Kolloid-Zeitschrift

Zeitschrift für wissenschaftliche und technische Kolloidchemie

(früher „Zeitschrift für Chemie und Industrie der Kolloide“)

Organ für das Gesamtgebiet der reinen und angewandten Kolloidchemie

Herausgegeben von

Prof. Dr. Wolfgang Ostwald in Leipzig, Brandvorwerkstraße 77

Erscheint monatlich 1 mal

Verlag von THEODOR STEINKOPFF
Dresden und Leipzig

Preis für den Band M. 400. -

Staubexplosionen — ein kolloidchemischer Vorgang.

Von P. Beyersdorfer (Frankenthal, Rheinpfalz).

(Eingegangen am 26. September 1922.)

Wir wissen, daß Teilchengröße und Teilchenabstand das Verhalten eines Stoffes weitgehend ändern können. Eine treffende Bestätigung dieses u. a. von A. Schmauß entwickelten Satzes sind die Staubexplosionen.

Ein Stück Würfelzucker (Gewicht ca. 6 g) z. B. ist vollkommen ungefährlich. Dasselbe Stückchen zu Puderzucker, zu kompaktem Pulver von der Größenordnung 10^{-5} — 10^{-6} cm zerkleinert, ist auch noch nicht gefährlich. Stellt man aber mit den ca. 6 g Zuckerpulver durch Suspensieren in 10 Liter Luft das „Aerosol“ her, so bekommt man ein äußerst explosives System. Es genügt bereits, dieses Zucker-Aerosol mit einem Gegenstand von nur 410° Wärme in Berührung zu bringen, um eine heftige Explosion auszulösen.

Nimmt man aber zur Bildung des Aerosols mit 10 Liter Luft nur den tausendsten Teil des Zuckerpulvers, dann kann man selbst mit der heißesten Stichflamme die Staubwolke nicht zur Explosion bringen. Das erscheint dem, der eine Zuckerstaubwolke von der genannten Konzentration (0,6 g/ccm) gesehen hat, verwunderlich; denn eine solche Wolke ist so dicht, so dick, daß man bereits durch sie auf eine Entfernung von 5 m einen dunkeln Gegenstand kaum mehr erkennen kann.

Warum kommt es jetzt nicht mehr zur Explosion? — Der mittlere Teilchenabstand ist zu groß geworden. Die einzelnen Staubeilchen tanzen wohl in die Flamme hinein und verbrennen. Die von ihnen ausgehenden winzigen Stichflämmchen können aber nicht die Nachbarteilchen erreichen, eben weil der Abstand zu

groß ist. Wenn wir uns einen Auschnitt aus der Staubwolke linear 10^7 fach vergrößert denken, dann sehen wir ohne weiteres die Unmöglichkeit einer Uebertragung der Verbrennung von einem Teilchen zum andern ein: denn dann müßten die Stichflammen des nunmehr 1 cm groß gewordenen Zuckerteilchens nach allen Seiten eine Länge von über 14 m haben. Das ist praktisch undenkbar. So viel über den Teilchenabstand! —

Ähnlich wie Zuckerstaub, der nach unserer heutigen Kenntnis allerdings den gefährlichsten Staub darstellt, verhalten sich alle organischen und viele anorganischen — namentlich Leichtmetall- — Staubarten.

Wie häufig und heftig Staubexplosionen immer noch in den Betrieben der Technik sind, ist nicht gebührend bekannt. Ich will hier nur erwähnen, daß wir in den verfloßenen zehn Jahren in Deutschland fünf katastrophale Zuckerstaubexplosionen hatten.

Auf Grund meiner Experimentaluntersuchungen mit Zuckerstaub bin ich zu folgender Erkenntnis über die häufigste — bisher verkannte — Ursache der Staubexplosionen gekommen. Wesentlich bestimmend für meine Anschauung ist die statistisch feststehende Tatsache, daß fast alle Staubexplosionen sich unmittelbar nach Betriebsbeginn ereignet haben, zu einer Zeit also, wo die mögliche — bisher allgemein angenommene — thermische Ursache (Heißlaufen von Lagern z. B.) praktisch ausscheidet.

Hiermit ist schon angedeutet, daß ich eine andere Energieform als die Wärme als Urheberin der Staubexplosionen betrachte: nämlich die

elektrische Energie, mit der alle feinzertheilten Stoffe beladen sind, wenn sie sich als Sol in kolloider Lösung befinden.

Der schwebende oder wirbelnde Staub bildet mit der Luft ein Aerosol.

So zeigt z. B. mit Zuckerstaub erfüllte Luft Tyndalleffekt, milchige Opaleszenz, und macht den Eindruck der „blauen Ferne“. Vor Witterungsumschlägen, wo bekanntlich die Luft ein höheres elektrisches Leitvermögen besitzt, sind die Arbeitsräume bei weitem nicht so stark mit Staub erfüllt, wie unter sonst gleichen Bedingungen bei gutem Wetter: der isoelektrische Punkt wird früher erreicht, die nahezu unelektrisch gewordenen Teilchen koagulieren, sedimentieren.

Je spezifisch schwerer der disperse Anteil ist, um so größer muß die elektrische Aufladung sein, um sie als Sol zu erhalten. (Zucker ist 1300 mal schwerer als Luft!)

Bei den Aerosolen werden die elektrischen Kräfte, die im Spiele sind, wesentlich größer sein müssen als bei den Hydrosolen.

Durch Bewegung des dispersen Anteils im Dispersionsmittel Luft wird die elektrostatische Aufladung noch vergrößert.

Werden 10 mg Zuckerstaub eine Strecke von etwa 10 cm durch die Luft mittels eines Gummiballes in einen Metallzylinder geblasen, der mit einem Elektrometer leitend verbunden ist, so wird dieses mit über 200 Volt aufgeladen.

Je größer die Geschwindigkeit des Staubes ist, um so stärker ist seine elektrische Aufladung.

Ueberschreitet die elektrische Aufladung die Kapazität der einzelnen Teilchen, so wird sie abgegeben.

Dabei wird die Luft genau so zum Leuchten gebracht und genau so chemisch verändert — Bildung von O_3 und N_2O_5 — wie im Wechselfeld eines Siemensozonisators. Den Beweis hierfür konnte ich objektiv erbringen durch vergleichende spektralphotographische Aufnahmen der Leuchterscheinungen.

Findet durch äußerst lebhaft ruckartig einsetzende Bewegung der feinsten Teilchen eine extrem starke elektrische Ueberladung in verschwindend kurzer Zeit statt, so wird der elektrische Ausgleichsvorgang nicht als sogenannte stille elektrische Entladung wie im Wechselfeld des Siemensozonisators (50 Perioden, 8000 Volt) stattfinden, sondern als elektrischer Funke, als

Blitz. Und dieser Blitz ist es, der letzten Endes die Explosion auslöst.

Man kann sonach die Staubexplosion als „Staubgewitter“ kennzeichnen, als ein Gewitter, bei dem die den Blitz erzeugende Wolke durch diesen selbst entzündet wird.

Diese meteorologische Auffassung der Staubexplosionen gewinnt an Wahrscheinlichkeit, wenn man sich einen Naturvorgang vergegenwärtigt, wie er bei vulkanischen Ausbrüchen beobachtet worden ist. Aus der Geschichte der vulkanischen Ausbrüche des Vesuvs wissen wir, daß die über dem Berg schwebende Pinienwolke — ein Staubaschen-Aerosol — dann als Aschenregen niederfiel, nachdem ein Blitz in ihr aufgezuckt war.

Eine verwandte Erscheinung, nur in viel kleinerem Maßstabe, wurde am 2. Juli bei Worms einwandfrei beobachtet. Dort wurde von drei Beobachtern gleichzeitig gesehen, wie in einem mehrere Häuser hohen Straßenstaubwirbel, einer Staubhose, ein mehrere Quadratmeter großes flächenblitzähnliches Leuchten aufzuckte.

Diese Naturerscheinungen im Verein mit meinen Laboratoriumsversuchen lassen es mir als sehr wahrscheinlich erscheinen, daß auch die meteorologischen Gewitter ähnlichen kolloid-elektrischen Erscheinungen ihre Entstehung verdanken.

Sollte beim gewöhnlichen Gewitter der disperse Anteil H_2O — gleichviel ob flüssig oder fest — durch äußerst heftige Bewegung im Dispersionsmittel Luft nicht auch in kürzester Zeit so stark elektrisch überladen werden können, daß der elektrische Ausgleichsvorgang als „der Blitz“ sich vollzieht?

Herr Schmauß hat diese Möglichkeit vom meteorologischen Standpunkt bereits erörtert.

Nun noch einige Worte über die Heftigkeit der Staubexplosionen! Die Heftigkeit der Explosionen ist der plötzlichen und weitgehend vollkommenen Verbrennung des Staubes zuzuschreiben. Der in 1 cbm Luft vorhandene Sauerstoff reicht aber nur aus, um etwa $\frac{1}{4}$ kg Zucker annähernd vollständig zu verbrennen. Man kann aber noch äußerst heftige Explosionen erzeugen bei einer Konzentration von mehreren Kilogramm Zuckerstaub im Kubikmeter. Die maximale Staubkonzentration, bei der noch Explosionen eintreten, ist beim Zucker so hoch — nämlich 13,5 kg — daß man sogar die Ansicht ausgesprochen hat, es gäbe gar keine obere Explosionsgrenze.

Auch für die Heftigkeit der Staubexplosionen möchte ich die kolloide Natur des Staubes verantwortlich machen.

Mit der Feinheit des Staubes wächst seine Oberfläche in der Raumeinheit. Je größer die Gesamtoberfläche, um so mehr Luftbestandteile können adsorbiert werden. Wahrscheinlich wird relativ mehr Sauerstoff als Stickstoff adsorbiert. Nun dürfen wir die Adsorption, auch bei kristallinen Stoffen wie Zucker, wohl kaum als einen Vorgang ohne jede Tiefenwirkung auffassen. Je kleiner die Staubteilchen sind, um so größer wird relativ zu ihrem Durchmesser die Tiefenwirkung der Adsorption sein. Im äußersten Grenzfall wird man fast von einem allseitigen Durchdringen des festen Teilchens

durch das Gas sprechen dürfen. Wenn man weiter bedenkt, daß die adsorbierten Gase in verdichtetem Zustand festgehalten werden, dann wird einem die Heftigkeit der Staubexplosionen begreiflich erscheinen.

Durch meine Ausführungen wollte ich nur gezeigt haben, wie man mit Vorteil Anschauungen der Kolloidforschung und zwar solche, wie sie erst in jüngster Zeit vom Meteorologen geprägt worden sind, heranziehen kann, um bisher rätselhafte Erscheinungen aus dem Getriebe der Technik — wie doch die Staubexplosionen unzweifelhaft welche waren — unserem Verständnis näher zu rücken, und sie — nach Kenntnis der Ursache — letzten Endes zu verhüten.

Adhäsionskräfte in Lösungen. Experimentelle Studien über grobe Suspensionen.

Von Serg. Wosnessensky¹⁾. (Eingegangen am 16. September 1922.)

Jedes disperse System hat eine gewisse Stabilität, d. h. es hat eine Tendenz, seinen Zustand zu behalten.

Es sind folgende Faktoren bekannt, welche die Stabilität der dispersen Systeme entweder vergrößern oder vermindern: die Größe der Teilchen, die innere Reibung des Systems, chemische Natur des Mediums und des dispersen Teils, die elektrische Ladung der Teilchen, der Unterschied der Dichte des Mediums und der Teilchen. Jeder Einfluß auf das betreffende disperse System kommt auf eine Aenderung eines oder mehrerer der oben genannten Faktoren hinaus. Die Wirkung der Elektrolyte auf grobe Suspensionen äußert sich in Aenderung der elektrischen Ladung der Teilchen und deren Dichte wegen erfolgreicher Adsorption. Die Aenderung der Ladung der Teilchen kann die Stabilität entweder vergrößern oder vermindern; dagegen die erfolgreiche Adsorption der Elektrolyten durch die suspendierten Teilchen, ohne Aenderung des Dispersionsgrades (Janek) zu der Vergrößerung der Dichte der Teilchen, und als Folge davon, wegen der Gravitationskräfte, zu schnellerer Absetzung der Teilchen führt.

Die vorliegende Arbeit hat den Zweck, den Einfluß der Elektrolyte auf die Stabilität der groben Suspensionen zu studieren.

Jede grobe Suspension ändert allmählich ihren Mischungszustand und bildet einen Niederschlag. Wenn man nun die Beschleunigung oder die Verlangsamung des Absetzens unter dem Einfluß von Elektrolyten beobachtet, kann man Schlüsse auf die Aenderung der Stabilitätsfaktoren ziehen.

Die Versuche wurden gewöhnlich folgenderweise ausgeführt. Man bereitete eine Suspension durch Schütteln von verschiedenen Pulver mit Wasser. Die Präparate (von der Firma Kahlbaum) wurden vor der Gebläselampe gegläht (einige Substanzen wurden angegläht benutzt). Die Suspension enthielt 4 gr der Substanz in 100 ccm Wasser. Die Größe der Teilchen war ca. $5\ \mu$. Dann wurden in einem Glaszylinder von 20 cm Höhe und 2,5 cm Durchmesser 40 ccm der Elektrolytenlösung bereitet. Die bereitete Suspension wurde stark geschüttelt, und nach zwei Minuten Stehenlassen²⁾ wurden davon 10 ccm entnommen, welche mit der Elektrolytenlösung im Glaszylinder vermischt und wiederum stark geschüttelt wurden. Dann stand der Zylinder ruhig, und es wurde die Zeit beobachtet, welche nötig war, um bestimmte

¹⁾ Aus dem Laboratorium des russischen wissenschaftlich-chemischen Instituts Moskau, Juni 1922.

²⁾ Die Willkürlichkeit dieses Zeitraumes hat keine Bedeutung für die Genauigkeit der Resultate, weil während des Stehenlassens die groben bzw. feinen Suspensionen sich verschieden absetzen, so daß schließlich wirklich vergleichbare Suspensionszustände entstehen können.