

Die Chemie des Lachgases – Gesundheitsgefahren bewerten

Dr. Dennis Dietz



© Corinne Poleij/iStock/Getty Images Plus

In den letzten Jahren gewinnt Lachgas als Freizeitdroge auch in Deutschland zunehmend an Bedeutung (Berliner Morgenpost, 18.08.23). Musste Lachgas bis vor Kurzem noch aufwendig aus Sahnekapseln konsumiert werden, sind Lachgaskartuschen mittlerweile beispielsweise in den Berliner Spätis angekommen. In dieser Unterrichtseinheit werden die chemischen Eigenschaften, Anwendungsgebiete und Gewinnungsverfahren von Lachgas chemisch beleuchtet. Zusätzlich wird der Kontext zum Anlass genommen, die Gefahren des Lachgaskonsums zu reflektieren. Damit können zentrale Kompetenzen aus dem Kompetenzbereich „Bewerten“ im Chemieunterricht gefördert werden.

Die Chemie des Lachgases – Gesundheitsgefahren bewerten

Niveau: vertiefend

Klassenstufe: 11–12 (gymnasiale Oberstufe)

Dr. Dennis Dietz

Methodisch-didaktische Hinweise	1
M1: Chemie des Lachgases	3
M2: Darstellung von Lachgas	5
M3: Lachgas als gefährliche Freizeitdroge	7
Lösungen	9
Literatur	15

Kompetenzprofil:

Niveau	vertiefend
Fachlicher Bezug	Redoxreaktionen, Querbezüge zur Thermodynamik
Methode	Lernaufgabe
Basiskonzepte	Konzept der chemischen Reaktion, Energiekonzept
Erkenntnismethoden	ein Experiment planen
Kommunikation	eine graphische Darstellung für den Stickstoffkreislauf entwickeln, einen Flyer über die Gesundheitsgefahren des Lachgaskonsums entwerfen
Bewertung/Reflexion	Gesundheitsgefahren des Freizeitkonsums von Lachgas bewerten
Inhalt in Stichworten	Lachgas, Distickstoffmonoxid, Treibhausgas, Betäubungsmittel, Freizeitdroge, Stickstoffkreislauf, Nitrifikation, Denitrifikation, technische Darstellung, Gesundheitsfolgen, Knallgasreaktion, Oxidationszahlen, ideales Gasgesetz

Überblick:

Legende der Abkürzungen:
 AB Arbeitsblatt, TX Text

Thema	Material	Materialart
Chemie des Lachgases	M1	AB, TX
Darstellung von Lachgas	M2	AB, TX
Lachgas als gefährliche Freizeitdroge	M3	AB, TX

Methodisch-didaktische Hinweise

Lachgas (Distickstoffmonoxid) wird seit dem 19. Jahrhundert als Narkosemittel bei Operationen eingesetzt. Neben der Wirkung als Anästhetikum kann Lachgas jedoch – in der richtigen Dosierung – auch einen rauschartigen Zustand ohne Narkose auslösen. Aus diesem Grund wird es seit Jahren von verschiedenen Anbietern für den Freizeitkonsum angeboten. In den Niederlanden wurden Besitz und Verkauf von Lachgas zu Beginn des Jahres 2023 jedoch verboten. Grund dafür war, dass sich Lachgas dort unter Schülerinnen und Schülern zur Freizeitdroge Nummer 1 entwickelt hatte und der Konsum von Lachgas sowohl kurzfristige als auch langfristige gesundheitliche Folgen hat. Seit dem Verbot in den Niederlanden wird Lachgas nun vermehrt auf dem deutschen Markt beworben und angeboten, da Lachgas in der Bundesrepublik Deutschland zurzeit nicht dem Betäubungsmittelgesetz unterliegt. Damit ist die Auseinandersetzung mit dem Thema „Lachgas“ aus gesundheitlicher Perspektive dringend geboten. Weiterhin besitzt Lachgas eine nicht zu unterschätzende Rolle als Treibhausgas. Infolge des intensiven Einsatzes von Düngemitteln in der Landwirtschaft wird Lachgas zunehmend als Nebenprodukt des Stickstoffkreislaufes in die Atmosphäre ausgestoßen. Sowohl mit Blick auf die Rolle als Freizeitdroge als auch mit Blick auf die Rolle im Zusammenhang mit dem menschenverursachten Klimawandel eignet sich das Thema „Lachgas“ damit für eine materialgestützte Lernaufgabe im Sinne des Unterrichtsansatzes Chemie im Kontext.

In den vorliegenden Materialien werden Kompetenzen aus allen vier Kompetenzbereichen (Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewerten) gefördert.

M1 thematisiert die Chemie des Lachgases. Im Zuge der Auseinandersetzung mit den Eigenschaften und Anwendungsgebieten von Lachgas können die Lernenden Reaktionsgleichungen formulieren (Kompetenzbereich Fachwissen) und ein Experiment zur Identifikation planen (Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung).

In **M2** wird die Bildung von Lachgas als Nebenprodukt bei der Nitrifikation und der Denitrifikation im Stickstoffkreislauf beschrieben. Weiterhin wird die technische Darstellung von Lachgas dargestellt. Im Zuge der Erarbeitung der verschiedenen Quellen von Lachgas können die Lernenden eine graphische Abbildung zum Stickstoffkreislauf entwickeln

Chemie des Lachgases

M1

Distickstoffmonoxid (auch Distickstoffoxid, N_2O) ist ein farbloses, schwach süßlich riechendes Gas mit einigen interessanten chemischen Eigenschaften:

Es ist nicht brennbar, kann aber andere Stoffe oxidieren und damit eine Verbrennung lebhaft unterhalten. Stoffe, wie Phosphor, Schwefel und Kohle, verbrennen in Distickstoffmonoxid wie in einer Sauerstoffumgebung. Auch ein Gemisch von Distickstoffmonoxid und Wasserstoff reagiert – zwar etwas schwächer – aber dennoch wie ein Knallgasgemisch bestehend aus Wasserstoff und Sauerstoff.

In der Atmosphäre verhält sich Distickstoffmonoxid ähnlich wie das Treibhausgas Kohlenstoffdioxid. Distickstoffmonoxid absorbiert einen Teil der von der Erde abgegebenen Wärmestrahlung und emittiert einen Teil der absorbierten Energie wieder in Richtung der Erdoberfläche. Damit verursacht Distickstoffmonoxid einen Treibhauseffekt. Im Vergleich zum Kohlenstoffdioxid wirkt Distickstoffmonoxid aber sogar um Faktor 300 stärker. Unter Berücksichtigung einer atmosphärischen Verweildauer von 109 Jahren trägt Distickstoffmonoxid daher (obwohl es in der Atmosphäre in deutlich kleinerer Konzentration vorkommt als Kohlenstoffdioxid) schätzungsweise zu 10 % zum Treibhauseffekt und damit zur globalen Erwärmung bei. Im Zuge der Abbaureaktion zerfällt ein Stickstoffmonoxidmolekül unter Aufnahme eines Energiequants zunächst zu einem Stickstoffmolekül und einem Sauerstoffatom. Dieses Sauerstoffatom kann wiederum mit einem weiteren Distickstoffmonoxidmolekül reagieren. Hierbei gibt es nun zwei verschiedene Möglichkeiten: Entweder bilden sich ein Stickstoff- und ein Sauerstoffmolekül oder es bilden sich zwei Moleküle Stickstoffmonoxid (NO). Mit Blick auf die Struktur des Distickstoffmonoxidmoleküls ist die ähnliche Verhaltensweise von Distickstoffmonoxid und Kohlenstoffdioxid wenig verwunderlich. Das Distickstoffmonoxidmolekül ist linear aufgebaut und damit isoster mit eben jenem Kohlenstoffdioxid. Der Abstand zwischen beiden Stickstoffatomen beträgt $1,126 \text{ \AA}$. Damit liegt dieser Abstand genau zwischen dem einer NN-Doppelbindung ($1,20 \text{ \AA}$) und einer NN-Dreifachbindung ($1,10 \text{ \AA}$).

Wenn man Distickstoffmonoxid in geringen Mengen einatmet, bewirkt es einen rauschartigen Zustand mit einem krampfhaften Bedürfnis zu lachen. Aus diesem Grund wird Distickstoffmonoxid auch als Lachgas bezeichnet. Lachgas wird aufgrund seiner schwach betäubenden Wirkung als Narkosemittel eingesetzt, beispielsweise bei zahnchirurgischen Eingriffen. Da Lachgas die Atmung jedoch nicht unterhält, darf es nur gemeinsam mit Sauerstoff verabreicht werden. Bereits im 19. Jahrhundert wurde Lachgas als Betäubungsmittel in Operationen eingesetzt.

Da Lachgas gut in Fetten löslich ist, wird es außerdem als Treibgas für Milchprodukte verwendet. Als Lebensmittelzusatzstoff E 942 ist es z. B. in Sprühsahneflaschen enthalten. Aus diesem Grund werden Gaskartuschen mit Lachgas im Internet von Anbietern auch damit beworben, dass sie ein Vielfaches des Inhalts einer Sahnekapsel enthalten.



Abb. M1.1: Beispielhaftes Etikett einer gängigen Sprühsahneflasche
(Hinweis: In diesem Beispiel ist Lachgas als Distickstoffoxid aufgeführt. Auf anderen Sprühsahneflaschen findet man lediglich die Bezeichnung E 942.)

Ein drittes Anwendungsgebiet stellt die „Lachgaseinspritzung“ in Motoren dar, die die Leistung des Motors kurzfristig um etwa 20 bis 50 % steigern kann.

Aufgaben

1. **Formulieren** Sie die Reaktionsgleichung für die Reaktion von Lachgas und Wasserstoff.
2. **Zeigen** Sie anhand der Berechnung der Reaktionsenthalpien, weshalb ein Gemisch aus Lachgas und Wasserstoff etwas schwächer reagiert als ein klassisches Knallgasgemisch bestehend aus Wasserstoff und Sauerstoff.

$$\left(\text{gegeben: } \Delta_{\text{B}}H^{\circ}(\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}) = -286 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \quad \text{und} \quad \Delta_{\text{B}}H^{\circ}(\text{N}_2\text{O}_{(\text{g})}) = +82,1 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}\right)$$

3. **Formulieren** Sie die Reaktionsgleichungen für den photochemischen Abbau von Lachgas in der Atmosphäre.
4. **Zeichnen** Sie die zwei mesomeren Strukturformeln des Distickstoffmonoxidmoleküls.
5. **Begründen** Sie den Bindungsabstand der Stickstoffatome im Distickstoffmonoxidmolekül anhand der mesomeren Grenzformeln.
6. Angenommen, Sie erhalten drei Ballons, die jeweils entweder mit Lachgas, Wasserstoff oder Stickstoff gefüllt sind. **Planen** und **beschreiben** Sie ein Experiment, um die Gase in den jeweiligen Ballons zu identifizieren.