© Naturkdl. Station Stadt Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

HEINRICH HÄUSLER:

VORBERICHT ÜBER UNTERSUCHUNGEN VON GESTEINSDEFORMATIONEN DURCH SPANNUNGSÄNDERUNGEN AN PROBEKÖRPERN AUS DEN AQUITANEN SCHIEFERTONEN IM RAUM VON LINZ

Mit drei Tabellen

Vorwort

Die Oberfläche der Erdkruste stellt eine der wichtigsten geologischen Grenzflächen dar. Sie ist der Schauplatz endogener und exogener geologischer Vorgänge, die mit einer besonders intensiven Dynamik an der Gestaltung der Erde und des Lebens zusammenwirken. Diese Vorgänge zu erforschen ist somit eine der wesentlichen Aufgaben der Geologie, wodurch die Voraussetzungen geschaffen werden, die zur Erkenntnis der historischen und gegenwärtigen geologischen Ereignisse notwendig sind. Darüber hinaus ergeben sich daraus Grundlagen für die Prognosen über das künftig zu erwartende geologische Geschehen. Solche Prognosen und die hiezu nötige Prognosetechnik wurden an geologischen Problemen des Linzer Raumes erarbeitet (H. Häusler 1953).

Die geologischen Grenzflächen stellen wichtige Reaktionsfelder dar, aus denen wir die Elemente der geologischen Dynamik ermitteln und damit die Voraussetzungen für die genannten Prognosen schaffen können. Diese Reaktionsfelder setzen sich aus Fest- und Lockergesteinen zusammen bzw. aus den Böden (im pedologischen Sinne) und deren Muttergesteinen. Aus diesen Gesteinen versuchen wir die wirksamen geologischen Faktoren mit Hilfe der geologischen Analyse zu ermitteln oder sie durch direkte Messungen zu beobachten. Probleme des Wasserkraftbaues, vor allem des Talsperrenbaues, und solche, die bei der Errichtung von großen Laufkraftwerken auftreten, sowie forstwirtschaftliche Probleme haben den Verfasser dazu geführt, die geologischen Grenzflächenprobleme aufmerksamer zu behandeln, als dies in der Geologie bisher der Fall war. So wurden die technisch-geologischen Probleme und die Baustellen zu wichtigen Quellen der

© Naturkdl. Station Stadt Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Anregung für die geologische Grundlagenforschung, sie wurden ihre Beobachtungs- und Experimentierfelder und darüber hinaus zu Prüfständen ihrer Ergebnisse.

Eines der wichtigsten geologischen Probleme, das sich hieraus für das Bauwesen ergeben hat, das der primären Spannung des Gebirges, wurde aus den Zusammenhängen von Gestalt und Energiezustand des geologischen Objektes bzw. aus dem Zusammenhang von Gestalt und Spannung des geologischen Körpers heraus untersucht. Technologische Probleme an Tongesteinen (H. Häusler 1951) und Probleme des Talsperrenbaues in Kaprun (H. Häusler 1953) haben in diesem Zusammenhang zum Studium der Gefügespannungen in Gesteinskörpern geführt. Im Verlauf dieser Untersuchungen wurden dann weitere Gesteinsarten (Tonschiefer, Mergel, Löß, Kalkstein, Marmor, Granit) mit einbezogen. Die Beobachtungen an den aquitanen Schiefertonen aus dem Raum von Linz haben dabei besonders wertvolle Ergebnisse gezeitigt. Die Untersuchungen hiezu sind abgeschlossen und werden zum nächstmöglichen Zeitpunkt veröffentlicht. Die Ergebnisse dieser Beobachtungen aus den Jahren 1961 bis 1964 sind Gegenstand dieses Vorberichtes.

Einleitung

Grundlegende Arbeiten über geologische Spannungen sind in der angloamerikanischen Literatur bereits seit 1910 (J. A. Howe) erschienen und sogar in Lehrbüchern der allgemeinen Geologie berücksichtigt worden. In Österreich hat E. Suess seine grundlegende Arbeit 1913 veröffentlicht. Obwohl die Physik und die technischen Wissenschaften schon seit dem vorigen Jahrhundert wichtige Grundlagen zum Spannungsproblem geschaffen haben und die Werkstofforschung an kristallinischen Substanzen zu Ergebnissen gekommen ist, die auch für die Erforschung der kristallinischen geologischen Körper wichtig sind, wurden die Probleme der geologischen Spannungen in der deutschen Fachliteratur lange Zeit kaum beachtet. In der Bodenmechanik und im Bergwesen mußten die Spannungsprobleme behandelt werden, was meist ohne Bezug zur Geologie erfolgt ist. 1951 hat H. Häusler auf Spannungen im Gesteinsraum hingewiesen und seit 1957 hat A. Kieslinger neuerdings auf das Vorhandensein von Spannungen im geologischen Geschehen aufmerksam gemacht. Er hat dabei auf die Beobachtungen von Restspannungen und Entspannungen im Gestein hingewiesen. Dies erfolgte allerdings noch ohne Bezug auf

© Naturkdl. Station Stadt Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

die Vorarbeit von E. SUESS (1913) und ohne Beachtung der rheologischen Grundlagen. Seine Ergebnisse, auf Grund äußerer Ähnlichkeiten geologischer Erscheinungen verallgemeinert, sind dadurch irreführend geworden und haben systematische Untersuchungen über geologische Spannungen notwendig gemacht. Von den eingangs erwähnten geologischen Grenzflächenproblemen ausgehend wurde nun versucht, einen Beitrag zur Physik der geologischen Feststoffe, insbesondere zur Kenntnis der Gefügespannungen tektonisch beanspruchter Körper, zu leisten.

Eine Spannung hat die Dimension von Kraft durch Fläche. Sie entsteht in einem Körper, sobald darauf äußere Kräfte einwirken. In der Geologie können z. B. die tektonischen Kräfte, die magmatischen und hydraulischen Kräfte, die Lasten der Gesteinsmassen sowie die Gezeitenkräfte auf ein Gesteinselement der Erdkruste einwirken, wobei je nach der Lage dieses Gesteinselementes zur Erdoberfläche dessen Spannungszustand verschieden ist. Die Spannungsverteilung wird hiebei vom speziellen Verformungsplan der geologischen Struktur abhängen. Dabei können die geologischen Spannungen sehr verschiedene Ursachen bzw. Quellen haben. Die vorher genannten äußeren geologischen Kräfte erzeugen im Inneren des Gesteinselementes Spannungen, denen bestimmte Verformungen des beanspruchten Körpers entsprechen müssen. Unterwerfen wir einen Probewürfel in der Druckpresse einem einachsigen Druckversuch, so wird der Würfel zunächst elastisch verformt und das Gesteinsgefüge wird verschiedenartige Spannungen erhalten. Diese mögen künftig als Gefügespannungen bezeichnet werden. Wird dabei eine bestimmte Druckstufe des Versuches erreicht und die Spannungen im Gesteinskörper so erhöht, daß seine Würfelfestigkeit überschritten wird, so zerfällt der Probewürfel in Teilstücke. Solche Beanspruchungen des Gesteinskörpers können aber auch umgekehrt, nämlich von innen nach außen, stattfinden, sobald Volumskräfte zur Wirkung kommen. Diese Kräfte wirken nicht von außen auf den geologischen Körper ein, sondern sie wirken durch sekundäre Veränderungen seines Gesteinsgefüges. Als Ursachen bzw. Quellen solcher Spannungen sind Kristallisationskräfte, Schrumpfungs- und Quellungsvorgänge anzuführen sowie Wärmespannungen, Schwerkrafteinflüsse, Oberflächenkräfte u. a. m. Gefügespannungen, die auf solche Ursachen zurückzuführen sind, können ebenfalls eine Zerstörung des Gesteinskörpers verursachen. In beiden Fällen aber können auch die Veränderungen des

© Naturkdl. Station Stadt Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

geologischen Spannungszustandes zu Deformationen und Zerstörungen des Gesteins führen. Gefügespannungen, durch Einwirkung äußerer Kräfte erzeugt, sollen nun als exogene Gefügespannungen bezeichnet werden und die durch Volumskräfte erzeugten Spannungen im Gesteinskörper als endogene Gefügespannungen. Im Gesteinskörper können sich aber auch mehrere Spannungen überlagern und als Superpositionsspannung wirksam werden. Innerhalb des Gesteinskörpers müssen wir dabei drei Phasen des Stoffzustandes unterscheiden, die miteinander in Wechselwirkung stehen, und zwar die Feststoffphase, die flüssige und die gasförmige Phase. Diese sind über eine große Anzahl von Poren und Mineralkörnern wirksam. Innerhalb dieses Systems wirkende Kohäsionskräfte des molekularen und atomaren Bereiches bilden eine weitere Gruppe von Spannungen, die als primäre Gefügespannungen den vorher genannten (sekundären) Gefügespannungen anzureihen sind.

Die komplizierten Strukturen und Gefüge sowie die stoffliche Vielfalt des Gesteinskörpers schränken seine elastischen Eigenschaften weitestgehend ein. Die Grundvorstellung der elastischen Feder (elastischer Hookescher fester Körper) trifft daher für den Gesteinskörper nur in sehr beschränktem Maß zu. Aber auch die Strukturvorstellungen für die zähe Newtonsche Flüssigkeit und den plastischen St.-Venant-Körper sind nur für bestimmte Teileigenschaften des Gesteinskörpers brauchbar. Die für die jeweilige Gesteinsart gültigen Strukturmodelle müssen aus komplizierten Verknüpfungen der genannten Modellkörper dargestellt werden. Mechanische Strukturmodelle der Gesteine werden einen wichtigen Behelf für die Analyse geologischer Spannungen bilden. Sie müssen durch mineralogische, petrographische und geologische Untersuchungen gewonnen werden.

Die gegenüber der elastischen Feder außerordentlich komplizierten Strukturmodelle geologischer Körper machen Beobachtungen über die elastischen Nachwirkungen (z. B. durch Restspannungen, eingefrorene Spannungen) solcher Körper verständlich. Die Gesteine können dadurch geologische Spannungen und Spannungszustände verschiedener Art und verschiedenen Alters fixieren bzw. speichern und zu einem späteren Zeitpunkt zur Wirkung bringen.

Bei der Analyse geologischer Spannungen lassen sich schwerwiegende Fehler nur dann vermeiden, wenn diese komplizierten mechanischen Zusammenhänge berücksichtigt werden, was nur auf dem Weg von Feinmessungen und geologischen Spezialstudien möglich

© Naturkdl. Station Stadt Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

ist. Geologische Felder besonders intensiver Wirkungen, wie z. B. das Reaktionsfeld der Erdoberfläche, verhindern die Anwendung einfacher mechanischer Strukturmodelle zur Analyse der geologischen Spannungen, da die Gesteine in besonderem Maße physikalisch-chemischen Veränderungen ausgesetzt sind. In Anbetracht der sehr langen oder auch der sehr kurzen Zeiträume geologischer Vorgänge muß dem geologischen Zeitfaktor eine besondere Bedeutung bei der Analyse geologischer Spannungen zukommen. Russische Versuche haben bereits dazu geführt, diesen Zeitfaktor in das mechanische Strukturmodell einzubauen.

Bei der Verformung eines geologischen Körpers wird die Spannenergie zum Teil gespeichert und bei der Rückformung zum Teil als Funktion der Zeit wieder abgegeben. Damit soll hier nur angedeutet werden, daß die Energiebilanz geologischer Vorgänge und die Beschreibung des Energiezustandes einen weiteren Schritt der Spannungsanalyse darstellen wird. Besonderes Augenmerk ist hiebei auch auf die außermechanischen Energien zu richten. Untersuchungen über Wärmespannungen, über elektrische und magnetische Einflüsse auf die Gefügespannungen sowie deren Auswirkungen auf diese außermechanischen Energien werden die nächste Untersuchungsstufe dieser Arbeit darstellen.

Beobachtungen

Die vorliegenden Untersuchungen erfolgten hauptsächlich an aquitanen Schiefertonen. Sie wurden zum Teil im geologischen Laboratorium und zum Teil im Gelände ausgeführt. Ein wesentlicher Teil der Beobachtungen erstreckte sich auf Deformationsmessungen an zylindrischen Gesteinskörpern, die über einen Zeitraum von 1000 Beobachtungsstunden ausgeführt wurden und etwa 500 Einzelmessungen ergeben haben. Es wurden dabei die achsialen Längenänderungen der Gesteinszylinder gemessen, deren Achsen lotrecht in die Meßgeräte eingebaut worden sind. Die Gesteinszylinder wurden aus 18 Meter bis rund 21 Meter Tiefe lotrecht aus dem Gesteinsverband entnommen. Drei Probekörper wurden sofort nach der Entnahme aus dem Gesteinsverband an Ort und Stelle in die Meßeinrichtung eingebaut, um die Anfangsverformungen beobachten zu können. Um den Einfluß des Porenraumes und dessen Füllung auf die Verformung bzw. Gefügespannungen beobachten zu können, wurden für dieses

© Naturkdl. Station Stadt Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Tabelle 1

zu den Versuchsbedingungen der achsialen Verformungsmessungen an zylindrischen Probekörpern aus aquitanen Schiefertonen mit 140 mm Durchmesser

Probenummern	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6
Achsiale Länge der Probekörper (cm)	0,23	0,23	0,23	0,26	0,25	0,24
Entnahmetiefe (m)	18,16	18,39	18,62	20,34	20,75	21,26
Zeitpunkt der Probenahme am 8. 6. 1962	7^{00}	7^{00}	7^{00}	11^{00} — 14^{00}	14^{00}	14^{00}
Beginn der Messungen (Uhrzeit)	12^{40}	12^{40}	12^{40}	14^{10}	21^{15}	21^{15}
Beobachtungsbedingungen	Probekörper unter Wasser gelagert			Probe trocken gelagert (unter Nylon)	Proben in Dieselöl gelagert	
Gesamte Längenzunahme (mm)	6,25	4,15	5,8	1,0	0.4	0,35
Längenzunahme in % der Zylinderhöhe	2,7	1,8	2,5	0,38	0,16	0,14
Ende der Versuche	20. 7. 1962, 5^{00} Uhr				18. 7. 1962, 6^{00} Uhr	

Untersuchungsprogramm drei verschiedene Versuchsgruppen gebildet. Die erste Gruppe umfaßte die Gesteinsproben P 1 bis P 3. Diese Proben wurden in Wasser gelagert und ihre Eigenverformungen unter Wasser gemessen. Die Beobachtung der zweiten Gruppe, durch die Probe P 4 ausgewiesen, erfolgte bei Luftlagerung unter einer Abdeckung durch eine Nylonfolie. Bei der dritten Versuchsgruppe, die Proben P 5 und P 6 umfassend, wurden diese in Dieselöl gelagert und unter Ölabschluß auf die Eigenverformungen hin gemessen. Die näheren Versuchsbedingungen sind der Tabelle 1 zu entnehmen, die Meßergebnisse sind aus den Tabellen 2 und 3 ersichtlich. Die Auswertung dieser Messungen ergibt eine spontan mit der Probeentnahme einsetzende Längenzunahme der Gesteinszylinder, die nach 300 bis 400 Beobachtungs-

© Naturkdl. Station Stadt Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

stunden langsam abklingt und dann bis über die 1000. Beobachtungsstunde hinaus anhält (Wasserlagerung). Bei Luftlagerung dauerte die Längenzunahme nur rund 100 Stunden. Nach 200 Stunden wurde dann der Schrumpfungspunkt erreicht und die Längenabnahme über 1000 Stunden beobachtet. Die in Öl gelagerten Proben erreichten ihre stärkste Längenzunahme innerhalb von 50 Stunden und nach insgesamt 100 bzw. 417 Stunden den Schrumpfungspunkt. Das Abklingen der Schrumpfung wurde dabei über 300 Stunden hinaus beobachtet. Diese Verformungen sind zunächst durch Zuspannungen ausgelöst worden, nachdem der geologische Spannungszustand durch die Probeentnahme geändert worden ist. Infolge von Reaktionen der Porenflüssigkeiten und Gase wurden diese Veränderungen durch Quellungs- und Schrumpfungsspannungen überlagert.

Tabelle 2

Verformungsmessungen (Meßwerte unmittelbar nach Probenentnahme)

Datum	Uhrzeit	Ablesungen an den Meßinstrumenten in mm			
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
8. 6. 1962	12^{40}	4,155	3,604	1,310	
8. 6. 1962	12^{52}	4,245	3,644	1,341	
8. 6. 1962	14^{00}	4,572	3,817	1,507	2,963
8. 6. 1962	14^{20}	4,650	3,864	1,550	2,978
8. 6. 1962	14^{30}	4,679	3,883	1,567	2,991
8. 6. 1962	14^{45}	4,738	3,926	1,598	3,024
8. 6. 1962	15^{00}	4,782	3,960	1,627	3,048
8. 6. 1962	15^{15}	4,826	3,990	1,652	3,063
8. 6. 1962	15^{20}	4,865	4,025	1,683	3,087
8. 6. 1962	15^{45}	4,910	4,055	1,703	3,105
8. 6. 1962	16^{00}	4,970	4,093	1,738	3,138

Abbruch der Messungen zur Umstellung vom Gelände ins Labor. Neuadjustierung der Probekörper und Beginn der neuen Messungsserie am 8. Juni 1962 um 21^{15} Uhr.

© Naturkdl. Station Stadt Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Tabelle 3

Verformungsmessungen

Datum	Uhrzeit	Ablesungen an den Meßinstrumenten in mm					
		P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6
8. 6. 1962	21 15	3,818	3,262	3,445	3,572	0,241	2,390
8. 6. 1962	21 30	3,852	3,270	3,468	3,579	0,255	2,403
8. 6. 1962	21 45	3,882	3,275	3,487	3,584	0,262	2,410
8. 6. 1962	22 00	3,913	3,279	3,508	3,590	0,271	2,415
9. 6. 1962	6 15	4,728	3,490	4,078	3,782	0,339	2,470
9. 6. 1962	9 45	4,972	3,567	4,267	3,835	0,348	2,477
9. 6. 1962	11 00	5,060	3,589	4,319	3,856	0,350	2,482
9. 6. 1962	12 00	5,125	3,610	4,353	3,871	0,366	2,488
9. 6. 1962	15 15	5,357	3,676	4,485	3,912	0,386	2,510
9. 6. 1962	16 00	5,396 [1]	3,688 [1]	4,510 [1]	3,920	0,393	2,510
9. 6. 1962	17 20	5,480 [2]	3,720 [2]	4,558 [2]	3,934	0,3994	2,513
9. 6. 1962	18 30	5,540	3,750	4,595	3,948	0,401	2,515
9. 6. 1962	20 30	5,632	3,800	4,667	3,960	0,401	2,519
10. 6. 1962	8 30	6,040	4,083	5,099	4,021	0,402	2,519
10. 6. 1962	12 10	6,142	4,160	5,232	4,035	0,417	2,530
10. 6. 1962	15 50	6,223	4,228	5,350	4,051	0,420	2,540
10. 6. 1962	17 05	6,255	4,255	5,393	4,058	0,421	2,543
10. 6. 1962	18 10	6,278	4,270	5,417	4,063	0,421	2,544
10. 6. 1962	19 05	6,300	4,283	5,436	4,069	0,421	2,546
10. 6. 1962	20 05	6,320	4,300	5,456	4,069	0,421	2,548
10. 6. 1962	21 05	6,340	4,312	5,477	4,070	0,421	2,550
11. 6. 1962	9 50	6,570 [3]	4,452 [3]	5,690 [3]	4,078	0,421	2,560
11. 6. 1962	11 00	6,588	4,467	5,710	4,081	0,421	2,563
11. 6. 1962	12 30	6,611	4,480	5,730	4,087	0,425	2,568
11. 6. 1962	14 00	6,637	4,499	5,750	4,094	0,429	2,572
11. 6. 1962	15 00	6,651	4,509	5,766	4,098	0,4315	2,575
11. 6. 1962	17 10	6,679	4,531	5,795	4,103	0,433 [4]	2,580
12. 6. 1962	8 00	6,850	4,659	5,968	4,103	0,4135	2,570
12. 6. 1962	11 00	6,880	4,682	6,002	4,108	0,407	2,570
12. 6. 1962	19 00	6,948	4,736	6,082	4,120	0,386	2,578
13. 6. 1962	6 00	7,025	4,798	6,172	4,100	0,3515	2,570
13. 6. 1962	8 45	7,048	4,812	6,200	4,100	0,3465	2,570
13. 6. 1962	13 50	7,080	4,845	6,240	4,110	0,3442	2,582

© Naturkdl. Station Stadt Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Tabelle 3

Verformungsmessungen (Fortsetzung)

Datum	Uhrzeit	Ablesungen an den Meßinstrumenten in mm					
		P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6
13. 6. 1962	16 00	7,092	4,855	6,252	4,113	0,3440	2,588
13. 6. 1962	18 00	7,108	4,868	6,270	4,120	0,3445	2,592
14. 6. 1962	6 00	7,180	4,928	6,345	4,118	0,3452	2,598
14. 6. 1962	9 00	7,200	4,942	6,365	4,118	0,3388	2,598
14. 6. 1962	13 45	7,228	4,962	6,398	4,122	0,3230	2,605
14. 6. 1962	17 00	7,248	4,980	6,422	4,132	0,320	2,615
15. 6. 1962	6 00	7,320	5,040	6,505	4,140	0,2915	2,628
15. 6. 1962	10 45	7,352	5,055	6,530	4,148	0,268	2,632
15. 6. 1962	12 45	7,368	5,068	6,545	4,152	0,2648	2,642
15. 6. 1962	17 30	7,400	5,090	6,578	4,160	0,2608	2,658
16. 6. 1962	6 00	7,480	5,155	6,668	4,160	0,2510	2,670
16. 6. 1962	16 45	7,542	5,215	6,738	4,165 [5]	0,2485	2,675
17. 6. 1962	9 00	7,625	5,295	6,830	4,158	0,246	2,675
17. 6. 1962	19 30	7,680 [6]	5,348 [6]	6,887 [6]	4,161	0,2462 [7]	2,688
18. 6. 1962	8 30	7,743	5,402	6,951	4,148	0,2460	2,684
18. 6. 1962	11 30	7,755	5,418	6,970	4,155	0,246	2,691
19. 6. 1962	14 00	7,805	5,532	7,108	4,155	0,260	2,715
19. 6. 1962	19 15	7,815	5,555	7,138	4,155	0,264	2,725
20. 6. 1962	11 00	7,835	5,612	7,205	4,128	0,2645	2,712
20. 6. 1962	19 30	7,845	5,638	7,235	4,115	0,2645	2,710
22. 6. 1962	10 00	7,870	5,732	7,338	4,058	0,2395	2,688
23. 6. 1962	6 00	7,895	5,790	7,405	4,050	0,257	2,700
24. 6. 1962	8 00	7,928	5,878	7,510	4,050	0,275	2,720
25. 6. 1962	9 00	7,953	5,958	7,603	4,033	0,282	2,735 [8]
27. 6. 1962	8 00	7,978	6,042	7,708	3,950	0,249	2,700
29. 6. 1962	9 00	7,995	6,042	7,778	3,828	0,2155	2,565

© Naturkdl. Station Stadt Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Tabelle 3

Verformungsmessungen (Fortsetzung)

Datum	Uhrzeit	Ablesungen an den Meßinstrumenten in mm					
		P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6
30. 6. 1962	8 15	7,998	6,048	7,792	3,763	0,0255	2,462
1. 7. 1962	10 00	8,000	6,060	7,808	3,722	—	2,458
1. 7. 1962	17 00	8,001	6,068	7,815	3,730	0,024 0,400 [9]	2,510
3. 7. 1962	20 00	8,008	6,100	7,860	3,688	0,381	2,380
4. 7. 1962	9 00	8,008	6,110	7,870	3,662	0,381	2,358
6. 7. 1962	12 45	8,008	6,130	7,902	3,608	0,374	2,332
8. 7. 1962	8 15	8,008	6,152	7,930	3,562	0,367	2,312
8. 7. 1962	19 15	8,010	6,160	7,942 [10]	3,581	0,376	2,338
10. 7. 1962	7 45	8,018	6,178	7,972	3,568	0,3825	2,342
12. 7. 1962	8 30	8,038	6,238 [11]	6,052 [12]	3,582	0,495	2,385
14. 7. 1962	14 30	8,000	6,302	8,138	3,532	0,396	2,380
15. 7. 1962	—	8,065	6,330	8,175 [13]	3,520	0,402	2,386
16. 7. 1962	16 45	8,072	6,353	8,205	3,495	0,3965	2,381
18. 7. 1962	6 00	8,078	6,382	8,238	3,442	0,3780	2,355
20. 7. 1962	5 00	8,080	6,398	8,268	3,382	—	—

[1] Klopfgeräusche der entweichenden Gase
[2] Gasblasen steigen auf
[3] Geräusche der austretenden Gase weiterhin fallweise zu hören
[4] Maximale Längenzunahme des Gesteinszylinders erreicht, Schrumpfungsbeginn
[5] Wie bei [4]
[6] Randliche Brüche (Kanten-Ringbrüche) der oberen Fläche des Gesteinszylinders
[7] Mittelriß in der oberen Fläche des Gesteinszylinders
[8] Maximale Längenzunahme des Gesteinszylinders erreicht, Schrumpfungsbeginn

© Naturkdl. Station Stadt Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

[9] Meßuhr auf 0,400 mm umgestellt
[10] Neuer Kanten-Ringbruch
[11] Kanten-Ringbruch (Ablösung)
[12] Kanten-Ringbruch
[13] Kanten-Ringbruch

Bemerkungen zu den Bruchformen, die bis zum Versuchsende aufgetreten sind und nach Ausbau der Proben aus der Meßeinrichtung beobachtet wurden:

Probe 1: Schwach schalenförmiger, unregelmäßiger Riß unterhalb der Mitte und schalenförmige Randablösungen.

Probe 2: Schrägriß durch die Mitte der oberen Zylinderfläche und schalenförmiger Abriß über das obere Kantendrittel.

Probe 3: Schalenförmiger Kantenriß (wie bei Probe 2) über zwei Drittel des Umfanges.

Probe 4: Keine Risse.

Probe 5: Schrägriß durch die Mitte der oberen Zylinderfläche, diese zum Teil schraubenförmig angerissen.

Probe 6: Schrägriß durch das untere Drittel des Probekörpers, senkrechter Riß durch die Mitte der oberen Zylinderfläche (2 cm tief).

Außer diesen Messungen wurden die Auswirkungen der Schrumpfungsspannungen und Quellungsspannungen näher untersucht und ein Frostversuch ausgeführt, um die Auswirkung der Frostspannung auf die Form der Ablösungsfläche kennenzulernen. Die bisherigen Beobachtungen haben dabei Veränderungen des Gesteinskörpers ergeben, die auf endogene und exogene geologische Gefügespannungen zurückzuführen sind. Zur nötigen Ergänzung dieser Beobachtungen wurden geologische Strukturuntersuchungen im Gelände ausgeführt, wobei die geologischen Darstellungen von E. Braunmüller, R. Grill und J. Schadler über die weitere Umgebung von Linz als Grundlage gedient haben. Im Zuge dieser Beobachtungen wurden kluftstatistische Messungen ausgeführt und die Gesteinsdeformationen im Zuge der Materialentnahme verfolgt. Die räumliche Verteilung dieser Kluftbeobachtungen und die gleichzeitige Beobachtung der an die aquitanen Schiefertone von Linz nach Süden anschließenden Helvetmergel hinsichtlich ihrer Zerklüftung sowie die Erkenntnis ihrer mechanischen Eigenschaften haben wertvolle Hinweise auf die Auswirkung der exogenen geologischen Spannungen ergeben. Im Zuge der paläogeographischen Rekonstruktionen der geomorphologischen Entwicklung des Untersuchungsraumes wurde der Versuch gemacht, die zeitlich aufeinanderfolgenden Vertikalspannungen für die Vergleichsebene in 236 Meter Seehöhe von der Sedimentation an bis zum Beobachtungszeitpunkt zu ermitteln und darzustellen. Sie wurden als

© Naturkdl. Station Stadt Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Überlagerungs- bzw. als Reliefspannung bezeichnet. Es zeigte sich hiebei, daß die Überlagerungsspannung (auf VE 236 m) durch etwa 24 Millionen Jahre zwischen 20 kg/cm² und 50 kg/cm² anzunehmen ist und sich in den anschließenden 600.000 Jahren bis zum heutigen Tag zwischen 0 kg/cm² und 20 kg/cm² bewegt hat. Untersuchungen über die mechanischen Eigenschaften der Helvetmergel haben gezeigt, daß die tektonische Spannung (die durch den Nordschub der Alpen bedingt worden ist und zum Teil auch heute noch bedingt wird) kleiner als die Überlagerungsspannung war. Somit ergab sich die Verteilung der geologischen Hauptspannungen auf ein Gesteinselement innerhalb der aquitanen Schiefertone (dreiachsiger Spannungszustand) in der Form, daß die größte Hauptspannung durch die Reliefspannung gebildet wurde, die kleinste Hauptspannung durch den nordgerichteten Alpenschub bedingt als tektonische Radialspannung verursacht worden ist und die mittlere Hauptspannung sich aus Anteilen der beiden Spannungsursachen zusammengesetzt hat. Diese Spannungen sind im Gesteinsgefüge weitestgehend gespeichert und im Zuge der nachtertiären Erosion teilweise abgebaut worden. Der inneren Reibung der aquitanen Schiefertone entsprechend hat sich dabei eine charakteristische Kluftverteilung in Abhängigkeit der exogenen geologischen Hauptspannungen parallel zur Geländeoberfläche und parallel zu den tektonischen Hauptstörungen ausgebildet. Ähnliche Trennflächen sind durch Abtragsarbeiten für das Kraftwerk St. Pantaleon entstanden. Weitere Ähnlichkeiten der Ablösungsformen bzw. Bruchformen der Schiefertone unter dem Einfluß von endogenen Gefügespannungen im Labor mit den natürlichen und künstlich verursachten Kluftflächen lassen vermuten, daß die endogenen Spannungen den exogenen Gefügespannungen überlagert worden sind. Diese Beobachtungen haben gezeigt, daß sich die Erklärungen über die Entstehungen geologischer Trennflächen aus der Rekonstruktion der geologischen Spannungsänderungen heraus auf das Zusammenwirken sämtlicher geologischer Spannungen beziehen müssen und es daher nicht statthaft ist, eine einzige, wenn auch bedeutende Spannung allein, z. B. die Überlagerungsspannung (siehe A. Kieslinger) in die geologischen Untersuchungen einzuführen.

© Naturkdl. Station Stadt Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Folgerungen

Die Analyse der geologischen Spannungen ist nicht nur für die Probleme der Ingenieurgeologie und des Bergbaues bedeutsam geworden, sondern sie stellt als Beitrag zur geologischen Grundlagenforschung eine wichtige Ergänzung der bisherigen Arbeiten über das Gebiet der allgemeinen Geologie dar. Es haben die bisherigen Studien an den geologischen Grenzflächen im Raum von Linz und die Auseinandersetzungen mit den Ingenieurprojekten spezielle geologische Prognosen über die räumlichen und über die zeitlich zu erwartenden Bedingungen erfordert und zur Prognosetechnik geführt (H. HÄUSLER 1959). Die Behandlung geologischer Spannungsprobleme, einem wichtigen Teilgebiet der geologischen Prognose über die räumlichen und zeitlichen geologischen Erwartungen eines Reaktionsraumes, erfordern eine weitere Verbesserung der bisherigen geologischen Beobachtungsmethoden (der geologischen Datengewinnung) und der geologischen Datenverarbeitung. Diese Verbesserungen wurden zum Teil bereits durch die Begründung der Theoretischen Geologie 1946 versucht (H. HÄUSLER) und konnten an den technischen Problemen des Ingenieurbaues erprobt werden. Mit Hilfe der analytischen Geologie wurde dann eine weitere Verbesserung der geologischen Beobachtung erzielt. Aus den Zusammenhängen zwischen den Gestaltveränderungen geologischer Körper und den Veränderungen ihrer geologischen Spannungen aber können nun wichtige Erkenntnisse über die elastischen und plastischen Verformungen des Gebirges abgeleitet und die entsprechenden Beobachtungen gemacht werden. Die Bearbeitungen der Talsperrenprobleme von Kaprun haben dazu geführt, daß die geologischen Probleme grundsätzlich als Raum-Zeit-Probleme zu behandeln sind. Die geologische Analyse erfolgt hiebei in bezug auf die Raum-Zeit-Koordinaten und die geologische Aussage wird dabei mit Hilfe der geometrischen Darstellung versucht. Dabei ist jeder Punkt des vierdimensionalen geologischen Raumes durch vier Koordinaten abzubilden. Als Voraussetzung hiezu wurde 1952 das Rostverfahren in die Ingenieurpraxis eingeführt (H. HÄUSLER 1963). Bereits seit 1946 wurde durch Einführung der Energiekoordinate der fünfdimensionale geologische Raum als Arbeitsgrundlage bei der Behandlung geologischer Probleme eingeführt. In den Folgejahren wurde daraufhin die Kartierung der geologischen Dynamik und deren Veränderungstendenzen für die Baupraxis versucht und angeregt (siehe

© Naturkdl. Station Stadt Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

H. HÄUSLER 1959). In diesem Zusammenhang erfolgt nun die Bearbeitung der geologischen Spannungen durch die Analyse der geologischen Gegebenheiten aus den Abbildungen des fünfdimensionalen Raumes auf den Anschauungsraum und wird soweit als möglich durch direkte Messungen geologischer Vorgänge unterstützt. Alle diese Bemühungen dienen nicht nur der bisher geübten historisch gerichteten Arbeitsweise der Geologie und der Geologie als beschreibender Naturwissenschaft, sondern vor allem der künftig notwendigen geologischen Prognosetechnik. Nur damit wird es möglich sein, die bisherige Wahrscheinlichkeit der geologischen Aussage zu verbessern und damit die Voraussetzungen zu schaffen, um auch die baugeologischen Reaktionsgebiete den heutigen bereits sehr hohen Qualitätsansprüchen des Ingenieurbauwesens entsprechend sicherer zu beherrschen.

Die älteren (H. HÄUSLER 1949) Untersuchungen der geologischen Reaktionsfelder im Raum von Linz haben wertvolle Anregungen für die geologische Grundlagenforschung und die geologische Praxis ergeben, denen nun durch die jüngsten Untersuchungen über die aquitanen Schiefertone im Raum von Linz neue Impulse verliehen worden sind.

Schrifttum:

Anderson, E. M., 1963: The dynamics of faulting. London.

Ayrenschmalz, L., 1958: Wörterbuch zur Festigkeitslehre. München.

Borowicka, H., 1962: Bodenmechanik — Felsmechanik. Österr. Ing.-Zeitschrift, 5, Wien.

Braunmüller, E., 1959: Der Südrand der Molassezone im Raume von Bad Hall. Erdöl-Zeitschrift, Wien.

Braunmüller, E., 1961: Die paläographische Entwicklung des Molassebeckens in Oberösterreich und Salzburg. Erdöl-Zeitschrift, Wien.

Breth, H., 1960: Die Festigkeit vorbelasteter Böden. Geologie und Bauwesen, 25, Wien.

Bridgman, P. W., 1938: Reflections on rupture. Journ. Applied Physics, 9, Lancaster, Pennsylvania.

Buchheim, W., 1958: Umrisse einer phänomenologischen Theorie der elastischen Nachwirkungen und Plastizität isotroper Gesteine. Freiberger Forschungshefte, Reihe C, 45, Berlin.

Buchheim, Wo., 1961: Zur Berücksichtigung der Zeitabhängigkeit in der Theorie des mechanischen Verhaltens von Gesteinsmassen. Geologie und Bauwesen, 26, Wien.

Engelhardt, W., 1960: Der Porenraum der Sedimente. Berlin.

Grill, R., und Waldmann, L., 1950: Zur Kenntnis des Untergrundes der Molasse in Österreich. Jahrb geol. B. A., 44, Wien.

© Naturkdl. Station Stadt Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Häusler, H., 1938: Ein Beitrag zur Lößfrage. Zentralblatt f. Min. ect. Jg. 1938. Abt. A., Nr. 12, Stuttgart.

Häusler, H., 1944: Die geologischen Grundlagen der Sedimentbildung, ein Entwurf der geologischen Beurteilung der Sedimente. Habilitationsschrift, Manuskript, Wien.

Häusler, H., 1948: Aufschlußuntersuchungen des Tonlagers Utzenaich der Firma Auinger und Bramberger, Ziegelwerke Utzenaich. Manuskript.

Häusler, H., 1951: Eine Notiz zur Rißbildung an feuchten Peliten. Geologie und Bauwesen, Jg. 1951, Wien.

Häusler, H., 1953: Geologischer Bericht zur Injektion der Drossensperre. Manuskript, Tauernkraftwerke AG, Salzburg, Linz.

Häusler, H., 1953: Die Bedeutung boden- und vegetationskundlicher Untersuchungen für den Bauingenieur. Zeitschrift des Österreichischen Ingenieur- und Architektenvereines, 98, Wien.

Häusler, H., 1955: Auwald und Grundwasser. Österreichische Wasserwirtschaft, 7, Wien.

Häusler, H., 1957: Die Auwaldböden der Umgebung von Linz. Naturkundl. Jb. d. Stadt Linz 1957, Linz.

Häusler, H., 1958: Aktuelle Geologie im Großraum von Linz. Naturkundl. Jb. d. Stadt Linz 1958, Linz.

Häusler, H., 1959: Das Wirken des Menschen im geologischen Geschehen. Naturkundl. Jb. d. Stadt Linz 1959, Linz.

Häusler, H., 1961: Baugeologischer Schlußbericht über das Kraftwerksprojekt Ottenstein als Unterlage der behördlichen Kollaudierung. Manuskript, Linz.

Häusler, H., 1961: Ennskraftwerk St. Pantaleon - Krafthaus. Geologischer Vorbericht vom 26. Juni 1961, Ennskraftwerke AG, Steyr, Manuskript, Linz.

Häusler, H., 1962: Geologisches Gutachten über die Sperrenstelle Toreck. Manuskript, Linz.

Häusler, H., 1963: Geologische Voruntersuchung zum Kraftwerksprojekt Sankt Pantaleon vom 11. Februar 1963. Ennskraftwerke AG, Steyr, Manuskript, Linz.

Häusler, H., 1963: Kraftwerksprojekt St. Pantaleon - Krafthaus. Baugeologischer Bericht über die Baustellenbegehung vom 25. Februar 1963, Ennskraftwerke AG, Steyr, Manuskript, Linz.

Häusler, H., 1963: Kraftwerksprojekt St. Pantaleon - Krafthaus. Baugeologischer Bericht über die Baustellenbegehung vom 1. April 1963, Ennskraftwerke AG, Steyr, Manuskript, Linz.

Häusler, H., 1963: Kraftwerksprojekt St. Pantaleon - Krafthaus. Baugeologischer Bericht über die Begehung vom 16. und 22. April 1963, Ennskraftwerke AG, Steyr, Manuskript, Linz.

Häusler, H., 1963: Kraftwerksprojekt St. Pantaleon - Krafthaus. Baugeologischer Bericht über die Baustellenbegehung vom 13. Mai 1963, Ennskraftwerke AG, Steyr, Manuskript, Linz.

Häusler, H., 1963: Zur Einführung geologischer Schnittsysteme in baugeologische Untersuchungsprogramme (geologisches Rostverfahren), insbesondere bei Talsperrenprojekten. Österr. Ingenieur-Zeitschrift, 6, Wien.

© Naturkdl. Station Stadt Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Häusler, H., 1964: Verbesserungen der geologischen Bearbeitung bautechnischer Projekte. Österreichische Bauzeitung 1964, Wien.

Hiersemann, L., 1957: Über die Bedeutung der Rheologie für geophysikalisch-geologische Theorien. Geologische Rundschau, 44, 1957, Stuttgart.

Johns, R. H., 1943: Sheet structure in granites. Journ. of geol., 51, Chicago.

Kármán, Th., 1912: Festigkeitsversuche unter allseitigem Druck. Mitt. Forschungsarbeiten V. D. J., Heft 118.

Kastner, H., 1962: Statik des Tunnel- und Stollenbaues. Berlin.

King, H. M., 1957: Mechanics of hydraulic fracturing. AIME Petroleum Transactions, 210.

Kieslinger, A., 1957: Zur Spaltbarkeit von Granit. Montanrundschau, 5, Wien.

Kieslinger, A., 1958: Restspannung und Entspannung im Gestein. Geologie und Bauwesen, 24, Wien.

Kieslinger, A., 1960: Gesteinsspannungen und ihre technischen Auswirkungen. Z. deutsch. geol. Ges., 112, Hannover.

Leet, D. und Judson Sh., 1959: Physical Geology. New Jersy.

Müller, L., 1962: Über die Entstehung oberflächenparalleler Klüfte, Versuch einer geomechanischen Erklärung. Geologie und Bauwesen, 27, Wien.

Oberst, H., 1963: Elastische und viskose Eigenschaften von Werkstoffen. Berlin.

Odé, H., 1957: Mechanical analysis of dike pattern of the Spanish Peaks area, Colorado. Bull. of the geol. soc. of America, 88, New York.

Pöschl, Th., 1952: Elementare Festigkeitslehre. Berlin.

Protodjakonow, M. M., 1959: Zum Vortrag von A. Salustowicz, Internationale Gebirgsdrucktagung 1958. Diskussionen, Berlin.

Rabcewicz, L., 1944: Gebirgsdruck und Tunnelbau. Wien.

Schadler, J., 1949: Ennskraftwerk St. Pantaleon. Geologisches Gutachten, Ennskraftwerke AG, Steyr, Manuskript.

Scheidegger, A. E., 1964: Tektonische Spannungen und deren Einfluß auf geologische Verschiebungen. Geologie und Bauwesen, 29, Wien.

Schiller, W., 1923: Seltsame Spannungserscheinungen und Bodenerosion in devonischen Schiefern der Chopade bei Cuyabá in Matto Grosso (Mittel-Brasilien). Geologische Rundschau, 14, Berlin.

Sueß, E., 1913: Über Zerlegung der gebirgsbildenden Kraft. Mitt. Geol. Ges. Wien, 6, Wien.

Terzaghi, K., 1925: Erdbaumechanik auf bodenphysikalischer Grundlage. Leipzig und Wien.

Terzaghi, K., 1954: Theoretische Bodenmechanik. Berlin.

Watznauer, A., 1958: Über die Möglichkeit des Auftretens einer tektonischen Komponente im Gebirgsdruck. Internat. Gebirgsdrucktagung 1958, Berlin.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Naturkundliches Jahrbuch der Stadt Linz (Linz)

Jahr/Year: 1965

Band/Volume: 11

Autor(en)/Author(s): Häusler Heinrich

Artikel/Article: Vorbericht über Untersuchungen von Gesteinsdeformationen durch Spannungsänderungen an Probekörpern aus den aquitanen Schiefertonen im Raum von Linz 21-36