

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 70 (1952)  
**Heft:** 20

**Artikel:** Grundlagen moderner Lüftung und Luftkonditionierung  
**Autor:** Häusler, Walter  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-59607>

### **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:** 28.11.2025

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

## Zum Streit um das Corbusier-Haus in Marseille

DK. 728.28 (44)

Der Bau dieses Hochhauses, das auch in der SBZ [1950, Nr. 17, S. 228\*] kurz dargestellt wurde und in Frankreich mit «*expérience marseillaise*» bezeichnet wird, nähert sich seiner Fertigstellung. Das Bild dieses bisher grössten und modernsten französischen Hochhauses wird schon vor dessen Uebergabe an die Mieter in des Wortes wahrster Bedeutung «von der Parteien Gunst und Hass verwirrt». Claudius Petit, der Leiter des «*Ministère de la Reconstruction et de l'Urbanisme*», stellte sich vom Beginn des Baues an entschlossen hinter Le Corbusier. Prominente Mitglieder der «*Société des Architectes Diplômés par le Gouvernement*» hingegen, in erster Linie Regierungs- und städtische Architekten, werfen ihrem Kollegen Corbusier vor, unsere Zeit sei für neue Bauexperimente wenig geeignet, der Marseiller «*Bienenkorb*» sei zu eng und schon im Hinblick auf die Nicht-Ausnützung des Erdgeschosses zu teuer, die Aufzüge würden nicht immer funktionieren, die «*Geschäftsstrasse*» im Innern sei schlecht gelüftet und die Versorgung der Lebensmittel-Läden auf den Etagen werde sich als technisch schwierig und daher als zu kostspielig erweisen; das Haus sei mit einem Wort eine ökonomisch verfehlte, architektonisch gekünstelte und sozialpolitisch ungesunde Angelegenheit. Le Corbusier hat das Beste getan, was man gegenüber derartigen Vorwürfen tun konnte: er hat die Innenausstattung seiner «*Cité lumineuse et multicolore*» so beschleunigt, dass die Wohnungen, die Läden-Stockwerke, die Wirtschafts- und Erholungsräume im Laufe des kommenden

Sommers bezogen werden können. Die Kosten der zu den Sätzen der «*Habitation à Loyer Moyen (HLM)*» vermieteten oder zum Gestehtungspreis in Miteigentum verkauften Wohnungen seien fünf- bis sechsfach überschätzt, sagte man, aber für 321 Wohnungen müssten rund 1600 Bewerber abgewiesen werden. Was den Unwillen der Anhänger traditioneller Wohnungsarchitektur in Frankreich noch heftiger erregte, ist wohl weniger die endgültige Durchführung des Marseiller Projekts, in welches rd. 2 Mrd. fFr. investiert wurden (die sich zu rd. 6 % verzinsen werden), als die neuerdings bekannt gewordene Absicht des Wiederaufbauministeriums, in Rézé, einer Vorstadt von Nantes, ein zweites Le Corbusier-Hochhaus zu errichten, dessen Baukosten zurzeit auf rd. 600 Mio fFr. geschätzt werden. Es ist verständlich, dass man diesem neuen Projekt vom Standpunkt der Baukosten und der Tragbarkeit der künftigen Wohnungsmieten durch eine vorwiegend aus Arbeitern zusammengesetzte Bevölkerung noch skeptischer gegenübersteht als dem Marseiller Hochhaus. Doch darf angenommen werden, dass das Pariser Wiederaufbauministerium sowie die Stadt- und Hafenverwaltung von Nantes sich nicht zu einer ernsthaften Prüfung der neuen Pläne von Le Corbusier bereit gefunden hätten, wären sie nicht vom Gelingen des Marseiller Experiments überzeugt. Nicht nur die bisherige, sondern auch die künftige Entwicklung wird zeigen, wer von den beiden recht behält: Le Corbusier oder seine Widersacher.

Dr. W. Bing (Paris)

## Grundlagen moderner Lüftung und Luftkonditionierung

DK 697.94

Von Ing. WALTER HÄUSLER, Zürich

Schluss von Seite 259

### 5. Zur Bestimmung der Kühllast

#### a) Die Rücksicht auf den Verwendungszweck

Die Kühllast hängt weitgehend vom Verwendungszweck der zu versorgenden Räume ab. Bei Aufenthaltsräumen, deren Insassen sich möglichst behaglich fühlen sollen (Komfortanlagen), werden die Raumtemperaturen und -feuchtigkeiten nach den Aussentemperaturen abgestuft. Tabelle 5 gibt einige Richtwerte; diese gelten für eine Aufenthaltsdauer von über 40 Minuten bei leichter Arbeit und einer mittleren Luftbewegung in der Aufenthaltszone von 0,1 bis 0,2 m/s. Bei industriellen Anlagen muss das einzuhaltende Raumklima dem jeweiligen Zweck angepasst werden. Häufig ist es über das ganze Jahr konstant zu halten. Besonders hohe Anforderungen werden bei gewissen Forschungslaboratorien und bei Operationssälen in Spitälern gestellt.

#### b) Wärmeeinfall von aussen

Die Berechnung des Wärmeeinfalles im Sommer stützt sich auf die Wärmeleitfähigkeiten und Wandstärken der verwendeten Baustoffe sowie auf die maximalen Aussentemperaturen und die Besonnungsverhältnisse.

Bei massivem Mauerwerk gleichen sich die Schwankungen der Aussenlufttemperaturen zwischen Tag und Nacht z. T. aus, so dass nur mit mittleren Temperaturen gerechnet werden muss. Für die Bestimmung der Oberflächentemperatur von besonnten Wänden ist die Farbe zu berücksichtigen. Helle Farben reflektieren die Sonnenstrahlen stärker als dunkle; der Unterschied in der massgebenden Oberflächentemperatur kann bis 30 % betragen.

Die Fenster müssen besonders berücksichtigt werden.

Bei günstigem Einfallswinkel fallen an einem Sommertag bis 500 kcal pro m<sup>2</sup> Fensterfläche in den Raum ein. Dieser Betrag kann durch Beschatten mit aussenliegenden Storen bis auf die Hälfte verringert werden. Innenliegende Storen sind weniger wirksam als aussenliegende.

Aehnlich wie Fenster verhalten sich Flachdächer. Sie ergeben bei Besonnung eine wesentliche Erhöhung der Kühllast; da keine nennenswerte Speicherwirkung vorhanden ist, kommen hier Besonnung und Temperaturschwankungen voll zur Auswirkung. Je nach der Konstruktion muss mit wirklichen Temperaturdifferenzen von bis 30 ° C statt der effektiven 8 ° C gerechnet werden. Durch Wasserberieselung lässt sich der Wärmeeinfall auf einen Bruchteil verringern.

#### c) Wärmeentwicklung in den Räumen

Bei der Bemessung der Kühllast ist die Wärmeentwicklung in den Räumen durch Personen, Maschinen und Arbeitsprozesse zu berücksichtigen. In Kinos, Theatern, Vortragsssälen usw. macht die Personenwärme gewöhnlich die Hauptlast aus; in Küchen sind es die Herde und in Fabrikräumen oft die Maschinen. In allen Fällen, wo innere Wärmequellen über die Hälfte der Kühllast ausmachen, soll in Uebergangszeiten und kühlen Sommertagen die Wärme auch durch Frischluft abgeführt werden können, und die Lüftungstechnischen Einrichtungen sind dementsprechend auszubilden.

#### d) Einfluss natürlicher oder künstlicher Kühlung

Für das Festlegen der Raumfeuchtigkeit sind ausser den Bedingungen, die an das Raumklima gestellt werden, auch ausführungstechnische Gesichtspunkte massgebend. In vielen Fällen genügt die Kühlung auf mässige Temperaturen derart, dass man hierfür Gemeindewasser oder eigenes Grund- oder Quellwasser verwenden kann. Man erhält dabei allerdings verhältnismässig hohe Luftfeuchtigkeiten, was zur Anwendung grösserer Zuluftmengen zwingt. Nachteilig ist der sehr grosse Kühlwasserbedarf, der nur kurzzeitig an heissen Tagen auftritt, an denen die Belastung der Wasserversorgungen ohnehin schon gross ist. Man kann ihn durch sorgfältige Ausbildung des Gegenstromprinzips verringern. Er bleibt aber auch dann noch gross; deshalb haben die Wasserversorgungen verschiedener Städte für die Verwendung von Stadt- wasser für Klimaanlage stark einschränkende Bestimmungen erlassen.

Vielfach muss zur Luftkühlung eine besondere Kältemaschine verwendet werden. Hier ist es nun im allgemeinen

Tabelle 5. Wünschbares Raumklima im Sommer in Abhängigkeit der Aussenluft bei Luftkonditionieranlagen für höhere Anforderungen. Luftgeschwindigkeit in der Aufenthaltszone 0,1 bis 0,2 m/s

Aussen-temperatur	Raumluft-temperatur	Rel. Feuchtig-keit	Entsprechende Effektivtemperatur
35° C	28° C	36 %	23,5° C
	oder 25,5° C	68 %	23,5° C
32° C	27° C	36 %	23° C
	oder 25,5° C	56 %	23° C
30° C	26,5° C	32 %	22° C
	oder 25° C	56 %	22° C
27° C	25,5° C	36 %	21,5° C
	oder 24° C	61 %	21,5° C

wirtschaftlich vorteilhaft, die Luft mittels Kältemaschinen verhältnismässig tief zu kühlen, also mit geringeren Raumfeuchtigkeiten zu arbeiten und die Zuluftmengen kleiner zu halten.

6. Die Luftführung

a) Aufgabe

Eine Aufgabe von grösster Wichtigkeit ist die fachgemässe Einführung der frischen oder konditionierten Luft in die zu beschickenden Räume. Sie besteht darin, diese Luft an die Stellen heranzubringen, an denen sie benötigt wird, ohne dass sich Zugerscheinungen nachteilig spürbar machen und ohne Beeinträchtigung der architektonischen Raumwirkung durch Einrichtungen zur Luftführung. Ihre Lösung verlangt nicht nur die Berücksichtigung lufttechnischer Erfordernisse und physiologischer Auswirkungen, sondern auch die Fähigkeit zu ästhetisch befriedigendem Gestalten.

Man findet oft Ausführungen, bei denen die Zuluft den Weg zur Verbrauchsstelle nicht findet, sondern zum grössten Teil unausgenützt von der Einström- zur Abluftöffnung überströmt. Wohl sind in solchen Räumen keine Zugerscheinungen zu befürchten, aber das Klima in der Aufenthaltszone ist schlecht, auch wenn die rechnermässige Anzahl Luftwechsel durchaus genügen würde.

b) Bedingungen für behagliches Klima in der Aufenthaltszone

Der Mensch braucht zu seinem Wohlbefinden frische Luft nicht nur für die Atmung, sondern auch, um die Wärme- und Feuchtigkeitsabgabe seines Körpers im Gleichgewicht zu halten. Das zuträgliche Klima hängt daher weitgehend von der Art der Tätigkeit ab, weil diese die Wärme- und Feuchtigkeitsabgabe des Körpers weitgehend bestimmt. Das Klima selber ist durch Temperatur, Feuchtigkeit, Luftgeschwindigkeit, sowie durch die Temperatur der Wände, der Decke und des Bodens gekennzeichnet. Das gleiche Wärmeempfinden kann durch verschiedene Bedingungen erzielt werden. Man spricht von einer Effektivtemperatur und versteht darunter diejenige Temperatur, die bei bestimmten Verhältnissen (Lufttemperatur, Feuchtigkeit, Geschwindigkeit und Wandtemperatur) ein bestimmtes Wärmeempfinden ergibt. In den USA rechnet man mit Effektivtemperaturen von etwa 19° C im Winter und etwa 22° C im Sommer, in England sind die entsprechenden Werte 17 und 19° C. Eine Effektivtemperatur von z. B. 18° C kann beispielsweise durch die auf Tabelle 6 angegebenen Grössen erreicht werden. Dabei sind die Wandtemperaturen gleich den Innentemperaturen angenommen worden.

Tabelle 6. Verschiedene klimatische Werte, die eine Effektivtemperatur von 18° C ergeben

Luftgeschwindigkeit	Lufttemperatur	rel. Feuchtigkeit
m/s	° C	%
0,1	20	52
0,5	21,5	43
1,0	23	37

Die minimale Luftgeschwindigkeit liegt zwischen 0,15 und 0,25 m/s. Die Bewegung der Luft darf eine obere Grenze nicht überschreiten, weil sie sonst als lästiger Zug empfunden wird. Ebenso soll die untere Grenze nicht unterschritten werden, ansonst die Körperausdünstungen nicht genügend abgeführt werden und das Gefühl stickiger Luft entsteht. Die Zugempfindlichkeit hängt ausser den obgenannten Faktoren von der Differenz zwischen der Temperatur der kühlen Zuluft und der mittleren Raumtemperatur ab. Bleibt diese Differenz unter 1° C, so darf die Luftgeschwindigkeit in der Aufenthaltszone nach amerikanischen Richtlinien über 0,2 m/s liegen, während man im Bereich von 1° C bis 1,5° C unter 0,2 m/s bleiben soll. Wenn immer möglich richtet man die Luftströmung auf das Gesicht und nicht auf den Nacken. Diese Regel ist namentlich bei Kinos, Theatern und Vortragssälen zu beachten.

c) Die Wurfweite

Um die Luftbewegung innerhalb eines Raumes bestimmen zu können, muss man sich zunächst ein Bild des Luftstrahles machen, der mit einer gewissen Geschwindigkeit aus

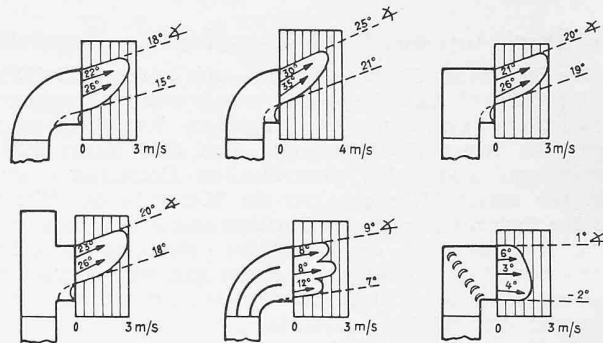


Bild 14. Geschwindigkeitsprofile an Zuluft-Austrittsöffnungen bei verschiedener Art der Luftzuführung. Kanalquerschnitt 350 x 150 mm, Auslassquerschnitt 350 x 225 mm, Luftgeschwindigkeit im Kanal 2,5 m/s, Luftmenge 470 m³/h.

einer Austrittsöffnung austritt. Bild 14 zeigt einige Geschwindigkeitsprofile von solchen Öffnungen, die deutlich den grossen Einfluss der Luftzuführungsart vom Kanal in den Auslass erkennen lassen. Gute, aerodynamisch richtige Formgebung ist eine unerlässliche Voraussetzung zum Erzielen der gewünschten Wirkung.

Der richtig geführte Luftstrahl erweitert sich kegelförmig; sein Querschnitt wächst, und seine Geschwindigkeit nimmt dementsprechend ab, bis eine bestimmte Endgeschwindigkeit erreicht ist, die der zulässigen Raumluftbewegung angepasst ist und für Luftauslässe in der Wand gewöhnlich zu 0,25 m/s angenommen wird. Die Distanz zwischen Austrittsöffnung und der Stelle, an der diese Endgeschwindigkeit erreicht ist, nennt man Wurfweite. Sie wird in der Regel zu 3/4 der Distanz zwischen Auslass und gegenüberliegender Wand gewählt, wobei aber je nach der Raumform und der Temperaturdifferenz zwischen Zuluft und Raumluft Korrekturen anzubringen sind. Bei zu grossen Wurfweiten prallt der Luftstrom an die Wand und verursacht Zugerscheinungen, während bei zu geringen Wurfweiten der Strahl infolge seiner gegenüber der Raumluft höheren Temperatur vorzeitig nach oben steigt oder bei niedrigeren Temperaturen nach unten fällt und in beiden Fällen Störungen eintreten können (Bilder 15 und 16). Der Höhenunterschied H am Ende der Wurfweite L gegenüber dem Austritt hängt vom vertikalen Streuwinkel des Auslasses und vom Gewichtsunterschied zwischen Zuluft und Raumluft ab. Er lässt sich durch Rechnung vorausbestimmen.

d) Die Ausblasegeschwindigkeiten

Die obere Grenze der zulässigen Ausblasegeschwindigkeiten ist durch das Geräusch gegeben. Wichtig ist hier vor allem eine gute Strahlführung, durch die örtliche Strahlablösungen, Wirbel und anderweitige Störungen der Strömung vermieden werden. Weiter müssen die Teile so stark gebaut sein, dass sie nicht schwingen und sich nicht ausbeulen. Bewegliche Teile bedürfen einer zuverlässigen Lagerung. Sind diese Bedingungen erfüllt, so können für gut konstruierte Luftauslässe die Geschwindigkeiten gemäss Tabelle 7 angenommen werden. Bei aerodynamisch günstiger Formgebung

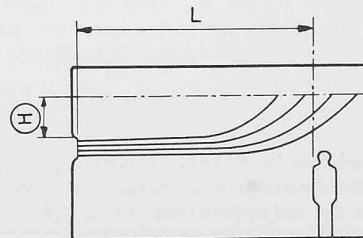


Bild 15. Steigender Luftstrahl. H Steigung, L Wurfweite.

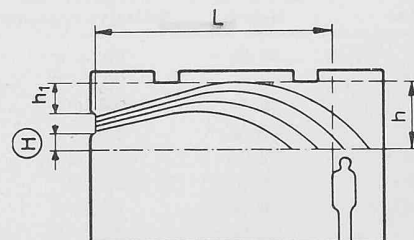


Bild 16. Bogenförmige Einführung mit fallendem Luftstrahl.

oder schallschluckender Verkleidung können die Tabellenwerte um 0,5 bis 1,0 m/s erhöht werden.

7. Die Luftverteilung

a) Verteilung durch Wandauslässe

Für die horizontale Einführung des Luftstromes geben die Bilder 17, 18 und 19 einige gebräuchliche Methoden. Dabei sind folgende Hinweise zu beachten:

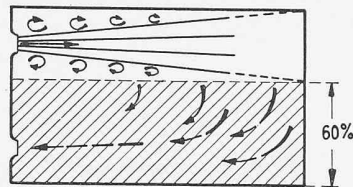


Bild 17. Luftführung und Abluftöffnung an der Innenwand; ausschliessliche Zuluftheizung; Aufenthaltszone rd. 60% der Höhe (schraffiert) mit mässiger Luftbewegung.

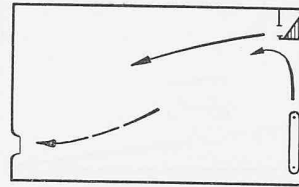


Bild 18. Zuluftführung an der Fensterfront zur Unterstützung der Konvektionsströmung des Heizkörpers.

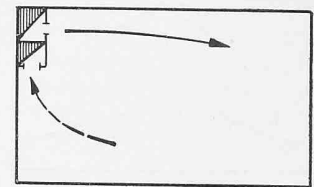


Bild 19. Zuluft- und Abluftkanal an der Innenwand oben; zweckmässige Anordnung bei gekühlter Zuluft.

Bei ausschliesslichen Luftheizungen soll der Zuluftstrom gegen die Raumfläche grösster Abkühlung, also gegen die Fenster und Aussenwände gerichtet sein. Die Wurfweite ist gross zu wählen (über  $\frac{1}{4}$  der Raumbreite), um der abfallenden Kaltluftströmung entgegenzuwirken, die sich längs der kalten Aussenwand ausbildet (Bild 17). Besteht eine Zentralheizung mit unter den Fenstern aufgestellten Heizkörpern (Bild 18), so kann die Zuluft auch über den Fenstern eingeführt werden, so dass sie die Konvektionsströmung der Heizkörper unterstützt. Man kann aber auch bei der Einführung an der Innenwand bleiben und die Wurfweite geringer wählen. Bei Luftkühlung im Sommer soll der Zuluftstrom nach der Zone der stärksten Wärmequellen, z. B. nach den Fenstern oder den wärmeabgebenden Apparaten gerichtet sein, sofern diese Apparate nicht mit besonderen Absaughauben ausgerüstet werden. Ein für Luftkühlung zweckmässiges Verteilsystem zeigt Bild 19.

Werden mehrere Luftauslässe angeordnet, so sollen sich die Luftströmungen gegenseitig nicht stören. Bei parallelen Auslässen sind deren Teilung und die horizontale Streuung aufeinander abzustimmen. Bei einander gegenüberliegenden Auslässen bemisst man die Wurfweite derart, dass die Zuluftströme nicht aufeinanderprallen. Die Öffnungen müssen soweit unter der Decke liegen, dass sich der Strahl auch nach oben gut ausweiten kann und sich keine Staubfahnen bilden. Bauteile wie Unterzüge, Säulen, Lampen usw. sollen vom Zuluftstrom nicht getroffen werden; Anordnung, Streuung und Wurfweite der Strahlen sind dementsprechend zu wählen. Bild 16 gibt hierfür ein Beispiel.

b) Absaugöffnungen

Lage und Anordnung der Abluft- bzw. Umluftabsaugöffnungen sind von geringem Einfluss auf die Luftbewegung im Raum. Die durch sie verursachte Strömung ist nur in ihrer unmittelbaren Nähe fühlbar. Wo Tabakrauch abgeführt werden muss, wird die Abluft mit Vorteil unter der Decke abgesogen. Bei Anlagen mit Luftheizung muss durch entsprechende Wahl und Anordnung der Luftauslässe für hohe Induktion gesorgt werden, so dass nicht mehr oder weniger grosse Mengen Warmluft mitgehen, bevor sie ihre Wärme nutzbringend abgeben können. Bei Konditionierungsanlagen ist die Absaugung in den Wänden wenig über Bodenhöhe durch Gitter oder durch Absaugglocken unter den Sitzen empfehlenswert.

c) Ausbildung der Ausblaseorgane

Die Schlitze und Düsen, wie sie Bild 20 zeigt, stellen die ersten in Europa angewandten Arten der Induktions-Luftführung dar und wurden seinerzeit von Amerika übernommen. Sie ergeben bei richtiger Durchbildung einen festen Streuwinkel, und der Luftstromverlauf lässt sich genau festlegen. In der Praxis hat man jedoch oft das Bedürfnis, Richtung, Wurfweite und Streuung des Luftstromes nachträglich korrigieren zu können, ohne die Luftmenge zu verändern. So entstanden die Deflektoren. Diese bestehen z. B. aus einem Rahmen mit vertikalen und horizontalen Luftleitschaukeln, von denen jede einzelne, unabhängig von der andern, eingestellt werden kann. Bild 21 zeigt die konstruktive Ausbildung und Bild 22 die Wirkung einer Verstellung der Streuung.

d) Verteilung durch Deckenauslässe

Bei Zuluftzuteilung durch Deckenauslässe besteht eine Hauptströmung von oben nach unten. Die Abluft wird an den Wänden wenig über dem Boden oder unter den Sitzen abgesogen. Bilder 23 und 24 zeigen typische Anordnungen. Die Auslassöffnungen nach Bild 25 sind einfach und ergeben ein radiales Ausströmen in der Horizontalebene. Sie lassen keine Veränderung der Luftmenge und der Strömungsrichtung zu. Sie werden heute nur noch selten verwendet, da sich die Luftstromlenkung als unzureichend erweist. Ebenfalls sehr ein-

Tabelle 7. Grösste Austrittsgeschwindigkeiten für Ventilationsluft in m/s

Radiostudio	3	Bureau, Läden	7,5
Kirchen	4	Warenhäuser	7,5
Theater	5	Werkstätten	10
Privatbureau	6		

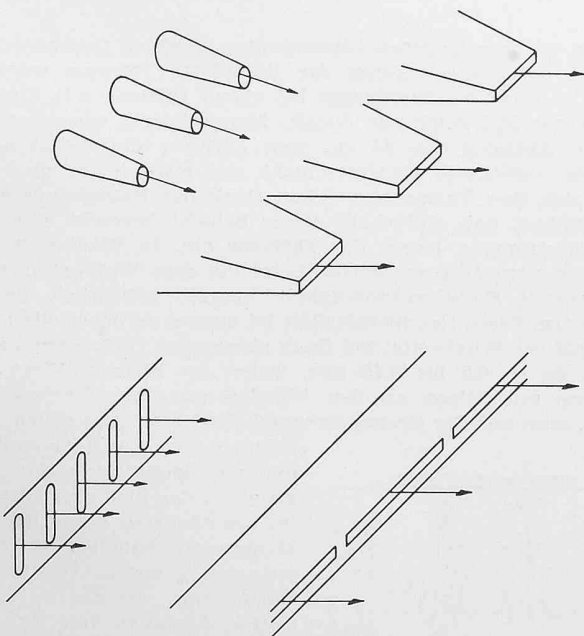


Bild 20. Typische Formen von Luftauslässen.

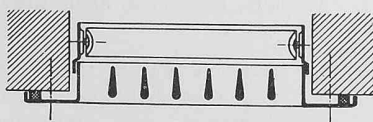


Bild 21. Deflektor-Auslass für einstellbare Strahlrichtung und Streuung, Horizontalschnitt.

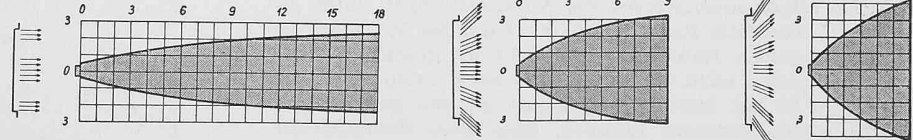


Bild 22. Horizontale Streuung des Zuluftstromes bei verschiedenen Deflektorstellungen.

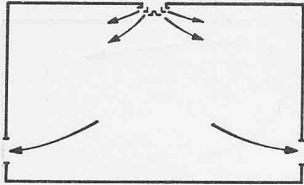


Bild 23. Zuluftverteilung durch Deckenauslass und Abluftabsaugung über Boden (Vertikalschnitt).

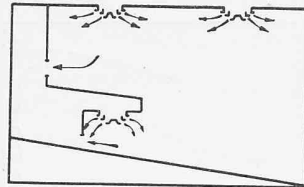


Bild 24. Luftführung in Kinosaal mit Deckenauslässen und Abluftabsaugung unter der Empore.

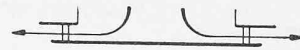


Bild 25. Fester Deckenauslass für radialen Austritt.

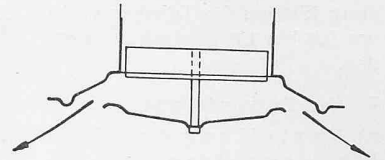


Bild 26. Deckenauslass mit verstellbarem Teller.

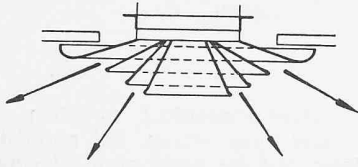


Bild 27. Anemostat für halbkugelförmige Strahlform.



Bild 28. Flacher Diffusor.

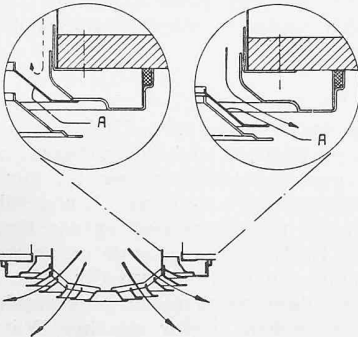


Bild 29. Diffusor mit verstellbarem Ringdeckel A zur Veränderung des Würfradius, links Deckel A zu, rechts offen.

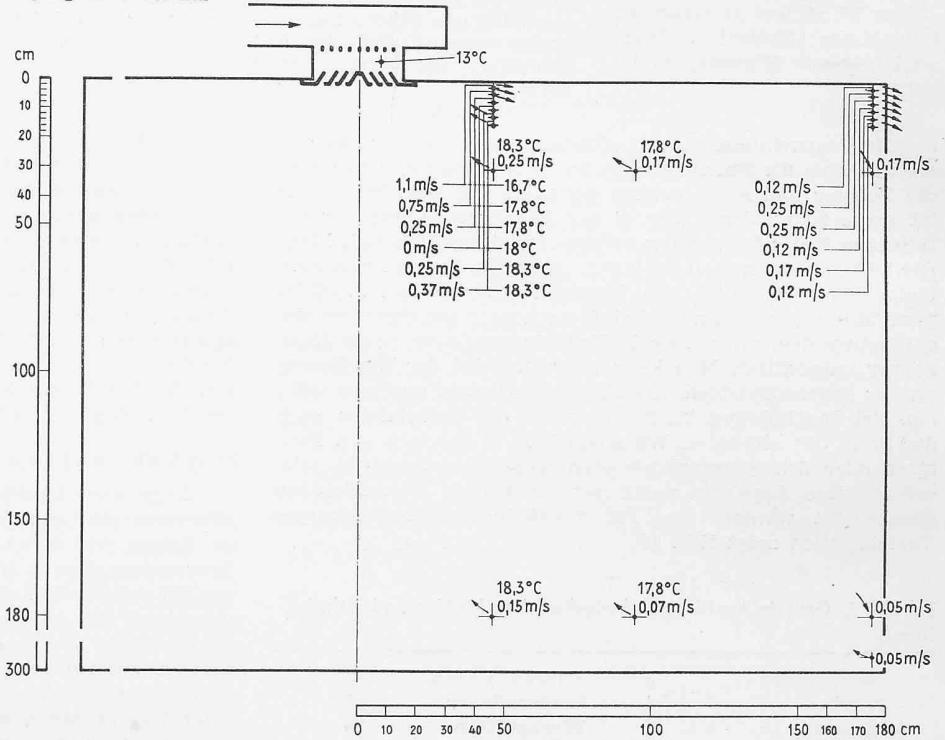


Bild 30. Gemessene Geschwindigkeiten und Temperaturen der Raumluft bei gekühlter Zuluft und flachem Diffusor nach Bild 28.

fach ist die auf Bild 26 dargestellte Form, bei welcher durch Verschieben des Tellers in vertikaler Richtung Streuwinkel und Luftmenge verändert werden können. Um einen grossen Streubereich zu erhalten und einen halbkugelförmigen Raum bestreichen zu können, sind Anemostaten nach Bild 27 entwickelt worden, die aus mehreren koaxialen Kegelflächen von verschiedenem Oeffnungswinkel bestehen. Diese Kegel lassen sich je nach Bedarf verschieden zusammenstellen, so dass die Streuung mehr halbkugelförmig oder flacher verläuft.

Sehr geringe Bauhöhen weisen die flachen Diffusoren nach Bild 28 auf. Sie bestehen aus Ringen von gleichem Profil, die raumseitig flach abgebogen sind. Der Strahl verteilt sich namentlich in der horizontalen Ebene. Eine Weiterentwicklung ist auf Bild 29 dargestellt. Hier können einzelne Ringöffnungen durch vertikal verstellbare Ringe geschlossen oder ganz oder teilweise geöffnet werden.

Hemispär wirkende Deckenauslässe, z. B. solche nach Bild 26, eignen sich insbesondere für Warmluftheizungen verhältnismässig hoher Räume. Hier sollen die Zuluftmenge sehr reichlich und die Zulufttemperatur nur wenig über der Raumtemperatur gewählt werden. Bei Ventilation soll das Ausströmen nach der Seite stärker sein. Zu niedrige Zulufttemperaturen rufen leicht Zugerscheinungen hervor. Bei Luftkühlung sind Auslässe mit flacher Streuung angezeigt, bei denen sich die austretende Zuluft vorerst mit grossen Mengen von Raumluft mischt und nun allmählich nach unten sinkt. Im allgemeinen werden die Abluftöffnungen unten angeordnet. Ebenfalls flache Streuung kann bei Warmluftheizung und geringer Raumhöhe (unter 3,0 m) gewählt werden. Wenn Diffusoren nicht direkt vertikal nach unten ausblasen, saugen sie in der Mitte Sekundärluft an, die sich mit der Zuluft mischt. Versuche ergaben, dass diese Sekundärluftmengen nicht sehr bedeutend sind.

Um sich über die Wirkungsweise der verschiedenen Diffusoren ein Bild machen zu können, sind in einem 3 m hohen

Raum an verschiedenen interessanten Punkten Geschwindigkeiten und Temperaturen der Raumluft gemessen worden. Bild 30 zeigt die Ergebnisse mit einem Diffusor mit flacher Streuung und gekühlter Zuluft. Man erkennt, wie schon in einem Abstand von 45 cm vom Diffusor die radial nach aussen strömende Kaltluftschicht nur etwa 8 cm dick ist und sich ihre Temperatur schon stark der Raumtemperatur angenähert hat. Unterhalb dieser Schicht herrscht eine Sekundärströmung gegen den Diffusor hin. In Wandnähe, rd. 170 cm vom Diffusor entfernt, ist die dem Wurfradius entsprechende End-Geschwindigkeit überall wesentlich unterschritten. Diese Geschwindigkeit ist analog definiert wie beim Begriff der Wurfweite. Bei flach streuenden Diffusoren wählt man sie zu 0,5 bis 0,75 m/s, wobei der kleinere Wert für Räume mit Sitzen an den Wänden gilt; bei Werkstätten kann man mit der Grenzgeschwindigkeit bis 1 m/s gehen. Bei

Räumen über 3 m Höhe rechnet man mit einem Wurfradius, der gleich  $\frac{3}{4}$  der kleinsten Distanz bis zur nächsten Wand ist. Bei kleineren Raumhöhen geht man auf die gesamte verfügbare Entfernung, um das zu frühzeitige Absinken von Kaltluft zu vermeiden. Bei grösseren Räumen mit mehreren Diffusoren dürfen sich die Aktionsbereiche möglichst nicht überschneiden.

e) Perforierte Decken  
Die Luftverteilung durch Doppeldecken mit gelochter

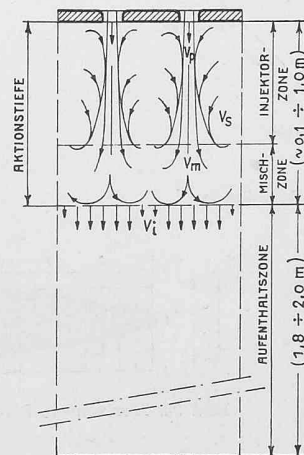


Bild 31. Die drei Zonen bei Zuluft-einführung durch perforierte Decke.

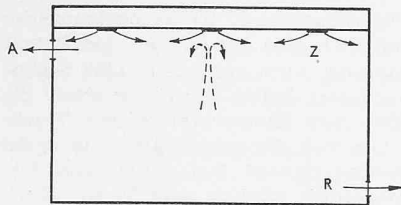


Bild 32. Restaurant mit klimatisierter Zuluft, die durch Deckenauslässe in den Raum austritt. Z Zuluft, gestrichelte Pfeile = Sekundärluft, R Rückluftabsaugung, A Abluftaustritt.

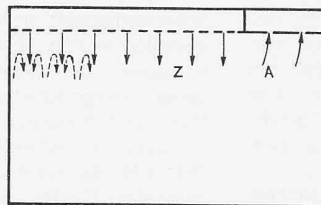


Bild 33. Café mit Luftführung durch die perforierte Decke. Z Zuluft, gestrichelte Pfeile = Sekundärluft (nur teilweise ange-deutet), A Abluft.

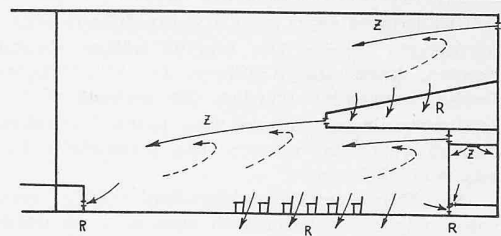


Bild 34. Schema der Luftkühlung in einem Grosskino. Z Zuluft, gestrichelte Pfeile = Sekundärluft, R Rückluft.



Bild 35. Blick in die Gaststube mit Lüftung nach Bild 32.



Bild 36. Café mit Lüftung nach Bild 33.

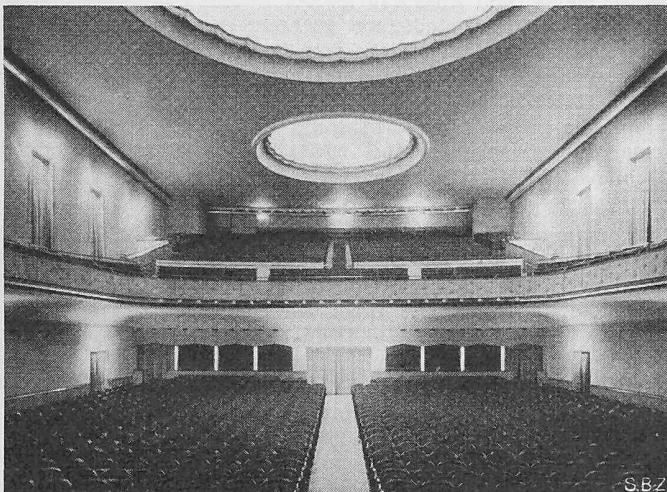


Bild 37. Grosskino mit Lüftung nach Bild 34.

Unterdecke ist ursprünglich in Schweden entwickelt worden. Sie ergibt eine sehr feine, gleichmässige Verteilung der Zuluft und überdies ein einheitliches, ruhiges Bild. Wird die Unterdecke schallschluckend ausgeführt, so lassen sich Geräusche im Raum stark dämpfen.

Man unterscheidet eine Injektionszone, eine Mischzone und eine Aufenthaltszone (Bild 31). In der Injektionszone bestehen geschlossene Luftstrahlen, die durch Injektionswirkung Sekundärluft mit sich reissen. Mit zunehmender Entfernung von der Decke wächst die bewegte Luftmenge, und die Geschwindigkeit nimmt ab. Die Bewegungsgrösse, d. h. das Produkt von Geschwindigkeit und bewegter Luftmasse, bleibt konstant. In der anschliessenden Mischzone lösen sich die Luftstrahlen auf und gehen in eine gleichmässige Vertikalströmung über. Diese herrscht in der Aufenthaltszone. Die Höhen der Zonenbereiche hängen von der Ausblasgeschwindigkeit, dem Lochdurchmesser und der Lochteilung ab. Die massgebenden Beziehungen zwischen diesen Grössen sind durch Versuche ermittelt worden, so dass eine genaue Vorausberechnung möglich ist. Wichtig ist eine genügend grosse Lochteilung, damit viel Sekundärluft zutreten kann und sich in der Mischzone eine Temperatur nahe der Raumtemperatur einstellt. Dazu müssen die Strahlen eine verhältnismässig grosse Bewegungsgrösse aufweisen. Grosse Austrittsgeschwindigkeiten erleichtern auch die Luftverteilung im Zuluftkanal zwischen den beiden Decken und sichern eine hohe Gleichmässigkeit der Strömung im Raum. Die Zuluft muss filtriert sein, damit sich die Löcher nicht verstopfen oder die Strahlen schräg oder ungleich stark austreten.

#### f) Die Induktion

Der eben beschriebene Vorgang der Erzeugung einer Luftumwälzung durch Luftstrahlen, die beträchtliche Mengen Sekundärluft ejakulatorartig mit sich reissen, ist nicht nur bei perforierten Decken von Bedeutung, sondern wird auch z. B. bei Wandauslässen vielfach verwirklicht. Man rechnet in der Praxis mit der Induktionszahl und versteht darunter das Verhältnis der mitgerissenen Sekundärluftmenge zur eingeführten Primärluftmenge. Wo sich die Luft bis ans Ende frei ausbreiten kann, verhalten sich die Mengen umgekehrt wie die Geschwindigkeiten; demnach ist alsdann die Induktionszahl gleich dem Verhältnis der Eintrittsgeschwindigkeit der Primärluft zur Endgeschwindigkeit der Sekundärluft. Sie kann bei geeigneter Führung bis 5 und mehr betragen. Bei einem Raum mit sechsfachem Luftwechsel und der Induktionszahl 5 wird der Rauminhalt stündlich 30mal umgewälzt. Man erhält in solchen Fällen eine sehr intensive Durchmischung der eingeführten konditionierten Luft mit der Raumluft und trotz sparsamer Frischluftzu-teilung ein gut ausgeglichenes, behagliches Raumklima. Insbesondere wird die Bildung von toten Luftzonen vermieden, ebenso bei Kühlung im Sommer Zegerscheinungen und bei Heizung im Winter kalte Boden- und warme Deckenzonen.

#### 8. Ausführungsbeispiele

a) Bei einem Restaurant mit verhältnismässig geringer Raumhöhe (Bilder 32 und 35) sind für die Zuluft Deckenauslässe mit flacher Streuung nach Bild 28 ausgeführt worden, die sich architektonisch gut einfügen. Um den Tabakrauch abzuführen, sind die Abluftöffnungen unter der Decke angebracht, während die Rückluft durch an einer Seitenwand über dem Boden angebrachte Oeffnungen abgesogen und der Frischluft zugemischt wird. Die Anlage ist mit Konditionierung ausgerüstet.

b) Bild 36 zeigt ein Café mit Zuluftzuführung durch eine perforierte Decke. Die hierfür nötige Raumhöhe war vorhanden. Auch zum Abführen der Abluft konnte ein Teil der Decke verwendet werden. Es handelt sich um eine reine Lüftungsanlage, und es sind keine Vorkehrungen für Umluftbetrieb getroffen worden. Die prinzipielle Luftführung geht aus Bild 33 hervor.

c) Für einen Grosskino-Saal wählte man eine Luftführung, wie sie schematisch auf Bild 34 dargestellt ist. Die Primärluft tritt durch Dreiwegdeflektoren an den Rückwänden und an der Brüstung der Empore mit grosser Wurfweite und genügend hoch über der Aufenthaltszone in den Raum aus. Die Sekundärluft strömt mit kleiner Geschwindigkeit in der Aufenthaltszone von vorn nach hinten, trifft also die Zuschauer im Gesicht. Die Logen erhalten die Zuluft durch Deckenauslässe. Für die Rückluft sind Absaugöffnungen hauptsächlich unter den Sitzen sowie an anderen geeigneten Stellen hart über dem Boden angebracht. Der Raum ist aus Bild 37 ersichtlich. Die Luftaustrittöffnungen sind kaum erkenntlich. Es handelt sich um eine Anlage mit Konditionierung der Zuluft.

### 9. Schlussbemerkung

Die technisch zweckmässige und auch wirtschaftlich befriedigende Lösung von klimatechnischen Aufgaben fusst auf der folgerichtigen Anwendung zahlreicher Naturgesetze, auf wissenschaftlicher Forschung und auf systematisch verarbeiteter Erfahrung. Sie setzt ausserdem die Fähigkeit zu konstruktivem Gestalten und zu enger, sinnvoller Zusammenarbeit mit Architekt und Bauherr voraus. Um die gewünschte Wirkung mit Sicherheit zu erzielen, sind umfangreiche technische Einrichtungen erforderlich, und es ergeben sich erhebliche Jahreskosten für Kapitaldienst und Betrieb. Es lohnt sich, in jedem einzelnen Fall den versierten Fachmann schon zu Beginn der Projektierung zuzuziehen, damit die technischen, wirtschaftlichen und ästhetischen Anforderungen sicher erfüllt werden.

## MITTEILUNGEN

**Die Bodensenkung in einem Bergwerkgebiet** kann so grosse Ausmasse annehmen, dass die Entwässerung der Oberfläche sehr schwer zu lösende Probleme darstellt und ausserordentliche bauliche Massnahmen erfordert<sup>1)</sup>. Als Beispiel einer solchen Situation ist auf das Mündungsgebiet der Emscher nördlich von Duisburg, mit einer Fläche von etwa 50 km<sup>2</sup>, hinzuweisen. Der zum Teil mehrere hundert Meter tief liegende Abbau der Ruhrkohle hatte Senkungen der Erdoberfläche bis acht Meter zur Folge, obwohl die ausgebauten Flöze grösstenteils «versetzt», das heisst mit Steinen ausgepackt wurden. Die offenen Gewässer und der Grundwasserspiegel können der Senkung nicht folgen, weil ihre Höhenlage vom Vorfluter, dem Rhein, abhängig ist. Bauten und feste Verkehrswege machen die langsam fortschreitende Bodensenkung dagegen mit, so dass sie ohne den Einsatz geeigneter Gegenmassnahmen überschwemmt würden. Als solche kommen in Betracht: Einfassen der offenen Gewässer mit Dämmen, wobei für die Ueberführung der Verkehrswege entsprechende Zufahrtsrampen erforderlich sind; Hochpumpen des anfallenden Wassers aus Gewässern oder Grundwasserbecken, dem im Hinblick auf die Wassermengen, besonders bei Hochwasser, gewisse Grenzen gesetzt sind; schliesslich Umleiten der Wasserläufe ausserhalb des Senkungsbereiches. Bei Duisburg mussten, dem hohen Ausmass der Bodensenkungen entsprechend, alle drei Vorkehrungen in grossem Umfang und mit erheblichen Aufwendungen getroffen werden. Seit bald 50 Jahren kommen solche Arbeiten auf Grund der Studien und Projekte der Emschergenossenschaft etappenweise zur Ausführung. Gegenwärtig bestehen sieben Pumpwerke mit umfangreichen Nebenanlagen. Dazu wurden die Dämme der Emscher unter Anpassung der Zufahrtsrampen der Strassen- und Bahnübergänge ständig erhöht. Trotzdem musste der Flusslauf schon zweimal umgeleitet werden. Heute gibt es deshalb eine alte, eine mittlere und eine neue Emscher, die letztgenannte mit einer Korrektionslänge von etwa 14 km und bemessen für einen Hochwasserabfluss von 175 m<sup>3</sup>/s. Die Durchführung dieser Flussverlegungen verursachte in dem ausserordentlich dicht besiedelten Ruhrgebiet besondere Schwierigkeiten. Bei der zweiten Em-

scherverlegung mussten beispielsweise 52 Kreuzungsbauwerke erstellt werden, durchschnittlich also alle 270 m eine Bahn-, Strassen- oder Wegüberführung. Auch bei diesen, 1938 begonnenen, ausgedehnten Bauarbeiten haben der Krieg sowie die Vor- und Nachkriegszeiten viele Erschwernisse und Verzögerungen verursacht, so dass sich die ursprünglich auf sechs Jahre in Aussicht genommene Bauzeit fast verdoppelte. Die gesamten Kosten dieser Bauetappe dürften etwa 50 Mio Mark betragen, was ungefähr 3600 Mark/m Flusstrecke ausmacht. Einzelheiten über die technisch interessanten Bauwerke, von denen unter anderem das Mündungsbauwerk der Emscher am Rhein und die unter dem Rheinbett verlegten Ablaufrohre von 2,2 m  $\varnothing$  zu erwähnen sind, veröffentlicht «Das Gas- und Wasserfach» (GWF) vom 15. Januar 1952 mit vielen Bildern. — In diesem Zusammenhang ist auch auf die Auswirkungen der Bodensenkungen auf Kläranlagen, zum Beispiel hinsichtlich der Deformation kreisförmiger Absetzbecken, aufmerksam zu machen. Innerhalb von 15 Jahren hat sich ein solches Becken der Kläranlage «Alte Emscher» um 60 bis 100 cm unregelmässig gesenkt, wobei sich der Durchmesser von 49 m bis um mehr als + 10 cm veränderte (vergl. «Die Wasserwirtschaft» vom Dezember 1951). Da diese Bauten nicht genügend biegungsfest ausgebildet werden können, um solche Formveränderungen zu vermeiden, sucht man die mechanischen Einrichtungen entsprechend beweglich und anpassungsfähig zu konstruieren.

**Der neue Schiffahrtskanal Amsterdam-Rhein.** Jegliche Verbesserung der Schiffahrtsverhältnisse am Rhein und seinen Verbindungen mit grossen Hafenanlagen und mit dem Meer wirkt sich auch für die Schweiz vorteilhaft aus. Der Ausbau der Schiffahrtsstrecke, die Amsterdam mit dem Rhein und dadurch in weitestem Sinne mit seinem Hinterland verbindet, muss deshalb auch uns interessieren. Die Verbesserung dieser Schiffahrtsverbindung besteht darin, dass der bisherige Merwede-Kanal bis Utrecht auf 50 m Wasserspiegellbreite und 4,2 m Tiefe vergrössert und eine neue Fahrrinne mit gleichen Ausmassen für den Verkehr mit 2000-t-Kähnen von Utrecht bis Tiel am Rhein erstellt wurde. Mit diesen Neubauten sind auch die wesentliche Erhöhung der Leistungsfähigkeit der erforderlichen Schleusen und eine Streckenverkürzung von 17 km verbunden. Die 18 m breiten und 350 m langen Schleusen können durch zwei Zwischentore in Kammern von 90, 170 und 260 m Länge unterteilt werden. Bei einer grössten Wasserspiegeldifferenz von etwa 8 m nehmen die Füll- und Entleerungszeiten durchschnittlich nur je 10 Minuten in Anspruch. Die neue Wasserstrasse soll am 21. Mai in Betrieb kommen. Berichte über das beachtenswerte Bauwerk, die sich auf einen Besuch ausländischer Journalisten stützen, finden sich mit Bildern versehen in «Navigation» vom 10. November und in «Strom und See» vom Dezember 1951.

**2. Europäische Werkzeugmaschinen-Ausstellung.** Auf Beschluss des Europäischen Komitees für die Zusammenarbeit der Werkzeugmaschinen-Industrien, dem die Länder Belgien, Deutschland, Frankreich, Holland, Italien, Schweden und die Schweiz angehören, findet die 2. Europäische Werkzeugmaschinen-Ausstellung vom 14. bis 23. Sept. 1952 in Hannover statt. Das gesamte Ausstellungsgelände der Deutschen Messe- und Ausstellungs-AG. in Hannover ist vollständig belegt. 750 Aussteller aus 13 Ländern werden in 8 Hallen mit einer Ausstellungsfläche von 64 000 m<sup>2</sup> ihre Erzeugnisse ausstellen. Die Gesamttonnage der zur Ausstellung angemeldeten Güter beträgt 12 000 t. Die Veranstaltung verspricht somit die grösste Fachausstellung zu werden, die bisher von einer Industriegruppe auf nationaler oder internationaler Grundlage durchgeführt wurde.

**Der Schweizer Heimatschutz** hält seine diesjährige Jahresversammlung am 14. bis 16. Juni im Wallis ab. Treffpunkt ist Sitten. Mit Postauto erreicht die Gesellschaft St-Pierre-de-Clages, wo die romanische Kirche besichtigt wird. Nach Rückkehr nach Sitten wird der Walliser Dichter Maurice Zermatten über Land und Leute seiner engeren Heimat sprechen. Der geschäftliche Teil soll Sonntagvormittag bei schönem Wetter auf Valère, sonst im Casino, erledigt werden, worauf man im Postauto Grimentz, im Val d'Anniviers, einen Besuch abstattet. Für Montag ist die Besichtigung des Stockalperschlosses in Brig und der Gemeinde Ernen vorgesehen. Anmeldungen bis 24. Mai an Schweizer Heimatschutz, Postfach, Zürich 23.

<sup>1)</sup> Vgl. auch die bezügliche Mitteilung auf S. 134 in Nr. 9 dieses Jahrganges.