



BEF

Eine gewaltige Detonation hat am Abend des 4. August 2020 Teile der libanesischen Hauptstadt Beirut verwüstet und zahlreiche Todesopfer gefordert. Auslöser dieser Katastrophe war Ammoniumnitrat – ein explosives, farbloses Salz, welches aus Ammoniak und Salpetersäure erzeugt wird. Es handelt sich dabei um eine zwiespältige chemische Substanz, denn sie wird gleichermaßen zur Herstellung von Düngemitteln aber auch Sprengstoffen verwendet.

Text: Univ.-Lektor ELFR Dr. Otto Widetschek



Im HAFENGELÄNDE von
Beirut ereignete sich die
gewaltige EXPLOSION

B

3A Katastrophe

AMMONIUMNITRAT DAS EXPLOSIVE SALZ

Die Hauptstadt des Libanon, Beirut, liegt direkt an der Mittelmeerküste und besitzt auch den wichtigsten Hafen des Landes. Nach Schätzungen leben in der Stadt rund 2,3 Millionen Menschen. Beirut ist das wirtschaftliche und kulturelle Zentrum des Libanons, der früher als die Schweiz des Nahen Ostens genannt wurde. Das Land wurde zwischen 1970 und 1990 Schauplatz eines blutigen Bürgerkrieges und gehört heute zu den am meisten verschuldeten Staaten der Welt. Misswirtschaft, Korruption und Klüngelpolitik haben dazu geführt. Nun hat eine Explosionskatastrophe im Hafen von Beirut den Rücktritt der gesamten Regierung bewirkt!

EINE MEGAKATASTROPHE

Am 4. August 2020 erschütterten zwei apokalyptische Explosionen den Hafen von Beirut. Die Druckwelle war dabei so stark, dass alle Bauwerke im Umkreis von etwa 2 Kilometer weitgehend zerstört wurden. Lediglich die im Hafenbereich vorhandenen Stahlbetonsilos für die Lagerung von Getreide ragten danach noch wie dürre Finger in den gespenstischen Nachthimmel. Balkone wurden kilometerweit von Häusern abgerissen, Dächer abgedeckt und Autos sowie Menschen durch die Luft geschleudert. Glasschäden an Bauwerken gab es in bis zu 20 Kilometer Entfernung. Eine Megaexplosion der Sonderklasse!

Ein Erdbeben der Stärke 3,3!

Wie kann es nun zu einem derartigen Ereignis kommen? Ursache war ein Brand, der 2.750 Tonnen ungesichertes Ammoniumnitrat in einem Hafenspeicher zur Explosion brachte. Die deutsche Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe schätzte dabei die Sprengkraft auf 500 bis 1.100 Tonnen TNT-Äquivalent. Die Explosion brachte auch die Erde zum Beben und der amerikanische Erdbebedienst (United States Geological Survey) registrierte seismische Wellen analog zu einem Erdbeben der Stärke 3,3 laut Richter-Skala.

Hoher Blutzoll – auch bei der Feuerwehr!

Wurden kurz nach der Explosion knapp über 100 Tote angenommen, so gab nach einer Woche das libanesische Gesundheitsministerium bekannt, dass mindestens über 220 Menschen ums Leben gekommen sind. Dazu werden noch an die 110 Personen vermisst. Darunter zehn der elf zuerst zum Einsatzort im Hafen ausgerückten Feuerwehrleute. Sie haben sich, so wie ihr Fahrzeug, quasi in Luft aufgelöst, da lediglich die Leiche der 25-jährigen Sanitäterin Sahar Faris des Teams geborgen werden konnte. Es war ein gigantischer Blutzoll, denn es gab außerdem mehr als 6.000 Verletzte. Über 300.000 Menschen verloren ihre Wohnungen und Häuser und wurden obdachlos.

Ursache: Vermutlich Schweißarbeiten!

Auslöser der Katastrophe waren mit ziemlicher Sicherheit Schweißarbeiten, die in einer Lagerhalle im Hafen durchgeführt wurden. Hier gab es anscheinend keinerlei Lagervorschriften, denn neben anderen Chemikalien, wurden auch Feuerwerkskörper und eben 2.750 Tonnen Ammoniumnitrat ungesichert gelagert. Und so kam es, wie es kommen musste: Schweißperlen lösten vorerst ein kleineres Brandgeschehen aus, welches auf die pyrotechnischen Gegenstände übergriff und in der

Folge das Ammoniumnitrat, welches in Säcken abgefüllt war, erfasste. Etwa nach 15 Minuten kam es dann zu einer zuerst kleineren Explosion und kurz danach zu einer gigantischen Detonation.

Odyssee eines Gefahrgutes

Wieso wurden nun derart riesige Mengen an Ammoniumnitrat, ohne Einhaltung von Sicherheitsregeln, in der Lagerhalle vorgehalten? Das Unglaubliche dabei: Im November 2013 hat ein Frachtschiff diese Riesenmenge an Gefahrgut von Georgien nach Mosambik im Süden Afrikas transportieren wollen und musste wegen technischer Probleme in Beirut einen Zwischenstopp einlegen. Die libanesischen Behörden haben dann Bedenken wegen der Transportbedingungen des gefährlichen Stoffes gehabt und das Schiff nicht weiterfahren lassen. Da auch die Hafensteuer nicht bezahlt wurde, beschlagnahmte man einfach die gefährliche Fracht – und lagerte sie jahrelang völlig ungesichert in einem Hafengebäude.

Proteste der Bevölkerung!

Sicherheitsexperten der libanesischen Regierung haben bereits längere Zeit vor den verheerenden Folgen einer Explosion des Ammoniumnitrats gewarnt. Deshalb macht auch die Bevölkerung

des Libanons größtenteils die eigene Regierung für die Katastrophe verantwortlich. Bei Trauer- und Protestkundgebungen gab es in der Folge massive Ausschreitungen, bei denen es hunderte Verletzte und auch mehrere Tote gab. Auf dem Märtyrerplatz im Zentrum der Stadt errichtete die aufgebrachte Menschenmenge symbolische Galgen, an denen sie Pappfiguren mit den Gesichtern des Staatschefs und des Parlamentspräsidenten sowie des Hisbollah-Führers aufknüpften.

Chaos pur!

Über Twitter berichteten politische Aktivisten, dass sich die Männer und Frauen der Berufsfeuerwehr weigerten, bei den Demos ihre Löschfahrzeuge als Wasserwerfer gegen die Demonstranten einzusetzen. Das Chaos ist daher perfekt, und die wirtschaftliche und politische Lage des Landes verschlechterte sich durch die Explosionen weiter. Besonders betroffen ist – vor allem auch in Coronazeiten – das Gesundheitssystem. Nach der großen Explosion gab es innerhalb weniger Tage Tausende Neuinfektionen durch das COVID-19-Virus. Nun wurden der Hafendirektor und 16 seiner Mitarbeiter wegen Misswirtschaft und Korruptionsverdacht verhaftet.

Die libanesische Regierung ist bereits vor einiger Zeit zurückgetreten und das Militär hat die Macht übernommen. Chaos pur!

KLEINE GESCHICHTE DES AMMONIUMNITRATS

Die eigentliche Geschichte des Ammoniumnitrats beginnt schon knapp vor dem Ersten Weltkrieg, als das sogenannte Haber-Bosch-Verfahren zur Herstellung von Ammoniak (NH_3) ein kommerzieller Erfolg wurde. Dieser Prozess stellte einen Quantensprung in der großtechnischen Chemie dar: Er repräsentierte nämlich die erste echte Symbiose zwischen Chemie und Maschinenbau, da dieser Vorgang sowohl eine hohe Temperatur (ca. 500 Grad Celsius) und einen hohen Druck (100 bis 250 bar) voraussetzte.



Fritz Haber und Carl Bosch, die Väter der Ammoniak-Erzeugung.

Foto: Wikimedia Commons

Erste Düngemittel- erzeugung

Die entscheidenden Fortschritte gelangen in Deutschland, in Ludwigshafen bei BASF (Bayrische Anilin und Sodafabrik). Hier konnte man das neue Verfahren auch zur Düngemittelproduktion technisch umsetzen. Leider wurde diese neue, beeindruckende Industrie auch zum Auslöser eines Ereignisses, das man als Beginn der „Periode der bedeutenden chemischen Gefahren“ sehen kann.

Die Katastrophe von Oppau

Es handelte sich dabei um die legendäre Explosion am 21. September 1921 in Oppau, Ludwigshafen. Ein Lager, in dem 4.500 Tonnen Ammoniumnitrat gelagert waren, explodierte mit großer Gewalt. Der Unfall forderte 561 Todesopfer, davon vier Tote im über sieben Kilometer entfernten Mannheim.

Explosionen am laufenden Band

In den letzten 100 Jahren kam es immer wieder zu fürchterlichen Explosionskatastrophen bei der Erzeugung, dem Transport und der Lagerung

von Ammoniumnitrat (siehe Auflistung), welche einen hohen Blutzoll und große Zerstörungen bewirkten. Man könnte also von Explosionen am laufenden Band sprechen! Die folgenschwerste Katastrophe beim Transport ereignete sich am 16. April 1947 im Hafen der Stadt Texas, USA. Damals detonierten etwa 7.000 Tonnen Ammoniumnitrat auf einem Schiff, wobei 650 Menschen getötet und über 3.500 verletzt worden sind.

Eine der jüngeren Katastrophen in Europa ereignete sich am 21. September 2001 in Toulouse, Südfrankreich, in einer Düngemittelfabrik der Firma „Grand Paroisse“. Hier kam es völlig unerwartet zu einer mächtigen Explosion, die 31 Todesopfer und 2.500 Verletzte forderte.

Große Brisanz

Das Überraschende bei all diesen Unfällen war die Brisanz dieser neuen Chemikalie: Durch die Explosionen wurden in der Regel viele Gebäude dem Erdboden gleichgemacht und ein riesiger Krater gewaltsam aus dem Boden gestampft. In Beirut entstand beispielsweise

ein Krater mit etwa 150 Meter Durchmesser und 43 Meter Tiefe, der sich nach der Explosion mit Meerwasser füllte.

Terror mit Ammoniumnitrat

Da Ammoniumnitrat in seiner chemischen Reinform äußerst brisant ist, wurde es früher vielfach bei bestimmten Sprengungen in Bergwerken eingesetzt. Diese Eigenschaft haben sich in der Vergangenheit auch Terroristen zunutze gemacht.

Zwei Beispiele:

- Im Jahre 1995 führte ein frustrierter Veteran einen Terroranschlag auf ein achtstöckiges Amtsgebäude der CIA in Oklahoma (USA) mit einem Gemisch von 2,4 Tonnen Ammoniumnitrat und Nitromethan durch. Dabei wurde ein damit beladener Lastwagen vor dem Bürogebäude in die Luft gesprengt und 168 Menschen getötet.
- Im Jahre 2011 zündete ein geistesgestörter Attentäter in Oslo im norwegischen

Regierungsviertel eine selbst gebaute Autobombe mit etwa 1.000 kg Ammoniumnitrat, wobei acht Menschen ums Leben kamen.

ERKENNTNISSE

Eine wesentliche Erkenntnis für den allgemeinen Gebrauch von Ammoniumnitrat: Wenn man vernünftig damit umgeht, ist es ungefährlich! Hobbygärtner, die im Baumarkt oder Gartencenter Düngemittel für ihre Pflanzen im Garten kaufen, müssen sich daher keine Sorgen machen. Für den privaten Gebrauch dürfen auch nur Düngemittel mit einem sehr niedrigen Stickstoffanteil verkauft werden.

Gefährliche Initialzündung

Dazu erklärt der Universitätsprofessor Klaus Köhler von der TU München: „Wenn man es nicht vermischt, kann es auch kein Feuer fangen. Denn im Prinzip ist Ammoniumnitrat gar nicht leicht zu entzünden.“ Gefährlich wird es erst, wenn eine entsprechende Initialzündung

Ammoniumnitrat ist die Ursache zahlreicher Explosionskatastrophen, welche ohne Anspruch auf Vollständigkeit hier wiedergegeben werden.

| Datum | Ort (Land) | Ereignis (Menge in Tonnen) | Tote (Verletzte) |
|--------------------|-----------------------|--------------------------------------|---------------------|
| 21. September 1921 | Oppau (Deutschland) | Explosion des Ammonitakwerkes (400) | 559 (1977) |
| 16. April 1947 | Texas (USA) | 2 Frachtschiffe im Hafen explodieren | 500-600 (ca. 8.000) |
| 28. Juli 1947 | Brest (Frankreich) | 1 Frachtschiff explodiert | 26 (über 100) |
| 9. Jänner 1963 | Oulu (Finnland) | Explosion in einer Stickstofffabrik | 10 |
| 19. April 1995 | Oklahoma City (USA) | Attentat (2,4) | 168 (über 800) |
| 21. September 2001 | Toulouse | Düngemittelfabrik | 31 (über 2.500) |
| 22. April 2004 | Ryongchon (Nordkorea) | Eisenbahnunfall | 161 (ca. 1.300) |
| 22. Juli 2011 | Oslo (Norwegen) | Attentat (ca. 1) | 8 (10) |
| 17. April 2013 | Texas (USA) | Düngemittelfabrik | 14 (180) |
| 12. August 2015 | Tianjin (China) | Lagerhalle (800) | 175 (ca. 800) |
| 4. August 2020 | Beirut (Libanon) | Lagerhalle im Hafen (2.750) | 220 (ca. 6.000) |



Ammoniumnitrat ist ein stark brandfördernder und explosiver Stoff

...dung, wie in Beirut, vorhanden ist. Dann kommt es zu einer Zersetzung des Düngemittels in seine Bestandteile, wobei eine charakteristische braungelbe Wolke in Form der bekannten nitrosen Gase auftritt. Durch die vorhandene Hitze entstehen Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff. Dabei bildet sich eine riesige Gasmenge, was mit einer großen Volumenvergrößerung verbunden ist – das Ammoniumnitrat explodiert! Die wesentlichen Erkenntnisse aus der Megaexplosion von Beirut kurz zusammengefasst:

- **Art der Lagerung**
Entscheidend ist, wo und unter welchen Bedingungen Gefahrstoffe gelagert werden. Die Chemikalien und im vorliegenden Fall Ammoniumnitrat hätten unbedingt von Brennstoffen und Wärmequellen ferngehalten werden müssen.
- **Große Lagermengen**
In der Lagerhalle 12 im Hafengebiet von Beirut lagerten etwa 2.750 Tonnen hochgefährliche Chemikalien in Säcken verstaut, welche im Ernstfall durch die Feuerwehr nicht beherrscht werden konnten.
- **Komplexes Gefahrenpotenzial und Riesensprengkraft**
Die Zusammenlagerung von Gefahrstoffen (pyrotechnische Gegenstände und die großen Mengen von Ammoniumnitrat) stellte ein

äußerst komplexes Gefahrenpotenzial dar und im Besonderen ist eine riesige Sprengkraft gegeben.

- **„Initialzündler“ Schweißarbeiten**
Als Auslöser der Katastrophe werden mit größter Wahrscheinlichkeit Schweißarbeiten angenommen. Es ist allgemein bekannt, dass Schweißperlen eine Temperatur von über 1.500 °C besitzen und damit in der Regel einen gefährlichen Initialzündler für Brände und Explosionen darstellen.
- **Riesige Giftgaswolke**
Durch den Abbrand der Feuerwerkskörper und die Zersetzung von Ammoniumnitrat bildete sich vorerst eine rotbraune Giftgaswolke (nitrose Gase und andere toxische Verbrennungsprodukte) und nach der Explosion ein mächtiger Feuerball und ein kilometerhoher Rauchpilz.
- **Keine Lagervorschriften**
Eine der Hauptursachen für diese Katastrophe lag jedoch im Fehlen klarer Lagervorschriften, war also ein logis-

tisches Problem. Hätte man eine gezielte Trennung der unterschiedlichen gefährlichen Güter, eine Schaffung von Schutzzonen und klare betriebliche Brandschutzmaßnahmen vorgesehen, wäre ein Desaster in diesem Ausmaß ausgeblieben.

- **Fehlende Brandschutzpläne**
Besonders dramatisch wirkte sich jedoch das Fehlen von Brandschutzplänen aus. Dadurch wussten die Feuerwehrmänner nicht, welche Chemikalien mit welchen Eigenschaften wo gelagert wurden.
- **Große Personen- und Sachschäden**
Neben dem großen Blutzoll an der Zivilbevölkerung und Angehörigen der Einsatzkräfte ist ein gigantischer Sachschaden im gesamten Hafengebiet, in anderen Betriebsgebäuden und zivilen Bauwerken aufgetreten. Erste Schätzungen über die Explosionsschäden liegen bei einer Summe von über fünf Milliarden US-Dollar (4,25 Mrd. Euro).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die gegenständliche Explosionskatastrophe von Beirut wieder einmal die

Notwendigkeit eines ausgewogenen vorbeugenden und abwehrenden Brandschutzes gezeigt hat. Ohne eine derartige Brandschutzpolitik und beim Fehlen eines entsprechenden Brandschutzmanagements stehen die Feuerwehren vor allem im Umgang mit Gefahrstoffen auf verlorenem Posten und müssen – wie im vorliegenden Fall – ihrer gefährlichen Tätigkeit blutigen Tribut zollen.

Literaturhinweise

Allgemeine Internetrecherche über die Explosionskatastrophe von Beirut.

LOSSAU N.: Was ist Ammoniumnitrat – Das Salz, das als furchtbarer Sprengstoff funktioniert; WELT, 5. August 2020.

MARSHALL V. C.: Major Chemical Hazards; Library of Congress Card No. 86-27611; Chichester, England, 1987.

ORF: Explosion verwüstet fast halb Beirut; orf.at vom 5. August 2020.

SCHULTE K.: Explosionen nicht nur in Beirut – Ammoniumnitrat ist gefährlich, aber wichtig; ntv, 10. August 2020.

WIDETSCHKE O.: Der große Gefahrgut-Helfer (chemische Reaktionen); Stocker Verlag, Graz, 2012.

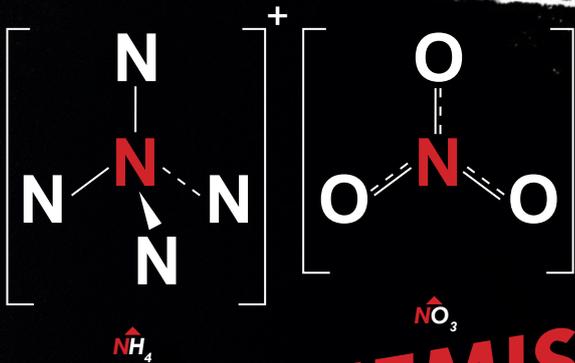


Ammoniumnitrat kann in Reinform leicht explosiv sein, ist aber in Form von Düngemittel nur bei einer starken Initialzündung gefährlich. Foto: Markus Stengele, @fire



- N ▶ Stickstoff (Düngerwirkung für Pflanzen)
- H ▶ Wasserstoff (Brennbarkeit)
- O ▶ Sauerstoff (Brandförderung)

Strukturformel von
Ammoniumnitrat



CHEMISCHER STECKBRIEF

AMMONIUMNITRAT (NH_4NO_3)

H-Sätze

H 272: Kann Brand verstärken;
Oxidationsmittel
H 319: Verursacht schwere
Augenreizung

P-Sätze

P 210: Vor Hitze, heißen Oberflächen, Funken, offenen Flammen sowie anderen Zündquellen fernhalten; nicht rauchen
P 220: Von Kleidung und anderen brennbaren Materialien fernhalten
P 280: Schutzhandschuhe, Schutzkleidung, Augen bzw. Gesichtsschutz tragen
P 305+351+338: Bei Kontakt mit den Augen: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen
P 370+378: Bei Brand Sprühwasser einsetzen

Umgang (GHS)



Transport (ADR/RID)

UN 1942
Verp.-Gruppe III



Ammoniumnitrat (chem. Formel NH_4NO_3) liegt in fester Form als weißes, geruchloses Pulver vor und ist selbst nicht brennbar, aber kann aufgrund seines hohen Sauerstoffanteil brandfördernd wirken.

Kennzeichnung

Transport

Ammoniumnitrat wird für Düngemittel in fester Form unter der UN-Nummer 1942 transportiert. Dies gilt für den Straßen- und Schienenverkehr (ADR/RID), auf Binnenwasserstraßen (ADNR), den Seeverkehr (IMDG-Code) und den Luftverkehr (ICAO-TI). Es wird der Klasse 5.1 – Entzündend (oxidierend) wirkende Stoffe mit dem gelben Gefahrzettel Nr. 5.1 und der Verpackungsgruppe III zugeordnet. Anmerkung: Ammoniumnitrat wird in seiner Reinform mit der UN-Nummer 0222 gemäß ADR/RID als Explosivstoff der Klasse 1 ausgewiesen.

Umgang

Gemäß dem Global Harmonisierten System (GHS) werden Behältnisse mit den Piktogrammen GHS 03 und GHS 07 gekennzeichnet. Es gelten folgende H- und P-Sätze:

- H 272 und H 319
- P 210, P 220, P 280, P 305+351+338, P 370+378

Erzeugung

Das im Düngemittel enthaltene Ammoniumnitrat (NH_4NO_3) wird aus dem giftigen Gas Ammoniak (NH_3) und der ätzenden Salpetersäure (HNO_3) gemäß folgender chemischer Reaktion produziert:



Diese teils unter hohen Temperaturen und Drücken ablaufende chemische Reaktion muss in hochkomplizierten technischen Maschinen und Roboteranlagen unter Kontrolle gehalten werden. Diese endgültigen Düngemittel werden schließlich aus dem gefährlichen Ammoniumnitrat unter Zugabe von Stabilisatoren und Füllstoffen erzeugt. Alle diese Vorgänge sind als äußerst sensibel einzustufen.

Ammoniumnitrat: Ein Explosivstoff!

Ammoniumnitrat ist in Reinform eine chemische Substanz, welche den für Zwecke der Düngung wichtigen Stickstoff (N) beinhaltet. Weiters sind im Ammoniumnitrat-Molekül (NH_4NO_3) auch drei Atome Sauerstoff (O_2) gebunden. Bei einer Zerlegung des Moleküls (z. B. bei Selbstzersetzung) ist also der für die Verbrennung erforderliche Sauerstoff direkt am Ort vorhanden. Dies macht bei der Existenz einer entsprechenden Initialzündung die große Brisanz des Ammoniumnitrats und seine große Explosionsgefahr aus.

Ammoniumnitrat zerfällt bei starker Initialzündung nach der folgenden Reaktionsgleichung:



Diese Formel erklärt auch die außerordentlich große Sprengkraft des Ammoniumnitrats, weil dabei ausnahmslos aus einem Feststoff gasförmige Produkte (H_2O , N_2 und O_2) produziert werden. Dies expandieren unter Feuererscheinung sehr schnell und erzeugen einen gefährlich hohen Explosionsdruck.