

## Zur Krystallophotogrammetrie.

Exacte bildliche Darstellung, Hilfstabellen, Instrumente und Modelle.

Von

**Max Schwarzmann** in Karlsruhe i. B.

Mit Taf. III und 1 Textfigur.

---

### 1. Das Photogramm als exacte bildliche Darstellung.

In meiner letzten Arbeit (dies. Jahrb. 1900. II. 1—38) habe ich die Krystallophotogrammetrie in erster Linie als Hilfsmittel für die Krystallmessung hingestellt. An dieser Stelle will ich den unmittelbaren Vortheil des Photogramms als exacte bildliche Darstellung der Reflexgruppe hervorheben.

Das Photogramm giebt uns ein naturgetreues Bild der Reflexe mit allen ihren Einzelheiten, Eigenthümlichkeiten und Besonderheiten, die bei der üblichen Krystallmessung leider oft verschwinden. Diese läuft in dem Bestreben die Krystallbegrenzung durch lauter Ebenen auszudrücken, Gefahr, manche Eigenthümlichkeiten und Feinheiten ausser Acht zu lassen, welche ihrer Natur nach sich nicht in Parametern darstellen lassen, dennoch aber eine exacte Wiedergabe verlangen. Hier tritt das Photogramm in sein Recht, da es die beschreibende Eigenschaft des Bildes mit der Exactheit der Messung vereint.

Einmal zum Zweck einer Messung aufgenommene Photogramme haben (die nöthigen unzweideutigen Angaben und Etikettirungen vorausgesetzt) bleibenden Werth und können für spätere Untersuchungen, die von einem anderen Standpunkt ausgehen, von grösstem Nutzen sein, da sie alles in

objectivster Form wiedergeben. Selbst eine gewissenhafte Handskizze (z. B. eines Reflexzuges) könnte dagegen vielleicht gerade das für ihren bestimmten Zweck nicht Nöthige ausser Acht lassen, was einem spätern von anderem Standpunkt ausgehenden und andere Zwecke verfolgenden Forscher von Wichtigkeit wäre.

Nimmt man einen Flächencomplex an mehreren symmetrisch gleichen Stellen auf, so wird eine Vergleichung der Photogramme zeigen, dass gewisse Reflexpunkte auf allen Photogrammen wiederkehren, andere nur auf diesem und jenem vorhanden sind. Die ersteren verdanken ihre Entstehung sicher einer bestimmten Gesetzmässigkeit, die letzteren können möglicherweise eine nur zufällige Lage haben. Der Vergleich der symmetrisch gleichen Reflexe kann leicht durch einfaches Aufeinanderlegen der Platten bewirkt werden. Durch Copiren der orientirt aufeinandergelegten Negative in parallelem Licht kann man ein Gesamtbild des Flächencomplexes bekommen.

Wegen der Einfachheit der Beziehungen und der Anschaulichkeit eignet sich hierfür die Parallelstrahlenmethode in  $0^{\circ}$ -Stellung, d. i. die Methode II der genannten Arbeit, vor allen anderen, und sie verdient schon aus diesem Grunde trotz der complicirteren Anordnung entschieden den Vorzug. Aber auch für die Messung eignet sich Methode II besonders gut und es war möglich, die in obiger Arbeit angedeutete Tabelle für diese Methode auf ganz kleinem Raume zu geben.

## 2. Tabellen zur Ermittlung von $\psi$ und $\varphi$ bei der $0^{\circ}$ -Stellung.

Die Festlegung eines Punktes in Winkelkoordinaten entsprechend der geographischen Länge und Breite kann bei der  $0^{\circ}$ -Stellung einmal so vorgenommen werden, dass eine durch den Nullpunkt der Platte gehende Gerade als Nullmeridian, der Nullpunkt selbst als Pol angenommen wird. Es können dann die Längen direct der Platte entnommen werden und die Breiten  $\varrho$  vom Pol aus gemessen ergeben sich aus der Beziehung

$$\operatorname{tg} 2\varrho = r,$$

wobei  $r$  die der Platte zu entnehmende Entfernung des Reflexpunktes vom Nullpunkt der Platte bedeutet und zwar ausgedrückt in Einheiten der Distanz.

In anderen Fällen wird es von grösserem Vortheil sein, eine beliebige durch den Mittelpunkt der Platte gehende Gerade als Aequator aufzufassen. Diese nehmen wir als  $x$ -Axe an und senkrecht zu ihr durch den Mittelpunkt gehend die  $z$ -Axe<sup>1</sup>.

Die nachfolgenden Tabellen haben nun den Zweck, die Länge  $\psi$  (vom Nullpunkt aus) und die Breite  $\varphi$  (vom Aequator aus gemessen) aus den Coordinaten  $x$  und  $z$  ohne umständliche Rechnung zu finden.

Damit die Tabelle für jedes Objectiv gleich brauchbar ist, war es nöthig, die Distanz als Längeneinheit zu Grunde zu legen. Für jedes Instrument wird also zweckmässig ein besonderer Transversalmaassstab<sup>2</sup> angefertigt, so dass man direct die  $x$  und  $z$  in den Einheiten der Tabelle ausgedrückt erhält.

Tabelle I hat doppelten Eingang (nach  $x$  und  $z$ ) und liefert für jedes gegebene Werthepaar  $x, z$  eine Grösse  $\delta_x$ , welche von  $x$  abgezogen  $x'$  gebe. In gleicher Weise enthält Tabelle II für jedes  $z$  eines gegebenen Coordinatenpaares  $x, z$  eine Grösse  $\delta_z$ , welche von  $z$  abgezogen  $z'$  giebt. Es sind nun  $x'$  und  $z'$  so beschaffen, dass wenn man mit ihnen in Tabelle III eingeht, diese für  $x'$  den zugehörigen Winkel  $\psi$  und für  $z'$  das entsprechende  $\varphi$  liefert.

Das Princip der Tabelle wurde schon in der genannten Arbeit angedeutet und möge durch nebenstehende Figur noch deutlicher veranschaulicht werden. Der Punkt  $P$  mit

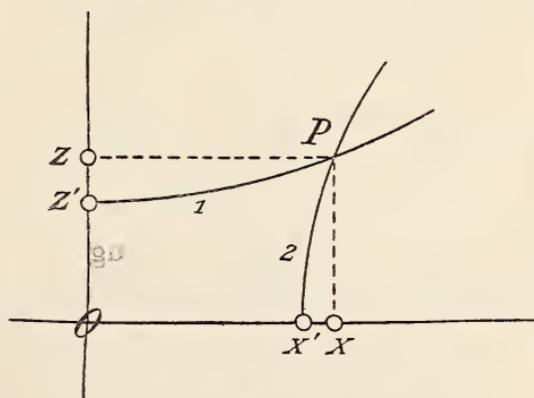


Fig. 1.

den Coordinaten  $x$  und  $z$  liegt sowohl auf einer Curve der Schaar 1 wie auf einer der Schaar 2, welche beziehungsweise

<sup>1</sup> In Übereinstimmung mit der genannten Arbeit wurde der Buchstabe  $z$  statt  $y$  gewählt; die  $x$ -Axe braucht bei dieser Betrachtung keineswegs horizontal oder einem Plattenrand parallel zu sein.

<sup>2</sup> Die Besorgung dieses Maassstabes übernimmt der die Instrumente anfertigende Mechaniker WILHELM SCHMIDT, Giessen.

1. Tabelle der von x abzuziehenden Grössen  $\delta_x$  in Einheiten der Distanz ( $0^\circ$ -Stellung).  $X - \delta_x = X'$ .

z	x = 0,05	x = 0,10	x = 0,15	x = 0,20	x = 0,25	x = 0,30	x = 0,35	x = 0,40	x = 0,45	x = 0,50
0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,04	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2
0,06	0	0	1	2	2	3	3	3	4	4
0,08	1	2	2	3	4	5	5	6	7	8
0,10	0,0001	0,0002	0,0004	0,0005	0,0006	0,0007	0,0008	0,0010	0,0011	0,0012
0,12	2	4	5	7	9	10	12	14	15	17
0,14	2	5	7	10	12	14	16	19	21	23
0,16	3	6	9	12	16	18	21	24	27	30
0,18	4	8	12	16	20	23	27	31	34	38
0,20	0,0005	0,0010	0,0015	0,0019	0,0024	0,0029	0,0033	0,0038	0,0042	0,0046
0,22	6	12	18	23	29	35	40	46	51	56
0,24	7	14	21	28	34	41	48	54	60	66
0,26	8	16	24	32	40	48	56	63	70	77
0,28	9	19	28	37	46	55	64	73	81	89
0,30	0,0011	0,0021	0,0032	0,0043	0,0053	0,0063	0,0073	0,0083	0,0093	0,0102
0,32	12	24	36	48	60	72	83	94	105	116
0,34	14	27	41	54	67	80	93	106	118	130
0,36	15	30	45	60	75	89	104	118	131	145
0,38	17	34	50	67	83	99	115	130	145	160
0,40	0,0019	0,0037	0,0055	0,0073	0,0091	0,0109	0,0127	0,0144	0,0160	0,0176
0,42	20	40	61	80	100	119	139	157	175	193
0,44	22	44	66	88	109	130	151	171	191	211
0,46	24	48	72	95	118	141	164	186	207	228
0,48	26	52	77	103	128	153	177	201	224	247
0,50	0,0028	0,0056	0,0083	0,0111	0,0138	0,0164	0,0190	0,0216	0,0241	0,0266

II. Tabelle der von z abzuziehenden Grössen  $\delta_z$  in Einheiten der Distanz ( $0^\circ$ -Stellung).  $z - \delta_z = z'$ .

z	z = 0,05	z = 0,10	z = 0,15	z = 0,20	z = 0,25	z = 0,30	z = 0,35	z = 0,40	z = 0,45	z = 0,50
0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,02	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
0,04	0	1	1	1	1	2	2	2	3	3
0,06	1	1	2	3	3	4	5	5	6	7
0,08	1	2	4	5	6	7	8	9	11	12
0,10	0,0002	0,0004	0,0006	0,0007	0,0009	0,0011	0,0013	0,0015	0,0016	0,0018
0,12	3	5	8	11	13	16	18	21	23	26
0,14	4	7	11	14	18	21	25	28	32	35
0,16	5	9	14	19	23	28	32	37	41	45
0,18	6	12	18	24	29	35	41	46	52	57
0,20	0,0007	0,0015	0,0022	0,0029	0,0036	0,0043	0,0050	0,0057	0,0064	0,0070
0,22	9	18	26	35	44	52	60	69	77	85
0,24	10	21	31	41	52	62	72	81	91	100
0,26	12	24	36	48	60	72	83	95	106	117
0,28	14	28	42	56	69	83	96	109	122	135
0,30	0,0016	0,0032	0,0048	0,0063	0,0079	0,0094	0,0110	0,0125	0,0139	0,0154
0,32	18	36	54	72	89	107	124	141	157	174
0,34	20	40	60	80	100	120	139	158	176	195
0,36	22	45	67	89	111	133	154	176	196	217
0,38	25	49	74	99	123	147	170	194	217	240
0,40	0,0027	0,0054	0,0081	0,0108	0,0135	0,0161	0,0187	0,0213	0,0239	0,0264
0,42	30	59	89	118	147	176	205	233	261	288
0,44	32	65	97	129	160	192	223	253	284	313
0,46	35	70	105	139	173	207	241	274	307	339
0,48	38	75	113	150	187	224	260	296	331	366
0,50	0,0040	0,0081	0,0121	0,0161	0,0201	0,0240	0,0279	0,0318	0,0356	0,0393

den Breiten- und Längenkreisen entsprechen. Alle Punkte der durch  $P$  gehenden Curve 2 haben gleiches  $\psi$ . Bezeichnen wir den Abschnitt der Curve 2 auf der  $x$ -Axe mit  $x'$ , so ergibt sich  $\psi$  aus der Relation

$$\operatorname{tg} 2\psi = x'.$$

Die Grösse  $x'$  ist von  $x$  nur wenig unterschieden. Nebenstehende Figur ist der Deutlichkeit halber mit übertriebener Krümmung der Curve gezeichnet. Die Differenz  $x - x'$ , welche mit  $\delta_x$  bezeichnet wurde, ist deshalb eine kleine Grösse und es sind die zu benachbarten Werthe paaren  $x$ ,  $z$  gehörigen  $\delta_x$  nur wenig verschieden. Diese Eigenschaft ermöglicht die Handlichkeit der Tabelle sehr. Sie enthält nur kleine Zahlen und erfordert trotz grosser Intervalle der Argumente  $x$  und  $z$  nur kleine Interpolationen für  $\delta_x$ .

Bei constantem  $x$  schreiten die  $\delta_x$  sofern nur vier Decimalen in Frage kommen und innerhalb des Rahmens der Tabelle bei gleichmässiger Änderung des  $x$  ziemlich in arithmetischer Reihe 1. Ordnung weiter, so dass fast für die ganze Tabelle die Differenzen bis auf eine Einheit der vierten Decimale genau durch die unter  $x = 0,05$  stehende Zahl der gleichen Horizontalreihe gegeben wird. Dies ist beim Gebrauch der Tabelle mit Vortheil zu beachten.

Bei constantem  $x$  schreiten bei gleichmässiger Änderung der  $z$ -Coordinate die  $\delta_x$  innerhalb gewisser Grenzen nach einer arithmetischen Reihe 2. Ordnung weiter. Es wurde deshalb nach der Richtung der  $z$ -Coordinate die Tabelle so engmaschig ausgeführt, dass beim Interpoliren die zweiten Differenzen nicht berücksichtigt zu werden brauchen.

Die Tabelle II giebt die von  $z$  abzuziehende Grösse  $\delta_z$  und ist ganz analog eingerichtet, so dass hier das Gleiche wie bei Tabelle I unter Vertauschung von  $x$  und  $z$  nochmals zu beachten ist.

Von Tabelle I und II wurde eine hinreichende Anzahl von Werthen nach den Formeln (II'), (III') und (IV') (genannte Arbeit S. 27) fünfstellig (z. Th. auch genauer) berechnet, um hieraus die in der Tabelle angegebenen Werthe durch Interpolation unter Berücksichtigung der zweiten und z. Th. auch der dritten Differenzen zu ermitteln.

$2\psi$  und  $2\varphi$  und mithin  $\psi$  und  $\varphi$  kann man jetzt leicht aus der Logarithmentafel finden.

Zur handlichen Rechnung werden den Instrumenten die Tabellen I und II dieser Arbeit nebst zugehörigen Interpolationstabeln, sowie eine dritte Tabelle, welche zu  $x'$  bezw.  $z'$  sogleich  $\psi$  bezw.  $\varphi$  liefert, beigegeben.

### 3. Instrumente und Modelle.

(Vergl. Taf. III.)

Zur Ausführung der krystallophotogrammetrischen Messungen wurden nach meinen Angaben von Herrn Mechaniker W. SCHMIDT zu Giessen die auf Taf. III Fig. 1—3 gezeichneten Instrumente ausgeführt.

Die photographische Camera<sup>1</sup> auf ihrem Stativ ist auf Fig. 1 a (Maassstab 1 : 7) von der Seite und auf Fig. 1 b (1 : 7) von unten gesehen dargestellt. Das Stativ befindet sich auf drei Nivellirschrauben und je nach dem verfügbaren Raum kann die Camera so eingesetzt werden, dass die Seite mit zwei oder mit einer Nivellirschraube dem Goniometer zugewandt ist. Die Böden sind auf der Tafel mit den Ziffern *I* bis *IV* bezeichnet und durch Schraffirung von einander unterschieden.

Es verschieben sich:

- bei Parallelverschiebung senkrecht zur Cameraaxe *II* auf *I*, zum Feststellen dient die Flügelmutter *A* (Fig. 1 b);
- bei Drehung um die Verticalaxe *III* auf *II*, zum Feststellen dienen die Flügelmutter *B* (Fig. 1 b);
- bei Parallelverschiebung parallel der Cameraaxe *IV* auf *III*, zum Feststellen dient die Schraube *C* (Fig. 1 a).

Der Boden *IV* ist besonders massiv, um der Camera eine unveränderte Lage beim Einlegen der Casette zu sichern. Das Stativ ist ganz aus Eisen, die auf *IV* aufgeschraubte Camera aus Holz. Der Verschluss der Camera geschieht hinter dem Objectiv durch den Schieber *V*.

Zum Befestigen der Hilfsfläche wurde der Träger Fig. 2 (Maassstab 2 : 3) construirt. Dieser wird seitlich auf den Centrirschlitten aufgesetzt und mit der Schraube *A* an diesem festgeklemmt. Der Theil *H* muss sich hierbei über dem in

<sup>1</sup> Modell  $\beta$ , dies. Jahrb. 1900. II. 4.

seiner Lage nicht veränderten Krystall befinden. *H* ist also centrisch, *B* excentrisch zur Drehaxe des Goniometers. Unter *H* wird die Hilfsfläche angekittet und durch Ausziehen bei *B* bewirkt, dass sie nur wenig sich über dem Krystall befindet. Durch Senken des ganzen Centrir- und Justirapparates des Goniometers wird dann bewirkt, dass die Hilfsfläche sich in der Höhe der Fernrohraxe befindet und mit der Schraube *C* wird das Justiren vorgenommen. Um später wieder den Krystall einzustellen, braucht man dann nur den ganzen Centrir- und Justirapparat des Goniometers wieder zu heben.

Den gleichen Dienst wie der Träger Fig. 2 leistet auch die folgende Anwendung von Träger Fig. 2a und 2b (Maassstab 1 : 2). Der Krystallträger Fig. 2a ist dem Goniometertischchen so angepasst, dass er nach dem Abnehmen und Wiederaufsetzen genau die gleiche Stelle wie vorher einnimmt. Der Träger der Hilfsfläche Fig. 2b kann vor dem Festklemmen um seine Axe auf der im Allgemeinen schiefen Ebene des Goniometertischchens gedreht werden. Diese Drehung, durch welche die Neigung der Hilfsfläche langsam geändert wird, benützen wir zum Justiren derselben. Die eine Hand hält den auf das Goniometertischchen gesetzten Träger der Hilfsfläche derart, dass das Reflexbild sich auf dem verticalen Faden befindet, die andere Hand dreht das Goniometertischchen, bis dass der Reflex durch den horizontalen Faden halbirt wird. Sobald dies der Fall ist, wird der Träger festgeklemmt und die Hilfsfläche befindet sich in der richtigen Lage.

Fig. 3 (Maassstab 1 : 7) stellt das Stativ für das planparallele Glasplättchen mit Justireinrichtung desselben dar. Nach Lüften der Schraube *A* kann Theil *II* gegen den Fuss *I* gedreht werden. Die Schrauben *B* und *C* dienen zum Justiren des planparallelen Glasplättchens *P*. Nach Lüften der Schraube *D* kann der Theil *III* gehoben oder gesenkt und gegen den Theil *II* gedreht werden. Bei *E* kann der Träger von *P* gegen den Theil *III* gedreht und von ihm abgeschraubt werden.

Zur justirbaren Befestigung des Spiegels auf der „Spiegelplatte“ (dies. Jahrb. 1900. II. 6) wurde ein möglichst leichtes dreieckiges Tischchen construirt. Der obere Boden des Tischchens nimmt den aus einem oben planen und unten matten

Glasplättchen bestehenden Spiegel auf und ist mit Hilfe dreier Zugschrauben gegen den unteren Boden verschiebbar. Letzterer wird auf einer photographischen Platte möglichst von der zur Verwendung kommenden Sorte angekittet.

Zur Veranschaulichung des Strahlenganges etc. beim krystallogrammetrischen Verfahren wurden die folgenden Modelle construiert:

Fig. 4a (Maassstab 1 : 4) Modell zur Veranschaulichung der Reflexcurve einer Zonenebene bei der  $90^{\circ}$ -Stellung. *C* ist der Collimator, *F* und *F'* sind zwei Flächennormalen, *R* und *R'* die entsprechenden Reflexstrahlen. Die Zonenebene ist durch eine runde Glasscheibe, die photographische Platte durch eine rechteckige Glasscheibe dargestellt. Die Reflexcurve, welche der Zonenebene entspricht, ist die Parabel *RR'*.

Fig. 4b (Maassstab 1 : 4) Modell zur Veranschaulichung der Reflexcurve einer Zonenebene bei der  $0^{\circ}$ -Stellung. Die Bezeichnung ist hierbei die gleiche wie oben. Die Reflexcurve *RR'* ist hier aber ein Hyperbelast.

Die Preise der Instrumente und Modelle belaufen sich wie folgt:

Stativ für die Camera (Fig. 1a und 1b) . . . . .	Mk. 70.—
(Objectiv, Objectivbretter und Mattscheiberahmen können einem photographischen Apparat entnommen und hier und dort gebraucht werden. Es empfiehlt sich z. B. die quadratisch gebaute Universal-Couriercamera.)	
Träger mit Justireinrichtung für die Hilfsfläche (Fig. 2) .	„ 20.—
Einfacher Träger für die Hilfsfläche und Krystalsträger zum genauen Wiederaufsetzen (Fig. 2a und 2b) zusammen	„ 7.—
Hilfsfläche, $10 \times 10$ mm, eine Seite polirt, eine Seite matt	„ 2.—
Stativ mit Justirvorrichtung für das planparallele Glasplättchen (Fig. 3) . . . . .	„ 45.—
Planparalleles Glasplättchen, oval, mit 30 mm Durchmesser, 1 mm dick . . . . .	„ 20.—
Tischchen für den Spiegel der Spiegelplatte . . . . .	„ 10.—
Spiegel, bestehend aus runder Glasplatte, 20 mm Durchmesser, eine Seite polirt, eine Seite matt . . . . .	„ 2.50
2 Modelle zur Veranschaulichung der Reflexcurve einer Zonenebene (Fig. 4a und 4b) . . . . .	„ 18.—

Mineralogisches Institut der Universität Giessen.

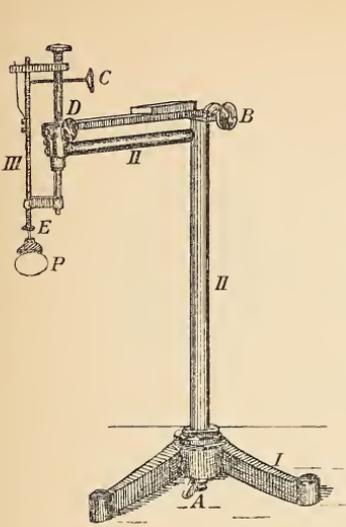


Fig. 3.

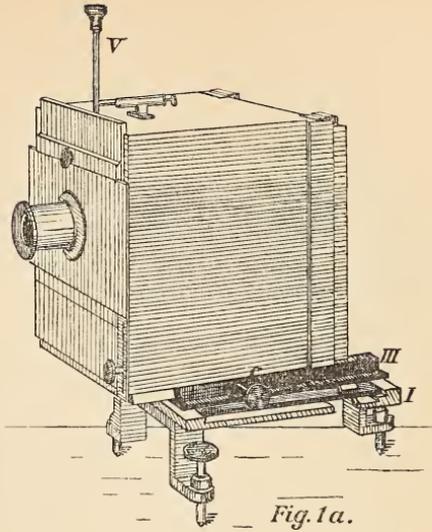


Fig. 1a.



Fig. 2b.



Fig. 2a.

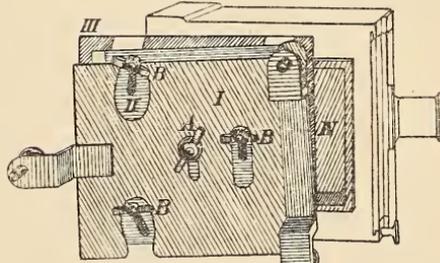


Fig. 1b.

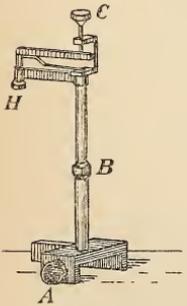


Fig. 2.

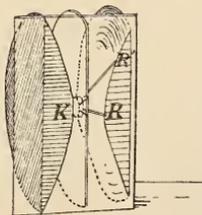


Fig. 4b.

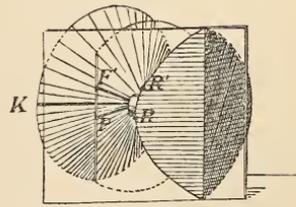


Fig. 4a.

Instrumente und Modelle zur Krystallophotogrammetrie.

(gez. MAX SCHWARZMANN.)

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1901

Band/Volume: [1901](#)

Autor(en)/Author(s): Schwarzmann Max

Artikel/Article: [Zur Krystallophotogrammetrie. Exacte bildliche Darstellung, Hilfstabellen, Instrumente und Modelle. 9-17](#)