

Zeitschrift für angewandte Chemie

I. Bd., S. 269—272

Aufsatzteil

6. November 1917

Chemische Sprengstoffmöglichkeiten¹⁾.

Von Dr. ALFRED STETTBACHER.

(Eingeeg. 30./8. 1917.)

Vor einem Vierteljahr ungefähr, stand in einer hiesigen Zeitung zu lesen, ein amerikanischer Professor habe einen Sprengstoff erfunden, von dem drei Zehntelgramme schon genügen würden, den größten Wolkenkratzer in die Luft zu sprengen. Angenommen, der Erfinder habe sich bei seiner Zahl um keine Stelle verrechnet, so stünden wir damit vor einer Tatsache, die nicht nur für die Wissenschaft, sondern auch für den Krieg von umgestaltender Bedeutung wäre. Während die Chemiker Europas an diesem Energiegeheimnis rätselten und rieten, würde man in Amerika vielleicht Minen legen, die antipodisch durch die Erde zu uns herüberschlügen. — Angesichts solcher Kriegswunder erhebt sich unversehens die Frage: Sind solche Explosivstoffe wissenschaftlich denkbar? Gibt es unbegrenzte Sprengstoffmöglichkeiten? Ist die Sprengstoffchemie nach jeder Richtung noch Entwicklungsfähig, oder ist sie ein ausgeackertes, überkultiviertes Land, das keine Erfindung mehr aufkommen lässt?

Um auf solche Fragen die richtige Antwort zu finden, wollen wir uns erst an einem ausgezeichneten Beispiel die sachlich notwendige Belehrung verschaffen. Nehmen wir gleich den ersten und ältesten brisanten Sprengstoff: das alte N o b e l s c h e Sprengöl oder Nitroglycerin. Diese Verbindung gilt noch heute vermöge ihrer beinahe idealen chemischen Zusammensetzung als das unübertroffene Sprengmittel, als die explosionskräftigste Substanz unter den chemisch einheitlichen Körpern. Während Schwarzpulver ohne Einschluß wirkungslos verpufft, zerschmettert Nitroglycerin schon frei aufliegend die Unterlage und erzeugt (nach den neuesten Berechnungen) einen Druck von 100 000 Atmosphären. Das Nitroglycerinmoleköl zersetzt sich bei der Detonation rückstandslos in Gase, die innere Verbrennung verliefte geradezu ideal, wenn nicht ein halbes Atom oder 3,5% Sauerstoff überschüssig vorhanden wären, welche die Gesamtenergie des Moleküls etwas herabsetzten. 1 kg Nitroglycerin liefert 1580 Calorien, d. i. die höchste Verbrennungswärme unter allen einheitlichen Sprengstoffen. Tatsächlich hat sich bis jetzt, also nach langen 70 Jahren keine einzige Verbindung finden lassen, die dem Nitroglycerin an Sprengkraft gleichkäme, aus dem einfachen Grunde, weil mit dem Trisalpetersäureglycerylester gleich von Anfang an eine der besten Möglichkeiten vorweggenommen war. Und doch sind wir, rein chemisch und thermisch betrachtet, mit dem Nitroglycerin noch weit von einem Sprengstoffideal entfernt. Denn diese Form der Oxydation liefert nur einen Bruchteil der Energie, die bei direkter Verbrennung des zugrundeliegenden Kohlenstoffs und Wasserstoffs frei würde. Ein Beispiel veranschaulicht das am besten. Verbrennen wir einmal nacheinander die gleiche Menge Kohlenstoff und Wasserstoff erst elementar, dann als Propan und schließlich als Bestandteil von Glycerin und Nitroglycerin:

			Verbrennungs- wärme Cal.	Bildungsverlust
	1000 g			
	$3\text{C} + 4\text{H}_2 + 5\text{O}_2$	}	2782	
Propan	$\left\{ \begin{array}{l} \text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2 \\ 216 \quad 784 \end{array} \right\}$		2594	188 = 7%
Glycerin	$\left\{ \begin{array}{l} 216 \quad 235 \quad 549 \\ \text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3 + 70 \\ 451 \quad 784 \end{array} \right\}$		1947	835 = 30%
Nitroglycerin	$\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_2)_3$		1580	1202 = 43%

Um also die Ausgangsmenge der 216 g Kohlenstoff und Wasserstoff über Propan und Glycerin in die Sprengstoffform des Nitroglycerins überzuführen, müssen 43% der ursprünglichen Verbrennungs-

¹⁾ Vortrag, gehalten vor der Schweizerischen Chemischen Gesellschaft anlässlich der Tagung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft am 11./12. 1917 zu Zürich.

nungsenergie geopfert werden. Selbst die Veresterung des Glycerins fordert noch einen Verlust von 13%. Darauf erweist sich die Nitrierung als ein stark energievermindernder Prozeß, und die Salpetersäure erscheint als ein schlechtes Surrogat des reinen Sauerstoffs, als eine plump, schwerfällige Atomgruppe, die in ihrer Mitte den energielosen Begleiter Stickstoff mitschleppen muß. Wie ein Puffer zwischen oxydabler und oxydierender Materie, fängt dieses unbeteiligte Element einen Teil des Explosionsstoßes auf und federt ihn durch Ausdehnung abschwächend weiter. Wäre die Salpetersäure nicht ein so überaus bequem und billiges Mittel zur Sauerstoffeinführung, man würde längst von diesem Sprengstoffbildner abgekommen sein. Gehen doch bei der Überführung von 1 kg Toluol in den Kriegssprengstoff Trinitrotoluol 4730 Calorien verloren, das sind 48% der gesamten Verbrennungswärme.

Toluol . . .	$\text{C}_7\text{H}_8 + 9\text{O}_2$	10150 Cal.				
Trinitrotoluol	$\text{C}_7\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_8$	<table border="0"> <tr> <td>5420</td> <td>"</td> </tr> <tr> <td>4730</td> <td>Cal. = 48%</td> </tr> </table>	5420	"	4730	Cal. = 48%
5420	"					
4730	Cal. = 48%					

Dies Beispiel zeigt die energieverdünnen de Statistenrolle des Sticks toffs aufs deutlichste, und nichts ist deshalb weniger gerechtfertigt als die Behauptung, die Salpetersäure sei ein Energieakkumulator, welcher den Sauerstoff in potenzierte Form gebunden enthalte. Bewirken wir nämlich die explosive Verbrennung statt mit Salpetersäure mit flüssiger Luft, d. h. mit clematarem, flüssigem Sauerstoff von 85—98%, so erhalten wir sogleich energiegewaltige Sprengstoffgemenge, welche das Nitroglycerin und selbst den Energierkord der Sprenggelatine weit übertreffen.

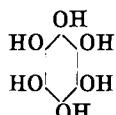
1 kg Sprenggelatine liefert bei der Explosion	1620 Cal.
1 kg Sprengluft, bestehend aus 257 g Rußrohnaphthalin mit 743 g flüssiger Luft von 95% Sauerstoff da- gegen	2180 Cal.

In der Tat verrichten die Flüssigluft- oder Oxyliquitsprengstoffe die mächtigsten Kraftleistungen, die in der Praxis jemals vorgekommen sind. Ihre universelle Verwendung hindert nur eine Schwierigkeit: die schnelle Verdampfung der flüssigen Luft. In den Fällen aber, wo es gelingt, eine solche Rußpatrone im richtigen Tränkungsmomente zu zünden, erhält man Wirkungen von beispieloser Heftigkeit. Knall und Lufterschüttung sind erzitternd. Im Vergleich zu den weitverbreiteten Chedditpatronen liefert dieselbe Oxyliquitmenge mehr als die doppelte Kraft und damit auch die doppelte Zerstörungsarbeit.

peri Kraft und damit auch die doppelte Zerstörungskraft.

Indessen scheint die Detonationsgeschwindigkeit, d. h. die Geschwindigkeit, mit der sich die Sprengmasse vergast, oder, was praktisch dasselbe ist, das brisante Durchschlagsvermögen dieser Flüssigluftsprengmittel nicht über mittelmäßig zu sein. Diese leicht erklärbare Erscheinung ist jedem mechanischen Sprengstoffgemenge eigen, wenn auch bei diesem Falle das Verhältnis insofern günstiger wirkt, als der eine Bestandteil flüssig ist und den anderen auf die mechanisch vollkommenste Weise durchdringen kann. Allein die Schnelligkeit der Explosion tritt doch hinter diejenige der ausschließlich chemischen Verbindungen zurück, wo die Mischung von sauerstoffabgebender und verbrennlicher Substanz bis in das Einzelmolekül hineinreicht und die denkbar höchste Innigkeit erlangt hat.

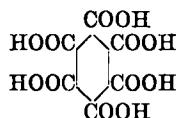
Um das Ideal der Oxyliquitsprengstoffe zu verwirklichen, d. h. um die chemische Energie verbrennlicher Substanzen auf kürzestem Wege und in der gedrängtesten Form auszulösen, müßte man den nötigen Oxydationssauerstoff irgendwie an das betreffende Brennatom oder -molekül lagern können, und zwar, was eben das Kopfzerbrecherische dieser Sache ist, — ohne jeden Bindungsverlust. Das ist aber unmöglich. Denn solcher Sauerstoff ist gezwungen, stets einen beträchtlichen Teil seiner Energie zu verausgaben, möge er nun als Hydroxyl, als Keto- oder als Carboxylsauerstoff an Kohlenstoff und Wasserstoff treten. **Hexaoxybenzol**, die Grundsubstanz



des berüchtigten Kohlenoxydkaliums, liefert niemals die Explosionswärme, die nach dem verhältnismäßig hohen Sauerstoffgehalt von sechs Atomen zu erwarten wäre, weil die beiden Sauerstoffvalenzen größtenteils schon abgesättigt, will sagen mit dem nahen Kohlenstoff- und Wasserstoffatom ausgeglichen sind. Daraus erklärt sich auch die scheinbar widersinnige Tatsache, daß die Pikrinsäure, trotz ihres größeren Sauerstoffgehalts dem Trinitrobenzol an Energie und

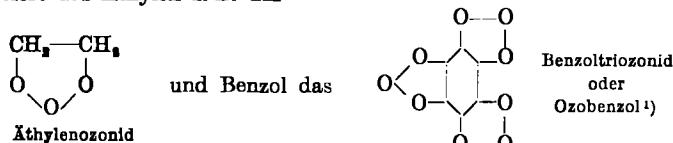


Sprengwirkung nachsteht. Wie könnte sonst die Benzolhexacarbonsäure, die sog. Mcllithsäure,



die gegenüber dem Trinitrotoluol sogar 14% mehr Sauerstoff enthält, ein beständiger, gänzlich unexplosiver Körper sein, wenn dort der Sauerstoff nicht zwischen Kohlenstoff und Wasserstoff lahm gebunden wäre?

In dieser Richtung ist also jede Sprengstoffmöglichkeit verwehrt, und es wäre verlorene Bemühen, einen Kohlenwasserstoff mit atomistischem Sauerstoff zum Explosivstoff beladen zu wollen. Dagegen gibt es jedoch noch eine andere, wohlbekannte Form des Sauerstoffs, die dessen sehr wohl fähig ist: es ist das Ozon. Und damit stehen wir vor den Ozoniden, den gewaltigsten Explosivkörpern, die die Chemie bis jetzt gesehen hat. Läßt man Ozon auf aromatische oder ungesättigte aliphatische Kohlenwasserstoffe einwirken, so entstehen unter direkter Anlagerung des Moleküls neue Körper von enormer Explosionsfähigkeit. So liefert das Athylen z. B. das



das erste ein ungemein explosives Öl, das zweite eine feste, weiße Krystallmasse von furchterlichen Eigenschaften.

Verweilen wir einen Augenblick bei der Formel des Ozobenzols.

324	27	640 = 1000 g
C ₆ H ₅ O ₃) ₂	930	430 Calorien

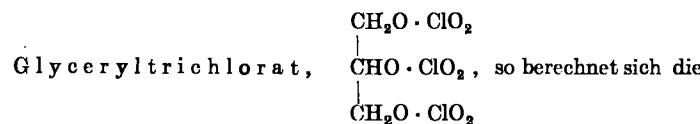
Hier erkennen wir gleich an dem Aufbau und an der Sauerstoffverteilung, daß da vollkommene Bedingungen zu einem Explosivstoff gegeben sein müssen. 1 kg Benzoltriozonid liefert, den Kohlenstoff zu Kohlenoxyd und den Wasserstoff zu Wasser oxydiert (unter Berücksichtigung eines kleinen Bildungsverlustes zu Benzol), mindestens 1700 Cal. Dazu gesellt sich noch die endotherme Ozonwärme, die bei Annahme von 30% Additionsverlust wenigstens 300 Cal. ergibt, so daß die Gesamtwärmefreisetzung bei der Explosion von Ozobenzol auf über 2000 Cal. steigt, also mehr als ein Viertel des Nitroglycerinbetrages ausmacht. Zu dieser außergewöhnlichen Energie hinzu tritt nun noch eine außerordentliche Brisanz, da das aromatische Benzolgerüst infolge seiner eigentümlich alternativen Valenzverkettung viel mehr als eine aliphatische Verbindung zu plötzlichem Zusammensturz, zu hoher Detonationsgeschwindigkeit neigt, — zumal in diesem chemisch einzigen Falle, wo jede Benzolecke detonationsfähig gefügt ist, und wo der Sauerstoff nicht erst über eine unbesetzte CH-Gruppe schlagen muß, um die Explosion durch den Ring zu pflanzen, wie bei Trinitrotoluol z. B. Man darf deshalb mit Sicherheit annehmen, daß die Ozonide unter allen Explosivstoffen die bisher höchsterreichende Kraftgrenze darstellen. Darüber hinaus existieren

allerdings die noch sauerstoffreicheren Oxozonide, in denen der Sauerstoff als Molekül O₄ angelagert ist. Propylenoxozonid, CH₃—CH₂—CH₃, ist bereits dargestellt worden, und die Ver-

wirklichung eines Oxobenzols ist kaum mehr als eine heikle Versuchsangelegenheit. Zweifellos müßte ein Benzoltrioxozonid C₆H₅(O₄)₃, noch gewaltigere Wirkungen zeitigen, da es nicht nur sauerstoffreicher, sondern vermutlich auch endothermer gebildet wäre, als die entsprechende Ozonverbindung.

Dem rein exothermen Sprengstoffzerfall sind durch das Nitroglycerin ein für allemal die Grenzen gezogen; und es bleibt bis heute ein müßiges Beginnen, diesen Markstein mit den erreichbaren Mitteln der chemischen Technik überschreiten zu wollen. Dagegen eröffnen die Ozonide einen neuen, praktisch noch unbekannten Weg zur Anhäufung von chemischer Energie. Wir müssen die exotherme und die endotherme Reaktion soviel wie möglich kombinieren. Statt den Sauerstoff einfach seine Verbrennungscalorien liefern zu lassen, müssen wir ihm vorher ein Quantum endothermer Energie aufladen, welches dann bei der Explosion zusammen mit der Oxydationswärme frei wird. Die Frage ist jetzt nur die: Gibt es außer dem Ozon noch eine oxydierende und zugleich endotherme Verbindung mit höherer Calorienzahl?

Eine solch ausgezeichnete Substanz ist die Chlorsäure. An Sauerstoffgehalt der Salpetersäure fast ebenbürtig, unterscheidet sich die Chlorsäure von dieser durch einen ganz bedeutenden Gehalt an endothermer Energie. Während beispielsweise Indigo mit gewöhnlichem Sauerstoff zu Isatin oxydiert 900 Cal. liefert, ergibt die gleiche Menge Chlorsäuresauerstoff 5100 Cal.²⁾ Setzt man an Stelle des Nitroglycerins das



Explosionsenergie dieses Chlorsäureesters auf mehr als 3000 Cal. Davon entfallen 1300 Cal. auf die Verbrennung des Glycerinkohlenwasserstoffs, und 1700 Cal. auf die innere Energie der Chlorsäure. Da dieser Kraftbetrag auch mit den besten Flüssigluftmischungen niemals erreicht wird, erkennen wir in der Chlorsäure tatsächlich das Mittel, die letzten unserer chemischen Sprengstoffmöglichkeiten zu verwirklichen.

Gegen diese Betrachtungen wird man einwenden, daß sie nur wissenschaftlich zu nehmen und kaum je in die Praxis zu übersetzen seien. Die Gefährlichkeit solcher Substanzen sei unüberwindlich; ihre Verwendung von vornherein illusorisch. Allein noch jedem Explosivstoff war es so ergangen, bis sich die Technik seiner „unberechenbaren“ Eigenschaften bemächtigt hatte. Das „lebensgefährliche“ Bleiazid z. B. wagte man in den neunziger Jahren kaum in Zehntelgrammen herzustellen; heute fabriziert man es zentner- und tonnenweise. Selbst die unheimlich tückischen Ozonide sind für die Praxis schon zu erobern versucht worden, wenn sie es nicht schon sind. Gibt es doch in der Sprengstoffchemie so wenig wie anderswo Hindernisse, die nicht durch Zeit und Erfahrung bezwingbar wären.

Alle Sprengwirkung gründet sich auf chemische Umsetzungsenergie. Ob der Verlauf ein endo- oder exothermer sei; ihr oberstes Maß beträgt 3000 Cal., während der denkbare höchste Oxydationsbetrag, derjenige von flüssigem Wasserstoff mit flüssigem Ozon etwas höher, bis gegen 4500 Cal. hinreicht. Mit dieser letzten Zahl stehen wir aber bereits an dem äußersten Rande unserer Kraftgrenzen. Energien stärkerer Konzentration kennen wir nicht. Man könnte zwar ausnahmsweise an den Blitz denken, aber der Blitz ist eine elektrische Entladung und mit Sprengstoffen unvergleichbar. Zudem ist nicht gesagt, ob der Blitz durch das wolkengroße Luftvolumen, aus dem er seine Kraft zieht, doch nicht eine energiedünnerne Kraftform darstellt als ein Sprengstoff.

Die Frage nach unerhörten Sprengstoffen ist die Frage nach unerhörten Energiedichten. Es ist nun überaus merkwürdig, daß wir in dem Wunder Radium einen derartigen, wenn auch ganz unexplosiven Kraftträger besitzen. Dieses rätselhafte Element baut sich fortwährend unter Entwicklung reichlicher Strahlungsenergien ab. Man hat berechnet, daß 1 g Radium bei seinem vollständigen Zerfall nach Helium 250 000 mal mehr Calorien erzeugt, als 1 g Wasser aus den Elementen. Könnte man diese Kraft plötzlich, d. h.

¹⁾ C. Harries: Ber. 37, 3431 [1904]. Vgl. auch die Monographie von demselben Verfasser: „Das Ozon“, Berlin 1916.

²⁾ Lehrbuch der anorganischen Chemie von Alexander Smith, S. 193 [1914].

in der Detonationszeit der brisanten Sprengstoffe, etwa in einer Millionstelsekunde freimachen — es entstände eine Explosion wie von 1400 kg Trinitrotoluol. In diesem Sinne, wenn dem amerikanischen Gelehrten die Detonation des Radiumelementes gelungen wäre, dürfte es dann mit dem vorerwähnten Wolkenkratzer-sprengstoff seine Richtigkeit haben.

Man sieht: die Kraft des Radiums ist nicht so unfaßbar, wie man gemeinhin denkt. 1 g dieser Materie verzehrt sich in etwa 2000 Jahren und liefert eine Wärme entsprechend 120 kg Anthrazit. Das Wunderbare ist einzig nur die Art und Weise, mit der die Energie in den Atomen dieses Elements verankert ist. Die atomistische Umwandlung des Radiums umhüllt geheimnisvolles Dunkel. Aus welchem Borne diese unerschöpflichen Energien quellen, ist uns noch gänzlich rätselhaft. Wir müssen annehmen, daß an der Bildung des Radiums neue, unserer Chemie noch unbekannte Reaktionen und Kräfte beteiligt gewesen sind, Kräfte, die einst in Form eines ungeheuer negativ verlaufenden Wärme prozesses an die betreffenden Atome gebunden wurden und jetzt beim Zerfall derselben wieder losgelöst werden. Das Radiumelement erscheint so als eine endotherme Verbindung höchster und komplizierter Potenz. Wahrscheinlich aber stehen uns jene Energien und Spannungen gar nicht mehr zur Verfügung, die einst — es mag vielleicht auf der Sonne gewesen sein — bei der Bildung des Radiums am Werke waren. Denn die chemische Trägheit des Heliums sowie der anderen Edelgase konnte bis jetzt nicht überwunden werden. Müßte doch die erforderliche Energie millionenmal größer sein als bei der elektrischen Stickstoffverbrennung oder Ozonbildung!

Nichtsdestoweniger ist es vielleicht doch dem elektrischen Flammenbogen vorbehalten, solch radioide Energie gebilde auf den nächsten Krieg zu verwirklichen, und die trächtigen Gase unter Druck und bei Sonnentemperatur zu den fabelhaftesten Sprengstoffen zu binden. Dann wäre es die Chemie, die stärker als Vernunft und Moral, die Wiederkunft eines ähnlichen Weltreibens verunmöglichte.

[A. 94.]

Die Nahrungsmittelchemie im Jahre 1916.

Von J. RÜHLE.

(Forts. statt Schlus v. S. 268.)

14. Frischhaltungsmittel.

Stadlin²⁷²⁾ empfiehlt, zum Nachweise von Benzoesäure in Fetten das Ausziehen der Säure durch Dialyse des halbfüssigen Fettes gegen Alkohol von 50 Raumprozent zu bewerkstelligen. Müller-Hoessly²⁷³⁾ erörtert kritisch verschiedene Verfahren zur Bestimmung der Salicylsäure in Konfitüren; er empfiehlt colorimetrische Vorprüfung und Kontrolle des Ergebnisses nach den Verfahren von Philipp²⁷⁴⁾ oder v. Fellenberg²⁷⁵⁾. Rocquens²⁷⁶⁾ weist Salicylsäure in Wein nach, indem er den angesäuerten Wein mit Benzol überschichtet und ohne zu schütteln über Nacht stehen läßt. Mit der Benzollösung wird unmittelbar die Reaktion mit Eisenchlorid ausgeführt. Kühl²⁷⁷⁾ erörtert die Art der Imprägnierung von Pergamentpapier mit Salicylsäure und deren Zulässigkeit. Die Salicylsäure verhindert die Schimmelbildung auf feuchtem Pergamentpapier, das infolge seines Gehaltes an geschrägtem machenden löslichen organischen Stoffen, wie Glycerin, Lävulose, Traubenzucker, ein guter Nährboden dafür ist. Andererseits wird die Salicylsäure aber auch von den mit dem Papier in Berührung kommenden Nahrungsmitteln aufgenommen, weshalb die Zulässigkeit salicylierten Pergamentpapiers vom nahrungsmittelrechtlichen Standpunkte aus verneint wird. Auch in hygienischer Beziehung soll der Erfolg der Salicylierung zweifelhaft sein. Nach Mannich²⁷⁸⁾ ist

²⁷²⁾ Chem.-Ztg. **40**, 770 [1916]; Angew. Chem. **29**, II, 514 [1916]; Chem. Zentralbl. **1916**, II, 957.

²⁷³⁾ Mitteilg. Lebensm.-Hyg. **6**, 251 [1915]; Chem. Zentralbl. **1916**, I, 388.

²⁷⁴⁾ Mitteilg. Lebensm.-Hyg. **4**, 351 [1913]; Chem. Zentralbl. **1914**, I, 576.

²⁷⁵⁾ Mitteilg. Lebensm.-Hyg. **1**, 139 [1910]; Z. Unters. Nahr.- u. Genußm. **20**, 63 [1910]; Chem. Zentralbl. **1910**, II, 840.

²⁷⁶⁾ Ann. Chim. anal. appl. **21**, 117 [1916]; Chem. Zentralbl. **1917**, I, 281.

²⁷⁷⁾ Öff. Gesundheitspflege **1**, 16 [1916]; Chem. Zentralbl. **1916**, I, 805.

²⁷⁸⁾ Apotheker-Ztg. **31**, 305 [1916]; Chem. Zentralbl. **1916**, II, 414; vergl. Cohn, Z. öff. Chem. **22**, 366 [1916]; Angew. Chem. **30**, II, 327 [1917].

das neue Frischhaltungsmittel „Microbin“ ein Gemisch von 45% p- und 55% o-chlorbenzoësaurem Natrium. Lüning²⁷⁹⁾ fand in einer Marmelade neben Benzoesäure noch m-Kresotinsäure.

15. Gärungsschemie, Hefe, Bakteriologie.

Bei reichlicher Zufuhr von Kohlenhydraten, Stickstoff als Pepton, also bei gesteigerter Eiweißbildung, und Sauerstoff, kann man nach Bokorny²⁸⁰⁾ den Fettgehalt der Hefe erheblich anreichern, so daß die Fettgewinnung lohnend wird. Völtz²⁸¹⁾ berichtet über die Verwertung der Hefe als Nährmittel für Mensch und Tier und über die Massenerzeugung von Mineralhefe. Nach Fendler und Borinskⁱ²⁸²⁾ ist Nährhefe im Handel zweierlei Ursprungs: Brauereihefe, die nicht immer gleichmäßig ausfällt, da der Entbitterungsvorgang oft nicht vollständig vor sich geht, so daß sich beim Aufbrühen ein unangenehmer, vom Genusse abhaltender Geruch einstellt, und die sog. Mineralhefe, die eine einwandfreie Zubereitung ist und durch künstliche Züchtung von Hefe unter Zusatz anorganischer Salze gewonnen wird. Auf Verwendung ungeeigneter Brauereihefe sind wohl die ungünstigen Ergebnisse Schrumpf²⁸³⁾ zurückzuführen, der Ernährungsversuche mit Nährhefe aufzugeben mußte, da die damit zubereiteten Speisen wegen ihres bitteren Geschmacks und unangenehmen Geruchs ungenießbar waren und Übelkeit und Darmstörungen verursachten. Salomon²⁸⁴⁾ hat bei Genuss von Hefebrot deutliche Erhöhung der Harnsäureabscheidung im Harn beobachtet; Gichtige und Kranke mit Harnsäuresteinen sollten deshalb keine größeren Mengen Hefe genießen. Rubner²⁸⁵⁾ fand bei Fütterungsversuchen am Hunde die Resorbierbarkeit der Nährhefe nicht ungünstig, mahnt aber zunächst zur Vorsicht beim Genusse. Die Bezeichnung der Hefe als Fleischersatz ist irreführend, sie kann nur als Eiweißträger betrachtet werden. Diätetische Bedeutung eines Stoffes und Nährwert sind streng voneinander zu trennen. Nach Wintz²⁸⁶⁾ ist Hefe durchaus geeignet, als teilweiser Ersatz des Fleisches zu dienen; meist als Zusatz zu Suppe gegeben, wurde die Hefe in Mengen von etwa 20 g (= 11 g Eiweiß) gut vertragen. — Es ist Rubner (a. a. O.) beizupflchten, daß Nährhefe kein Fleischersatz in diätetischer Beziehung, im Genusswert ist; ihr Wert liegt in ihrem hohen Eiweißgehalte, mittels dessen sie das Fleisch insofern ersetzen kann, als sie einen Ausgleich für die uns durch den geringeren Fleischgenuss entstandene geringere Eiweißzufuhr bietet (Ref.).

16. Trink- und Gebrauchswasser, Abwasser.

Bruhns²⁸⁷⁾ bespricht die Schwierigkeiten, die bei Bestimmung des Sauerstoffgehaltes eines Wassers nach Winkler²⁸⁸⁾ entstehen, und die Mittel, diese zu überwinden. Winkler²⁸⁹⁾ bespricht die Bestimmung des Sauerstoffs in Wasser nach Zusatz von Chlorkalk, sowie die Bestimmung der Alkalien und Alkalität und der freien Kohlensäure an der Entnahmestelle. Klut²⁹⁰⁾ erörtert das Vorkommen und die Bildungsmöglichkeiten der salpetrigen Säure in Wasser und ihren Nachweis; die hygienische Bewertung eines solchen Vorkommens kann nur von Fall zu Fall erfolgen.

²⁷⁹⁾ Z. Unters. Nahr.- u. Genußm. **30**, 466 [1916]; Angew. Chem. **29**, II, 161 [1916]; Chem. Zentralbl. **1916**, I, 484.

²⁸⁰⁾ Allg. Brauer- u. Hopf.-Ztg. **55**, 1803 [1915] u. **56**, 603 [1916]; Biochem. Ztschr. **75**, 346 [1916]; Angew. Chem. **29**, II, 194 [1916]; Chem. Zentralbl. **1916**, I, 377 u. II, 410 u. 585.

²⁸¹⁾ Z. Spiritus-Ind. **39**, 54 [1916]; Die Naturwissenschaften **4**, 705 [1916]; Angew. Chem. **29**, II, 57 u. 233 [1916]; Chem. Zentralbl. **1916**, I, 1187 u. **1917**, I, 102.

²⁸²⁾ Deutsche Mediz. Wochenschr. **42**, 670 [1916]; Angew. Chem. **29**, II, 410 [1916].

²⁸³⁾ Münch. Med. Wochenschr. **63**, 269 [1916]; Angew. Chem. **29**, II, 302 [1916].

²⁸⁴⁾ Münch. Mediz. Wochenschr. **63**, 454 [1916]; Angew. Chem. **29**, II, 304 [1916].

²⁸⁵⁾ Münch. Mediz. Wochenschr. **63**, 629 [1916]; Angew. Chem. **29**, II, 349 [1916].

²⁸⁶⁾ Münch. Med. Wochenschr. **63**, 455 [1916]; Angew. Chem. **29**, II, 274 [1916].

²⁸⁷⁾ Chem.-Ztg. **40**, 45 [1916]; Angew. Chem. **29**, II, 118 u. 222 [1916]; Chem. Zentralbl. **1916**, I, 525.

²⁸⁸⁾ Vgl. Fortschrittsbericht für 1915; Angew. Chem. **29**, II, 227 [1916].

²⁸⁹⁾ Angew. Chem. **29**, I, 44, 218 u. 335 [1916]; Chem. Zentralbl. **1916**, I, 771 u. II, 277 u. 842.

²⁹⁰⁾ Hygien. Rundschau **1916**, Nr. 2; Chem. Zentralbl. **1916**, I, 682.