	117°	238°	↑	121,00	5,10	3,50	10,80	
	21	11	22	↓					

< 6 m:

↓

E = 73.6 [GPa]; $\nu = 0.30$

> 6 m:

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
10,90	56°	182°	298°	↑	---	---	---	---	
	8	(15)	---	↓					
11,00	0°	120°	237°	↑	150,00	5,20	2,20	11,10	[R ² = 100%]
	9	10	(27)						
11,15	56°	182°	301°						
	28	(14)	8	↓					
11,25	0°	117°	239°	↑	---	---	---	---	
	(15)	3	-3	↓					

30. Cordon

Datum: 21.9.1997

Kalibrierungsfaktor: 168 [$\mu\text{V}/\mu\text{m}$]

Länge.: 5.627 E

E = 51.4 [GPa]

Breite.: 45.621 N

 $\nu = 0.33$

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
1,90	0°	116°	238°	↑	15,00	1,50	0,70	1,90	
	2	11	6	↓					
2,05	56°	180°	297°	↑	32,00	8,80	2,50	2,05	
	8	17	69	↓					
2,35	358°	117°	239°	↑	58,00	1,40	0,90	2,35	
	8	8	4	↓					
2,50	57°	180°	296°	↑	18,00	5,90	2,90	2,50	
	22	12	42	↓					
2,60	357°	116°	240°	↑	98,00	2,50	1,70	2,60	
	17	8	11	↓					
2,70	60°	180°	296°	↑	18,00	2,90	1,50	2,70	
	12	6	21	↓					
3,53	359°	119°	235°	↑	---	---	---	---	
	(9)	(-2)	29						
3,75	359°	---	---						
	---	---	---	↓					

31. Culoz

Datum: 20.9., 22. - 23.9.1997

Kalibrierungsfaktor: 168 [$\mu\text{V}/\mu\text{m}$]

Länge.: 5.782 E

E = 62.8 [GPa]

Breite.: 45.847 N

 $\nu = 0.34$

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
1,35	0°	129°	248°	↑	---	---	---	---	
	9	(15)	(2)	↓					
2,05	359°	124°	242°	↑	160,00	2,30	1,30	2,10	
	(17)	7	13						
2,15	66°	181°	302°						
	(13)	5	(-1)	↓					
2,25	0°	123°	245°	↑	147,00	10,90	1,80	2,25	
	13	1	71	↓					
2,35	63°	179°	302°	↑	56,00	4,20	2,60	2,35	
	9	19	21	↓					
2,60	2°	124°	243°	↑	164,00	2,80	2,30	2,70	[R ² = 96%]
	---	11	14						
2,75	63°	181°	303°						
	(5)	10	12	↓					
2,90	2°	123°	250°	↑	---	---	---	---	
	---	---	---	↓					

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
3,00	63°	179°	301°	↑	33,00	5,70	4,00	3,00	
	19	20	31	↓					
3,20	0°	124°	242°	↑	84,00	3,90	2,20	3,20	
	22	13	9	↓					
3,35	63°	179°	301°	↑	16,00	3,80	1,90	3,35	
	14	6	21	↓					
3,45	358°	122°	241°	↑	---	---	---	---	
	---	(9)	(13)	↓					
3,55	64°	182°	302°	↑	---	---	---	---	
	---	23	(4)	↓					
3,65	0°	123°	240°	↑	1,00	3,20	2,80	3,65	
	12	15	15	↓					
3,75	66°	180°	303°	↑	29,00	1,90	1,10	3,75	
	6	5	11	↓					
3,85	358°	125°	241°	↑	101,00	5,70	2,50	3,85	
	33	9	17	↓					
4,00	64°	180°	317°	↑	41,00	9,70	5,80	4,10	
	---	34	55	↓					
4,15	359°	124°	242°	↑	---	---	---	---	
	(35)	---	23	↓					
4,25	65°	180°	305°	↑	---	---	---	---	
	---	(26)	7	↓					
4,35	0°	125°	239°	↑	2,00	4,30	4,00	4,25	
	18	20	20	↓					
4,45	63°	180°	300°	↑	31,00	1,70	1,20	4,45	
	6	6	9	↓					
4,55	0°	121°	240°	↑	180,00	2,50	2,00	4,55	
	8	12	12	↓					
4,80	0°	121°	240°	↑	[80,00	7,30	2,90]	4,80	Fels unterhalb 4.80 m stark geklüftet
	44	21	8	↓					

32. Villebois

Datum: 24. - 26.9.1997

Kalibrierungsfaktor: 168 [$\mu\text{V}/\mu\text{m}$]

Länge.: 5.429 E

E = 35.0 [GPa]

Breite.: 45.851 N

 $\nu = 0.28$

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
1,35	182°	301°	60°	↑	48,00	2,50	1,00	1,35	
	16	26	4	↓					
1,45	238°	0°	124°	↑	42,00	3,20	1,50	1,50	
	8	(13)	---	↓					
1,55	181°	60°	302°	↑	---	---	---	---	
	19	(14)	35	↓					
2,05	3°	125°	239°	↑	---	---	---	---	
	(29)	8	(17)	↓					
2,75	1°	121°	240°	↑	76,00	4,40	2,10	2,75	
	46	29	12	↓					
2,95	60°	182°	300°	↑	---	---	---	---	Schlitze der drei guten Messungen liegen ungünstig
	---	---	47	↓					
3,15	3°	125°	239°	↑	---	---	---	---	
	25	38	(43)	↓					

Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
3,55	1°	125°	239°	↑	42,00	4,90	1,50	3,55	
	24	57	3	↓					
7,67	4°	124°	241°	↑	---	---	---	---	
	12	(0)	7	↓					
8,05	2°	123°	239°	↑	20,00	1,20	0,50	8,05	
	2	13	6	↓					
8,25	3°	123°	239°	↑	30,00	4,60	0,60	8,25	
	2	58	5	↓					
9,27	60°	183°	302°	↑	29,00	2,30	1,30	9,36	
	12	(17)	24						
9,45	2°	124°	242°	↓					
	11	(0)	---	↓	81,00	2,40	1,00	10,15	
10,15	2°	124°	243°	↑					
	26	14	5	↓	---	---	---	---	
10,25	62°	182°	302°	↑					
	---	---	(10)	↓	52,00	2,50	1,50	10,35	
10,35	3°	124°	240°	↑					
	19	25	9	↓	---	---	---	---	
10,55	3°	125°	238°	↑					
	37	---	(30)	↓	43,00	2,90	1,20	10,70	
10,70	66°	180°	304°	↑					
	8	17	32	↓	17,00	4,00	2,30	10,80	
10,80	3°	123°	240°	↑					
	15	41	27	↓					

33. Crançot

Datum: 26. - 27.9.1997

Kalibrierungsfaktor: 168 [$\mu\text{V}/\mu\text{m}$]

Länge.: 5.635 E

E = 63.7 [GPa]

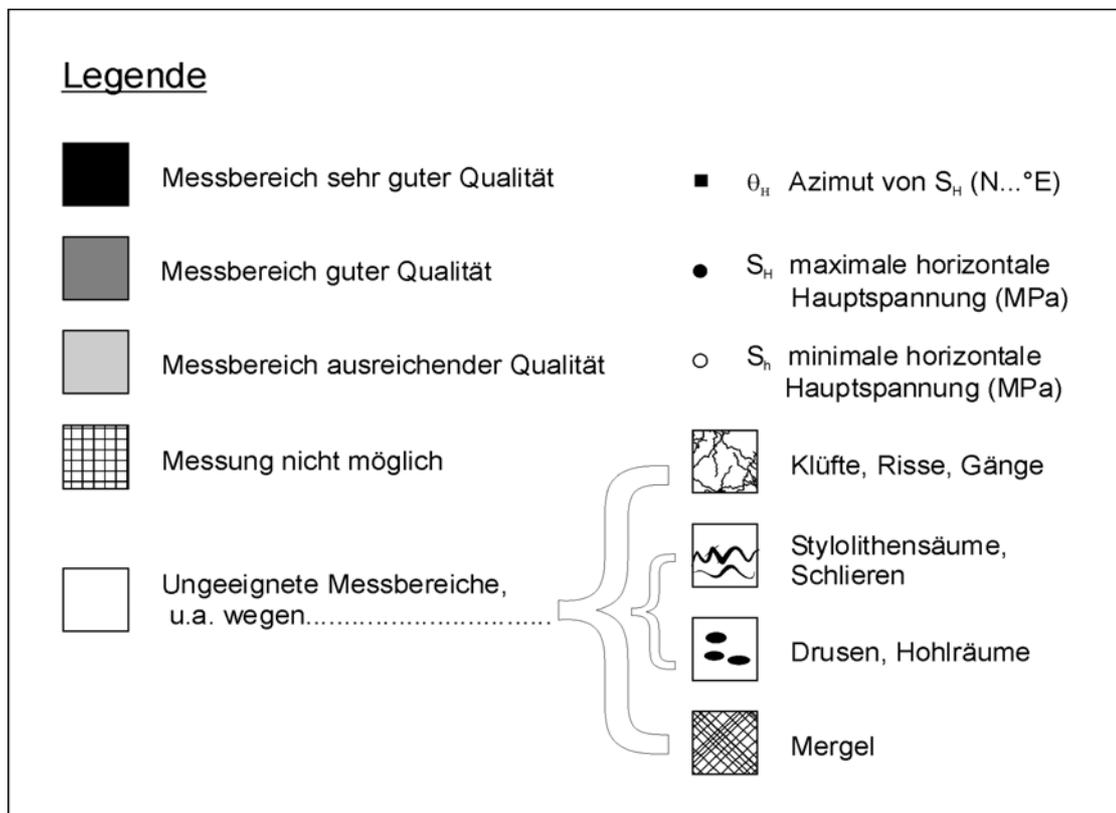
Breite.: 46.677 N

 $\nu = 0.3$

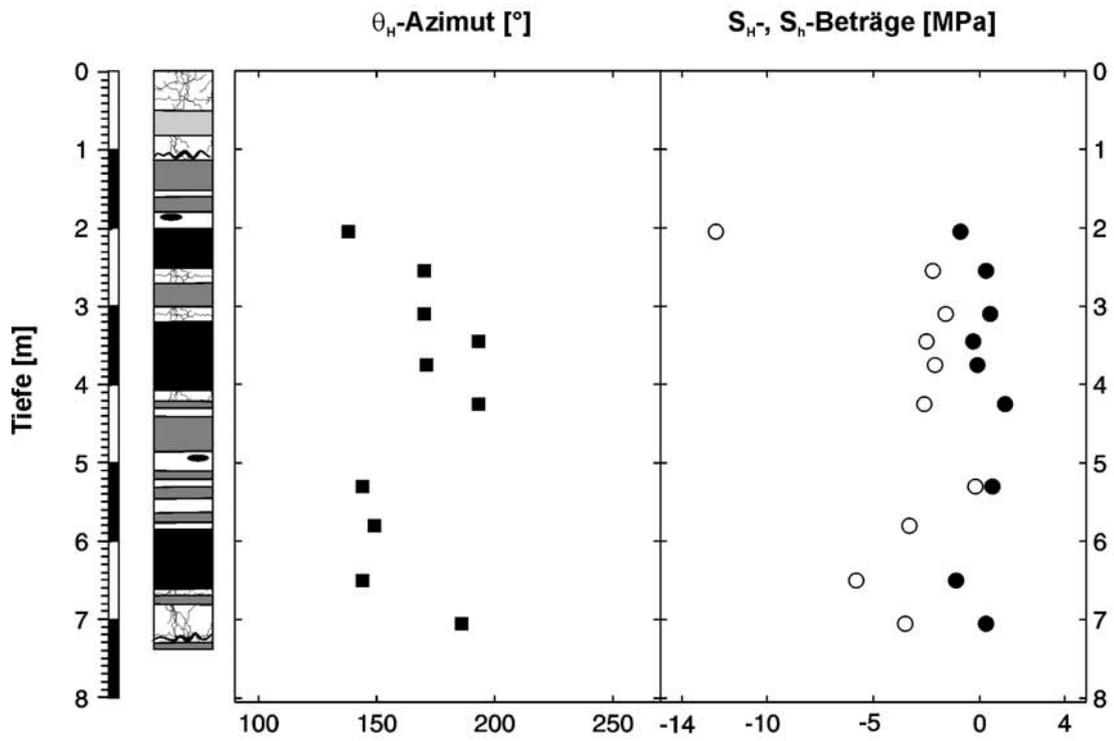
Messtiefe	1.Schlitz	2.Schlitz	3.Schlitz		θ_H	S_H	S_h	Tiefe	Kommentar
1,00	0°	123°	239°	↑	85,00	8,00	2,80	1,05	[R ² = 98%]
	(0)	---	13						
1,10	58°	183°	299°	↓	106,00	2,90	1,00	1,20	
	9	50	16	↑					
1,20	358°	239°	87°	↑					
	17	10	2	↓					
1,45	359°	121°	239°	↑					
	---	---	---	↓					

Anhang D: Bohrprofile und Spannungs-Tiefen-Diagramme

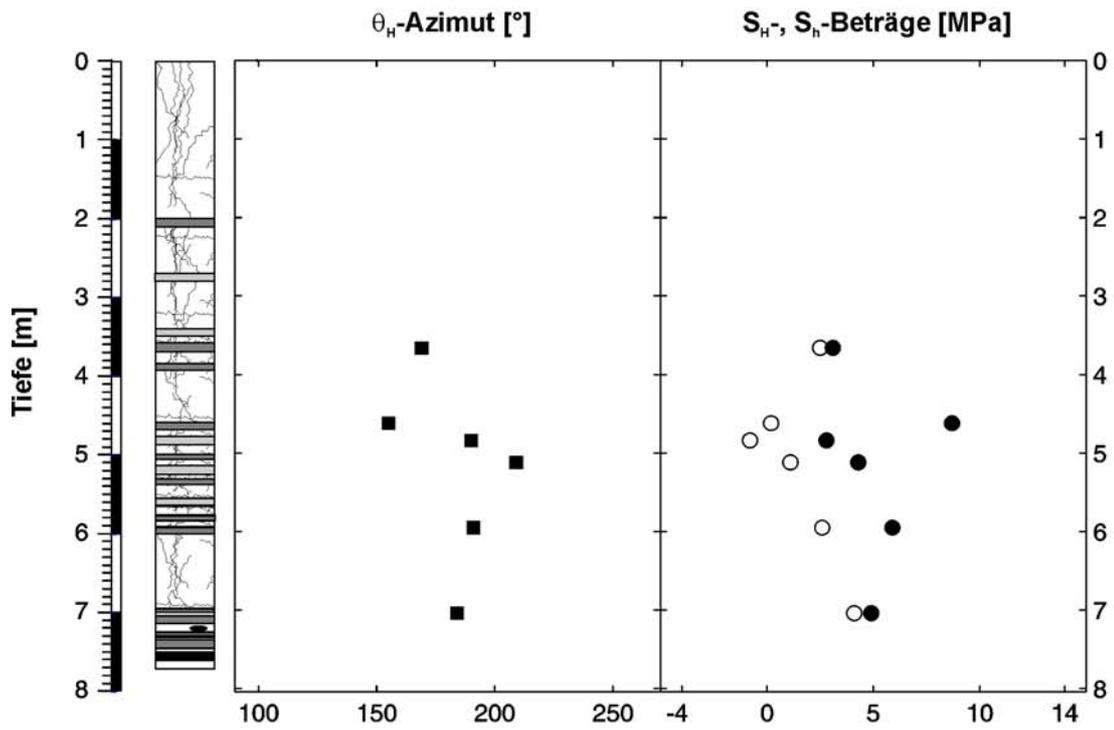
Erläuterungen: Dargestellt sind die Werte (n) für die Spannungsbeträge (S_H , S_h) und den Spannungszazimut (θ_H) entsprechend Tabelle 1.



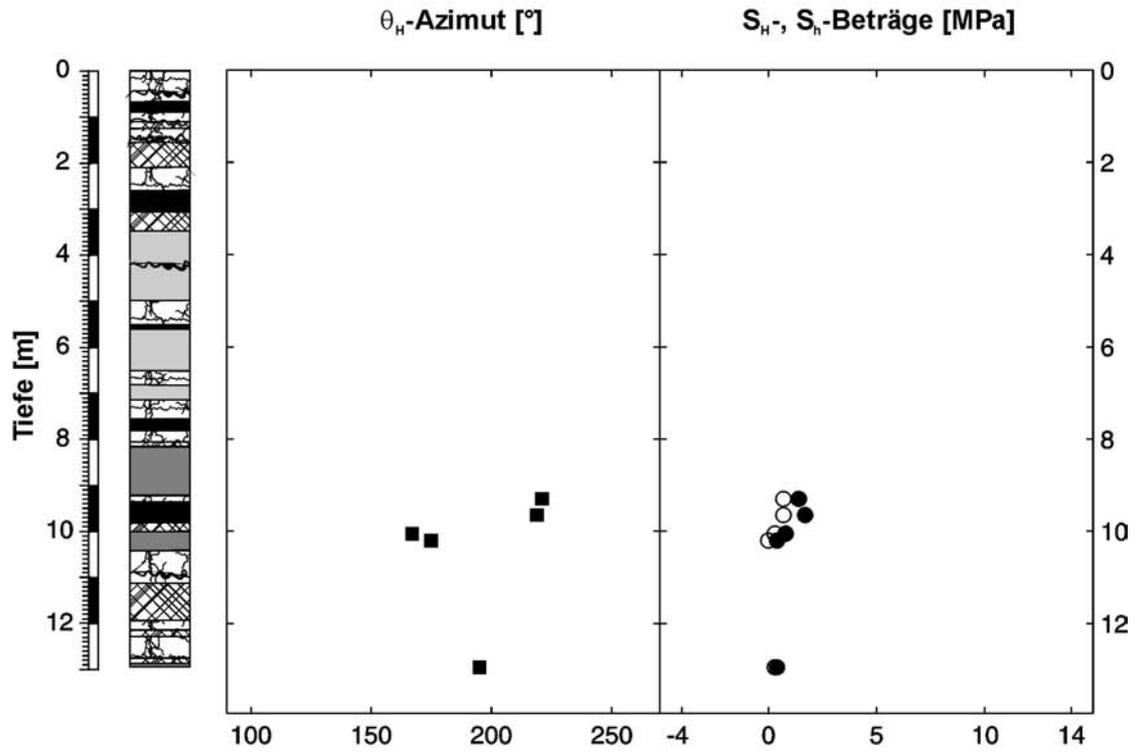
1. Seewen



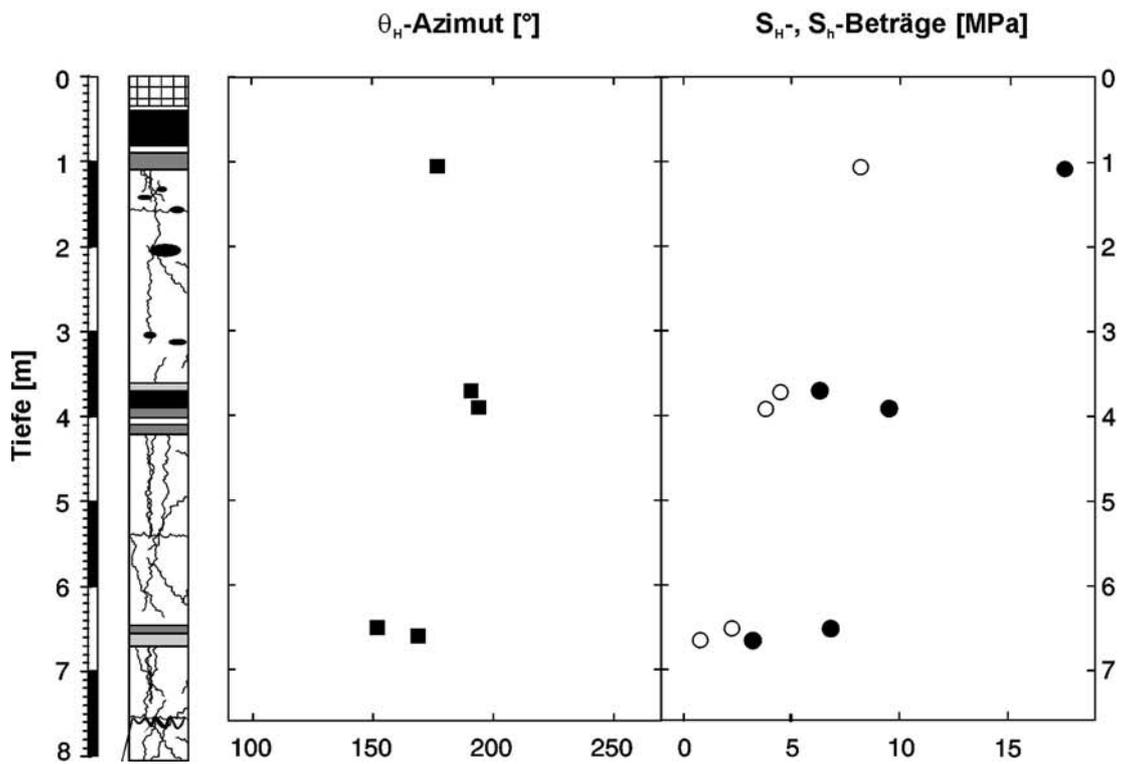
2. Courchavon



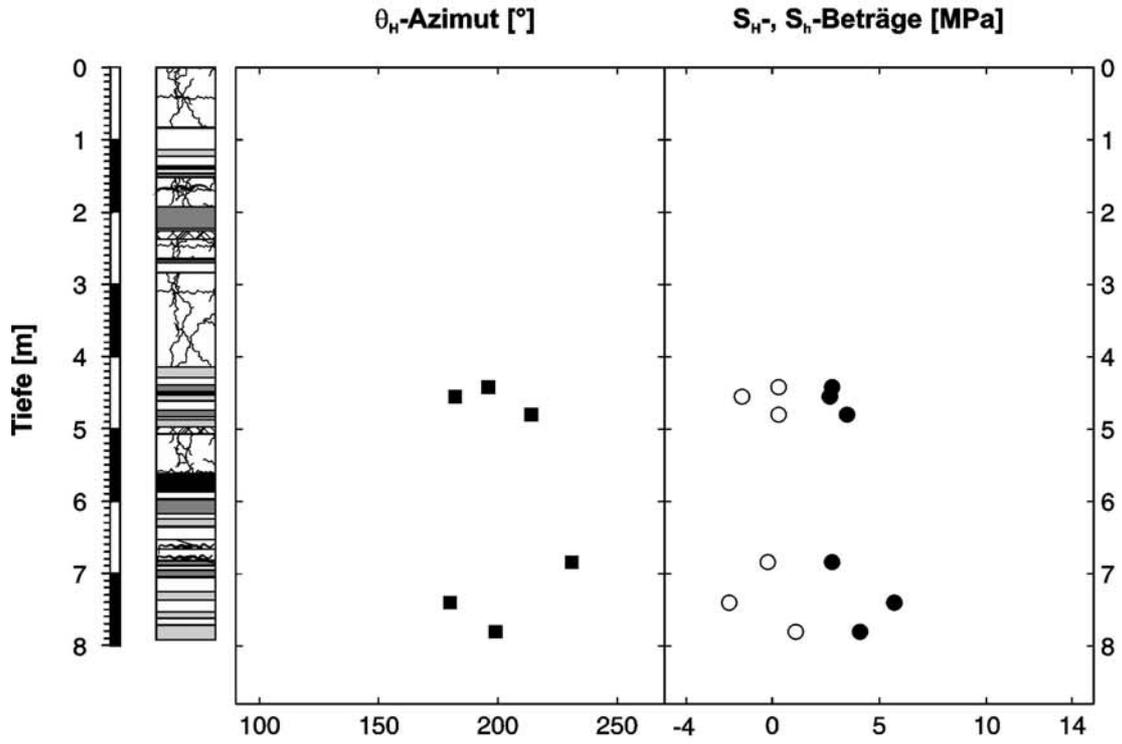
3. Liesberg



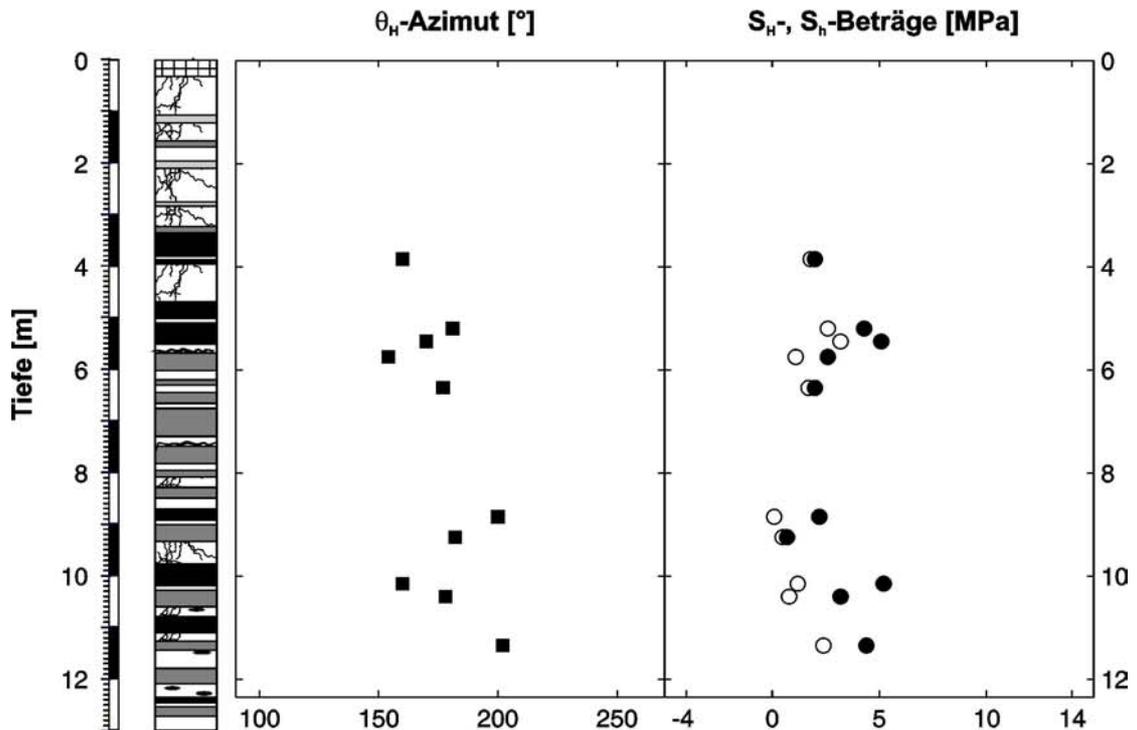
4. Le Sentier



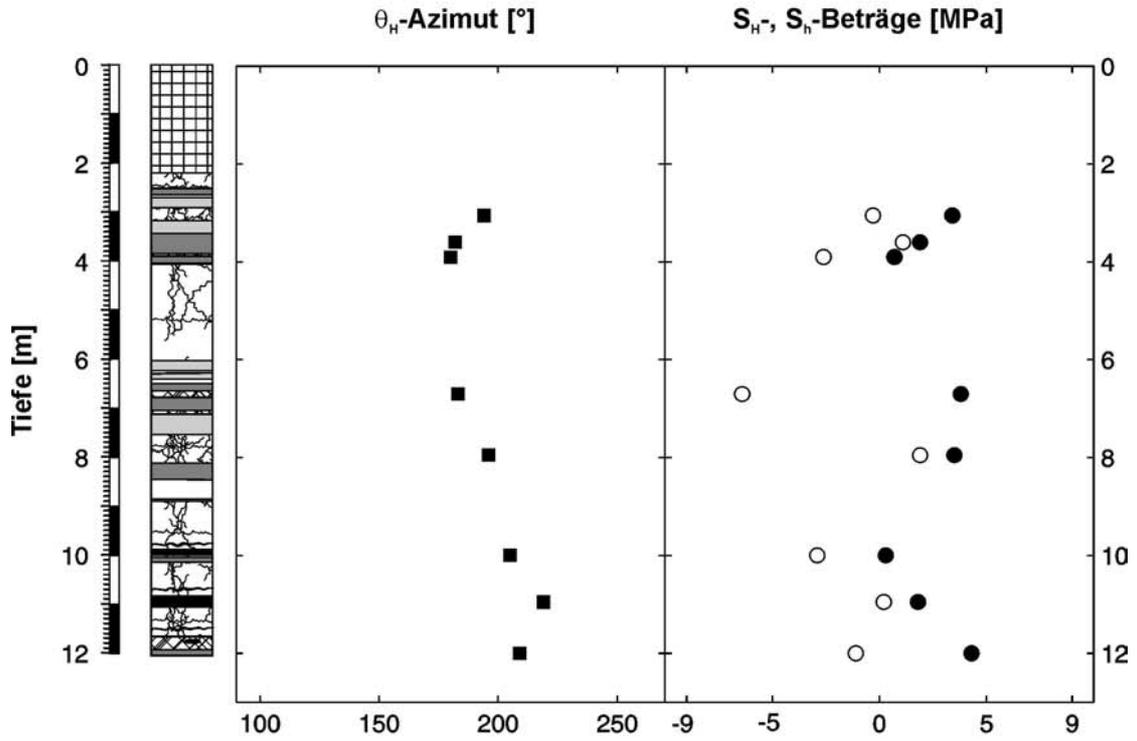
5. Vauffelin



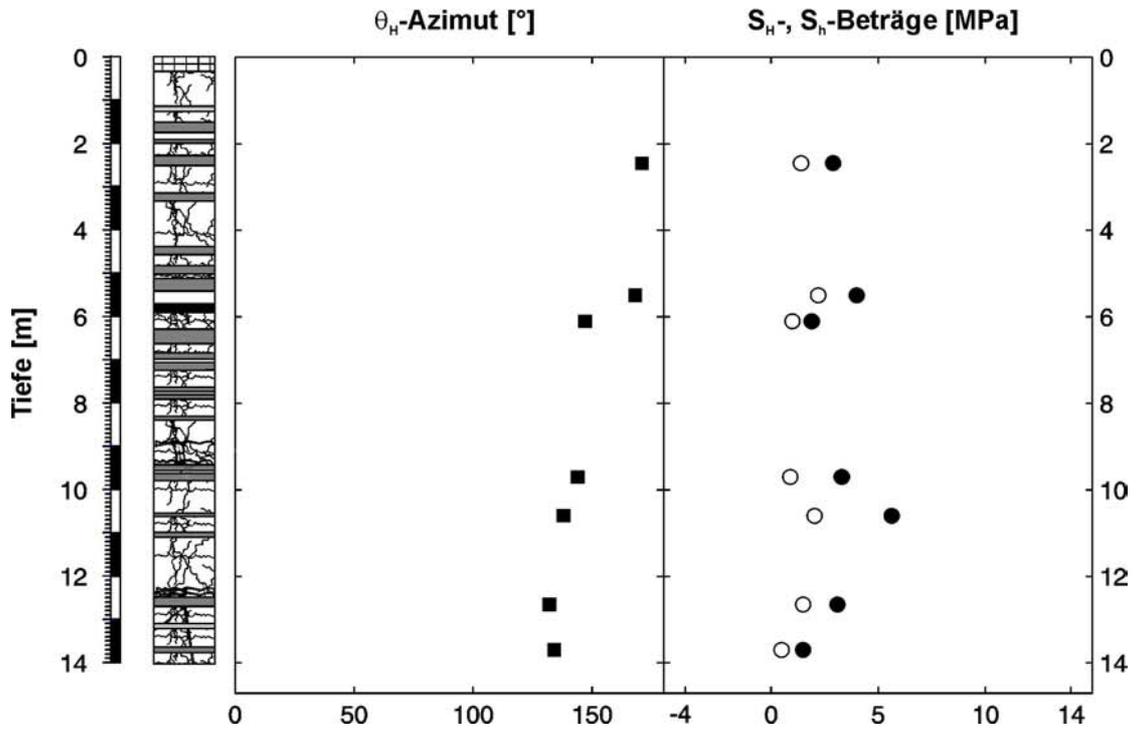
6. La Chaux-de-Fonds



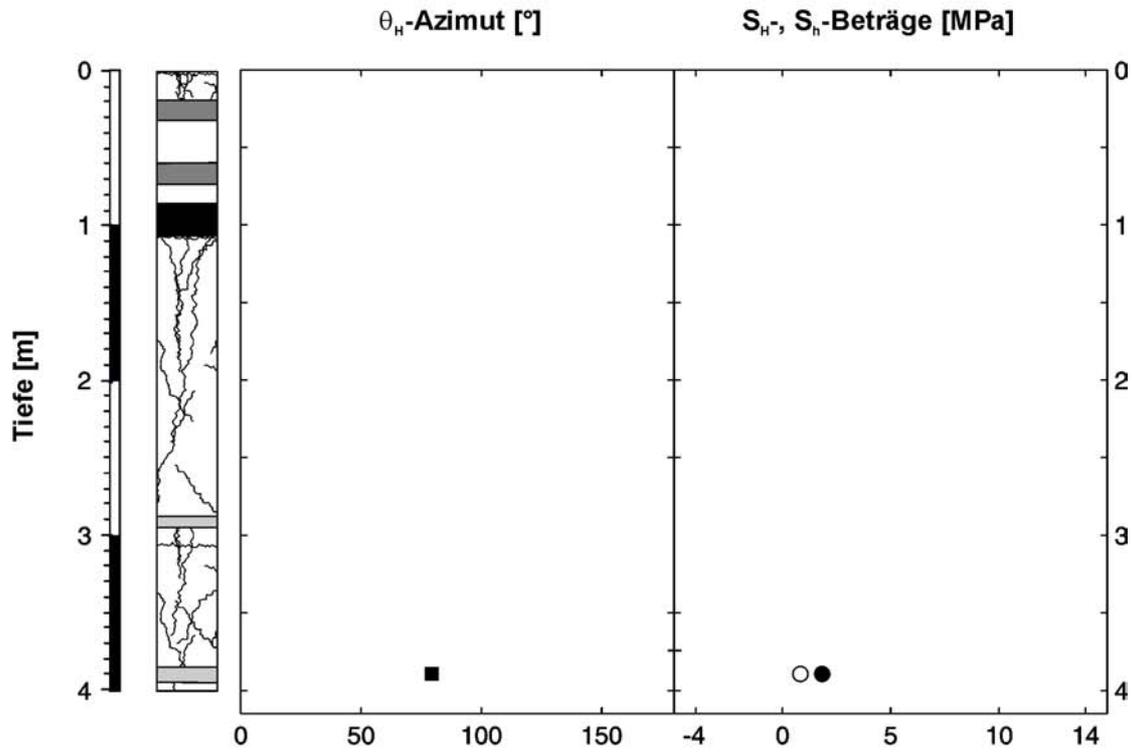
7. Olten



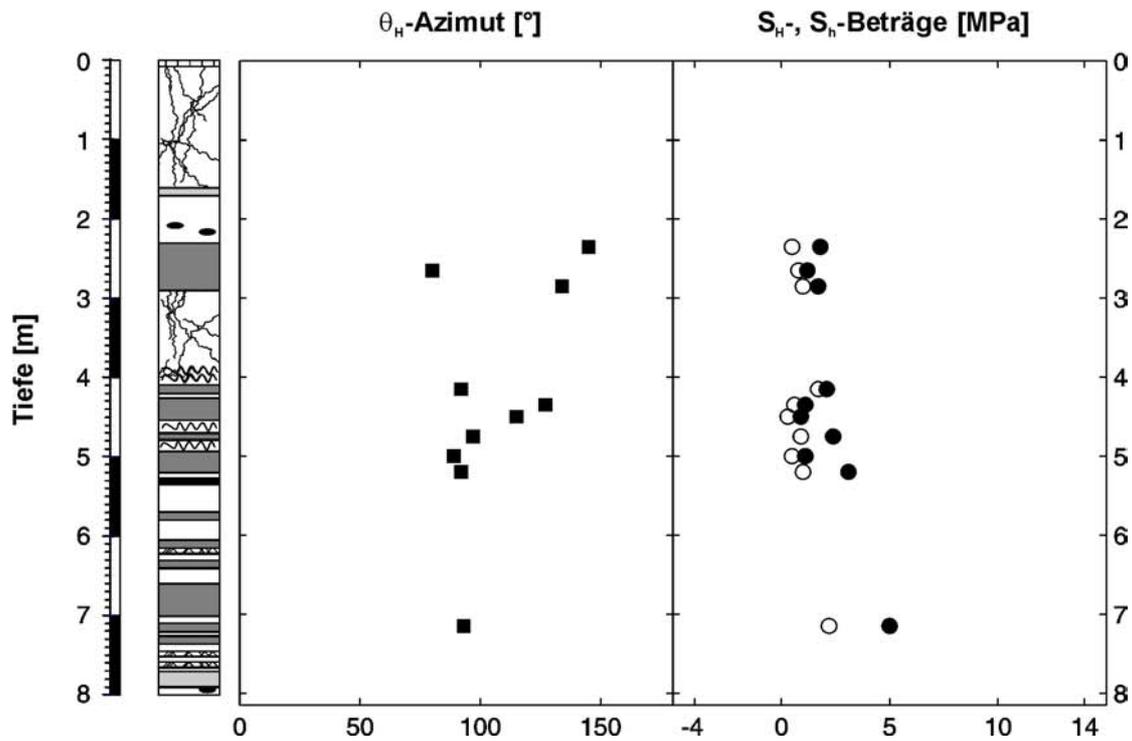
8. Le Bémont



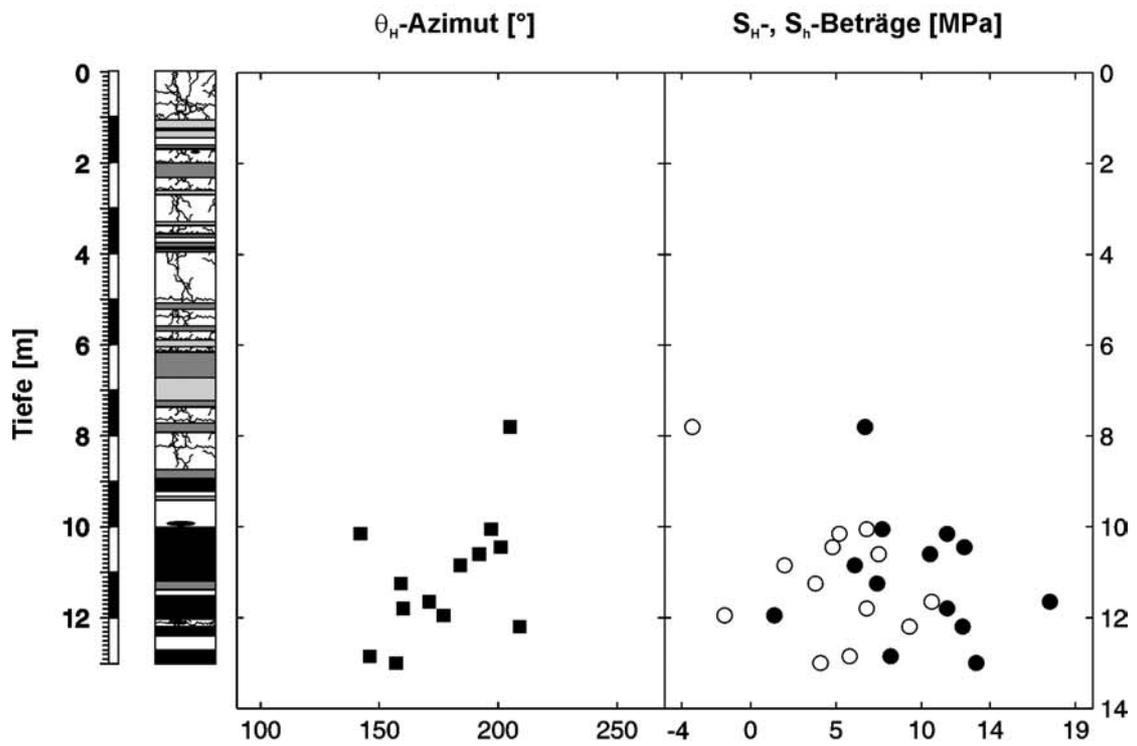
9. Charmoille



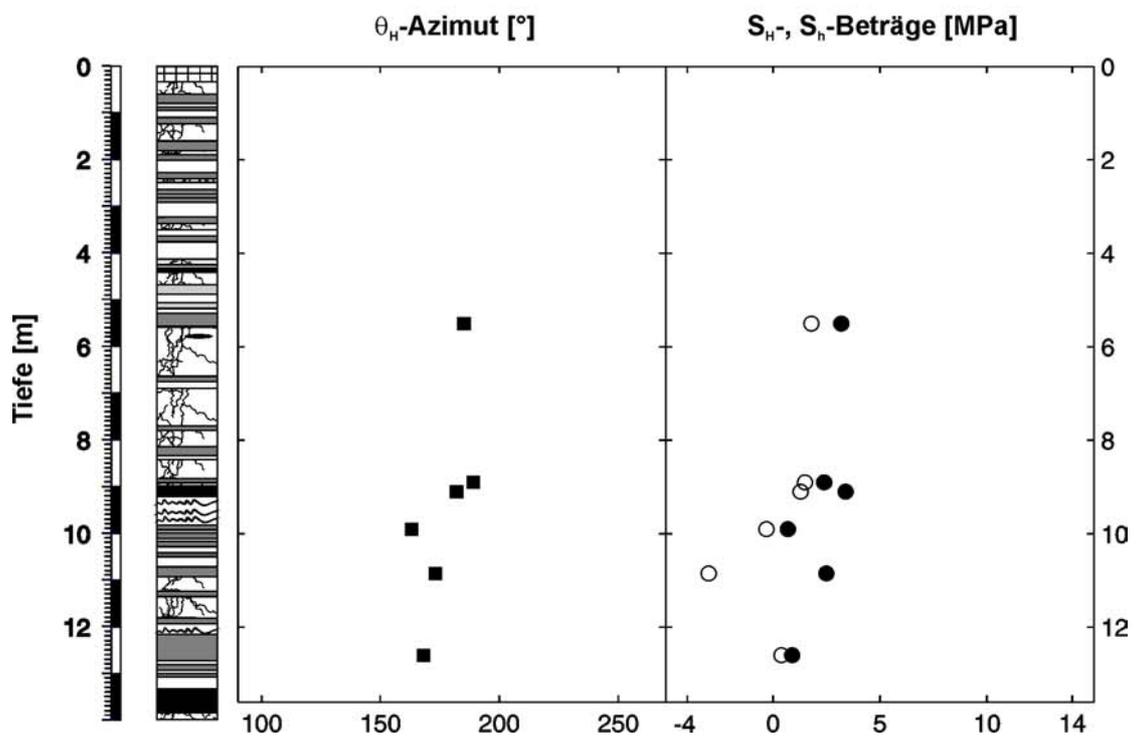
10. Brislach



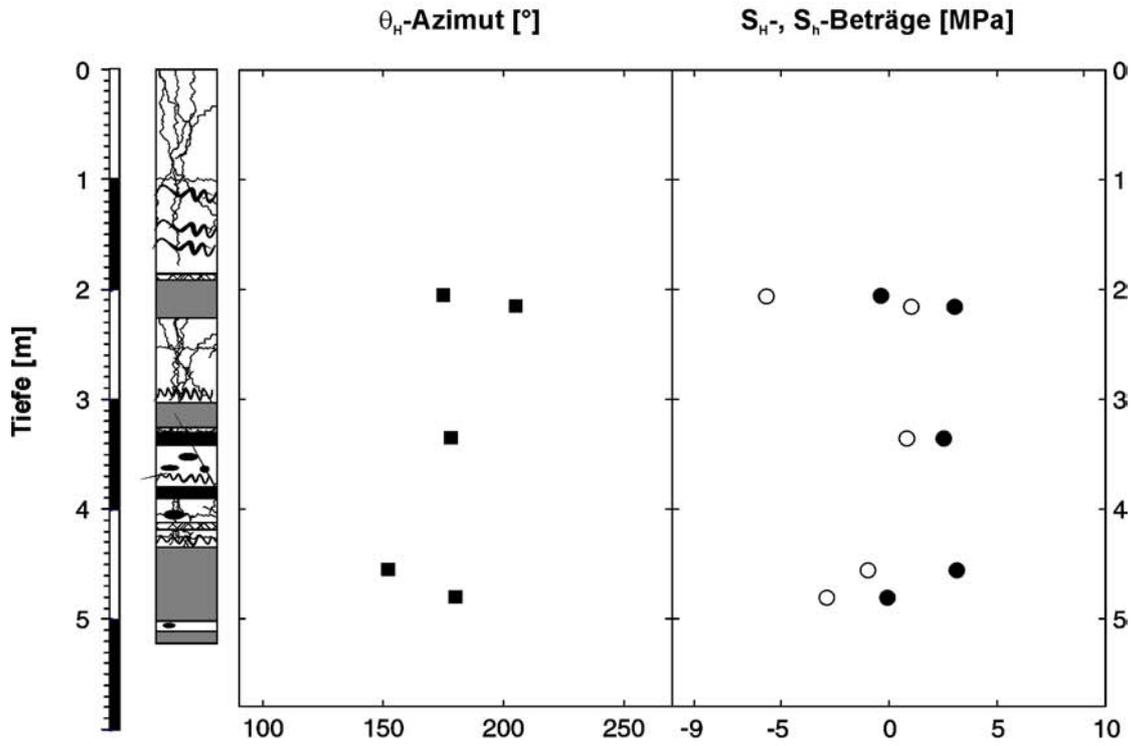
13. Cornaux



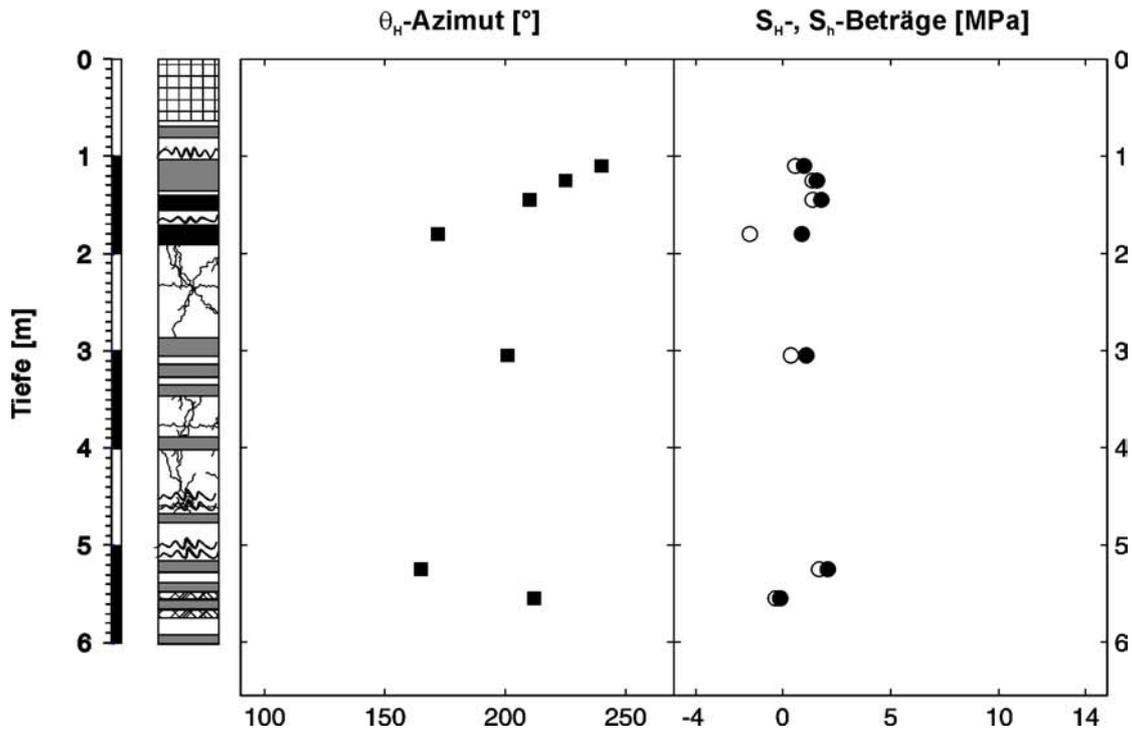
14. La Chaux-du-Milieu



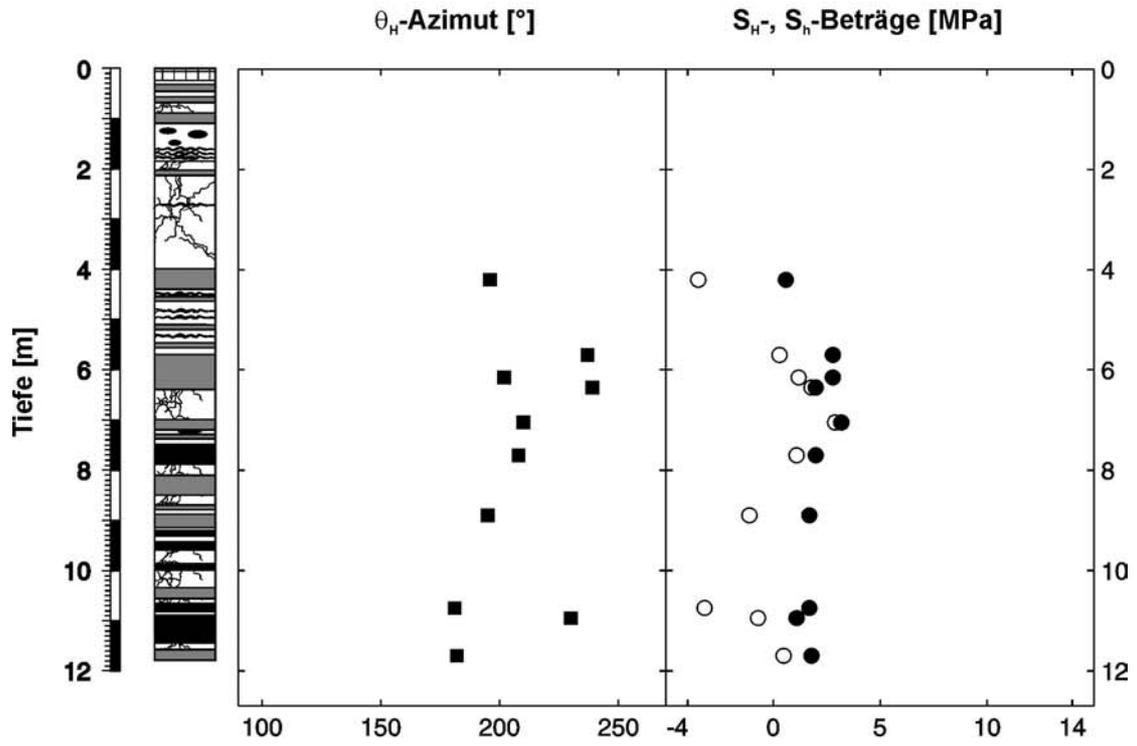
15. Courrendlin



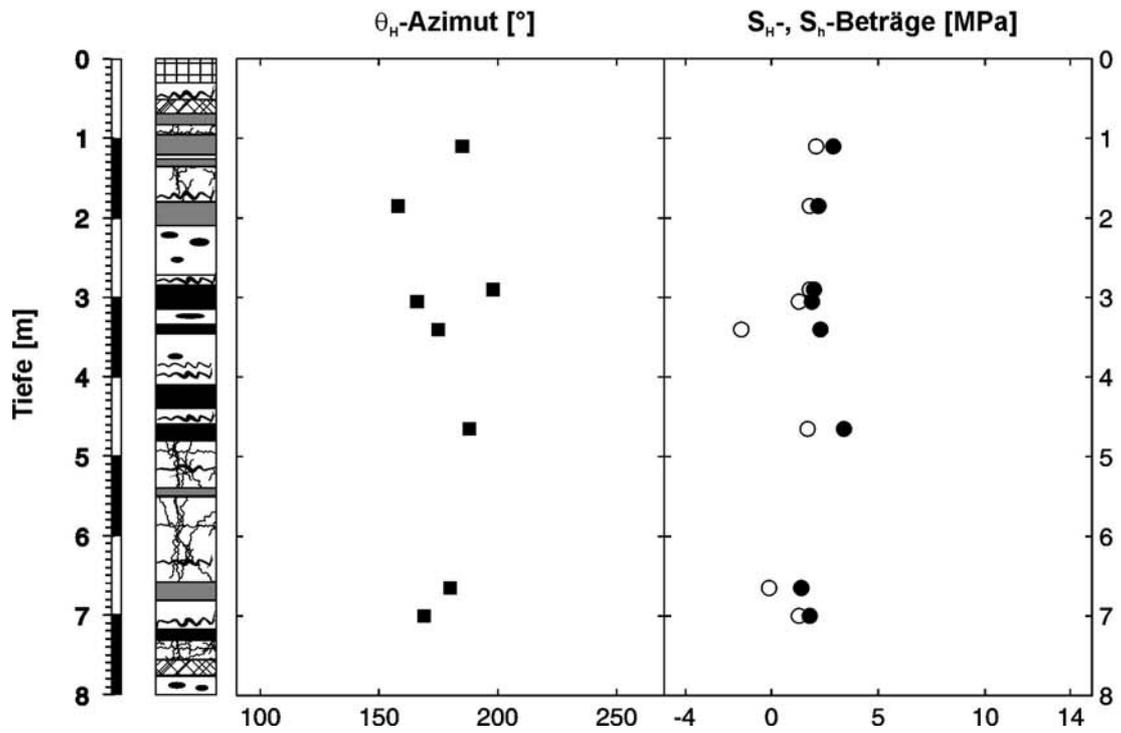
16. Sancey-le-Long



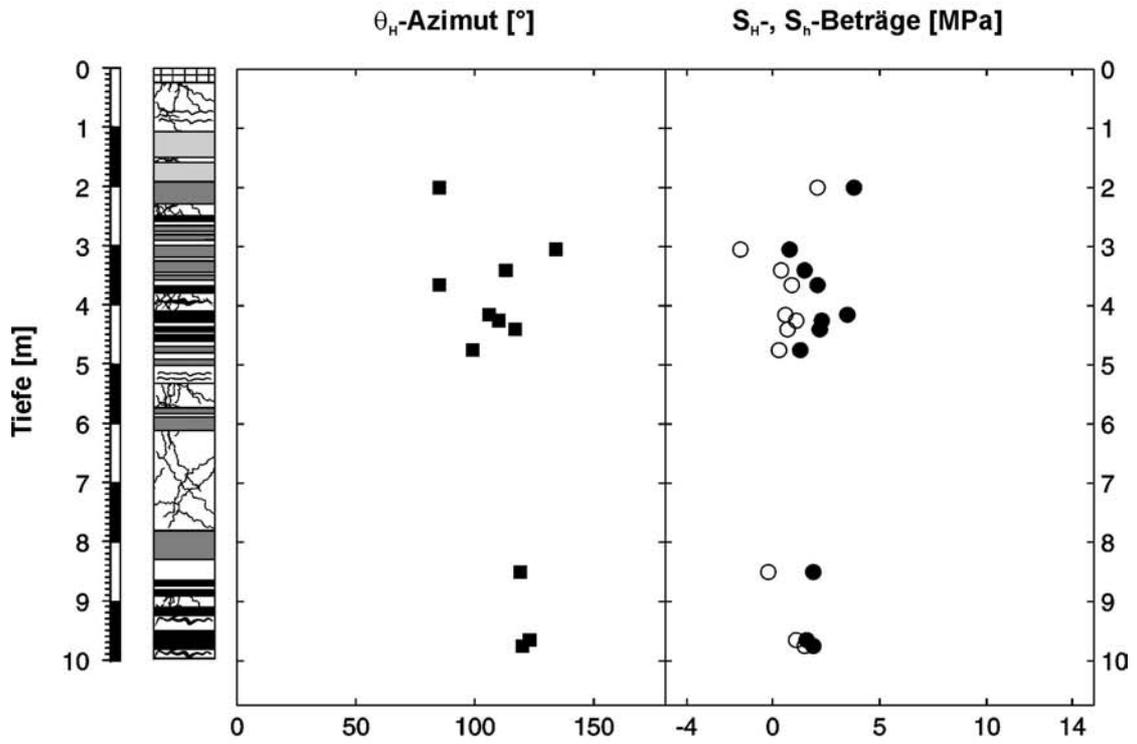
17. Maïche



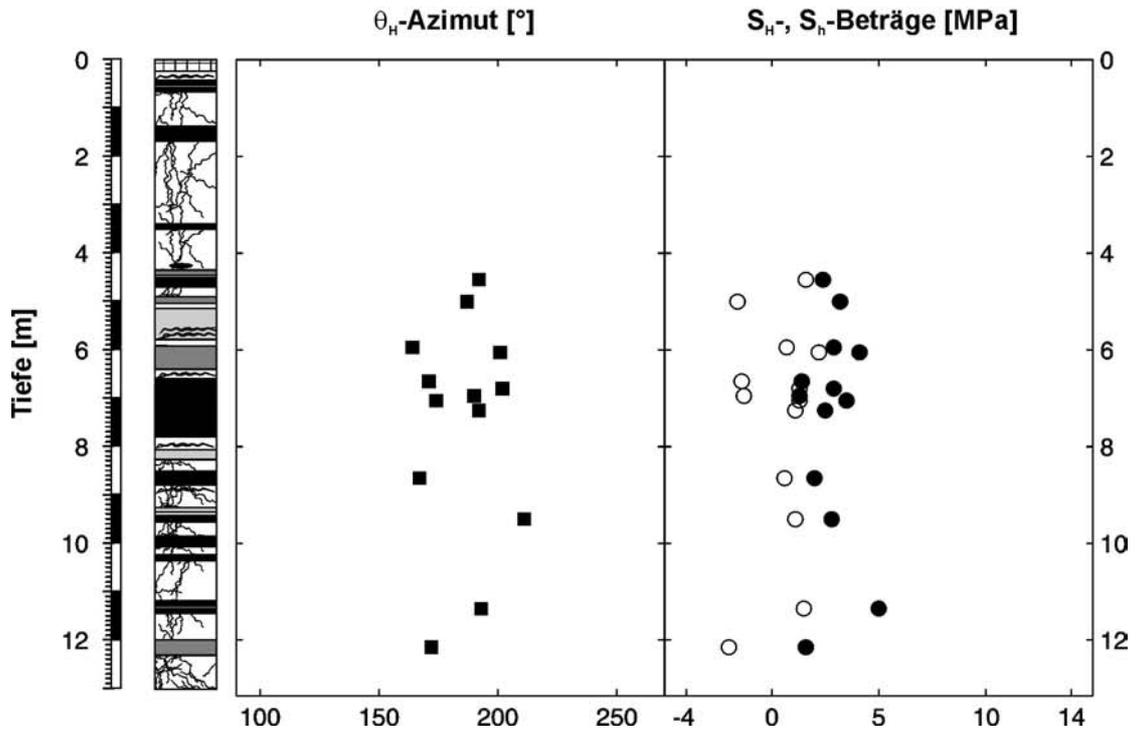
18. Valdahon



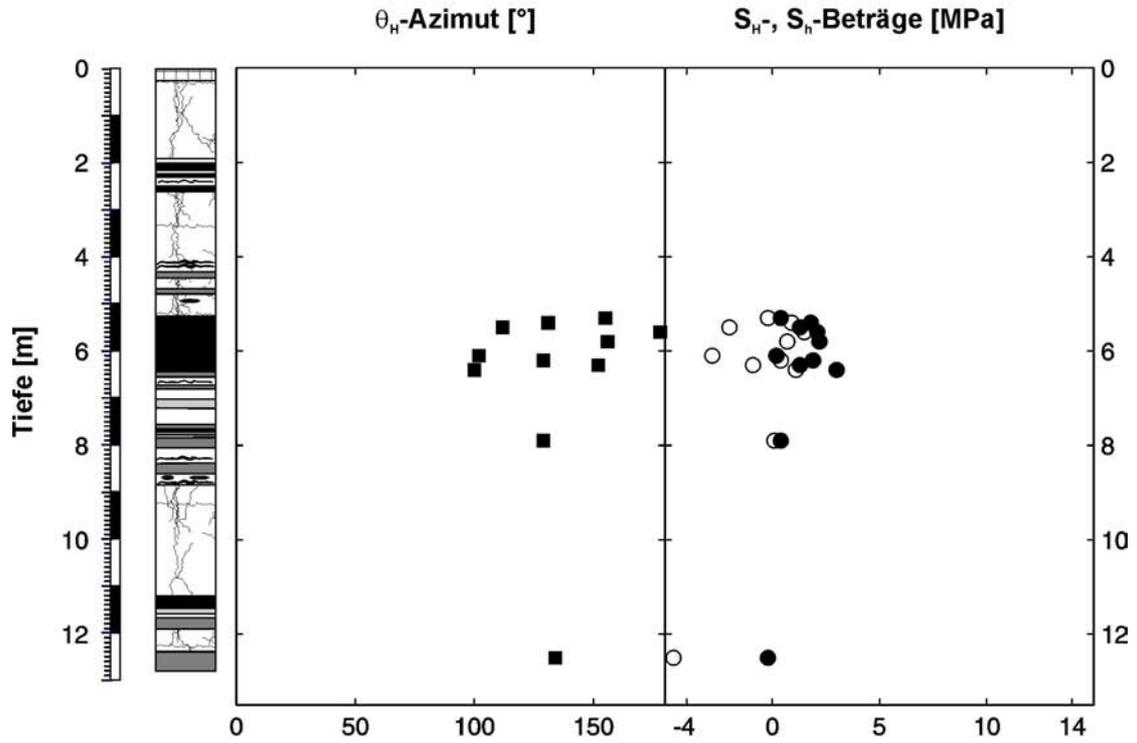
19. Samson



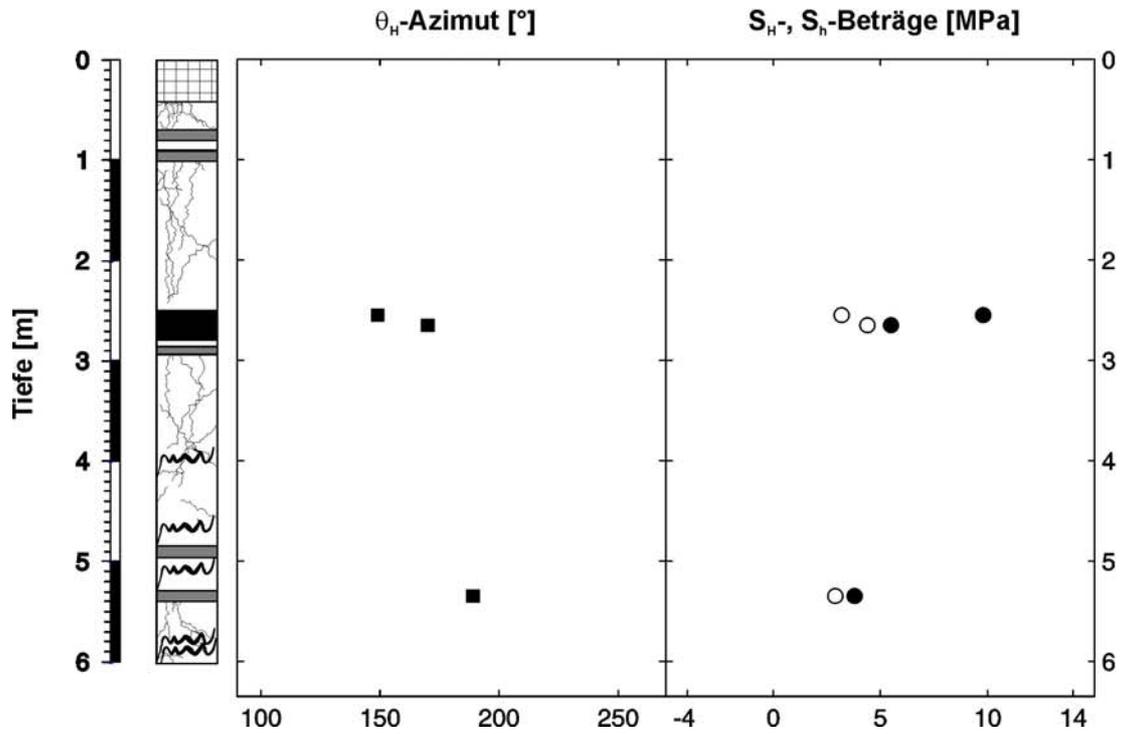
20. Sombacour



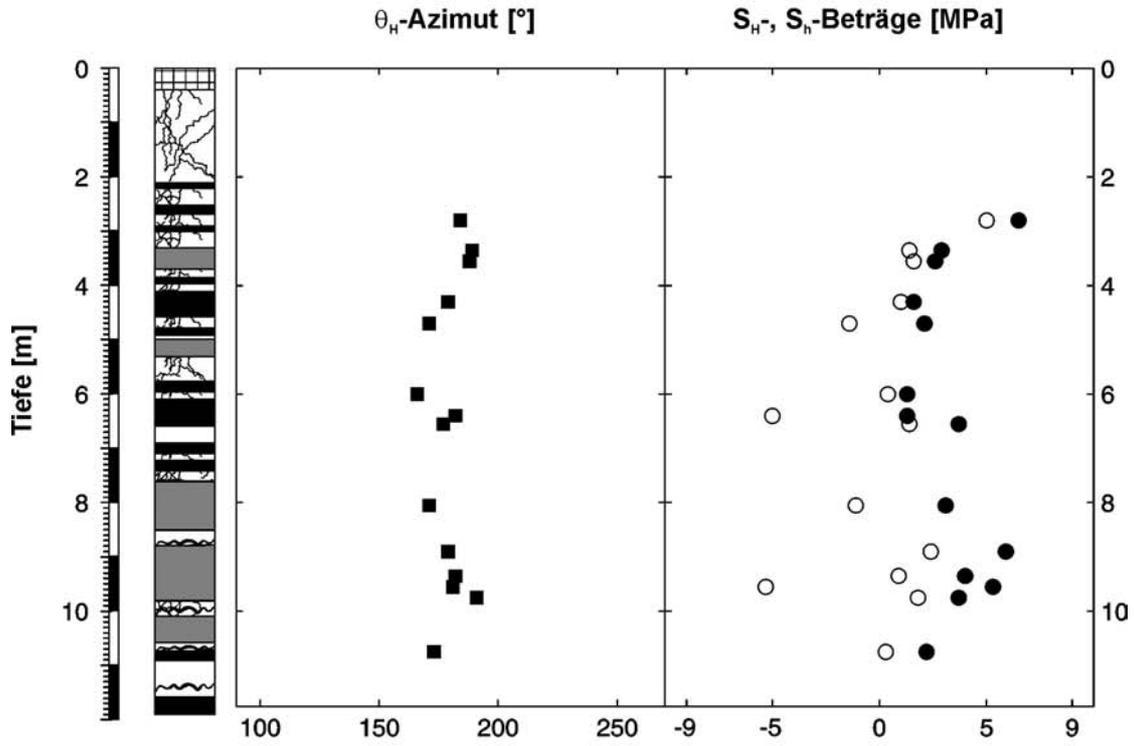
21. Mérey-sous-Montrond



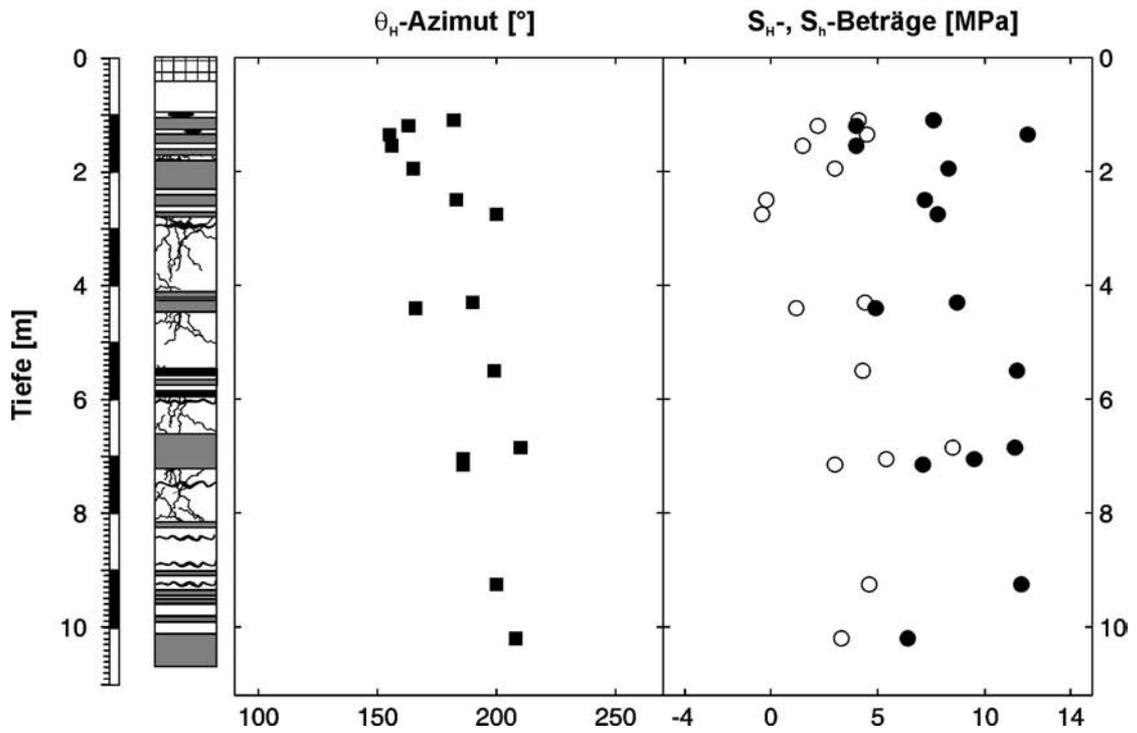
22. Bief-des-Maisons



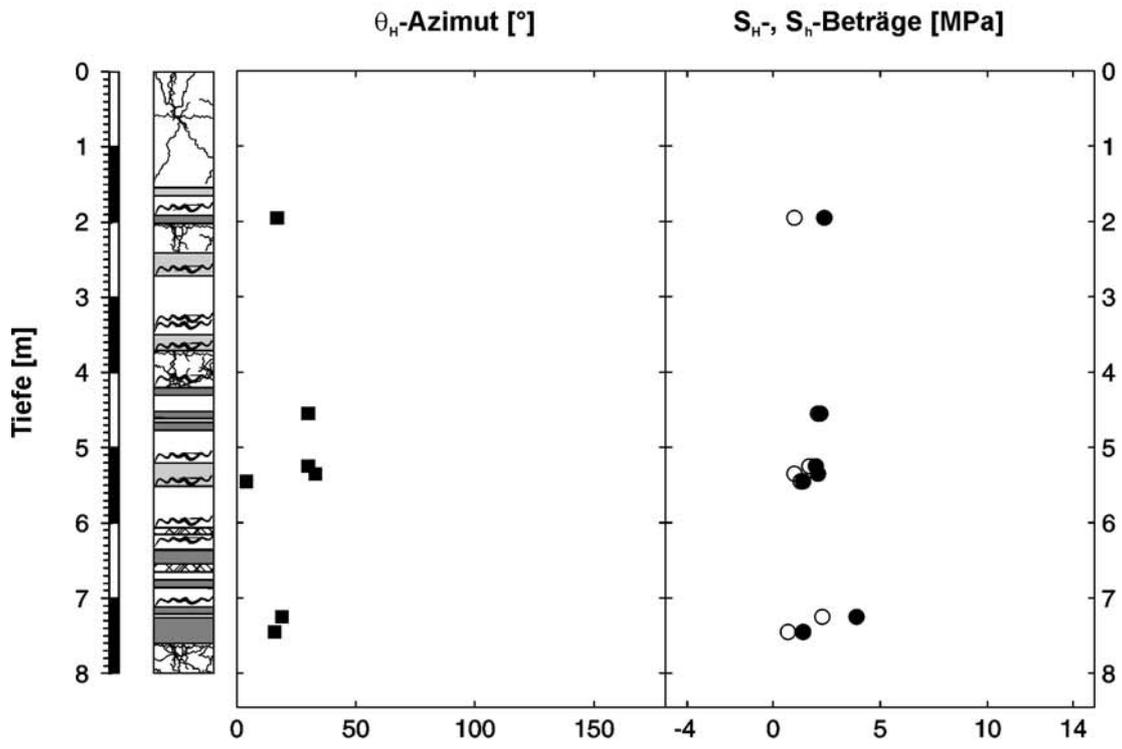
23. Véria



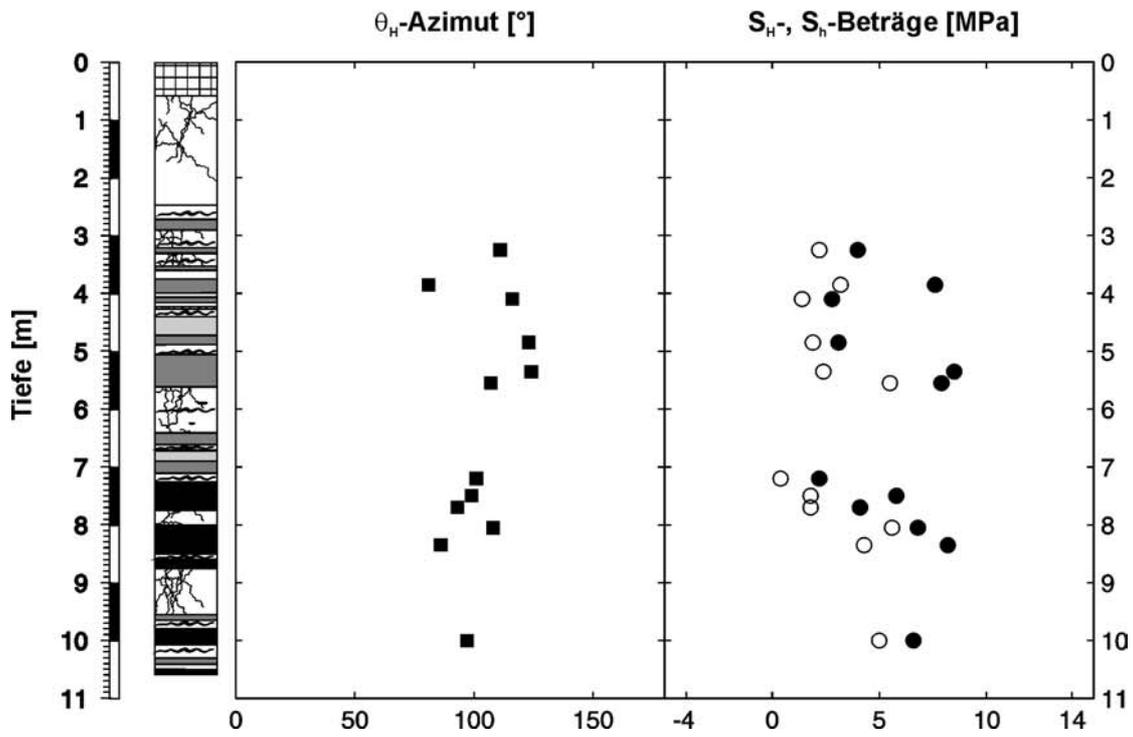
24. Vilette



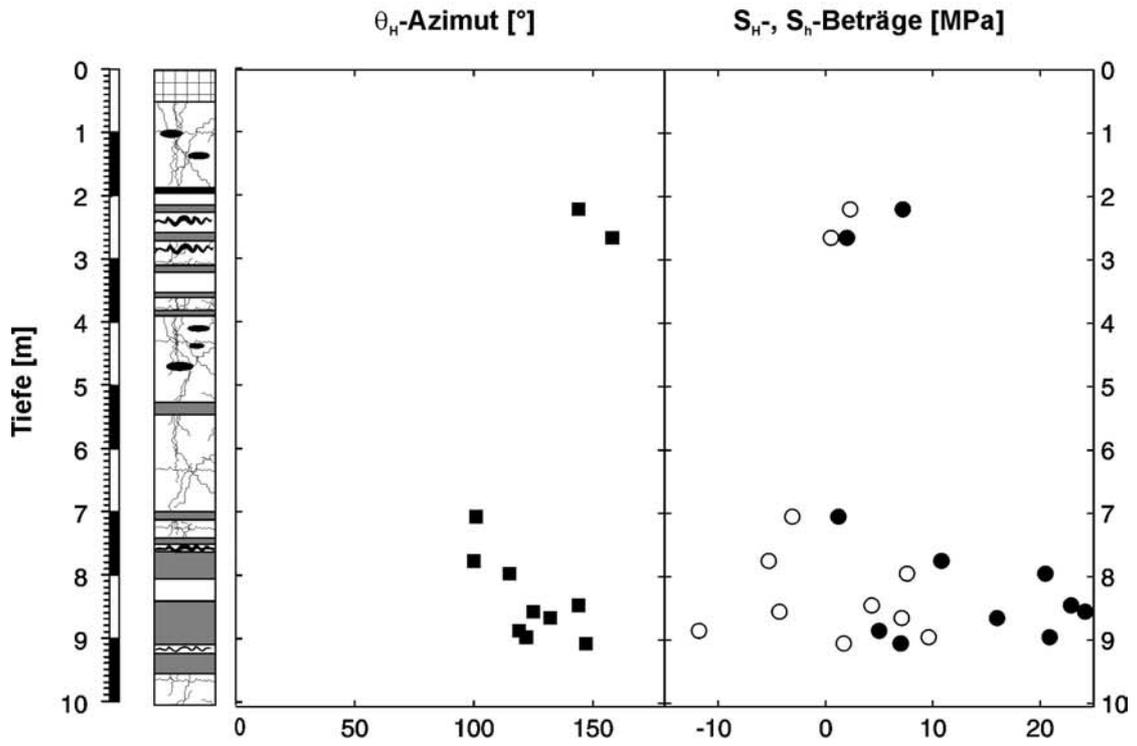
25. Linn



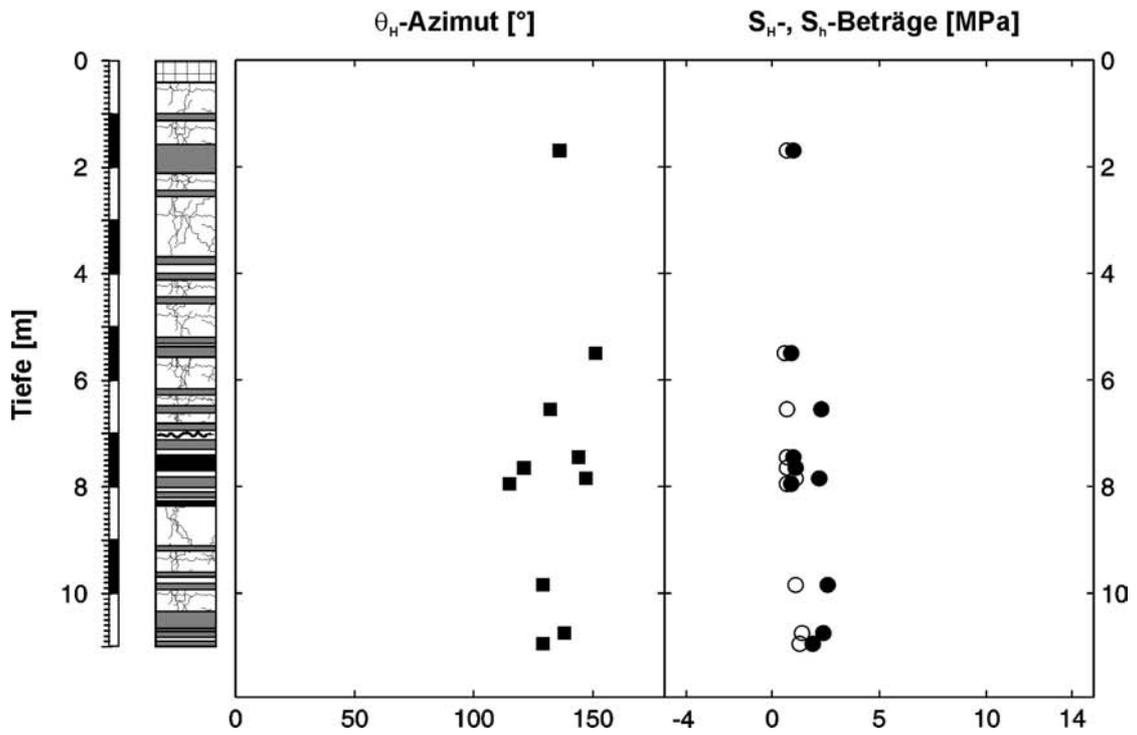
26. Marchaux



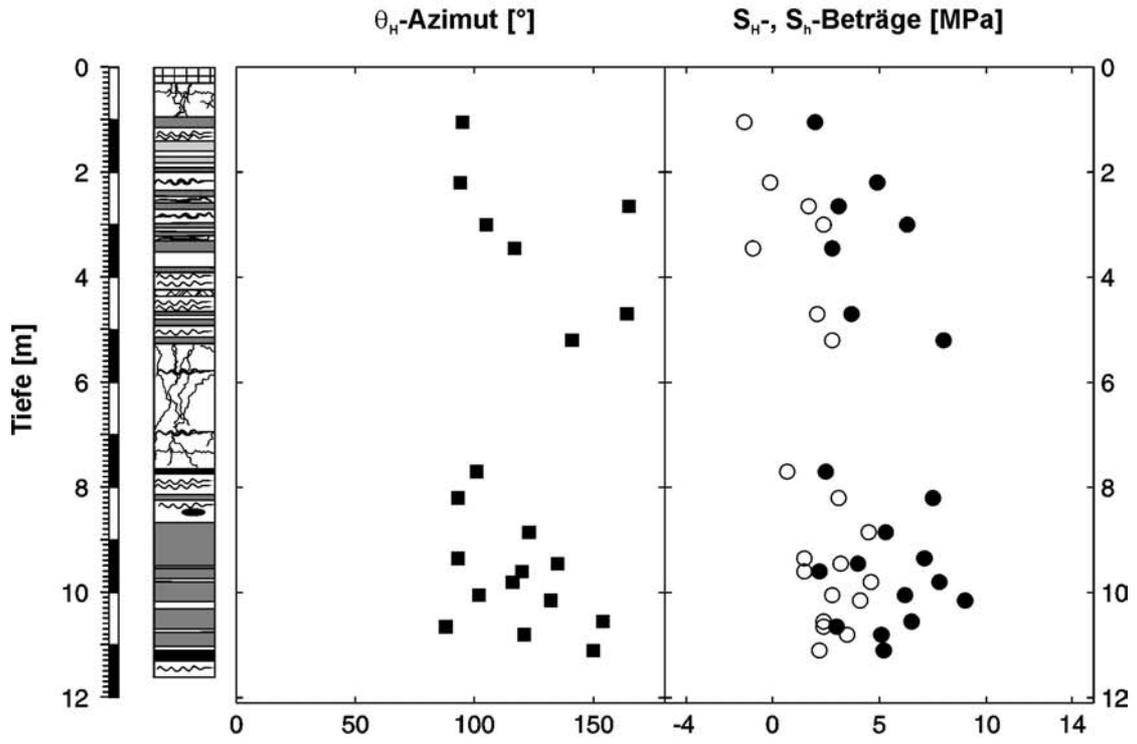
27. Meussia



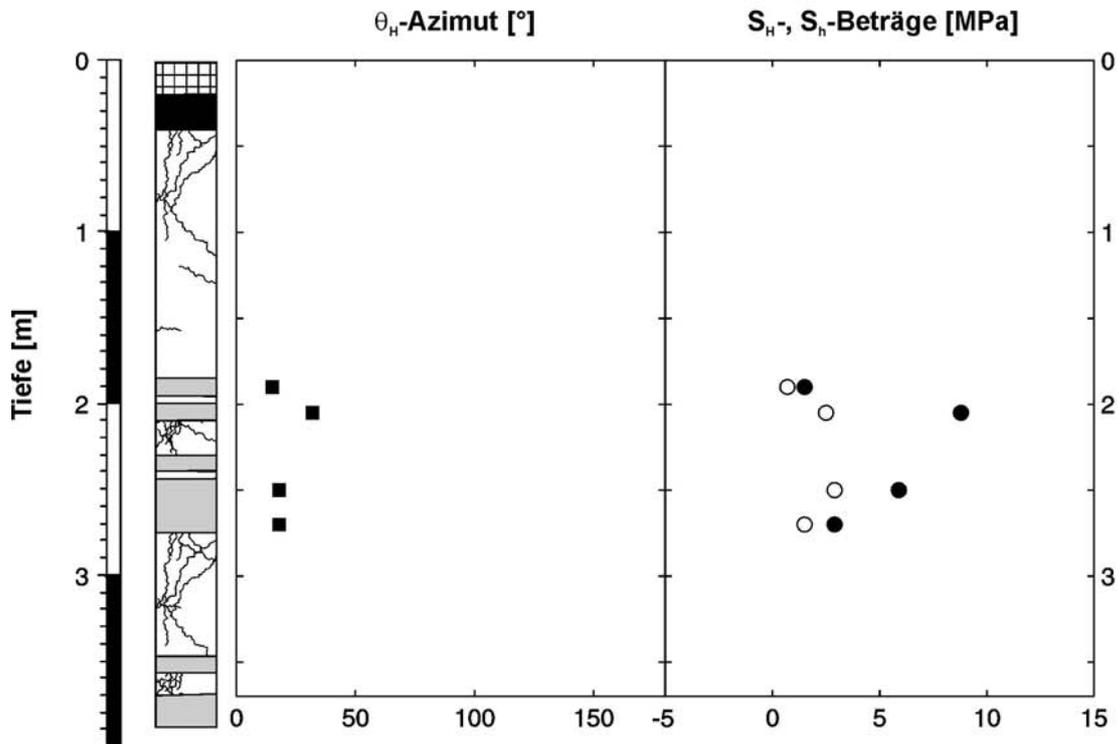
28. Lamoura



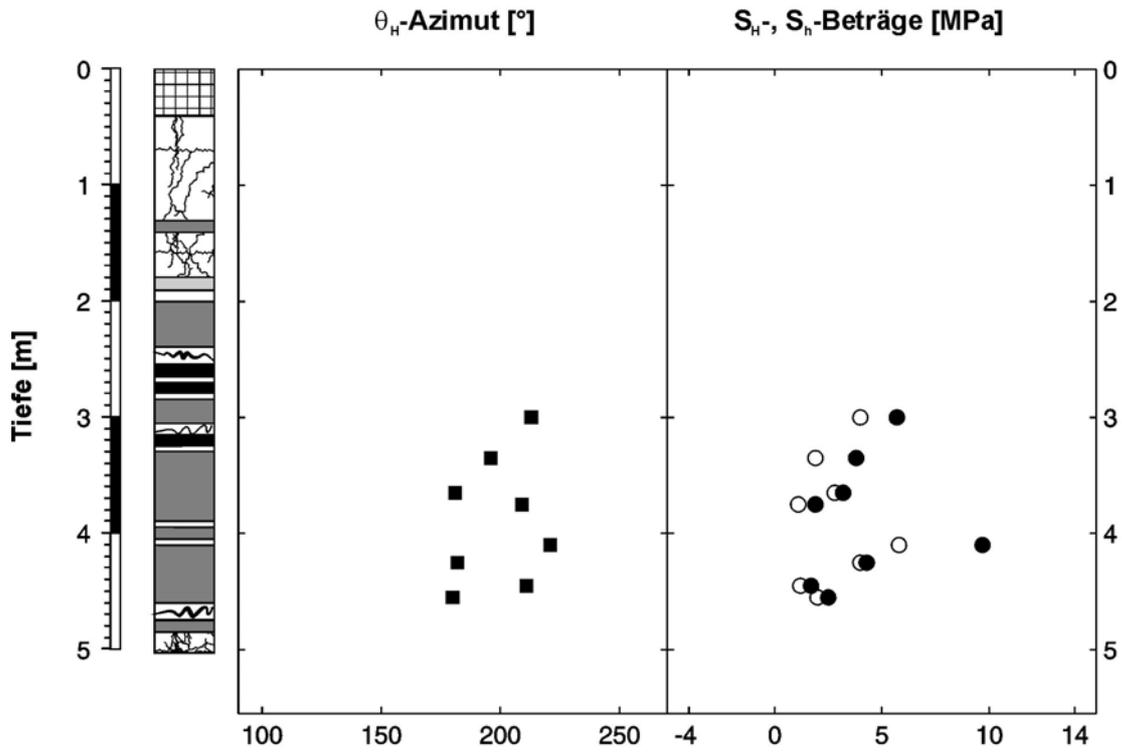
29. Hauteville



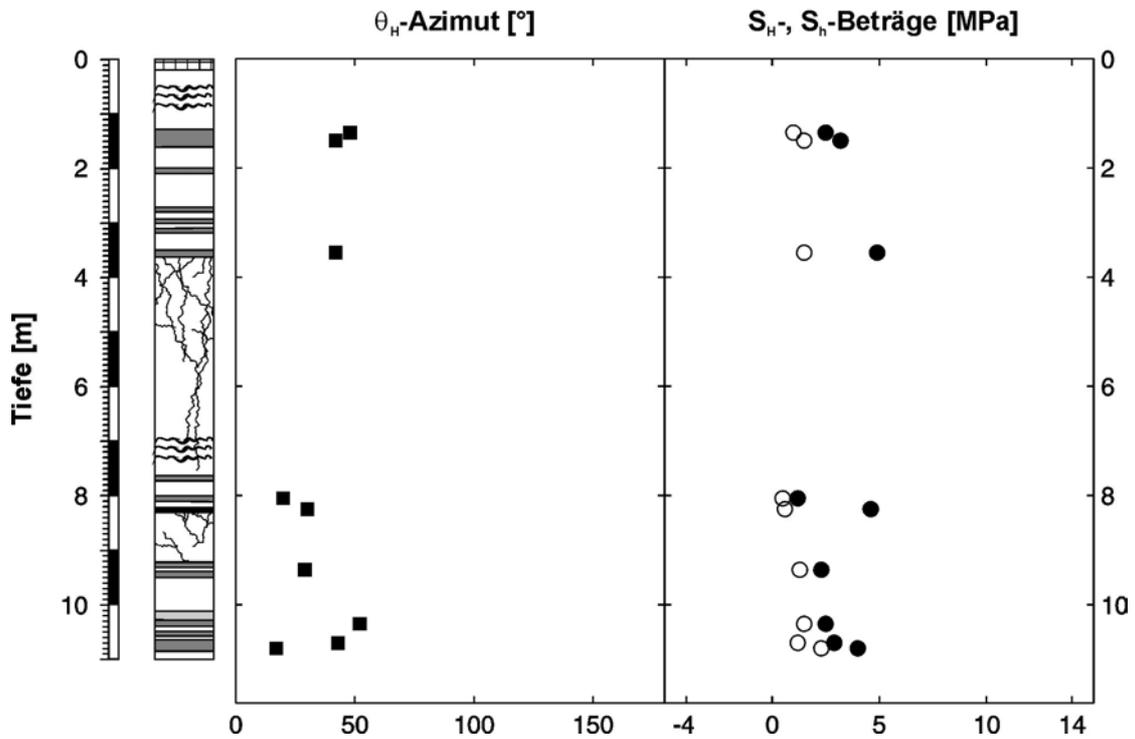
30. Cordon



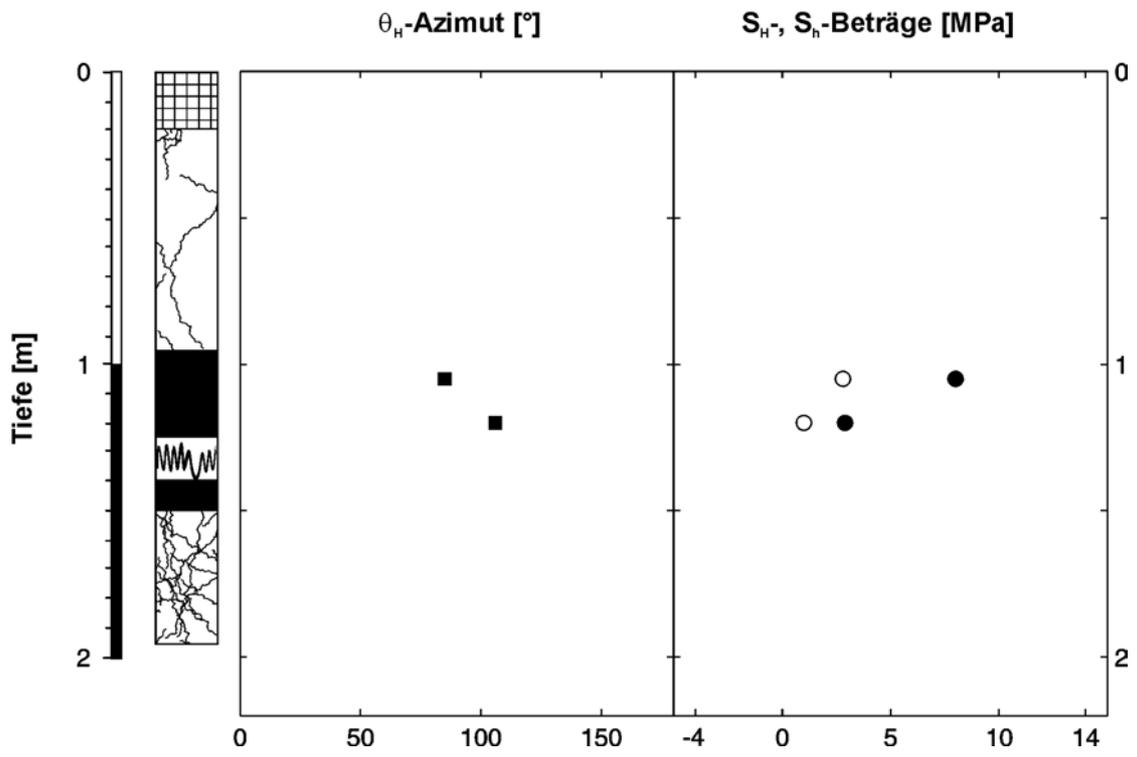
31. Culoz



32. Villebois



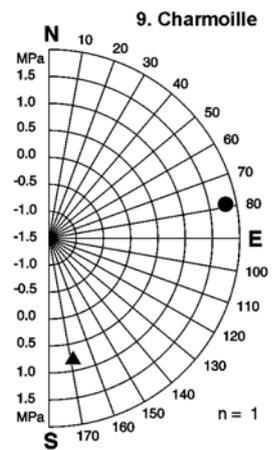
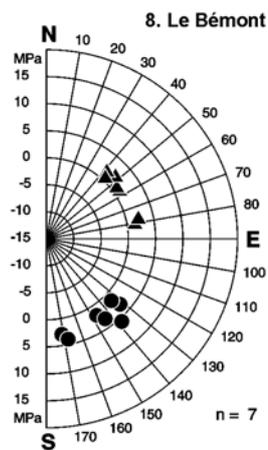
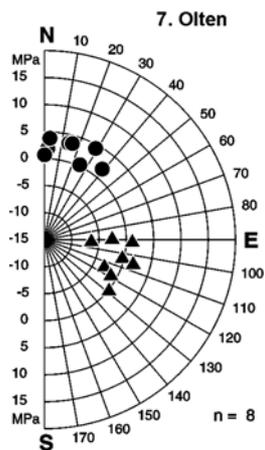
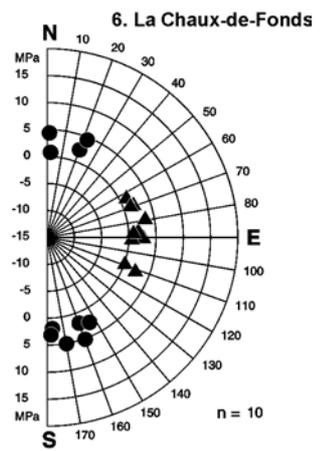
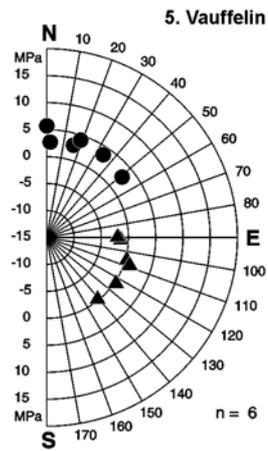
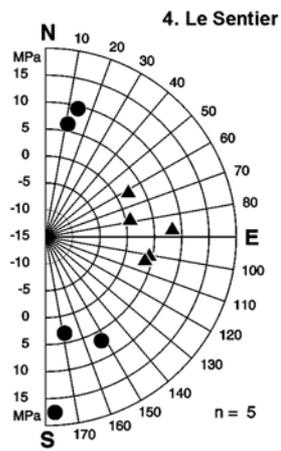
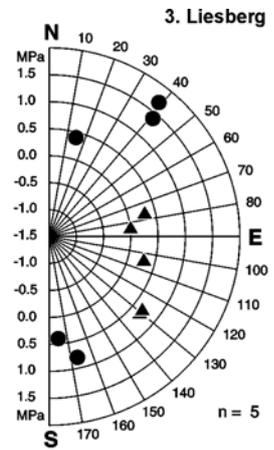
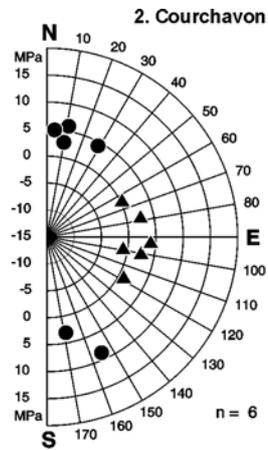
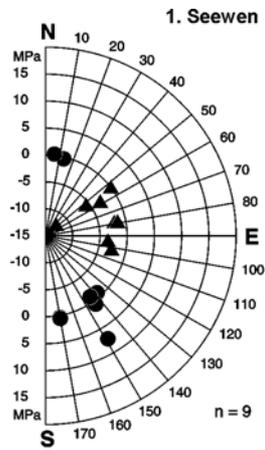
33. Crançot

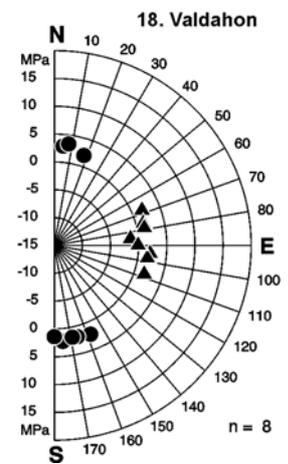
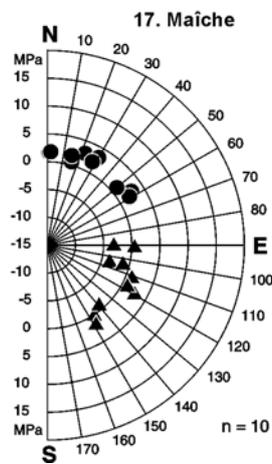
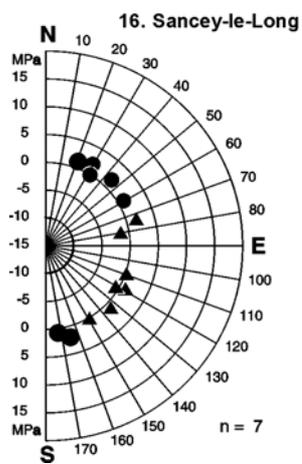
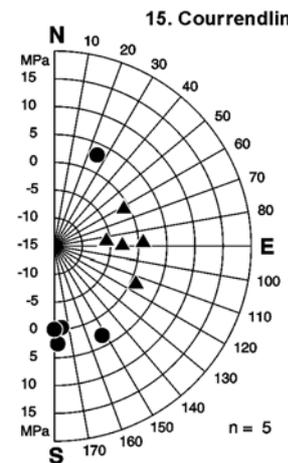
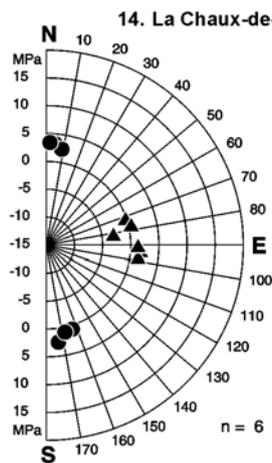
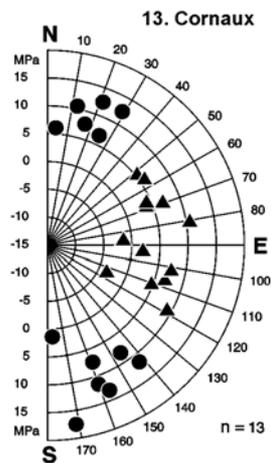
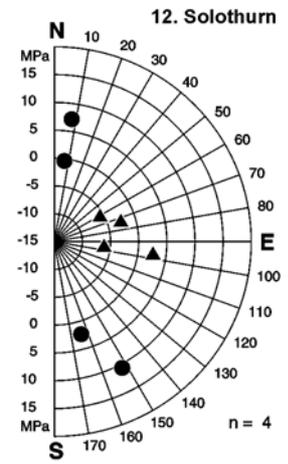
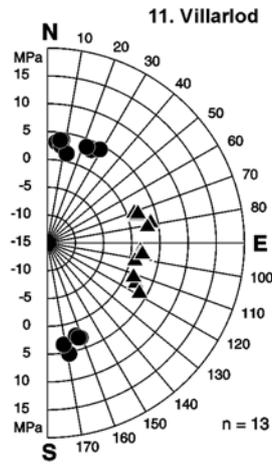
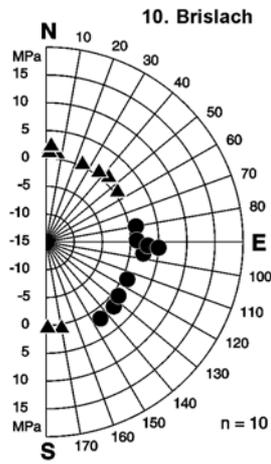


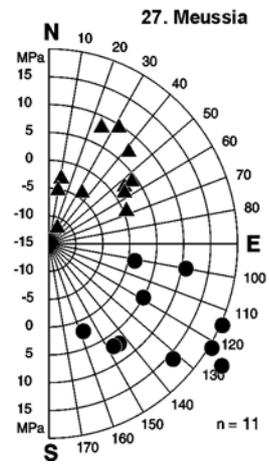
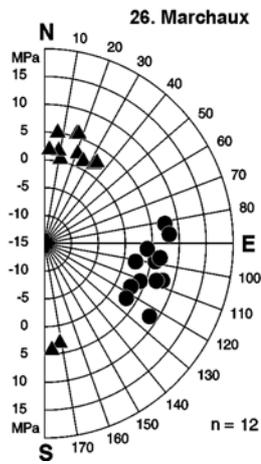
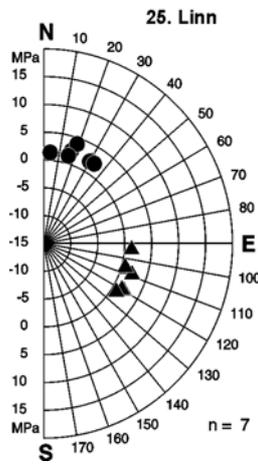
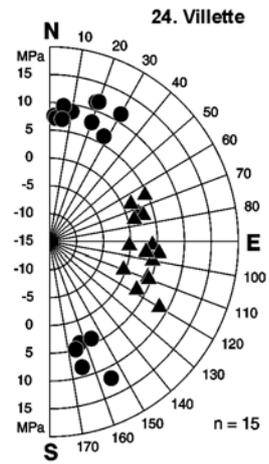
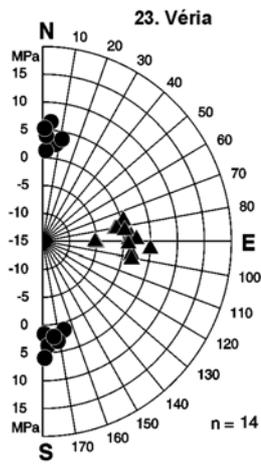
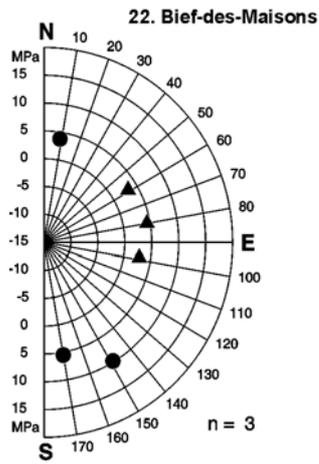
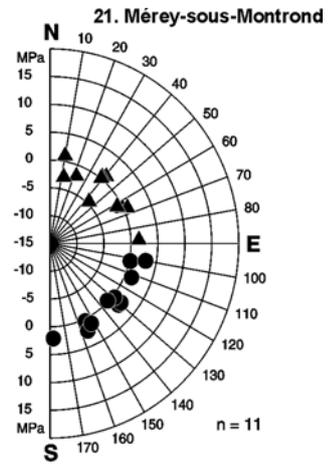
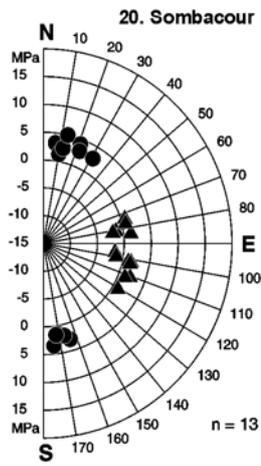
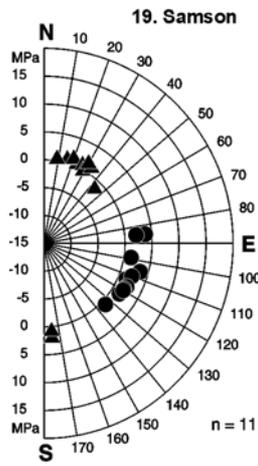
Anhang E: Spannungs-Azimut-Diagramme

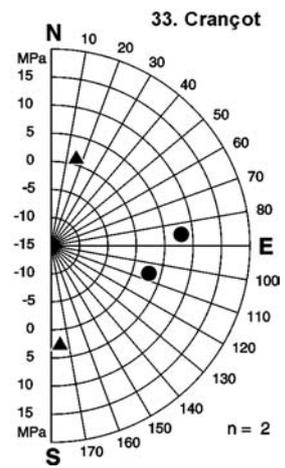
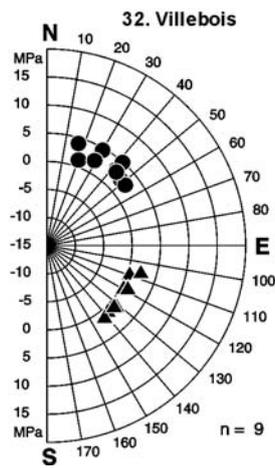
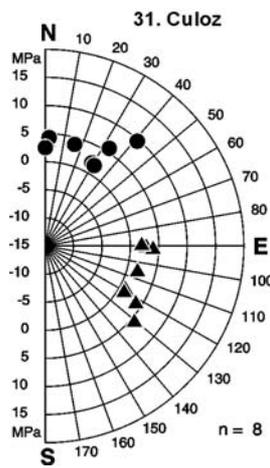
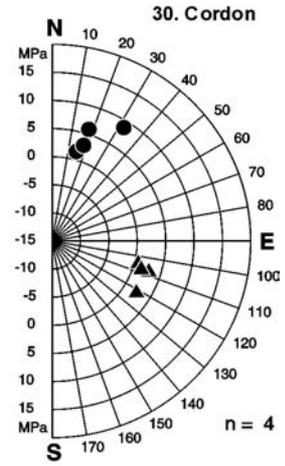
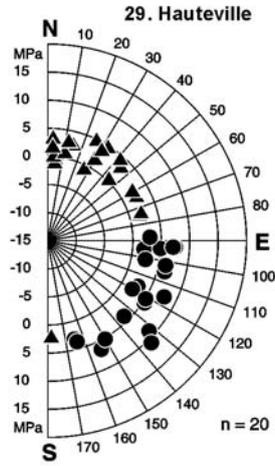
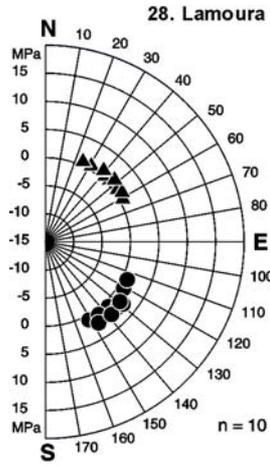
Erläuterungen: Azimut und Spannungsbetrag, dargestellt für n (S_H/S_h)-Wertepaare in 33 Diagrammen. Die Reihenfolge der Diagramme entspricht der Reihenfolge in der Spannungsdaten-Wertetabelle (Tabelle 1 und Anhang C).

- S_H : maximale horizontale Hauptspannung
- ▲ S_h : minimale horizontale Hauptspannung







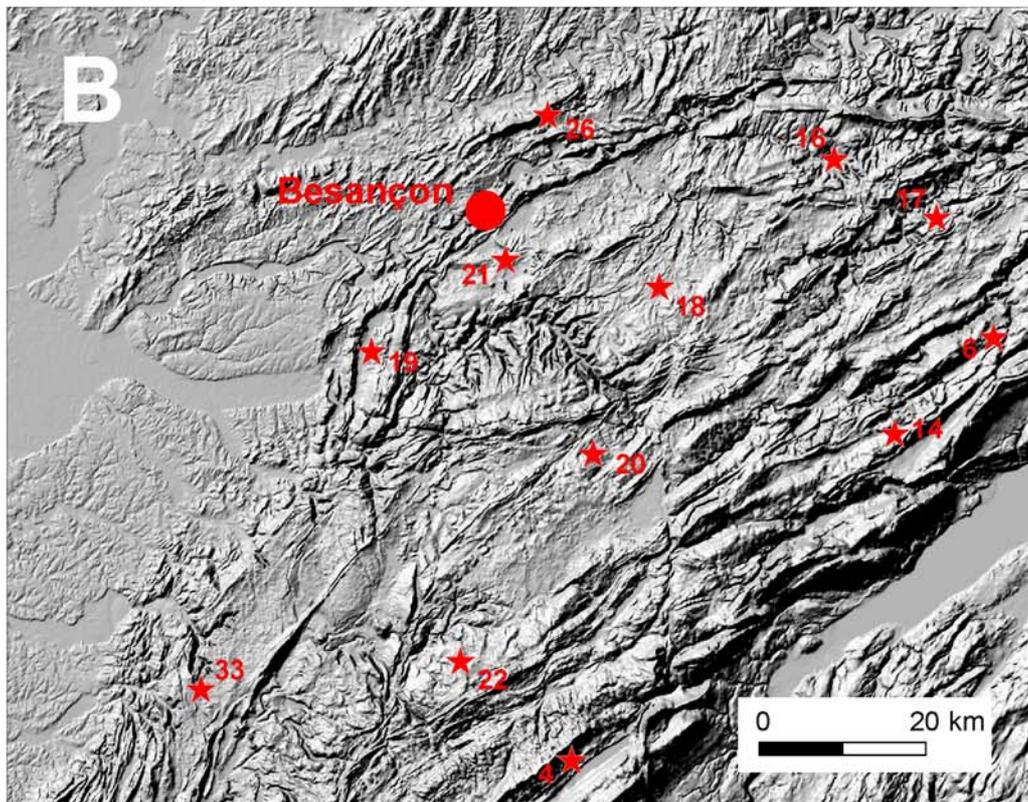
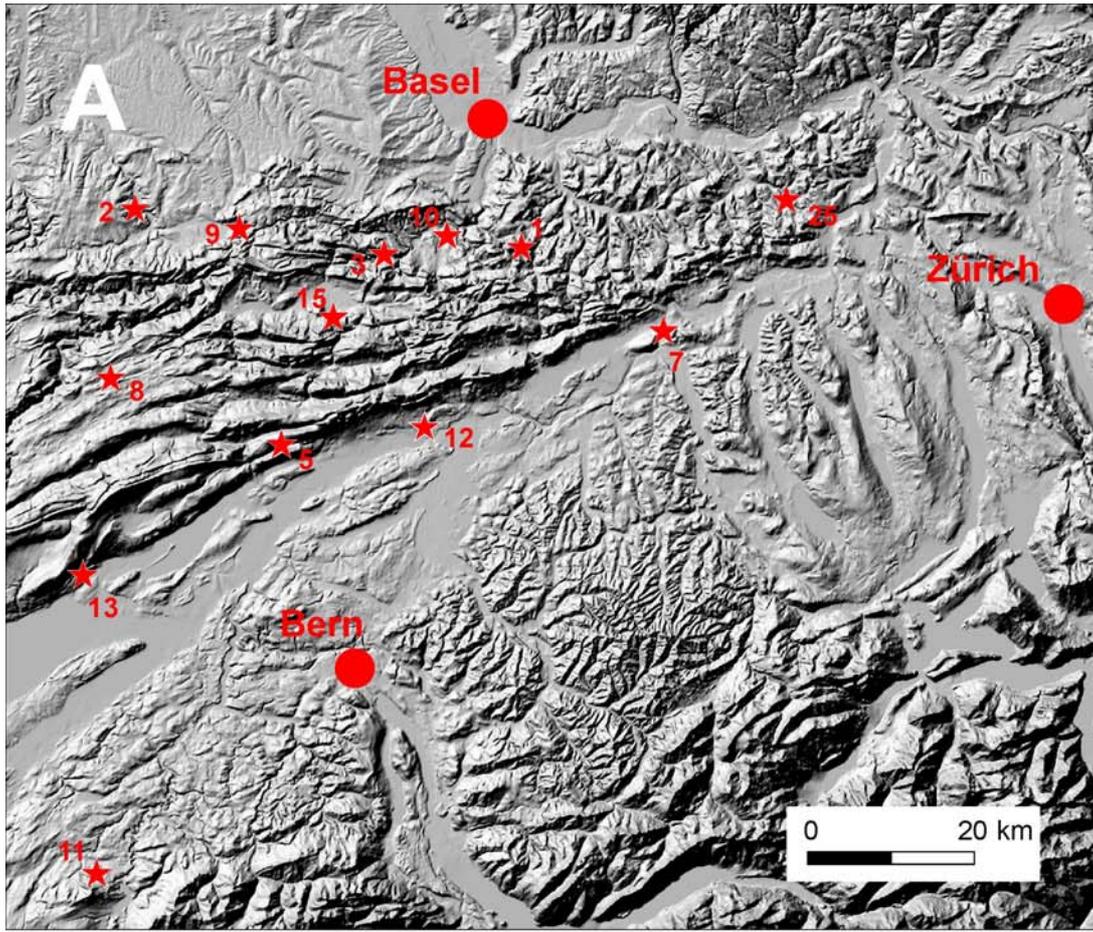


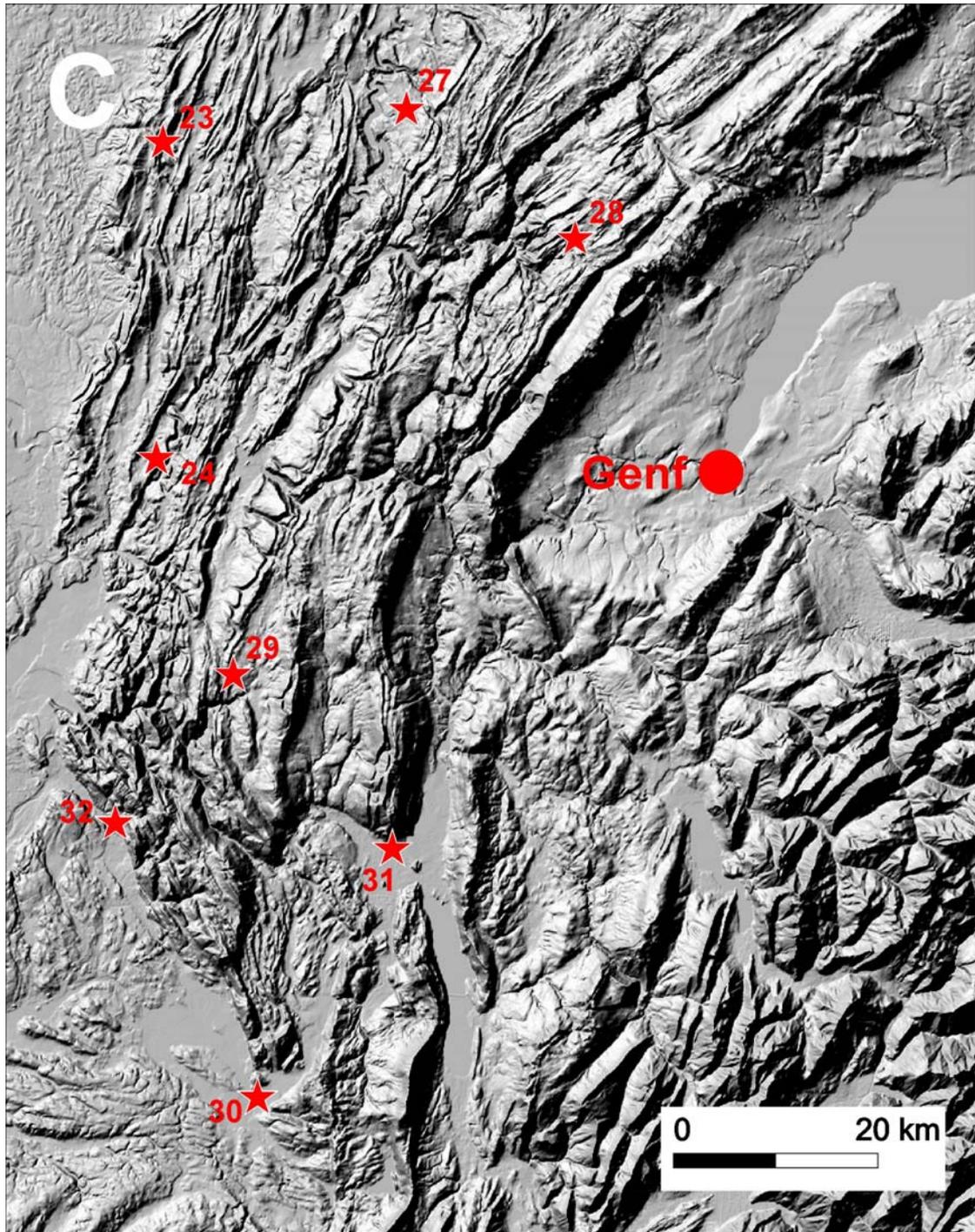
Anhang F: *Digitales Topographisches Höhenmodell für den Jura und Lage der Bohrloch-Schlitzsonde-Messlokationen*

Dargestellt sind die Bohrloch-Schlitzsonde-Messlokationen der Jahre 1995-1997 für folgende Regionen auf der Basis eines von Dick (2000) modifizierten Topographischen Höhenmodelles für den Jura auf der Basis eines bei der SNAC, Frankreich, gekauften Datensatz mit 60 m Auflösung:

- A. Nördlicher Jura
- B. Zentraler Jura
- C. Südlicher Jura

Die Zahlen beziehen sich auf die Nummern der Messlokationen in der Datentabelle (Tabelle 1 und Anhang C) sowie Abb. 9.





No.		Fr.
1	H. Röthlisberger. Zur seismischen und petrographischen Charakterisierung einiger Molassegesteine, einschliesslich der Beschreibung von Methoden der Korngrössenbestimmung in Festmaterial, 91 Seiten, 31 Figuren. 1957	20.-
2	O. Friedenreich. Eine grossräumige Widerstandskartierung nordwestlich von Zürich und ihre geologische Deutung. 47 Seiten, 22 Textfiguren, 9 Karten. 1959.	24.-
3	F. Gassmann. Schweremessungen in der Umgebung von Zürich. 70 Seiten, 24 Textfiguren, 2 Tafeln. 1962.	30.-
4	E. Poldini. Les Anomalies Gravifiques du Canton de Genève. Avec 63 pages, 25 figures et 3 planches. 1963.	30.-
5	L. Rybach. Refraktionsseismische Untersuchungen im Raum Aare-, Limmat- und Surbtal. 49 Seiten, 42 Figuren. 1962	20.-
6	O. Gonet. Etude gravimétrique de la plaine du Rhône. Région St Maurice - Lac Léman. 50 pages, 30 figures, 2 planches. 1965.	20.-
7	C. Meyer de Stadelhofen. Carte des résistivités de la Plaine du Rhône 8 pages, 2 figures, 2 planches. 1966	10.-
8	O. Gonet. Etude gravimétrique du Lac Léman à bord du mésoscaphe <i>Auguste Piccard</i> . 50 pages, 8 figures, 1 planche. 1969	10.-
9	J. -J. Wagner. Elaboration d'une carte d'anomalie de Bouguer. Etude de la vallée du Rhône de St Maurice à Saxon (Suisse). 91 pages, 32 figures, 2 planches. 1970	27.-
10	H. Lazreg. Etude géophysique, géologique et hydrogéologique de la région de Concise à Pompaples (Pied du Jura vaudois). 51 pages, 16 figures, 2 planches. 1971.	27.-
11	M. Petch. Contribution à l'étude hydrogéologique de la plaine de l'Orbe. 95 pages, 23 figures, 15 planches. 1970.	27.-
12	P.-A. Gilliand. Etude Géoélectrique du Klettgau (Suisse), Canton de Schaffhouse. 85 pages, 47 figures, 10 annexes, 5 planches. 1970.	27.-
13	P. Corniche. Application des méthodes géophysiques à la recherche hydrogéologique. 65 pages, 25 figures. 1973.	27.-
14	F. Heller. Magnetische und petrographische Eigenschaften der granitischen Gesteine des Albignagebietes (Nordliches Bergeller Massiv). 66 Seiten, 24 Textfiguren. 1972.	27.-
15	E. Klingelé. Contribution à l'étude gravimétrique de la Suisse romande et des régions avoisinantes. 94 pages, 6 figures, 35 planches. 1972.	27.-
16	W. Sigrist. Contribution à l'étude géophysique des fonds du Lac Léman. 56 pages, 28 figures, 1 planche. 1974.	27.-
17	R. Olivier. Elaboration d'un système de traitement gravimétrique géré par l'ordinateur. Etude gravimétrique du plateau romand de Versoix (GE) a Concise (VD). 56 pages, 21 figures, 10 planches. 1974.	27.-
18	H. Buchli, R. Paquin, A. Donzé. Etude géoélectrique et gravimétrique du Chablais entre Anières et Evian. 170 pages, 81 figures, 4 planches. 1976.	38.-
19	G. Fischer, P.-A. Schnegg, J. Sesiano. A new geomagnetic survey of Switzerland. 44 pages, 15 figures, 8 tables, 10 cartes. 1979.	34.-
20	E. Klingelé, R. Olivier. La nouvelle carte gravimétrique de la Suisse (Anomalies de Bouguer). 96 pages, 9 figures, 4 tables, 1 carte. 1980.	34.-
21	J.-J. Wagner, St. Müller. Geomagnetic and gravimetric studies of the Ivrea zone. 64 pages, 44 figures. 1984.	32.-
22	Ph. Bodmer, L. Rybach. Geothermal map of Switzerland (Heat flow density). 48 pages, 21 figures, 6 tables. 1984.	42.-
23	G. Schwarz. Methodische Entwicklungen zur Aerogammaspektrometrie. 160 Seiten, 56 Figuren. 1991.	42.-
24	U. Schärli, L. Rybach. Geothermische Detailkartierung der zentralen Nordschweiz (1:100'000). 59 Seiten, 13 Figuren, 2 Karten. 1991.	48.-
25	G. Schwarz, E. Klingelé, L. Rybach. Airborne radiometric mapping in Switzerland. 74 pages, 12 figures, 17 tables, 14 maps, 1992.	48.-
26	K. Risnes, B. Dumont, R. Olivier, J.-J. Wagner. Etude des anomalies magnétique et gravimétrique de la région du Chasseral. 42 pages, 14 figures et 3 tables. 1993.	26.-
27	G. Fischer, P.-A. Schnegg. Up-dating the geomagnetic survey of Switzerland. 8 pages, 5 figures, 3 tables, 6 maps. 1994.	30.-
28	S. Sellami. Propriétés physiques de roches des Alpes suisses et leur utilisation à l'analyse de la réflectivité de la croûte alpine. 160 pages, 59 figures, 16 tables. 1994.	45.-
29	E. Rüttener. Earthquake hazard evaluation for Switzerland. 150 pages, 88 figures, 12 tables, 1995.	45.-
30	F. Medici, L. Rybach. Geothermal map of Switzerland 1995 (Heat flow density). 36 pages, 11 figures, 1 table, 1 carte.	55.-
31	E. Klingelé, M. Cocard, M. Halliday, H.-G. Kahle. The airborne gravimetric survey of Switzerland. 104 pages, 66 figures, 10 tables, 1996.	55.-
32	P.-A. Schnegg. The magnetotelluric survey of the Penninic Alps of Valais. 75 pages, 38 figures, 5 tables, 1998.	45.-
33	J.J. Wagner, G. Gong, M. Sartori, St. Jordi. A catalogue of physical properties of rocks from the Swiss Alps and nearby areas. 80 pages, 14 figures, 5 appendices, 2 diskettes, 1999.	55.-
34	A. Rosselli, R. Olivier, Ph. Logean, B. Dumont. Les anomalies gravifiques de la vallée du Rhône entre Villeneuve et Brigue. 64 pages, 14 figures, 2 tables, 16 cartes, 1999.	45.-
35	M. Gurk. On the distribution of the electrical conductivity in the Central Alps. 121 pages, 55 figures, 14 tables, 2000.	55.-
36	U. Schärli, T. Kohl. Archivierung und Kompilation geothermischer Daten der Schweiz und angrenzender Gebiete. 134 Seiten, 9 Figuren, 5 Tabellen, 2 Karten, 2002.	55.-
37	I.G. Hedley, G. Gong, W. Silverio. A magnetic susceptibility study of some Swiss soils: environmental aspects. 22 pages, 8 figures, 7 maps, 2002.	55.-