

**GEFÜGE- UND SPANNUNGSMESSUNGEN IM GEBIRGE.  
AUSBLICK AUF NEUE MÖGLICHKEITEN DER ERFASSUNG FELSMCHANISCHER  
RISIKOFAKTOREN AUF RÖNTGENOGRAPHISCHEM WEGE**

von

**Johann Georg Haditsch**



## Gefüge- und Spannungsmessungen im Gebirge. Ausblick auf neue Möglichkeiten der Erfassung felsmechanischer Risikofaktoren auf röntgenographischem Wege

Von Johann Georg Haditsch\*)

Die Gefahren im Tagebau und untertägigen Bergbau gehen, sofern sie allein auf mechanischen Gebirgseigenschaften beruhen, entweder auf quasi-latente oder auf sich in bestimmten Rhythmen auf- und abbauende Spannungen zurück. Während die durch die zuerst genannten Spannungen bedingten Gefahren durch die Entlastung des Gebirgskörpers infolge natürlicher oder künstlicher Entfernung des Deckgebirges oder seitlicher Entlastung (beispielsweise durch die Erosion oder den bergmännischen Abbau) ausgelöst werden, haben die anderen vorhin genannten Zustände ihre Ursache in der (vornehmlich globalen) Tektonik. Bauen sich so Gebirgsspannungen z.B. durch eine Kollision von Platten auf, so kommt es bei Überschreitung gewisser geologisch bedingter Grenzwerte zur Entlastung in Form von Erdbeben oder Gebirgsschlägen, wofür sich viele Beispiele anführen lassen. Aus der jüngsten Vergangenheit sei lediglich an die Beben im oberitalienisch-kärntner Gebiet, im zirkumpazifischen Raum und an der Westgrenze des Lut-Blockes im Iran erinnert.

Die Entlastung gespannter geologischer Körper geschieht in der Regel immer längs des vorgegebenen tektonischen Gefüges, seien dessen aktiv werdende Elemente weitreichende Störungen (z.B. San Andreas-Fault, Zagros-Überschiebung, Tabas-Linie, alpinodinarische Narbe), oder  $\sigma$ -oder hOl-Flächen ein- oder mehrscharig zerscherter Schiefer.

Hier ist ergänzend zu erwähnen, daß beispielsweise auch die Nachbrüchigkeit und das Blähverhalten der Gesteine in künstlich geschaffenen Hohlräumen gefügebedingt, besonders von der Gesteinslagerung, abhängig ist. Daher befaßte sich der Mensch wahrscheinlich schon seit den Anfängen der Nutzung mineralischer Rohstoffe mit den Gesetzmäßigkeiten der Gesteinslagerung, dies also nicht nur deshalb, weil die Tektonik die Lagerstättenbildung bedingte oder Vorkommen nutzbarer Rohstoffe begrenzte, demnach den Rohstoff Erz oder den Werkstoff Gestein günstig oder ungünstig beeinflusste, sondern vor allem auch deshalb, weil die tektonische Fazies oder vielmehr einzelne tektonofaziestypische Gegebenheiten den Menschen bei seiner Arbeit gefährden konnten.

Stellt (auch nach dem oben Gesagten) jede Fläche eine Gefügeinhomogenität dar, längs der es bei abermaliger Beanspruchung zu einer erneuten Bewegung kommen kann, ist das flächige Gefüge also als ein wesentlicher Risikofaktor bei bergmännischen Eingriffen anzusehen, so ist dessen Kenntnis mitentscheidend für die Beurteilung möglicher Risiken. Dabei könnte sich die Gefügeanalyse als wertvolle Hilfe bei derartigen bergmännischen Tätigkeiten anbieten. Auch ist diese Untersuchungsmethode weder theoretisch noch praktisch auf eine bestimmte Größenordnung des betrachteten Bereiches oder auf bestimmte Stoffe beschränkt.

Waren ursprünglich tektonische Untersuchungen lediglich qualitativer Natur, so gewann doch schon früh, vor allem durch Walter S c h m i d t und Bruno S a n d e r, die quantitative Erfassung der Gefügeelemente an Bedeutung. Damit wurde aus einer rein beschreibenden Behandlung tektonischer Flächen und Achsen die moderne Gefügekunde, die quantitative Gefügeanalyse.

---

\*)-Anschrift des Verfassers: A.o. Univ.-Prof. Dr. phil. Johann Georg Haditsch, Mariatroster Straße 193, A-8043 Graz

Die Gefügeanalyse stellt eine Momentaufnahme dar. Sie ist in der Lage, die Erscheinungen zu einem gewissen geologischen Zeitpunkt in ihren teils überschneidenden, teils fließenden Übergängen rein beschreibend darzustellen und untersucht zu diesem Zwecke die Elemente des interessierenden Bereiches vom einzelnen Gefügekorn bis zu den größten Elementen und analysiert deren Zuordenbarkeit zueinander oder deren Unabhängigkeit voneinander.

Die Technik der Gefügeuntersuchung wurde in den letzten drei Jahrzehnten verfeinert, vor allem auch in weitesten Kreisen bekannt und immer wieder zur Lösung praktisch-geologischer Fragen herangezogen. Auf diese Art wurde die quantitative Analyse, die Gefügestatistik, auch schon sehr früh in den Bergbau eingeführt; so behandelte, um nur wenige heimische Beispiele anzuführen, beispielsweise E. C l a r bereits in den dreißiger Jahren das Korngefüge des Breitenauer Magnesites und des Hüttenberger Erzberges, desgleichen nach dem 2. Weltkrieg die Megagefüge im Sunk und in Hüttenberg, F. K a r l untersuchte die Lagerstätte Mitterberg (Mühlbach am Hochkönig) und W. F r i t s c h den Steirischen Erzberg.

Von einer Gefügestatistik können grundsätzlich objektive Grundlagen für die Arbeitsplanung und verschiedene, die geplanten Arbeiten betreffende Parameter, wie der gefügeabhängige Gebirgsdruck, die Notwendigkeit eines Ausbaues, die Abschätzung der Bohr- und Vortriebsgeschwindigkeit, die meist anisotrope Leitfähigkeit für Erschütterungen bei der Herstellung und der dauernden Benutzung des Felsbauwerks und die meist in tiefliegenden Anschnitten auch anisotrope Wärmeleitfähigkeit erwartet werden.

Obertägige Abbaue, die in ihrer Lage zum flächigen Gefüge falsch angelegt sind und die deshalb entweder unwirtschaftlich arbeiten oder die dort Arbeitenden gefährden, lassen sich auf dem Wege über die Gefügestatistik wirtschaftlicher und sicherer gestalten. Aus eigener Erfahrung können eine Reihe von Beispielen für das Gesagte angeführt werden (z.B. aus dem Gipstagebau Schildmauer/Admont, dem Kalksteinbruch Obermicheldorf/OÖ. und dem Granitsteinbruch Stubenberg/Stmk.).

Viele Gesteinseigenschaften stehen in einem direkten oder indirekten Zusammenhang mit den Spannungsverhältnissen im Gebirge, so die Bohrarbeit und die mögliche Vortriebsgeschwindigkeit. Beispielsweise beschrieb L. M ü l l e r 1950 aus zwei aufeinander normal stehenden Stollen, die in der norwegischen Schieferhülle angeschlagen worden waren, eine stark unterschiedliche Bohr- und Vortriebsgeschwindigkeit. Diese verhielt sich nämlich wie 1 : 2,3, womit auch der jeweilige Sprengstoffverbrauch (im Verhältnis von 1 : 2,5) gut übereinstimmte. Genaue Untersuchungen ergaben damals, daß die Richtung des langsameren Vortriebes etwa mit der Richtung der größten und die des rascheren Vortriebes etwa mit der der kleinsten Gebirgsspannung zusammenfiel.

Besondere Schwierigkeiten bereiten dem Geotechniker der Steinschlag, die Rutschungen, das Blockwandern, das Bodenfließen und die verschiedenen Erscheinungen der Spannungsumlagerung, wie z.B. die Felsschlipfe (Gefügebrüche) oder die Grundbrüche, also Gefügebrüche unter Mitwirkung des Wassers, die Bergzerreibungen und die Talzuschübe.

Derartige Erscheinungen sind besonders in eiszeitlich oder postglazial ausgeräumten Gebieten nichts Neues. Dabei haben die Talzuschübe in letzter Zeit für den heimischen Bergbau, Straßen- und Wasserkraftwerksbau eine große Bedeutung erlangt. So seien in diesem Zusammenhang hier nur der von E. C l a r und P. W e i s s studierte Talzuschub der Millstätter Alpe (Radenthein) oder ähnliche Erscheinungen in den Schladminger Tauern erwähnt.

Auslösende Momente der Talzuschübe sind zwar meist Frostsprengungen und Verwitterung, doch müssen, wie dies schon L. M ü l l e r ganz richtig feststellte, auch tiefere Gründe als Erklärung herangezogen werden, denn ansonsten würden nur Bewegungen im obersten, dem Frost zugänglichen Bereich erklärbar sein. Es konnten nämlich in diesen labilen Bereichen immer wieder Auflockerungen bis in 100 m Tiefe nachgewiesen werden, die nur durch Spannungsumlagerungen erklärt werden können, welche oberflächennah, oft in Form oberflächenparalleler Klüfte, längs der es üblicherweise zu einer deutlichen Auflockerung kommt, zum Ausdruck kommen können. A. K i e s l i n g e r hat zu wiederholten Malen über solche Erscheinungen, besonders

auch in Steinbrüchen, berichtet, es sei in diesem Zusammenhang aber auch an die erst vor einigen Jahren erfolgten Abplatzungen von Schöckelkalkplatten im Bereich des Kugelsteins bei Peggau (Stmk.) erinnert.

Durch symmetrologische Untersuchungen des Gefüges nach der Art, wie dies Martin Kirchmayr in seiner Anwendung des Symmetriekonzepts Paul Curies (1884) in der Gefügekunde zeigen konnte, ist es möglich, eindeutig junge (oberflächenparallele) Spannungsrisse und ältere Klüfte auseinanderzuhalten.

Standen am Anfang der gefügekundlichen Untersuchungen im Bergbau (auch dem Gesagten nach) vor allem Fragen der Genese und der postgenetischen Deformation im Mittelpunkt des Interesses, so versuchten doch schon seit den dreißiger Jahren einzelne Forscher die Gefügekunde auf anderen Gebieten anzuwenden.

Eines dieser neuen Einsatzgebiete war die Felsmechanik, und wenn hier Forscher genannt werden sollen, die die quantitative Erfassung felsmechanisch relevanter Daten vorantrieben und damit auch die praktische Bedeutung der Gefügekunde würdigten, so seien hier nur Leopold Müller und seine salzburger Schüler genannt.

Wie dies auch die Erfahrung bestätigt, werden die Eigenschaften eines geologischen Körpers weniger von der petrographischen Zusammensetzung als vom flächigen und linearen Gefüge bestimmt. Je straffer dabei die Regelung der Gefügedaten ist, desto anisotroper ist das Verhalten des Gesteins.

Normalerweise fallen Anisotropien, also einzelne Klüftlagen oder das sedimentäre Gefüge des Gesteins bereits megaskopisch, also mit freiem Auge, auf. Es gibt aber auch Fälle, in denen diese Ausrichtung der Gefügedaten nicht mehr mit freiem Auge erfaßt werden kann. Diese Gesteine erwecken bei flüchtiger Betrachtung den Anschein, Isotrope darzustellen. Bekannte Beispiele dafür sind Aplite, manche Marmore (z.B. von Carrara), dichte Kalke und sogenannte „richtungslos-körnige“ Granite. Diese Gesteine sind keine echten Isotrope, weil auch ihre Eigenschaften richtungsabhängig sind. Man muß sie daher, richtiger, als „Pseudisotrope“ bezeichnen.

Der Nachweis derartiger, megaskopisch nicht erfaßbarer, Anisotropien geschah bisher am einfachsten mit dem Mikroskop, dem Universaldrehtisch und röntgenographisch. Die Achsenverteilungsanalyse (AVA) gab dabei Aufschluß über den Grad der Kornregelung und damit auch über das Ausmaß der Anisotropie.

Die letzte Entscheidung über den Grad der Regelung fällt nach dem Gesagten nicht im Gelände, sondern unter dem Mikroskop oder nach der röntgenographischen Untersuchung, wobei festzuhalten ist, daß es offensichtlich über den Millimeterbereich hinausgehend im Gestein keine Isotropie gibt. Für den Techniker ist es wichtig zu entscheiden, in welchen Fällen diese Anisotropie zu berücksichtigen und wo sie zu vernachlässigen ist, auch, welcher Form der Gesteinsklassifikation er bei der Behandlung eines Problems den Vorzug gibt. Dazu ist es aber unbedingt erforderlich, daß der, der felsmechanische Probleme zu behandeln hat, auch mit mineralogisch-petrographischen Einzelheiten vertraut ist, um auch dort, wo ihm das Megagefüge nicht von vornherein die Anisotropie des Raumes angibt, das richtungsabhängige Verhalten der Gesteine bei einer Beanspruchung voraussagen zu können.

Es erscheint daher grundsätzlich auch vordringlich zu untersuchen, welches Verhalten definierte Gesteine bei bestimmten Symmetrieklassen und bei klar definierten Beanspruchungen zeigen. Die Klärung dieser Fragen würde sicherlich auch einer allgemeinen felsmechanischen Klassifikation der Gesteine förderlich sein.

Wie schon erwähnt, sind vor allem die Klüftflächen mechanisch wirksam, wobei darunter allgemein jene Flächen im Gestein, längs welchen der mechanische Zusammenhalt aufgehoben wurde, zu verstehen sind, vom technischen Standpunkt aus jedoch nur jene Fugen interessieren, die auch heute noch durch eine mechanische Deformation aktiviert werden können, die also noch nicht verheilt sind.

Für eine technisch nutzbringende Beschreibung der Klüfte können mit J. S t i n i folgende Parameter herangezogen werden:

- die Raumstellung der Klüfte,
- die Dichte des Kluftnetzes,
- die räumliche Erstreckung,
- der Durchtrennungsgrad,
- die Öffnungsweite der Klüfte,
- die Beschaffenheit der Kluftwände,
- gegebenenfalls auch die Füllung der Klüfte.

Die Klüfte sind die megaskopisch erfaßbaren Äußerungen des Korngefüges und dieses ist wieder durch die Netzebenen, bzw. allgemein durch die Kristallographie der Komponenten bestimmt.

Bei metallographischen Untersuchungen von Blechen hat sich herausgestellt, daß die elastischen Daten häufig nicht auf die Textur rückschließen lassen. Überträgt man die solcherart angebrachte Skepsis auf Gesteinsuntersuchungen, so bieten sich für gefügekundliche Untersuchungen neben den mikroskopischen Methoden der AVA und Kornverteilungsanalyse (KVA) röntgenographische Methoden an. Diese werden auch tatsächlich schon seit langem genutzt. So führte bereits L a m k e 1936 eine (wahrscheinlich die erste) röntgenographische Gefügeuntersuchung durch, N e f f entwickelte 1956 ein Röntgentexturgoniometer und J a s m u n d im gleichen Jahr eine Texturkamera für Tonminerale.

Es hatte sich auch im Laufe der Zeit herausgestellt, daß die Kristallisation und die Umkristallisation unter gerichtetem Druck nach sogenannten „Regeln“ erfolgt. Solche Gesetzmäßigkeiten konnten für eine Vielzahl von Mineralen festgestellt werden, so z.B. für Zinkblende, Magnetkies, Bleiglanz, Boulangerit, Pyrit, Steinsalz, Flußspat, Carnallit, Chromit, Hämatit, Quarz, Rutil, Siderit, Kalzit, Dolomit, Ankerit, Aragonit, Anhydrit, Coelestin, Baryt, Gips, Olivin, Granat, Zirkon, Andalusit, Disthen, Epidot, Turmalin, Muskovit, Chlorit, Albit und Skapolith.

Gebirgsdruck kann zudem ein optisch-anomales Verhalten mancher Minerale bewirken, so etwa das des Steinsalzes oder des Kalkspalts (der in Marmoren vielfach anomal zweiachsig vorliegt, wobei die optische Achsenebene die Ebene der Deformation – (ac) – wiedergibt).

Homogene Gesteinsbereiche zeichnen sich durch gleichartige lokale Regeltypen aus, Änderungen der Tropic müssen demnach auch in der Gefügestatistik zum Ausdruck kommen.

In diesem Zusammenhang ist auch der Konnex zwischen der mechanischen Spannung eines Gesteinskörpers und dem Kristallgitter (Deformation, Kompression bzw. Dehnung) zu erwähnen, der zwar schon seit langem bekannt ist, sich aber quantitativ bis jetzt durch eine zerstörungsfreie Methode noch nicht befriedigend nachweisen bzw. für technische Vorhaben nutzen ließ. Dabei ergab sich gerade für den zerstörungsfreien Nachweis von Gebirgsspannungen, geradeso wie auch für verschiedene Zwecke der Metallindustrie, des Maschinen-, Stahl- und Hochbaues, ein dringender Bedarf an einer beweglichen und betriebssicheren, zerstörungsfrei arbeitenden Anlage, die imstande ist Verformungen unter Spannungen von rund  $\pm 1 \text{ kg/mm}^2$  (nach der alten Schreibweise und bezogen auf Metalle) zu erfassen.

Dabei kann man grundsätzlich von der Annahme ausgehen, daß sich ein Stoff (z.B. Gestein, Metall) unter mechanischer Spannung homogen und linear (+ bzw. –) verformt und sich seine Komponenten (im speziellen Fall kristallisierter Stoffe: die Kristallite) in gleicher Weise und in verhältnismäßig gleichem Ausmaß verformen.

Das eigentliche Problem bei derartigen Spannungsmessungen ist also ein mineralogisch-kristallographisches, gilt es doch, Netzebenenabstände auf  $10^{-5} \text{ \AA}$ , also extrem genau, zu messen, um über die Verschiebung der Schwerlinie jener Liniengruppe, die maßgebend für die Bestimmung der Spannung ist, zuverlässig die Abweichungen des Gitters eines unter Spannung stehenden Körpers (Kristalls) gegenüber denen eines nicht oder weniger gespannten nachweisen zu können. Die Bestimmung der Schwerlinie ist den anderen üblichen Verfahren (Gipfelmessung, Mittellinien- oder Parabelbestimmung) an Genauigkeit überlegen. Um hier die geforderte hohe statistische Zuverlässigkeit weiter zu veranschaulichen, muß auch erwähnt werden, daß die üblichen röntgenographischen Verfahren eine Genauigkeit von  $10^{-3} \text{ \AA}$  bis  $10^{-4} \text{ \AA}$  erbringen.

Neben der erwähnten extremen Genauigkeit muß weiters von einem für den Feldeinsatz geeigneten Gerät eine relativ geringe Größe, ein geringes Gewicht, eine relativ große Unempfindlichkeit gegen Stoß, Schlag und Witterungseinflüsse, die Möglichkeit einer relativ raschen Messung, sofortigen Auswertung und digitalen Anzeige des Ergebnisses, die Sicherheit und, daß die Anlage auch von Hilfskräften problemlos bedient werden kann, gefordert werden.

Alle bekannten röntgenographischen Meßanlagen stellen nur stationäre Laboranlagen, deren Handhabung zu schwierig ist, um im Gelände eingesetzt zu werden, dar. Zudem sind die mit diesen Geräten erzielbaren Resultate für die in Rede stehenden Fragen zu ungenau, d.h. unbefriedigend. Daher genehmigte der Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung 1976 ein Vorhaben\*), das die Entwicklung eines für den Geländeeinsatz tauglichen Gerätes zum Ziele hatte.

Ausgehend von der im Institut für Mineralogie und Gesteinskunde der Montanuniversität Leoben vorhandenen Diffraktometeranlage sollte in mehreren Stufen das Meßverfahren und die Linienauswertung digitalisiert und mittels eines angeschlossenen Kleinrechners automatisiert sowie eine im Prototyp vorliegende fokussierende Spezialkammer (nach J. R o b i t s c h) eingesetzt werden. Schließlich sollte auch versucht werden, auf dem Wege über die Entwicklung von Spezialröhren die Beschränkungen hinsichtlich der Proben- (d.h. Meßfeld-) Größe auszuschalten, damit die Messungen auch an Bauwerken und im Fels ermöglicht werden.

Zu dem Projekt gehörte natürlich auch die Programmierung des Rechners, wie auch die Entwicklung verschiedener Übergabestellen (Interfaces) für den Anschluß an schon vorhandene Meßgeräte usw.

Die vielfältigen und hohen Anforderungen an die zu entwickelnde Anlage mußten zwangsläufig zu einem schrittweisen Ersatz nahezu aller Bauteile des herkömmlichen Diffraktometers führen. Aufbauend auf den von J. R o b i t s c h bei der Fa. Gebr. Böhler & Co. AG. (Kapfenberg) gemachten Erfahrungen, wurde zunächst versucht, das Meßverfahren im Laboratorium zu entwickeln. Dieser Abschnitt ist, wie sogleich gezeigt werden soll, abgeschlossen.

Die weiteren Schritte zielen darauf ab, eine bewegliche Anlage für Messungen an Werkstücken begrenzter Größe (170 mm ab Kante oder tangential bis 600 mm Durchmesser) und schließlich eine solche für die Verwendung im Feld an beliebig großen Probenkörpern zu bauen.

Die bisher entwickelte Anlage, das nach S e e m a n n-B o h l i n fokussierende Spezialdiffraktometer nach R o b i t s c h, gestattet Schrägmessungen bis zu einem Winkel ( $\psi$ ) von  $50^\circ$  nach dem  $\sin^2\psi$ -Verfahren\*\*). Die Proben bleiben dabei am Meßkreis fixiert, was zusammen mit weiteren Neuentwicklungen (Spezialröhre usw.) die entscheidenden Vorteile gegenüber den bis 1976 üblichen mittelpunktsfreien Sonderdiffraktometern für die Spannungsmessungen erbrachte, die die Nachteile einer Defokussierung, einer fast unvermeidbaren Probenexzentrizität und einer mangelnden Bewegungsfreiheit der Röntgenröhren bei Schrägmessungen und ausgedehnten Proben aufwiesen.

Die Schrägmessung der zu untersuchenden Linie geschieht nach unserem Verfahren in Form einer Schrittmessung, bei der also die Linie in beliebig viele gleiche Schritte (Stufen, Kanäle) zerlegt und entsprechend der gewünschten (bzw. geforderten) Zuverlässigkeit über verlängerte Zählraten (mit möglichst hohen Impulszahlen bei möglichst geringer Meßdauer) erfaßt wird. Die bei der Schrittmessung gewonnenen Daten werden einem Vielkanalanalysator (MCA: Multi Channel Analyzer) zugeleitet, in einem angeschlossenen Tischrechner (HP 9815 mit Drucker und Magnetband) gespeichert und im Hinblick auf die Bestimmung der Linienlage voll statistisch ausgewertet. Dabei gestattet es das ortsempfindliche Detektorsystem (TENNELEC PSD 100; PSD = Position Sensitive Detector), ohne bewegte Teile über Proportionalzählrohre die Impulse des

---

\*) Projekt 2846: „Entwicklung einer mobilen Anlage zur zerstörungsfreien Messung mechanischer Spannungen auf röntgenographischem Wege mit automatischer Digitalauswertung“.

\*\*\*)  $\psi$  = Winkel zwischen der Probenoberfläche und der Netzebene bzw. zwischen der Normalen auf die Probenoberfläche und der Meßkeilsymmetralen.



Untersuchungsbereiches ( $6^\circ$  theta) zugleich aufzunehmen und ortsrichtig, z.B. nach dem Verfahren der Mehrkanalzählung (MCS = Multi Channel Scaling) den in unserer Anlage vorhandenen 1024 Kanälen zuzuteilen, wo sie (bis zu  $10^6$  Impulse je Kanal) gespeichert werden können. Das ortsempfindliche Detektorsystem macht im Gegensatz zu einem umlaufenden Detektor die sonst notwendige, sehr genaue Stromstabilisierung der Röntgenröhre überflüssig.

Die dieser Arbeit beigegebenen Abbildungen mögen das Gesagte veranschaulichen.

Durch die Bestimmung der Schwerlinie der gesamten K-alpha-Gruppe kann ohne den sonst üblichen äußerst empfindlichen und daher eigentlich nur für den Laboratoriumsbetrieb geeigneten Monochromator (der zwar eine fast reine  $K\alpha_1$ -Strahlung liefert, dafür aber die Intensität und Genauigkeit mindert) ausgekommen werden.

Eine weitere Verbesserung konnte durch den Ersatz der sonst üblichen Feinstrukturrohre (mit der Abstrahlung von  $-6^\circ$  nach unten) durch eine gleichartige, aber mit  $+25^\circ$  nach vorne oben abstrahlende Sonderröhre, die erweiterte Schrägmessungen (mit einem größeren Winkel psi) ermöglicht, erzielt werden.

Eine genauere Darstellung der Anlage findet sich bei J. R o b i t s c h: Ein neues Konzept für die röntgenographische Spannungsmessung. Teil I: Größte Genauigkeit und Sicherheit der Linienlagenbestimmung durch Vielkanal, on-line Tischrechner und statistische Auswertung. -- Härtereitechnische Mitt., 33, 1978, 6 : 323 – 328.

Die bisherigen Arbeiten im Laboratorium haben die fehlerfreie Funktionstüchtigkeit der geschilderten Meßkette ergeben. Zweifellos lassen sich aber schon jetzt weitere Verbesserungsmöglichkeiten erkennen; so könnten etwa größere Einsatzmöglichkeiten infolge geringeren Gewichtes, geringeren Volumens und geringerer Empfindlichkeit durch den Einsatz eines Isotopengenerators (wie er etwa bei den mobilen Röntgenfluoreszenzanlagen verwendet wird) oder durch eine günstigere Bauart des ortsempfindlichen Detektorsystems erreicht werden. Weitere Möglichkeiten würden sich auch mit einem größeren Rechner ergeben.

Die derzeit laufenden Arbeiten zielen darauf ab, das Gerät mobil zu machen. Es steht zu erwarten, daß etwa in Jahresfrist die ersten Ergebnisse von Untersuchungen im Feld vorliegen werden.

Die bisherigen Arbeiten am gegenständlichen Projekt wären ohne die reichen Erfahrungen und den großen persönlichen Einsatz des Univ.-Doz. Dr. Johann R o b i t s c h (Bruck/Mur) nicht möglich gewesen. Dem Genannten sei auch an dieser Stelle für die bisherige und überaus fruchtbare Arbeit der beste Dank ausgesprochen.

Die Arbeiten am geschilderten Projekt wurden ausschließlich durch die finanzielle Unterstützung des Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung ermöglicht, dem dafür der besondere Dank der Projektträger gebührt.



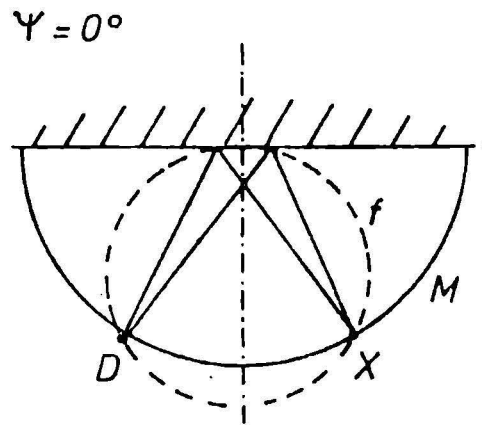


Abb. 1: Fokussierung am normalen Diffraktometer; Probe senkrecht zum Meßkeil

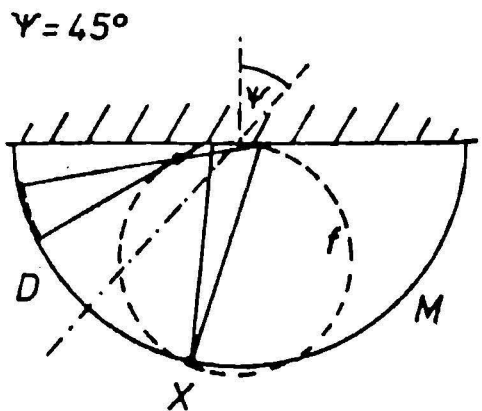


Abb. 2: Defokussierung bei Schrägmessung am normalen Diffraktometer

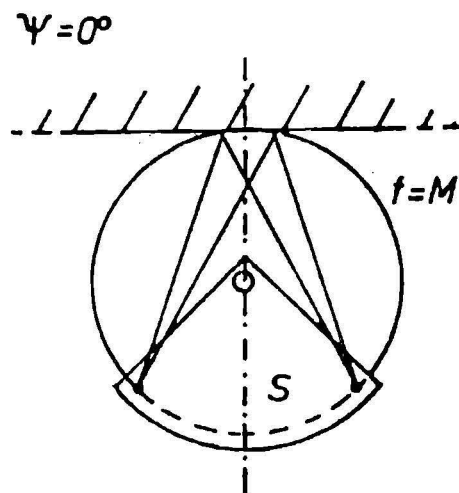
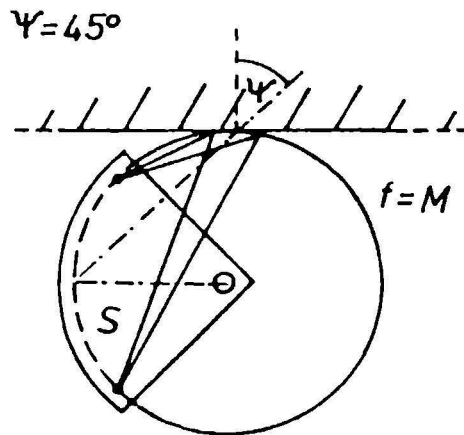
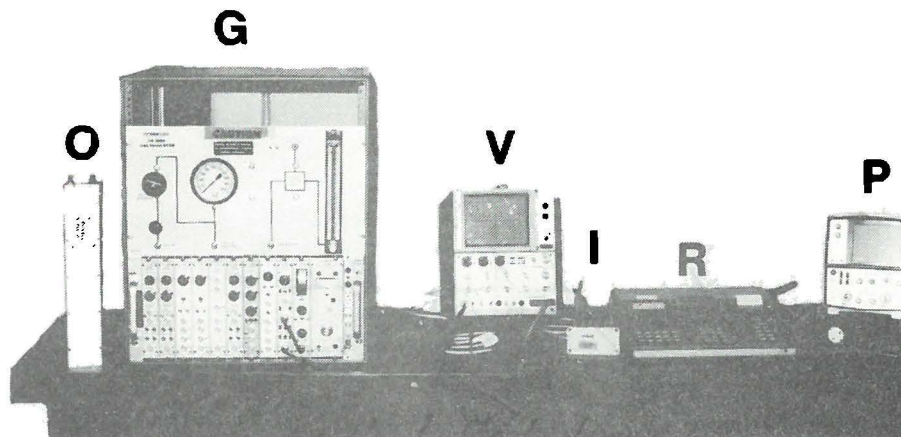


Abb. 3: Sonderdiffraktometer nach ROBITSCH für Schrägmessungen; Fokussierungskreis ( $f$ ) = Meßkreis ( $M$ );  $S$  = drehbarer Meßsektor



**Abb. 4:** Schrägaufnahme mit Fokussierung, Meßsektor gedreht, winkeltreu (theta als Peripheriewinkel stets gleich groß)



**Abb. 5:** Gesamtanlage ohne Diffraktometer (Stand 1978); O = ortsempfindlicher Detektor; G = Gasregulierung und Elektronik; V = Vielkanalanalysator; I = Übergabestelle (Interface); R = Rechner; P = Prüfoszillograph

Abbildungen nach J. ROBITSCH: Eine Einführung. – In: J.G. HADITSCH & ROBITSCH: Eine bewegliche Anlage zur röntgenographischen Messung mechanischer Spannungen. Unv. Ber., Jänner 1978, 50 p.