Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 113/114 (1939)
Heft: 17

Artikel: Die Belüftung, Entwärmung und Entfeuchtung von Luftschutzräumen
Autor: Hottinger, M.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-50593

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

INHALT: Die Belüftung, Entwärmung und Entfeuchtung von Luftschutzräumen. — Forschung an Turbomaschinen. — Probleme der Kehrichtabfuhr und -Verwertung in Zürich. — Mitteilungen: Ultrarapid-Spannungsregler Oerlikon. Eidg. Technische Hochschule. Nur noch acht Tage LA. Baumeisterprüfungen und Maurermeisterprüfungen. Das Hallenstadion in Zürich-Oerlikon. — Wettbewerbe: Theater-Gebäude im Kurpark in Baden. Regionalspital in Sitten. — Nekrolog: Fritz Largiadèr. — Mitteilungen der Vereine. — Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

Band 114 Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet Nr. 17

Die Belüftung, Entwärmung und Entfeuchtung von Luftschutzräumen

Von M. HOTTINGER, berat. Ingenieur und Dozent an der E. T. H., Zürich

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf die in lufttechnischer Beziehung an Luftschutzräume zu stellenden Anforderungen, wobei ich mich zur Hauptsache an die von der *Eidg. Luftschutzkommission* herausgegebenen technischen Richtlinien[1]) (im Folgenden einfach als «Richtlinien» bezeichnet) halte. Dagegen trete ich auf die bauliche Ausführung der Einzelteile nicht ein, da diese in andern Aufsätzen schon eingehend behandelt worden sind[2]).

I. Grundsätzliches

Bei den Luftschutzräumen scheidet die bei gewöhnlichen Aufenthaltsräumen übliche natürliche Lüftung durch Fenster, Türen und die Undichtigkeiten der Umfassungswände aus. Wird keine künstliche Lufterneuerung vorgesehen, so kann es sich daher nur darum handeln, die nach aussen möglichst gut abgedichteten Räume im Verhältnis zu der aufzunehmenden Personenzahl so gross zu bemessen, dass das Luftvolumen das Durchhalten während einigen Stunden ermöglicht.

II. Luftschutzräume ohne künstliche Lufterneuerung

1. *Dichtigkeit der Umfassungswände*

Alle Luftschutzräume und jene ohne künstliche Lüftung im besondern, müssen zum Ausschluss von Luft- und damit Gasdurchgang dicht abgeschlossen sein. Inbezug auf die Dichtigkeit der Wände enthalten die «Richtlinien» folgende Hinweise:

> «Gut ausgefugte, vollwandige Mauern von 25 cm Stärke, beiderseits verputzt, schützen bei den normalen Druckschwankungen genügend gegen Gasdurchgang. Dünnere Mauern sind mit Anstrichen gasundurchlässig zu machen. Die Anstriche müssen einen zusammenhängenden dichten Film bilden, der weder spröd noch rissig wird. Es empfiehlt sich, Anstriche zu verwenden, deren Widerstandsfähigkeit ebenfalls gegenüber sesshaften Kampfstoffen nachgewiesen wurde. Bauteile, die leicht von sesshaften Kampfstoffen zu befreien sein sollen, sind mit von der E. M. P. A. zugelassenen säurefesten Anstrichen zu versehen. Auskleidungen mit glasierten Fayenceplatten, nicht rostenden Blechen usw. sind ebenfalls anwendbar».

Zu beachten ist jedoch, dass bei grösseren, z. B. durch Windanfall oder Explosionen hervorgerufenen Druckunterschieden ein absolut dichter Abschluss nur durch Metallwände gewährleistet ist und ferner, dass eine vollständige Entgiftung von porösen, mit sesshaften flüssigen Kampfstoffen einmal infiltrierten Baustoffen nur mit grössten Schwierigkeiten durchführbar ist.

Selbstverständlich sind Fenster und Türen der Schutzräume ebenfalls bestmöglich abzudichten. Die «Richtlinien» verlangen:

> «Schutzräume müssen gegen das Eindringen chemischer Kampfstoffe abgedichtet werden. Die Abdichtungen sind auf der Innenseite der Schutzvorkehren gegen Brisanzbomben anzuordnen. Wände, Decken sowie Türen, Aussteigöffnungen und andere Mauerdurchbrüche sind gasdicht auszubilden».

Hierzu ist allerdings zu bemerken, dass ein vollständiger Ausschluss von Gaskampfstoffen durch das Anpressen von Fenstern und Türen, Gummieinlagen usw. in behelfmässigen Luftschutzräumen, auch wenn sie im Keller liegen, nicht zu erwarten ist[3]). Die in dieser Hinsicht bestehenden Schwierigkeiten kommen auch in den «Richtlinien» zum Ausdruck, indem sie z. B. in bezug auf die Türen verlangen, dass äussere Abschlusstüren mit einem beiderseits bedienbaren gasdichten Schloss mit Schlüssel zu versehen seien, ferner, dass die Dichtungen an den Türen ersetzbar sein müssen und die, auch von ungeübten Personen, zu ihrer Auswechslung benötigte Zeit nicht mehr als zehn Minuten betragen dürfe. Ferner wird verlangt:

> «Die Dichtung soll erst beansprucht werden, wenn das Abdichten des Raumes erforderlich ist; in der Zwischenzeit soll auch bei geschlossener Türe kein Druck auf die Dichtung ausgeübt werden. Die Dichtung soll so elastisch sein, dass geringe Deformationen der Türe keine Undichtigkeiten zur Folge haben. Die Dichtung soll in Friedenszeiten in einem neben der Tür befestigten Behälter aufbewahrt werden, auf dem eine genaue Vorschrift zur Einpassung der Dichtung angebracht ist. Die Dichtung soll bei richtiger Lagerung eine Lebensdauer von mindestens fünf Jahren aufweisen».

Einzelne der empfohlenen Vorkehrungen sind auch recht primitiver Natur. So sollen nach der «Instruktion»[4]) statt gasdichter Türen auch Vorhänge aus dichten Stoffen genügen, die mit alkalischen Lösungen (Kalk-Soda-Seifenlösungen), im Notfall auch nur mit Wasser feucht zu halten seien.

Neu erstellte, eigentliche, nicht nur behelfsmässig ausgestattete Luftschutzräume weisen in dieser Hinsicht zwar grössere Sicherheit auf, vollkommene allerdings auch nur dann, wenn sie fensterlos ganz im Erdboden liegen und bei den Eingängen Gasschleusen angebracht werden, oder wenn die Abdichtung durch Erzeugung von Ueberdruck mittels künstlicher Lüftung erfolgt (vgl. Abschnitt III).

2. *Rauminhalt und Bodenfläche*

Dass in solchen allseitig nach bester Möglichkeit abgeschlossenen und nicht mit künstlicher Belüftung versehenen Räumen der Aufenthalt zufolge der Sauerstoffabnahme in der Raumluft und dem Ansteigen des Kohlensäuregehaltes, sowie von Riech- und Ekelstoffen aller Art, für die Insassen mit der Zeit unerträglich wird, ist selbstverständlich. Der Sauerstoffverbrauch eines Erwachsenen beträgt bei Ruhe etwa 22 l/h, bei schwerer Arbeit dagegen bis zu 152 l/h; die entsprechende Kohlensäureabgabe ist 16, bezw. bis zu 144 l/h. Ausserdem beeinträchtigen die Zunahme der Temperatur und des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft die Entwärmungsmöglichkeit des Körpers, was zu Wärmestauungen führt, deren Auswirkungen sich bis zum Hitzschlag steigern können. Bei der Bemessung des erforderlichen Luftraums gehen die «Richtlinien» davon aus, dass die Zunahme des Kohlensäuregehaltes keinesfalls auf über 2,5 %, d. h. 25 l/m³ ansteigen darf. Da nun ein erwachsener Mensch bei Ruhe nach den vorstehenden Angaben durchschnittlich etwa 25 l/h Kohlensäure erzeugt, so muss in einem Raum ohne Lufterneuerung pro Kopf und Stunde mindestens 1 m³ Luft zur Verfügung stehen. Zu beachten ist in dieser Hinsicht folgende Angabe von *Schwarz* (vergl. Schrifttumnachweis am Schluss dieses Aufsatzes): «Verhältnismässig grosse Kohlensäuremengen, und zwar 2 % müssen die Besatzungen in U-Booten viele Stunden lang ertragen. Dabei treten häufig Kopfschmerzen auf. Dieser Kohlensäuregehalt von 2 % bildet etwa die Grenze des Zulässigen, zumal wenn in einer solchen Luft Arbeit geleistet werden muss». Der betreffende Aufsatz enthält auch wertvolle Angaben über die anlässlich von Versuchen unter verschiedenen Umständen festgestellten Luftveränderungen in Luftschutzräumen, auf die einzutreten hier zu weit führen würde. Wird die Kohlensäure durch geeignete Vorkehrungen fortlaufend absorbiert, sodass nur die Ab-

[1]) Bern. II. Auflage 1939. Erhältlich beim Drucksachenbureau der Bundeskanzlei. Preis 4 Fr.

[2]) Vgl. z. B. die vom Eidg. Militärdepartement, Abteilung für passiven Luftschutz im Jahre 1939 herausgegebene «Anleitung zum Erstellen einfacher Schutzräume». Ferner: «Leitfaden für Selbstschutz-Kurse des Luftschutzverbandes». III. Auflage, 1939. Ferner: *Bechtler, H. C.*: «Die maschinelle Ausrüstung von Luftschutzräumen», «SBZ» Bd. 114 (1939), S. 113*. Ferner: «Wesentliche Gesichtspunkte zur Belüftung von Luftschutzräumen», «Heat and Vent. Engr.» (1939), H. 142, S. 446/452. Kurzbericht im «Gesundheits-Ing.» (1939), H. 34, S. 523.

[3]) Ueber die Luftdurchlässigkeit von Baustoffen und Baukonstruktionen, insbesondere von Fenstern, liegen eine Menge von Untersuchungen vor. Es seien folgende erwähnt: *Raisch, E.*: «Die Wärme- und Luftdurchlässigkeit von Fenstern verschiedener Konstruktion». «Gesundheits-Ing.», Bd. 45 (1922), S. 99/105. — *Eberle, Chr.*: «Versuche über die Luftdurchlässigkeit und den Wärmeschutz von Fenstern». Mitteilungen aus dem wärmetechnischen Institut der Techn. Hochschule Darmstadt. «Gesundheits-Ing.», Bd. 51 (1928), S. 566/570. — *Raisch, E.*: «Die Luftdurchlässigkeit von Baustoffen und Baukonstruktionen». «Gesundheits-Ing.», Bd. 51 (1928), S. 481/489. — *Siegwart, K.*: «Luftdurchlässigkeit von Holz- und Stahlfenstern», Mitteilungen aus dem Maschinen-Laboratorium der T. H. Danzig. «Gesundheits-Ing.», Bd. 55 (1932), S. 515/517. — *Reiher, H., Fraaß, K.* und *Settele, E.*: «Ueber die Luft- und Wärmedurchlässigkeit von Fenstern». «Wärmew.-Nachrichten», Bd. 6 (1932/33), S. 42/52 und 55/59. — *Settele, E.*: «Ueber die Frage der Luft- und Wärmedurchlässigkeit von Fenstern». «Wärmew.-Nachrichten», Bd. 7 (1933), S. 111/118. — *Raisch, E.* und *Steger, H.*: «Die Luftdurchlässigkeit von Bau- und Wärmeschutzstoffen». Mitteilungen aus dem Forschungsheim für Wärmeschutz e. V., München. «Gesundheits-Ing.», Bd. 57 (1934), S. 553/556. — *Cammerer, J. S.* und *Hirschbold, F. X.*, «Der Einfluss der Fensterbauart auf den Luftdurchgang». «Gesundheits.-Ing.», Bd. 61 (1938), S. 393/399.

[4]) «Instruktion für den passiven Luftschutz der Zivilbevölkerung», herausgegeben vom Eidg. Militärdep., Abtlg. f. pass. Luftschutz, III. Aufl. Drucksachenbureau der Bundeskanzlei, Bern.

nahme des Sauerstoffgehaltes infolge der Atmung massgebend ist, so genügt 1 m³ sogar für einen zweistündigen Aufenthalt, da eine Abnahme des Sauerstoffgehaltes der Luft von 21 % auf 17 % noch unschädlich ist (eine Kerze erlischt bei 16,2 %). Auf Grund dieser Ueberlegungen und der Annahme, dass ein vierstündiger Aufenthalt in dem Raum gesichert sein müsse, enthalten die «Richtlinien» die Bestimmung:

«Bei Luftschutzräumen ohne Lufterneuerung ist der Rauminhalt so zu bemessen, dass bei voller Besetzung ein Aufenthalt von vier Stunden im abgeschlossenen Raum ohne Beschwerden für die Insassen möglich ist. Der Inhalt des Aufenthaltsraumes soll daher nicht weniger als 4 m³ pro Person betragen. — Der Luftverbrauch darf aber nicht schematisch nach diesen Angaben berechnet werden, denn für angestrengt arbeitende Personen kann er ein Mehrfaches betragen. Ebenso sind die angegebenen Prozentsätze nicht mehr zulässig in Räumen, in denen konzentrierte geistige Arbeit geleistet werden muss, da zu rasche Ermüdung eintritt».

Beigefügt sei, dass in einer im Mai 1937 in Deutschland erschienenen Verordnung über Luftschutzräume (Reichsgesetz-Blatt 1937 I, Nr. 58, S. 568) 3 m³ Luftraum pro Kopf vorgeschrieben sind, die nur unterschritten werden dürfen, und zwar bis hinab zu 1 m³ pro Kopf, wenn eine künstliche Belüftung mit einer Lieferung von mindestens 20 bis 30 l gefilterter Luft pro min und Kopf bei Nichttätigkeit gewährleistet ist. Muss in dem Raum Arbeit geleistet werden, so werden je nach Oertlichkeit und Art der Arbeit bis zu 100 l gefilterter Luft pro min und Kopf verlangt. Ferner besteht die Bestimmung, dass Luftschutzräume mit 3 m³ Luftraum pro Kopf mit einer Filteranlage versehen werden müssen, wenn die Belegungsdichte schwankt oder in dem Raum Arbeit geleistet werden muss. Und schliesslich wird verlangt, dass für Luftschutzräume, die von mehr als 20 Personen mit 3 m³ Luftraum pro Kopf benutzt werden sollen, bei der Anlage die Einbaumöglichkeit einer Luftfiltereinrichtung vorzusehen ist.

Mit wie ausserordentlich ungünstigen Luftverhältnissen die «Richtlinien» in solchen, nicht künstlich gelüfteten und entfeuchteten Räumen hinsichtlich Temperatur und Feuchte rechnen, geht aus der Bemerkung hervor:

«Die Temperatur soll in keinem Fall über 30° steigen und die Luftfeuchtigkeit dabei nicht mehr als 85 % betragen».

Es ist zu befürchten, dass ein solcher Luftzustand, der allzustark herabgeminderten Entwärmung des Körpers wegen, einzelnen Personen bereits gefährlich werden dürfte.

Die pro Person erforderliche *Bodenfläche* ergibt sich aus der Mindestforderung von 4 m³ Rauminhalt und der Raumhöhe. Beträgt diese z. B. 2,2 m, so sind pro Kopf 1,8 m² Grundrissfläche erforderlich (ohne Aborte, Gasschleusen usw.). Auf alle Fälle ist wichtig, dass die Rauminhalte von ungelüfteten Schutzräumen möglichst reichlich bemessen werden. Künstlich belüftete Räume können dagegen drei- bis fünfmal soviel Personen aufnehmen wie unbelüftete, was bei der Aufstellung der Kostenberechnungen nicht ausser Acht zu lassen ist. Weiter ist erforderlich, dass Schutzräume ohne künstliche Lüftung nach ihrer Benutzung, sei es mittels Lüftern oder auf andere Art, rasch durchgelüftet und dadurch für eine erneute Benutzung bereitgestellt werden können. Auch hierauf treten die «Richtlinien» ein, indem sie verlangen:

«Nach dem Verlassen von Schutzräumen ohne künstliche Lufterneuerung muss eine Vorrichtung den Luftwechsel innerhalb 30 Minuten ermöglichen, damit die Räume von neuem betriebsbereit sind. Das Einbringen eines mindestens *dreifachen* Luftvolumens ist nötig, damit der Luftwechsel vollständig ist. Zu diesem Zweck sind gegenüberliegende Lüftungsklappen oder Kamine, die rasch gasdicht verschlossen werden können, anzuordnen. Aussteigöffnungen und Türen können dazu benützt werden. Mechanische Vorrichtungen mit Handbetrieb und Schwenken von auf Rahmen gespannten Tüchern beschleunigen den Luftwechsel. Erzeugung starker Temperaturdifferenzen ist ebenfalls wirksam. Auf alle Fälle kann eine gründliche Lufterneuerung nur durch einen kräftigen Luftstrom geschehen».

III. Luftschutzräume mit künstlicher Lüftung

1. Allgemeine Anforderungen, Rauminhalt, Bodenfläche

Den bisher besprochenen gewöhnlichen, behelfsmässig abgedichteten Kellerschutzräumen stehen die eigentlichen einsturz-, brand- und gassicheren Schutzräume gegenüber, wobei es sich sowohl um kleinere private, als auch grosse, öffentliche Sammel-Schutzräume handeln kann. Decken und Wandungen dieser Räume werden selbstverständlich schon bei der Erstellung entsprechend ausgeführt und die Türen mit Gasschleusen versehen. Die Aufgabe der letztgenannten besteht darin, das Ein- und Ausgehen während oder nach dem Angriff zu erlauben, ohne dass Kampfstoffe in die Aufenthaltsräume gelangen; die «Richtlinien» verlangen, dass in ihnen die eingedrungene begiftete Luft so verdünnt oder entgiftet wird, dass beim Oeffnen der inneren Türen eine Gefährdung der Insassen des Aufenthaltsraumes ausgeschlossen ist. Ihre Bodenfläche soll mindestens 2 m² betragen. Sofern mit dem Einbringen von Tragbahren gerechnet werden muss, hat sie jedoch für Tragbahre und Träger Raum zu bieten.

Trotzdem man solche Schutzräume stets mit Lüftung versehen wird, soll der Luftraum pro Person ein gewisses Mindestmass nicht unterschreiten. Die «Richtlinien» schreiben daher für gelüftete Räume einen Mindestraum von 1 m³/Person und, wie auch für die nichtbelüfteten, eine Mindestraumhöhe von 2 m vor. Im weitern enthalten sie folgende Bestimmung:

«Da für jedermann Sitzgelegenheit verlangt wird, ist im Aufenthaltsraum bei künstlicher Belüftung mit mindestens 0,5 m² Bodenfläche pro Person zu rechnen. Für Kranke und kleine Kinder sollen zudem Liegestellen vorgesehen werden. Die Bodenfläche für den ganzen Schutzraum, inbegriffen Schleusen, Toiletten usw. wird erfahrungsgemäss mindestens 1 m² pro Kopf betragen.»

Auch über die erforderliche Grösse der Gasschleusen werden Angaben gemacht, ferner über die Zahl und die Ausgestaltung der Aborte, wobei darauf hingewiesen wird, dass Trockenklosette und solche mit chemischer Zerstörung der Fäkalien die Reinhaltung der Luft erschweren und dass bei Abortanlagen mit Wasserspülung darauf zu achten ist, dass keine Giftgase durch die Kanalisation in die Schutzräume gelangen können.

Selbstverständlich ist auch sonst die Beschaffenheit der Luft in den Schutzräumen nach bester Möglichkeit zu schonen und nicht durch Rauchen, unnötige körperliche Anstrengungen, die Beleuchtung usw. zu beeinträchtigen. Auch die Notbeleuchtung soll ohne Verbrauch von Sauerstoff arbeiten (der Sauerstoffverbrauch einer Kerze beträgt rd. 100 l/h). Die «Richtlinien» verlangen daher elektrische Beleuchtung, Lampen mit Trockenbatterien oder mit eigenen Stromerzeugern (z. B. durch den Veloantrieb der Lüfter betätigte kleine Dynamos, vgl. Abschnitt III, 2, d). Ferner schreiben sie vor, dass Explosionsmotoren zum Antrieb der Lüfter usw., sowie grosse Akkumulatoren in geschützten Nebenräumen unterzubringen sind und ihre unmittelbare Luftzu- und Abfuhr mit der Luft des Schutzraumes in keiner Verbindung stehen darf. Auch weisen sie unter dem Abschnitt «Installationen» darauf hin, dass die Aufenthaltsräume frei von Gas-, Wasser- und anderen Leitungen sein sollen, weil bei Erschütterungen durch das Einschlagen von Sprengbomben Undichtigkeiten entstehen können, die ein Ausströmen des Leuchtgases, des Wassers usw. zur Folge haben können. Zum mindesten sind die Durchgangstellen in den Mauern gasdicht auszubilden, was auch infolge des Arbeitens der Leitungen bei Temperaturschwankungen erforderlich ist. Ferner sollen alle Rohre, durch deren Inneres Gase in den Schutzraum eindringen könnten (Abwasserleitungen, elektrische Leitungen usw.), genau kontrolliert und nötigenfalls an geeigneten Stellen syphoniert und abgedichtet werden.

2. Art der Lufterneuerung

Die Lufterneuerung kann auf verschiedene Arten durchgeführt werden.

a) Entweder wird die Innenluft unter Abscheidung der bei der Atmung erzeugten Kohlensäure durch Kalium- oder Natrium-Laugen und unter Sauerstoffzusatz umgewälzt, wodurch erreicht wird, dass sie atembar bleibt (so lange keine vergiftete Luft eindringt). Auch die «Richtlinien» weisen auf diese Art der chemischen Lufterneuerung hin und bemerken dazu, dass ohne Bedenken *technischer* Sauerstoff zugesetzt werden kann. Die praktische Durchführung des Verfahrens beschreibt *Bechtler* in seinem in Fussnote 2) angegebenen Aufsatz ausführlich; er weist auch darauf hin, dass Peroxyde, die einerseits die angenehme Eigenschaft haben nicht nur Kohlensäure zu beseitigen, sondern gleichzeitig Sauerstoff abzugeben, aus verschiedenen Gründen trotzdem nicht in Frage kommen. Auch die «Richtlinien» mahnen diesbezüglich zur Vorsicht. Mit Recht verlangen sie ferner, dass die Ersatzmöglichkeit der notwendigen Chemikalien im Kriegsfall zu prüfen sei.

b) Die zweite, häufiger angewendete Art besteht darin, dass Aussenluft durch ein die Giftgase absorbierendes Filter angesaugt und in den Raum eingepresst wird. Dadurch entsteht gleichzeitig Ueberdruck im Schutzraum, der das beste Abdichtungsmittel gegen das Eindringen vergifteter Aussenluft darstellt. Ausserdem findet auf diese Weise eine gewisse Entwärmung und Entfeuchtung des Raumes statt, da die abströmende Luft Wärme und Feuchtigkeit mitnimmt. Allerdings ist dies, wie nachstehend gezeigt wird, nur in beschränktem Masse der Fall, weshalb nötigenfalls noch besonders für Kühlung und Entfeuchtung zu sorgen ist.

c) Schliesslich ist es möglich, die beiden vorstehend genannten Lufterneuerungsarten miteinander zu verbinden.

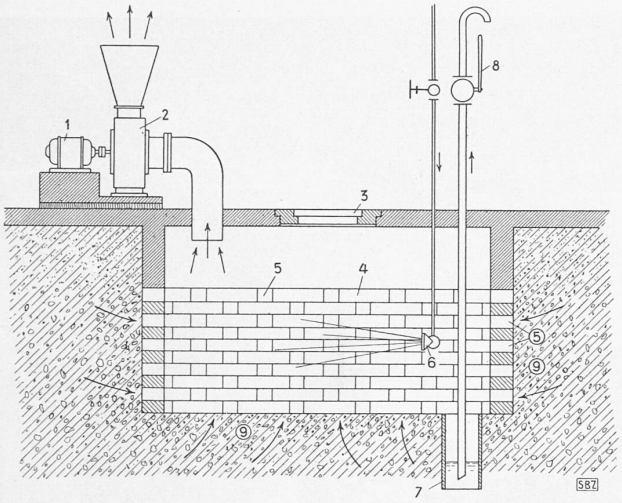

Abb. 1. Ansaugen von Erdluft zur Lüftung von Gasschutzräumen nach J. Stauber. — Legende: 1 Antrieb, 2 Lüfter, 3 Schachtdeckel mit Glasfenster, 4 Ausmauerung mit Zementsteinen, 5 Luftdurchlässige Fugen, 6 Wasserzerstäuber, 7 Sickerloch, 8 Handpumpe, 9 Filterkies

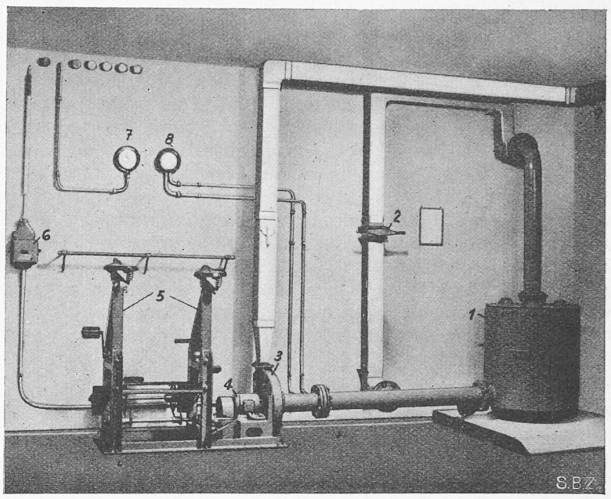

Abb. 2. Apparatur in einem Luftschutzraum. — Legende: 1 Gasfilter, 2 Umführung mit gasdichter Klappe, 3 Lüfter, 4 Elektromotor, 5 Notantrieb mittels Tretkurbeln (Veloantrieb), 6 Motorschalter, 7 Ueberdruckmesser, 8 Luftmengenmesser, 9 Zulufteinführung

Im Folgenden werden nach b) ausgeführte Anlagen besprochen.

Entnahme der Aussenluft

In bezug auf die Anordnung der Luftentnahmestellen im Freien ist zu beachten, dass die gebräuchlichen chemischen Gas-Kampfstoffe, wobei es sich ausser um Gas auch um Flüssigkeiten oder feste Körper in feinster Verteilung handeln kann, schwerer als Luft sind und sich daher in der Nähe von Einschlägen im allgemeinen über dem Boden ansammeln, wo sie je nach der Witterung mehrere Stunden bis mehrere Tage wirksam bleiben. Die angesaugte Luft ist daher möglichst hoch über Boden zu entnehmen und zwar womöglich an mehreren Stellen weil zufolge von Kampfwirkungen Verstopfungen einzelner Luftkanäle vorkommen können. Auch dann bleibt die Anwendung von Filtern aber natürlich nicht erspart, weil das Ansaugen aus der Höhe allein keine Gewähr dafür bietet, dass nicht doch Giftgase mit angesaugt werden. Die «Richtlinien» bemerken in Berücksichtigung dieser Umstände sogar:

> «Die Entnahme unvergaster Luft in grösseren Höhen ist abzulehnen, da die notwendigen Zuleitungen immer stark gefährdet sind. Aussenluft muss daher stets filtriert werden.»

Bisweilen wird empfohlen ausser obern auch untere Ansaugstellen vorzusehen. Zu beachten ist, dass einmal verseuchte Aussenluftentnahmen längere Zeit verseucht bleiben und daher, auch wenn sich keine Giftgase mehr in der Luft befinden, nicht zur Lüftung der Schutzräume unter Umgehung der Filter benutzt werden dürfen. In der II. Auflage der «Richtlinien» ist auch darauf hingewiesen, dass bei normalen Kampfstoffkonzentrationen die Gase den Luftbewegungen folgen. Wenn beigefügt wird «sodass ein Fliessen in tiefliegende Gebäudeteile nicht feststellbar ist», so ist das wohl nur bedingt richtig, weil die Kampfgasstoffe, wie bemerkt, schwerer als Luft sind und bei kalten Temperaturen im Freien und warmen in den Luftschutzräumen, des dadurch in den Gebäuden bestehenden Auftriebs wegen, vergiftete Aussenluft in die Kellerräume hinunterströmen wird, wenn sie Gelegenheit dazu findet.

Die Filter

Die Filter müssen gegen Blau-, Grün- und Gelbkreuz-Kampfstoffe [5]) schützen, leicht und rasch auswechselbar sein und einen möglichst kleinen Strömungswiderstand aufweisen. Ferner sollen sie gegen Schutt und Staub dadurch schützbar sein, dass die Luftöffnungen vollständig abschliessbar sind. Zweckmässig ist es, die Kampfgasfilter durch vorgeschaltete Staubfilter gegen zu rasche Verschmutzung und dadurch ein unzulässiges Anwachsen des Strömungswiderstandes zu schützen. Allerdings bieten die Staubfilter auch Widerstand, der mit zunehmender Verstaubung wächst, sie können aber bei sachgemässer Anordnung leicht gereinigt werden.

Weiter empfiehlt sich der Einbau von Giftgas-Indikatoren, die erkennen lassen, ob sich aussen Gas befindet. Wird vom Indikator kein Gas angezeigt, so muss der Raum auch ohne Filter lüftbar sein. Hierzu sind besondere, filterfreie Luftöffnungen bzw. Kanäle vorzusehen; bei ihrer Benutzung wird der Filterwiderstand ausgeschaltet und dadurch die Lüftungsmöglichkeit erhöht. Selbstverständlich müssen auch diese Oeffnungen vollständig abschliessbar sein. Ferner ist darauf zu achten, dass sie niemals von sesshaften Kampfstoffen bestrichen werden, weil sie sonst für lange Zeit unbenutzbar sind. — Wie einleitend bemerkt, wird hier auf die konstruktive Durchbildung der Anlagen, also auch auf die der Filter, nicht eingetreten. Gerade sie sind in der unter Fussnote 2) angegebenen Arbeit von *Bechtler*, sowie in dem dort ebenfalls erwähnten, im «Heat. and Vent. Engr.» erschienenen Aufsatz: «Wesentliche Gesichtspunkte zur Belüftung von Luftschutzräumen» eingehend behandelt. Zu beachten ist, dass nach den «Richtlinien» nur von der E. M. P. A. zugelassene Filter verwendet werden dürfen und Reservefilter in genügender Anzahl bereit zu halten sind, damit eine zweimal vierstündige Belüftung auch bei starken Gaskonzentrationen möglich ist. Pro Filter ist mindestens eine Reserve vorzusehen.

Es sind auch schon Anlagen ausgeführt worden, bei denen *Erdluft* aus dem Boden angesaugt und in die Räume eingeblasen wird. In wiefern der Erdboden als Kampfgasfilter dienen kann, ist jedoch noch nicht genügend abgeklärt; auf alle Fälle ist der Erfolg je nach der Bodenart, seinem Feuchtigkeitsgehalt usw. sehr verschieden. So ist zu beachten, dass nasser Lehmboden für Luft so gut wie undurchlässig ist, während bei normalem Kiesboden die Saugwirkung allerdings bis auf 30 und sogar 50 m im Umkreis spürbar ist. Natürlich sind auch dichte Pflästerungen und Asphaltbeläge der Luftansaugung hinderlich. Abb. 1 zeigt beispielsweise die von Maschinist *Jak. Stauber* in Schlieren im Jahre 1935 vorgeschlagene Lösung. Die in die Bodengrube eingebaute Wasserzerstäubung soll zur Waschung und Kühlung der Luft dienen. U. a. ist der Schutzkeller im neuen Brandwache-Gebäude der Stadt Zürich [6]) mit einer derartigen Versuchsanlage versehen, die von Erd- auf Frischluft umstellbar ist, ohne und mit Filter und schliesslich statt mit Erd- oder Frisch- auch mit Umluft unter Sauerstoffzusatz, d. h. nach dem unter Abschnitt III, 2, a) erwähnten Verfahren, betrieben werden kann. Die nach oben hermetisch abgedichtete Bodengrube hat einen Inhalt von 2 m³.

Wenn Gaseintritt in den Raum mit Sicherheit ausgeschlossen werden soll, so müssen jedoch auch solche Anlagen unbedingt mit Kampfgasfiltern versehen werden. Beachtlich ist weiter, dass es bei Beschädigung von im Boden liegenden Gasleitungen durch Bombeneinschläge oder herabfallende Trümmer gefährlich werden kann, Erdluft anzusaugen. Die «Richtlinien» bemerken hiezu:

> «Erdluftabsaugung ist nur als Vorfiltration vor Nebel- und Gasfiltern und nach der Kontrolle der E. M. P. A. zulässig. Leuchtgasleitungen von 10 cm Durchmesser und mehr müssen von der Ansaugstelle mindestens 200 m entfernt sein, Leitungen von weniger als 10 cm Durchmesser mindestens 100 m. Kanäle und Stollen in Ortschaften mit Leuchtgasversorgung sind wie Gasleitungen zu beurteilen. In Ortschaften mit Leuchtgasversorgung kommen daher Anlagen mit Erdluftabsaugung in den wenigsten Fällen in Frage.»

[5]) *Blaukreuz:* Niesen und Brechreiz erregende Kampfstoffe, Sternutatoren. — *Grünkreuz:* Erstickende Kampfstoffe, Lungengifte. — *Gelbkreuz:* Blasenziehende Kampfstoffe, Hautgifte (Gelbkreuz ist ein sesshafter Gaskampfstoff, der sehr lange unzersetzt an Ort und Stelle haften bleiben kann).

[6]) Vgl. *Hottinger, M.:* «Die Lüftungsanlagen im neuen Brandwache-Gebäude der Stadt Zürich, «S. T. Z.» (1937), S. 649/652. — Brandwachegebäude auch in «SBZ», Bd. 110, S. 184* (9. Okt. 1937). — Ferner wird dieser Tage ein Luftschutzraum (Sanitätshilfstelle) von rund 1500 m³ Luftraum fertig gestellt, der als Reserve ebenfalls mit der Stauberschen Erdluft-Versorgung, unter Filtration, versehen ist. Red.

Zu- und Abführung der Luft im Raum

Die von aussen angesaugte Luft ist entsprechend Abb. 2 durch eine gasdicht verlötete Frischluftleitung mit Explosionssicherung über den Gasfilter, bzw. bei reiner Aussenluft durch die bereits erwähnte Umführung unmittelbar zum Lüfter und von diesem in guter Verteilung durch Kanäle aus verzinktem Eisenblech oder Eternit dem Raum zuzuführen. Die Austrittstellen werden am besten unter der Decke angebracht, während die Abluft z. T. durch die natürlichen Undichtigkeiten der Schutzraumwände, zur Hauptsache jedoch nach der Schleuse und von da durch regelbare, z. B. in die Eingänge eingebaute Ueberdruckventile ins Freie entweicht. Die «Richtlinien» schreiben vor, dass in den Aufenthaltsräumen ein Ueberdruck von mindestens 10 mm WS erreichbar sein müsse, ansonst die Abdichtung der Raumwände zu verbessern sei. Bei Nichtbenutzung müssen die Ueberdruckventile vollständig abschliessbar sein, ebenso die Zuluftkanäle.

Die Lüfter und ihr Antrieb

Nicht geringere Aufmerksamkeit als die Filter verdienen die Lüfter und ihr Antrieb. Es sind dazu nicht, wie bei den gewöhnlichen Lüftungs- und Klimaanlagen Niederdruck-, sondern Mitteldrucklüfter erforderlich, da sie nicht nur den eben erwähnten Ueberdruck im Raum zu erzeugen, sondern auch die Strömungswiderstände im Filter und in den Kanälen zu überwinden haben. Die Filterwiderstände können, je nach der Art des Filters, 50 bis 250 und mehr mm WS betragen.

Ueblicherweise werden die in den Luftschutzräumen aufgestellten Lüfter durch Elektromotoren angetrieben, müssen aber, da die Zufuhr elektrischer Energie im Kriegsfall gefährdet ist, noch eine weitere, von der Elektrizitäts- und Gasversorgung unabhängige Antriebmöglichkeit besitzen. Für grössere Anlagen kommen zur Notstromerzeugung Diesel- oder Benzinmotoren in Frage[7]), indessen für kleinere Leistungen Kurbelantriebe vorgesehen werden, die durch menschliche Kraft mit den Händen oder, entsprechend den Abb. 2 bis 4 mit den Füssen (Veloantrieb) betätigt werden. Bei Handbetrieb kann mit einer Leistung von etwa 60 Watt, bei Fussbetrieb mit etwa 100 Watt pro Person gerechnet werden. Vergleichsweise sei beigefügt, dass nach der bereits erwähnten deutschen Verordnung die Luftförderer mit elektrischem Antrieb bis zu einer Leistung von 1200 l/min auch durch Menschenkraft müssen angetrieben werden können. Diese Einrichtungen werden, vergl. Abb. 3, bisweilen so vorgesehen, dass mehrere Personen zu ihrer gleichzeitigen Betätigung herangezogen werden können, sodass erforderlichenfalles auch zwei Frauen oder zwei ältere Männer in der Lage sind, anstelle eines kräftigen Mannes das Gerät in Betrieb zu halten. Um feststellen zu können, ob die eingeblasene Luftmenge genügt, empfiehlt es sich, wie das auch aus Abb. 2 hervorgeht, sowohl einen Luftmengen-, als einen Ueberdruckmesser vorzusehen. Bei Fussbetrieb lässt sich gleichzeitig eine kleine, der Notbeleuchtung dienende Dynamo mit betreiben.

Erforderliche Luftmenge

Die eingeführte Luftmenge hat nach den «Richtlinien» pro Kopf mindestens 3 m³/h zu betragen. Dazu ist zu bemerken, dass diese Menge, wenn die Entwärmung der Räume dies verlangt, zu erhöhen ist. Einer Anmerkung der II. Auflage der «Richtlinien» zufolge kann sie während starker Vergasung zur Schonung der Filter aber auch auf 1 bis 2 m³/h herabgesetzt werden. Zum Vergleich sei erwähnt, dass die Luftmenge bei den der Behaglichkeit dienenden Lüftungsanlagen, beispielsweise für Versammlungsräume in denen nicht geraucht wird, in Lichtspieltheatern, stark besetzten Bureaux und Werkstätten ohne besondere Verunreinigung der Luft, üblicherweise auf 20 bis 30 m³/h pro Kopf angesetzt wird. Bei den Luftschutzräumen handelt es sich jedoch nicht mehr um die Aufrechterhaltung grosser Behaglichkeit, sondern nur noch darum, während einiger Stunden ungefährdet durchhalten zu können.

Nicht unerwähnt bleibe, dass viele der bisher bei uns ausgeführten Anlagen gestatten, bei filterlosem Betrieb Luftmengen von 8 ÷ 9 m³/h und Person zu fördern. Es ist anzunehmen, dass der filterlose Betrieb vorherrschen wird, da in Wirklichkeit wohl selten für längere Zeit mit einer Vergasung der Luft zu rechnen ist, insbesondere nicht an Orten mit ziemlich starken Luftströmungen. Eine stündliche Luftmenge von 8 ÷ 9 m³/h sichert, insbesondere bei starker Besetzung der Räume und längeren Aufenthalten, natürlich wesentlich angenehmere Zustände als eine solche von nur 3, oder bei Einschaltung des Filters gar nur von 1 bis 2 m³/h.

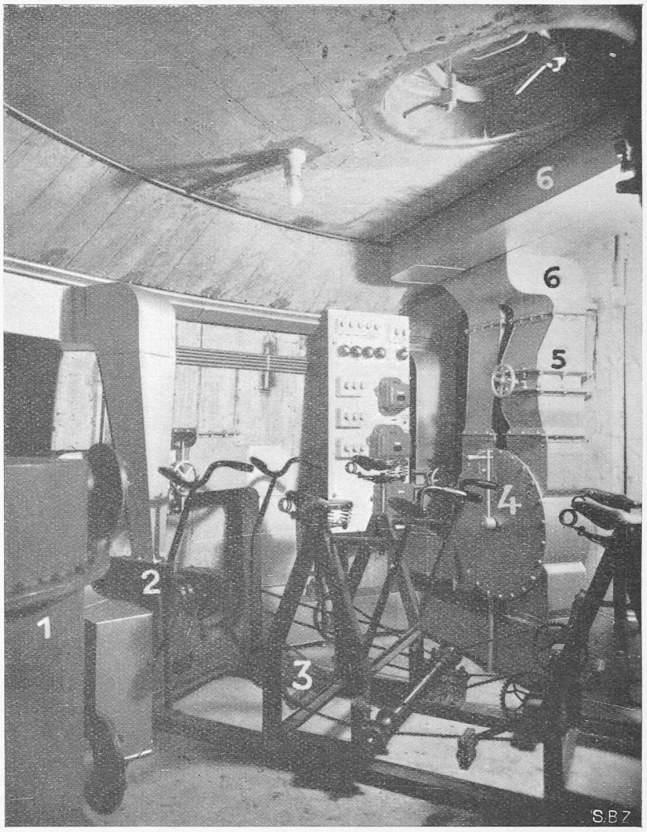

Abb. 3. Apparatur in einem Luftschutzraum. — Legende: 1 Gasfilter, 2 Lüfter; 3 Notantrieb mittels Tretkurbeln (Veloantrieb), 4 Mehrwegklappe (♁ Patent Sulzer-Schindler), die gestattet, der Luft je nach Stellung des Hebels verschiedene Wege zu geben; 5 Gasdichte Klappe, 6 Luftverteilkanäle

Entwärmung und Entfeuchtung der Raumluft

Hinsichtlich Wärme- und Wasserdampfabgabe eines normal bekleideten, sich ruhig verhaltenden Mannes kann auf Grund neuer im Forschungsinstitut der amerikan. Heizungs- und Lüftungsingenieure durchgeführter Versuche entsprechend der Zahlentafel angenommen werden, dass bei z. B. 22° Raumtemperatur stündlich mit 73 kcal fühlbarer Wärmeabgabe und 48 g Wasserverdunstung, bei 26° mit 59 kcal und 73 g und bei 30° mit 40 kcal und 102 g Wasserverdunstung zu rechnen ist. Bei Anwendung dieser Zahlen hat man jedoch zu beachten, dass die zwischen etwa 18° und 30° rd. 100 kcal/h betragende Gesamtwärmeabgabe (trockene + feuchte Wärme) schon bei mässiger körperlicher Arbeitsleistung auf rd. das 2 bis 2,5 fache, bei stärkerer sogar auf das 4 bis 5 fache ansteigt und ferner, dass unmittelbar nach Mahlzeiten die Wärmeabgabe bis zu 40% grösser sein kann.

Diese Wärme- und Feuchtigkeitsmengen müssen entweder durch die hindurchströmende Luft oder auf anderem Wege aus den Schutzräumen entfernt werden, wenn Temperatur und Sättigungsgrad mit der Zeit nicht übermässig hoch ansteigen sollen. Erwärmt sich die durchströmende Luft um beispielsweise 5°, 10° oder 15°, so werden durch jeden m³ 1,5, 3 bzw. 4,5 kcal, d. h. wenn bei filterlosem Betrieb z. B. 8 m³/h und Kopf hindurchgehen, 12, 24 bzw. 36 kcal/h entfernt. Bei Filterbetrieb und daher beispielsweise nur 2 m³/h und Kopf sind es dagegen nur 3, 6 bzw. 9 kcal/h. Ausserdem führen beim Ansteigen der Raumtemperatur auch die Umfassungswände der Räume durch Speicherung und Ableitung Wärme ab. Da die Räume zur Hauptsache im Boden liegen und daher auch im Hochsommer vom kühlen Erdreich umgeben sind, ist die Temperatur der Umfassungswände normalerweise erheblich niedriger als jene der Innenluft. Rechnet man mit einem Temperaturunterschied zwischen Luft und Wandoberfläche von z. B. 6° und einer Wärmeübergangszahl von 5, so werden pro m² Wandfläche somit 30 kcal abgeführt[8]). Es ist allerdings fraglich, ob immer mit einem so

[7]) Die Anlage der Zürcher Brandwache z. B. ist mit einem 5 PS-Benzinmotor ausgerüstet. Dass die Notstromversorgung bei grossen Luftschutzräumen, wie sie in dem Umfang bisher nur im Ausland, neuerdings aber auch in der Schweiz erstellt werden, ausserordentlich umfangreiche maschinelle Einrichtungen bedingen, ist in dem schon mehrfach erwähnten Aufsatz von *Bechtler* ausführlich geschildert. Vgl. ferner «SBZ» Bd. 110 (1937), S. 79*. Bd. 113 (1939), S. 58* und Bd. 114, S. 117*.

[8]) Betreffend Wärmeabströmung nach dem Erdreich vgl. z. B. *Cammerer J. S.*, Der Wärme- und Kälteschutz in der Industrie, Jul. Springer, Berlin 1938, II. Auflage, S. 190 u. f.

grossen Wert gerechnet werden kann, und ausserdem kommt hinsichtlich des Kühleffektes in Betracht, wie viel m² Wandfläche pro Person zur Verfügung stehen. In manchen Fällen, insbesondere bei längerer Benutzung der Räume, wird mit einem erheblichen Ansteigen der Temperatur gerechnet werden müssen.

Ungünstig liegen die Verhältnisse auch in bezug auf die Feuchtigkeit, wie folgende Ueberlegung zeigt: Weist die den Raum durchströmende Luft beim Eintritt beispielsweise 20° und 50% relative Feuchte, beim Austritt 30° und 85%, d. h. einen Zustand auf, der nach dem früher Gesagten infolge der den Körper bedrohenden Wärmestauungen bereits gefährlich werden kann, so beseitigt 1 m³ (das sind bezogen auf 500 m Höhe ü. M. und 25° 1,12 kg) Luft nur rd. 17,7 g Wasserdampf. Mit einer erheblichen Wasserabsorption durch die Wände kann nicht gerechnet werden. Das sich niederschlagende Wasser fliesst vielmehr an ihnen hinunter und sammelt sich auf dem Boden.

Nach der Zahlentafel ist bei 30° pro Person mit einer Wasserdampfabgabe von 102 g/h zu rechnen. Nimmt 1 m³ durchströmende Luft, wie eben ausgerechnet, 17,7 g Wasser mit, so sind also rd. 6 m³/h und Person erforderlich. Bei niedrigern Raumtemperaturen ist die Wasserdampfabgabe zwar geringer, bei 26° z. B. nur noch 73 g pro Person und Stunde, doch ist dabei auch die durch die Lüftung beseitigte Wasserdampfmenge kleiner. Strömt die Luft wieder mit 20° und 50% relativer Feuchte ein und mit 26° und 85% ab, so beseitigt 1 m³ in dem Fall 12,1 g Wasserdampf. Es sind also wieder rd. 6 m³/h und Person erforderlich, d. h. die von den «Richtlinien» verlangten 3 m³/h genügen bei weitem nicht zur Entfeuchtung des Raumes und natürlich noch viel weniger die 1 bis 2 m³/h bei Filterbetrieb. Sollen eine übermässige Erhöhung des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft und Wasserniederschlag an den Wänden vermieden werden, so bleibt bei Filterbetrieb somit nichts übrig als die Raumluft zu entfeuchten, was auf verschiedene Arten möglich ist.

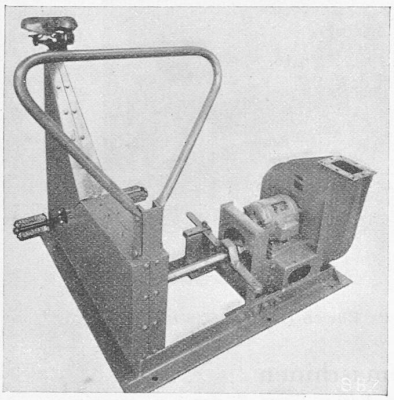

Abb. 4. Lüfter mit Elektromotor und eingekapseltem Tretkurbelantrieb
Photos 2 bis 4 von Gebr. Sulzer, Winterthur

Am gebräuchlichsten und einfachsten ist ihre Unterkühlung in Nass- oder Trockenkühlern mittels kaltem Wasser, wobei jedoch zu bemerken ist, dass das Wasser aus den Kaltwasserversorgungsnetzen hierfür nicht in Frage kommt, weil im Kriegsfall die Gefahr der Beschädigung der Wasserversorgung ebenso besteht wie diejenige der Elektrizitätsversorgung. Manchmal kann aber unmittelbar Grund-, Fluss- oder Seewasser benutzt werden. Beträgt seine Temperatur beispielsweise 12°, so kann die Luft in den Kühlgeräten leicht auf z. B. 15° abgekühlt werden, was meist genügt. Tritt sie mit dieser Temperatur voll gesättigt aus dem Gerät aus, so enthält 1 kg Reinluft nur noch 10,6 g Wasser, so dass sie bei ihrer nachherigen Wiederanwärmung im Raum auf z. B. 26° eine relative Sättigung von rd. 50% annimmt. Steigt die Sättigung im Raum hierauf z. B. auf 85%, so ist jedes kg Reinluft in der Lage, 7,6 g Wasser aufzunehmen. Auf diese Weise lässt sich berechnen, wie gross die in einem bestimmten Fall zur Beseitigung des überschüssigen Wasserdampfes durch die Kühleinrichtung umzuwälzende Luftmenge ist.

Diese Art der Lufttrocknung bewirkt natürlich gleichzeitig auch eine Kühlung der Raumluft. Unter den vorstehend angenommenen Voraussetzungen, d. h. bei einer Wiedererwärmung der Luft von 15° auf 26°, werden z. B. pro m³ umgewälzte Luft 3,2 kcal beseitigt. Bei der Bestimmung der Grösse der Kühleinrichtung ist selbstverständlich nicht zu übersehen, dass nicht nur die Wärme zur unmittelbaren Kühlung der Luft, sondern auch die sehr beträchtliche Niederschlagswärme des kondensierenden Wasserdampfes abzuleiten ist, sodass die betreffenden Einrichtungen erhebliche Abmessungen annehmen können.

Steht die erforderliche Kühlwassermenge von entsprechender Temperatur nicht zur Verfügung, so können Kältemaschinen verwendet werden, wobei es möglich ist, die Luft unmittelbar oder unter Zwischenschaltung eines Kälteträgers (Wasser oder Sole) zu kühlen[9]). Dadurch entstehen aber erheblich höhere Anlagekosten und gestaltet sich auch der Betrieb verwickelter, sodass solche Anlagen mehr nur in Ausnahmefällen und für ganz grosse Verhältnisse in Frage kommen.

Eine weitere Möglichkeit, die Luft zu entfeuchten, besteht in der Verwendung chemischer Trockenmittel, beispielsweise von Silika-Gel ($Si\,O_2$)[10]) oder Aktivkohle, die jedoch zu ihrer Regenerierung hoher Austreibtemperaturen bedürfen. Wesentlich einfacher sind die Chlorkalk-Lufttrockner[11]). Sie bestehen aus einem mit Chlorkalk gefüllten Behälter, in den auf einer Welle sitzende und sich langsam drehende stoffbezogene Scheiben eintauchen, zwischen denen die zu trocknende Luft hindurchströmt und Wasser an die Chlorkalklösung abgibt. Die dadurch verdünnte Lösung ist nach einiger Zeit durch frische zu ersetzen und einzudampfen, was natürlich ausserhalb des Schutzraumes zu geschehen hat. Weiter kommen hygroskopische Salzlösungen wie Kalziumchlorid, Kalziumbromid, Zinkchlorid oder Aluminiumverbindungen[12]) in Frage. Die nicht regenerierbaren chemischen Trockenmittel werden zufolge der mit der Wasseraufnahme verbundenen Umsetzung meist wertlos. Auf welche Art die Trockenentfeuchter in die Anlagen einzubauen sind, ob dabei nur die von aussen eingeführte Luft zu trocknen ist, ob ihr besser Umluft beigemischt und das Gemisch getrocknet wird, oder ob schliesslich nur Umluft durch die Wasseradsorber umzuwälzen ist, muss von Fall zu Fall untersucht werden. Der Adsorber ist dabei zwei- oder besser dreiteilig auszuführen, sodass abwechslungsweise in einer der Kammern getrocknet und in den andern das Trockenmittel erneuert werden kann. Auf diese Weise kann die Trocknung der Luft leicht bis auf etwa 10% hinunter vorgenommen werden. Es ist jedoch zu beachten, dass damit nicht nur keine Kühlung der Luft verbunden ist, sondern im Gegenteil eine solche erforderlich ist, um die freiwerdende Wärme abzuführen. Solche Anlagen bedingen daher ebenfalls erhebliche Kosten und verlangen zudem geschultes Bedienungspersonal. Sie kommen nur in seltenen Ausnahmefällen in Frage.

Besondere Aufmerksamkeit verlangt die Entfeuchtung der Luftschutzräume, wenn sie nicht nur zum vorübergehenden Aufenthalt einer grössern Anzahl von Personen, sondern auch andern Zwecken, z. B. der Aufbewahrung von Akten, Plänen usw. dienen sollen, die mit Sicherheit gegen Feuchtigkeitseinwirkungen zu schützen sind.

Heizung

Nach dem vorstehend Gesagten ist normalerweise für Entwärmung und nicht für Heizung der Luftschutzräume zu sorgen. Dagegen müssen nach den «Richtlinien» Sanitäts-Schutzräume heizbar sein. Auch kann Heizung erforderlich werden wenn es sich um in Schutzräumen untergebrachte Archive usw. handelt, in denen nur wenige Menschen beschäftigt sind. Ferner soll bei gelüfteten Räumen die angesaugte Aussenluft im Winter auf mindestens 15° vorgewärmt werden können.

Die Raumheizung kann unter Aufstellen von Heizkörpern oder durch das Umwälzen angewärmter Luft, bei gleichzeitigem Lüftungsbedürfnis auch durch Frischluftheizung erfolgen. Anschluss der Raumheizkörper und Lufterhitzer an eine zur Heizung auch anderer Räume dienende Zentralheizung kommt, der Be-

[9]) Vgl. z. B. *Rybka K. R.*, Klimatechnik, Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin, II. Auflage 1938.

[10]) *Gattiker M.*, Beiträge zur Kenntnis des Silika-Gels. Diss. E. T. H. Zürich 1928.

[11]) *Rybka K. R.*, Die amerikanische Luftveredelung im Wohngebäude, Gesundh.-Ing. 58 (1935), S. 549/554.

[12]) Vgl. *Downs Ch. R.*, Luftbehandlung. Ind. Eng. Chem. Ind. 31 (1939), Nr. 2, S. 134/140. Ferner:
Luftbewetterung als Hilfsmittel bei der Atomzertrümmerung, Heat. and Vent. 35 (1938), S. 18/19. Kurzbericht im Gesundh.-Ing. 62 (1939), S. 400.

Zahlentafel. Wärme- und Wasserdampfabgabe des normal bekleideten Mannes bei leichter, sitzender Beschäftigung, ruhender Luft und verschiedenen Raumtemperaturen. (Nach Berestneff, auf Grund von im Forschungsinstitut der amerikanischen Heizungs- und Lüftungsingenieure durchgeführten Versuchen.)

Raum-Temperatur		° C	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Wärmeabgabe durch	Strömung, Leitung und Strahlung	kcal/h	117	108	99	91	84	79	73	66	59	50	40
	Wasserverdunstung	kcal/h	18	18	18	18	20	23	28	35	42	51	59
Wasserdampfabgabe bei rel. Luftfeuchtigkeit 30 ÷ 70%		g/h	31	31	31	31	34	40	48	60	73	88	102

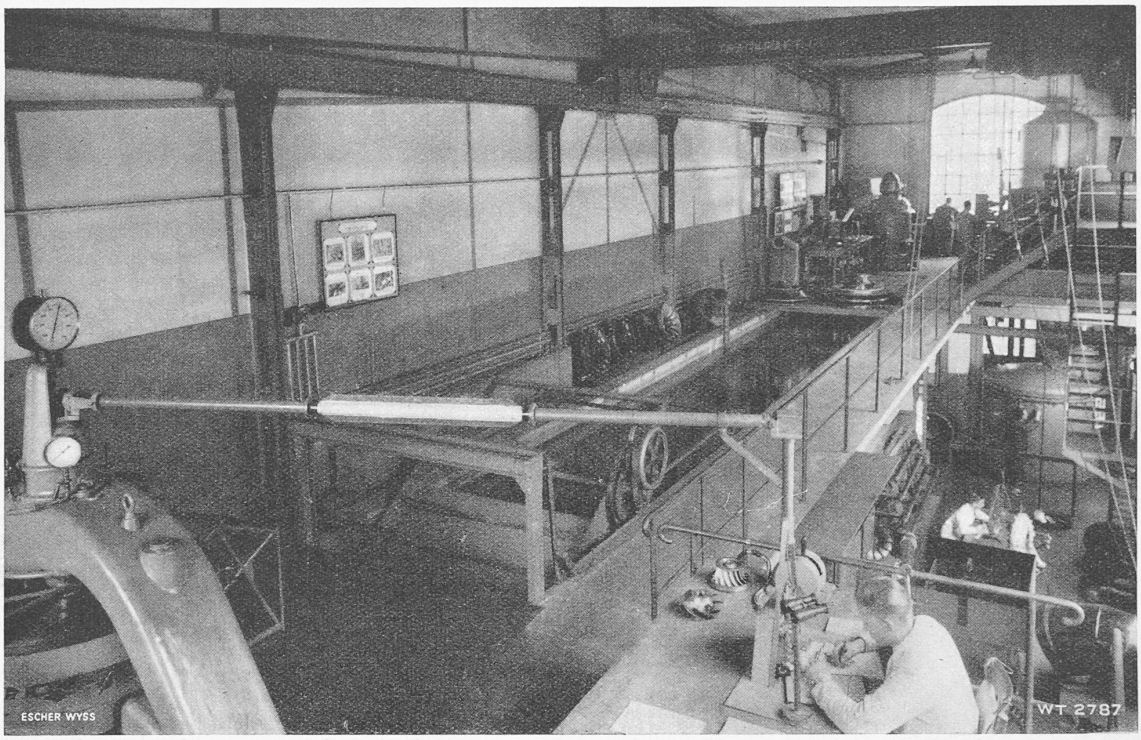

Abb. 2. Das hydraulische Versuchslokal für Niederdruck- und Kavitationsversuche von Escher Wyss, Zürich (vrgl. «SBZ» Bd. 80, S. 235*)

schädigungsgefahr wegen, jedoch nicht in Frage, dagegen ist schon vorgeschlagen worden, gewöhnliche Warmwasserheizung unter Aufstellung der Kessel in den Vorschleusen auszuführen. Besser wird aber eine sowohl an die öffentliche Elektrizitäts- als an die Notstromversorgung angeschlossene elektrische Heizung vorgesehen. Bei im Betrieb stehenden Diesel-, bzw. Benzinmotoren kann gewünschtenfalls auch das die Motoren verlassende warme Kühlwasser zur Heizung verwendet werden.

3. Durchlüftung der Schleusen und Zugänge

Ausser den Aufenthaltsräumen müssen auch die Schleusen vor dem Oeffnen der Türen von Kampfstoffen befreit werden. Die «Richtlinien» bemerken hiezu:

> «Für flüchtige Kampfstoffe geschieht dies, bei vorhandenem Ueberdruck im Schutzraum, am einfachsten durch Spülen vermittelst eines kräftigen Luftstromes. Zu diesem Zweck werden in den Schleusentüren Klappen angebracht. Durch sinngemässe Bedienung derselben wird ein Durchspülen der Schleusen und Zugänge durch den vom Schutzraum austretenden Luftstrom erreicht. Ist das Spülen der Schleusen und Zugänge nicht möglich oder ungenügend, so ist Entgiftung durch Zerstäuben geeigneter Lösungen gemäss Ziff. 116/117 der «Instruktion» vorzusehen. Die gleichen Zahlen gelten auch für die Vernichtung sesshafter Kampfstoffe.»

IV. Schlusswort

Es ist nicht zu übersehen, dass die ausreichende Belüftung, Entwärmung und Entfeuchtung eine Hauptbedingung dafür ist, dass die Luftschutzräume ihren Zweck erfüllen. Ist das Luftvolumen in Räumen ohne Lufterneuerung infolge zu starker Besetzung oder der Luftwechsel in gelüfteten Räumen ungenügend, so ist das Leben der Insassen ebensosehr, u. U. sogar stärker gefährdet, als wenn sie sich ausserhalb des Raumes befinden.

Wenn Luftschutzräume eingerichtet werden, so ist daher nicht nur den besprochenen Anforderungen volle Aufmerksamkeit zu schenken, sondern es sind auch die erforderlichen Mittel zu ihrer einwandfreien Lösung zur Verfügung zu stellen. Das gilt natürlich erst recht, wenn die Räume zu Sanitäts- und andern Sonderzwecken, z. B. als Archivräume, dienen sollen, die trocken gehalten werden müssen.

Technisch liegen die Dinge vollständig klar. Die Belüftung, Entwärmung und Entfeuchtung der Luftschutzräume ist nichts anderes als ein Teilgebiet der heute sowohl theoretisch als praktisch weitestgehend durchgebildeten Klimatechnik.

Weiterer Schrifttumnachweis.

Schwarz G. L., Zur Hygiene des Luftschutzraumes. Gesundh.-Ing. Bd. 62, 1939, Seiten 569/571. — *Niebel Th.*, Luftverbesserung in Luftschutzräumen, Diss., Hamburg 1936. — *Quasebart K.*, Gas- und Luftschutz (1933) H. 1. — *Emson* und *Manskopf*, Luftschutznachr.-Bl. (1933) H. 8.

Forschung an Turbomaschinen

Von Obering. Dr. C. KELLER, Escher Wyss, Zürich[1])

Der Einfluss neuer theoretischer und praktischer Erkenntnisse der Aero- und Hydrodynamik beginnt sich im Maschinenbau erst jetzt allmählich geltend zu machen. Es ist aber zu erwarten, dass die sinngemässe und konsequente Anwendung strömungstechnischer Resultate vor allem aus dem Flugwesen bald auch den Strömungsmaschinen neue Impulse geben werden. Diese können vor allem den spezifisch raschlaufenden Turbomaschinen zugute kommen.

Die Forschung dringt heute auf neuen Wegen zu früher unbeachteten und unbekannten Vorgängen vor, deren Klärung die Grundlage neuer Möglichkeiten für Fortschritte an Wirkungsgrad und konstruktiver Neugestaltung bringt. Ueber solche neue Untersuchungsmethoden ist vor kurzem in der «Schweizer. Bauzeitung» eingehend berichtet worden: im Aufsatz: «Die Verwendung von Luft als Untersuchungsmittel für Probleme des Dampfturbinenbaues» wurden von J. Ackeret, C. Keller und F. Salzmann («SBZ», Bd. 104, Dez. 1934) die Grundlagen für die Dampfmodellversuche behandelt; der Aufsatz: «Aerodynamische Versuchsanlage für hydraulische Maschinen» (von C. Keller in «SBZ» Bd. 107, Okt. 1937) liefert die entsprechende Grundlage der aerodynamischen Versuchmethode zur Erforschung hydraulischer Maschinen mittels Luft. Escher Wyss hat damit bereits seit einigen Jahren einen Grossteil des Versuchbetriebes auf die aerodynamische Forschungsmethode umgestellt, wobei sich dieses Neuland der Maschineningenieurtätigkeit sowohl für die Dampftechnik wie für die Hydraulik als wertvollste Ergänzung der bestehenden Versucheinrichtungen erwiesen hat.

Bei den heutigen bereits hochwertigen Maschinen sind weitere Verbesserungen jeglicher Art nur durch systematische Versuchsarbeit zu verwirklichen. Diese Erkenntnis war von jeher richtungweisend für die schweizerische Qualitätsmaschinen-Industrie, die in fruchtbringender Zusammenarbeit mit dem Aerodynamischen Institut und den maschinentechnischen Disziplinen der E. T. H. gerade im Lauf der letzten Jahre konsequent ihre Studienarbeiten verfolgte und mit einer Reihe daraus entstandener neuer Erzeugnisse international anerkannte Pionierarbeit geleistet hat.

Das Forschungsheft der Escher Wyss-Maschinenfabriken A. G., Zürich, berichtet über den grossen Aufgabenkreis der wissenschaftlichen Werkforschung und deren heutigen Einfluss auf die Praxis, der dem Aussenstehenden meist unbekannt bleibt. Die Firma hat ihr Produktionsprogramm planmässig auf sämtliche

[1]) Zum gleichnamigen Sonderheft der «Escher Wyss Mitteilungen» Nr. 1/2 1939.