

Die Therapie der progressiven Paralyse durch Narcylen-Narkose – ein Behandlungsversuch mit weitreichenden Folgen

Zusammenfassung

In den 1920er Jahren erlangte die Verwendung von Narcylen für Betäubungszwecke im deutschsprachigen Raum vorübergehend eine gewisse Bedeutung, sogar seine Anwendung zur Therapie der Neurolues wurde diskutiert. Zur Verabreichung des vor allem in Verbindung mit Sauerstoff explosiblen Narkotikums entwickelten die Dräger-Werke in Lübeck ein Narkosegerät mit einer Kreisatmertechnologie. Zur chemischen Bindung des ausgeatmeten Kohlendioxids integrierte man eine Kaliumhydroxid-Patrone in das Gerät und versah es mit einem Aktivkohlefilter, um explosive Narcylen-Gasgemische zu neutralisieren. Mit der neuen Technologie wurde ein sparsamer Umgang mit dem teuren Narcylen möglich und die Entstehung explosibler Gasgemische in OP-Bereichen vermieden. Trotz der modernen Technik und der getroffenen Sicherheitsmaßnahmen ereigneten sich auch einige tödlich verlaufene Explosionszwischenfälle, sodass sich das Narkotikum in der täglichen Praxis nicht durchsetzen konnte. Die Analyse der Explosionszwischenfälle mit dem Narkotikum führte zu zahlreichen neuen Erkenntnissen ihrer Ursachen und Vermeidung, insbesondere der von statischen Aufladungen. In der Folgezeit erarbeiteten Medizingerätehersteller und staatliche Behörden strenge Vorgaben für einen sicheren Umgang mit explosiblen und feuergefährlichen Narkotika, sodass

History of Anaesthesia

Narcylene narcosis applied for treatment of progressive paralysis – a therapeutic approach with far-reaching consequences

M. Goerig

► **Zitierweise:** Goerig M: Die Therapie der progressiven Paralyse durch Narcylen-Narkose – ein Behandlungsversuch mit weitreichenden Folgen. *Anästh Intensivmed* 2020;61:066–073. DOI: 10.19224/ai2020.066

unter Beachtung dieser Richtlinien eine „In somno securitas“ möglich wurde.

Summary

In the 1920s, the use of narcylene for anaesthetic purposes temporarily gained a certain significance in some German-speaking countries and even its therapeutic application in general paralysis was discussed. For the application of the anaesthetic, which is highly explosive in combination with oxygen, the Dräger Company in Lübeck, Germany, developed an anaesthesia device with a new circle technology including a potassium hydroxide cartridge to chemically bind exhaled carbon dioxide and an activated carbon filter to neutralise explosive mixtures of the anaesthetic. Thus an economical use of the expensive narcotic became possible and concomitantly prevented the formation of explosive gas mixtures in the operation theatre. Despite modern technology and safety measures taken some fatal explosive incidents occurred, so that the narcotic could no longer survive in daily practice. The analysis of explosion incidents led to numerous new discoveries of their causes and avoidances, in particular by static electricity. Subsequently, medical device manufacturers and state authorities have developed strict guidelines for the safe handling of explosive and fire-hazardous narcotics, so that in accordance with the guidelines even under these circumstances „in somno securitas“ had become possible.

Schlüsselwörter

Geschichte der Anästhesie – Sicherheit bei Narkosen – Explosionsgefahren – Narcylen – Narkosegerät – explosive Narkotika

Keywords

History of Anaesthesia – Safety during Anaesthesia – Risks of Explosion – Narcylene – Anaesthesia Device – Explosive Narcotics

Hamburg 1926: Ein folgenreicher Narkosezwischenfall

„Fortschritte der Technik in der Heilkunde können leider oft nur mit einem gewissen Einsatz von Menschenleben erreicht werden; diese Tatsache, mit der wir uns abfinden müssen, und darüber hinaus der Umstand mag uns ein Trost sein, dass es sich bei dem geschilderten Explosionsunglück um einen Mann handelte, der ohnehin durch eine vorgeschrittene Paralysis progressiva gesundheitlich schwer geschädigt war.“ Mit dieser Aussage relativierte der Hamburger Chirurg Max Laesecke (1896–1959) in einer kasuistischen Mitteilung einen tödlich verlaufenen Narkosezwischenfall mit dem Narkotikum Narcylen, das im Rahmen eines Heilversuchs zur Therapie einerluetischen Erkrankung verwendet worden war [1] (Abb. 1).

Der weitgehend unbekannt gebliebene Narkosezwischenfall, der sich am 3. Februar 1926 im Allgemeinen Krankenhaus St. Georg in Hamburg ereignete, hatte nach Klärung der möglichen Explosionsursachen zahlreiche Verordnungen zum Umgang mit feuer- und explosionsgefährlichen Inhalationsnarkotika zur Folge [2]. Die konsequente Umsetzung und Beachtung dieser Vorsichtsmaßnahmen führte schlussendlich zum heute erreichten hohen Sicherheitsstandard im Umgang mit diesen Substanzen in Operationsbereichen.

Die Malariafieber-Therapie gegen die Progressive Paralyse

Bis Anfang der 1920er Jahre galt die progressive Paralyse als eine unheilbare Komplikation der Syphiliserkrankung, die für die Betroffenen mit schwerwiegenden neurologischen und psychiatrischen Symptomen einherging [3]. Eine mögliche neue Behandlungsoption ergab sich mit der Durchführung einer Fieberkur. Das Konzept hatte der Wiener Psychiater Julius Wagner Ritter von Jauregg (1858–1940) am Ende des 19. Jahrhunderts vorgeschlagen und dann bei Patienten mit psychiatrischen Krankheitsbildern angewandt [4]. Der Gedanke, eine derartige Fiebertherapie in Erwägung zu ziehen, rührte von eigenen Beobachtungen her, dass psychisch Kranke nach hochfieberhaften Erkrankungen häufig eine deutliche Symptomverbesserung zeigten. Wagner-Jauregg erzeugte daher bei den Kranken fieberhafte Reaktionen durch Inokulation verschiedener Eiter- und Typhuserreger, später auch durch Tuberkulin. Da jedoch die Fieberschübe unterschiedlich ausgeprägt verliefen, zugleich aber für den Betroffenen wegen des unvorhersehbaren Verlaufs lebensbedrohlich werden konnten, hielt er die Infektion mit malariahaltigem Blut für erfolversprechender. Überdies ließen sich die Fieberschübe dadurch sicher auslösen und durch eine Chiningabe auch begrenzen. Darüber hinaus war

eine unbeabsichtigte Ansteckung weiterer Patienten, so sein Gedanke, durch eine Malariainfektion ausgeschlossen [5–8].

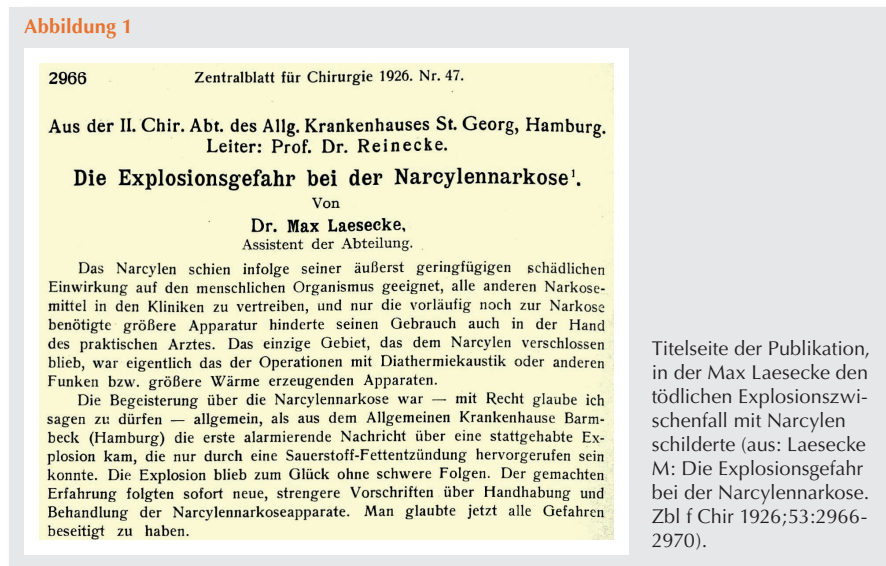
Nach langem Zögern infizierte Wagner-Jauregg erstmals 1917 Paralytiker mit dem Blut eines Malariaerkrankten. Auch bei zahlreichen anderen Kranken führten die Fieberschübe zu einer deutlichen klinischen Besserung und die Behandlungsmethode stieß daher auf großes Interesse und lebhafte Zustimmung [9]. Mögliche Vorbehalte wegen der damit verbundenen Gefahren relativierten sich angesichts der Behandlungsergebnisse [3]. Die Impfmalaria-Therapie wurde daher jahrzehntelang praktiziert und stellte bis zum Einsatz von Penicillin Mitte der 1940er Jahre die einzig erfolversprechende Therapieoption bei der progressiven Paralyse dar [3]. Für die Einführung des neuen Therapieverfahrens wurde Wagner-Jauregg 1927 der Nobelpreis für Medizin und Physiologie verliehen [8].

Alternative Techniken werden erprobt: Die Therapie der progressiven Paralyse durch Narcylennarkose

Wagner-Jaureggs Behandlungsmethode wurde weltweit in Fachzeitschriften, auf Kongressen und Tagungen vorgestellt und besprochen. Dessen ungeachtet forschte man weltweit nach weniger gefährlichen Therapieoptionen [3,7]. Diese wurden auch von Medizinern erörtert, zu deren berufsspezifischen Aufgaben die Behandlung derart Erkrankter nur bedingt zählten: Chirurgen. In ihren Kreisen diskutierte man – statt der Herbeiführung der Fieberschübe durch potenziell lebensbedrohliche Krankheitserreger – die Verabreichung eines erst wenige Jahre zuvor klinisch eingeführten Inhalationsnarkotikums, des Narcylens [9].

Allerdings: Weshalb kam man überhaupt auf den Gedanken, an progressiver Paralyse Erkrankte überhaupt mit dem Narkotikum therapieren zu wollen? Unmittelbarer Anlass hierzu waren Beobachtungen, dass mit Narcylen betäubte Kranke postoperativ erhöhte Temperatu-

Abbildung 1



ren aufwiesen [10]. Wodurch wurde bei ihnen das Fieber ausgelöst? War dies ein durch das Narkotikum hervorgerufenen spezifisches Phänomen oder wurde das Fieber durch die neuartige Technologie des Narcylen-Narkosegerätes hervorgerufen?

Narcylen

Bei Narcylen handelte es sich um von seinen giftigen Beimischungen befreites Acetylen. Acetylen wird normalerweise bis heute beim autogenen Schweißen verwendet [11]. Der Gebrauch des feuergefährlichen und explosiven Acetylens war seinerzeit von Vergiftungsfällen durch ausströmendes Gas überschattet, das bei den Betroffenen rasch zum Bewusstseinsverlust führte, die dann wie „betäubt“ aufgefunden wurden. Brachte man die Verunglückten ins Freie, erwachten diese meist ohne jede Nachwirkung, Spätfolgen beobachtete man nicht [12]. Die Untersuchungen zu den Vergiftungsunfällen übernahmen Fachleute verschiedener Fachgebiete, so auch der auf dem Gebiet der Gasforschung ausgewiesene Pharmakologe Hermann Wieland (1885–1929). Aufgrund der immer wieder gleichlautenden Schilderungen, die Betroffenen seien wie „betäubt“ aufgefunden worden, zog Wieland seine Nutzung als Narkotikum in Betracht und führte umfangreiche tierexperimentelle Untersuchungen durch [12,13]. Hierbei zeigte sich, dass gereinigtes Acetylen rasch wirkende, hochpotente, atoxische narkotische Eigenschaften aufwies. Auch nach langdauernden Narcylen-Narkosen beobachtete man keine Organschädigungen, ein Umstand, den man auf seine fehlende Metabolisierung im Organismus zurückführte [13]. Zudem war es gut steuerbar und hatte keine kreislaufdepressiven Eigenschaften, auch auf das Ausbleiben von Übelkeit und Erbrechen nach Narcylenbetäubungen wurde verwiesen [13–15].

Die skizzierten anästhesiologischen Eigenschaften des Narcylens ähnelten denen des ihm chemisch nahestehenden Äthylens, dessen betäubende Wirkung bereits kurz nach der Entdeckung der modernen Anästhesie beschrieben worden war [14]. Die Verwendung des

Gases war aber nicht weiter verfolgt worden, bis es Anfang der 1920er Jahre durch den in den USA lebenden Physiologen Arno Benedict Luckhardt (1885–1957) erneut für Narkosezwecke empfohlen wurde [16,17]. Obwohl es auch in deutschsprachigen Publikationen für die Durchführung von Narkosen angepriesen wurde, fand das Äthylen aber hierzulande keine Anwendung [2,18].

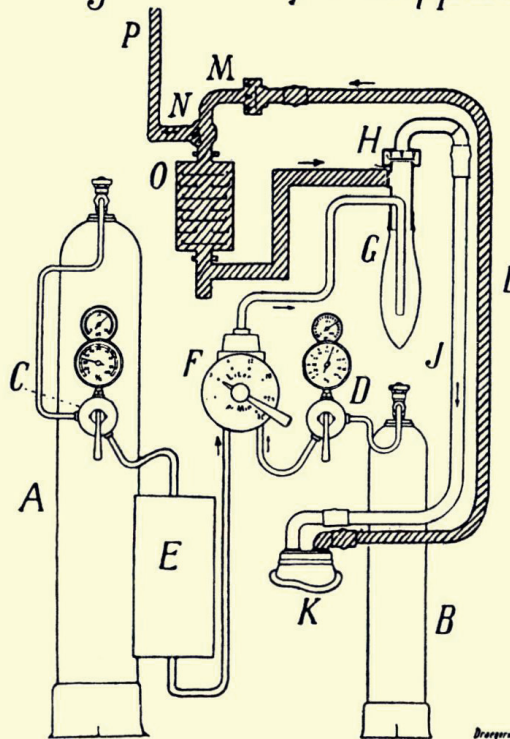
Der Narcylennarkoseapparat: Der erste Kreisnarkoseapparat der Welt

Die Eigenschaften des in Druckgasflaschen bevorrateten und vor allem mit Sauerstoff explosiblen Narcylens erforderten eine besonders umsichtige Verabreichung. Anfang der 1920er Jahre entwickelte die Firma Dräger in Lübeck einen neuartigen Narkoseapparat für das Betäubungsmittel [10]. In enger

Zusammenarbeit mit dem damals noch in Freiburg wirkenden Gynäkologen Josef Gauss (1875–1957) konstruierte man einen Narkoseapparat, dessen hervorstechende technische Besonderheiten das Kreissystem mit getrennten In- und Expirationsschläuchen, die großflächigen, federlosen und widerstandsarmen Glimmer-Plättchenventile sowie ein Überdruck-Begrenzungsventil waren. Ein Atembeutel bot zudem die Möglichkeit einer manuellen Beatmung [19,20]. Mit der „Kreisatmer-Technologie“ wurde im Gegensatz zur herkömmlichen Apparatnarkose das ausgeatmete narkosehaltige Atemgasgemisch wieder eingeatmet und gelangte nur noch in geringen Mengen in den Operationssaal. Explosive Gasgemische ließen sich so weitestgehend verhindern, auch die Narkosegasbelastung war nur noch minimal [21–23] (Abb. 2a). Inwieweit diese Neuerungen auf Anregungen

Abbildung 2a

Draeger-Narcylen-Apparat



Schema zur Bauweise des Draeger-Narcylen-Apparates. Aus der schraffierten Schnittzeichnung geht die Konzeption als Kreisnarkosesystem hervor.

A: Narcylenstahlflasche;
B: Sauerstoffstahlflasche;
C und D: Prozenthebel zur Einstellung des gewünschten Gasgemisches;
E: Kohlepatrone zur Reinigung des mitgerissenen Acetons und zur Adsorption des Narcylens;
F: Volumensometer zur Einstellung eines bestimmten Gesamtgasgemisches pro Minute;
G: Sparbeutel;
O: Kali- bzw. Natronpatrone, um das ausgeatmete Kohlendioxid chemisch zu binden;
N: regulierbarer Hahn, um den Füllungsdruck des Sparbeutels konstant zu halten;
M und H: Glimmerplättchenventile;
L: Ausatemschlauch;
P: Ableitungsrohr für überschüssiges Gasgemisch (aus: Wienecke H: Narcylen und Thermokauter. MMW 1926;73:60–63).

und Empfehlungen von Gauss zurückzuführen sind, kann nicht beantwortet werden. Erwiesenermaßen stand er aber während der Konstruktionsphase des neuen Narkosegerätes in engem brieflichen Kontakt mit Bernhard Dräger (1870–1928). Aus erhalten gebliebenen Unterlagen geht hervor, dass er beispielsweise den Vorschlag unterbreitete, einen „Sauerstoffausfallswarner“ in das Gerät einzubauen und zur akustischen Atemkontrolle „hörbare“ Ein- und Ausatemventile zu verwenden [10]. Beide Empfehlungen wurden nicht realisiert, belegen aber, dass Gauss damals einen sehr innovativen Narkoseapparat geplant hat.

Zu ersten klinischen Anwendungen mit Narcylen kam es dann im Oktober 1921 [10]. Um ein Freisetzen explosibler Narcylengasgemische in den Operationssaal möglichst zu verhindern, verabreichte Gauss das Narkotikum zunächst mit einer herkömmlichen Militärgasmaske

[15] (Abb. 2b). Aus Praktikabilitätsgründen sah er allerdings schon bald von ihrer Verwendung ab, da mit einer neu entwickelten, dem Gesicht dicht aufsitzenen Narkosemaske die Freisetzung explosibler Gasgemische weitgehend vermieden werden konnte [24] (Abb. 2c). Diese waren in gasanalytischen Untersuchungen selbst in Kopfnähe kaum mehr nachweisbar – ein Umstand, den man auch auf den später zusätzlich in den Ausatemschlenkel integrierten Aktivkohlefilter zurückführte [23,25]. Durch den Aktivkohlefilter wurde das unangenehm riechende Narcylen adsorbiert [25,26]. Als weitere Neuerung baute man einen zuschaltbaren Kohlensäureabsorber in Form einer mit Kaliumhydroxid gefüllten, auswechselbaren Patrone zur chemischen Bindung des ausgeatmeten Kohlendioxids in das Gerät ein [2,23,26]. Chirurgen und Gynäkologen priesen schon bald die Vorzüge des neuen Narkotikums und wandten es großzügig an [2].

Eine neue Behandlungsoption – Therapie der Neurolues durch Narcylennarkose?

Wie bereits erwähnt, beobachtete man vornehmlich nach längeren Narcylenanwendungen bei den Narkotisierten eine zunächst nicht erklärable Temperaturerhöhung, erkannte dann aber, dass diese offenbar durch die erwärmte Kaliumhydroxid-haltige Patrone bedingt war, denn die Kohlendioxidbindung war ein exotherm verlaufender chemischer Prozess [10]. Mit der Wiedereinatmung wurde daher dem Narkotisierten ein angewärmtes, deutlich über der Körpertemperatur liegendes narcylenhaltiges Narkosegasgemisch zugeführt. Diese „externe“ Wärmezufuhr war dann auch die eigentliche konzeptionelle Idee, mit lang andauernden Narcylennarkosen ein „künstliches Fieber“ zur Therapie der Neurolues zu erzeugen. Wer den Entschluss zu diesem therapeutischen Versuch mit dem Narkotikum gefasst hat, ist leider nicht bekannt, man wagte aber erwiesenermaßen am 3. Februar 1926 am Allgemeinen Krankenhaus St. Georg in Hamburg diesen „Heilversuch“ [1,10].

Ein fataler „Heilversuch“ mit Narcylen

Bei dem Patienten handelte es sich um einen ärztlichen Mitarbeiter, der die Spätfolgen seiner Syphiliserkrankung fürchtete. Er hatte sich bereits einer „therapeutischen Malariakur“ unterzogen, war dabei jedoch unglücklicherweise an einen Chinin-resistenten Plasmodienstamm geraten, wodurch eine Begrenzung der sich entwickelnden Fieberschübe nicht mehr möglich war [10]. Eine erneute „Malariabehandlung“ kam daher bei ihm nicht in Frage. Der Narkoseverlauf mit dem Narcylen war zunächst völlig unauffällig, bis sich plötzlich eine Explosion ereignete. Der Kranke erlitt dabei schwerste Gesichts- und Lungenverletzungen, an deren Folgen er nach wenigen Stunden verstarb. Der Narkotiseur und weitere OP-Mitarbeiter blieben unverletzt [1,9].

Das Explosionsunglück wurde, wie es in dem von Laesecke [1] vorgestellten

Abbildung 2b

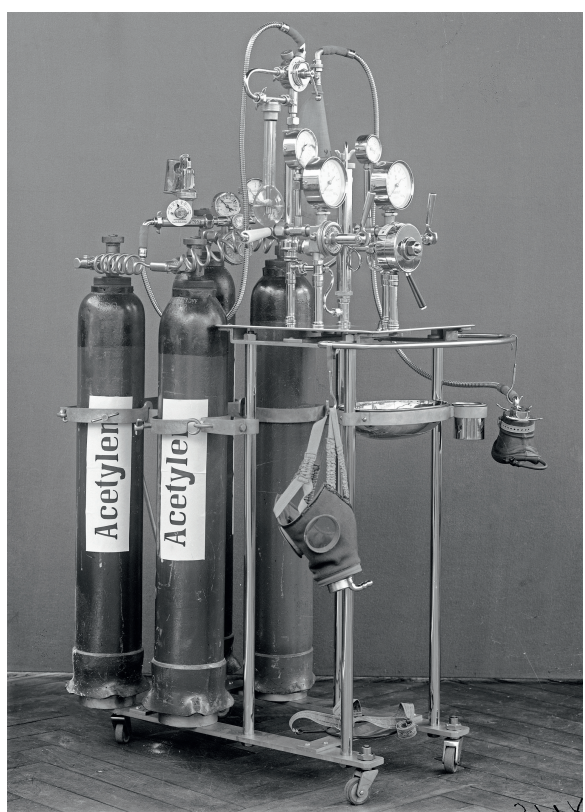
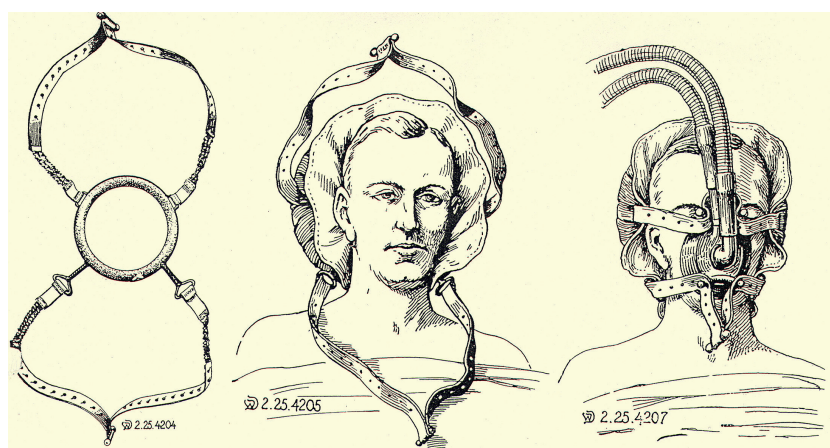


Abbildung eines sehr frühen Versuch-Modells des Narcylen-Narkoseapparates. Deutlich erkennbar ist eine Kriegsgasmaske (li), mit der das Narkotikum zunächst verabreicht wurde, auch eine aus Gummi hergestellte Gesichtsmaske wird gezeigt (re). Ein Entweichen des explosiblen und feuergefährlichen Narcylen-Narkotikagesgemisches in den Operationssaal sollte mit beiden Masken verhindert werden (© Drägerwerk AG & Co. KGaA, Lübeck. Alle Rechte vorbehalten).

Abbildung 2c



Die für die Narcylen-Anwendung neu konstruierte Narkosemaske. Mit einer speziellen Haltevorrichtung wurde ein dichter Sitz auf dem Gesicht erreicht und das Freisetzen des explosiblen und feuergefährlichen Narcylen-Narkotikagemisches in den OP-Bereich weitgehend verringert (aus: Drägerwerk Lübeck Gebrauchsanweisung Nr. 41. Dräger-Narcylen-Apparat nach Prof. Dr. J. C. Gauss und Prof. Dr. Hermann Wieland für Betäubungsverfahren Narcylen-Ingelheim, Modell 6/10 und 6/40MN, Januar 1929).

kasuistischen Beitrag hieß, „sofort der Staatsanwaltschaft gemeldet, die daraufhin eine gerichtliche Untersuchung der Explosionsursachen anordnete. Um eine Vertuschung der wahren Ursache möglichst zu verhüten, wurden die ganzen Verhandlungen und Untersuchungen geheim geführt, sodass es erst jetzt möglich ist, der Allgemeinheit über ihre Ergebnisse Mitteilung zu machen.“ Dies erklärt auch, dass in der regionalen wie überregionalen Tagespresse keine Hinweise zum Explosionsunglück gefunden werden konnten, denn erst nach der Veröffentlichung durch Laesecke im Zentralblatt für Chirurgie wurde das Unglücksgeschehen in Hamburg überhaupt bekannt und in medizinischen Fachjournalen zum Thema [2]. Welche weitergehenden Konsequenzen ergaben sich aus dem Explosionsunglück?

Sicherheitskonzepte im Umgang mit Narcylen werden erarbeitet

Nach dem tödlich verlaufenen Explosionsunglück wurde bis zur Klärung der genauen Ursachen für das Unfallgeschehen durch Hamburger Behörden die weitere Verwendung des Narcylens untersagt [27]. Zu dem Verbot dürfte es vor allem vor dem Hintergrund

gekommen sein, dass sich in Hamburg bereits zuvor zwei weitgehend folgenlos verlaufene Explosionszwischenfälle mit dem Narkotikum ereignet hatten, ein weiteres Explosionsunglück hatte sich in München zugetragen [2,28–31]. Noch vor dem ersten Explosionsunglück mit Narcylen hatte der mit der Anwendung des Betäubungsmittels erfahrene Eppendorfer Chirurg Helmut Schmidt (1895–1979) mit der Chemisch-Technischen Reichsanstalt in Berlin Kontakt aufgenommen, da Angelegenheiten des Arbeitsschutzes und Fragen der Unfallverhütung bei Verwendung von Gasen zu dem Aufgabengebiet der Berliner Behörde gehörten [30–32]. Deren Mitarbeiter Walther Rimarski (1884–1963) und Franz Ritter (1874–1947) begaben sich daher in das Eppendorfer Krankenhaus, um sich dort mit der Praxis der Narcylennarkose vertraut zu machen und eigene Untersuchungen zu möglichen Explosionsgefahren durch das Narkotikum durchzuführen [33]. Über erste Erkenntnisse der Untersuchungen berichtete dann Schmidt, noch bevor die Berliner Fachleute eine detaillierte Darstellung veröffentlichten [33,34].

In den Publikationen sprach man erstmals von „äußeren“ und „inneren“ Explosionsursachen“, wobei mit ersteren explosible Narkosegaskonzentrationen in unmittelbarer Nähe des Operationsgebietes gemeint waren. Als „innere Explosionsursachen“ umschrieb man all die Zündungsmöglichkeiten im Narkoseapparat selbst, die als Ursachen für eine explosionsartige Zersetzung des Narcylens oder eines Narcylen-Sauerstoffgemisches in Frage kamen. Diese wurden als besonders gefährlich eingeschätzt, sodass nachdrücklich vor einem Einfetten oder Ölen der Gewinde an den mit Gas gefüllten Stahlflaschen gewarnt wurde, da man hierin eine wesentliche Ursache für die Explosionsunglücke in den Hamburger Krankenhäusern vermutete [33]. In den Publikationen wurde auch erstmals das Vorliegen statischer Aufladungsphänomene als Ursache für die Explosionsgeschehnisse angedeutet. Weitere Gefahrenmomente sah man in der Bildung von „explosiblem Azetylenkupfer“ im Narcylenapparat, ein Problem, das technisch durch den Austausch der Kupferlegierungen gelöst werden sollte [10,33,35].

Nach dem Bekanntwerden der Explosionsunglücke mit Narcylen ergriff die Firma Dräger umgehend Vorsichtsmaßnahmen [10,21]. Zum einen veranlasste sie den sofortigen Stopp weiterer Narcylennarkosen, zum anderen sorgte sie für die sofortige Rückführung aller ausgelieferten Narcylen-Narkoseapparate nach Lübeck zu weitergehenden technischen Überprüfungen [33]. Diese führten schon bald zu überraschenden Erkenntnissen: Vermutlich hatte der aus nicht leitendem Gummi hergestellte Atembeutel die statische Aufladung verursacht, die als eine wesentliche Gefahrenquelle für die Explosionsgeschehnisse angesehen wurde [10,35]. Statische Aufladungsphänomene hatte man bereits Jahre zuvor bei einigen in Amerika mit Äthylen beobachteten Explosionsunglücken als Hauptursache identifizieren können. Diese Erkenntnisse hatten jedoch unverständlicherweise keine weitere Beachtung oder Berücksichtigung bei der Konstruktion

des Narcylen-Narkosegerätes gefunden [36,37]. Als Konsequenz aus diesen Erkenntnissen verwandte man fortan zur Vermeidung einer statischen Aufladung nur noch leitfähige Materialien in den Narkosegeräten und baute nur noch Schläuche und Räder aus leitfähigem Spezialgummi der Firma Continental ein [10,38,39].

Durch bautechnische Maßnahmen versuchte man, eine elektrostatische Aufladung in den Operationsbereichen zu verhindern, so beispielsweise durch den Einbau leitfähiger Fußböden sowie durch die Verwendung funkensicherer elektrischer Schalter und Steckdosen. Hinzu kam die Empfehlung der Erdung aller mit dem Narkosegerät in Berührung kommenden Personen und Gegenstände über Kabelverbindungen [36,37] (Abb. 3a–c). Ferner sollte das Personal in den Operationsbereichen nur noch leitfähiges Schuhwerk, bevorzugt Gummischuhe, tragen, Schuhe mit Krepptsohlen wurden hingegen verboten [2,32]. Zudem wurde geraten, keine Seidenunterwäsche zu benutzen. Auch die

Verwendung von Operationsschürzen, die nicht aus antistatischem Material hergestellt waren, sollte in diesem Gefahrenbereich unterbleiben. Ebenso erinnerte man an die Gefahren einer elektrostatischen Aufladung durch isolierende Materialien, auf denen Kranke häufig gelagert werden, wie Unterlagen, Kissen oder Kopfringe. Außerdem wurde vor der Verwendung mit einem Wollüberzug versehener Sitze für den Anästhesisten gewarnt [38–40].

Nach Klärung der möglichen Explosionsursachen bei der Anwendung des Narcylens wurden eindeutige Empfehlungen und Richtlinien zu ihrer Vermeidung erlassen. Die Herstellerfirma Dräger beispielsweise überarbeitete den Narcylen-Narkoseapparat und stellte die Leitfähigkeit aller Komponenten des Narkoseapparates sicher [10,21]. Die Patronen zur Bindung des Kohlendioxids wurden nicht mehr mit Kalium, sondern mit Natronhydroxid befüllt, da sich die Patrone hiermit weniger stark erhitze. Die Gefahrenmomente einer Explosion ließen sich so weiter reduzieren [10,41].

In einer jedem Apparat mitgegebenen „Ergänzungsvorschrift“ der überarbeiteten Bedienungs- und Wartungsvorschrift wurde darüber hinaus explizit nochmals auf die mit dem Narkosemittel verbundenen spezifischen Risiken hingewiesen [42]. So erinnerte man erneut an die Explosionsgefahren, die durch vorschriftswidriges Einfetten der Sauerstoff-Flaschenventile zum Erreichen einer besseren Gängigkeit der Gewinde hervorgerufen werden könnten [43,44].

Aber auch staatliche Stellen und Gewerbeaufsichtsämter erließen strenge Vorgaben für den Umgang mit dem explosiven Narkosegas. Der Gebrauch Funken auslösender Geräte wie Thermokauter in OP-Bereichen bei Anwesenheit explosibler Narkosegase wurde untersagt, ebenso beispielsweise die Benutzung von Röntgen-Geräten [42,43]. Erneut erinnerte man an die von defekten elektrischen Kabeln ausgehenden Gefahren, ebenso an die Risiken durch eventuell bestehende Wackelkontakte bei elektrischen Steckverbindungen. Durch bautechnische Empfehlungen

Abbildung 3a

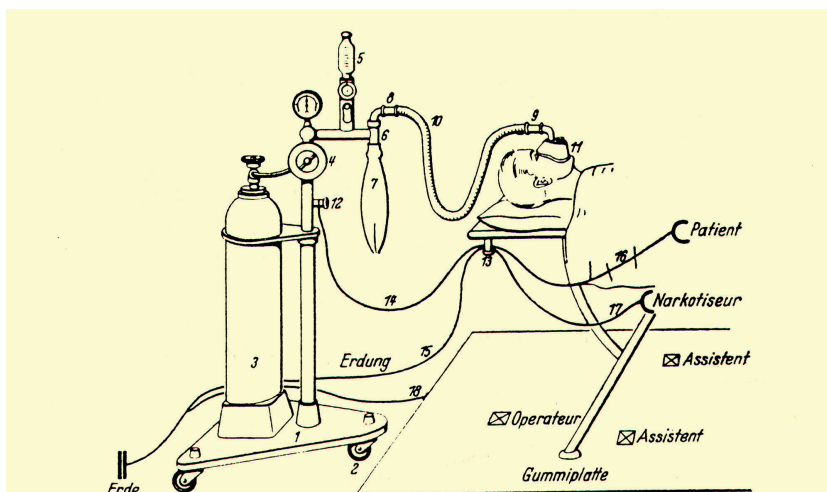
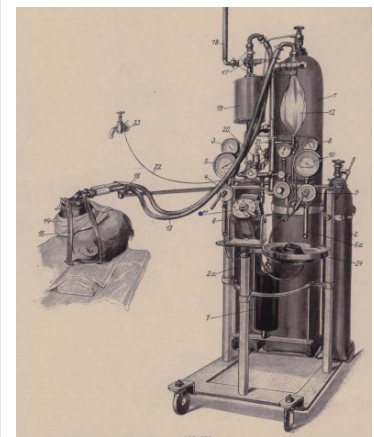


Abb. 1. 1 Fahrgestell, 2 elektrisch leitfähige Gummirollen, 3 Sauerstoffzylinder, 4 Druckreduzierventil, 5 Tropfvorrichtung, 6 Sparapparat, 7 elektrisch leitfähiger Atmungsbeutel, 8, 9 Verbindungsmuffen, 10 Metallschlauch, 11 Maske, 12, 13 Klemmschrauben 14, 15, 16, 17, 18 Draht.

Empfehlung aus den 1930er Jahren zur Vermeidung elektrostatischer Aufladung während Narkosen durch Erdung (aus: Ehlers G: Brände und Explosionen bei der Narkose. Inaugural-Dissertation, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Druck der Universitätsdruckerei H. Stütz A. G., Würzburg 1942).

Abbildung 3b



Vorschriftsmäßige Sicherung gegen elektrostatische Aufladung bei einer Narkose durch Erdung. Eine Empfehlung aus einem Chirurgielehrbuch der 1930er Jahre (aus: Kirschner M, Schubert A: Die Allgemeine und spezielle chirurgische Operationslehre. Band I; Springer-Verlag, Berlin 1927;112–129; mit freundlicher Genehmigung des Springer-Verlages).

Abbildung 3c



Praktische Umsetzung einer Erdung bei einer Narkose, um 1930. © Drägerwerk AG & Co KGaA, Lübeck. Alle Rechte vorbehalten.

wie die zur Verlegung von Elektroschaltungen außerhalb der Operationssäle erhoffte man sich eine zusätzliche Verminderung der Explosionsgefahren. Um Entzündungs- und Explosionsrisiken von abwärts sinkenden Narkotikadämpfen zu verringern, sollten Elektroschaltungen funkensicher mindestens einen Meter hoch über dem Boden angebracht werden [39].

Die getroffenen Anordnungen erwiesen sich als derart wirksam, dass bereits wenige Jahre später in einem Übersichtsartikel über „Brände und Explosionen bei der Narkose“ konstatiert werden konnte, es gibt „praktisch keine Explosionsgefahr ... mehr“. Zudem wurde im Resümee zum Ausdruck gebracht, es müsse „in Zukunft ... als Kunstfehler angesehen werden, wenn bei den brennbaren und explosiblen Narkotika wegen der Vernachlässigung bekannter Sicherheitsmaßnahmen noch Brände und Explosionen entstehen“ [37]. Dennoch ereigneten sich auch in den Folgejahren tödlich verlaufene Explosionsunglücke, über die in Fachjournals berichtet wurde [45–48]. Analysen zu den Unglücksgeschehnissen zeigten dabei, dass diese meist auf statische Aufladungsphänomene zurückzuführen waren und trotz erneut publizierter Warnhinweise

die bekannten Vorsichtsmaßnahmen zu ihrer Vermeidung unterblieben waren [10,45,49]. In der Zwischenzeit hat das durch statische Aufladung entstehende Gefährdungspotenzial erneut eine allgemeine Beachtung gefunden, nachdem sich gezeigt hatte, dass aus Plastik hergestellte Crocs-Schuhe sich bei der Benutzung elektrostatisch aufladen [50]. Konsequenterweise wurde daher das Tragen dieser weit verbreiteten Schuhe an zahlreichen Kliniken vorsichtshalber verboten, eine Maßnahme, die der Technische Überwachungsverein (TÜV) befürwortet hat [51].

Resümee

Anfang der 1920er Jahre erlangte die Verwendung des feuergefährlichen und explosiblen Narkotikums Narcylen eine gewisse Bedeutung. Zur Verabreichung des Betäubungsmittels entwickelten die Dräger-Werke ein neuartiges Narkosegerät mit einer Kreisnarkosetechnik, das zudem über eine zuschaltbare Kaliumhydroxid-Patrone zur chemischen Bindung des Kohlendioxids verfügte. Zur Adsorption explosibler Narcylen-gemische baute man zusätzlich einen Aktivkohlefilter ein. Mit der neuen Technologie wurden ein sparsamer Umgang mit dem Narcylen möglich und die Freisetzung explosibler Gasgemische im OP-Bereich vermieden. Trotzdem ereigneten sich Explosionszwischenfälle, von denen einer zum Tode des Patienten führte. Interessanterweise war dieser Patient mit dem Narkotikum Narcylen zur Therapie seiner progressiven Paralyse behandelt worden. Der schwerwiegende Zwischenfall hatte eingehende Untersuchungen zur Folge und führte zu zahlreichen, unverändert aktuellen Erkenntnissen der Ursachen von Explosionszwischenfällen mit explosiblen und feuergefährlichen Narkotika. Medizingerätehersteller und staatliche Behörden erarbeiteten in der Folgezeit zahlreiche Empfehlungen und Vorgaben zur Vermeidung von Explosionsunglücksfällen, sodass bei deren Beachtung diese nicht mehr zu befürchten sind.

Literatur

1. Laesecke M: Die Explosionsgefahr bei der Narcylennarkose. Zbl f Chir 1926;53:2966–2970
2. Goerig M: Die Narcylennarkose. In: Goerig M, Schulte am Esch J (Hrsg.): Die Entwicklung des Narkosewesens in Deutschland von 1890–1930 unter Berücksichtigung der Pionierleistungen Hamburger Ärzte. Lübeck: Steintor Verlag 2012;283–300
3. Wulf S: Malaria blut in der Westentasche. Der Beginn der Malariafieber-Therapie gegen die progressive Paralyse in der Hamburger Staatskrankenanstalt Friedrichsberg. Medizinhist Journ 2017;52:12–40
4. Wagner-Jauregg J: Ueber die Einwirkung fieberhafter Erkrankungen auf Psychosen. Jahrb Psych 1887;7:9–134
5. Wagner-Jauregg J: Über die Einwirkung der Malaria auf die progressive Paralyse. Psychiatrisch-neurologische Wochenschr 1919;20:251–255
6. Wagner-Jauregg J: Zur Behandlung der progressiven Paralyse und Tabes. Wien klin Wochenschr 1921;25:1105–09 und 1921;26:1209–1215
7. Gerstmann J: Die Malaria-Behandlung der progressiven Paralyse. Wien: Springer Verlag 1925
8. Donalis B: Julius Wagner Ritter von Jauregg. 50 Jahre Malaria-Therapie der progressiven Paralyse. Zschr f ärztl Fortbildung 1967;61:1186–1188
9. Killian H: 40 Jahre Narkoseforschung. II. Kapitel: Das Narcylen und die Gasnarkose. Tübingen: Verlag der Deutschen Hochschullehrer-Zeitung 1964;19–34
10. Haupt J: Ehemaliger Oberingenieur der Firma Dräger, persönliche Mitteilung - Telefonate mit dem Autor M. Goerig, Telefonate, Korrespondenz Frühjahr 1998
11. Killian H, Weese H: Die Narkose. Ein Lehr- und Handbuch. Stuttgart: Thieme 1954
12. Killian H: Im Kampf gegen den Schmerz. München: Kindler 1979;79
13. Heusner A: Archivar der Firma Boehringer Ingelheim. Maschinengeschriebenes Protokoll zur Firmengeschichte der Firma Boehringer Ingelheim. Kapitel: Substanzen mit dämpfender Wirkung auf das Zentralnervensystem. Persönliche Mitteilung an den Autor M. Goerig, Oktober 1994

History of Anaesthesia

Special Articles

14. Luckhardt AB: Historical high lights and shadows in the discovery of general anesthesia. *Anesth Analg* 1930;9:241–253
15. Gauss CJ, Wieland H: Ein neues Betäubungsverfahren. *Klin Wochenschr* 1923;2:113–117 und 158–162
16. Stetson JB: Arno Benedict Luckhardt and the introduction of ethylene. In: Atkinson RS, Boulton TB (Hrsg.): *The History of Anaesthesia. International Congress and Symposium Series Number 134 - The Parthenon Publishing Group Carnforth UK and New Jersey USA* 1989;595–601
17. Luckhardt AB: Physiologic anesthetic effects of ethylene, a new gas. *JAMA* 1923;80:765–770
18. Luckhardt AB, Carter JB: Das Äthylen als Betäubungsmittel. *Klin Wochenschr* 1923;2:739–741
19. Haupt J: Die Entwicklung der DRÄGER-Narkoseapparate. In: DRÄGER – Medizingeräte im Wandel der Zeiten. Drägerwerk Lübeck Sonderdruck MT 1 aus dem Drägerheft Nr. 280 281 282. Lübeck 1970
20. Baum J: Who introduced rebreathing systems into clinical practice? In: Schulte am Esch J, Goerig M (Hrsg.): *The Fourth International Symposium on the History of Anaesthesia, Proceedings.* Lübeck: Dräger Druck 1998;441–450
21. Kamp M: Bernhard Dräger: Erfinder, Unternehmer, Visionär, Bürger 1870–1928. Wachholz Verlag 2017
22. Gauss CJ: Die Narcylenbetäubung mit dem Kreisatmer. *Zbl f Gyn* 1925;49:1218–1226
23. Wienecke H, Wirth W, Kirchner F: Gasanalytische Untersuchungen über die Narcylenbetäubung mit dem Kreisatmer. *Schmerz-Narkose-Anaesthesie* 1930;3:1–16
24. Anonymus: Drägerwerk Lübeck Gebrauchsanweisung Nr. 32. Dräger-Narcylen-Apparat (nach Prof. Dr. H. Wieland und Prof. C.J. Gauss), Betäubungsverfahren Narcylen-Ingelheim, Modell IV, März 1925
25. Goerig M: Aktivkohlefilter zur Eliminierung volatiler Anaesthetika. *Anaesthesist* 1990;39:637–638
26. Gauss CJ: Narcylenbetäubung mit geschlossenem Gaskreislauf. *Monatsschr f Geburtsh und Gynäk* 1925;71:230–231
27. Schmidt H: Der heutige Stand der Gasnarkose in Deutschland. In: *Verhandlungen des Ärztlichen Vereins zu Hamburg.* Hrsg. Vorstand des Ärztlichen Vereins zu Hamburg Verlag des Norddeutschen Ärzteblattes Oldenburg 1926;41–43
28. Hurler K: Eine Explosion bei Narcylenbetäubung. *MMW* 1924;41:1432–1433
29. Oehlecker F: Die Explosionsgefahr bei der Narcylenbetäubung. *Zbl f Chir* 1926;53:774–779
30. Schmidt H: Hat die Narcylenbetäubung prinzipielle Nachteile und Fehler? *DMW* 1927;53:236–238
31. Rimarski W: Die Narcylenbetäubung in sicherheitstechnischer Hinsicht. *MMW* 1925;72:386–388
32. Pidoll U v: Explosionsschutz in der CTR und Weiterführung der Aufgaben in ihren Nachfolgeorganisationen. *Physikalisch-Technische Bundesanstalt* 2015
33. Ritter F, Rimarski W: Die Beseitigung der Explosionsgefahr des Narcylen-Narkoseapparates aus inneren Ursachen. *MMW* 1928;7:314–316
34. Schmidt H: Zur Narcylennarkose. *MMW* 1925;72:841–844
35. Schröder H, Neeff T: Die Reibungselektrizität als äußere Ursache der Explosionen von Narkoseapparaten und deren Verhütung. *Schmerz-Narkose-Anaesthesie* 1934;6:103–113
36. Schröder H: Die technischen Hilfsmittel für die Inhalationsnarkose. Berlin Steglitz: H. Heinecke 1936
37. Ehlers G: Brände und Explosionen bei der Narkose. Inaugural-Dissertation, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Druck der Universitätsdruckerei H. Stütz A. G., Würzburg 1942
38. Genz F: Neuere Narkosebestrebungen mit besonderer Berücksichtigung der Gasnarkose. *Schmerz und Narkose* 1928;1:369–391
39. Gauss CJ, Margraf C: Über die Verhütung von Bränden und Explosionen bei der Anwendung brennbarer Narkosegemische. *DMW* 1933;59:597–599
40. Wienecke H, Schroeder K: Der jetzige Stand der Narcylenbetäubung. *DMW* 1928;54:556–558
41. Anonymus: Drägerwerk Lübeck Ergänzungsvorschriften zur Gebrauchsanweisung Nr. 32. Dräger-Narcylen-Apparat (nach Prof. Dr. J. C. Gauss und Prof. Dr. Hermann Wieland) für Betäubungsverfahren Narcylen-Ingelheim, Modell IV, November 1925
42. Schroeder C: Die Rolle der Narcylenbetäubung in der modernen Schmerzbekämpfung. *Therapie der Gegenwart* 1929;1:1–6
43. Wienecke H: Narcylen und Thermo-kauter. *MMW* 1926;1:60–63
44. Anonymus: Drägerwerk Lübeck Gebrauchsanweisung Nr. 41. Dräger-Narcylen-Apparat nach Prof. Dr. J. C. Gauss und Prof. Dr. Hermann Wieland für Betäubungsverfahren Narcylen-Ingelheim, Modell 6/10 und 6/40MN, Januar 1929
45. Imo K: Über die Explosionsgefahr bei Narkosen mit besonderer Berücksichtigung der statischen Elektrizität und deren Verminderung durch leitendes Gummi. *Anaesthesist* 1954;3:283–287
46. Harder HJ: Leitende Fußböden. *Anaesthesist* 1959;9:190
47. Forgacs I, Voszka R, Orban I: Über Explosionen im Operationsaal. *Anaesthesist* 1960;9:357–360
48. Lerche H: Die Äther-Sauerstoff-Explosion und ihre rechtlichen Folgen. *Anaesthesist* 1957;6:346
49. Harder HJ: Technische Sicherheitsprobleme im Operationstrakt. Entstehung von Bränden, Explosionen und anderen technischen, insbesondere elektrischen Unglücksfällen. Berlin – Heidelberg – New York: Springer 1965
50. Fromme C: Der Crocs Schock. *Süddeutsche Zeitung* 27.10.2010
51. Anonymus: Wiener Kliniken verbieten Crocs im OP und auf der Intensivstation. *Ärzte-Zeitung* 14.8.2008.

Korrespondenz-
adresse

**Prof. Dr. med.
Michael Goerig**



Erlenstraße 21B
22529 Hamburg, Deutschland
Tel.: 040 5534348
Fax: 040 57008338
E-Mail: michael.goerig@arcor.de
ORCID-ID: 0000-0001-8345-7978