

# Tektonischer Formenreichtum der Mylonite beider Pfahlrandzonen und anderer Störungszonen im Bayerischen Wald

Fritz Pfaffl & Thomas Hirche

## Zusammenfassung

Je nach Druck-/Temperaturverhältnissen und topographischen Bewegungsparametern entstanden an der Pfahlzone der Runderinger und anderen Zonen total verschiedenartige Ausbildungsformen der Bewegungs-Produktgesteine, genannt Mylonite, die beim ersten Anblick Quarzite, Schiefer, Gneise, sogar granitogene Gesteine, in seltenen Fällen Vulkanite vortäuschen. Nur wenn sie gerollte Komponenten in Fließstruktur aufweisen, outen sie sich als charakteristische Mylonite.

Im Traktat wird versucht, die Mylonite über die Kataklysegrade und Bewegungsformen, sowie Druckstärken resp. des Temperaturfaktors zu charakterisieren. Bei stark zerrütteten Gesteinen kann die Schockwellentheorie (HOFMANN 1962) zum Tragen kommen.

## Das Probenmaterial

Die Entnahmestellen verteilen sich auf den gesamten Bayerischen Wald mit Schwerpunkt Bayerischer Pfahl vom oberpfälzischen Thierlstein bei Cham im NW bis ins oberösterreichische Mühlviertel (Ulrichsberg am Hochficht) im Süden (PFAFFL & HIRCHE 2003). An knapp 40 ausgewählten, typischen Proben wurden Untersuchungen vorgenommen.

## Geochronik

Vor ca. 600-640 Millionen Jahren sedimentierten im Bereich des Bayerischen Waldes Tone, Mergel, Sandsteine und Kalksteine und konsolidierten sich während der jungassyntischen, und in verstärktem Maße während der variszischen Faltung zu den heute vorliegenden Gesteinen der Böhmisches Masse (Moldanubikum). Nach der Platznahme der Plutone im Oberkarbon (ca. 300-320 Mio. Jahre) residierten während der andauernden Abkühlungsphase Schrumpfungerscheinungen, durch die das Aufreißen von Spalten nach Sprödwerdung des erstarrten Gesteins verursacht wurde. Daraufhin konnten im Unterperm unter Erdbebenvorgängen weiträumige Störungszonen entstehen, die teilweise durch zirkulierende Lösungen wieder mit Quarz aufgefüllt wurden und uns heute als Pfahl vorliegen, durch den erosionsresistenten Quarz teilweise an der Oberfläche markiert, nachdem er als Härtling im Miozän klimatisch bedingt freigewittert wurde. Morphologisch treten solche Zonen als Härtlinge hervor, während die begleitenden

Bruchrandgesteine durch die hohe Beanspruchung so weit zerrüttet wurden, dass sie nur selten als Festgesteine an der Oberfläche anstehen, selber also keine besondere Morphologie verursachen, allenfalls sich in fruchtbaren Senken mit geringen internen Höhenunterschieden äußern. Die Mannigfaltigkeit der Mylonite in den Bruchzonen äußert sich durch die asymmetrisch verteilten und stark wechselnden Druckparameter.

## Intensität der Bewegung

Quarz ist erst bei Anwendung größerer, möglichst gerichteter Drucke aktiv und zerbricht scharfkantig als Brekzienstücke, die sich bei weiterer Drucksteigerung bis zu groben Sandkörnern zerkleinern, ihre runde, gleichmäßige Form beibehaltend. Er ist also nur durch seinen Widerstand aufgrund fehlender Spaltbarkeit parameterlenkend für die Restmasse des Gesteins, beteiligt sich aber nicht an der Textur des Gesteins und tritt somit nicht auffällig in Erscheinung. Sind Feldspat bzw. Glimmer/Chlorit oder andere, weiche Minerale deutlich in der Minorität auf dem betroffenen Gestein, kann ein simpler Quarzit entstehen. Quarzmylonite mitten im Pfahl deuten auf wiederholte, großräumig gleichgerichtete, aber kleinräumig sich netzwerkartig auswirkende Bewegungsvorgänge in Form von seismischen Rüttelbewegungen, die in Querstrukturen kleinräumige Verwerfungen im Handstücksbereich (!) als Transversalbewegungen, mit großräumig dazu gehörenden Longitudinalbewegungen, zeigen. Der jüngere Quarz, immer freier von (Feldspat-)Verunreinigungen, zeichnet die jüngsten Brekzienphasen durch dunkelgraues Auftreten nach, während der ältere Quarz, in situ als Brekzienpolygone erhalten, die jetzt tonigen Verunreinigungs-komponenten durch weiße Trübung auswittert.

Feldspäte, allen voran Orthoklas, bei Gneisedukten und teils in Granitursprüngen auch Albit, weisen durch ihre variable Textur einerseits auf die Bewegungsintensität in längeren Zeiträumen hin (Verschwinden von deutlich sichtbaren Feldspatkörpern im Gestein), andererseits auf mögliche Ruhe-Interimsphasen bzw. Druckbeeinflussungen (Korngröße neu gebildeter Feldspäte) und sogar auf die Bewegungsparameter (Intensität/Längenverschiebung) der Folgebewegung(en) hin (Rundungsgrad bzw. Lage/Anhäufung der Blasten im Festgewebe).

Von den Glimmern tritt Muskovit sehr zurück (Runderinger Zone) bzw. fehlt ganz (Pfahlregion). Der Biotit zeichnet am

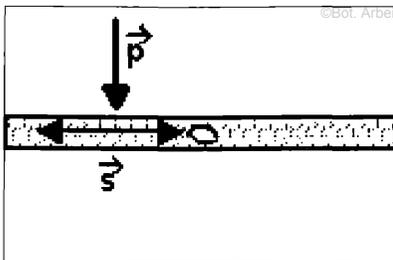


Abb.1: Druck/Drift-Prinzip

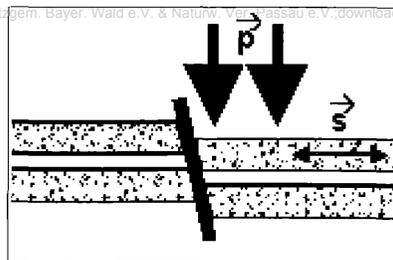


Abb.2:  $\vec{p} \gg \vec{s}$  Verwerfung

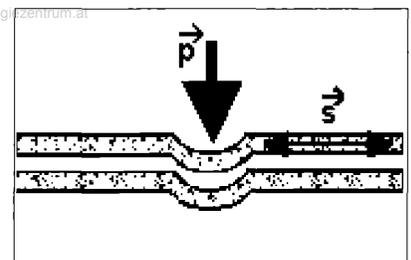


Abb.3:  $\vec{p} > \vec{s}$  Schockstoß

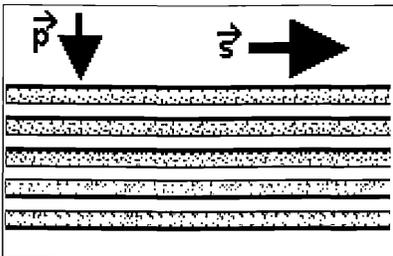


Abb.4:  $\vec{p} < \vec{s}$  straffer Lagenbau

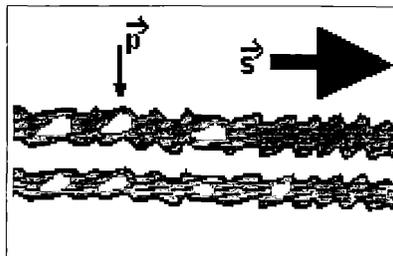


Abb.5:  $\vec{p} \ll \vec{s}$  Fließstruktur

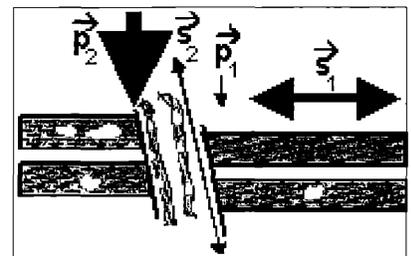


Abb.6:  $\vec{p}_1 < (<) \vec{s}_1 \Rightarrow \vec{p}_2 \gg \vec{s}_2$   
Ablenkung des Fließgefüges durch plötzliche Schock-Überlagerung

besten die Gefüge nach, die aus der Kombination Druck/Bewegung entstanden sind. Je stärker einer der beiden ansteigt, desto mehr regeln sich die äußerst spaltbaren Glimmerblättchen parallel zueinander in die Richtung senkrecht zum herrschenden Druck bzw. parallel zur Bewegungsrichtung, die oft über Handstücksbreite gleich orientiert bleibt, ein. Durch den kontrastierenden Farbton (schwarz) lässt sich das Bewegungsgeschehen sofort am Handstück nachvollziehen. Je intensiver die Kraft/Bewegungsgeschwindigkeit ist, desto kräftiger werden weniger mobile Hindernisse, so Feldspatblasten, umflossen, teilweise werden (form- und lageabhängig) diese, wenn scharfkantig durch kurze Schock-Druckphasen beeinflusst, wieder abgerundet, mit steigendem Bewegungsfluß umso deutlicher. Bei geringeren Aufprallkräften der Glimmer werden die Hindernisse lidartig umflossen. Diese fluidalen Lagenbaue samt Feldspatblasten sind zusammen der Typcharakter des Blastomylonits nach vorausgegangener Ultramylonitphase. Die recht unterschiedliche Dicke von solchen Lagenbauen, die bei fehlenden Hindernissen straff geschichtet (gebändert) erscheinen, läßt sich nur aus der Kombination Bewegungsintensität versus Druckintensität deuten. Als Postulat mag gelten, dass die Druckrichtung senkrecht zur Bewegungshaupttrichtung steht. (Abb.1)

Es sei der Stoßdruck = Stempeldruck, auch Schockwelle (ndruck) =  $\vec{p}$  und der erst herrschende, ältere Druck (Abb.6) =  $\vec{p}_1$  bzw. der junge Stoßschock =  $\vec{p}_2$  und der Bewegungsparameter, auch als Drift angesprochen, =  $\vec{s}$  und in Abb.6 der ältere (Haupt)richtungsparameter  $\vec{s}_1$ , so soll dort der jüngere, umgelenkte Parameter =  $\vec{s}_2$  sein.

Erläuterungen folgen im Text.

Abbildung 1 zeigt das Prinzip der Stempelkraft/Driftwirkung. Dunkle Lagen seien Melanosome im Gesteinskörper,

die weißen Flecken beliebige Feldspatblasten. Ist der linear gerichtete Druck  $\vec{p}$ , verantwortlich für die kleinräumige Bruchtektonik innerhalb des gesamten Bewegungsgeschehens, deutlich größer als die Verfrachtung der Körner  $\vec{s}$ , paust sich seine Kraft mittels neuen Aufreißens quer zum Mylonitverband durch (Abb.2). Die Bruchrichtung ist abhängig von der Fließstärke auf  $\vec{s}$ . Bei relativ großen Unterschieden zwischen  $\vec{p}$  und  $\vec{s}$  bei nahezu fehlenden Hindernissen, also im ultramylonitischen Zustand, können an den neuen Aufrißspalten Klotzteile im cm-Bereich gegeneinander verworfen, gegebenenfalls verstaucht werden. Ist  $\vec{p}$  nur mäßig größer als  $\vec{s}$ , so tritt in diesem Grenzfall, wenn auf dem Handstück sichtbar, die  $\vec{p}$ -Kraft als schüsselartige bis Faltenflexur auf (Abb.3). Ist  $\vec{p}$  nur wenig größer als die vorrangige  $\vec{s}$ -Bewegung, macht sie sich nur noch Lagenbau-komprimierend bemerkbar.  $\vec{p}$  kann aber auch schon kleiner sein, als  $\vec{s}$ . In diesem Kräfteverhältnisbereich ist der Lagenbau im Bereich  $\sim 100 \mu\text{m} - < 1\text{mm}$  anzusiedeln (Abb.4). Im Größenbereich eines normalen Gneises, wo der Mylonitcharakter nur noch äußerst schwer auszumachen ist, Glimmer regelt sich auch bei flächigem Metamorphosedruck senkrecht zum Druck, also parallel zum Lagenbau ein, liegt der Lagenbau im 1-3 mm Bereich.  $\vec{p}$  dürfte gleich oder bereits etwas kleiner als  $\vec{s}$  sein. Wenn dagegen  $\vec{s}$  das  $\vec{p}$  deutlich überwiegt (Abb.5), so kommt es auf die Fließgeschwindigkeit an. Bei hoher Fließgeschwindigkeit können gebildete Lagen oberflächlich wieder abrasiert werden. Hier können auch kleinere bis mittlere Feldspatkörper als Hindernisse den groben Lagenbau nur noch wenig beeinflussen (lidartige Umfließung). In diesen Bereichen erreicht die Lagenflammung 1 cm. Alle beschriebenen Kräfteverhältnisse werden dank des Kontrastes der Farben Biotit / Feldspat deutlich aufgezeigt. Sie gelten sowohl für den Pfahl, als auch für die anderen Störungszonen.

# Eine Auswahl charakteristischer Fundstücke NW-SO-sortiert

## a) Pfahlzone

### Haarling bei Zandt (Cham) (Probe 34):

Es liegt ein Biotitgranit vor, der durch die Pfahlbewegung mäßig stark geflasert ist und außer den eingeregelter Orthoklasen neu gesprossene Feldspatkörper mit mäßig scharf begrenzten Umrissen führt. Es liegt eine anfänglich größere Bewegungsaktivität vor, auf die eine längere Ruhephase gefolgt ist. Beide sind aus dem Gefüge ablesbar.

### Mylonit vom Pfahl bei Moosbach (Oberrappendorf: Probe 32):

Nur ein geübtes Auge erkennt eine Fließstruktur mit schnell gesprossenen Kalifeldspatblasten, verstreut übers gesamte Gestein. Es liegt ein Mylonit der Anfangsphase vor; Edukt ist wahrscheinlich Granit.

### Prackenbach (Probe 12 Engelsdorf bzw. 35 Oberrubenbach):

Beide Aufschlussstücke weisen ein charakteristisches, deutlich erkennbares Blastomylonitgefüge auf. Im hauptsächlich aus Quarz und Biotit bestehenden Zerreibsel schwimmen durch Verfrachtungsvorgänge gerundete Orthoklasenkörper bis 1 cm Durchmesser. Schweif- bis schwanzartige Anhängsel, zum Teil von der Grundmasse verunreinigt, zeigen die Drift- richtung an, die in Gegenrichtung der Schwänze erfolgte.

### Eckersberg bei Patersdorf (Probe 33):

Obwohl der ehemalige Zweiglimmergranit schon stärker beeinflusst wurde wie etwa die Probe 32, zeigt auch er kein deutliches Fließgefüge und die Feldspatkörper sind erst im Querschnitt zum Gefüge deutlich erkennbar. Nur ein welliger Bruch des Gesteins und im Querschnitt ein Umfließen der Grundmasse um die Körper deutet auf die Pfahlbewegung hin. Währenddessen auftretende, schwach hydrothermale Einflüsse chloritisierten den Biotit leicht.

### Frankenried (Proben 6-9):

Die Proben stammen von der nordwestlichsten Lokalität der Ultramylonitzone. Während die Probe 6 am Randbereich der Mylonitisierung wieder alle charakteristischen Merkmale eines Blastomyloniten zeigt (vgl. Probe 12/35!), sind die Proben 7-9 im Zentrum der Zerreibung anzusiedeln. Die am homogensten verteilten starken Drücke (Schockwellen) mit homogen flächiger Zerpulverung der Edukte lösten diese bis zur Staubform auf. Nach Beruhigung von der zuletzt einge-

wirkten Rüttelphase höchster Erregung wirkten sehr starke Pressdrücke noch längere Zeit auf das Gesteinspulver ein und verbackten es zum heute vorliegenden Ultramylonit mit Korngrößen um 5-20  $\mu\text{m}$ .

Der extremste Fall ist die Probe 8, während bei Probe 7 der Pressdruck etwas geringer ausfiel und somit etwas gerichtete Bewegung zuließ, welche sich in einer schwachen Änderung äußert (analog Probe 31: March).

War das Edukt gleichkörniger und spröder, etwa Granit, so ergibt das Produkt einen Ultramylonit mit rauer Bruchfläche und granulitischem Aussehen. Trotz straff geflasertem Lagerbau ist eine gewisse Restkörnigkeit erhalten geblieben, bedingt durch den Spaltwiderstand aufgrund ungeregelter Eduktgefüges, bei dem sich nur die Glimmer linsen- bis augenförmig einregeln lassen und so in gewissem Maße Driftvorgänge andeuten.

Trotzdem kann sich die Probe im Pfahlgesehehen befunden haben. Limonitisierte, harnischartige Flächen in Probe 7 deuten auf die kleinräumige Bruchtektonik während der Pfahlbewegungen mittels  $\vec{p}$  hin.

### Sumpering (Bahnübergang) bei Regen (Probe 18):

Edukt ist Perlgneis der Palitgesteine; Produkt ist Blastomylonit. Bei eher mäßigem Druck und mäßiger Drift und relativ mäßiger Temperatur in einem Schattenbereich des Pfahlgesehens entstand ein Blastomylonit einer Ausbildungszwischenphase. Die Rollkörper sind Orthoklasfeldspäte, kompakte Linsen zwischen der Fließgrundmasse aus durchwegs leicht chloritisiertem Biotit vereinen den Quarzgehalt. Die von (GRAUERT 1967) erwähnte stärkere Sericitisierung tritt bei den 2 Handproben kaum in Erscheinung.

### Weißenstein (Probe 1):

Großer Schockwellendruck bei vorausgegangener, starker Drift kennzeichnen den ehemaligen Aplit. Die nachfolgenden Bebenstöße  $\vec{p}$ , die wiederholt quasi als Nachbeben auftraten, waren so stark, dass sie ein sich netzartig verzweigendes Mikrokataklasemuster schufen. Die Risse wurden in einer Spätphase mit Limonit belegt.

### Abtschlag (Probe 17):

Ähneln stark der Probe 32 von Moosbach, hat jedoch bedeutend mehr Durchbewegung erfahren und eine glimmerreichere Partie der moldanubisch monotonen Gneise als Edukt. Trotz starker Durchwirkung fehlt eine perlschnurartige Einregelung der Blasten aus Orthoklas und auch Quarzboudins, die sonst bei starker Drift zu beobachten wäre. Sie ähnelt Probe 18, ist jedoch nicht in einem Schattenbereich anzusiedeln, sondern im normalen Vorgangsraum, etwas abseits vom zentralen Geschehen.

## Untermittendorf (Probe 16): Arbeits- und Schutzgem. Bayer. Wald e.V. & Naturw.

Sie kann als Zwischenphase zwischen Probe 7 und 9 (Frankenried) gelten. Das hier feinkörnigere Edukt als in 9 erlaubt auch wieder mehr gerichtete Bewegung. Da der Pressdruck  $\bar{p}$  äußerst hoch war, ist ein Ultramylonit in Extremform entstanden. Dunklere Lagen bestehen aus Quarz. Orthoklaszerreißel mit Hämatitpigment sind am Ende der Pfahlbewegungen zu Blastesekörpern mit  $\emptyset$  1mm rekristallisiert.

## Proben Kapfham bei Grafenau (Probe 14 Liegendes, Proben 25/27 Hangendes bzw. Pfahlquarz)

Am Talrand zum Geistlichen Stein ist der monoton moldanubische Gneis (Biotit-Plagioklas-Gneis), zu Blastomylonit umgewandelt, zu finden. Schon während der Ultramylonitphase herrschte rege Drift  $\bar{s}$ , während der Pressdruck  $\bar{p}$  manchmal mäßig herrschte, aber öfters nachließ, worauf sich recht bald die Feldspatkörper bildeten, die sich durch die andauernd hohe Drift stark eingeregelt haben, selten > 3-4 mm  $\emptyset$  (außen in Anhäufungen) wurden und sich bei etwaigen Hindernissen angestaut haben und dabei im Stau ums Hindernis rotiert wurden.

Hangaufwärts in Richtung Kapfham folgt die Stelle der Proben 25. Lokal schob sich ein kleiner Pluton Typ Zwieseler Inselgranit in den (mm)-Bereich und wurde von der Mylonitisierung teils mäßig, teils voll erfasst. Im ruhigen Bereich hat sich nur eine mäßig ausgeprägte Fluidaltextur ausgebildet, am besten in angewitterten Querschnitten sichtbar. Linsig eingeregelt Biotitbereiche vereinigten sich zu größeren, ausgewalzten Glimmerflächen, kleinere Orthoklaskörper ( $\sim$  1 mm  $\emptyset$ ) sprossen zwischen dem Restgewebe, welches auch deutlich Quarz ausfüllt. Bei steigendem Druck/Bewegung erfolgte eine deutliche Verfeinerung des Lagenbaus, dem Sprossen der Blasten wurde Einhalt geboten und das Gefüge nähert sich dem eines Ultramylonites (etwa Probe 9 bzw. 16). Hier ist auch eine posttektonische Sericitisierung eingetreten. Es folgt der Pfahlquarz, in der Probe als Blauquarzbruchstück eines tektonisch abgesicherten Pfahlkörpers vorliegend. Die Scherflächen sind stärker limonitisiert.

Die beiden anderen Proben 25 im Hangenden vom Quarzscherkörper haben einen Porphyrganit als Edukt. Entweder in Ruhezeiten primär während der Pfahlbewegungen entstanden, ist er während einer erneuten Hochspannungsphase mäßig beeinflusst worden, es herrschte bei Glimmerreichtum stärkere Drift vor, die wie in einer Probe 27 zu fluidalen Sammlungsprozessen, hier mit Einregelung und Ausbildung eines Fließgewebes geführt hat. Relativ plötzliche Schockwellen-Einschübe bewirkten eine interne Abplattung der relativ eckigen Feldspatblasten. Größere, limonitisierte Feldspatzonen könnten pegmatitischen Bereichen entstammen. Sie zeigen auch Kataklyseerscheinungen der  $\bar{p}$ -Schocks.

Die hellere Probe ist aplitischer Natur mit größerem Quarzreichtum. Quarz vertritt den Biotit im Fluidalkörper und bildet selber Sprossungseier.

## Saulorn bei Hohenau (Probe 26):

Sie ist vergleichbar mit der Probe 16 (Untermittendorf) bei gleichen tektonischen Bedingungen.

## Ohmühle bei Grainet (Proben 29):

Eine Probe liegt als ehemaliger Typus Weinsberger Granit vor, die beiden anderen haben einen Palit („Perlgneis“) als Edukt. Der nur leicht von der Pfahltektonik beeinflusste Granit hat noch ein annäherndes Ursprungsgefüge, nur die großen Feldspatblasten sind gerundet ( $\bar{p}$ , evtl. Temperatur) und Biotit wurde konzentriert und leicht chloritisiert. Anders die Palite: Die Proben sind näher am Pfahlgesehen, die Probe, deren Edukt noch am gneisähnlichsten aussieht, hat die üblichen Umwandlungsvorgänge hinter sich. Der Glimmer wurde vollständig chloritisiert,  $\bar{s}$  war hoch, somit konnten sich die Blasten von Orthoklas nur klein heranbilden (-1,5 mm  $\emptyset$ ). Die großen Feldspatbereiche können aploiden bis granitoiden Palitpartien entstammen.

Die andere Palitprobe zeigt aufgrund relativ regelloser Kornverteilung im Edukt nur mehr grobe Fluidalansätze. Es sind zwei sich deutlich überlagernde Tektonikphasen beobachtbar: Die ältere wirkte sich zunächst auf die aploiden Bereiche aus und erzeugte ein deutliches Fluidalgefüge mit nur mäßiger Einregelung der dicht gelagerten K-Feldspatblasten. Eine zweite Phase konzentrierte den völlig chloritisierten Biotit senkrecht zu den alten Bewegungsbahnen und erzeugte das grobstriemige Fluidalgefüge in diese Richtung.  $\bar{p}$  hat seine Richtung während der Pfahlbewegungen lokal geändert.

## Fürholz bei Grainet (Probe 28):

Sie stammt vom SO-Ende, wo der Pfahl sich mit Quarzrippen bemerkbar macht. Danach setzt er sich noch bis zur Rodl-Störung mehr als Mylonitbildner fort und wird durch die Störung gekappt (PFAFFL & HIRCHE 2003). Der Flasergranit als Produkt hat seine typische Flaserstruktur, nur unterbrochen von Sprossungskörpern, im tektonischen Endstadium gebildet. Das Edukt war ein Leukogranit, der Muskovitgehalt ist autochton geblieben, der Biotitanteil ausgewalzt worden (ähnlich Probe 27), fällt aber mit seinem geringen Anteil nicht deutlich kontrastierend auf, Quarz und Feldspäte sind gelängt worden, nur posttektonisch entstandene Orthoklas-Sprossungskörper haben ihre isometrische Kornform beibehalten.

Deutlicher ist der Glimmerkontrast und das Fluidalgefüge in den Flasergraniten im Raum Grüb-Großarmschlag-Grafenau (Schwaimberg) sichtbar, mit geringer Sericitführung.

## Blauer Felsen bei Neureichenau (Proben 11/39)

Dieser Aufschluß stellt geologisch eine Besonderheit dar. Mineralogisch ist, hier sogar als Hauptkomponente, Glaukonit als charakteristischer Gemengteil anwesend. Der Fels kriegt

somit seine seltene blaugraue Färbung. Als Edukte könnten Blauschiefer mit Bildung bei hohen Drucken und relativ niedrigeren Temperaturen anfallen. Verschiedenartiger im Look könnten 11 und 39 nicht sein. Probe 39 weist textuell einen sehr deutlichen Bezug zur Probe 7 (Frankenried) auf: Feinste Körner, leichter Mikro-Lagenbau (Lage 0,4mm Ø!) und geringe Kataklassesprünge mit kaum Versetzung.

Probe 11 hat im Wesentlichen das Hauptgefüge eines Blastomylonits aufzuweisen, noch recht fein ausgeprägt, also an der Wende Ultra-/Blastomylonitphase entstanden. Die Orthoklasblasten zeigen eine Einregelung im primären Fließgefüge. Die deutliche, aber ungestörte Drift ( $\vec{s}_1$ , Abb.6) war dominant, die Stempelkraft  $\vec{p}_1$  noch gering.

Eine urplötzlich einsetzende Schockwirkung  $\vec{p}_2$  presste einen breiten Riß ins Fließgefüge, mit 60-80° Abweichung vom Primärgefüge. Rissrandlagen und neu zugeführtes Material, insbesondere Quarz, flossen entlang des vorgegebenen Kanals und zeichnen den neuen Driftweg  $\vec{s}_2$  nach, dessen Driftkraft jetzt geringer ausfallen braucht als  $\vec{p}_2$ , um gleiche Fließwirkung zu erzeugen, da die beiden Kräfte  $\vec{p}_2$  und  $\vec{s}_2$  von ihrer Parallelität zueinander nur noch gering abweichen. Nur kleinere Feldspatkörper, ebenfalls wie die größeren im Schatten von  $\vec{p}_1$  und  $\vec{s}_1$  gebildet, regeln sich widerwillig zu  $\vec{s}_2$  ein.

### Ulrichsberg am Hochficht (Österreich) Fabrikgelände:

Die Porphygranite im SW und Biotitgneise (mm) im Norden sind von den Pfahlbeben mylonitisiert worden. Während die Gneise geflasert worden sind, ist bei den Graniten schön die zweistufige Zunahme zum Bewegungszentrum anhand mäßiger / starker Einregelung der Feldspatkristalle parallel NW-SO der Bewegungsbahn zu beobachten. Den Höhepunkt bildet ein Grusstreifen von beiden Edukten im Zentrum, an dem sich im SO-Rand ein blastomylonitischer Streifen in einer lokal minder beanspruchten Zone ausschied. Dieser war nur von einem Teil der Kompaktionen und Zerrungen betroffen und konnte in geschonten Zeiträumen, als er nur als eine Art Stoßpuffer zwischen dem Hauptgeschehen und der Gneisfront diente, seine Kalifeldspatblasten ausscheiden.

## b) Rundinger Zone

### Grafenried b. Drachselsried (Probe 2):

Die Probe von dunklem, sehr Biotit-reichen Blastomylonit ist von einem fiederartigen Seitenbereich der Rundinger Zone entnommen, der sich morphologisch nicht im Gelände anzeigt. Nur große Felskugeln im Waldgelände dienen als Hinweis. Das jetzt vorliegende Gestein hat einen Cordierit-, Sillimanit- und Granat-freien BP-Gneis (mm) als Edukt. Nur der Kaliumanteil der Feldspatgruppe ist offenbar fähig, sich zu sammeln und neue Kalifeldspäte im Mylonit zu bilden,

deren größte Körper -1,5 cm groß werden.  $\vec{p}$  muß bei der Bildung sehr gering gewesen sein, da die natürliche Sprossungsform beibehalten werden konnte. Auch ist im gesamten Gestein keine Fließdrift  $\vec{s}$  feststellbar, so dass nur die Sprossungen auf lokale Störungseinflüsse hindeuten. Diese Seitenzone erstreckt sich von Grafenried bis Auerkiel im SO.

### Oberrehrberg bei Drachselsried (Probe 19):

Eine sehr interessante Probe zeigt ein schieferartig anmutendes Gestein. Eduktglimmer fehlt ihm fast völlig, dafür sind im Fließgefüge  $\parallel s$  recht häufig Hämatitblättchen angereichert. Sein durchaus leukokrates Aussehen lässt einen Pegmatit als Edukt als wahrscheinlich gelten. Bestärkt wird dies durch die Limonitführung um ehemals eingeregelter Biotitflächen, die sich an den Kataklysezonen ausrichtet. Es sind nur geringste Ansätze zu Feldspatblasten gegeben, so dass jetzt ein Ultramyonit Grenze Blastomylonit vorliegt, der aus einem Al-reichen Hybridpegmatit (FERSMAN 1947) hervorgegangen ist. Sonderartikel hierzu: HIRCHE & PFAFFL (2008a)

### Haberbühl bei Unterried (Proben 3/5/20-23 und Sonderartikel HIRCHE & PFAFFL 2008):

Probe 3: Edukt war ein Hauptgesteinsvertreter der monoton moldanubischen Gneise. Kurze Stauchbewegungen verklagen hier rasch, bewirkten bei Druckminderungsphasen eine Art Sogerscheinung mit Sammeleffekt, aus dem die Albitkörper hervorgingen. Für Orthoklaswachstum ist der K-Gehalt in diesem Gestein viel zu niedrig. Allen anderen Haberbühler Proben ist eine starke Harnischbildung gemeinsam.

Es muß eine starke Katalase mit Quetschphase die nachfolgenden Scheuerbewegungen gestartet haben. Knapp danach durchströmten hydrothermale Lösungen mit schwachem Mineralgehalt (telethermal) die Harnischbereiche und setzten lokal Graphit und Pyrit ab. Außer einem (mm)-Gneis und einem direkten Harnischstück (beide Probe 5) entstammen die Edukte der anderen Proben entweder basischem Milieu (scharfkantig splitteriger Bruch auf den Harnischflächen) oder kontaktmetamorphen Bildungen (saure, quarzreiche und sericitisierte Knolle in einer Probe 5). Der Ursprung der Serpentinzufuhr ist ungewiß.

### Nebelberg (Probe 37) bzw. Kohlberg (Proben 38) bei Langdorf:

Nur mit geschultem Auge können kleine, dicht gelagerte Albit-Neubildungen im Biotit-Restgewebe beobachtet werden. Im Fall Nebelberg sind Albite quasi alleinige Feldspäte, während auf den Proben Kohlberg diverse Orthoklasanteile in situ lagenähnliche Anreicherung erfuhren. Eine dadurch vom Biotit nachgezeichnete Wellung mag die hier ausklingende Tektonik der Rundinger Zone aufzeigen.

Sie kann als sekundäre Fiederspalte des 2 km Luftlinie entfernt liegenden Pfahls gedeutet werden. Sämtliche Proben wurden im Bereich des Karbidwerkes getätigt. Besonders am Nordportal des Fußgängertunnels in der Schlucht wechseln Blastomylonite mit Ultramyoniten im Meterbereich. Ein Versturzblock dieses Komplexes aus dem nahen Bachbett ist ein Musterstück des Phänomens Ultramyonit (Probe 41). Er weist einen rekordverdächtigen Lagenbau, bis herab auf ~100µm Dicke(!) und Länge einer Lage von Störung bis Störung max. 5cm auf dem Handstück auf, schön straff parallel strukturiert und durch den Wechsel Biotit/Feldspatlage reich kontrastiert. Außer der normalen, feinen Rissbildung (s. Abb.2) ist auch eine Schockwellentextur mit Sekundärfließen analog Probe 11 (Neureichenau) sichtbar. Die Reißkataklase ging auch mit Verwerfungen im 5 mm-Bereich einher.

Probe 4 ist das Produkt aus einem relativ wenig beeinflussten Hornblendegranit, dessen Hornblende und Biotit während der Pfahleinflüsse total chloritisiert wurden und dessen Feldspatkörper noch unzerstückelt in einer Art Pflasterstruktur im Grundgewebe eingebettet sind. Auch die 4 Proben 30 sind maximal mäßig beeinflusst worden, am ehesten ein Gneisedukt (mm), Biotit-reich und mit vereinzelt Albitblasten. Bevorzugte, deutliche Spaltbarkeit zum Lagenbau verrät  $\vec{s}$ . Bei einem (Hornblende-)Granitedukt ist eine Fließstruktur bei passendem Anschnitt sichtbar, die auch von Quarz mitgeprägt wurde und auch den Kalifeldspat eingeregelt hat. Wieder sind Hornblende und Biotit völlig chloritisiert. Die beiden anderen Proben sind hornblendearme Vertreter des Perlgneisbereiches mit Palitgesteinen, beide nur mehr schwach beeinflusst. Die Probe mit den kleinen Feldspatkörpern kann im Urzustand als granitoider Gneis Typ Brotjacklriegel angesehen werden, das grobkörnige Äquivalent der beiden Proben wäre dann ein Porphyrganitlook Typ Zeller Höhe (Rattenberg).

## Die regionale Einordnung der Druck-/Driftverhältnisse anhand der Proben

In Abb.7 wird versucht, zunächst über die Verhältnisse von  $\vec{p}$  (Ordinate) zu  $\vec{s}$  (Abszisse) sich einen topographischen und physikalisch-dynamischen Überblick zu verschaffen.

Zuerst wird ersichtlich, dass bei steigendem  $\vec{s}$  auch  $\vec{p}$  mit ansteigt.  $\vec{p} \sim \vec{s}$ , wobei vom Wirkungsgrad her  $\vec{s}$  im Mittel etwas  $> \vec{p}$  ist. Der entstehende Streifen der Hauptprobenzone lässt sich sauber gliedern in ein Eck mit  $\vec{s}$  und  $\vec{p}$  sehr stark, in welchem ausnahmslos die Ultramyonite anzusiedeln sind:  $\text{U}$  und den großen Hauptanteil (~90%), in dem alle Blastomylonite mit wenigen Ausnahmen, die in der Ruhezone mit fast keiner Drift zu finden sind, sich eingliedern. In  $\text{U}$  ist  $\vec{p} > \vec{s}$ , also  $\vec{s}$  eigentlich (fast) nicht wirksam. Dies deutet auf einen lokalen Stempeldruck bei derart stauchbaren Gesteinen, deren Gefüge sich nicht in ein durch  $\vec{p}$  verursachtes Fließgefüge mit Flusskomponente  $\vec{s}$  umwandeln lässt. Die Ermittlung der  $\vec{s}$  und  $\vec{p}$  erfolgt visuell mit entsprechender

Einteilung auf den Koordinaten (4 Zwischenstufen zwischen den Grundeindrücken (Skalenstriche)). Es fehlen für genauere Daten dichtere Probenetze und genauere geophysikalische Berechnungen.

## Beziehung $\vec{s}$ zu $\vec{p}$

Da sich  $\vec{s}$  etwas vorrangig auswirkt, ist bei nur deutbaren Ansätzen schon von sehr schwachen bis schwachen Werten auszugehen. Reicht die Drift aus, größere Blasten zwar zu umfließen, aber deren Wachstum noch ungehindert zuzulassen, ist „mittel“ anzusetzen. Wird die Blastenbildung unterdrückt und das Gefüge allmählich stramm, ist von starken  $\vec{s}$ -Werten auszugehen. „Sehr stark“ unterbindet das Blasteseuwachstum und hat einen parallelen Fein- bis Ultrafeinstlagenbau als Folge schneller, dominanter und ungehinderter Drift. Verbreitert sich die Drift auf Flächen, so kann im Extremfall der Lagenbau ausgelöscht sein. Das Gestein ist dann extrem komprimiert. Bei  $\vec{p}$  ist gewissermaßen die Durchschlagsstärke gegenüber  $\vec{s}$  entscheidend: Nur bei kaum vorhandener Drift macht sich  $\vec{p}$  deutlicher im Blasteseuwachstum ohne überlagernden Lagenbau (Einregelung) bemerkbar. Je mehr Drift  $\vec{s}$ , umso mehr muß  $\vec{p}$  drücken, um dennoch nach Nachlassen noch im retrograden Bereich Blasten zu erzeugen (Ruheschatten bzw. alpines Kluftprinzip). Bei ausreichend  $\vec{p}$  im mittleren Abschnitt von  $\vec{s}$  kann  $\vec{s}$  sogar abgebremst werden, bei grobem Lagenbau wachsen die größten Blasten.  $\vec{s}$  kann in höchsten Bereichen zwar bewirken, dass durch die hohe Drift die Lagen ausgedünnt werden, aber Ultrafeinbau muß von entsprechend ruhigem, doch sehr hohem  $\vec{p}$  initiiert werden. Nimmt das Plötzlichkeitsmoment von  $\vec{p}$  zu, so kann es in mittleren Übergangsbereichen Flexuren (Abb.3), die bald in Kataklase münden, im Extremfall sogar zu Auseinanderreißen (Ruptur), Spaltenvergrößerung und Umlenkung jüngerer Fließpartikeln eine neue Bahn  $\vec{s}_2$  (Abb.6:  $\vec{s}_1 = \vec{s}_{\text{alt}}$ ) kommen, wobei  $\vec{p}_1 = \vec{p}_{\text{alt}}$  rasch zu  $\vec{p}_2 < \vec{p}_1$  gemindert werden kann, um  $\vec{s}_2$  rege anzuheizen.

## Vergleich typischer Probenreihen und topographische Folgerungen

### Allgemein:

Typische, die Vorgänge leicht charakterisierende Gesteine, werden in Abb.7 in Eduktreihen zusammengefasst und mit Verhaltenskurven festgehalten. Wenn nur ein Parameter (hier:  $\vec{p}$ ) das Gestein stärker beeinflusst, wandert diese Kurve relativ geradlinig in die Endrichtung. Sind  $\vec{p}$  und  $\vec{s}$  gleichermaßen an der Dynamik beteiligt, kann es zu Abdrängungen bis Parallaxewanderungen kommen, je inhomogener das Eduktgefüge, desto stärker (Gneiskurve!), bis es letztendlich doch in die generelle Zielrichtung etwa parallel den Feldern  $\text{U}$  und  $\text{U}$  in Richtung höherer Wirkungsgrad einschwenkt. Die Parallaxe entsteht aus der Abhängigkeit von visuellen Eindrücken.

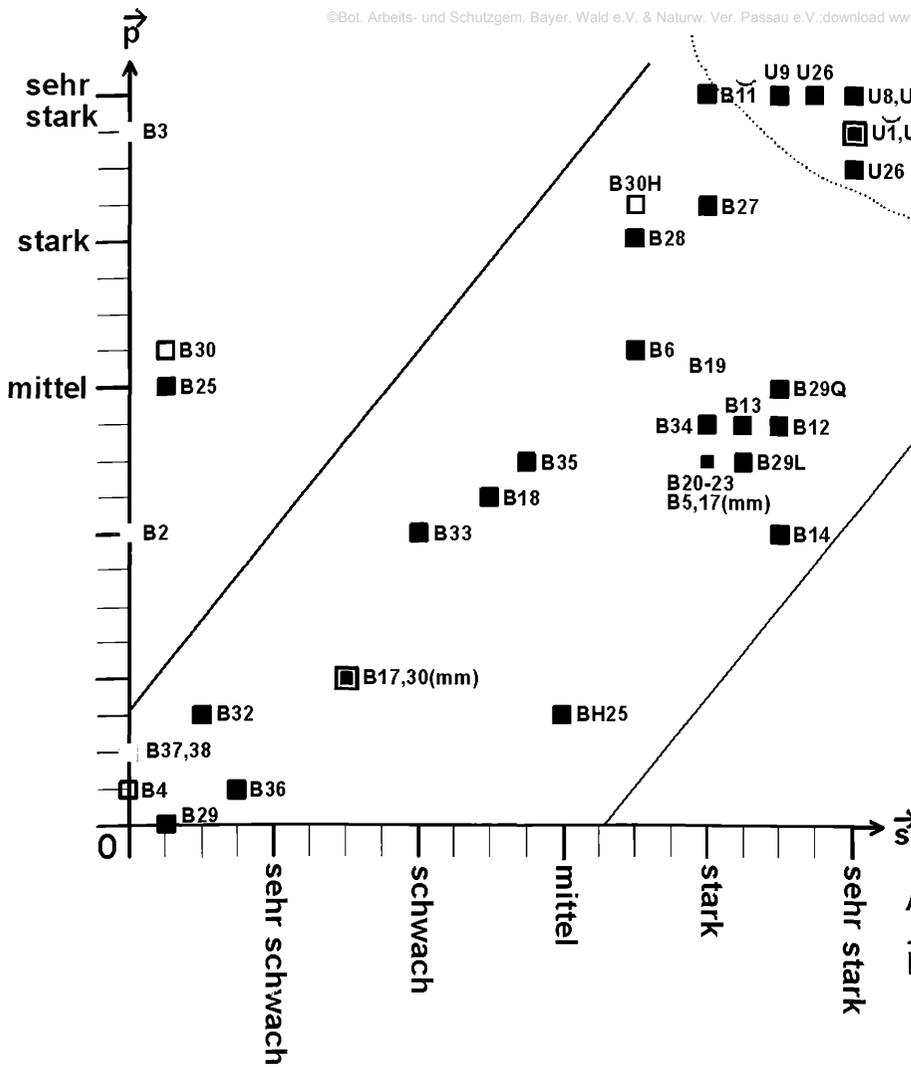


Abb.7

$\vec{p} / \vec{s}$ -Beziehungen der Proben

LEGENDE

- Pfahlzone
- Buchberger Leite
- Pmg Pfahl/Rundinger Zone
- ▣ Pmg Pfahl/Buchberger Leite
- Pmg Parameteregleichheit (Überlagerung)
- ~ Schockwellenprobe
- U\* Ultramylonit
- B\* Blastomylonit
- \*H Hornblendegestein
- 29L Längsprobe
- 29Q Querprobe
- (mm) monoton moldanubisch
- +++ = Granitreihe
- ~ ~ ~ = Gneisreihe
- ÜÜÜ = Übergangstypen, mäßig beeinflusst
- = "unbeeinflusste Gruppe"
- Ultramylonitzone
- Ruhezone (kaum  $\vec{s}$ )
- $\vec{p}$  = Preßdruck (Schockdruck bei Schockwelle)
- $\vec{s}$  = Wegevektor ("Wegkraft" = Drift)
- $\vec{p} / \vec{s}$

Abb.7

Granitreihe (Signatur+++):

Von der Probe 33 im Blastomylonitfeld ausgehend, wandert sie über 34, mit vorübergehend starker  $\vec{p}$ -Zunahme, dann zielgerichtet über 27, wo sie in die Ultramylonitzone einfährt, bei maximalem  $\vec{p}$  schließlich über 9, 26, 16 auf ein  $\vec{s}$ -Maximum (Probe 31) gelangt. Dank des relativ homogenen Granitgefüges sind die seitlichen Ablenkungen nicht zu stark und geradlinig.

Anders die Gneiskurve (Signatur~ ~ ~):

Charakteristische Gesteinstypen tauchen erst im Mittelbereich von  $\vec{s}$  auf, bei der Probe 35. Zunächst sich in Zielrichtung orientierend, gewinnt  $\vec{s}$  recht rasch an Einfluß, durch die stärkere Rollbewegung (Schleppe) der recht großen Blasten wird  $\vec{p}$  sogar regelrecht „entlastet“, was die Parallaxe verdeutlichen könnte, die über die Probe 12 auf 13, 14 bis zum Kreuzungspunkt mit der ersten Etappe führt und die abnorme Richtung bis Probe 6 beibehält. 12 und 13 liegen an einer internen, kleinen Parallaxe, die die Komplexität der

optisch schwer erfassbaren Parameter verdeutlicht.  $\bar{p}$  gewinnt ab 14 stark an Einfluß, so dass die Kurve ab 6, allerdings nur schwer, in die eigentlich erwartete Richtung auf Probe 11 einschwenkt.  $\bar{p}$  ist hier durch seine zusätzlichen Schockwellen so mächtig, dass  $\bar{s}$  noch ausgebremst werden kann.

### Übergangskurve (Signatur ÜÜÜ):

Nur 2 Gesteine (Probe 17 und 18) sind im Übergangsbereich von relativ wenig auf mäßig beeinflusst anzusehen. Die beiden Proben können somit geradlinig verbunden werden. Weitere Zunahme von  $\bar{p}$  und  $\bar{s}$  verändert das Gesteinscharakteristikum. Dennoch verläuft die Kurve in erwarteter Bahn.

### $\bar{p}$ -Kurve (Signatur ooo)

Nur  $\bar{p}$  ist im Normalfall zu betrachten, so dass die Kurve an der Ordinate von Probe 29 über 4, 37 bzw. 38, 2, 25, 30 auf das  $\bar{p}$ -Maximum bei Probe 3 hinzieht. Wenn auch noch  $\bar{s}$  gering wirksam wird, ist die Kurve sofort etwas abgelenkt (Probe 29,25).

### Topographische Bezüge

In den Zonen mit Granitedukten lässt sich eine verstärkte Ultramylonitisation dort feststellen, wo sich die Pfahlzone mit pfahleigenen Fiedern oder anderen Störungselementen schart, z.B. Saulorn (Pfahl) mit der Buchberger Zone oder Frankenried (Pfahlabschnitt) mit dem Teisnacher Nebenpfahl. In den anderen Bereichen findet eine geringe Flaserung statt. Gneisedukte zeigen einen deutlichen Fließcharakter, der ungestört und mit großen Feldspatblasten in Schattenbereichen vom Rammbock Pfahlquarz anzusiedeln sind (Zonen von Regen bis Viechtach). In anderen, vor allem südlichen Pfahlbereichen konnte sich entweder die Drift merklich erhöhen (Käpfham), oder aber  $\bar{p}$  deutliche Schockwellen durchschlagen (Neureichenau). Die nur Pressdruck-beeinflußte Gesteinsserie zeigt nirgendwo ein  $\bar{p}$ -Charakteristikum, sogar in Kleinzonen (Rundinger Zone) intern unterscheidet sich lokal der  $\bar{p}$ -Parameter erheblich. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass  $\bar{p}$  und  $\bar{s}$  also nicht primär von der topographischen Lokalität, sondern vielmehr vom Gesteinsedukt, Eduktgefüge, und eventuell vorhandenen vorgebildeten tektonischen Schwächezonen abhängt.

### Diskussion

Die Mylonitbildung scheint demnach im gesamten Moldanubikum nach gleichen Kriterien abgelaufen zu sein. Wenn das Pfahlgesehen epochal eingeordnet werden soll, kann es in eine hochaktive Phase, die nach neuesten Erdzeitalter-Revisionen in den Unterperm (280 Mio. J.) zu stellen sind, und der Hauptphase mit überwiegend relativer Ruhe und nur wenigen, bezogen auf die Startphase aber harmlosen Neubebungen, gegliedert werden. Die Startphase fällt in die Zeit,

als der Superkontinent Pangäa zu Laurasia und Gondwana zerfiel. Die finale Phase Ende Kreide (Maastricht) kann eine kurzfristige Reaktion auf den alpinen Hebungsstart sein. Die schon angedeutete Problematik optischer Parameterbestimmung ließe sich durch Experimente exakter fassen. Hohe Preßdrücke  $\bar{p}$  lassen sich mit Autoklaven erzeugen, die mit Stempeln ausgerüstet, Schockwellen imitieren können, seitlich angebrachte Rütteleinrichtungen imitieren dann die Drift  $\bar{s}$ , Hilfsstempel könnten Einwegflussrichtungen von  $\bar{s}$  im Wegebetrag verlängern (charakteristische Blastomylonittypen). Als Ausgangsproben können Gesteinsplatten in Metergröße von einem frischen, autochthonen Feldbrocken, entsprechend präpariert und an den zugewandten Reibseiten zweier eingespannter Platten mit verschiedenen Pfeilern, Ausbuchtungen und Verzahnungshindernissen versehen werden, um so die experimentellen Reaktionen auf breitem Feld ausloten zu können.

### Schrifttum

- HIRCHE, Th. & PFAFFL, F. (2008): Der Steinbruch Haberbühl, ein Aufschluß im Übergang CSA-Gneis zu Mylonit. (Im Druck)
- HIRCHE, Th. & PFAFFL, F. (2008a): Ein besonderes Gestein aus dem stillgelegten Steinbruch Oberrehberg bei Drachselried (Nördlicher Bayerischer Wald). - (Im Druck)
- HOFMANN, R. (1962): Die Tektonik des Bayerischen Pfahls. - Geol. Rdsch., 52: 332-346, Stuttgart.
- PFAFFL, F. (1990): Zur Geologie und Mineralogie des Blattes Bodenmais 1:25 000 (Nr. 6944) im Bayerischen Wald. - Geol. Bl. NO-Bayern, 40: 123-172, mit farb. geol. Karte, Erlangen.
- PFAFFL, F. (1993): Zur Geologie und Mineralogie des Blattes Kötzing 1:25 000 (Nr. 6843) im Bayerischen Wald. - Geol. Bl. NO-Bayern, 42: 167-204, mit farb. geol. Karte, Erlangen.
- PFAFFL, F. (2002): Der Pfahl, ein geologisches Naturdenkmal im Bayerischen Wald. - Natur und Museum 132: 4-9, Frankfurt.
- PFAFFL, F. & HIRCHE, Th. (2000): Regenbühelgneise, Granite und Blastomylonite im neuen Aufschlussbereich der Pfahltektonik bei Regen im Bayerischen Wald. Der Bayerische Wald, 43: 24-29, Passau.
- PFAFFL, F. & HIRCHE, Th. (2003): Die Kataklysegrade in der Pfahlzone bei Ulrichsberg im oberen Mühlviertel (Oberösterreich). - Jb. Oö. Mus.-Ver. 148/1: 253-256, Linz.
- WEBER, M. (1911): Studien an den Pfahlschiefern. - Geogn. Jh. 23: 1-10, München.

### Anschrift der Verfasser:

Fritz Pfaffl, Präsident der DNVD,  
Pfarrer-Fürst-Str. 10, 94227 Zwiesel

Thomas Hirche, Dipl. Min.,  
Nikolausstr. 2, 70190 Stuttgart

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Der Bayerische Wald](#)

Jahr/Year: 2009

Band/Volume: [23\\_1-2](#)

Autor(en)/Author(s): Pfaffl Fritz, Hirche Thomas

Artikel/Article: [Tektonischer Formenreichtum der Mylonite beider Pfahlrandzonen und anderer Störungszonen im Bayerischen Wald 80-87](#)