

Versuche zur elektrostatischen Aufladung bei CO₂-Schnee

Von A. TIETZE

(Z. Naturforschg. **12 a**, 82–83 [1957]; eingegangen am 4. August 1956)

Um zu erkennen, wie man die elektrostatische Aufladung bei ausströmendem CO₂ aus Hochdruckgasflaschen (Gasinnendruck ca. 60 atü) möglichst gering halten kann, wurden mannigfache Versuchsreihen ausgeführt. Im einzelnen gelangten zur Untersuchung:

1. verschiedene Düsen- und Schneerohrformen, wie sie bei Feuerlöschern Verwendung finden;
2. der Einfluß verschiedener Materialien, aus denen Düsen und Schneerohre speziell zu diesem Versuch hergestellt wurden, wie: Fe, Al, Cu, Messing, Polyamid, Polyäthylen, Polyvinylchlorid, Kunst- und Naturkautschuk, Glas, Pertinax, Fettschichten, einige im Handel übliche Antistatistikmittel;
3. der Einfluß verschiedener flüssiger Substanzen, die in geringen Mengen (bis zu 3%) dem zuvor getrockneten CO₂ in der Flasche zugemischt sind, wie: Wasser, Methylalkohol, Äthylalkohol, Amylalkohol, Toluol, Silikonöle, einige im Handel übliche Antistatistikmittel.

Hierbei haben sich folgende Einzelergebnisse herauskristallisiert:

1. Gasförmiges CO₂ ergibt keine elektrostatische Aufladung. Die Aufladung des flüssigen CO₂ ist zu vernachlässigen. Dagegen liefert CO₂-Schnee hohe Aufladungen, die es näher zu betrachten galt. Unter Aufladung soll verstanden werden die Menge der beim Ausströmen zur Trennung gelangenden Ladungen. Sie betrug je nach Düse und Schneerohr $> 10^{-6}$ Coul/kp CO₂ in der Hochdruckgasflasche.
2. Die elektrostatische Aufladung tritt praktisch nur an den Stellen auf, wo CO₂-Schneepartikelchen entstehen.
3. Je größer die Schneeausschüttung, um so größer die elektrostatische Aufladung.
4. Die bisher untersuchten Materialien ergeben stets eine positive Aufladung, während der CO₂-Schnee negativ geladen ist.
5. Beimengungen zu CO₂ ergeben eine Änderung der elektrostatischen Aufladung – im allgemeinen nur eine geringe. Eine Ausnahme bildet Wasser (s. u.). Um gleichmäßige Zumischung beim Ausströmen zu erreichen, wurden die Flaschen vor den Versuchen kräftig durchgeschüttelt.
6. Eine gegenpolare Aufladung der CO₂-Schneepartikelchen unter sich, wie sie beim Zerkleinern und Aneinanderreihen fester gleicher Substanzen auftritt¹, wurde im Gegensatz zu den Beobachtungen, die STÄGER² beim Aufwirbeln von Kohlsäureschnee machte, nicht festgestellt.

¹ H. FREYTAG, Raumexplosionen durch statistische Elektrizität, Verlag Chemie GmbH. 1938.

Die Messungen wurden mit folgenden Instrumenten ausgeführt:

1. Spannungsmessungen mit Elektrometern;
2. Stromstärkemessungen mit Drehspulgalvanometern;
3. Feldstärkemessungen mit dem Feldstärkemeßgerät nach Prof. SCHWENKHAGEN;
4. Änderung der elektrischen Feldstärke durch Influenzmessungen (s. u.).

Nähere Ausführung des Einzelergebnisses 5:

Bei den Versuchen mit Beimengungen zu CO₂ wurde neben der Messung der Feldstärke die Änderung des elektrischen Feldes durch Influenzmessungen festgestellt. Die hierzu gemachten Versuchsreihen hatten stets gleiche Versuchsbedingungen. Die Feldstärkemessungen in der Nähe des Schneerohrs dienten zu Vergleichsmessungen, die Änderung des elektrischen Feldes zur Erfassung der Feinstruktur der Aufladungserscheinungen, wozu eine Elektrode benutzt wurde, die über einen hochohmigen Widerstand geerdet war. An der Elektrode (2,5 cm ϕ) rufen die in ihrer Nähe (Abstand von der Schneerohr-Außenoberfläche 2 mm) vorbeifliegenden geladenen Schneepartikelchen und die dort stattfindenden Ladungstrennungen eine Feldstärkenänderung hervor. Die Influenz bewirkt einen elektrischen Strom im hochohmigen Widerstand. Der entstehende Spannungsabfall wird durch eine Elektrometeröhre an den Eingang eines Kathodenstrahl-Oszillographen angeglichen. Die Versuchsanordnung wies für den vorliegenden Fall eine Zeitkonstante $< 10^{-4}$ sec auf. Mit Ausnahme von Wasser ergaben die Oszillogramme mit einer Kippfrequenz von 100 Hz bei CO₂ allein und bei CO₂ mit zusätzlichen Beimengungen ähnliche Bilder (Abb. 1).

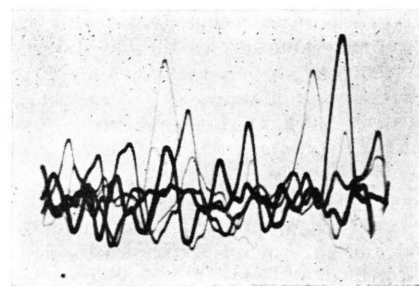


Abb. 1. Oszillogramm der elektrischen Aufladungserscheinungen und der vorbeifliegenden geladenen CO₂-Schneepartikelchen bei vorher getrocknetem CO₂.

Demgegenüber zeigte eine Wasserbeimengung von etwa 1 Gew.-% bei derselben Kippfrequenz und derselben Empfindlichkeit eine ganz andere Charakteristik (Abb. 2).

² STÄGER, Ann. Phys., Lpz. **76**, 49 [1925].



Dieses Werk wurde im Jahr 2013 vom Verlag Zeitschrift für Naturforschung in Zusammenarbeit mit der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V. digitalisiert und unter folgender Lizenz veröffentlicht: Creative Commons Namensnennung-Keine Bearbeitung 3.0 Deutschland Lizenz.

Zum 01.01.2015 ist eine Anpassung der Lizenzbedingungen (Entfall der Creative Commons Lizenzbedingung „Keine Bearbeitung“) beabsichtigt, um eine Nachnutzung auch im Rahmen zukünftiger wissenschaftlicher Nutzungsformen zu ermöglichen.

This work has been digitalized and published in 2013 by Verlag Zeitschrift für Naturforschung in cooperation with the Max Planck Society for the Advancement of Science under a Creative Commons Attribution-NoDerivs 3.0 Germany License.

On 01.01.2015 it is planned to change the License Conditions (the removal of the Creative Commons License condition "no derivative works"). This is to allow reuse in the area of future scientific usage.

Man sieht deutlich, daß jedes einzelne Partikelchen durch die Wasserzumischung eine geringere Aufladung zeigt als bei den vorhergehenden Versuchen. Aus einer Fülle von Einzelversuchen ergab sich, daß gerade bei einer Zumischung um 1 Gew.-% ein Umschlag der Auf-

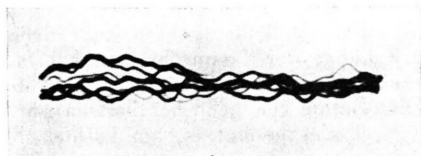


Abb. 2. Oszillogramm der elektrischen Aufladungserscheinungen und der vorbeifliegenden geladenen CO_2 -Schneepartikelchen bei CO_2 mit ca. 1 Gewichts-% H_2O .

ladung des CO_2 -Schnees von minus nach plus erfolgt, so daß die Aufladung bei einigen Versuchen um einen Faktor 1000 kleiner war als bei trockenem CO_2 . Mit steigendem Wassergehalt steigt die Aufladung wieder

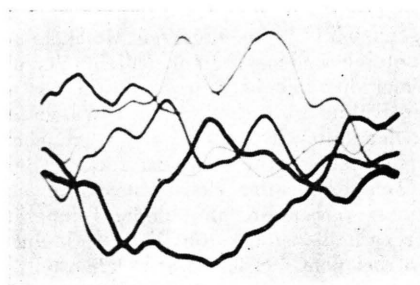


Abb. 3. Oszillogramm der elektrischen Aufladungserscheinungen und der vorbeifliegenden geladenen CO_2 -Schneepartikelchen bei einem Wasserzusatz zu CO_2 von mehr als 1 Gew.-%.

an, wobei der Schnee nun positiv geladen ist, bis sie diejenige der trockenen Kohlensäure an absoluter Größe bei weitem übertrifft (um einen Faktor 10 bis 100), s. Abb. 3.

Das Verhalten von Schwefeldioxyd im Trennrohr

Von K. CLUSIUS und H. U. HOSTETTLER

Physikalisch-Chemisches Institut der Universität Zürich

(Z. Naturforschg. 12 a, 83–84 [1957]; eingegangen am 3. Dezember 1956)

Kürzlich erschien eine Arbeit von WULLKOPF über die charakteristischen Konstanten des Schwefeldioxyds im Trennrohr¹. Wir haben uns gleichfalls mit dieser Frage befaßt und möchten einige Überlegungen und Ergebnisse mitteilen, die wir dabei erhalten haben. Es wurde eine 10 m lange Trennanlage von 0,85 cm Rohrdurchmesser benutzt, die mit Heizdrähten aus Platin-Iridium von 0,04 cm Durchmesser ausgerüstet war. Die Analysen wurden massenspektroskopisch durch Intensitätsvergleich der ^{34}SO - mit der ^{32}SO -Spitze vorgenommen.

1. Von allen für die Anreicherung der schweren Schwefelisotope in Frage kommenden Verbindungen bietet Schwefeldioxyd den Vorteil großer thermischer Beständigkeit. Dafür hat es den Nachteil der relativ hohen kritischen Temperatur T_k von 430°K . Legt man das LENNARD-JONESSCHE Molekülmodell zugrunde, so zeigt sich, daß der Thermodiffusionsfaktor α erst bei Temperaturen zwischen T_k und $1,5 T_k$ positive Werte annimmt. Die Lage dieser Nullstelle hängt von den speziellen Indizes für das Kraftgesetz der molekularen Wechselwirkung ab und ist noch nicht genauer bekannt. Jedenfalls muß man erwarten, daß α unterhalb von 160°C negativ ist.

Nun wird in der Theorie des Trennrohrs gewöhnlich angenommen, daß α lediglich positive Werte hat und daß seine Temperaturabhängigkeit durch Einsetzen eines Mittelwerts ausreichend berücksichtigt werden kann. Genau so verfährt man mit den anderen Transportgrößen, wie der Zähigkeit, der Diffusion und Wärmeleitung. Bei letzteren liefert eine solche Mittelwertbil-

dung wohl stets brauchbare Näherungen. Beim Thermodiffusionsfaktor hat man jedoch zu berücksichtigen, daß der Trennrohreffekt weitgehend vernichtet wird, wenn die Nullstelle von α geometrisch in die Nähe der Nullstelle für die Konvektion im Trennrohrspalt fällt. Unter bestimmten Temperaturverhältnissen sind sogar Umkehrreffekte möglich, bei denen die schweren Molekeln am Kopf der Trennanlage angereichert werden statt am Fuß.

Dies wurde beim Wasserdampf² gefunden und jetzt auch am Schwefeldioxyd beobachtet (Versuch 1, Tab. 1).

Versuch	Temperatur der kalten Wand $^\circ\text{C}$	Temperatur des Heizdrahtes $^\circ\text{C}$	Oberes Ende ‰ ^{34}S	Unteres Ende ‰ ^{34}S	Trennfaktor Q
1	15°	700°	4,71	4,23	0,89
2	15°	900°	4,47	4,71	1,06
3	80°	900°	4,01	5,06	1,28
4	90°	1100°	3,48	6,15	1,82

Tab. 1. Trennversuche an SO_2 von 0,73 Atm. in einer 10 m langen Trennrohranlage.

Die Inversion ist nicht sehr groß, doch braucht dieser Umstand nicht zu bedeuten, daß auch die negativen α -Werte geringfügig sind. Eher ist das Gegenteil der Fall, wenn man beachtet, daß im drahtgeheizten Trennrohr sich die Größe des Temperaturgradienten annähernd umgekehrt proportional zum Abstand vom Heizdraht verhält. Dadurch bekommt das Vorzeichen der Thermodiffusion im aufsteigenden, heißen Gasstrom gegenüber dem im kalten, absinkenden einen überwiegenden Einfluß. Deshalb genügt auch die relativ geringfügige Tem-

¹ H. WULLKOPF, Z. Phys. 146, 389 [1956].

² R. H. DAVIES u. J. T. KENDALL, Nature, Lond. 165, 487 [1950].