

der Intensität des Tyndallichtes zu der Intensität des einfallenden Lichtes, wenn die Konzentration des Goldhydrosols 10^{-4} m und die Tiefe des Tyndalkegels 1 mm ist (Fig. 11 und 12).

In dem Wellenbereich 440—330 $m\mu$ ist das Tyndallicht ziemlich schwach, hat aber im Bereich von 300—270 $m\mu$ ein kräftiges Maximum. Die Intensität des Tyndallichtes hat ihren größten Wert bei Hydrosolen, die Teilchen mit einem Radius von 40—50 $m\mu$ haben.

Aus Steubing's Untersuchung erhellt, daß das Tyndallicht bei roten Goldhydrosolen ein Intensitätsmaximum innerhalb des sichtbaren Spektrums aufweist. Das Tyndallicht hätte somit mindestens zwei Maxima, eines innerhalb des sichtbaren Spektrums und eines im ultravioletten Gebiete. Innerhalb des sichtbaren Spektrums haben also sowohl Lichtabsorption als Tyndallicht ein Maximum. Aus Verf. Untersuchungen über die Lichtabsorption erhellt, daß diese kein Maximum innerhalb des ultravioletten Wellenlängenbereichs aufweist und daß die Lichtabsorption abnimmt, wenn der Teilchenradius wächst. Das Tyndallicht dagegen hat ein kräftiges Maximum im ultravioletten Bereich, und die Intensität des Tyndallichtes ist am größten für Teilchen mit einem Radius von 40—50 $m\mu$.

Zusammenfassung.

1. Eine Methode zur Bestimmung des Ver-

hältnisses zwischen der Intensität des Tyndallichtes und der des einfallenden Lichtes innerhalb des ultravioletten Spektralbereiches wurde beschrieben. Der Einfluß der Lichtabsorption wurde durch eine graphische Methode eliminiert.

2. Die Intensität des Tyndallichtes ist proportional der Konzentration des Goldkolloids und der Tiefe des Tyndalkegels.

3. Die Intensität des Tyndallichtes von nach der Keimmethode hergestellten Goldhydrosolen wurde bestimmt. Innerhalb eines Wellenlängenbereiches von 440—330 $m\mu$ ist das Tyndallicht ziemlich schwach, aber im Bereiche von 300 bis 270 $m\mu$ weist es ein kräftiges Maximum auf.

4. Die Intensität des Tyndallichtes ist auffallend gering bei feinkörnigen Solen, nimmt aber bei wachsender Teilchengröße schnell zu. Wenn die Goldkonzentration konstant gehalten wird, strahlt von Goldhydrosolen, welche Teilchen mit einem Radius von 40—50 $m\mu$ enthalten, das stärkste Tyndallicht aus.

* * *

Die Messungen wurden im Physikalisch-Chemischen Institut der Universität Upsala ausgeführt. Für die Möglichkeit hierzu spreche ich Herrn Prof. The Svedberg meinen aufrichtigsten Dank aus.

Untersuchung der äußeren Reibung an Glimmerflächen.

Von B. Derjaguin und W. Lazarev (Moskau).

(Institut für angewandte Mineralogie. Laboratorium für physiko-mechanische Eigenschaften von dispersen Systemen und Oberflächenschichten der Physiko-chemischen Abteilung.)

(Eingegangen am 28. Juni 1934.)

Inhalt.

Es wird der Koeffizient μ der statischen Reibung von Glimmer auf Glimmer gemessen. Ohne Schmiermittel ist μ ungefähr gleich 1,0, schwankt aber stark von Probe zu Probe. Wasser setzt die Reibung auf $\mu = 0,2$ herab, während andere Flüssigkeiten als Schmiermittel weniger wirksam sind. Nur Wasser mit einem Zusatz von NaOH (sogar in geringen Konzentrationen) verkleinert die Reibung noch mehr als reines Wasser. Die Schmierwirkung des Wassers steht in Zusammenhang mit der Lyosorption und der Festigkeit dünner Wasserschichten. Dieselbe Wirkung erklärt die Rolle, die das Wasser in der Plastizität von Ton spielt.

1. Einführung.

Die Untersuchung der äußeren Reibung wird sehr erschwert durch schlechte Reproduzierbarkeit der experimentell gefundenen Reibungswerte und durch die einander oft völlig widersprechenden Ergebnisse verschiedener Beobachter. So findet beispielsweise W. Hardy¹⁾, daß der Reibungskoeffizient ganz reiner Oberflächen (Glas oder Metall) ungefähr gleich 1,0 ist, daß er aber durch Verunreinigungen der Oberflächen fast immer herabgesetzt wird. Früher hingegen hatte Ch. Jacob²⁾ gefunden, daß im Vakuum

¹⁾ W. Hardy und F. Hardy, Philos. Mag. J. Sci. 6, 38 (1919).

²⁾ Ch. Jacob, Ann. d. Physik 38, 126 (1912).

die Reibung reiner Oberflächen nahezu Null ist und durch alle Verunreinigungen erhöht wird. P. Shaw³⁾ wiederum findet für die Reibung im Vakuum im Gegenteil noch größere μ -Werte als W. B. Hardy für die Reibung in Luft, bis $\mu=7^4)$.

Die Ursache hierfür ist darin zu suchen, daß die Reibung äußerst empfindlich ist gegen die Beschaffenheit der Oberfläche, welche ihrerseits stark von der Bearbeitung (Polierung, Glühung) und der Methode und dem Vollkommenheitsgrad der Befreiung von oberflächlichen Verunreinigungen abhängt. Die Gewinnung von Oberflächen in einem wohldefinierten Zustand gestaltet sich aber um so schwieriger, als keine Methoden vorhanden sind, die den Zustand der Oberfläche exakt zu kontrollieren erlauben. Dieses erschwert das Studium der äußeren Reibung ungemein, und vielleicht liegt hierin die Ursache dafür, daß wir seit den Zeiten Coulomb's bis heute auf diesem Gebiet nicht nennenswert vorwärtsgekommen sind.

Deshalb ist es von großem Interesse, die Reibung an Flächen irgend eines Kristalls zu studieren, die durch Spaltung längs natürlicher Spaltflächen frisch erzeugt sind. Solche Flächen sind leicht in einheitlichem Zustande zu gewinnen, und die Notwendigkeit der Reinigung fällt hierbei fort. Als Versuchsobjekt wählten wir Glimmer, der sehr vollkommene Spaltflächen besitzt. Außerdem verfolgten wir bei der Untersuchung der Reibung von Glimmer noch ein anderes Ziel.

Nach der Theorie von H. Le Chatelier⁵⁾ hängt die Plastizität von Ton damit zusammen, daß in ihm schuppen- oder plättchenartige mineralische Teilchen vorhanden sind, die infolge des blätterigen Charakters ihres Kristallgitters in stande sind, bei Dispergierung Teilchen solcher Form zu liefern. Man kann annehmen, daß die Rolle, die das Wasser in der Plastizität des Tons spielt, mit seiner Fähigkeit zusammenhängt, die Reibung zwischen den kristallinen Schuppen herabzusetzen, wodurch es die plastische Verformung erleichtert.

Jedenfalls muß der Mechanismus der plastischen Verformung von Systemen ähnlich dem

Ton die Gleitung zwischen benachbarten Teilchen in sich einschließen. Deshalb liefert das Studium der Reibung von, beispielsweise, Glimmerblättchen und des Einflusses von „Wasserschmierung“ auf sie die Möglichkeit, das wichtigste Element der plastischen Verformung getrennt für sich zu untersuchen, ohne daß es durch hinzutretende Umstände kompliziert wird. Daher muß eine solche Untersuchung das schwierige Problem der Plastizität des Tons und anderer mineralischer Suspensionen aufhellen.

2. Meßmethode.

Zur Messung der statischen Reibung (des Grenzwertes der Reibungskraft) wurde das eine Glimmerblättchen L (siehe Fig. 1) auf eine Unterlage U gelegt, die in horizontaler Richtung gleiten konnte, und zwar geschah der Antrieb durch einen Faden, der sich auf einen langsam rotierenden Zapfen Z aufwickelte. Das andere, obere Glimmerblättchen M, dessen Reibung gegen das

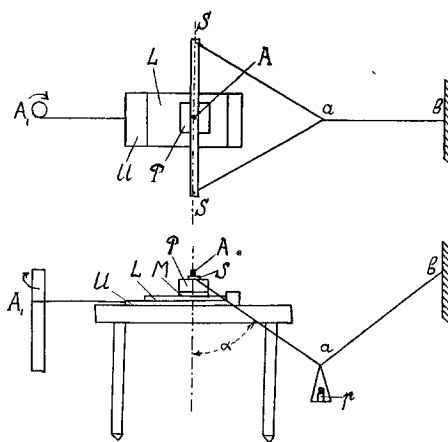


Fig. 1

untere untersucht wurde, wurde an eine Platte P geklebt, die mit dem Stift A versehen war; vermittels dieses Stiftes wurde die Verbindung der Platte mit einem horizontal angeordneten Stab SS hergestellt.

Ein Schälchen mit dem Gewicht p war an drei Fäden aufgehängt; von diesen war einer, ab, an einem festen Punkte befestigt, die beiden anderen liefen zu den Enden des Stabes SS auf dem Niveau des Punktes b. Diese beiden Fäden projizieren sich auf die Vertikalebene, die Zeichenebene, als Strecke aS gleich der Fadenlänge ab.

Zu Anfang, solange der Winkel α klein war, nahm die untere Glimmerplatte die obere bei ihrer Bewegung mit. Wenn aber der Winkel α

³⁾ P. Shaw, Philos. Mag. J. Sci. 10, 809 (1930).

⁴⁾ Diese letzten hohen μ -Werte sind aber unserer Meinung nach nur durch „Anhaften“ bedingt und somit scheinbare und keine wahren μ -Werte im Lichte des von B. Derjaguin gefundenen neueren Reibungsgesetzes. B. Derjaguin, Z. Physik 88, 661 (1934); Vortr. d. Akad. d. Wissensch. zu Leningrad 3, 93 (1934), Nr. 2

⁵⁾ Siehe z. B. H. Le Chatelier, La Silice et les Silicates (1914); deutsche Übersetzung (Leipzig 1920).

einen bestimmten Grenzwert erreicht hatte, begann die Gleitung. Wenn man das Gewicht p_0 der Platte und des Stabes vernachlässigen könnte, so wäre der Koeffizient μ der statischen Reibung gleich dem Tangens des Grenzwertes des Winkels α . In Wirklichkeit mußte man auch das Gewicht p_0 berücksichtigen; wenn wir den Grenzwert des Winkels α durch α_0 bezeichnen, so haben wir:

$$F = \frac{1}{2} p \operatorname{tg} \alpha_0; \quad \mu = \frac{F}{N} = \frac{\frac{1}{2} p \operatorname{tg} \alpha_0}{\frac{1}{2} p + p_0}; \quad (1)$$

darin bedeutet N die Normalkraft, die die Glimmerflächen aneinanderdrückt, F die statische Reibung.

Diese Methode der Tribometrie ist einfach und bequem und besitzt den Vorzug, daß sie die Anwendung von Rollen zu umgehen erlaubt, die einen unvermeidlichen Fehler hineinbringen, und daß sie außerdem untereinander völlig identische Bedingungen für die einzelnen Messungen schafft.

3. Meßergebnisse.

Zu allererst wurde die Anwendbarkeit des Coulomb'schen (richtiger Amonton'schen) Gesetzes auf die Reibung der Glimmerblättchen geprüft, wozu Reibungsmessungen bei verschiedenen Belastungen ausgeführt wurden. In Fig. 2 ist auf der Abszisse die Belastung N (in Gramm) und auf der Ordinate die Reibungskraft F (in Gramm)

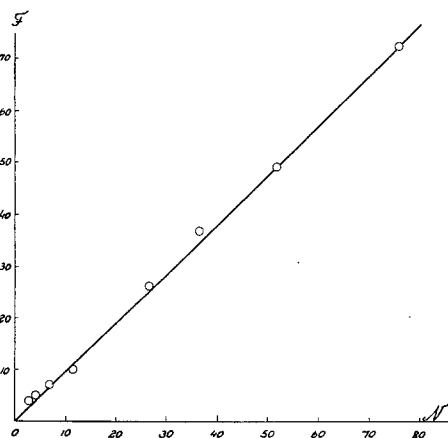


Fig. 2

aufgetragen. Wie man sieht, gab die Prüfung ein positives Resultat. Die Punkte liegen gut auf einer Geraden, die ungefähr durch den Nullpunkt des Koordinatensystems geht. Was das anbetrifft, daß diese Gerade die Ordinatenachse

anscheinend in einem Punkte oberhalb von Null schneidet, so stimmt das mit der von B. Derjaguin⁶⁾ gefundenen Verallgemeinerung des Reibungsgesetzes überein.

Bei Reibung mit Wasserschmierung (siehe unten) erwies sich das Coulomb'sche Gesetz ebenfalls erfüllt mit geringen Abweichungen bei kleinen Belastungen nach der von dem verallgemeinerten Reibungsgesetz⁷⁾ vorausgesagten Seite (siehe Fig. 3).

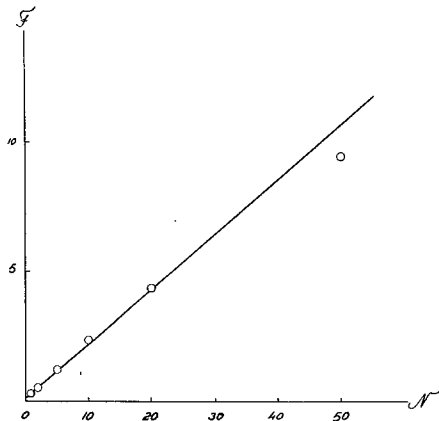


Fig. 3

Für den Koeffizient μ der statischen Reibung (Quotient aus der Kraft, die für den Beginn der Gleitung notwendig ist, und der Normalbelastung) ergab sich bei reinen, frisch gespaltenen Glimmerflächen ein Wert ungefähr gleich 1,0. Ungefähr denselben Wert für μ fand W. B. Hardy⁸⁾ an reinen Glas- und Metalloberflächen. Diese Übereinstimmung legt den Gedanken nahe, daß ihre Ursache mit der Ausbildung adsorbierter Luftschichten auf der reinen Oberfläche fester Körper zusammenhängt. Gleichzeitig kann man annehmen, daß sich die Oberfläche von Glimmer und anderen Körpern in Luft in einem wohldefinierten Zustand befindet, der durch einen ganz bestimmten Reibungskoeffizient charakterisiert ist.

Es sei bemerkt, daß die verschiedenen Messungen Ergebnisse liefern, deren Streuung im Mittel 10 Proz. beträgt, so daß die Resultate der Einzelmessungen ziemlich ungenau sind. Außerdem zeigen sich starke Schwankungen in Abhängigkeit von den verschiedenen Proben. Muscovit gibt gewöhnlich geringere Reibungswerte als Flogapit.

⁶⁾ B. Derjaguin, Z. Physik 88, 661 (1934); Vortr. d. Akad. d. Wissensch. Leningrad 3, 93 (1934), Nr. 2.

⁷⁾ B. Derjaguin, loc. cit.

⁸⁾ W. B. Hardy und F. Hardy, loc. cit.

Wenn man die Reibung an „frischen“ Flächen mehrmals hintereinander mißt, ohne sie jedesmal zu erneuern, so beobachtet man eine systematische Abnahme der Reibung. Hierbei fällt der Reibungskoeffizient ungefähr von 1,1 bis auf 0,5—0,4. Als Beispiel führen wir folgende, auf diese Weise ausgeführte Meßreihe an:

Tabelle I.

Nr.	μ
1	1,15
2	1,13
3	0,98
4	0,80
5	0,55

Die Ausführung der ganzen Meßreihe dauerte ungefähr eine Stunde. In Anbetracht der großen Empfindlichkeit der Reibung gegenüber dem Zustand der Oberfläche könnte man die hier beobachtete Abnahme der Reibung mit der Zeit einer allmählichen Verschmutzung der Oberfläche zuschreiben. Eine solche Erklärung wird indessen widerlegt, wenn man die Reibungskoeffizienten zusammenstellt, die gewonnen wurden: 1. aus Messungen, die gleich nach der „Reinigung“ der Oberflächen ausgeführt wurden, und 2. aus solchen, die erst nach Ablauf verschiedener Zeitintervalle ausgeführt wurden, jedoch an Oberflächen, mit denen nach der „Reinigung“ Reibungsmessungen nicht vorgenommen waren⁹⁾. Wir führen die Zahlenwerte des Reibungskoeffizienten für solche unbeschädigte Oberflächen an:

Tabelle II.

Versuch Nr.	Zeit, die nach Reinigung der Flächen verstrich (in Std.)	μ -Mittelwert aus mehreren Messungen
1	0	0,84
1	4	0,62
2	1	1,15
2	24	0,70
3	0	1,01
3	24	0,87
3	48	0,83
4	3	1,13
4	24	0,60
5	0	0,90
5	3	0,96
5	24	0,92

Wie man sieht, fällt die Reibung jetzt weniger stark und überdies nicht in allen Fällen.

Bei Messungen, die sich über kleinere Zeitintervalle erstrecken, blieben die μ -Werte innerhalb der Meßgenauigkeit konstant. Alles das spricht dagegen, daß die Glimmerflächen schnell verschmutzen.

⁹⁾ Die Flächen befanden sich bis zu den Messungen in der Luft.

Die Abnahme der Reibung bei mehrfach wiederholten Messungen an nichterneuerten Oberflächen darf man somit auf Zerreibung der Oberflächen zurückführen. Indessen die hierbei beobachtete Herabsetzung der Reibung einfach durch Fortschleifung der „Mikroterrassen“ erklären zu wollen, ist anscheinend nicht richtig.

Zur Untersuchung der Schmierwirkung des Wassers wurde letzteres auf zweierlei Weise aufgebracht, entweder bevor die Oberflächen der Glimmerblättchen aufeinander gelegt waren (1), oder nachdem sie wie bei jeder Messung aufeinandergelegt waren, und zwar wurde in diesem Falle der Wassertropfen auf die untere Platte am Rand der oberen aufgebracht (2). In beiden Fällen wurde die gleiche, schroffe Abnahme der Reibung beobachtet¹⁰⁾. Bezeichnen wir den Reibungskoeffizient der trockenen Flächen mit μ_0 , der nach Methode (1) angefeuchteten mit μ_1 und der nach Methode (2) angefeuchteten mit μ_2 , so erhalten wir für verschiedene Proben:

Tabelle III.

Versuch Nr.	μ_0	μ_1	Anzahl der Messungen, aus denen gemittelt wurde	μ_2	Anzahl der Messungen, aus denen gemittelt wurde
1	1,0	0,168	7	—	—
2	1,1	0,197	4	—	—
3	0,66	0,144	4	—	—
4	0,86	0,240	2	—	—
5	1,00	—	—	0,163	2
6	1,00	—	—	0,213	2

Aus der Tatsache, daß das Wasser bei Flächen, die schon zur Berührung gebracht waren, vermindernd auf die Reibung wirkt (und zwar bis auf denselben Wert, den man erhält, wenn man die Flächen vor ihrer Berührung anfeuchtet), geht hervor, daß das Wasser in den Raum zwischen den trockenen Flächen eindringt, wobei es sie auseinanderschiebt.

Wie besondere Versuche mit der Wasserschmierung nach der zweiten Methode zeigten, geht dieses Eindringen in den Zwischenraum und die Herabsetzung der Reibung äußerst schnell vor sich ($t < 1$ sec). Es ist daher mit Rücksicht auf den Viskositätswiderstand unmöglich anzunehmen, daß das Wasser in den Spalt zwischen den Oberflächen der beiden Glimmerblättchen in Gestalt einer nur zweimolekularen Schicht eindringt, man muß vielmehr voraussetzen, daß sich

¹⁰⁾ Ungefähr die gleiche Abnahme der Reibung wurde beobachtet, wenn beide Glimmerblättchen ganz unter Wasser getaucht wurden.

ein „dickerer“, polymolekularer Schmierspalt ausbildet.

Da die Reibung hierbei nicht bis Null fällt, so muß man einer solchen Wasserschicht eine Schubfestigkeit zuschreiben, analog einem festen Körper. Das steht im Einklang mit der früher von B. Derjaguin festgestellten Elastizität dünner Wasserschichten, die zwischen Glasflächen eingeschlossen sind¹¹⁾.

Wenn man die mit Wasser benetzten Glimmerflächen trocknen läßt, so beobachtet man eine Zunahme der Reibung, was für eine (wenigstens teilweise) Umkehrbarkeit des Vorgangs spricht.

Führen wir Beispiele an:

1. Versuch: Blättchen mit Wasser benetzt: $\mu = 0,115$. $1\frac{1}{2}$ Stunden später; Blättchen dem Aussehen nach trocken: $\mu = 0,38$.

2. Versuch: Die Messungen wurden $\frac{1}{2}$ Stunde nach Benetzung der unteren Probe mit Wasser ausgeführt. Probe dem Aussehen nach trocken: $\mu = 0,53$. An den Rand der oberen Probe ein Wassertropfen gebracht: $\mu = 0,162$.

Es sei bemerkt, daß bei Anwendung von Wasserschmierung keine Verminderung der Reibung bei mehrfacher Wiederholung der Reibungsmessungen an denselben Flächen beobachtet wurde (Messungen von W. Lymzin in unserem Laboratorium), was man damit in Verbindung bringen kann, daß keine Beschädigungen und Dispergierung der Oberflächen vorkommen. Dieses zeigt, daß man die Abnahme der Reibung bei Wasserschmierung nicht durch erleichterte Abspaltung der Mikroterassen¹²⁾ erklären kann, wobei man voraussetzt, daß die Gleitung bei einem solchen Kraftaufwand beginnt, bei welchem diese Abspaltung bereits vor sich gehen kann. Diese Bemerkung hat anscheinend allgemeinere Bedeutung. Bei der Reibung fester Körper

¹¹⁾ B. Derjaguin, Z. Physik 84, 657 (1933).

¹²⁾ Es sei hinzugefügt, daß bei direkten Messungen der Spaltungsarbeit längs den natürlichen Spaltflächen, die von W. Lazarev an Glimmer ausgeführt wurden, keine merkliche Abnahme dieser Arbeit in Gegenwart von Wasser festgestellt wurde. Interessant ist, daß sich Wasser auf Glasoberflächen entgegengesetzt benimmt, indem es nämlich die Reibung nicht vermindert (W. Hardy und F. Hardy, loc. cit.), die Dispergierungsarbeit dagegen stark herabsetzt, wie dieses P. Reh binder und N. Kalinowskaja [Z. techn. Physik 2, 736 (1932), russ.] festgestellt haben, die es in Zusammenhang mit der Abnahme der Oberflächenenergie brachten; diese Erklärung steht in Einklang mit späteren Messungen der Oberflächenenergie an Glas durch W. Berdennikow [Physik. Z. Sowjetunion 4, 397 (1933)]. Diese beiden Beispiele dienen zugleich als Argument dafür, daß kein direkter Zusammenhang zwischen der äußeren Reibung und der Dispergierung besteht (siehe unten).

beseitigt die Einführung auch einer die Reibung verhältnismäßig wenig herabsetzenden Flüssigkeit fast völlig die Oberflächendispergierung¹³⁾. Deshalb ist der Zusammenhang zwischen Reibung und Dispergierung kein direkter: letztere begleitet oft die erstere, ohne sie jedoch quantitativ zu bedingen.

In dieser Beziehung gehen wir mit der Anschauung W. D. Kusnezows auseinander, der die Abschleifarbeit an Kristallen vom Typ NaCl untersucht hat¹⁴⁾. Nach seiner Ansicht geht in diesem Fall die ganze Reibungsarbeit auf die Dispergierungsarbeit, gemessen durch die hierbei eintretende Zunahme der Oberflächenenergie. Indessen abgesehen davon, daß dies ein sehr spezieller Fall ist (große Sprödigkeit, Anwendung von Schmirgelpapier), ist die Grundvoraussetzung W. D. Kusnezow's unmittelbar nicht bewiesen angesichts der Tatsache, daß die Größe der nicht zu erfassenden Pulveroberfläche nicht gemessen ist.

Bei einer Reihe von Messungen wurde zwecks Erlangung maximaler Reinheit die Wasserschicht auf der Glimmeroberfläche vermittels eines Dampfstrahls von kochendem destilliertem Wasser angeblasen. Hierbei ergab sich, wenn die Oberflächen schon zur Berührung gebracht waren, ungefähr die gleiche Abnahme der Reibung wie früher, z. B.:

Trockene Reibung $\mu = 0,9$

Nach Einwirkung des Dampfstrahls $\mu = 0,22$.

Die von uns gefundene ausgeprägte Schmierwirkung des Wassers macht seine Rolle bei der Plastizität des Tons (s. o., Abschn. 1) verständlich. Den Parallelismus zwischen der äußeren Reibung der Schuppenteilchen (bei Wasserschmierung) und der Grenzschubkraft („Yield value“) des Tons im ganzen können wir noch durch folgende Angaben bestätigen.

Bei der Untersuchung des Einflusses von Elektrolyten auf die Plastizität von Kaolinsuspensionen fanden M. Wolarowitsch und D. Tolstoi¹⁵⁾, daß ein Zusatz geringer Mengen von NaOH zum Wasser den „Yield value“ herabsetzt.

¹³⁾ Bei großen Belastungen (einige kg) und Vorhandensein von auf den Oberflächen adsorbierten oberflächenaktiven Molekülen beobachtet man indessen parallel mit der Abnahme der Reibung eine Zunahme der Dispergierbarkeit, was den Gegenstand umfangreicher Untersuchungen P. Reh binder's und seiner Mitarbeiter bildet [siehe z. B. Z. Physik 72, 191 (1931); Physik. Z. Sowjetunion 4, 365 (1933)].

¹⁴⁾ W. D. Kusnezow, Z. Physik 42, 302 (1927); 52, 420 (1928); W. Kusnezow und N. Bessonow, Z. Physik 44, 226 (1927).

¹⁵⁾ M. Wolarowitsch und D. Tolstoi, Vortr. d. Akad. d. Wissensch. zu Leningrad (1934), Nr. 9.

Die danach in unserem Laboratorium von W. Lymzin ausgeführten Messungen zeigten, daß parallel hierzu ein NaOH-Zusatz zum Wasser die Reibung von Glimmerblättchen in noch stärkerem Maße herabsetzt.

Für reines Wasser $\mu = 0,24$,

für Wasser + NaOH

(0,18 Gewichtsproz.) $\mu = 0,18$.

Die Abnahme der Reibung des Glimmers in Gegenwart von Wasser stellt eine im gewissen Sinne unerwartete Tatsache insofern dar, als nach W. Hardy¹⁶⁾ Wasser die Reibung von Metall- und Glasoberflächen überhaupt nicht beeinflusst. Es war daher von Interesse, am Glimmer diejenigen Flüssigkeiten zu untersuchen, die im allgemeinen als Schmiermittel wirken. Im folgenden sind unsere Ergebnisse angeführt:

Schmierflüssigkeit	μ
Keine	1,0
Valeriansäure	0,33
Oleinsäure	0,35
Buttersäure	0,30
Benzol	1,0
Isoamylalkohol	0,75

Wie man sieht, zeigen sich die Flüssigkeiten, die sonst gewöhnlich gute Schmiermittel sind, hier weniger wirksam als Wasser, besonders Isoamylalkohol. Benzol war völlig unwirksam. Was

¹⁶⁾ W. Hardy und F. Hardy, loc. cit.; W. Hardy und L. Bircumshaw, Proc. Roy. Soc., London. Ser. A 108, 2 (1925).

die Schnelligkeit anbelangt, mit der bei Auftragung des Schmiermittels (nach Methode 2) die Abnahme der Reibung eintritt, so erwies sie sich ebenfalls als sehr groß. Der Effekt trat fast augenblicklich ein.

Zusammenfassung.

Die statische Reibung von reinen sowie von geschmierten Glimmerflächen wird untersucht und der Reibungskoeffizient gemessen. Hierbei erwies sich das Coulomb'sche Gesetz als streng maßgebend.

Für reine frische Glimmerflächen ist μ ungefähr gleich 1,0. Bei Wiederholung der Messungen mit denselben Flächen sinkt der μ -Wert bis auf 0,4—0,5 herab, was mit Oberflächenverletzung und Oberflächendispergierung im Zusammenhang steht.

Die Wasserschmierung setzt den μ -Wert auf $\mu = 0,2$ herab. Ein Zusatz von NaOH verkleinert die Reibung noch mehr. Die Flüssigkeiten, die sonst gewöhnlich gute Schmiermittel sind (wie Oleinsäure, Isoamylalkohol u. a.) zeigen sich hier weniger wirksam als Wasser, z. B. für Isoamylalkohol ist $\mu = 0,75$.

Experimentelle Tatsachen, sowie einfache Überlegungen führen zu der Behauptung, daß bei statischer Reibung der Schmierpalt eine Dicke von mehreren Molekülen besitzt. Dabei äußern sich die anomalen Eigenschaften dünner Flüssigkeitsschichten.

Über die Lebensdauer von flüssigen Tropfen auf der Oberfläche der gleichen Flüssigkeit.¹⁾

Von L. D. Mahajan.

(Eingegangen am 20. Mai 1934.)

(Aus dem Mohindra College, Physics Laboratory, Paliya, Indien.)

Im Februar 1929 veröffentlichte der Autor eine Arbeit²⁾, in welcher er einige allgemeine Erklärungen über flüssige Tropfen auf der gleichen Flüssigkeitsoberfläche gab. Im September und November 1930 veröffentlichte der Autor zwei weitere Arbeiten über: „Die Wirkung des umgebenden Mediums auf die Lebensdauer der flüssigen Tropfen auf derselben Flüssigkeitsoberfläche“³⁾ und über: „Die Bildung von Wassertropfen auf der Wasseroberfläche“⁴⁾. In den spä-

teren Jahren 1931—1933 wurden noch eine Zahl anderer Arbeiten⁵⁾ veröffentlicht, über: „Die Wirkung störender Faktoren und der Temperatur auf diese Tropfen“, über: „Ihre Gestalt“, über: „Die Wirkung geringer Drucke“ und über: „Die Theorie ihrer Bildung und Existenz“. Im Anschluß hieran hat der Verfasser nunmehr die verschiedenen Methoden zur Verlängerung ihrer Lebensdauer studiert und hat gefunden, daß die folgenden Faktoren auf ihre Lebensdauer einwirken:

1. Schwingung der Flüssigkeitsoberfläche.
2. Bewegung der Flüssigkeitsoberfläche.
3. Bewegung der flüssigen Tropfen.

¹⁾ Übersetzt von H. Erbring (Leipzig).

²⁾ I. B. Seth, C. Anand und L. D. Mahajan, Philos. Mag. J. Sci. 7, 247 (1929).

³⁾ L. D. Mahajan Philos. Mag. J. Sci. 10, 383 (1930).

⁴⁾ L. D. Mahajan, Nature 126, 761 (1930); 127, 70 (1931).

⁵⁾ L. D. Mahajan, Z. Physik 79, 389 (1932); 81, 605 (1933); Current Science 1, 162 (1932); Kolloid-Z. 65, 20 (1933); 66, 22 (1934).