



TIMM KOCH

**DAS
SUPER
MOLEKÜL**

Wie wir mit Wasserstoff
die Zukunft erobern

WESTEND

Atomkern eines jeglichen Elements. In ihr schwirren entweder ein oder zwei Elektronen herum. Schwirrt nur eines darin herum, ist sie also nur halb besetzt. Je mehr Elektronen ein Element besitzt, desto mehr Kugelwolken umgeben den Atomkern. Beim Wasserstoffatom ist es nur eine einzige, und die ist auch noch lediglich halb besetzt. Aus elektromagnetischen Gründen will sie aber voll sein und verbindet sich deshalb mit der des Nachbaratoms zu einer einzigen Kugelwolke mit zwei Atomkernen. Das H₂-Molekül ist geboren.

Sein Molekulargewicht beträgt 2,016 g/mol. Man unterscheidet drei verschiedene Formen von Wasserstoffatomen: Protium, Deuterium und Tritium. Diese werden auch Isotope genannt und sind unterschiedlich schwer. Protium (¹H), das 99,985 Prozent des weltweiten Wasserstoffvorkommens ausmacht, ist der leichte oder »normale« Wasserstoff. Sein Atom besteht aus einem Proton und einem Elektron. Deuterium (²H), der schwere Wasserstoff, dessen Rolle beim Bau der Wasserstoffbombe bereits erwähnt wurde, hat zusätzlich zum Proton ein Neutron im Atomkern. Tritium (³H), der überschwere Wasserstoff, der natürlich nur in verschwindend geringen Spuren vorkommt, besitzt zwei Neutronen und strahlt radioaktiv. Seine Halbwertszeit liegt bei 12,32 Jahren. Auf der Erde kommt Wasserstoff fast ausschließlich chemisch gebunden vor. Die häufigste Verbindung geht er bei uns mit Sauerstoff ein. Das H₂-Molekül hat sich mit einem Sauerstoffatom zu Wasser (H₂O) verbunden. Das Gewichtsverhältnis des H₂-Moleküls zum Sauerstoffatom liegt bei etwa eins zu acht.

Zusätzlich kommt Wasserstoff aber auch in sehr vielen Kohlenstoffverbindungen vor und ist somit nicht nur ein wichtiger Baustein im Puzzlekasten des Lebens, sondern auch Bestandteil fossiler Rohstoffe. Der Hauptbestandteil von Erdgas, Methan (CH₄) etwa, setzt sich aus vier Wasserstoffatomen und einem Kohlenstoffatom zusammen. Bei Diesel oder Benzin liegt der Anteil nur noch bei etwa zwei zu eins. Mit anderen Worten entstehen bei der oxidativen Verbrennung von Methan zwei Wassermoleküle und ein klimaschädliches Kohlendioxidmolekül (CO₂). Bei der Verbrennung der landläufigen Flüssigkraftstoffe hingegen fällt bei einem gleichen Wasserdampfanteil im Abgas die doppelte Menge CO₂ an. Auch Braun- und Steinkohle bestehen selbstverständlich nicht ausschließlich aus Kohlenstoff. Man redet vielmehr von hochmolekularen Kohlenwasserstoffen. Der Kohlenstoffanteil an der hochwertigen Steinkohle beträgt gewichtsmäßig je nach Einteilung über 50 Prozent, massenmäßig liegt er bei über 70 Prozent.

Beim Gedanken an Wasserstoff fällt den meisten, kaum haben sie das Kopfkino einer H-Bombenexplosion im Pazifik hinter sich gelassen, direkt das nächste Horrorszenario ein: Der Untergang der Hindenburg. Das Luftschiff wurde in einer Epoche entwickelt, als die Statussymbole des Fortschritts und der industriellen Entwicklung gerne mit den Namen von Massenmördern bedacht wurden. Paul Ludwig Hans Anton von Beneckendorff und von Hindenburg (1847–1934) war der Prototyp des *dirty old Man*, der es sich auf seine alten Tage angelegen sein ließ, seine Hände mit dem Blut von Millionen zu besudeln. Nicht nur, dass er im Ersten Weltkrieg die Oberste Heeresleitung führte. In seiner Funktion als Reichspräsident der Weimarer Republik ernannte er am 30. Januar 1933 Adolf Hitler zum Reichskanzler. Bezeichnenderweise kam das Ende für die drei prominentesten Meisterwerke deutscher Ingenieurskunst, die den Namen des Feldmarschalls trugen, explosionsartig. Zu nennen sind die Hindenburgbrücke über den Rhein, ein Flugzeug des Typs Junkers G 38 und schließlich das berühmte Luftschiff, dessen Auftriebskörper als Traggas Wasserstoff enthielt.

Die Hindenburgbrücke war eine Stahlkonstruktion und wurde errichtet mit dem Zweck, Frankreich zu überfallen. Im Ersten Weltkrieg wurde folgerichtig ausgiebig von ihr Gebrauch gemacht, um Nachschub an die Front zu bringen. Im Zweiten Weltkrieg waren es erst die Sprengkraft von amerikanischen Fliegerbomben und anschließend das Dynamit eines Pionierkommandos der Wehrmacht, die ihr den Garaus machten. Die Amerikaner trachteten mit ihrer Aktion danach, das deutsche Hinüberkommen über den Rhein zu verhindern. Die Wehrmacht wollte dasselbe für die US Army erreichen. Letzter Plan misslang bekanntlich, weil ein Stück weiter nördlich bei Remagen, die Ludendorff-Brücke, ebenfalls nach einem der großen Blutsäuer seiner Zeit benannt, den beidseitigen »Liebesbekundungen« standhielt und von amerikanischen Bodentruppen eingenommen wurde.

Die Junkers G 38 war eines von zwei Prototypen, die zum Transport von Waren und Passagieren entwickelt wurden und 1929 zum ersten Mal zum Einsatz kamen. Die viermotorigen Maschinen waren seinerzeit *State of the Art* und brachen bereits beim Jungfernflug diverse Rekorde. Sie konnte 5 000 Kilogramm Nutzlast transportieren und erreichte eine Höchstgeschwindigkeit von für damalige Verhältnisse sagenhaften 200,4 km/h. Tanks, Motoren und sogar ein Teil der Sitzplätze fanden in den großdimensionierten Flügeln Platz. Diese Wunderwerke

der Technik waren allerdings in der Herstellung so teuer, dass es bei den beiden Prototypen blieb. Nachdem die 19 Passagiere fassende, D2500 »Generalfeldmarschall von Hindenburg« lange Jahre im Dienste der Lufthansa eine Reihe von deutschen Städten auf dem Luftweg miteinander verband, wurde sie im Krieg von den Nazis zwangsrekrutiert und zum Angriff auf Griechenland missbraucht. Eine britische Tieffliegerstaffel ließ sie bei einem Angriff auf den Athener Flughafen in Flammen aufgehen.

Aber es war ausgerechnet der zivil genutzte Zeppelin LZ 129 »Hindenburg«, dessen Ende mit Knalleffekt sich in das Kollektivgedächtnis der Menschheit eingegraben hat. Mit knapp 250 Metern Länge war es das größte Flugobjekt, das die Menschheit je gebaut hatte und Nazideutschlands ganzer Stolz. Es hatte Raum für 72 Passagiere, die in Kabinen mit fließend Warmwasser schliefen und von einem ganzen Schwarm von Crewmitgliedern umsorgt wurden. Auf den zwei bis zweieinhalb Tage währenden Transatlantikflügen, die mit 6 000 Reichsmark in etwa anderthalb durchschnittliche Jahresgehälter kosteten, wurden edle Speisen und erlesene Weine serviert. Sein 200 000 Kubikmeter Gas enthaltener Auftriebskörper aus Aluminiumgestänge war mit Wasserstoff gefüllt und enthielt auch die Fahrgasträumlichkeiten. Ursprünglich war eine Befüllung mit dem etwas schwereren, dafür aber nicht brennbaren Helium geplant. Doch dessen einziger Hersteller auf dem Weltmarkt, die USA, sträubten sich dagegen, das Edelgas an ein sich aufrüstendes Nazideutschland zu liefern, weil sie befürchteten, es könne zu militärischen Zwecken genutzt werden. Der Wasserstoff befand sich in einem komplizierten Kammersystem, das von einer spezialbeschichteten Außenhaut aus Baumwolle und Leinen umgeben war. Angetrieben wurde die Hindenburg von vier 16-zylindrigen Dieselmotoren. Die vierflügeligen Druckpropeller verliehen ihr eine Marschgeschwindigkeit von 125 Stundenkilometern.

Die Hindenburg flog nur etwas länger als ein Jahr. Auf dem 63. Flug, ausgehend von Frankfurt am Main, kam es am 6. Mai 1937 um 18:25 Uhr Ortszeit, bei der Landung in Lakehurst, im amerikanischen Bundesstaat New Jersey, zur Katastrophe. Die Fahrt war bis auf schlechte Wetterverhältnisse ohne besondere Ereignisse verlaufen. 61 Crewmitglieder kümmerten sich um das Wohl von 39 Passagieren. Nachdem Kapitän Max Pruss große Kreise ziehend einen Gewittersturm abgewartet hatte, brachte er das hakenkreuzgeschmückte Luxusluftschiff über dem Landemast in Position. Am Boden wartete eine Gruppe

von Personal, deren Job darin bestand, die Landeseile aufzufangen. Sobald diese jedoch den Boden berührten, kam es zur Explosion. Die Verbrennung des Auftriebskörperinhalts dauerte nur knapp eineinhalb Minuten. Dreizehn Passagiere, 22 Mitglieder der Crew und ein Mann des Bodenpersonals kamen ums Leben. Die Opfer verbrannten oder starben an den Folgen eines Sprunges aus zu großer Höhe. Erstaunlich ist, dass 62 Menschen den Absturz aus immerhin 80 Metern Höhe überlebten. Problematisch bei der Bergung der Opfer war vor allem der in Brand geratene Dieseltreibstoff. Die Aufnahmen des Absturzes sind bis heute ein Meilenstein der Filmgeschichte, ebenso wie die Livereportage des Journalisten Herbert Morrison aus der Geschichte des Radios nicht wegzudenken ist.

Die Unglücksursache wurde nie endgültig geklärt. Sie reichen von einer Bombe an Bord bis hin zu Bodenbeschuss. Am wahrscheinlichsten ist, dass im Zuge eines Wendemanövers als Folge des stürmischen Wetters im Innern des Auftriebskörpers ein Kabel riss und eine Anzahl der Wasserstoffkammern beschädigte, sodass der Wasserstoff mit dem Sauerstoff der Umgebungsluft in Berührung kam. Die nassen Kabel bewirkten in der elektrisch aufgeladenen Gewitteratmosphäre bei Bodenkontakt eine Erdung und somit ein Elmsfeuer, das den Wasserstoff zum Entzünden brachte.

Obwohl die Hindenburg beileibe nicht der erste und auch nicht der letzte Unglückszeppelin war – bereits 1930 kamen beim Absturz des britischen R101 in der Nähe von Paris 48 der 54 sich an Bord befindenden Menschen durch die Wasserstofffeuerwalze ums Leben –, so markierte ihr Untergang nicht nur das Ende der Verkehrsluftfahrt, sondern war insgesamt ein Schlag ins Kontor für den Gebrauch reinen Wasserstoffs im Transportwesen. Seither gilt die Wasserstofftechnologie im Bewusstsein der Menschheit als unberechenbar, schwer beherrschbar und gefährlich. Dabei darf man nicht übersehen, dass die oben erwähnten Vorgänge sich zu einer Zeit abspielten, als sich die Wissenschaftler förmlich überschlugen vor Begeisterung über das kleinste Atom, den Urbaustein des Kosmos, den Stoff aus dem eben nicht nur das Wasser ist.

Die Verbindung von Wasserstoff mit Kohlenstoff, Kohlenwasserstoff genannt, ist zwar einerseits die simpelste in der organischen Chemie, andererseits jedoch unglaublich vielfältig, weil die Moleküle von unterschiedlichster Zusammensetzung, Struktur und Größe sein können. Erwähnenswert an dieser Stelle ist die Ringstruktur des Benzols. Der Stoff, der ursprünglich als Nebenprodukt der Koksproduktion erhalten wurde, ist heute aus der

petrochemischen Industrie nicht wegzudenken und liefert den Ausgangspunkt zu einer Vielzahl von Farben, Arzneimitteln, Pestiziden und Kunststoffen. Zudem ist er in Benzin enthalten. Entdecker der Ringstruktur des Benzols war ein deutscher Chemiker namens August Friedrich Kekulé aus Darmstadt. Kekulé hieß ursprünglich Kekule, den Akzent setzte er erst während seiner Lehrtätigkeit in Gent. Zu groß war wohl die Versuchung für seine französischsprachigen Schüler, ihn »Kekül« zu nennen und hinter seinem Rücken Witzchen zu reißen über die Endsilbe, die im Französischen genauso ausgesprochen wird wie *cul* (Arsch). Dieser illustre Gelehrte, der mit seiner Entdeckung sogar die Psychoanalytiker beschäftigte, behauptete 1890 in einem Traktat, folgenden Traum gehabt zu haben: Er saß im Halbschlaf in seinem Lehnstuhl und sah »Gebilde von mannigfacher Gestaltung ... Alles in Bewegung, schlangenartig sich windend und drehend. Eine der Schlangen erfasste den eigenen Schwanz und höhnisch wirbelte das Gebilde vor meinen Augen.«⁴



So »erträumte« sich Kekulé die Ringstruktur des Benzolmoleküls.

Psychoanalytiker die sich mit der Traumdeutung auskennen, nehmen an, dass Kekulé diesen Traum einfach erfunden hatte. Sie weisen darauf hin, dass der Wissenschaftler als junger Mensch Zeuge eines Mordes wurde, bei dem das Opfer verbrannte. Im anschließenden Prozess spielte ein Ring der ermordeten Person eine bedeutende Rolle, der zwei sich in den Schwanz beißende Schlangen symbolisierte. Ausgerechnet Kekulé, der den Hohn seiner Mitmenschen so schlecht ertragen konnte, wurde durch die – dem Zeitgeist geschuldete – Präsentation seiner Entdeckung von neidischen Kollegen zum Ziel öffentlichen