

**Darstellung geologischer Flächengefüge unter Verwendung
eines programmierbaren Taschenrechners**

von
Rainer POISEL

mit
9 Abb. und 3 Beil.

Anschrift des Verfassers:
Dipl.-Ing. Dr. Rainer Poisel
Institut für Grundbau, Geologie und Felsbau
Abteilung Geologie
Technische Universität Wien
Karlsplatz 13
A-1040 Wien

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung, Summary	78
1. Einleitung	79
2. Dichtepläne von Lagenkugeldiagrammen	81
Rechenbeispiel 1	82
3. Darstellung mittels Einheitsquadraten und als Blockbilder	85
Koordinaten des Normalvektors einer Ebene	86
Winkel zwischen zwei Vektoren bzw. Projektion eines Vektors auf einen anderen	86
Schnittgerade zweier Ebenen	86
Normalprojektion eines Punktes im Raum in eine Bildebene	86
Durchstoßpunkt einer Geraden durch eine Ebene	88
3.1. Darstellung von Gefügeflächen mittels Einheitsquadraten	88
Rechenbeispiel 2	88
3.2. Darstellung von Flächengefügen als Blockbilder	90
Rechenbeispiel 3	90
4. Literatur	92

1. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit soll zeigen, wie der Arbeitsaufwand des Geologen für die statistische Auswertung von Kompaßmessungen und für die Darstellung geologischer Flächengefüge mittels eines programmierbaren Taschenrechners verringert werden kann. Das Programm für die Ermittlung von Dichteplänen von Lagenkugeldiagrammen soll eine erste, grobe Auswertung von Kompaßmessungen bereits im Gelände ermöglichen, um deren Ergebnisse noch an Ort und Stelle überprüfen zu können. Die Programme für die Darstellungen von Gefügeflächen mittels Einheitsquadraten nach L. MÜLLER und als axonometrische Blockbilder sollen dazu anregen, geologische Flächengefüge nicht nur in Lagenkugeldiagrammen sondern auch mittels anderer Methoden darzustellen und so die Verständigung zwischen Geologen und Ingenieuren zu verbessern.

Summary

This paper is to show in which way the geologist's work expended on statistical analyses of compass readings and graphic representations of geological structures may be reduced by means of a programmable pocket calculator. The program concerning the determination of pole density plots is to enable a rough primary analysis outside in order to check the results. The programs concerning graphic representations of structural planes by means of projected squares set to the line of intersection in construction plans after L. MÜLLER and by way of axonometric drawings of intersecting planes are to trigger off attempts to depict geological structures not only by means of spherical projections but also to apply different methods, thus intensifying the cooperation between geologists and engineers.

1. Einleitung

Bauingenieuren wird oft vorgeworfen, sie verstünden die Sprache der Geologen nicht und könnten deshalb die Ergebnisse ingenieurgeologischer Voruntersuchungen nicht in dem Maß in ihre Überlegungen einbringen, in dem es notwendig wäre. Dies liegt zum Teil an den Bauingenieuren, zum Teil aber auch an den Geologen. Nicht alle Geologen sind bereit, ihre Erkenntnisse so aufzubereiten und darzulegen, daß sie auch ohne bzw. mit nur geringen Vorkenntnissen auf dem Gebiet der Ingenieurgeologie verstanden und verarbeitet werden können.

Eine wichtige – wenn nicht die wichtigste – geologische Grundlage für Entscheidungen im Felsbau ist das Flächengefüge des Gebirges (z. B. Schichtung, Schieferung, Klüfte). Die Erkundung des Flächengefüges ist eine der Aufgaben des Ingenieurgeologen. Ebenso wichtig wie die Erkundung sind aber Interpretation und Darstellungen des Flächengefüges, die auch einem mit der Denkweise eines Geologen weniger vertrauten Ingenieur ermöglichen, Nutzen aus ingenieurgeologischen Untersuchungen zu ziehen.

Die meistverbreitete Art der Darstellung von Gefügen sowie von räumlichen Beziehungen auf dem Gebiet der Geotechnik ist die Lagenkugel. Die flächentreue Projektion der Lagenkugel ermöglicht sowohl eine statistische Behandlung der Meßergebnisse (W. SCHMIDT, 1925), um Gefügeregelungen erkennen zu können, als auch die graphische Lösung geometrischer Aufgaben (z. B. Bestimmung des Winkels zwischen einer Kraft und einer Klüftfläche). Gefügediagramme mit sehr vielen Flächenpolen bzw. Durchstoßpunkten von Linearen sind unübersichtlich und Regelungen (z. B. in Klüftscharen) lassen sich nur schwer erkennen (Abb. 1 a). Deshalb werden von solchen Diagrammen Dichtepläne bzw. Dichtelinienpläne erstellt (Abb. 1 b). Der dafür erforderliche Auszählvorgang dauert bei einer großen Anzahl von Meßdaten relativ lange und ist mühsam (L. MÜLLER, 1963, gibt den Zeitaufwand für die Erstellung eines Dichteplanes von 100 Meßwerten mit etwa 6 Stunden an).

So aussagekräftig und wertvoll Lagenkugeldarstellungen in Geologie und Felsbau-mechanik auch sind, so wenig sagen sie jemandem, der mit diesem Prinzip weniger vertraut ist. L. MÜLLER (1953) machte daher den Vorschlag, in Lageplänen, Schnitten und Profilen Gefügeflächen mittels der an die Schnittspuren angelegten Einheitsquadrate („Müllerfähnchen“) darzustellen (Abb. 1 c). Die dafür erforderlichen Winkelbeziehungen können mit Hilfe der Lagenkugel ermittelt werden. Besonders bei großen Wiederholungszahlen ist dieser Weg aber langwierig und zeitaufwendig.

Eine allgemein übliche Art, räumliche Beziehungen abzubilden, stellen axonometrische Bilder dar. E. HOEK & E. T. BROWN (1980) gaben ein Verfahren zur Ermittlung isometrischer Blockbilder von einander schneidenden Ebenen (Ebenen in einem Glaswürfel) an (Abb. 1 d). Dieses Verfahren ist zwar der sonst üblichen Konstruktion nach den Regeln der darstellenden Geometrie überlegen, ist aber immer noch zeitaufwendig und hat darüberhinaus den Nachteil, ungenau zu sein.

Der geringe Platzbedarf und die immer größer werdende Kapazität von programmierbaren Taschenrechnern ermöglicht die rasche Ermittlung von Dichteplänen von Gefügediagrammen noch im Gelände. Dadurch können Gefügediagramme direkt im Gelände verifiziert und durch Kontrollmessungen überprüft bzw. ergänzt werden. Die in den Beilagen gelisteten, einfachen Programme ermöglichen auch, ohne großen Arbeitsaufwand Größen für die Darstellung von Gefügeflächen mittels Einheitsquadraten und als Blockbilder rechnerisch zu ermitteln, und sollen dadurch anregen, geolo-

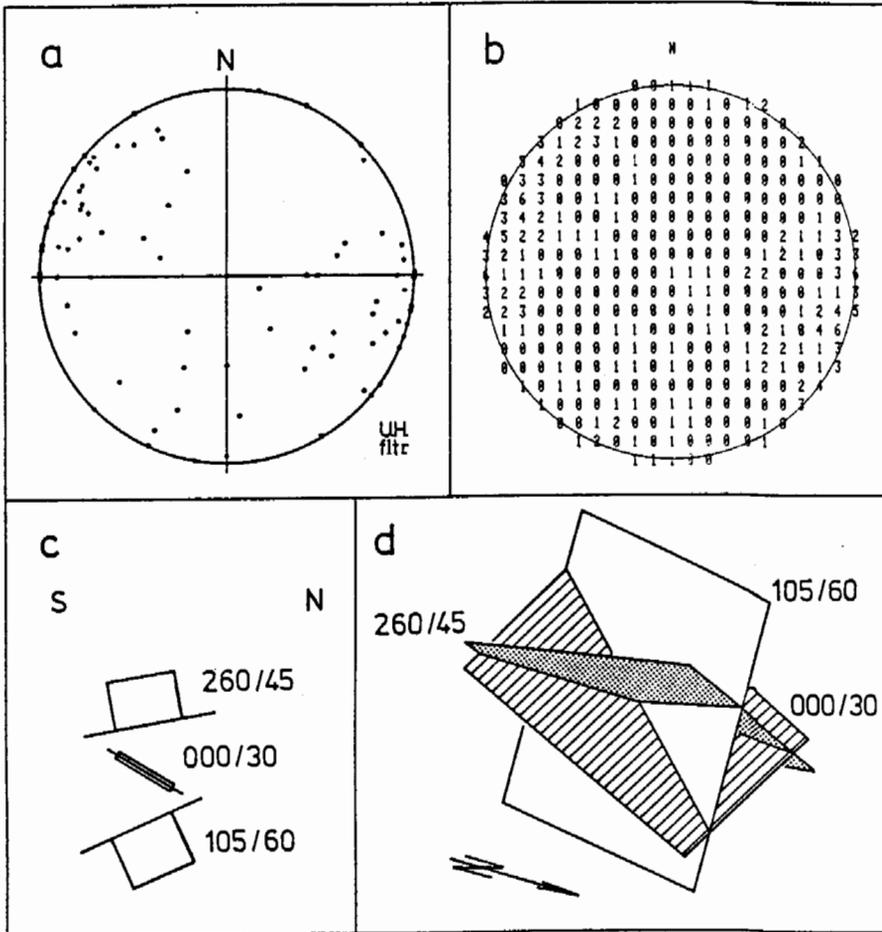


Abb. 1: Darstellungen geologischer Flächengefüge. a – Polpunktdiagramm (flächentreue Projektion der Lagenkugel); b – Dichteplan des in a dargestellten Polpunktdiagrammes; c – Darstellung flächenhafter Gefügeelemente in Bauplänen mittels Einheitsquadraten nach L. MÜLLER (1953); d – axonometrisches Bild einander schneidender Gefügeflächen.

gische Flächengefüge nicht nur in Lagenkugeldiagrammen, sondern auch mittels anderer, allgemein verständlicherer Methoden darzustellen, um so die Verständigung zwischen Geologen und Ingenieuren zu verbessern.

Im folgenden wird die Raumstellung einer Fläche bzw. einer Linearen mit dem im Uhrzeigersinn gemessenen Winkel zwischen der Nordrichtung und der Fallrichtung (ψ) und mit dem von der Horizontalen nach unten gemessenen Fallwinkel (α) bezeichnet. Alle Winkelangaben erfolgen in Altgrad.

Die in den Beilagen gelisteten und kommentierten Programme sind auf einem HP-41CX mit zwei X-Memory-Modulen sowie einem CCD-Modul erstellt. An diesen Taschenrechner sind ein Drucker und ein Kassettenlaufwerk als Massenspeichereinheit angeschlossen.

2. Dichtepläne von Lagenkugeldiagrammen

Dichtepläne von Lagenkugeldiagrammen dienen dazu, Gefügeregelungen bzw. Trennflächenscharen erkennen und analysieren zu können. W. SCHMIDT (1925) schlug vor, die Anzahl der Flächenpole bzw. Durchstoßpunkte, die in 1 % der Fläche der Lagenkugel liegen, als Belegungsziffer zu bezeichnen. Dabei werden jene Flächenpole bzw. Durchstoßpunkte abgezählt, die im Diagramm der flächentreuen Projektion innerhalb eines Kreises mit einem Radius von einem Zehntel des Halbmessers des Diagrammes liegen. Dem Mittelpunkt des Zählkreises wird diese Anzahl als Belegungsziffer zugeordnet. Üblicherweise wird diese Auszählung für Schnittpunkte eines Rasters mit dem Linienabstand $0,1r$ durchgeführt. In Bereichen mit großen Schwankungen der Belegdichte kann je nach Bedarf eine Verdichtung der Auszählvorgänge zwischen den Rasterpunkten vorgenommen werden.

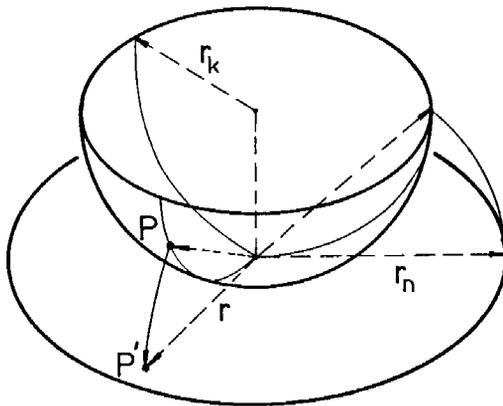


Abb. 2:
Flächentreue Projektion der Lagenkugel.

Das Abbildungsgesetz der flächentreuen Projektion der Lagenkugel (Abb. 2 und 3) lautet

mit r_k ... Radius der Lagenkugel und Radius des Netzes $r_n = r_k \sqrt{2}$

für Flächenpole $r = 2r_k \sin \frac{\alpha}{2}$

für Durchstoßpunkte von Linearen $r = 2r_k \sin \frac{90-\alpha}{2}$

Leistungsfähige Rechenanlagen ermöglichen, diese Auszählung unmittelbar auf der Lagenkugel (im Raum) vorzunehmen und damit den Fehler auszuschalten, der durch die Verzerrung des Zählkreises in der Projektion entsteht (vgl. F. KOHLBECK & A. E. SCHEIDEGGER, 1977). Für mehr oder weniger vertikal stehende Gefügeflächen (Randbereich des Gefügediagrammes) ergibt sich der Fehler zu (vgl. Abb. 3):

$$\delta = 90 - 2 \arcsin \frac{0,05r_n}{\frac{r_n \sqrt{2}}{2}} - 2 \arcsin \frac{0,45r_n}{\frac{r_n \sqrt{2}}{2}} \cong 90 - 8 - 79 \cong 3^\circ$$

Für flach liegende Gefügeflächen ist dieser Fehler nahezu 0, da der Auszählkreis nur geringfügig bzw. überhaupt nicht verzerrt wird.

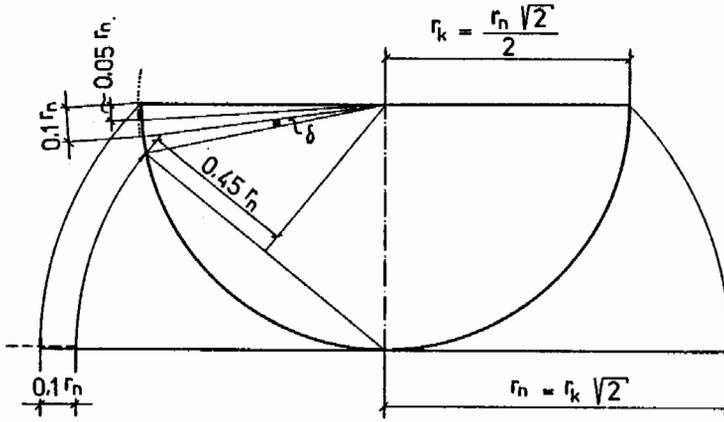


Abb. 3: Flächentreue Projektion der Auszählkalotte
 ----- Auszählkreis in der Projektionsebene; Auszählkalotte auf der Kugel

Der Fehler, der bei der Auszählung in der Projektionsebene durch die Verzerrung des Auszählkreises entsteht, liegt somit in der Größenordnung der Genauigkeit, mit der die Einmessung der Gefügeelemente im Gelände erfolgt, und kann daher in einer ersten, groben Auswertung, die nur eine Übersicht über die gemessenen Daten bringen soll, vernachlässigt werden.

Beilage 4 enthält das kommentierte Programm 'DIPL' für das Einlesen und Drucken der Daten (Fallrichtung und Fallwinkel von Flächen bzw. Linearen), für den Auszählvorgang in allen Punkten eines Rasters mit dem Linienabstand $r/10$ (Auszählung in der Projektionsebene) und für das Ausdrucken des Dichteplans. Dabei gibt der Zeilenabstand des Druckers (4,2 mm) den Abstand der Rasterlinien und damit die Größe des Netzes (8,4 cm) vor. Gradnetze in Pol- und Äquatorlage (Schmidtsches Netz) in dieser Größe enthält Abb. 4.

Rechenbeispiel 1

Gesucht sei der Dichteplan folgender Meßreihe (Bezeichnung der Meßreihe = Name des Datenfiles: Test 1; Flächen):
 260/25, 085/15, 205/25, 096/84, 240/21, 064/85, 320/89, 314/78, 178/54, 277/85, 138/81, 218/80, 000/00, 090/90 (14 Meßwerte).

Eingabe	Anzeige	Ausdruck
XEQ'DIPL'	DATENEINGABE J:N ¹	
J	NAME ?	
Name des neu anzulegenden Datenfiles, z. B. TEST 1 ²	MESSUNG 1	TEST 1 FLAECHEN
1. Meßwert, z. B. 260.25	MESSUNG 2	260.25

Eingabe	Anzeige	Ausdruck
2. Meßwert, Z. B. 085.15 3 usw.	usw.	85.15 usw.
1 Datenfile kann max. 129 Meßwerte beinhalten Beenden durch Eingabe eines negativen Zahlenwertes (z. B. -1)	NAME ?	14 MESSWERTE
Name des nächsten, neuanzulegenden Datenfiles usw.	usw.	usw.
Soll kein neuer Datenfilename mehr eingegeben werden, Beenden durch Eingabe des ⏪-Zeichens	1 FILENAME	
Name des 1. zu verarbeitenden Datenfiles, z. B. TEST 1 usw.	2 FILENAME usw.	TEST 1 FLAECHE usw.
Es können max. 20 Filenamen eingegeben werden ⁴ Beenden durch Eingabe des ⏪-Zeichens	PRINT ? E : S : G : A ⁵	
E		aktuelles Datum, aktuelle Uhrzeit DICHTEPLAN Namen aller im jeweiligen Dichteplan verarbeiteten Datenfiles TEST 1 FLAECHE Anzahl der im jeweiligen Dichteplan verarbeiteten Meßwerte 14 MESSWERTE Dichteplan in 3 Teilen (Links, Mitte, Rechts) (vollständiger Dichteplan siehe Abb. 5).

- ¹ N Keine Eingabe neuer Daten (Verarbeitung bereits früher eingegebener Daten)
- ² J Eingabe neuer Daten
- ³ Längs der Filenamen: bis zu 7 Zeichen (Buchstaben oder Ziffern). Flächen: letztes Zeichen darf kein „L“ sein; Linearen: letztes Zeichen muß ein „L“ sein
Vor Drücken der Taste R/S kann der zuletzt eingegebene Meßwert durch Ausführung der Funktion 'CORR' korrigiert werden.
- ⁴ In einem Programmdurchlauf können bis zu $20 \times 129 = 2580$ Meßwerte verarbeitet werden. Wird ein Rasterwert (Belegungsnummer) größer als 99, kann dieser Wert nicht mehr vollständig gedruckt werden und es wird eine Warnung ausgedruckt.
- ⁵ E Ausdruck der Dichtepläne der einzelnen Datenfiles, deren Namen vorher eingegeben wurden
S Ausdruck der Dichtepläne nach Verarbeitung eines Datenfiles (d. h. Dichteplan des 1. Datenfiles; Dichteplan des 1. + 2. Datenfiles; Dichteplan des 1. + 2. + 3. Datenfiles usw.)
G Ausdruck des Dichteplanes aller Datenfiles zusammen
A Ausdruck der Dichtepläne sowohl aller einzelnen Datenfiles (E) als auch aller Datenfiles zusammen (G).

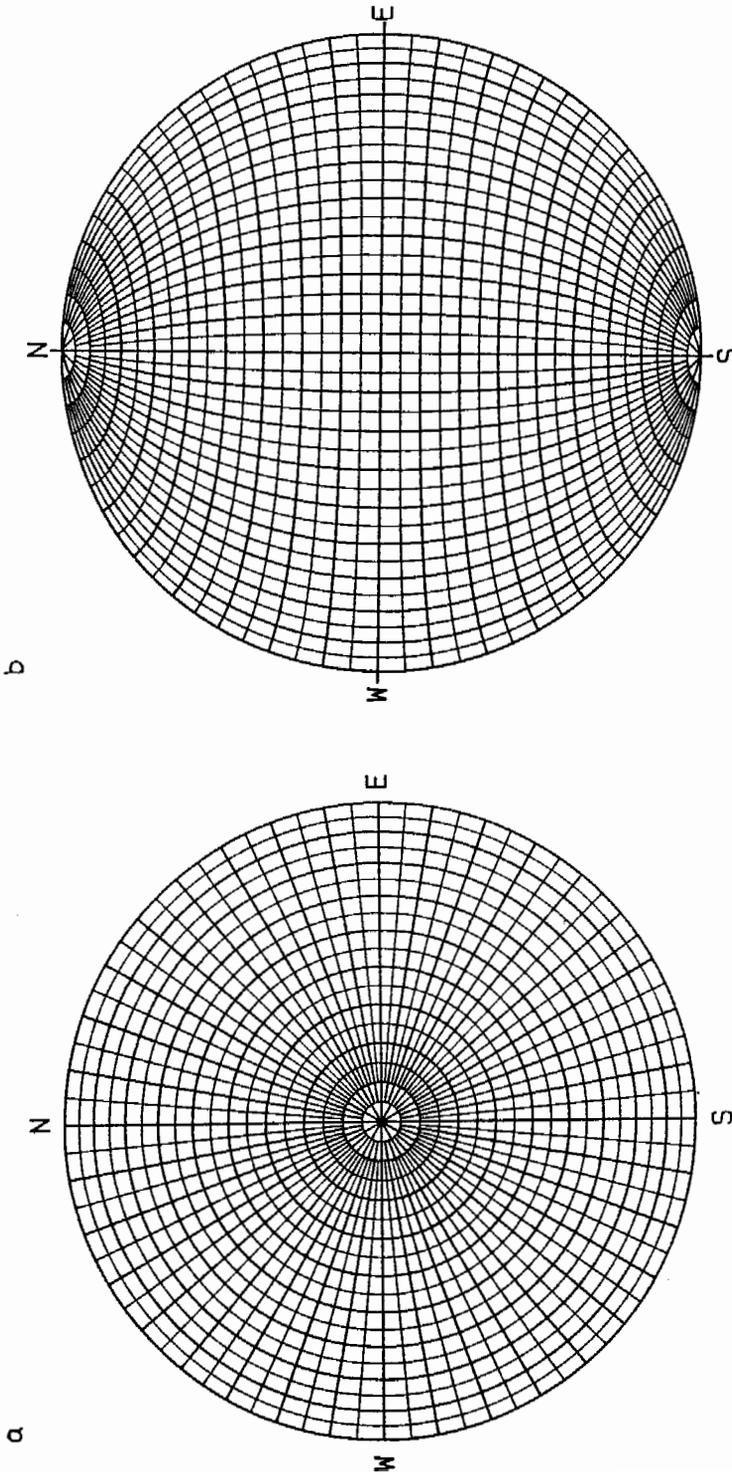


Abb. 4: Flächentreue Projektion einer Halbkugel mit Gradnetz (Computergraphik von W. LANGER).
a: Pollage; b: Äquatorlage (Schmidt'sches Netz).

Koordinaten des Normalvektors einer Ebene

Den Rechnungen ist ein rechtsdrehendes, kartesisches Koordinatensystem x, y, z mit vertikaler, nach oben zeigender z -Achse zugrunde gelegt. Bei der Ermittlung der Projektion eines Einheitsquadrates wurde die x -Achse in das Streichen der Projektionsfläche gelegt, bei der Ermittlung des Blockbildes stimmt die positive y -Achse mit der Nordrichtung überein.

Die Koordinaten des Normaleinheitsvektors einer Ebene, deren Raumstellung durch ψ/α festgehalten wurde, lauten

$$\begin{aligned}n_x &= \sin\alpha \sin\psi \\n_y &= \sin\alpha \cos\psi \\n_z &= \cos\alpha\end{aligned}$$

Die Gleichung der Ebene lautet (Normalvektorform):

$$n_x x + n_y y + n_z z = 0$$

(Ebene geht durch den Ursprung des Koordinatensystems).

Winkel zwischen zwei Vektoren bzw. Projektion eines Vektors auf einen anderen

Für den Winkel zwischen 2 Vektoren bzw. für den Winkel zwischen zwei Ebenen als Winkel zwischen deren Normalvektoren gilt

$$\vec{n}_1 \cdot \vec{n}_2 = |\vec{n}_1| \cdot |\vec{n}_2| \cos\epsilon = n_{1x} n_{2x} + n_{1y} n_{2y} + n_{1z} n_{2z}$$

$$\text{daraus } \epsilon = \arccos \frac{n_{1x} n_{2x} + n_{1y} n_{2y} + n_{1z} n_{2z}}{|\vec{n}_1| |\vec{n}_2|}$$

Der Winkel ϵ wird von den positiven Richtungen der Vektoren eingeschlossen, $|\vec{n}|$ ist die Länge des Vektors \vec{n} .

Für die Abbildung \vec{b}' eines Vektors \vec{b} auf den Einheitsvektor \vec{a} ($|\vec{a}|=1$) gilt

$$\vec{b}' = (\vec{a} \cdot \vec{b}) \vec{a}$$

d.h. bildet man das skalare Produkt eines Vektors (\vec{b}) und eines Einheitsvektors ($|\vec{a}|=1$), erhält man die Länge des auf die Richtung des Einheitsvektors projizierten Vektors \vec{b} (incl. Vorzeichen!).

Schnittgerade zweier Ebenen

Die Schnittgerade zweier Ebenen (\vec{s}) steht normal auf die von deren Normalvektoren aufgespannten Ebene. \vec{s} läßt sich daher mittels des vektoriellen Produktes der beiden Normalvektoren ermitteln (Abb. 6).

$$\begin{aligned}\vec{s} &= \vec{n}_1 \times \vec{n}_2 \\s_x &= n_{1y} n_{2z} - n_{1z} n_{2y} \\s_y &= n_{1z} n_{2x} - n_{1x} n_{2z} \\s_z &= n_{1x} n_{2y} - n_{1y} n_{2x}\end{aligned}$$

Normalprojektion eines Punktes im Raum in eine Bildebene

Für die Ermittlung der (Raum-)Koordinaten des in eine Zeichenebene projizierten Punktes wird der Differenzvektor des Ortsvektors des abzubildenden Punktes (\vec{p}) und des auf die Sehstrahlrichtung abgebildeten Ortsvektors ($\vec{n} \cdot \vec{p}$) \vec{n} errechnet (Abb. 7).

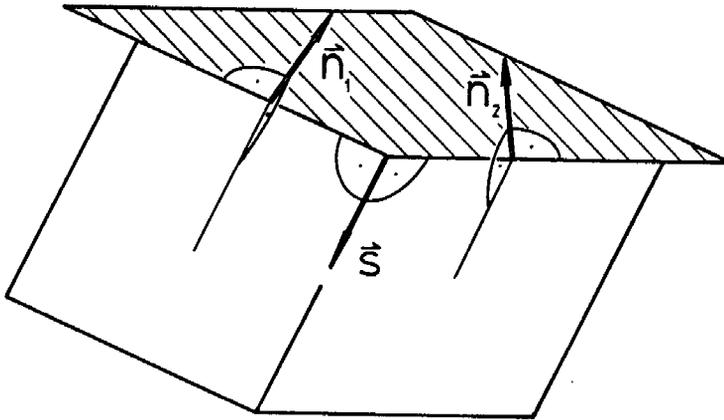


Abb. 6:
Schnittgerade zweier Ebenen.

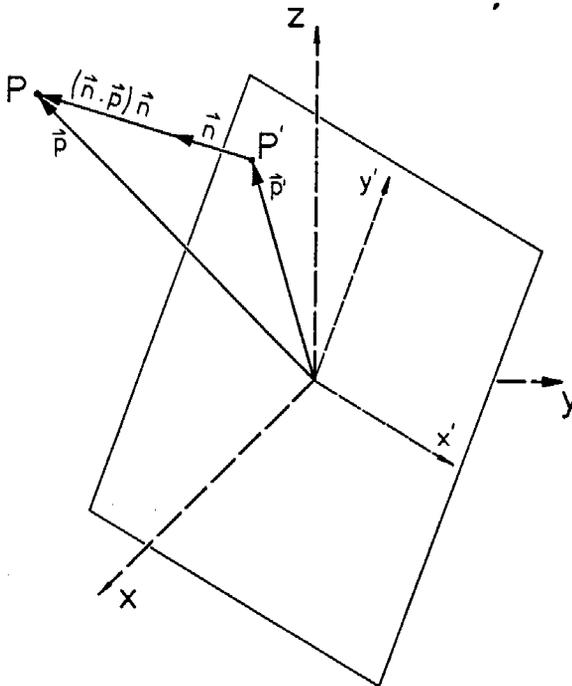


Abb. 7:
Normalprojektion eines Punktes im Raum in eine Bildebene
 \vec{p} Ortsvektor des abzubildenden Punktes P
 \vec{n} Normalvektor der Bildebene
 \vec{p}' , Ortsvektor des abgebildeten Punktes P'

$$\begin{aligned} \vec{p}' &= \vec{p} - (\vec{n} \cdot \vec{p}) \vec{n} \\ p'_x &= p_x - n_x (n_x p_x + n_y p_y + n_z p_z) \\ p'_y &= p_y - n_y (n_x p_x + n_y p_y + n_z p_z) \\ p'_z &= p_z - n_z (n_x p_x + n_y p_y + n_z p_z) \end{aligned}$$

Anschließend werden die Koordinaten des abgebildeten Punktes in der Zeichenebene durch Projektion des Ortsvektors dieses Punktes auf die in der Zeichenebene liegenden Koordinatenachsen (x' , y') bestimmt.

Durchstoßpunkt einer Geraden durch eine Ebene

Für die Darstellung der Gefügeflächen im Blockbild (Würfel) werden die Durchstoßpunkte der Würfelkanten durch die darzustellenden Ebenen errechnet. Der Würfelmittelpunkt liegt im Koordinatenursprung, die Würfelkanten sind parallel zu den Koordinatenachsen und die Kantenlänge beträgt zwei Längeneinheiten. Als Beispiel wird die Ermittlung der Raumkoordinaten des Durchstoßpunktes einer vertikalen Würfelkante (parallel zur z-Achse, x-Koordinate = +1, y-Koordinate = +1) gezeigt.

$$\text{Ebenengleichung} \quad n_x x + n_y y + n_z z = 0$$

Einsetzen der Koordinaten der Würfelkanten führt zu

$$n_x + n_y + n_z z = 0$$

Die z-Koordinate des Durchstoßpunktes ergibt sich daher zu

$$z = - \frac{n_x + n_y}{n_z}$$

$$(x = +1, y = +1)$$

In ähnlicher Weise werden die Koordinaten der Durchstoßpunkte aller anderen Würfelkanten errechnet.

3.1. Darstellung von Gefügeflächen mittels Einheitsquadraten

Nach Bestimmung der Koordinaten der Normalvektoren der Projektionsfläche sowie der darzustellenden Ebene wird der Cosinus des Winkels zwischen beiden Ebenen und damit das Breiten-Längen-Verhältnis des „Müllerfähnchens“ sowie der Winkel zwischen der Schnittgeraden beider Ebenen (Grundgerade) und einer, in der Projektionsebene liegenden, horizontalen Bezugsgeraden ermittelt.

Beilage 5 enthält das kommentierte Programm 'QUADRAT', das aus der Raumstellung der Projektionsebene sowie der Gefügefläche den Grundgeradenwinkel und die Fähnchenbreite in Abhängigkeit von der gewünschten Fähnchenlänge bestimmt und ausdrückt.

Rechenbeispiel 2

Gesucht seien die „Müllerfähnchen“ der Schichtfläche 250/70 sowie der Klufflächen 000/85 und 130/50 in der Zeichenebene 180/90 (z. B. Baugrubenwand; Blick von S nach N).

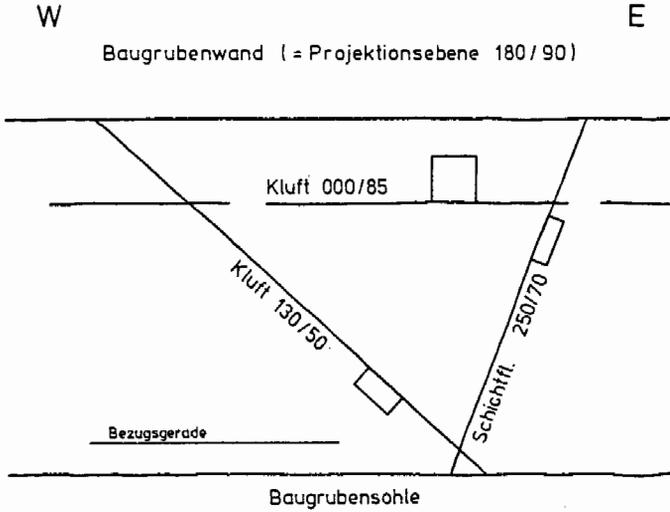


Abb. 8: Darstellung von Gefügeflächen mittels Einheitsquadraten (Rechenbeispiel 2)

Eingabe	Anzeige	Ausdruck
XEQ'QUADRAT'		aktuelles Datum, aktuelle Uhrzeit MUELLERFAEHNCHEN
Bezeichnung; z. B. X-DORF	ORT ?	X-DORF
Fallrichtung und Fallwinkel der Projektionsebene; z.B. 180.90	PROJ.EBENE ?	PROJEKTIONSEBENE 180.90
N	UNTERSICHT J:N ¹	
gewünschte Fähnchenlänge in beliebigen Dimensionen, z.B. 1.0	LAENGE D. F. ?	Faehnchenlaenge 1.00
Fallrichtung und Fallwinkel der Gefügefläche, z. B. 130.50	GEFUEGEFL. ?	GEFUEGEFLAECHE 130.50 Grundgeradenwinkel 138° ² Faehnchenbreite -0.49 ³
250.70	GEFUEGEFL. ?	GEFUEGEFLAECHE 250.70 Grundgeradenwinkel -111° Faehnchenbreite -0.32
000.85	GEFUEGEFL. ?	GEFUEGEFLAECHE 0.85 Grundgeradenwinkel 180° Faehnchenbreite 1.00

¹ J Projektionsebene in Untersicht (Blick von unten hinauf)

N Projektionsebene in Draufsicht (Normalvektor nach oben zeigt zum Beschauer)

² Grundgeradenwinkel ≥ 0 : Gegenuhrzeigersinn; Grundgeradenwinkel ≤ 0 : Uhrzeigersinn

³ Fähnchenbreite ≥ 0 : Fähnchen zeigt nach oben; Fähnchenbreite ≤ 0 : Fähnchen zeigt nach unten.

3.2. Darstellung von Flächengefügen als Blockbilder

Nach der Bestimmung der Koordinaten des Normalvektors der Projektionsebene (normal auf die Sehstrahlrichtung) sowie der Einheitsvektoren in den Zeichenkoordinatenachsen x' und y' werden die Zeichenkoordinaten der Einheitsvektoren x , y , z ermittelt. Anschließend werden die Zeichenkoordinaten der Würfeckpunkte und der Durchstoßpunkte der Würfelkanten durch die darzustellenden Gefügeflächen errechnet. Fragen der Sichtbarkeit werden von diesem einfachen Programm nicht behandelt. Diese müssen bei der zeichnerischen Darstellung über die Anschauung gelöst werden. Deshalb werden abschließend noch die Winkel zwischen den Schnittgeraden der darzustellenden Ebenen und der in der Zeichenebene liegenden, horizontalen x' -Achse bestimmt. Alle Zeichenkoordinaten werden unter Berücksichtigung einer gewünschten Bildgröße errechnet.

Beilage 6 enthält das kommentierte Programm 'WUERFEL' für das Einlesen der gewünschten Blickrichtung und Bildgröße sowie der darzustellenden Gefügeflächen und für die Ermittlung und das Ausdrucken der Größen für das Blockbild.

Rechenbeispiel 3

Gesucht sei das Blockbild der Schichtfläche 250/70 sowie der Kluftflächen 000/85 und 130/50. Die Blickrichtung sei 020/35, die gewünschte Bildgröße 6 cm.

Eingabe	Anzeige	Ausdruck
XEQ'WUERFEL'		aktuelles Datum, aktuelle Uhrzeit WUERFEL
Bezeichnung, z. B. X-DORF	ORT ?	X-DORF
020.35	BLICKRICHTUNG ?	BLICKRICHTUNG 20.35
130.50	FLAECHE 1	FLAECHE 1 130.50
250.70	FLAECHE 2	FLAECHE 2 250.70
000.85	FLAECHE 3	FLAECHE 3 0.85
Beenden der Eingabe von darzustellenden Flächen durch Eingabe von einem Wert kleiner 0 -1	FLAECHE 4	
gewünschte Bildgröße in cm; z. B. 6	BILDGROESSE	BILDGROESSE 6.0 cm

Eingabe	Anzeige	Ausdruck
		KOORDINATEN IN DER ZEICHENEBENE x' / y'
		EINHEITSVEKTOREN ¹
		X-ACHSE 1.8 / 0.4
		Y-ACHSE = NORD -0.7 / 1.0
		Z-ACHSE 0.0 / 1.6
		WUERFELECKPUNKTE ²
		EBENE Z = - 1
		1 / 1 / 1 1.2 / 3.0
		- 1 / 1 / 1 - 2.5 / 2.2
		- 1 / - 1 / 1 - 1.2 / 0.2
		1 / - 1 / 1 2.5 / 0.9
		EBENE Z = 1
		1 / 1 / - 1 1.2 / - 0.2
		- 1 / 1 / - 1 - 2.5 / - 0.9
		- 1 / - 1 / - 1 - 1.2 / - 3.0
		1 / - 1 / - 1 2.5 / - 2.2
		FLAECHE 1 130.50 ³
		X / - 1 / - 1 1.1 / - 2.5
		X / 1 / 1 - 1.1 / 2.5
		- 1 / Y / 1 - 1.9 / 1.3
		1 / Y / - 1 1.9 / - 1.3
		- 1 / - 1 / Z - 1.2 / - 1.2
		1 / 1 / Z 1.2 / 1.2
		FLAECHE 2 250.70
		X / - 1 / 1 2.0 / 0.8
		X / 1 / - 1 - 2.0 / - 0.8
		X / - 1 / - 1 0.6 / - 2.6
		X / 1 / 1 - 0.6 / 2.6
		FLAECHE 3 0.85
		FLAECHE X-PARALLEL
		- 1 / Y / 1 - 1.8 / 1.1
		1 / Y / - 1 1.8 / - 1.1
		- 1 / Y / - 1 - 1.9 / - 1.9
		1 / Y / 1 1.9 / 1.9
		WINKEL ZUR X'-ACHSE ⁴
		SCHNITTGERADE GRAD
		130.50 - 250.70 - 72
		130.50 - 0.85 153
		250.70 - 0.85 - 116

¹ Die Koordinaten der Einheitsvektoren geben die Richtungen der Koordinatenachsen und damit der Würfelkanten sowie der Nordrichtung in der Projektion an.

² 1 / 1 / 1 bezeichnet den Würfelckpunkt mit den Raumkoordinaten $x = 1, y = 1, z = 1$.

³ $x / - 1 / - 1$ bezeichnet den Durchstoßpunkt jener Würfelkante, die zur x-Achse parallel ist und deren y- und z-Koordinate - 1 beträgt, durch die jeweilige Fläche

⁴ Winkel zwischen der x' -Achse und der Schnittgeraden ≈ 0 : Gegenurzeigersinn
Winkel zwischen der x' -Achse und der Schnittgeraden ≈ 0 : Uhrzeigersinn.

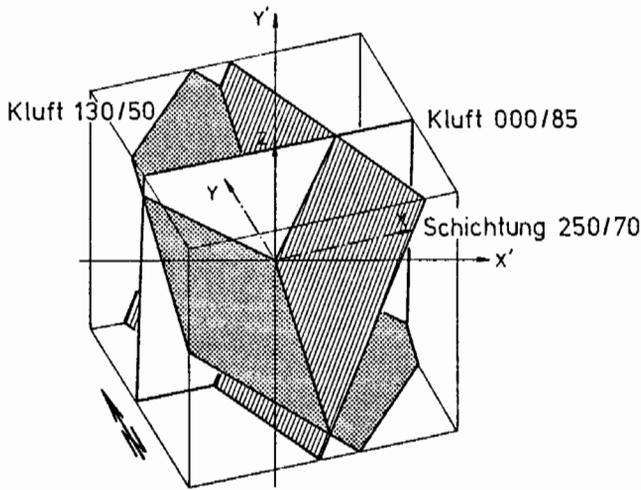


Abb. 9:
Darstellung von Ge-
fügeflächen im
Blockbild (Rechen-
beispiel 3).

4. Literatur

- HOEK, E., BROWN, E. T.: *Underground Excavations in Rock*. – Institution of Mining and Metallurgy, London 1980.
- HÖNIG, H.: Neigungswinkel der Schnittlinien flächiger Gefügeelemente mit der Baugrubenwand als Bildebene in allgemeiner Lage. – *Felsbau*, 1, 14–16, 1983.
- KOHLBECK, F., SCHEIDEGGER, A. E.: On the Theory of the Evaluation of Joint Orientation Measurements. – *Rock Mechanics*, 9, 9–25, 1977.
- MÜLLER, L.: Die Darstellung geologischer Flächen in Bauplänen. – *Geologie und Bauwesen*, 20, 6–10, 1953.
- *Der Felsbau*. 1. Band. – Stuttgart (Enke), 1963.
- SCHMIDT, W.: Gefügestatistik. – *Tschermaks min. u. petrogr. Mitt.*, 38, 392–423, 1925.

Manuskript eingegangen am 5. Mai 1986
angenommen am 26. Mai 1986

PROGRAMM 'DIPL'

ermittelt Dichtepläne von Gefügediagrammen

<p>2-1, 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185</p>	<p>186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236 237 238 239 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250 251 252 253 254 255 256 257 258 259 260 261 262 263 264 265 266 267 268 269 270 271 272 273 274 275 276 277 278 279 280 281 282 283 284 285 286 287 288 289 290 291 292 293 294 295 296 297 298 299 300 301 302 303 304 305 306 307 308 309 310 311 312 313 314 315 316 317 318 319 320 321 322 323 324 325 326 327 328 329 330 331 332 333 334 335 336 337 338 339 340 341 342 343 344 345 346 347 348 349 350 351 352 353 354 355 356 357 358 359 360 361 362 363 364 365 366 367 368 369 370 371 372 373 374 375 376 377 378 379 380 381 382 383 384</p>	<p>385 386 387 388 389 390 391 392 393 394 395 396 397 398 399 400 401 402 403 404 405 406 407 408 409 410 411 412 413 414 415 416 417 418 419 420 421 422 423 424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457 458 459 460 461 462 463 464 465 466 467 468 469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 479 480 481 482 483 484 485 486 487 488 489 490 491 492 493 494 495 496 497 498 499 500 501 502 503 504 505 506 507 508 509 510 511 512 513 514 515 516 517 518 519 520 521 522 523 524 525 526 527 528 529 530 531 532 533 534 535 536 537 538 539 540 541 542 543 544 545 546 547 548 549 550 551 552 553 554 555 556 557 558 559 560 561 562 563 564 565 566 567 568 569 570 571 572 573 574 575 576 577 578 579 580 581 582 583 584 585 586 587 588 589 590 591 592 593 594 595 596 597 598 599 600 601 602 603 604 605 606 607 608 609 610 611 612 613 614 615 616 617 618 619 620 621 622 623 624 625 626 627 628 629 630 631 632 633 634 635 636 637 638 639 640 641 642 643 644 645 646 647 648 649 650 651 652 653 654 655 656 657 658 659 660 661 662 663 664 665 666 667 668 669 670 671 672 673 674 675 676 677 678 679 680 681 682 683 684 685 686 687 688 689 690 691 692 693 694 695 696 697 698 699 700 701 702 703 704 705 706 707 708 709 710 711 712 713 714 715 716 717 718 719 720 721 722 723 724 725 726 727 728 729 730 731 732 733 734 735 736 737 738 739 740 741 742 743 744 745 746 747 748 749 750 751 752 753 754 755 756 757 758 759 760 761 762 763 764 765</p>	<p>766 767 768 769 770 771 772 773 774 775 776 777 778 779 780 781 782 783 784 785 786 787 788 789 790 791 792 793 794 795 796 797 798 799 800 801 802 803 804 805 806 807 808 809 810 811 812 813 814 815 816 817 818 819 820 821 822 823 824 825 826 827 828 829 830 831 832 833 834 835 836 837 838 839 840 841 842 843 844 845 846 847 848 849 850 851 852 853 854 855 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885 886 887 888 889 890 891 892 893 894 895 896 897 898 899 900 901 902 903 904 905 906 907 908 909 910 911 912 913 914 915 916 917 918 919 920 921 922 923 924 925 926 927 928 929 930 931 932 933 934 935 936 937 938 939 940 941 942 943 944 945 946 947 948 949 950 951 952 953 954 955 956 957 958 959 960 961 962 963 964 965 966 967 968 969 970 971 972 973 974 975 976 977 978 979 980 981 982 983 984 985 986 987 988 989 990 991 992 993 994 995 996 997 998 999 1000</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Eingabe Titelnamen

Verarbeitung der einzelnen Meßwerte

wann Ausdruck?

außerhalb des Dichteplanes?

Belegdichte um 1 erhöhen

File mit Flächen oder mit Linearen?

Ausdruck inner Teil

Ausdruck mittlerer Teil

Aus

PROGRAMM 'QUADRAT'

ermittelt Größen zur Darstellung von Gefügeflächen mittels Einheitsquadraten

<p>81*LBL "QUADRAT" 82*LBL "QU" 83 DEG 84 CF 00 85 CF 01 86 CF 02 87 15 88 PSIZE 89 CLPG 10 "": 11 ADV 12 FIX 4 13 DATE 14 "BATTUM": 15 ABATE 16 ACA 17 FMT 18 FIX 2 19 TIME 20 ACX 21 ADV 22 ADV 23 "MUELLER-" 24 SF 12 25 ACA 26 PRUF 27 "FAEHNCHEN" 28 ACA 29 ADV 30 ADV 31 CF 12 32 "ORT ?" 33 ADV 34 PROMPT 35 OFF 36 FMT 37 ACA 38 ADV 39 ADV 40 "PROJ. EBENE ?" 41 PROMPT 42 STO 06 43 "PROJEKTIONS" 44 ACA 45 CLA 46 "EBENE" 47 ACA 48 FMT 49 ACX 50 ADV 51 "UNTERSICHT IN" 52 PMTX 53 I 54 - 55 X)0? 56 CTO 01 57 PRA 58 SF 02</p>	<p>59*LBL 01 60 "LAENGE D. F. ?" 61 PROMPT 62 STO 09 63 "Faehnchenlaenge" 64 ACA 65 FMT 66 ACX 67 ADV 68 ADV 69 ADV 70 ADV 71 ADV 72 RCL 05 73 FRC 74 100 75 * 76 STO 07 77 RCL 06 78 INT 79 STO 06 80*LBL A 81 "GEFUEGEFL. ?" 82 PROMPT 83 CLA- 84 ABSP 85 ABSP 86 ACA 87 "RECHE" 88 ACA 89 FMT 90 ACX 91 ADV 92 STO 00 93 FRC 94 100 95 * 96 RCL 00 97 INT 98 RCL 06 99 - 100 X<)Y 101 I 102 P-P 103 STO 04 104 ADV 105 P-R 106 STO 03 107 ADV 108 STO 02 109 RCL 07 110 I 111 P-R 112 STO 01 113 ADV 114 STO 00 115 * 116 X)0? 117 SF 01 118 X)2 119 STO 05 120 RCL 01 121 RCL 02 122 * 123 X)2 124 ST+ 05 125 RCL 03 126 RCL 01 127 * 128 RCL 04 129 RCL 00 130 * 131 - 132 X)0? 133 SF 00 134 X)2 135 ST+ 05</p>	<p>136 LASTX 137 RCL 05 138 SWPT 139 / 140 ACOS 141 FSPC 01 142 CHS 143 FS? 02 144 CHS 145 "Grundgeraden" 146 ACA 147 "winkel" 148 ACA 149 FMT 150 FIX 0 151 ACX 152 3 153 SKPCOL 154 7 155 ACCOL 156 5 157 ACCOL 158 7 159 ACCOL 160 ADV 161 RCL 00 162 RCL 03 163 * 164 RCL 01 165 RCL 04 166 * 167 + 168 RCL 09 169 * 170 FSPC 00 171 CHS 172 FS? 02 173 CHS 174 "Faehnchenbreite" 175 ACA 176 FMT 177 FIX 2 178 ACX 179 ADV 180 ADV 181 ADV 182 CTO 0 183 .END.</p>		
	<p>Eingabe Fähnchenlänge</p>	<p>Eingabe Gefügefläche</p>	<p>Eingabe Normalv. Normalvektor Proj. ebene</p>	<p>Grundgeradenwinkel</p>
<p>Eingabe Projektionsebene</p>	<p>Vorzeichen Grundgeradenwinkel</p>	<p>151</p>	<p>Fähnchenbreite</p>	

