

aber schwer ohne die Annahme der drastischen Verkürzung der Mg-ATP-Acto-Myosin-Teilchen erklären lassen. Wie dem aber auch sei, gestatten diese Versuche, nun die Kontraktion *in vitro* messend zu verfolgen.

Ich möchte zum Schluß eine interessante Beobachtung I. Bangas nicht unerwähnt lassen. Nach ihren Versuchen ist nur das kontrahierte Acto-Myosin fermentativ wirksam. Das ATP wird nur durch das kontrahierte Eiweiß mit größerer Geschwindigkeit gespalten. Dies legt den Gedanken nahe, daß auch *in vivo* das Myosin erst in kontrahiertem Zustande aktiv wird und durch die Spaltung des ATP die zur Relaxation nötige Energie frei macht.

Mögen diese Zeilen auch meine tiefe Bewunderung der Kulturarbeit der Deutschen Chemischen Gesellschaft und zugleich meine Wünsche für eine weitere ruhmreiche Zukunft zum Ausdruck bringen.

256. Wolfgang Ostwald: Über die Bodenkörperregel bei der Entstehung kolloider Lösungen durch Dispersion.

(Aus Leipzig eingegangen am 12. November 1942.)

Der Inhalt der unter der Bezeichnung „Bodenkörperregel“ zusammengefaßten Erscheinungen und Regeln bei der Entstehung kolloider Lösungen durch Dispersion (d. h. durch Auflösung, Peptisation, mechanische Zerteilung usw.) ist in letzter Zeit mehrfach mißverstanden worden. Es liegt dies vielleicht daran, daß trotz der sehr großen Zahl von Arbeiten¹⁾ über dieses Thema eine neuere Zusammenfassung fehlt. Im folgenden sei in gedrängter Form das Wesentliche dieser Regel dargestellt.

¹⁾ Wo. Ostwald, Kolloid-Ztschr. **41**, 163 [1927]; A. v. Buzagh, ebenda **41**, 169 [1927]; W. v. Neuenstein, ebenda **41**, 183 [1927], **43**, 241 [1927]; Wo. Ostwald, ebenda **43**, 249, 268 [1927]; v. Buzagh, ebenda **43**, 215, 220 [1927]; Wo. Ostwald u. R. Köhler, ebenda **43**, 233 [1927]; Wo. Ostwald u. H. Schmidt, ebenda **43**, 276 [1927]; Wo. Ostwald, W. Steinbach u. R. Köhler, ebenda **43**, 227 [1927]; Wo. Ostwald u. W. Rödiger, ebenda **43**, 225 [1927]; W. J. Watermann u. van Aken, Journ. chem. Soc. London **46**, 411 [1928]; E. v. Mühlendahl u. J. Reitstötter, Kunststoffe **1927**, Heft 7; R. Köhler, Kolloid-Ztschr. **45**, 345 [1928]; v. Buzagh, Kolloid-Ztschr. **46**, 178 [1928]; Wo. Ostwald u. P. Kestenbaum, Kolloidchem. Beih. **29**, 1 [1929]; v. Buzagh, Kolloid-Ztschr. **48**, 33 [1929]; W. Schindler, ebenda **48**, 254 [1929]; E. Heymann, ebenda **48**, 195 [1929]; S. P. L. Soerensen u. J. Sladek, ebenda **49**, 16 [1929]; v. Buzagh, ebenda **49**, 183 [1929]; Wo. Ostwald, ebenda **49**, 188 [1929]; Wo. Ostwald u. W. Rödiger, ebenda **49**, 314, 412 [1929]; N. Jermolenko, ebenda **49**, 424 [1929]; R. Auerbach, ebenda **51**, 176 [1930]; W. Haller, ebenda **55**, 96 [1931]; R. Schwarz u. E. Huf, Ztschr. anorgan. allgem. Chem. **203**, 188 [1931]; J. Sakurada, Kolloid-Ztschr. **54**, 43 [1931]; Wo. Ostwald u. W. Ortloff, Kolloid-Ztschr. **58**, 215 [1932]; J. Leick, Ztschr. analyt. Chem. **87**, 415 [1932]; E. S. Hedges, Journ. chem. Ind. **51**, 607 [1932]; Wo. Ostwald u. W. Gamm, Kolloid-Ztschr. **62**, 180, 324 [1933], **63**, 93 [1933]; Wo. Ostwald, Trans. Faraday Soc. **29**, 347 [1933]; H. Knoche, Kolloid-Ztschr. **67**, 195, 307 [1934], **68**, 37 [1934]; Wo. Ostwald u. R. Walter, ebenda **76**, 291 [1936], **77**, 54 [1936]; E. Buchholtz, Ztschr. anorgan. allgem. Chem. **244**, 149 [1940]; A. v. Buzagh, Kolloid-Ztschr. **101**, 149 [1942] usw. Die Aufzählung erhebt nicht Anspruch auf Vollständigkeit.

1) Für die Entstehung hoch- oder molekulardisperser Lösungen, gleichgültig mit welchen physikalisch-chemischen oder chemischen Kräften sie erfolgt, sind kennzeichnend zunächst die Regeln von Gay Lussac: Die Löslichkeit wird bei Konstanz von Lösungsmittel, Temperatur und Druck durch einen Zahlenwert definiert, der bei Vorhandensein von Bodenkörper unabhängig von der Menge des letzteren ist. Bei Variation der Löslichkeit, z. B. infolge Temperaturänderung, findet man ein reversibles Gleichgewicht. Als weitere Variablen von meist geringerem Einfluß wären noch Korngröße und feinbaulicher Ordnungszustand des Bodenkörpers anzuführen. Diese Regeln gelten für die weitaus meisten Vorgänge molekulardisperser Auflösung. Über einige Ausnahmen siehe weiter unten Abschnitt 4.

Entstehen bei der Auflösung kolloide oder kolloidhaltige Systeme, so sind die Verhältnisse schon rein experimentell wesentlich verwickelter. S. P. L. Soerensen²⁾, bekanntlich ein strenger Vertreter der molekularchemischen Betrachtungsweise, gemäß der die molekularchemischen Gesetzmäßigkeiten prinzipiell ausreichen, um auch das Verhalten kolloider Systeme zu erfassen, definiert beispielsweise die Löslichkeit des Caseins in Salzsäure (+ NaCl) folgendermaßen (im Original gesperrt):

„Unter Löslichkeit des Caseins in Salzsäure (und NaCl) verstehen Verfasser die Menge Casein (bzw. die Anzahl Milligrammäquivalente von Casein-N), die durch 15-minütige Zentrifugierung in einer Zentrifuge mit Radius 8 cm und 10000 Umdrehungen pro Minute sich nicht aus dem Gemisch heraus zentrifugieren läßt, das aus zwei Phasen, alle beide Casein enthaltend, besteht, einem Gemisch, dessen Rauminhalt 1 l beträgt und das aus einer klaren Lösung von Casein in HCl oder NaOH durch Fällung mit NaOH (und NaCl) bzw. HCl im Überschuß (und NaCl) dargestellt wurde, wobei die Zugabe vorsichtig zu geschehen hat, ohne Zusammenschütteln der Flüssigkeiten; die Mischung ist plötzlich durch heftiges Umschütteln vorzunehmen, und das gebildete System wird vor der Zentrifugierung 24 Stunden im Thermostat bei 18° geschüttelt.“

Zu ergänzen ist diese Definition noch dahin, daß nur ganz „frische“ Präparate ohne „Vorgeschichte“ (Soerensen) konstante Zahlen geben, daß in reinem HCl (ohne NaCl) die Löslichkeit nicht auf diese Weise bestimmt werden konnte, und daß der Begriff „klare Lösung“ offenbar sehr mit der optischen Methode variiert, die man zur Feststellung der „Klarheit“ anwendet.

Ähnliche Beispiele kann der Kolloidchemiker in großer Zahl anführen. Andererseits zeigt ein systematisches Studium der Entstehung kolloider und auch verschiedener grobdisperser Systeme durch Dispersion trotzdem eine Reihe von gemeinsamen Eigentümlichkeiten, die etwa ebenso charakteristisch sind für die kolloide Auflösung wie die Gay Lussacschen Regeln für die molekulardisperse:

Die kolloid (oder grobdispers) durch Dispersion in Lösung gehende Menge ist auch bei Konstanz von Lösungsmittel, Temperatur und Druck nicht durch eine einzige Zahl bestimmt. Insbesondere ist bei Vorhandensein von ungelöstem Bodenkörper die Löslichkeit nicht unabhängig von der Bodenkörpermengen. Statt der Gay Lussacschen Winkelkurve (linearer Anstieg der gelösten Menge mit der zugesetzten Bodenkörpermengen, dann streng horizontaler linearer Ast bei Überschuß des Bodenkörpers) findet man entweder ein dauerndes Ansteigen der Löslichkeit mit der Bodenkörpermengen, in vielen und besonders typischen Fällen aber ein Maximum der Löslichkeit bei mittlerer Menge des Bodenkörpers. Auch bei kleinen Bodenkörper-

²⁾ S. P. L. Soerensen u. J. Sladek, Kolloid-Ztschr. 49, 16 [1929].

mengen bleibt in typischen Fällen ein Teil ungelöst. Außer Korngröße und Ordnungszustand spielen noch zahlreiche andere Variablen sowohl des Bodenkörpers als auch der entstehenden kolloiden Lösung eine wesentliche Rolle. Gleich konzentrierte Sole haben verschiedene Eigenschaften (z. B. verschiedene Teilchengrößen), wenn sie in Gegenwart verschiedener Bodenkörpermengen hergestellt worden sind. Nur in Ausnahmefällen bestehen temperatur- und konzentrationsreversible Gleichgewichte.

Die Abhängigkeit der kolloid gelösten Menge von der Menge des Bodenkörpers bei Konstanz nicht nur von Temperatur und Druck, sondern auch z. B. der Konzentration des Peptisators, wird als Bodenkörperregel bezeichnet.

2) Maximumkurven der kolloiden und grobdispersen Löslichkeit wurden unter anderen gefunden bei folgenden Systemen³⁾:

Fe(OH)_3 mit FeCl_3 , HCl , Na-Oleat (A. v. Buzagh); Chromoxyd in konz. NaOH (H. Knoche);
 Al(OH)_3 mit HCl und NaOH (Wo. Ostwald, H. Schmidt, W. Rödiger), mit Na-Alizarinat (A. v. Buzagh);
Zinnsäure (in verschiedenen Modifikationen) mit HCl und KOH (Wo. Ostwald u. Rödiger);
 Zn(OH)_2 mit NaOH , dagegen nicht mit HCl oder Essigsäure (Wo. Ostwald u. Rödiger), womit der Schluß von A. Hantzsch, daß zwar in Alkali, nicht aber in Säuren eine kolloide Auflösung stattfindet, ausgezeichnet bestätigt wird⁴⁾;
 BaCO_3 (als Alkoholgel) in Wasser (A. v. Buzagh);
 GeO_2 in Wasser (R. Schwarz u. E. Huf); ergibt zwei Maxima;
 WO_3 in Wasser bei der Reaktion $\text{Ag}_2\text{WO}_4 + \text{HCl}$ (E. Buchholz⁵⁾);
 Ca(OH)_2 bzw. Ca-Saccharat mit Rohrzucker (Waterman u. van Aken);
 CaCO_3 bei 100° in Wasser (J. Leick);
 CuCO_3 mit $\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$ (Jermolenko);
 AgJ mit KJ (Jermolenko);
Palmitinsäure mit NaOH (A. v. Buzagh, Wo. Ostwald u. W. Gamm);
Kongorotsäure, Kongorubinsäure in HCl (A. v. Buzagh);
Benzopurpurinsäure in NaOH , $\text{NaOH} + \text{Neutralsalz}$, in Alkohol usw. (Wo. Ostwald u. R. Walter);
Abietinsäure rein und Schellack-Reinharz in Alkali (Wo. Ostwald u. W. Gamm); Amerikanisches und spanisches Kolophonium in Alkali (Wo. Ostwald u. W. Gamm);
Cellulose in Alkali (W. v. Neuenstein, W. Weltzien u. a.);
Cellulose in Kupferoxydammioniak (J. Sakurada);
Casein in NaOH (A. v. Buzagh, Soerensen u. Sladek usw.);
Globulin in Neutralsalzen (W. B. Hardy, J. Mellanby, Soerensen u. a.);
Tierkohle mit Na-Stearat, Na-Oleat usw. (A. v. Buzagh); mit Pikrinsäure, Anilin, Pyridin (Wo. Ostwald, W. Steinbach, R. Köhler⁶⁾);
Kaolin mit Humussäure (A. v. Buzagh);
Pflanzliche, tierische und Mineralöle, emulgiert mit NaOH usw. (Wo. Ostwald, W. Steinbach, R. Köhler, R. Auerbach, W. Schindler usw.);

³⁾ Die im folgenden angewandten Formelzeichen beziehen sich stets auf wäßrige Lösungen.

⁴⁾ A. Hantzsch, Ztschr. analyt. Chem. **30**, 269 [1902]; Zn(OH)_2 in Säuren gibt scharfe Gay Lussacsche Winkelkurven; Kolloid-Ztschr. **49**, 418 [1929].

⁵⁾ Das zunächst kolloid gelöste Reaktionsprodukt dissolviert sekundär in eine inolekular-disperse Lösung.

⁶⁾ Es erfolgt nicht nur maximale Stabilisierung, sondern auch maximale Dispergierung bei mittleren Bodenkörpermengen.

Gelatine-Nachtblau, Fibrin-Karmin in KCNS (Wo. Ostwald u. W. Rödiger); Kollagen mit Essigsäure (A. v. Buzagh); Blutkörperchen + NaOH (Wo. Ostwald u. W. Rödiger) usw.

Nicht vollständige Maximumkurven, wohl aber Anstiege bis zu den größten experimentell noch anwendbaren Bodenkörpermengen wurden beobachtet unter anderem bei:

Bi(OH)_3 mit Milch- und Rohrzucker (Wo. Ostwald u. W. Rödiger);

Kolloidaler Schwefel mit NaCl (A. v. Buzagh);

Acetylcellulose in 7 organischen Lösungsmitteln und 4 binären Gemischen (W. v. Neuenstein, Wo. Ostwald u. H. Ortloff u. a.);

Nitrocellulose in Alkohol, Benzol, Aceton (W. v. Neuenstein, E. v. Mühlendahl u. J. Reitstötter usw.);

Gelatine in Wasser (Wo. Ostwald, R. Köhler, P. P. Kestenbaum);

Naturharze (Kopale, Dammar, Bernstein usw.) in Alkali (Wo. Ostwald u. W. Gamm); Kunstharze (Bakelit, Albertol usw.) in Alkali (Wo. Ostwald u. W. Gamm) usw.

3) Ein Studium der etwa hundert vorliegenden „Löslichkeitskurven“, also der Funktionen zwischen gelöster Menge und Bodenkörpermenge, ergibt schon graphisch überzeugend, daß keinesfalls ein einziges Prinzip für die Erklärung dieser Abhängigkeit ausreicht. 1929 wurden vom Verfasser schon 3—4 Typen, 1932 bereits mehr als 8 verschiedene Arten von Dispersionsvorgängen unterschieden, welche zwar sämtlich der besprochenen Bodenkörperbeziehung gehorchen, bei denen aber ganz verschiedene Erklärungsprinzipien herangezogen werden müssen. Die wichtigsten Typen sind folgende:

a) Adsorptionspeptisation: Beispiele: $\text{Fe(OH)}_3 + \text{FeCl}_3$, Kongo-säure + HCl, Tierkohle + Pikrinsäure. Für diese Auflösungsvorgänge ist kennzeichnend eine adsorptionsgemäße Bindung des Peptisators sowie die andere Tatsache, daß die Peptisation bei einer bestimmten mittleren Konzentration des Peptisators ein Optimum hat. In einem gegebenen Lösungsvolumen von gegebener Peptisatorkonzentration wird dieser optimale Wert der spezifischen Adsorption⁷⁾ und damit auch das Maximum der Löslichkeit offenbar bei einer mittleren Bodenkörpermenge erreicht. Ist mehr Bodenkörper vorhanden, so ist die spezifische Adsorption kleiner als der optimale Wert; ist weniger Bodenkörper anwesend, so wird die spezifische Adsorption zu groß. In beiden Fällen ist die kolloide Löslichkeit kleiner als bei mittlerer Bodenkörpermenge.

b) Dissolutionspeptisation: Beispiele: $\text{Fe(OH)}_3 + \text{HCl}$, Farbsäure + Alkali, Humussäure + Alkali. Hier entsteht der Peptisator erst während der Auflösung, z. B. durch chemische Salzbildung. Ein Teil des Bodenkörpers bzw. eines schon kolloid in Lösung gegangenen Anteils wird molekulardispers aufgelöst (dissolviert) und dann erst adsorbiert. Die Gay Lussacschen Winkelkurven, welche diese molekulardisperse Auflösung darstellen, erhalten „Hauben“, die den Anteil kolloid gelöster Substanz darstellen⁸⁾.

c) Auflösung von Mischkörpern: Beispiele: Gelatine in Wasser, Celluloseester in organischen Lösungsmitteln. Kennzeichnend für diese Art

⁷⁾ Spezifische Adsorption = adsorbierter Menge je g Bodenkörper.

⁸⁾ Vergl. solche systematisch sich entwickelnden Kurvenschaaren z. B. Kolloid-Ztschr. **76**, 309 [1936].

kolloidärer Auflösung ist in normalen Fällen das Fehlen eines Maximums. Man findet ansteigende Kurven z. Tl. streng linearer, z. Tl. aber auch sehr verwickelter gekrümmter Form. Theoretisch⁹⁾ ergeben sich stetig ansteigende, zur Bodenkörperachse konkave Kurven, keine Maxima. Experimentell finden sich stark abweichende Formen, die auf gegenseitige Beeinflussung der Komponenten hinweisen. Durch Fraktionierung und erneute Aufstellung von Löslichkeitskurven lässt sich die Mischkörpernatur des Bodenkörpers nachweisen¹⁰⁾.

Daß das Mischkörperprinzip keineswegs ausreicht, um die Bodenkörperregel zu verstehen, geht vielleicht am überzeugendsten hervor aus der Tatsache, daß auch monodisperser Schwefel nach Raffo-Odén die Bodenkörperabhängigkeit (steiler Anstieg) bei seiner Auflösung in NaCl zeigt (A. von Buzagh).

Besondere Fälle von Mischkörperlöslichkeit, die theoretisch auch Maximumkurven ergeben können, sind die folgenden zwei:

d) Autopeptisation: Enthält ein kolloidlöslicher Bodenkörper von vornherein einen peptisierenden Bestandteil (z. B. ein molekulardispers lösliches Salz oder eine niedrigmolekulare peptisierende Komponente), so wird sich die optimale Peptisatorkonzentration automatisch bei einer mittleren Bodenkörpermenge einstellen.

e) Kinetische Disproportionierung: Enthält der polydisperse Bodenkörper Bestandteile mit sehr verschieden großer Auflösegeschwindigkeit (Modell: Gemisch von 2 Mol. CaCO₃ + 1 Mol. Na₂CO₃ in 2-mol zweibasischer Säure), so kann, bezogen auf eine Komponente, also bei unvollständiger Analyse, eine Bodenkörperabhängigkeit auftreten.

f) Auflösung quellender Stoffe: Da auch der Quellungsgrad (Menge der aufgenommenen Flüssigkeit je Gramm) stark mit der Bodenkörpermenge variieren kann, z. B. um etwa 30% bei Gelatine-Wasser (W. Ostwald und P. Kestenbaum), so ist bei den von Quellung begleiteten Lösungsvorgängen auch diese Variable in Betracht zu ziehen.

Dies sind nur die wichtigsten bisher erkannten Prinzipien zum Verständnis der Bodenkörperregel¹¹⁾.

4) Auch bei molekulardisperser Auflösung finden wir gelegentlich Maxima bei mittlerer Bodenkörpermenge, z. B. bei der Auflösung von Weinsäure in NaOH, Cr(OH)₃ in konz. NaOH.¹²⁾ Der grundsätzliche Unterschied dieser

⁹⁾ W. Haller, s. Fußn. 1.

¹⁰⁾ Diese Art von Bodenkörperabhängigkeit wurde vom Verf. schon 1927 als die „billigste“ Art einer solchen Beziehung bezeichnet und ausführlich besprochen (Kolloid-Ztschr. **43**, 263 [1927], **58**, 225 [1932]). So heißt es 1932: „Die Deutung der geradlinigen und konkaven Löslichkeitskurven ist zwangsläufig auf die Mischkörpernatur der Acetylcellulose zurückzuführen, die übrigens durch einen besonderen Fraktionierungsversuch nochmals demonstriert wurde.“

¹¹⁾ Weitere Faktoren vergl. die zit. Arbeiten, z. B. Kolloid-Ztschr. **49**, 314, 412 [1929], **53**, 216 [1932], **76**, 291 [1936], **77**, 54 [1936] usw.

¹²⁾ Vergl. E. Müller, Ztschr. physik. Chem. **110**, 363 [1924]; Ztschr. Elektrochem. **33** 135 [1917] sowie zahlreiche Arbeiten von R. Fricke und Mitarbeitern, zusammengefaßt in Kolloid-Ztschr. **49** 229 [1929].

Maximakurven gegenüber den hier behandelten besteht darin, daß in den genannten (und ähnlichen) Fällen bei großen relativen Bodenkörpermengen auf chemischem Wege ein neuer Bodenkörper entsteht, z. B. das schwer lösliche saure Tartrat oder Na-Chromit. Das Maximum kommt also hier zu stande nicht dadurch, daß ein Maximum der Bodenkörpermenge in Lösung geht, sondern dadurch, daß aus dem vorher vollständig gelösten ursprünglichen Salz ein neuer unlöslicher Bodenkörper ausfällt. Die Unterscheidung gegenüber solchen Fällen ist experimentell eindeutig zu erbringen dadurch, daß man den Bodenkörper im Gebiet absteigender Löslichkeit abfiltriert und eine neue Versuchsserie mit ihm anstellt. Bei kolloider Auflösung ergibt dieser überschüssige Bodenkörper dieselbe Maximumkurve wie der ursprüngliche. Ist ein neuer schwer löslicher Bodenkörper entstanden (z. B. das saure Tartrat oder schwer lösliche Chromit), so erhält man natürlich nicht mehr die frühere Bodenkörperabhängigkeit. Solche Versuche sind mit dem erwarteten Ergebnis, z. B. bei der Auflösung von CuCO_3 in $\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$ oder bei der Auflösung von Harzen in Alkali ausgeführt worden (Wo. Ostwald, N. Jermolenko, W. Gamm).

Am nächsten kommt den kolloidchemischen Bodenkörperbeziehungen von primär chemischen Vorgängen noch die hydrolytische Auflösung¹³⁾. Ein Salz wie $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$ wird in Wasser bei steigender Bodenkörpermenge (und ständigem Schütteln zur Entfernung des topochemisch entstehenden $\text{Bi}(\text{OH})_3$ -Niederschlags) zunächst steigende Mengen Hydroxyd in kolloide Lösung geben, dann aber infolge Zurückdrängung der Hydrolyse bei hoher Gesamtconzentration zunehmend weniger. Es ist einleuchtend, daß dieser spezielle Vorgang nicht zum Verständnis der zahlreichen aufgeführten Arten von kolloiden Auflösungsvorgängen ausreicht, für welche die Bodenkörperregel gilt.

5) Von den mannigfaltigen Anwendungen der Bodenkörperregel seien nur ein wissenschaftliches und ein technisches Beispiel angeführt.

A. Hantzsch¹⁴⁾ fand, daß zur vollständigen Auflösung der Benzopurinsäure in NaOH ein Überschuß letzterer erforderlich ist. Der Verfasser konnte mit R. Walter (l. c.) zeigen, daß hier die chemische Salzbildung überlagert wird von einer Peptisation der Farbsäure durch das gebildete Salz, und daß hier eine Dissolutionspeptisation vorliegt mit allen typischen Einzelheiten dieser Art kolloider Auflösung.

Aus der Praxis zur Herstellung von Harzmilch für die Papierleimung ist bekannt, daß man ein möglichst konzentriertes Sol nicht etwa erhält bei einem beliebig großen Überschuß an Harz, sondern nur bei einem genannten mittleren Überschuß des Bodenkörpers. Bei zu großer Bodenkörpermenge wird das Sol wieder verdünnt. Ja, durch nachträglichen Zusatz von Bodenkörper werden manche Sole nicht konzentrierter, sondern geben umgekehrt wieder Harz ab (Wo. Ostwald und Gamm). Es sind dies die Sole, die auf dem absteigenden Ast der Löslichkeitskurve „liegen“. Auch bei Lösungen von Harzen in organischen Lösungsmitteln sind gleichartige Erscheinungen bekannt und werden durch die Anwendung der Bodenkörperregel verständlich.

¹³⁾ Kolloid-Ztschr. **43**, 265 [1929].

¹⁴⁾ B. **48**, 162 [1915].