

Aus dem Geographischen Institut der Adam-Mickiewicz-Universität Poznań
(Direktor: Prof. Dr. habil. Stefan Kozarski)

Die Granulometrie des Nullzustandes des frischen Granitverwitterungsmaterials im östlichen Teil des Brockenmassivs (Harz)

Von **Andrzej Kostrzewski**

Mit 11 Abbildungen und 4 Tabellen

(Eingegangen am 22. September 1977)

1. Einleitung

Dort, wo das Verwitterungsmaterial bei günstigen Bedingungen von seinem Entstehungsort nicht verfrachtet wird, verbleibt das Residuum. Seine Zusammensetzung ist bedingt durch: Gesteinsart, Klima und lokale Verhältnisse des Milieus. Eben dieser Abhängigkeit schenken in der Literatur die Autoren, die sich mit dem Problem des Aufbaues und der Zusammensetzung der Verwitterungsdecken befassen, wenig Beachtung. Vielleicht hängt dies von dem nach G. F. Kraszennikow (1971) als Instabilität bezeichneten Charakter der Verwitterungsbildungen ab, die im status nascendi sofort in andere Sedimentationsmedien einverleibt werden. Unzulängliche Erkundung der strukturell-texturalen Eigenschaften der Verwitterungsbildungen ist wohl auch der Grund, daß sie oft bei einer Klassifikation der kontinentalen Ablagerungen nicht berücksichtigt werden. Eingehende Untersuchungen der Verwitterungsbildungen sind unter anderem auch deshalb notwendig, weil sie doch ein wichtiges Glied im Zyklus der kontinentalen Lithogenese darstellen.

Nach der von A. Jahn (1956) vorgeschlagenen Terminologie scheidet der Autor neben den Hangdecken auch Eluvialdecken aus, also Verwitterungsbildungen in situ.

Der Autor hat sich bei seinen Untersuchungen (A. Kostrzewski, 1975) das Ziel gesetzt, die strukturell-texturalen Eigenschaften frischer Granitverwitterungsbildungen im Bereich einiger Gebirgsmassive Europas zu erkunden sowie die Veränderungen, denen diese Bildungen durch Verfrachtung in andere Medien erliegen, kennenzulernen.

Da die Verwitterungsdecken im Bereich des Harzes hinsichtlich ihres Alters und ihrer Genese gut erkundet sind, entnahm der Autor zu seinem vergleichenden Studium Proben im östlichen Teil des Brockenmassivs. Somit war ein Vergleich der granulometrischen Kennzeichen des Verwitterungsmaterials des Harzes mit den Proben aus anderen Bergmassiven Europas ermöglicht.

Herrn Professor E. Mücke spricht der Autor bei dieser Gelegenheit seinen herzlichsten Dank aus für die Einführung ins Gelände, was bei den Probeentnahmen äußerst behilflich war.

2. Literaturangaben

Neben dem diskutierbaren Problem der Vergletscherung des Harzgebirges befaßten sich viele Autoren auch mit dem Problem der Verwitterungsdecken (G. Schott 1931, H. Mortensen 1932, J. Bühl 1937, J. Hövermann 1949, 1951, 1953, B. Bocht

1939/40, M. Schick 1956, 1958, H. Wilhelmy 1958, H. Lembke 1961, E. Mücke 1963, 1965 und andere). H. Wilhelmy (1958), der die Prozesse und die Verwitterungsformen in verschiedenen Klimazonen untersuchte, stellte fest, daß die gerundeten Steinblöcke, wie man sie auch u. a. im Harz vorfindet, während des warmen und feuchten Klimas des Tertiärs entstanden. Die Tendenz zur Bildung kleiner, kugeligter Formen, die von der Textur des Gesteins abhängt, weisen nur wenige Gesteinsarten auf und der Verwitterungsprozeß selbst verläuft unabhängig von klimatischen Verhältnissen. Das Überdauern des feinkörnigen Materials in den Oberflächendecken sowie in den Spalten ist bedingt durch den Charakter und die Intensität der lokal wirkenden Vorgänge.

J. Hövermann (1958) vertritt ebenfalls die Annahme des tertiären Alters des deutlich rot gefärbten Verwitterungsschutts. Auf Grund chemischer Analysen hat Bocht (1940/41) die Abgrusung der Granite des Harzes als junge Bildung datiert. Gelegentlich einer Diskussion über die würmeiszeitliche Vergletscherung des Brockens hat E. Mücke (1963–1965) auch die Blockschuttdecken und Felsformen in den Tälern beschrieben. Zur Ausscheidung der einzelnen genetischen Typen der Ablagerungen diente ihm unter anderem der Rundungsgrad der Felstrümmer. Nach Mücke ist das kantige Blockmaterial das Ergebnis periglazialer Verwitterung. Aus diesem Material sind auch die Schuttkegel (mit 34 bis 40° Neigung) aufgebaut. Derartige Ablagerungsdecken entwickeln sich zur Zeit nicht. Die Blockdecken sind mit Schuttbildungen der gegenwärtigen Verwitterungsvorgänge bedeckt und die Verfrachtung des Materials vollzieht sich im Bereich der Schuttdecken.

Nach der Terminologie von L. Strömquist (1937) befaßte sich der Autor im Bereich des Harzes mit dem Grusverwitterungsschutt, der im Großteil durch die sog. sekundäre Verwitterung (secondary weathering) entstand. Wie aus der einschlägigen Literatur folgt, gibt es keine eingehendere Betrachtungen rezenter Schuttverwitterungsbildungen des Harzes. Erkundungen der strukturell-texturalen Kennzeichen der Verwitterungsschuttdecken sind u. a. auch deshalb von großer Bedeutung, weil sie das Tempo der Abtragung und Entwicklung des Hanges zu bestimmen erlauben. S. S. Korzujew (1937) schreibt dem Grusschuttmaterial eine erstrangige Bedeutung zu und dies vor allem bei der Hangverfrachtung, in Sonderheit bei langjähriger Gefrorenis und intensiver Frostverwitterung.

Die in vorliegender Abhandlung dargestellten Untersuchungsergebnisse bereichern den bisherigen Erkundungsstand im Rahmen der Granulometrie der Granitverwitterungsbildungen des Harzmassivs.

3. Zielsetzung und Untersuchungsbereich Angewandte Methoden

Das Hauptziel vorliegender Abhandlung ist die Bestimmung des Einflusses der strukturell-texturalen Eigenschaften der Granite auf die granulometrischen Kennzeichen ihrer frischen Aufbereitungsmaterialien. Vor allem sollen hier besprochen werden: quantitative Zusammensetzung, Gestalt, Charakter der Oberfläche und innere Struktur von Quarzkörnern im Massengestein und im Verwitterungsmaterial. Auf Grund der mineralisch-petrographischen Zusammensetzung, der Körnung und des Bearbeitungsgrades der Quarzkörner soll der Ausgangszustand oder besser gesagt der Nullzustand frischer Verwitterungsbildungen bestimmt werden (B. Krygowski und A. Kostrzewski 1971; A. Kostrzewski 1973, 1975). Die eingehende Erkenntnis des oben erwähnten Nullzustandes erleichtert bedeutend eine richtige Deutung der Veränderungen, denen das Verwitterungsmaterial nach dem Übergang in ein anderes Sedimentationsmedium erliegt. Im weiteren werden Tempo und Charakter der Ver-

änderungen des Verwitterungsmaterials im Bereich der deluvialen Hangdecken sowie im Milieu der Gebirgsbäche dargestellt. Im Laufe der Analyse des Belegmaterials der geführten Untersuchungen wird ein Vergleich der frischen Verwitterungsbildungen des Harzes mit solchen aus anderen Gebirgsmassiven Europas durchgeführt.

Gegenstand der Untersuchungen war der östliche Teil des Brockenmassivs, in Sonderheit das Einzugsgebiet der Steinernen Renne. Die Proben wurden aus der Flußbettfazies nachstehender Bäche entnommen: Steinernen Renne (Abb. 1), Kleine Stei-



Abb. 1. Oberlauf der Steinernen Renne

Das in den fluviatilen Transport aufgenommene Verwitterungsmaterial erliegt raschen Veränderungen hinsichtlich seiner Körnung und des Zurundungsgrades. Der Transport des Schuttes vollzieht sich in den Lücken zwischen den Felsblöcken. Die Ablagerung des Materials wird oft durch vereinzelte Blöcke erzwungen



Abb. 2. Block- und Blockgrusverwitterungsdecken sind im Harz eine allgemeine Erscheinung und treten in den verschiedensten topographischen Situationen auf

nerne Renne, Wormsgraben, Wormke Bach, Holtemme Thal, außerdem noch aus dem Blockschutt der Hangdecken (Abb. 2) und aus Eluvialdecken. Das Muttergestein der rezenten Verwitterungsprozesse ist Granit, oftmals stark verwittert, sowie Quarzite, Porphyre und Grauwacken. Charakteristisch für den Harz ist die allgemeine Verbreitung der Verwitterungsdecken.

Dem oben gesetzten Ziel gemäß wurden zur Untersuchung 16 Proben aus dem massigen Gestein entnommen, ferner Proben frischer Verwitterungsbildungen aus: Eluvialdecken, aktiven Grusdecken, stabilisierten verlehnten Blockgrusdecken sowie aus der Flußbett- und Hochwasserfazies der oben angeführten Bäche (insgesamt 74 Proben). Diese Proben wurden hinsichtlich ihrer granulometrischen Zusammensetzung untersucht. Unter dem Begriff der Granulometrie versteht der Autor nach B. Krygowski (1955) solche Eigenschaften des Kornes wie: Größe, Gestalt, mineralisch-petrographische Zusammensetzung, Charakter der Oberfläche u. a.

Bei der mikroskopischen Beschreibung der Gesteinsproben (16 Proben) wurde die Ausgestaltung des Quarzes, seine Größe und Form betont. Die mikroskopische Analyse der Quarzkornschliffe (Kornfraktion 1,0–1,25 mm) ermöglichte sowohl ihre äußeren Kennzeichen wie auch ihre innere Struktur zu erkennen.

Für einige, aus den einzelnen Standorten entnommenen Proben, wurde die mineralisch-petrographische Zusammensetzung in der Fraktion 2–3 mm unter der Binokularlupe bei reflektiertem Licht bestimmt. Ergaben sich bei der Identifizierung mittels der Binokularlupe Schwierigkeiten, so wurde bei durchsichtigen bzw. durchsimmernenden Mineralen das Polarisationsmikroskop angewandt.

Für sämtliche entnommene Proben (74 Proben) bestimmte man ihre mechanische Zusammensetzung (Körnung) sowie den Bearbeitungsgrad der Quarzkörner für die Fraktionen: 0,5–0,8; 0,8–1,0; 1,0–1,25; 1,25–1,6 mm (296 Proben) mittels der mechanischen Methode von B. Krygowski (1964).

4. Mineralisch-petrographische Charakteristik

Oft bei der granulometrischen Analyse vernachlässigte Einzelheiten sind die durch die Textur des Muttergesteins bedingten Kennzeichen. F. J. Pettijohn, P. E. Potter und R. Siever (1971) stellen 12 Photographien von Schliffen polykristalliner Quarze dar und verweisen dabei auf die Verschiedenheit ihrer Form in Abhängigkeit von der texturalen Gestaltung des Muttergesteins. Die Erkundung der inneren Struktur der Quarze, die Art der Ausbildung von Einschlüssen und Auswüchsen erleichtert die Deutung des Entwicklungsganges der Umgestaltung der Quarzkörner.

4.1. Mikroskopische Untersuchungen der Gesteine

Die megaskopischen Beschreibungen der Gesteine (16 Proben, Umkreis der Steinernen Renne) wurden mit mikroskopischen Untersuchungen ergänzt. Der Anteil des Quarzes im Gestein wurde quantitativ bestimmt, dagegen der Anteil anderer Minerale beschrieben wie: Haupt-, Neben- und akzessorische Komponenten. Makroskopisch gesehen haben die Granite des Harzes eine graue Färbung und eine grobkörnige Struktur. Hauptkomponente des Gesteins sind Kalifeldspäte. Quarz ist mit bis 50 % vertreten und stellt neben den Feldspäten die Hauptkomponente des Gesteins dar. Die Quarzkörner sind vorwiegend groß (1–5 mm) mit derselben unveränderlichen Lichtauslöschung, seltener unregelmäßiger Gestalt und welliger Auslöschung (Abb. 3). Des öfteren ist ein deutliches Abschmelzen der Ecken ersichtlich. Von anderen Komponenten sei hier noch der Biotit erwähnt, der als dünne, kleine und sehr stark chlorisierte Plättchen auftritt. Als akzessorisches Mineral wurde im mikroskopischen Bild lediglich Zirkon festgestellt.

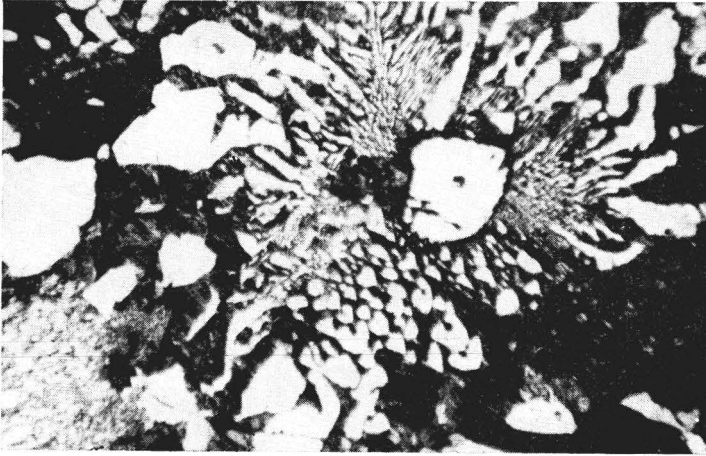


Abb. 3. Mikrophotographie der Quarz-Feldspat-Durchwüchse in stark verwittertem Granit (Drei Annen-Hohne). Ersichtlich ist ein Peritfeldspat, der stark von Quarz durchwachsen ist. Gekreuzte Nicols. 35fach vergrößert

4.2. Mineralisch-petrographische Untersuchungen der Verwitterungsbildungen

Um die Beziehung zwischen der qualitativen Zusammensetzung der Verwitterungsbildungen und der Umwandlungen der Größe und Gestalt der Gesteinsbrocken zu erkunden, werden die Ergebnisse der Untersuchungen der mineralogisch-petrographischen Zusammensetzung der Fraktion 2–3 mm dargestellt. Eben diese Fraktion – was hier betont sei – hat in den untersuchten Verwitterungsbildungen einen ziemlich hohen quantitativen Anteil und weist – im Vergleich mit anderen Fraktionen – eine verhältnismäßig reiche petrographische Differenzierung auf. Bei Fraktionen geringeren Ausmaßes überwiegen nämlich Quarzkörner. Untersucht wurden aus jeder Probe jeweils 200 Körner. Auf Grund einer Versuchsanalyse wurde festgestellt, daß man in den Proben einige Kornklassen verschiedener Abstammung ausscheiden kann, und zwar: Körner zusammengesetzt nur aus einem Mineral, Fragmente feinkörniger Gesteine sowie anthropogene Materialbrocken. Besondere Beachtung wurde den Quarzkörnern zugewandt, es wurde sowohl ihre Durchsichtigkeit (durchsichtige, durchscheinende) wie auch der Charakter ihrer Oberfläche (matt, glasig) bestimmt.

Quarz ist das einzige Mineral, das in allen entnommenen Proben auftritt, mit einem Prozentanteil von kaum einigen bis zu 40 %. Bemerkenswert ist, daß im frischen Granitverwitterungsmaterial des Harzes Quarzkorn mittlerer und guter Zerrundung mit 0,5–2 % Anteil vertreten ist. Es ist dies allerdings nicht das Ergebnis mechanischer Bearbeitung, sondern durch die texturalen Eigenschaften des Muttergesteins bedingt.

Sehr gering ist der Prozentanteil der restlichen ausgeschiedenen Minerale. Nur Feldspate sind verhältnismäßig zahlreich und ihr Anteil beträgt in den Proben aus dem Harz 20–30 %. Es sind dies vorwiegend kantige und mittelkantige Körner. Andere Minerale wie Biotit, Muskovit, Granat sind mit 0,5–3,5 % vertreten. Einen verhältnismäßig großen Anteil in der allgemeinen mineralisch-petrographischen Zusammensetzung haben in manchen Proben Brocken von Quarzglimmergestein – bis 85 %, Quarzfeldspatgestein bis 80 % sowie die fast überall auftretenden Quarzsplitter – bis 25 %.

Die dargestellte Analyse der mineralisch-petrographischen Verhältnisse der Fraktion 2–3 mm in den untersuchten Granitverwitterungsbildungen des Harzes erwies, daß nicht nur ihre mineralisch-petrographische Zusammensetzung sehr differenziert ist, sondern auch ihre Gestalt.

4.3. Mikroskopische Untersuchungen der Quarze

Bei der Bestimmung der Widerstandsfähigkeit des Quarzkornes auf die Wirkung der mechanischen Zerstörungsprozesse waren die Ergebnisse der makroskopischen Beobachtungen an der Oberfläche der Körner sowie das mikroskopische Bild ihrer Schiffe (für die Fraktion 1,0–1,25 mm) von großem Wert.

Im frischen Verwitterungsmaterial des Harzes (Umkreis: Drei Annen-Hohne, Hohne-Kamm, Steinerne Renne) findet man im allgemeinen viel mehr kantiges Korn als im Tatragebirge (durchschnittlich 95 %, des öfteren sogar 100 %). Die Anwesenheit im frischen Verwitterungsmaterial bis zu 2 % Körner mittlerer und guter Zurundung ist nicht als Ergebnis der mechanischen Beanspruchung anzusehen, sondern den texturalen Eigenschaften des Muttergesteins zuzuschreiben.



Abb. 4. Mikrophotographie von Quarzkörnern (Fraktion 1,0–1,25 mm) aus dem Verwitterungsmaterial aus Drei Annen-Hohne. Etwa 15fach vergrößert

Hinsichtlich des Charakters der Oberfläche herrschen durchsichtige Quarzkörner vor, in geringerem Maße weißer und milchiger Quarz (Abb. 4). Im allgemeinen weisen die Körner frischen Bruch und glasige Oberfläche auf. Die Körner des sog. Milchquarzes haben eine matte Oberfläche. Manche Quarzkörner stellen Durchwüchse des durchsichtigen und des durchscheinenden Quarzes dar. Des öfteren findet man Einwüchse von Glimmer (Biotit), seltener Feldspatdurchwüchse. Es sei noch betont, daß zahlreiche starkkrissige Körner, mit Tendenz zum Zerfall auftreten.

Im mikroskopischen Bild (Abb. 5) ist bei der Mehrzahl der Körner eine sehr deutliche Prädisposition zur Desintegration erkenntlich. In einzelnen Körnern sieht man zahlreiche Sprünge, deren Richtung – betont durch bräunliche Verfärbung – deutlich ersichtlich ist. Linien eines etwaigen Zerfalls des Kornes kann man ebenfalls an den Grenzlinien bei den zahlreichen Feldspatverwachsungen der Quarze feststellen, die ihrerseits einen ziemlich großen Verwitterungsgrad aufweisen. Von anderen Mineralen, die in den Körnern neben Quarz und Feldspat auftreten, sei noch der Biotit in Gestalt kleiner Plättchen erwähnt.

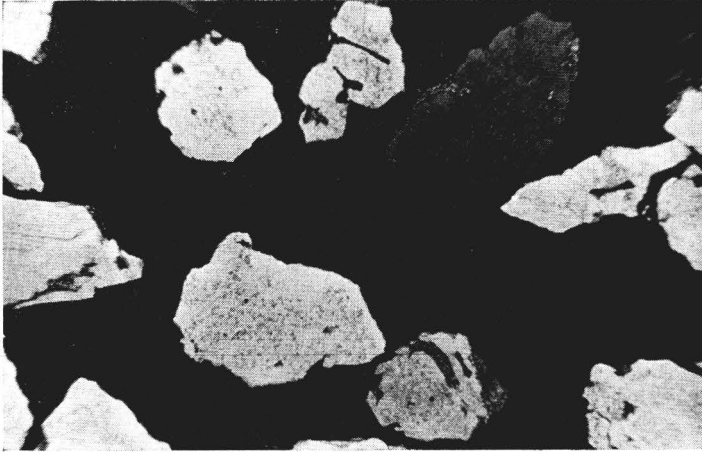


Abb. 5. Mikrophotographie des Schliffes von Quarzkörnern (Fraktion 1,0–1,25 mm) aus dem Granitverwitterungsmaterial aus Drei Annen-Hohne. Etwa 45fach vergrößert

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Proben aus den frischen Verwitterungsbildungen des Harzes 90–100 % kantiges, ungefähr 10 % halbkantiges und 0,5–2 % zugerundetes Korn enthalten. Die Deutung der mikroskopischen Schliffe der Quarze bewies, daß in vielen Fällen die äußeren Eigenschaften der Quarzkörner nicht mit ihrer inneren Struktur übereinstimmen. Die beschriebenen Quarze weisen eine hohe Ungleichartigkeit der inneren Struktur auf, und an ihrer Oberfläche kann man ein deutliches Netz von Sprüngen feststellen. Solche Körner sowie auch Körner mit Feldspatverwachsungen weisen auf eine starke Tendenz zur Desintegration.

Obige Charakteristik der Quarzkörner stellt eine Information über den sog. Nullzustand (Ausgangszustand) frischer Verwitterungsbildungen dar.

5. Die Körnung des Granitverwitterungsmaterials

Für 74 Einzelproben (Punktproben), die aus den Eluvaldecken (frisches Verwitterungsmaterial) und entlang von Profilinien aus stabilisierten und aktiven Hangdecken sowie aus den Flußbetten entnommen wurden, wurde mittels Siebmethode (Proben zu 200 g) ihre Körnung in nachstehenden Größenklassen bestimmt: 10; 10–9; 9–8; 8–7; 7–6; 6–5; 5–4; 4–3; 3–2; 2–1,6; 1,6–1,25; 1,25–1,0; 1,0–0,8; 0,8–0,5; 0,5–0,2; 0,2–0,1; 0,1–0,075 und <0,075 mm. Die Ergebnisse der Körnungsanalysen für die einzelnen Proben wurden als Kumulationskurven im Wahrscheinlichkeitsnetz der Phi-Skala eingezeichnet. Für jede Probe wurden nachstehende Körnungsindizes berechnet:

- Standardabweichung nach McCammon (1962)

$$\delta = \frac{\Phi 95 + \Phi 85 - \Phi 15 - \Phi 5}{5,4}$$

- Curtosis nach R. L. Folk und W. C. Ward (1957)

$$K = \frac{\Phi 95 - \Phi 5}{2,44 (\Phi 75 - \Phi 25)}$$

- Assymetrie nach G. M. Friedman (1962)

$$\alpha_s = (\Phi 95 - \Phi 5) - 2 (\Phi 50)$$

Die Analysen der Errechnungen zeigten, daß hinsichtlich der Körnung zwischen den frischen Verwitterungsbildungen aus verschiedenen Höhenlagen und Standorten verschiedener Exposition keinerlei merkliche Unterschiede bestehen. Der Anteil der Staubfraktion beträgt im Mittel bis 2 % (Tab. 1, Abb. 6), also ähnlich wie im Verwitterungsmaterial des Riesengebirges. Der Sortierungsgrad ($\delta = 1,65$) des beschriebenen Verwitterungsmaterials ist gering, jedoch etwas besser als in den deluvialen Blockgrusbildungen (Tab. 2, Abb. 7).

Das Grusverwitterungsmaterial aus den stabilisierten Blockgrusdecken des Harzes enthält im Vergleich mit dem frischen Verwitterungsmaterial des Nullzustandes mehr grobkörnige sowie staubige Fraktionen (siehe Tab. 1, Abb. 6). Der Prozentwert der Staubpartikel reicht bis 10 %. Hier gelangt man zu derselben Schlußfolgerung wie im Riesengebirge: hier wie dort ist das Verwitterungsmaterial das Ergebnis älterer, vermutlich in periglazialen Bedingungen verlaufener, Verwitterungsvorgänge. Ein zusätzliches Kennzeichen der analysierten Verwitterungsbildungen ist ihre sehr schlechte Sortierung (siehe Tab. 2). Im unteren Teil des Hanges nimmt der Anteil der Staubfraktion zu. Die Variabilität der einzelnen Indizes (Tab. 2, Abb. 7) ist größer als bei frischem Verwitterungsmaterial.

Das Alluvium der Harzbäche (Einzugsgebiet der Steinernen Renne) ist feinkörniger und besser sortiert ($\delta = 1,26$) als die Alluvionen der Tatrabäche und ist ähnlich dem des Riesengebirges. Das Material der Hochwasserfazies ist schlechter sortiert als die Proben aus der Flußbettfazies, enthalten auch nur einen geringen Prozentsatz der Staubfraktion (siehe Tab. 1, 2; Abb. 6, 7), was auf einen heftigen, turbulenten Abfluß der getrübbten Wassermassen der Gebirgsbäche weist.

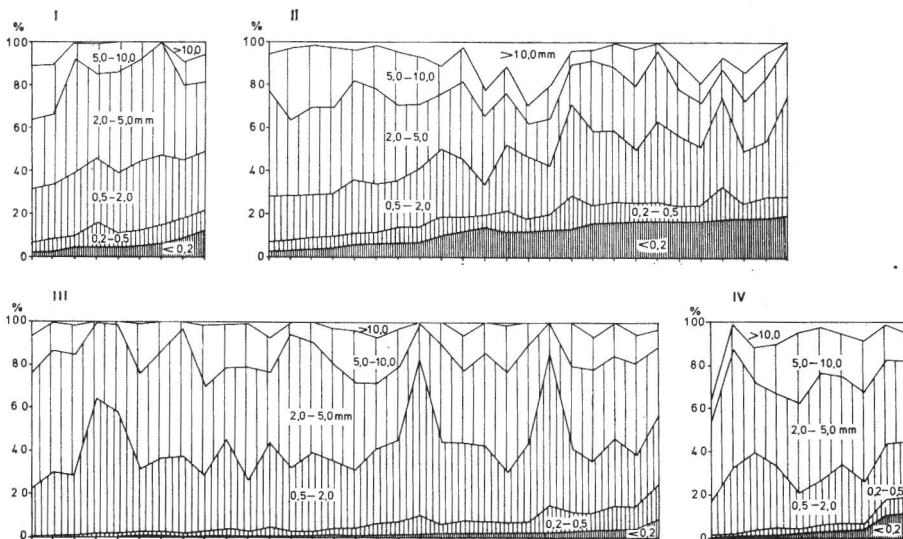


Abb. 6. Synthetisches Kartogramm der Körnung des Granitverwitterungsmaterials und alluvialer Bildungen aus dem Harz (Umkreis der Steinernen Renne). I – Proben aus frischem Granitverwitterungsmaterial (Eluvialdecke), II – Proben aus einer stabilisierten lehmigen Deluvialgravitations-Blockgrusdecke, III – Proben alluvialer Bildungen, Flußbettfazies, IV – Proben alluvialer Bildungen, Hochwasserfazies. Am unteren Rand der Diagramme sind gestrichelt eingetragen Proben, geordnet nach dem zunehmenden Gehalt der Fraktion $<0,2$ mm (zerstreute Probenentnahme).

Tabelle 1. Körnung des Granitverwitterungsmaterials und der alluvialen Ablagerungen im Harz in Mittelwerten (Umkreis der Steinernen Renne). I – Proben aus frischem Granitverwitterungsmaterial (Eluvialdecke), II – Proben aus einer stabilisierten lehmigen Deluvialgravitations-Blockgrusdecke, III – Proben der Alluvionen, Flußbettfazies, IV – Proben der Alluvionen, Hochwasserfazies

Stand- ort	Proben- zahl	Fraktion in mm, Prozentwert																		
		> 10	10—9	9—8	8—7	7—6	6—5	5—4	4—3	3—2	2— 1,6	1,6—1,25— 1,0	1,0— 0,8	0,8— 0,5	0,5— 0,2	0,2— 0,1	0,1— 0,075	< 0,075	Σ	
I	9	3,9	1,2	1,6	2,8	3,3	4,6	9,1	12,8	18,8	3,4	0,9	7,8	7,6	9,5	7,0	1,7	2,5	1,5	100
II	25	7,5	2,3	1,5	2,4	3,6	4,8	7,3	8,9	13,7	2,7	1,0	6,3	7,4	11,4	7,8	2,5	5,2	3,7	100
III	30	3,2	1,1	1,0	2,4	3,0	4,8	7,9	12,3	21,0	4,8	1,9	10,5	9,8	10,0	4,7	0,6	0,7	0,3	100
IV	10	8,8	2,3	1,9	3,3	3,9	6,9	10,2	12,7	17,6	4,6	1,9	6,8	5,8	6,3	3,5	0,8	1,3	1,4	100

Tabelle 2. Körnung des Granitverwitterungsmaterials und der alluvialen Ablagerungen im Harz (Umkreis der Steinernen Renne). I – Proben aus frischem Granitverwitterungsmaterial (Eluvialdecke), II – Proben aus einer stabilisierten, lehmigen Deluvialgravitations-Blockgrusdecke, III – Proben der Alluvionen, Flußbettfazies, IV – Proben der Alluvionen, Hochwasserfazies. Indizes: δ – Standardabweichung, KG – Curtosis, α_s – Schiefe, Md – Medianwert, $\bar{s}r$ = Mittelwert

Proben- zahl	Stand- ort	Indizes im Netz der Phi-Skala											
		δ			KG			α_s			Md		
		max.	min.	$\bar{s}r.$	max.	min.	$\bar{s}r.$	max.	min.	$\bar{s}r.$	max.	min.	$\bar{s}r.$
I	9	2,13	1,41	1,65	1,18	0,75	0,95	2,39	1,25	2,13	-1,01	-1,77	-1,29
II	25	3,20	1,36	1,06	1,08	0,82	0,96	2,58	-1,36	1,18	0,30	-1,84	-0,87
III	30	1,72	0,76	1,26	1,47	0,74	0,93	1,64	-0,80	0,49	0,30	-1,68	-1,15
IV	10	2,04	1,02	1,54	1,28	0,90	1,02	2,97	-0,89	0,92	-1,19	-2,22	-1,59

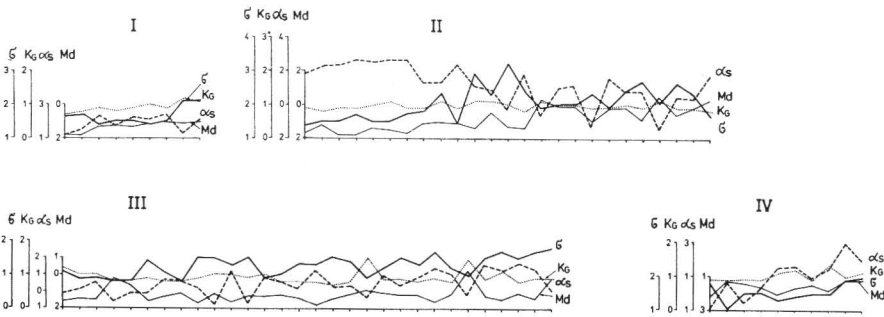


Abb. 7. Körnungskurven des Granitverwitterungsmaterials und der alluvialen Bildungen aus dem Harz (Umkreis der Steinernen Renne). I – Proben aus frischem Granitverwitterungsmaterial (Eluvialdecke), II – Proben aus einer stabilisierten, lehmigen Deluvialgravitations-Blockgrusdecke, III – Proben alluvialer Bildungen, Flußbettfazies, IV – Proben alluvialer Bildungen, Hochwasserfazies. Die Indexkurven sind im Netz der Phi-Skala eingetragen σ – Standardabweichung, KG – Curtosis, α_s – Schiefe, Md – Medianwert. Am unteren Rand der Diagramme sind gestrichelt der Reihe nach die Proben eingezeichnet (zerstreute Probenentnahme)

Die Lokalisation des Verwitterungsmaterials im Ossanschen Dreieck (Abb. 8) beweist, daß sowohl die Höhenlage, wie Exposition und lokale Klimaverhältnisse keinen bedeutenderen Einfluß auf den Charakter der Körnung rezenter Verwitterungsbildungen haben. Festgestellte unterschiedliche Abweichungen betreffen Umgestaltungen, denen das Verwitterungsmaterial beim Übergang in den Hangtransport erliegt. Diese Unterschiede sind größer bei denen, die von der klimatischen Variabilität zwischen verschiedenen Gebirgsmassiven Europas abhängen.

6. Der Bearbeitungsstand der Granitverwitterungsbildungen

Wie schon eingangs erwähnt, wurde der Bearbeitungsgrad der Quarzkörner für 296 Proben (je 100 Körner) nach der mechanischen Methode von B. Krygowski (1964) für die Fraktionen 0,5–0,8; 0,8–1,0; 1,0–1,25 und 1,25–1,6 mm bestimmt. Für jede

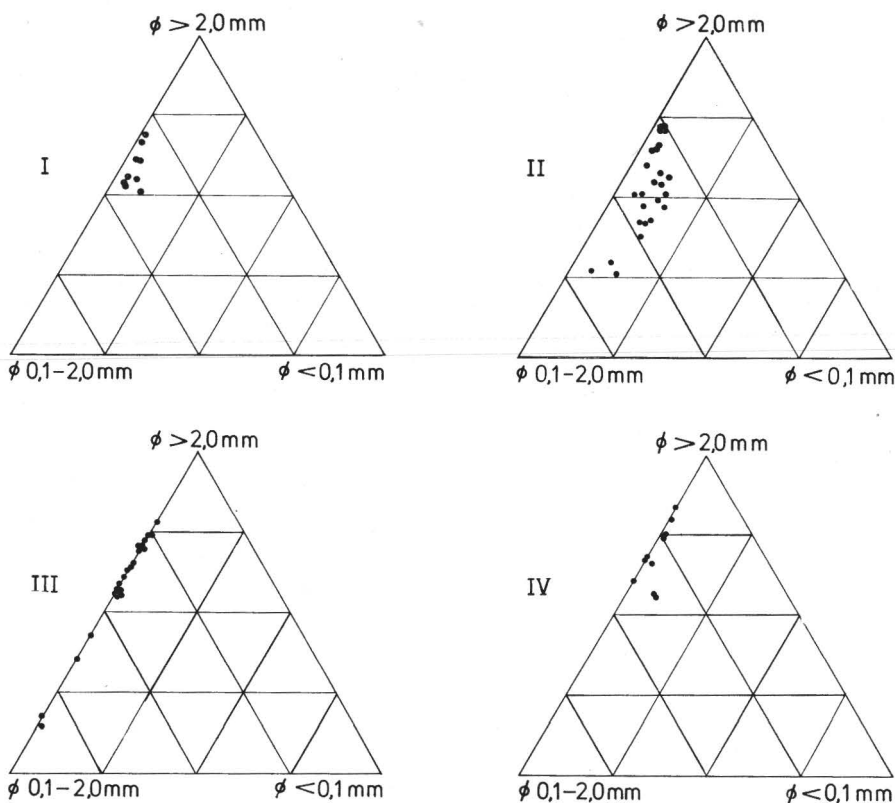


Abb. 8. Die Position des Granitverwitterungsmaterials und der alluvialen Bildungen aus dem Harz (Umkreis der Steinernen Renne) im Osannschen Dreieck. I – Proben aus frischem Granitverwitterungsmaterial (Eluvialdecke), II – Proben aus einer stabilisierten, lehmigen Deluvialgravitations-Blockgrusdecke, III – Proben alluvialer Bildungen, Flußbettfazies, IV – Proben alluvialer Bildungen, Hochwasserfazies

Probe wurden nach Aufzeichnung des Histogramms und Ablesung der Werte an der Kummulationskurve nachstehende Indizes berechnet:

- Bearbeitungsindex W_0 nach B. Krygowski (1964)

$$W_0 = 2400 - \frac{\sum nk}{N} \cdot 100$$

Es bedeuten: N – Kornzahl der Analyse

n – Kornzahl in den Winkelklassen

k – Mittelwert des Neigungswinkels der Winkelklasse

- Ungleichförmigkeitsindex Nm

$$Nm = Q_3 - Q_1$$

- Standardabweichung nach McCammon

$$\sigma = \frac{Q_{95} + Q_{85} - Q_{15} - Q_5}{5,4}$$

- Assymetrie nach G. M. Friedman

$$a_s = (Q_{95} + Q_{85}) - 2(Q_{50})$$

In vorliegender Abhandlung wurde bei der Aufteilung des Kornes nach seinem Bearbeitungsgrad die von B. Krygowski (1964) eingeführte Terminologie beibehalten. Die ausgerechneten Indexwerte wurden in Tabellen und Diagrammen erfaßt. Von der Voraussetzung ausgehend, daß die Bearbeitungshistogramme das grundsätzliche, beste Abbild des Charakters der Kornbearbeitung darstellen, wandte der Autor die von L. Krygowska (1967) vorgeschlagene Histogrammtypologie an.

Maßgebend bei der Ausscheidung von Histogrammtypen ist die Silhouette des Histogramms, die das Abbild der Dynamik der Prozesse darstellt. Schlankheit der Silhouette beweist maximale Selektion, Platttheit dagegen keinerlei Sortierung. L. Krygowska scheidet drei grundsätzliche Histogrammtypen aus: I – hohe, II – niedrige und III – platte. Außerdem noch als vierten Typ Kombinationen des platten (III) mit dem hohen (I) und dem niedrigen (II). Im Rahmen der einzelnen Typen sind noch Untertypen eingeschaltet.

Tabelle 3. Prozentanteil der einzelnen Typen und Subtypen des Bearbeitungsgrades in den Verwitterungs- und Alluvialbildungen des Harzes in Mittelwerten (Umkreis der Steinernen Renne). I – Proben aus frischem Granitverwitterungsmaterial, Eluvialdecke, II – Proben aus einer stabilisierten, lehmigen Deluvialgravitations-Blockgrusdecke, III – Proben der Alluvionen, Flußbettfazies, IV – Proben der Alluvionen, Hochwasserfazies. α , β , γ – Bearbeitungstypen und nachstehend die Subtypen: α_1 – extrem kantiges Korn, α_2 – kantiges Korn, β_1 – Korn mit schwachen Spuren der Bearbeitung, β_2 – Korn mit deutlichen Spuren der Bearbeitung, γ_1 – Korn guter Bearbeitung, γ_2 – rundes (kugeliges) Korn.

Standort	Probenzahl	ϕ 0,5–0,8 mm								ϕ 0,8–1,0 mm							
		α		β		γ		Σ	α		β		γ		Σ		
		α_1	α_2	β_1	β_2	γ_1	γ_2		α_1	α_2	β_1	β_2	γ_1	γ_2			
I	9	69,3	23,1	7,1	0,5	—	—	100	8,7	58,4	30,5	2,4	—	—	100		
II	25	42,5	38,0	18,1	1,4	—	—	100	6,3	49,4	40,4	3,9	—	—	100		
III	30	41,4	45,6	12,6	0,4	—	—	100	0,3	10,4	82,6	6,7	—	—	100		
IV	10	61,7	29,0	9,2	0,1	—	—	100	5,3	29,4	60,8	4,5	—	—	100		

Standort	Probenzahl	ϕ 1,0–1,25 mm								ϕ 1,25–1,50 mm							
		α		β		γ		Σ	α		β		γ		Σ		
		α_1	α_2	β_1	β_2	γ_1	γ_2		α_1	α_2	β_1	β_2	γ_1	γ_2			
I	9	3,8	41,2	50,7	4,3	—	—	100	38,4	46,9	14,5	0,2	—	—	100		
II	25	3,3	44,0	48,2	4,5	—	—	100	15,2	57,5	26,9	0,2	—	—	100		
III	30	0,2	6,4	74,3	19,1	—	—	100	0,9	14,4	69,2	15,4	0,1	—	100		
IV	10	2,1	19,4	63,5	15,0	—	—	100	19,1	35,5	44,6	0,8	—	—	100		

Tabelle 4. Der Bearbeitungsgrad des Granitverwitterungsmaterials und der alluvialen Bildungen des Harzes für die Kornfraktion 1,0–1,25 mm (in Mittel- und Extremwerten). I – Proben aus frischem Granitverwitterungsmaterial, Eluvialdecke, II – Proben aus einer stabilisierten, lehmigen Deluvialgravitations-Blockgrusdecke, III – Proben der Alluvionen, Flußbettfazies, IV – Proben der Alluvionen, Hochwasserfazies. Bearbeitungsindizes: W_0 – Bearbeitungsgrad, N_m – Ungleichförmigkeit des Materials, M_d – Medianwert, δ – Standardabweichung, α_s – Schiefe, $\bar{s}r$ = Mittelwert

Standort	Probenzahl	W_0				N_m			M_d			δ			α_s	
		max.	min.	$\bar{s}r$.	max.	min.	$\bar{s}r$.	max.	min.	$\bar{s}r$.	max.	min.	$\bar{s}r$.	max.	min.	$\bar{s}r$.
I	9	953	621	628	3,2	2,3	2,8	16,5	13,2	14,5	2,4	1,8	2,1	+1,3	0,0	+0,8
II	25	958	641	813	3,3	2,4	2,7	16,8	13,6	14,9	2,5	1,7	2,1	+3,0	-2,6	-0,3
III	30	1292	938	1098	2,9	1,4	1,8	13,3	11,1	12,0	2,0	1,2	1,5	+1,4	-0,4	+0,4
IV	10	1145	700	974	3,2	1,6	2,3	16,0	11,6	13,3	2,6	1,5	1,9	+0,5	-1,4	0,0

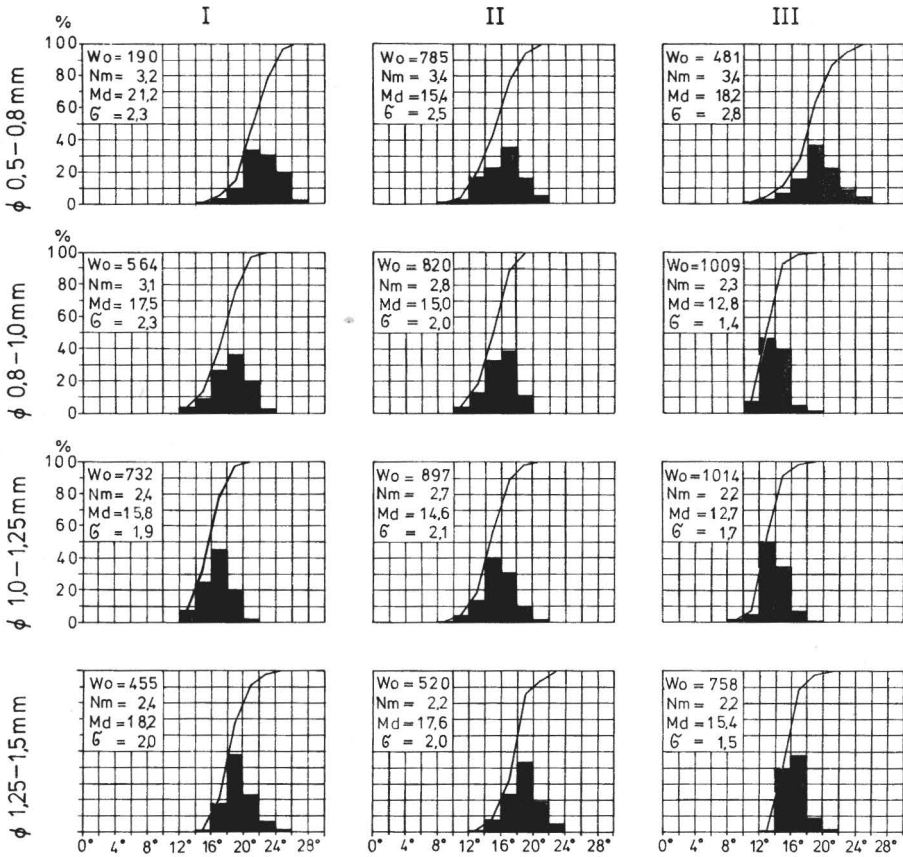


Abb. 9. Ausgewählte Histogramme des Bearbeitungsgrades des Granitverwitterungsmaterials aus dem Harz (Umkreis der Steinernen Renne). I – frisches Granitverwitterungsmaterial, Eluvialdecke, II – Proben aus einer stabilisierten, lehmigen Deluvialgravitations-Blockgrusdecke, III – Proben alluvialer Bildungen, Flußbettfazies, IV – Proben alluvialer Bildungen, Hochwasserfazies. Indizes: W_0 – Bearbeitungsgrad, N_m – Ungleichförmigkeit des Materials, M_d – Medianwert

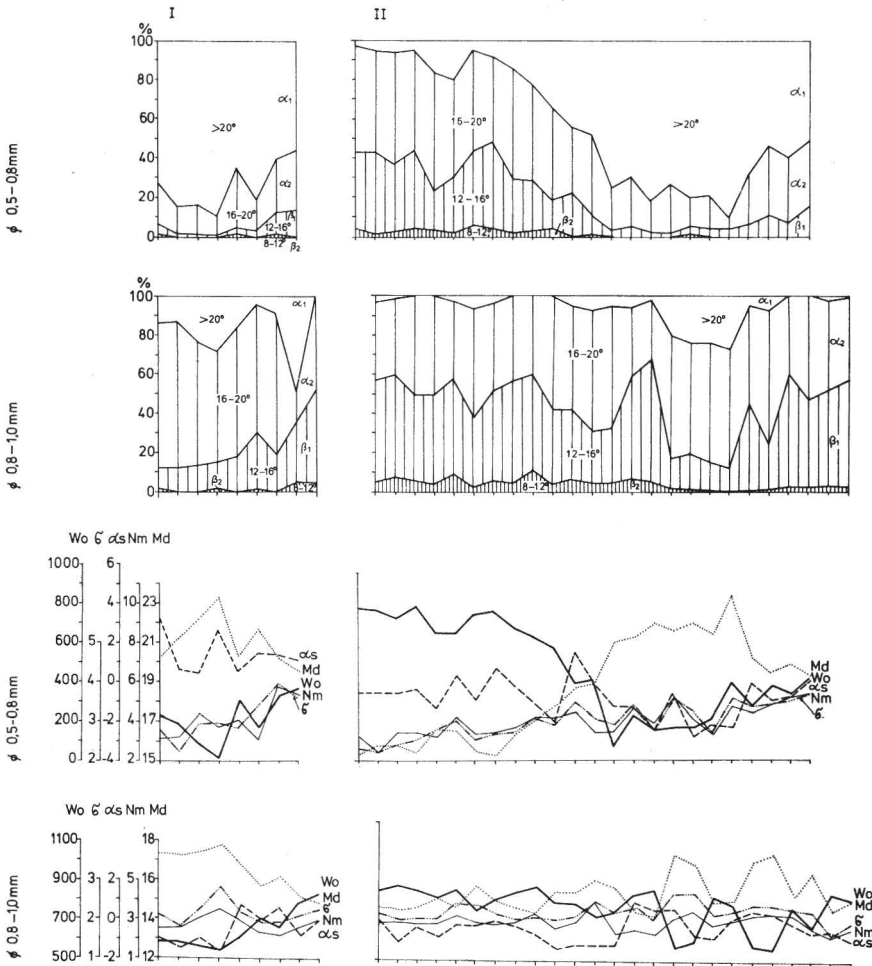


Abb. 10. Ausgewählte synthetische Kartogramme und Kurven der Indizes des Bearbeitungsgrades des Granitverwitterungsmaterials aus dem Harz für die Fraktionen 0,5–0,8 und 0,8–1,0 mm. Subtypen der Bearbeitung: α_1 – extrem kantiges Korn, α_2 – kantiges Korn, β_1 – Korn mit schwachen Spuren der Bearbeitung, β_2 – Korn mit deutlichen Spuren der Bearbeitung. Indizes: W_o – Bearbeitungsgrad, Nm – Ungleichförmigkeit des Materials, Md – Medianwert, α_s – Schiefe, σ – Standardabweichung. I – Proben aus frischem Granitverwitterungsmaterial (eluviale Decke), II – Proben aus einer stabilisierten, lehmigen Deluvialgravitations-Blockgrusdecke. Am unteren Rand der Diagramme sind gestrichelt der Reihe nach die Proben eingezeichnet (zerstreute Probenentnahme)

Frisches Granitverwitterungsmaterial aus dem Harz ist eine ausgesprochene kantige Bildung (Tab. 3, 4; Abb. 9, 10). Auf kantiges α -Korn entfallen 60–95%. Bemerkenswert ist hierbei, daß der Anteil des kantigen Kornes vor allem in den Fraktionen 0,5–0,8 und 1,25–1,6 mm größer ist. Hier sieht der Autor eine Parallele zu dem slowakischen Teil des Tatramassivs. Ein weiteres unterschiedliches Merkmal der frischen Granitverwitterungsbildungen des Harzes ist die Anwesenheit bis zu 4% von Körnern mit deutlichen Bearbeitungsspuren. Schlechte Sortierung (siehe Tab. 4, Abb. 10)

sowie die Dominanz des II. Histogrammtyps bis 80 % Anteil (Abb. 11) vervollständigen die Charakteristik des Nullzustandes des frischen Granitverwitterungsmaterials im Harz.

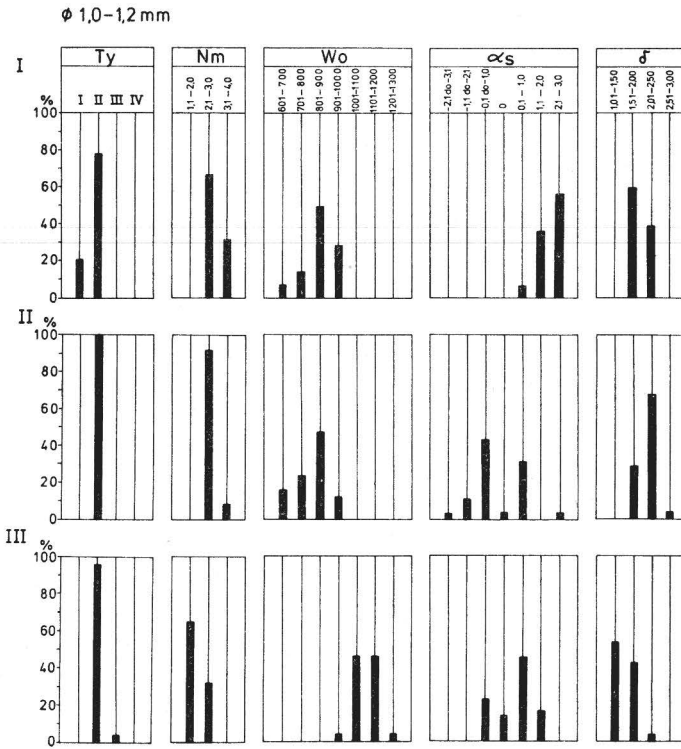


Abb. 11. Prozentanteil der Histogrammtypen (Ty) und der Indizes der Bearbeitung des Granitverwitterungsmaterials und der alluvialen Bildungen im Harz in den festgesetzten Klassen. Indizes: *Nm* – Ungleichförmigkeit des Materials, *W₀* – Bearbeitungsgrad, α_s – Schiefe, σ – Standardabweichung. I – Proben aus frischem Granitverwitterungsmaterial, II – Proben aus einer stabilisierten, lehmigen Deluvialgravitations-Blockgrusdecke, III – Proben alluvialer Bildungen, Flußbettfazies

Geringen Umwandlungen erlag das frische Granitverwitterungsmaterial nach der Einschaltung in den Transport der Hangdecken, wo der Charakter der Kornmasse durch Abspülung bedingt ist. Die Silhouette eines ausgewählten Histogramms (siehe Abb. 9) ist hierzu ein guter Beleg. Im Vergleich mit dem frischen Verwitterungsmaterial ist hier eine quantitative Anreicherung von Material mit schwachen (bis zu 40 %) Anzeichen der Bearbeitung und deutlichen (bis zu 5 %) ersichtlich und außerdem ein etwas besserer Einheitlichkeitsgrad der Kornmasse der Probe (siehe Tab. 4, Abb. 10). Der 100%ige Anteil des II. Histogrammtyps (siehe Abb. 9) bestätigt die geringen Umwandlungen dieses Verwitterungsmaterials im Vergleich mit dem Nullzustand der Bearbeitung. Der Desintegrationsprozeß kommt vor allem in der Fraktion 0,5 bis 0,8 mm zum Ausdruck.

Das Granitverwitterungsmaterial erliegt bedeutenden Umwandlungen nach dem Eintritt in den fluviatilen Transport (siehe Abb. 9, Tab. 3 und 4). Der Charakter des Bearbeitungsgrades der Alluvionen weicht bedeutend ab von dem oben beschriebenen

Nullzustand der Bearbeitung der Verwitterungsbildungen. Tempo und Umwandlungscharakter des Verwitterungsmaterials sind abhängig von den lokalen hydrodynamischen Verhältnissen. Der Desintegrationsprozeß des Materials dominiert deutlich in der Fraktion 0,5–0,8 mm, hingegen in den restlichen untersuchten Fraktionen überwiegt der Bearbeitungsprozeß, sowohl in den Proben aus der Flußbettfazies wie auch in denen aus der Hochwasserfazies (siehe Tab. 3 und 4; Abb. 5). Die Proben aus letzterer sind kantiger und ungleichförmiger im Vergleich mit der Flußbettfazies. Diese Regelmäßigkeit findet wiederum ihre Parallele im Bereich der Tatra und des Riesengebirges (A. Kostrzewski 1975). Die Anreicherung des Kornes mit deutlichen Bearbeitungsspuren (β_2) steigt in der Flußbettfazies von 0,5 auf 19 % und in der Hochwasserfazies entsprechend von 0,5 auf 15 %. Auch gut bearbeitetes Korn reichert seinen Spurenteil in der Flußbettfazies an.

Die dargestellten Belege (siehe Tab. 3 und 4; Abb. 9, 10, 11) ermöglichen die Erfassung des Nullzustandes der Bearbeitung frischer Granitverwitterungsbildungen sowie die Bestimmung des Tempos und des Charakters ihrer Veränderungen nach dem Übergang in Hang- und Flußtransport.

7. Das Granitverwitterungsmaterial als Ausgangsmaterial verschiedener genetischer Typen von Ablagerungen

Das Kriterium der Körnung erlaubt nur in einem geringen Ausmaß eine Absonderung der Granitverwitterungsbildungen von Ablagerungen anderer Sedimentationsmilieus. Es sei jedoch betont, daß es gewisse Charakterkennzeichen des Nullzustandes der Körnung des Granitverwitterungsmaterials ergibt, nämlich: Grobkörnigkeit, verhältnismäßig geringer Anteil von Staubpartikeln, schwache Sortierung, obwohl diese besser als in den Hangdecken ist. Im Zusammenhang mit diesem großen Veränderlichkeitsbereich der Körnungsindizes wurde von einer Angabe der Zahlendaten Abstand genommen.

Die Position des frischen Granitverwitterungsmaterials des Harzes ist im Gegensatz zu anderen Ablagerungsmilieus besser durch die Indizes des Bearbeitungsgrades des Quarzkornes ausgedrückt. Den Nullzustand des Bearbeitungsgrades der Granitverwitterungsbildungen kennzeichnen nachstehende Merkmale: maximaler Anteil des kantigen Kornes α (bis 95 %) sowie Körner mittlerer Bearbeitung β_1 (bis 70 %) mit geringen Spuren dieser Bearbeitung. Die Einheitlichkeit des Materials ist zwar gering, aber besser als in den Hangdeckenbildungen, also ein ähnliches Bild wie im Falle des Vergleiches dieser beiden Materialien hinsichtlich ihrer Körnung. Ein, die frischen Granitverwitterungsbildungen auszeichnendes Kennzeichen ist die Dominanz des II. Histogrammtyps (> 70 %), wobei der I. Typ bei 10 % osziliert. Die restlichen Typen sind selten und nur in kleinen Prozentwerten vertreten. Der II. Typ und teilweise auch der I. sind in dem Falle nicht das Ergebnis der Selektion, sondern das Abbild der Granitstruktur. Von allen angewandten Indizes des Bearbeitungsgrades ist die Häufigkeit der Histogramme *dieses* Index, der die Granitverwitterungsbildungen von den Ablagerungen anderer Sedimentationsmilieus am besten ausscheidet.

Der Charakter der Umwandlung des Nullzustandes der frischen Granitverwitterungsbildungen in den Hangdecken ist abhängig von den strukturell-texturalen Eigenschaften des Muttergesteins, dem Böschungswinkel, der Länge des Talhanges, den klimatischen Verhältnissen und den von diesen Faktoren abhängigen Transportarten (Gravitation, Abspülung, Abschwemmung u. a.). Von diesen Faktoren hängt es also ab, ob im Milieu der Deluvialdecken die einzelnen Fraktionen chaotisch aufgeteilt sind, ob hangabwärts eine Tendenz zunehmender Grob- oder Kleinkörnigkeit auf-

treten. Aus den eingebrachten Belegen kann man feststellen, daß in der aktiven Blockgrusdecke hangabwärts eine Anreicherung des groben Materials sowie ein etwas schlechterer Sortierungsgrad ersichtlich sind.

Die Hauptkornmasse in der aktiven Blockgrusdecke bildet das Korn mittlerer Bearbeitung β_1 (mit 60–80 % Anteil) und nicht – wie im Falle des frischen Granitverwitterungsmaterials – das kantige Korn. Die Einheitlichkeit des Materials ist gering, es dominiert der II. Histogrammtyp sowie mit kleinerem Anteil auch der I. Histogrammtyp.

Merklichere Unterschiede hinsichtlich der frischen Verwitterungsbildungen sind im Bereich der deluvialen, stabilisierten Gruslehmdecken erkenntlich, die frühere, vielleicht periglaziale Verwitterungsbedingungen darstellen. Im Material dieser Decken macht sich eine geringe Tendenz zur Verfeinerung des Materials hangabwärts bemerkbar sowie ein verhältnismäßig großer Anteil der Staubfazies (bis 12 %). Hinsichtlich des Bearbeitungsgrades der Kornmasse der beschriebenen Decken sei hingewiesen auf den großen Anteil extrem kantiger (α_1) und kantiger (α_2) Körner sowie Körner mit schwachen Bearbeitungsspuren (β_1). Charakteristisch hierbei ist ein ziemlich hoher Prozentanteil (bis 15 %) von Korn mit deutlichen Spuren der Bearbeitung (β_2). Die Einheitlichkeit des Materials ist gering, es dominiert der II. Histogrammtyp. Dieser Charakter der Veränderung des frischen Verwitterungsmaterials ist höchstwahrscheinlich dem Abflußwasser beim Hangtransport sowie einer starken Frostdesintegration zuzuschreiben.

Nach den ersten Kilometern im Gebirgsbachtransport verändert das Granitverwitterungsmaterial seinen Charakter, was Ausdruck findet im geringen Maß seiner Körnung, bedeutender dagegen in den Histogrammtypen. Die große Einheitlichkeit des Bearbeitungsgrades ist das Ergebnis der selektiven Tätigkeit des fließenden Wassers. Im fluviatilen Medium zeigt die Aufteilung nach dem Bearbeitungsgrad eine positive Schiefe, d. h., eine Tendenz zur Anreicherung des zugerundeten Kornes.

Wie aus obigem folgt, ist die Veränderungsrichtung des Granitverwitterungsmaterials verschieden. Bei seiner Einschaltung in andere Medien sind diese Umwandlungen von den in dem gegebenen Medium vorsichgehenden Prozessen abhängig und bedingt.

Aus den angeführten, quantitativ ermittelten Eigenschaften folgt, daß das Granitverwitterungsmaterial des Harzes individuelle granulometrische Eigenheiten besitzt, die es von anderen genetischen Ablagerungstypen differenzieren. Der Nullzustand der Körnung und der des Bearbeitungsgrades sind *die* Ausgangspunkte, von denen man bei der Bestimmung des Veränderungsgrades der Kornmasse in verschiedenen Ablagerungsmedien beginnen soll.

S c h r i f t t u m

- Bocht, B.: Über rezente und fossile Granitverwitterung im Gebiet des Harzes. Chemie der Erde. XIII (1940/41).
- Büdel, J.: Eiszeitliche und rezente Verwitterung und Abtragung im ehemals nicht vereisten Gebiet Mitteleuropas. Petermans Mitt. Erg. H. 229, Gotha 1937.
- Hövermann, J.: Morphologische Untersuchungen im Mittelharz. Göttinger Geogr. Abh. 2, Berlin (1949).
- Hövermann, J.: Zur Altersdatierung der Granitvergrusung. Neues Archiv f. Niedersachsen 18, Berlin (1951) 489–491.
- Hövermann, J.: Periglazialerscheinungen im Harz. Göttinger Geogr. Abh. 14, Berlin (1953) 7–44.

- Jahn, A.: Mapa pokryw i jej znaczenie geomorfologiczne (Res. Carte des mappes et son importance morphologique). *Czas. Geograf. T. XXVII/3*, W-wa – Wrocław (1956) 255–267.
- Jahn, A.: Morphological slope evolution by linear and surface degradation. *Geogr. Polonica 14*, Warszawa (1968) 77–85.
- Korżujew, S. S.: Kamiennye płaszcz Sibiri. *Izd. Akad. Nauk SSSR. Ser. geograf. nr 2*, Moskwa 1973.
- Kostrzewski, A.: Granulometry of granite weathering covers from Karkonosze and Tatra Mountains. *Studia Geograph 33*, Brno (1973) 31–41.
- Kostrzewski, A.: Granulometria zwietrzelin granitowych obszarów górskich Europy (Summ. Granulometry of the granite weathering materials from the mountainous areas in Europe). *Seria Geografia nr 9*, Poznań 1975.
- Kraszennikow, G. F.: *Uczenie o facjach*. *Izd. Wyższaja Szkoła, Moskwa* 1971.
- Krygowska, L.: Piaszki plaży bałtyckiej w świetle uziarnienia i obróbki (uwagi metodyczne). *Zesz. naukowe UAM. Geografia 7*, Poznań (1967) 73–79.
- Krygowska, L., Krygowski, B.: Typology of sand abrasion histograms as criterium for recognizing sedimentary environments. *Bull. de la Soc. Amis des Sci. et des Lett. de Poznań. Seria B. L. XXII*, Poznań (1970/71) 103–112.
- Krygowski, B.: Granulometria w badaniach utworów czwartorzędowych w Polsce (Ab. Granulometric methods of investigation of Quaternary deposits in Poland). *Z badań czwartorzędu T. 6*, Warszawa (1955) 395–404.
- Krygowski, B.: Mechanical method of estimation of abrasion grade of sand grains (Mechanical granulometry). *Journ. of Sediment. Petrology*, New York 1964.
- Krygowski, B., Kostrzewski, A.: Initial stages of granite rock waste in the light of grain abrasion (Tatra and Sudetes Mountains). *St. Geomorph. Carpatho-Balc. vol. V*, Kraków (1971) 153–172.
- Lembke, H.: Glazial, Periglazial und die eiszeitliche Schneegrenze im Harz. *Geologie 10* (1961) 442–460.
- Mortensen, H.: Blockmeere und Felsenburgen in den deutschen Mittelgebirgen. *Z. Ges. f. Erdk. (1932)* 279–286.
- Mücke, E.: Zur Frage der wärmezeitlichen Brockenvergletscherung. *Hercynia N. F. 1, H. 4*, Leipzig (1963) 420–442.
- Mücke, E.: Felsformen und Blockhalden im Bodetal bei Thale. *Wiss. Z. Univ. Halle XV. 66 M. H. 1*, Halle (1965) 57–66.
- Pettijohn, F. U., Potter, P. E., Siever, R.: *Sand and sandstone*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1972.
- Schick, M.: Zur Altersstellung der Granitvergrusung im Harz. *Mitt. Geogr. Ges. Wien 98* (1956) 209–212.
- Schick, M.: Fragen des periglazialen Formenschatzes im Harz (Ramberggebiet). *Z. Geomorph. 2* (1958) 101–110.
- Starkel, L.: Rola holocenijskich zmian klimatu w kształtowaniu rzeźby Europy (Rol holocenowych izmienijsz klimata w formowaniu reliefu Europy). *Przeegl. Geograf. T. XXXIX/3*, Warszawa (1967) 479–501.
- Strömquist, L.: Geomorfologiska studier av blockhav och blackfält in norra Skandinavien (Sum. Geomorphological studies of Blockfields in Northern Scandinavia). *Uppsala Univ. Naturgeogr. Inst., Uppsala* 1973.
- Wilhelmy, H.: *Klimamorphologie der Massengesteine*. Braunschweig 1958.

Doz. Dr. habil. Andrzej Kostrzewski
Geographisches Institut der Adam-Mickiewicz-Universität
P 61 – 701 P o z n a ń
Fredry 10