

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 68 (1950)
Heft: 18

Artikel: Ueber Zyklon-Entstaubung in Reihenschaltung
Autor: Feifel, E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-58011>

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: 03.02.2026

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

die Verfasserin das selbe auch am in technischen Berufen stehenden Fachmann aus Bureau und Werkstätte feststellt. Werkmenschen leben wirklichkeitsverbunden, planmässig auf ein klar gefasstes Ziel hin. Alle ihre Interessen und Kräfte sind auf die Schaffung eines Werkes konzentriert. Sie lassen sich weder durch Misserfolge noch durch Spott von ihrem Werk abbringen. Sie sind zu grösster Hingabe, ja zur Selbstaufgabe fähig (Pestalozzi). Sie bemühen sich um die stete Vervollkommenheit ihrer Arbeit. Sie lassen sich vom Leben nicht unterkriegen. Sie haben wenig Zeit und Lust für die Pflege menschlicher Beziehungen, Mitmenschen spielen eine sekundäre Rolle und interessieren nur, insofern sie als Mittel zur Förderung der eigenen Arbeit dienen können. Die Wertschätzung des andern richtet sich denn auch in erster Linie nach seiner Arbeitsleistung, nicht nach seinen inneren Qualitäten. Diese Werkeinstellung schafft naturgemäss bei Vorgesetzten oft Schwierigkeiten mit seinen Untergebenen und Mitarbeitern. Der Typus des Werkmenschen findet sich in allen Bevölkerungsschichten, in allen Altersstufen, unter beiden Geschlechtern; seine Entwicklung ist durch die weitgehende Technisierung und Industrialisierung stark gefördert worden.

Für den lebensgebundenen Menschen ist nach der Darstellung der Verfasserin das Leben mit seinen Genüssen die Hauptsache. Die Arbeit wird von ihnen als notwendiges Uebel, als langweilige Beilage zum Sein, als ein widriges Müssen empfunden, während für sie die Hauptsache das Leben selber ist; d. h. das Familienleben, das Leben in Gesellschaft, in der Natur, das Leben in seinen geistigen, künstlerischen und religiösen Ausdrucksformen. Das Geniessen dessen, was das Leben an Schönerm, Erbaulichem, Erhebendem bietet, steht im Vordergrund, nicht das Gestalten. Die Werkgebundenen erreichen ihre Ziele durch Arbeit und Macht; sie kommen zu Einfluss, Ehren und Reichtum. Die Lebensgebundenen entwickeln in sich Werte des Gemütes und des Geistes; ihr Weg geht über «soziale Beziehungen», mittels gesellschaftlicher Talente.

Die geschilderten Extremfälle treten glücklicherweise nur selten rein auf; häufiger sind Mischtypen (Goethe, Einstein) mit verschiedensten Abstufungen. Für die Eignung und Bewährung im Berufsleben ist die Unterscheidung der genannten beiden Typen von grösster Bedeutung. Die Verfasserin gibt dafür eine Prüfungsmethode an (Katalogtest), die eine rasche und sichere Feststellung ermöglicht.

Nachsatz der Redaktion. So notwendig und nützlich diese Unterscheidungen und die Feststellung im Einzelfall durch psychotechnische Prüfungen auch immer ist, so darf doch nicht übersehen werden, dass der wirtschaftliche Erfolg nicht der Endzweck und der Mensch mit seinen Arbeitskräften sowie seinen wirtschaftlich wichtigen Qualitäten nicht nur ein hierzu nötiges Hilfsmittel darstellt. Denn schliesslich ist doch die Wirtschaft um des Menschen willen da! Bei der hier durchgeführten Unterscheidung ist die Gefahr gross, von den beiden Typen den werkgebundenen als den wirtschaftlich wertvolleren zu bewerten und ihn «hochzuzüchten», während der lebensgebundene immer mehr aus dem Wirtschaftsleben verdrängt wird. Damit würde sich aber die Wirtschaft selber am meisten schaden — sie hat es vielerorts bereits schon getan! —, denn ebenso sehr wie den Einsatz und die Durchschlagkraft der Werkgebundenen bedarf jede industrielle Arbeitsgemeinschaft auch der ausgleichenden, verbindenden, gemütvoll-warmen Komponenten der Lebensgebundenen, will sie ihren Auftrag sinnvoll und dauerhaft erfüllen. Daher wird sich eine weitsichtige Geschäftsleitung vor allem der Lebensgebundenen, die ihrer Natur nach nicht im ersten Glied stehen, verständnisvoll annehmen.

Ueber Zyklon-Entstaubung in Reihenschaltung

Von Prof. Dr. E. FEIFEL, Wien

DK 621.928.93

Vorbemerkung der Redaktion. Grundsätzliche Ueberlegungen zum Problem der technischen Staubabscheidung hat Ing. Dr. Otto Schärer, Schaffhausen, in Band 124, Seite 53* (29. Juli 1944) veröffentlicht und dabei sowohl den elektrischen Filter als auch den mechanischen Abscheider betrachtet. Ueber eine erfolgreiche und verbreitete Bauart des letztgenannten Systems, den Abscheider von van Tongeren, wurde hier in Bd. 112, S. 78* (13. August 1938) berichtet. Im vorliegenden Aufsatz soll die Frage nach der Zweckmässigkeit einer Hintereinanderschaltung von mechanischen Zyklon-Abscheidern näher geprüft werden.

Eine Gruppe von zwei oder mehr hintereinander geschalteten, trennscharf (selektiv) wirkenden Gasreinigern gleicher oder unter sich verschiedener Bauart und Arbeitsweise ist einem Siebsatz vergleichbar, dessen Siebeffekt durch die Maschenweite des feinsten Siebes bestimmt ist; alle davor liegenden Siebe und Siebungen können nur den Zweck haben, den Siebvorgang zu erleichtern und das Feinstsieb zu entlasten. Es ist zu erwarten, dass sich auch der Gesamtwirkungsgrad einer Gruppe in Reihe geschalteter Zyklone — wenigstens theoretisch — nur nach dem Verhalten des feinstfühligen Gruppenelementes gegenüber dem Rohgas richtet. Ist dieses Verhalten bekannt, so kann sich die Beurteilung einer aus Vor- und Nachfilter bestehenden Gruppe auf die Frage nach den wirtschaftlichen und betrieblichen Vor- und Nachteilen der Reihenschaltung beschränken.

Hierzu seien an Hand des schematischen Bildes 1 als einfachstes Beispiel zwei ähnliche Zyklone mit den ideellen Maschenweiten a_1 und a_2 betrachtet, die je für sich, als Einzelgeräte, auf die Kennlinie eines Rohstaubes (Bild 2) $R = f(a)$ mit den Ausscheidungsgraden η'_{a_1} und η'_{a_2} ansprechen. Sie scheiden dabei mit den Betriebsdrücken h_{e1} bzw. h_{e2} aus dem Staubgehalt der Gasmenge Q bis zu den Grenzkorngrössen a'_1 bzw. a'_2 aus.

In Reihenschaltung dagegen erfordert die gleiche Durchsatzmenge Q den Gesamtdruck $h_{e\text{ ges}} = h_{e1} + h_{e2}$. Der Ausscheidung im ersten Zyklon aus dem Rohstaub bis zur Korngrösse a_1 entspricht der Wirkungsgrad η_{a_1} , der Ausscheidung im zweiten Zyklon aus dem Durchgang D_1 bis zur Korngrösse a_2

¹⁾ Hiermit werden im Abscheidungsbaue die Druckdifferenzen zwischen Gas- und Gasaustritt bezeichnet. Red.

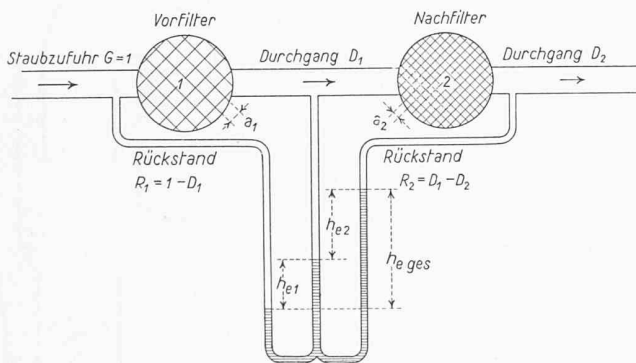


Bild 1. Zwei in Reihe geschaltete Siebe als Sinnbilder trennscharfer Gasreiniger mit den ideellen Maschenweiten a_1 und a_2

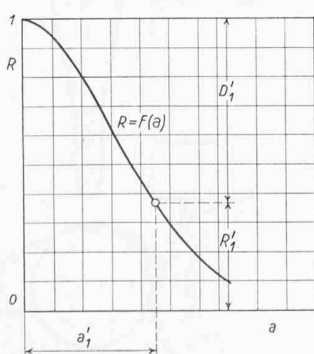


Bild 2a. Die Körnungslinie (Rückstandslinie) $R = f(a)$ ist massgebend für die Beurteilung eines Staubes und der Staubabscheider

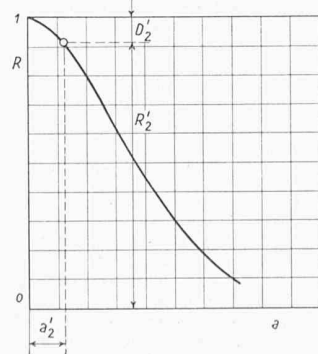


Bild 2b.

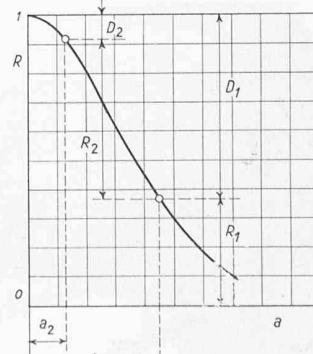


Bild 2c.

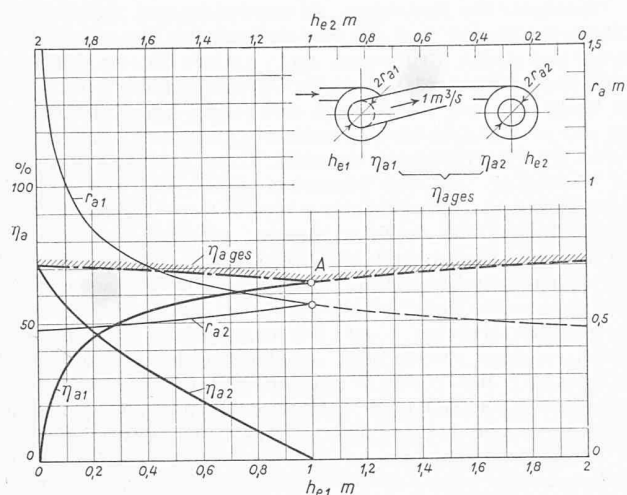


Bild 3. Der Anteil zweier in Reihe geschalteter Zykclone am Gesamtdruckverbrauch bestimmt die Zyklongrösse und den Wirkungsgrad

entspricht der Wirkungsgrad η_{a2} . Der Gesamtwirkungsgrad der Gruppe sei $\eta_{a\text{ ges}}$.

Das Grenzkorn eines Vorfilters kann durch die Nachbehandlung des Durchgangs D_1 in einem Nachfilter selbstverständlich weder positiv noch negativ beeinflusst werden; dies bedeutet

$$a_1 = a'_1; D_1 = D'_1; \eta_{a1} = \eta'_{a1}$$

Ebenso wenig kann aber die reelle oder ideelle Maschenweite eines Nachfilters dadurch geändert werden, dass ein Vorfilter dem Staub alle Fraktionen über a_1 entzieht; es bleibt deshalb $a_2 = a'_2$, und es wird $D_2 = D'_2$ und $\eta_{a\text{ ges}} = \eta'_{a2}$.

Da aber D_1 nur mehr die Fraktionen 0 bis a_1 enthält, unterscheidet sich die Aufgabe des Zykklons 2 als Nachfilter doch wesentlich vom Fall einer unmittelbaren Zufuhr von Rohstaub; auch sein Ausscheidungsgrad η_{a2} als Nachfilter ist wesentlich verschieden vom Wert η'_{a2} des Einzelzyklons. Aus

$$\eta_{a1} = \frac{G - D_1}{G} = 1 - D_1$$

und

$$\eta_{a2} = \frac{D_1 - D_2}{D_1} = 1 - \frac{D_2}{D_1}$$

bzw.

$$\eta_{a\text{ ges}} = \frac{G - D_2}{G} = 1 - D_2$$

folgt

$$(1) \quad 1 - \eta_{a\text{ ges}} = (1 - \eta_{a1})(1 - \eta_{a2})$$

oder auch

$$\eta_{a2} = \frac{\eta_{a\text{ ges}} - \eta_{a1}}{1 - \eta_{a1}} = \frac{\eta'_{a2} - \eta'_{a1}}{1 - \eta'_{a1}}$$

In dem besonderen Falle der Reihenschaltung *identischer*, d. h. ähnlicher, gleich grosser Zykclone ist offenbar

$$h_{e1} = h_{e2} = h_e$$

d. h.

$$h_{e\text{ ges}} = 2 h_e$$

und

$$a_1 = a'_1 = a'_2 = a_2$$

$$\eta'_{a1} = \eta'_{a2}$$

Demnach ist, wie vorausszusehen war

$$\eta_{a2} = 0; \eta_{a\text{ ges}} = \eta_{a1}$$

Die Reihenschaltung identischer Zykclone bringt also keinerlei rechnungsmässigen Gewinn.

Wenn sich bei einem solchen Versuch im zweiten Zyklon doch gelegentliche Staubspuren, also Anzeichen einer Ausscheidewirkung zeigen, so liegt dies daran, dass die geforderte Trennschärfe (Selektivität) der Geräte nicht genau erreicht wird. Es können Staubeilchen dank ihrer Körperform oder sonstiger günstiger Umstände das erste Filter verlassen und im folgenden zufällig weniger günstige Bedingungen antreffen, so wie in zwei Sieben mit gleicher Sollmaschenweite unvermeidlich einzelne Maschen über dem Durchschnitt liegen, und zwar im einen Sieb mehr, im anderen weniger. Ein nennenswerter Gewinn für die Ausscheidung kann aus solchen

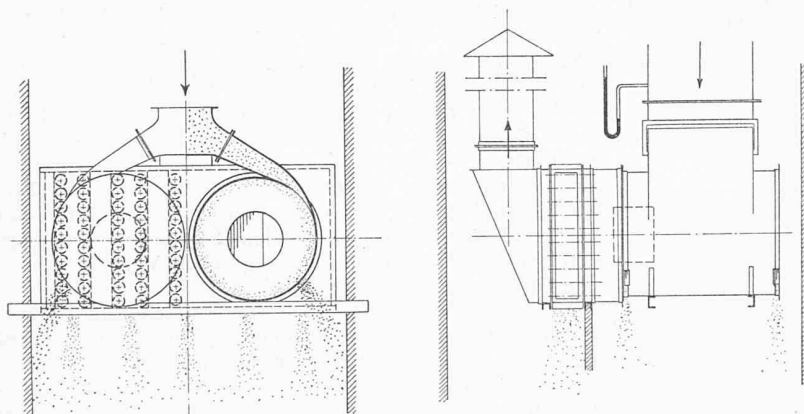
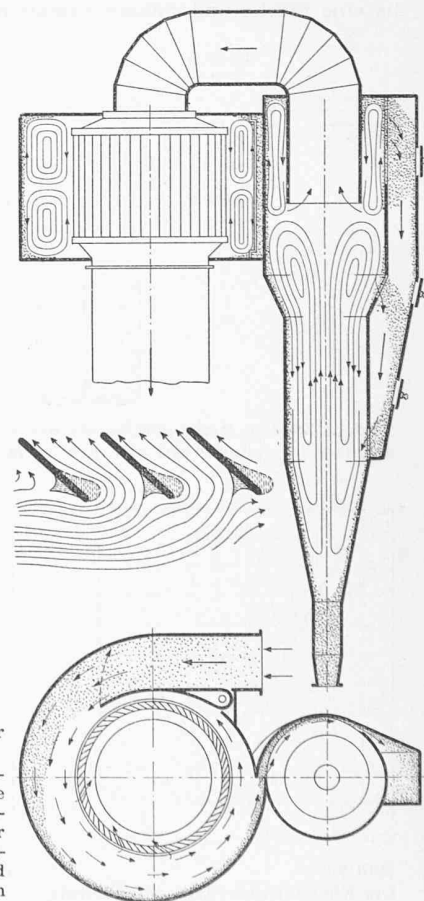
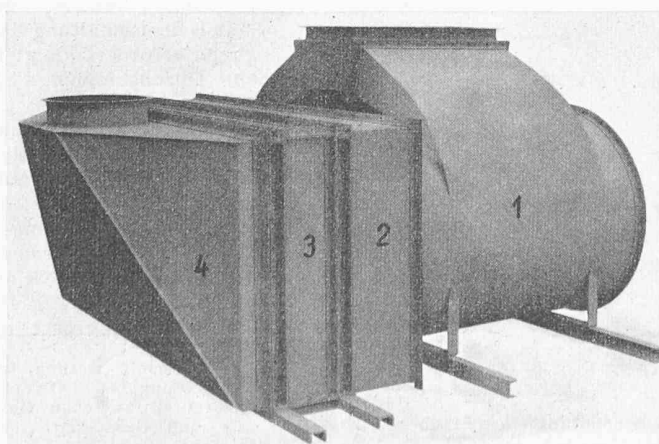


Bild 4. Zykclone in Reihenschaltung, mit Überdruck arbeitend (Wagner-Birò A.-G., Wien und Graz); unten Bild 5 Ansicht



- 1 Zwei Vorzyklone in Parallelschaltung
- 2 Ihre Reingassammelkammer = Einlaufverteilungskammer für 3
- 3 Nachabscheider, bestehend aus 100 Kleinzyklonen in Parallelschaltung (Wirbelsieb nach Feifel)
- 4 Reingassammelkammer

Bild 6 (rechts). Doppelzyklon-Abscheider von Tongeren

Im van Tongeren-Abscheider dient die erste Kammer der Anreicherung, die zweite Kammer der Reinigung eines Teilstroms. Das Detailbild zeigt die Luftströmung um die Umkehrschäufeln

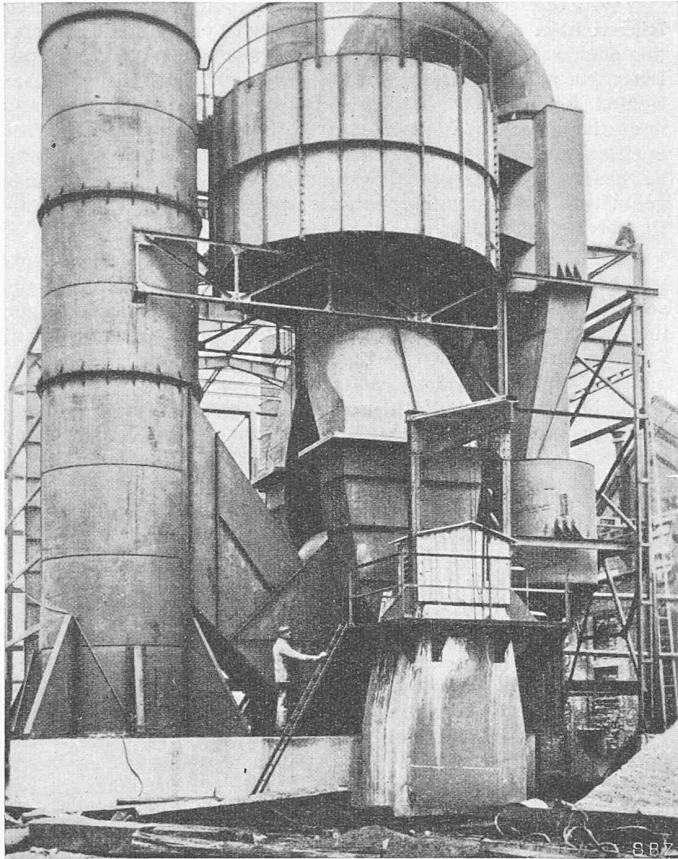


Bild 7. Doppelabscheider von Tongeren, 252 kg/h Staub, Gasdurchsatz 232 000 m³/h, Gesamtstaubungsgrad 87 %

Unregelmässigkeiten kaum erwartet werden. Keinesfalls wird er den Mehraufwand rechtfertigen, den die Nachschaltung eines identischen Zyklons erfordert.

Verschiedene Sperrwirkungen in Reihe geschalteter Zyklone sind selbstverständlich in der Durchflussrichtung steigend zu ordnen und im Falle der Beibehaltung der Ähnlichkeit einfach durch verschiedene Zyklongrösse zu gewinnen. Der allen Zyklonen gemeinsamen Durchsatzmenge Q entsprechen dann, ebenfalls in der Durchflussrichtung steigend, gestufte Druckgefälle h_{e1} , h_{e2} ,

Das weitere ausscheidungsmässige Verhalten der Gruppe und ihrer Elemente wird dann zweckmässig an Hand eines Zahlenbeispiels verfolgt. Ausgehend von der Reihenschaltung zweier identischer «Einheitszyklone» [1] *) für $Q = 1 \text{ m}^3/\text{s}$ bei $h_e = 1 \text{ m}$ Gassäule werde bei gleichbleibender Durchsatzmenge vom gleichbleibenden Gesamtdruck $h_{e \text{ ges}} = 2 \text{ m GS}$ dem Zyklon 1 ein allmählich abnehmender Anteil $h_{e1} \rightarrow 0$, dem Zyklon 2 ein steigender Druck $h_{e2} \rightarrow 2 \text{ m GS}$ zugewiesen.

Der Einfluss einer solchen Massnahme auf die Zyklongrösse — dargestellt durch den Halbmesser r_a des Reingasabzugrohres — und auf die Ausscheidung ist in Bild 3 untersucht und zwar werden Betriebsbedingungen angenommen, die für den Einheitszyklon einen Reingasabzug mit $r_{a1} = r_{a2} = 0,564 \text{ m}$ und eine Ausscheidung aller Teilchen über dem Grenzkorn $a_{\min} = 45 \mu$ ergeben.

Für h_e grösser oder kleiner als 1 m GS durchläuft dann der Halbmesser r_a Werte gemäss [1]

$$(2) \quad r_a \sim h_e^{-1/4}$$

das Grenzkorn aber unter der Annahme des Stokesschen Kugelfallgesetzes Werte gemäss

$$(3) \quad a_{\min} \sim h_e^{-3/8}$$

Den Uebergang von a_{\min} zu den Ausscheidungsgraden η_a vermittelt schliesslich noch eine graphisch oder analytisch vorgelegte Kornverteilung des Staubes, also z. B. die Kenngleichung [2]

*) Die Zahlen in eckigen Klammern beziehen sich auf das Literaturverzeichnis am Schluss des Aufsatzes.

$$R \text{ bzw. } \eta_a = f(a) = 100 e^{-x a^y} \\ = 100 e^{-0,01 a \text{ min}}$$

(4) mit R bzw. η_a in % und a_{\min} in Mikron.

Von Punkt A (identische Zyklone; $h_{e1} = h_{e2} = 1 \text{ m GS}$) ausgehend, wird die Verschlechterung von η_{a1} bei abnehmendem h_{e1} zwar durch eine rasche Verbesserung von η_{a2} mehr als ausgeglichen, so dass gemäss Gl. (1) der Gesamtwirkungsgrad $\eta_{a \text{ ges}}$ zunimmt. Dieser Vorteil muss aber durch eine rasche Vergrösserung des Zyklons 1 erkauft werden, die nur teilweise durch eine Verkleinerung des Zyklons 2 ausgeglichen wird.

Der Einheitszyklon — ein ideales Vergleichsgerät — wäre in seiner Verwirklung ein Grosszyklon mit kaum annehmbaren niedrigen Ausscheidungsgraden selbst unter so günstigen Körnungsbedingungen wie jene der Gl. (4). Die Reihenschaltung von Kleinzyklonen rückt die Frage wohl in den Bereich höherer Wirkungsgrade, ohne an dem rechnungsmässigen Ergebnis grundsätzlich etwas zu ändern. Dieses Ergebnis wird vollends eindeutig, wenn die Untersuchung auf das Gebiet $h_{e1} > h_{e2}$ ausgedehnt wird. Hier verliert der Zyklon 2 mit $\eta_{a2} = 0$ zweifellos seine Daseinsberechtigung. Der Ausscheidungsgrad des Zyklons 1 aber durchläuft allein schon die gleichen Werte wie $\eta_{a \text{ ges}}$ der Reihenschaltung, wobei gleichzeitig noch der Halbmesser r_{a1} , d. h. die Zyklonabmessungen abnehmen.

Wenn somit die eingangs gestellte Frage nach der Zweckmässigkeit einer Reihenschaltung von Zyklonen im allgemeinen verneint werden muss, kann es unter gewissen praktischen Betriebsbedingungen doch ratsam erscheinen, die Aufgabe in eine Vor- und Nachreinigung aufzulösen (Bilder 4 und 5). Einige dieser Sonderfälle seien noch kurz gestreift.

1. Zunehmender Staubgehalt des Gases kann die Voraussetzung aller vorstehenden Betrachtungen, das geordnete Strömungsbild der Wirbelsenke, gefährden oder vereiteln. Es ist eine bekannte, keineswegs als Vorteil zu deutende Tatsache, dass der Widerstand eines zunächst mit reinem Gas betriebenen Zyklons bei Staubzugabe sinkt. Dies erlaubt nur den Schluss, dass erhöhte Reibungseinflüsse das staubgeladene Gas von den Bahnen des Gesetzes $c_d r = \text{konstant}$ [3] ablenken und zum Schaden des Fliehkraftfeldes und der Ausscheidung auf bequemeren Wegen zu rasch nach der Mitte abführen.

Die Erscheinung macht sich allerdings zunächst nur zögernd bemerkbar, so zwar, dass gute Zyklone in den üblichen praktischen Grenzen gegen Aenderungen des Staubgehalts als ziemlich unempfindlich gelten dürfen. Wenn aber vereinzelt, z. B. im Zusammenhang mit Aufgaben der pneumatischen Förderung, Staubbichten von 50 g/m^3 bis zu 500 g/m^3 und mehr auftreten und dem Gas möglichst restlos zu entziehen sind, so ist eine Vorreinigung irgendwelcher Art, z. B. also ein grösserer Zyklon vor dem eigentlichen Feinreiniger im oben behandelten Sinne, kaum zu umgehen.

2. Bei den vorstehenden Betrachtungen konnte die Frage nach der Reichweite der Körnungslinie in das Grobkorngebiet stets mit der Annahme als erledigt gelten, dass jedes über a_{\min} liegende Korn, einmal ins Fliehkraftfeld der Schleuderkammer eingetreten, auch ordnungsmässig ausgeschieden werde. Tatsächlich können aber doch, sei es aus dem normalen Staubbildungsprozess oder anderen Ursprungs, z. B. aus Ablagerungen in den Rohrleitungen, auch Teilchen in die Kammer getragen werden und dort verbleiben, deren Grösse über die Lichtweite von Staubaustragöffnungen oder deren Masse über die Schleppfähigkeit der Umlaufströmung vor der Austragstelle hinausgeht.

Solche Teilchen können zwar in günstigen Fällen in einem Staubkarussell über dem Kammerboden allmählich zermahlen werden und schliesslich ihren Bestimmungsort, den Absetzraum erreichen. Immer aber bilden sie durch ihre Neigung und Fähigkeit, Austragöffnungen zu verstopfen, eine erhebliche Gefahr für die Betriebssicherheit der Kammer, umso mehr, je kleiner diese an sich ist, im besonderen also bei den kleinen Zellen der Wirbelsiebe. Es liegt hierin übrigens einer der Gründe, die einer beliebig weitgehenden Unterteilung einer Gasmenge auf viele parallelgeschaltete kleine Zyklone entgegenstehen können.

Gegen vereinzelt auftretendes Grobgut werden Vorkehrungen einfachster Art, z. B. Schutzsiebe vor den Zyklonen

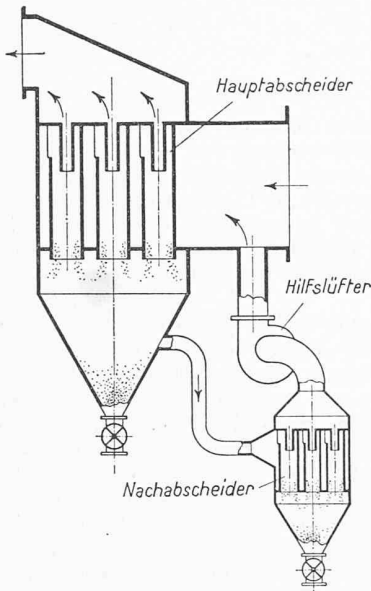


Bild 8. Im Duplex-Collector (Prat Daniel Corp.) regelt ein Hilfsflüster den Unterdruck im Staubsammelraum des Hauptabscheiders: ein Nachabscheider hält die Staubreuegabe aus dem Teilstrom in den Rohgaseintritt des Hauptabscheiders in zulässigen Grenzen

kann aber selbstverständlich auch auf einen Zyklon, im ganzen also auf eine Anordnung nach Bild 1 fallen.

3. Die eben erwähnten Bedingungen können über die Leistungsfähigkeit des Fliehkraftfeldes bei wirtschaftlich vertretbarem Aufwand hinausgehen. Beispielsweise gelten in manchen staubbildenden Gewerben gerade die allerfeinsten Beimengungen der Atemluft als besonders gesundheitsschädlich. Andererseits ist zwecks Ersparnis an Heizungskosten zu erwägen, ob nicht warme abgesaugte und gefilterte Luft wieder in die Arbeitsräume zurückzuführen sei; eine solche Schaltungsweise ist nicht unbedenklich, da sie eine sehr weitgehende Entstaubung voraussetzt. Um sie zu erreichen, kann dem Zyklon zumeist nur die Rolle eines Vorreinigers, einer Entlastung des feinfühligere Nachreinigers zufallen.

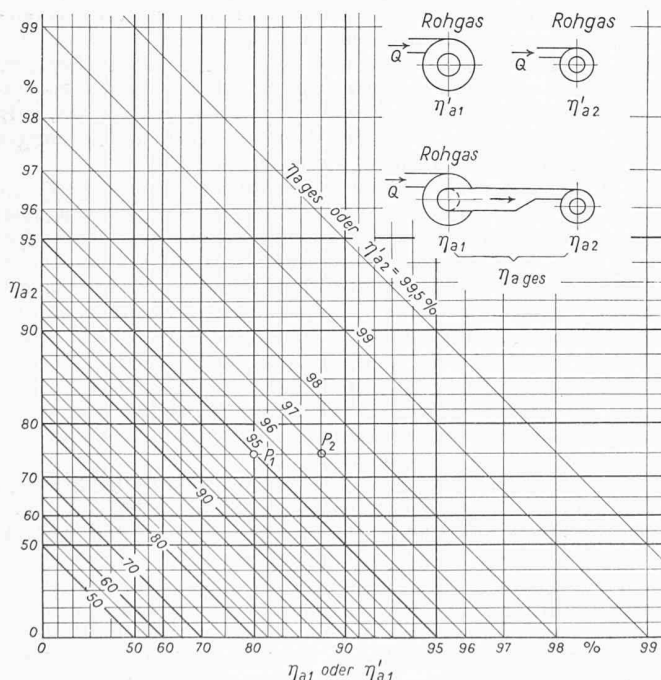


Bild 9. Nomographische Darstellung der Gleichung

$$\eta_{a2} = \frac{\eta_{a \text{ ges.}} - \eta_{a1}}{1 - \eta_{a1}} = \frac{\eta'_{a2} - \eta'_{a1}}{1 - \eta'_{a1}}$$

oder

$$(1 - \eta_{a \text{ ges.}}) = (1 - \eta_{a1}) (1 - \eta_{a2})$$

oder ein scharfer Richtungswechsel in der Rohgaszufuhr hinreichenden Schutz bieten. Anders in den Entstaubungsanlagen der Holz- oder Lederindustrie, bei der Hadern- oder Müllverarbeitung oder auf ähnlichen Gebieten. Hier fällt laufend ein Ausscheidungsgut ungleichartiger Zusammensetzung an, dessen extreme Bestandteile, z. B. Mehl und Späne, zudem in der Regel einzeln weiterbehandelt, also zweckmässig auch schon getrennt gesammelt werden.

Für solche Aufgaben der Vorsicht kommt neben der einfachen Absetzkammer, neben Prallflächen u. a. auch der vorgeschaltete Zyklon zur Geltung. Die Wahl des Nachfilters bleibt an sich frei, bzw. den Bedingungen des Einzelfalles anzupassen,

Wie die Forderungen des Gesundheitsschutzes können Rücksichten auf staubgefährdete Kraft- und Arbeitsmaschinen oder auf Erzeugnisse der chemischen und Nahrungsmittel-Industrie zu Entstaubungsgraden zwingen, die über den dem Zyklon naturgemäss gezogenen Grenzen liegen. Die Frage nach der zweckmässigsten Gasreinigung, die bei der Vielfalt der Beachtung heischenden Faktoren an sich schon schwierig zu beantworten ist, wird dann durch die Alternative einer gestuften Ausscheidung vollends zu einer Aufgabe sorgfältigster Ueberlegung.

Dem Zyklon als Vorfilter vor einem Feinfilter irgendwelcher Bauart kann dabei, je nach seinem Anteil am gesamten Druckverbrauch der Gruppe, ein mehr oder weniger umfangreiches Gebiet der Körnungslinie zugewiesen werden. Meist aber wird auch der Zyklon als Alleinfilter, indem ihm als Druckverbrauch der Gesamtdruck der Gruppe zugewiesen wird, in die engere Wahl gehören, nachdem sein Ausscheidungsgrad im Wirbelsieb, d. h. in der Gruppe vieler parallelgeschalteter kleiner Zyklone, auch im Feinkorngebiet und bei grossen Durchsatzmengen beachtlich hohe Werte erreicht [4].

4. Eine Sonderstellung nehmen Anordnungen nach Bild 6 ein; die in zahlreichen baulichen Abwandlungen weit verbreitet sind. Ihre Schaltungsart ist nicht als Stufenentstaubung im Sinne von Bild 1 anzusprechen, wenn auch ihre beiden Schleuderkammern üblicherweise als Vor- und Nachabscheider bezeichnet werden. Der Rohgasstrom Q soll auf seinem Weg durch die erste Kammer eine möglichst weitgehende Verlagerung seiner Staubaft an den Kammerumfang erfahren. Von einer Abschälstelle dieses Umfangs aus wird der zweiten Schleuderkammer ein mit Staub stark angereicherter Teilstrom $q < Q$ zugeführt, während der restliche Gasanteil, der Hauptstrom $Q - q$, die Primärkammer einstufig entstaubt unmittelbar verlässt. Die zweite Schleuderkammer erhält also kein vorgereinigtes, sondern im Gegenteil mit Ausscheidungsgut angereichertes Gas.

Ueber den Beitrag beider Zyklone zum Gesamtwirkungsgrad einer solchen Anordnung sind bislang leider keine Messungen bekannt geworden; eine rechnerische Klärung ist besonders dann kaum zu erhoffen, wenn durch Regelorgane die Gaszufuhr Q oder das Verhältnis q/Q geändert wird. Grundsätzlich ist aber festzustellen, dass die aus dem grossen Zyklon unmittelbar in den Hauptstrom des Reingases entführten Teilchen durch einen Hilfszyklon mit selbst hundertprozentiger Ausscheidung nicht mehr erfasst werden könnten. Der Gesamtausscheidungsgrad der Anordnung bleibt also im wesentlichen von der Wirksamkeit des Grosszyklons abhängig, der naturgemäss unter jenem einer Kleinzyklongruppe in Parallelschaltung liegt.

Die echte Reihenschaltung nach dem Schema von Bild 1 ist übrigens auch dort zu vermissen, wo ein Teilstrom statt aus der primären Schleuderkammer aus dem Staubsammelraum abgezweigt und einem Nachabscheider zugeleitet wird (vgl. Bild 8), aus dem er weiterhin entweder in die Rohgaszufuhr des Hauptabscheiders zurück oder unmittelbar in dessen Reingasabzug gelangt. Dies trifft z. B. in den mehr und mehr zur Geltung kommenden Gruppenfiltern [4] zu, deren Bunkerdruck durch Absaugen gesenkt werden muss, um ein kräftiges Druckgefälle aus den primären Schleuderkammern zum gemeinsamen Staubsammelraum zu schaffen und den eindeutigen Staubaustrag aus allen parallelgeschalteten Zyklonen in diesen Raum zu sichern. Der positive oder negative Einfluss einer solchen Massnahme auf den Gesamtwirkungsgrad ist nur versuchsässig zu bestimmen; schon der vom Teilstrom dem Staubbunker entzogene Staubanteil ist völlig unbestimmt.

5. Für den Fall einer Reihenschaltung mit $Q_2 = Q_1 = Q$ nach dem Schema von Bild 1 ist die Gl. (1) massgebend, deren zeichnerische Auswertung im Nomogramm, Bild 9, vorliegt, wobei zwei einzeln oder in Reihe arbeitende Reiniger durch die Sinnbilder verschieden grosser Zyklone dargestellt sind.

Ablesebeispiel I: Zwei Zyklone, die je für sich die Durchsatzmenge Q bei den Betriebsdrücken h_{e1} bzw. h_{e2} mit den Ausscheidungsgraden $\eta'_{a1} = 80\%$ bzw. $\eta'_{a2} = 95\%$ reinigen, zeigen für die gleiche Gasmenge Q in Reihe geschaltet einen Druckverbrauch $h_{e \text{ ges.}} = h_{e1} + h_{e2}$ und einen Gesamtausscheidungsgrad $\eta_{a \text{ ges.}} = \eta'_{a2} = 95\%$. Dabei entzieht der zweite Zyklon nach $\eta_{a2} = 75\%$ des Durchgangs D_1 des ersten Zyklons (Punkt P_1).

Mangels eines ausscheidungsmässigen Gewinns wäre der erhöhte Druckaufwand der Reihenschaltung offenbar nur durch gewisse betriebliche Vorteile im Sinne obiger Ausführungen unter 1. bis 3. zu rechtfertigen.

Ablesebeispiel II: Der Gesamtentstaubungsgrad zweier hintereinander liegender Zyklone, von denen der erste aus dem Rohgas $\eta_{a1} = 88\%$, der zweite aus dem Durchgang D_1 noch $\eta_{a2} = 75\%$ herausholt, ist $\eta_{a\text{ ges}} = 97\%$ (Punkt P_2).

Literaturverzeichnis

- [1] E. Feifel: «Zyklonentstaubung. Der Zyklon als Wirbelsenke.» Forsch. Ing. Wes. Bd. 9 (1938), S. 68 bis 81.
- [2] E. Feifel: «Zyklonentstaubung. Körnungslinie und Ausscheidungsgrad.» Forsch. Ing. Wes. Bd. 15 (1944), S. 46 bis 52.
- [3] E. Feifel: «Zyklonentstaubung. Die ideale Wirbelsenke und ihre Näherung.» Forsch. Ing. Wes. Bd. 10 (1939) S. 212 bis 219.
- [4] E. Feifel: «Zyklonentstaubung.» Z. Masch. Bau u. Wärmewirtschaft, 1. Jg. (1946), S. 36 bis 41.
- [5] E. Feifel: «Wege zum Entstaubungsgrossgerät.» Radex-Rundschau (1949), Heft 3, S. 88 bis 104.

MITTEILUNGEN

Das USA-Baujahr 1949 ist zusammenfassend geschildert in der Sondernummer des «Eng. News-Record» vom 23. März. Das Bauvolumen der USA hat im abgelaufenen Jahr hinsichtlich Bausumme eine Rekordhöhe erreicht und ist gegenüber 1948 um 3% gewachsen. Da der unerledigte Auftragsbestand zu Beginn des Jahres 1950 die gewaltige Summe von 47 Bio \$ ausmachte, bestehen auch für das laufende Jahr gute Aussichten für fortschreitende Entwicklung. Im Jahre 1949 wurden beispielsweise 165 000 Mehrfamilien- und 1 023 000 Einfamilienhäuser erstellt. Die Verwendung von Beton-Fertigelementen im Hausbau hat zugenommen, ebenso diejenige von Aluminium-Aussenwänden im Industriebau. Die Strassenbaukosten sind im vergangenen Jahre trotz steigenden Löhnen im Mittel um etwa 10% gefallen. Der Bau von Brücken mittlerer Spannweite hat gegenüber 1948 um etwa 20% zugenommen, mit steigender Tendenz zur Normalisierung. Im Eisenbrückenbau hat die Schweissung vermehrte Verwendung gefunden. Der Flugplatzbau blieb mit nur 100 Mio \$ stark hinter den Erwartungen zurück, dafür erreichten Wasserversorgungs- und Kläranlagebauten zusammen 484 Mio \$. Einen noch bedeutenderen Betrag und damit einen neuen Rekord erreichte der Bau von Wasserkraftanlagen. Beim Erddamm-bau zeichnete sich die Tendenz ab, der pneumatischen Komprimierung vor den Schaffuss-Walzen den Vorzug zu geben. Bei steigenden Löhnen, stabilen Stahl- und Zementansätzen und stark gefallen Holzpreisen blieb der Gesamt-Baukostenindex während des vergangenen Jahres angenähert konstant.

Undicht gewordene bituminöse Kellerdichtungen schildert Baumeister K. Lufsky in «Bauplanung und Bautechnik» 1950, Nr. 2. Ein angeführtes, typisches Beispiel betrifft einen Keller von etwa 10×10 m Grundriss, 1,20 m in das Grundwasser eintauchend, mit dreilagiger bituminöser Abdichtung und 25 cm starker äusserer Schutzmauerung; alle Arbeiten erwiesenermassen sorgfältig ausgeführt. Nach anderthalb Jahren zeigten sich unversehens Feuchtigkeitserscheinungen im Kellerinnern, die rasch zunahmen und den Raum unbenutzbar machten. Beim Freilegen der Isolierung zeigte sich, dass sich diese von der Schutzmauerung gelöst hatte, unter Bildung eines 6 mm breiten Spaltes. Wie angestellte Ueberlegungen und Berechnungen zeigten, kann der entstandene, gefährliche Spalt nur durch das übermässige Schwinden der mit hochwertigem Zement hergestellten und künstlich getrockneten Stahlbeton-Bodenplatte erklärt werden. Die erforderlichen Nachdichtungsarbeiten kosteten dann mehr als seinerzeit der Neubau. Aus dem zitierten und ähnlichen Beispielen ergibt sich, dass darauf geachtet werden sollte, für abgedichtete Kellerbodenplatten nur Beton mit geringem Schwindmass zu verwenden.

Wärmepumpanlage der Weberei Weber & Co., A.-G., Aarburg. Die in zwei Etappen von der Firma Gebr. Sulzer, A.-G., Winterthur, in den Jahren 1947 bis 1949 erstellte Anlage benützt als Wärmequelle einen Teil des Wassers des Werkkanals zur Turbinenanlage, das um 1 bis 2°C abgekühlt wird; sie versorgt zwei neue Sulzer-Klimaanlagen sowie die Lufterhitzer für die Raumheizung. Bei einer Maximalleistung der Wärmepumpen von 270 000 kcal/h, die rund

der Hälfte des Höchstbedarfes entspricht, können rund 90% des jährlichen Wärmebedarfes gedeckt werden. Die nur kurzzeitigen Bedarfsspitzen werden zur Hauptsache von einem ölgefeuerten Heizkessel geliefert. Die Kompressoren sind mit stufenloser Staudüsen-Regelung ausgerüstet. Eine Beschreibung findet sich in der «Technischen Rundschau Sulzer» 1950, Nr. 1.

Flughafen Zürich-Kloten. Für die aus Bauteuerung, Projektanpassungen und nicht voraussehbaren Arbeiten entstandenen und zur Fertigstellung notwendigen Mehrkosten wird das Zürchervolk, wenn es dem Kantonsrat und der Regierung folgt, morgen einen zusätzlichen Kredit von 18,7 Mio Fr. und für die Mehrkosten der Randzonen-Meliorationen einen Nachtragskredit von 0,5 Mio Fr., zusammen 19,2 Mio Fr. bewilligen. Während das Projekt 1945 (siehe SBZ Bd. 126, S. 284*) zu 59,5 Mio Fr. veranschlagt war, ist heute für die fast vollendete Anlage mit 84,2 Mio Fr. Gesamtkosten zu rechnen, wovon 31,66% (abgesehen von den Kosten des Landerwerbs) vom Bunde getragen werden. Nicht inbegriffen in allem obenstehenden sind die durch die Flughafen-Immobilien-Gesellschaft errichteten (Werft, Hangar usw.) und geplanten Bauten (Aufnahmegebäude).

Das Lastrohrfloss wird von seinem Erfinder unter der Bezeichnung «Westphal-Floss» — eine treffende Bezeichnung ist auch «Schwimmender Container» — in «Stahl und Eisen» 1950 Nr. 3, mit aller Gründlichkeit beschrieben. Seine in der SBZ 1949, Nr. 33, S. 450, bereits aufgezählten Vorteile werden an Hand von Zeichnungen und Diagrammen ausführlich erläutert, und Photos belegen, dass schon Probe-Ausführungen in einem Umfang vorliegen, der praktische Erfahrungen vermitteln kann. Westphal erwartet von seiner Erfindung eine durchgreifende Rationalisierung des Massengutverkehrs.

Die Bemessung von Stollenauskleidungen bei Gebirgsdruck ist Gegenstand einer eingehenden Studie von Dr. Ing. H. Kastner in Nr. 3 der «Oesterr. Bauzeitschrift». Es wird darin erneut grosses Gewicht auf möglichst sattes Anmauern an den Fels gelegt und die Anwendung von Zementinjektionen nicht nur im Wasserstollenbau, sondern auch im allgemeinen Tunnelbau empfohlen. Aus der Studie geht klar der grosse Vorteil des kreisförmigen Profils gegenüber Hufeisen-Querschnitten hervor.

Grosszügige Korrektionsmassnahmen in Rio de Janeiro. Die geplante Abtragung des 64 m hohen Hügels Santo Antonio in Rio de Janeiro ist in «Eng. News-Record» vom 16. März kurz geschildert. An seiner Stelle sollen u. a. Hauptverkehrsstrassen, ein zwölfstöckiges Apartmenthouse von 800 m Länge sowie zwölf dreissigstöckige Geschäftshäuser erstellt werden, während die 5 000 000 m³ Abtragmaterial für Quaiverbreiterungen Verwendung finden werden.

Der Schweizer Heimatschutz hält sein Jahresbott vom 20. bis 22. Mai im Tessin ab, wo er am Sonntag in einem feierlichen Akt auf den Inseln von Brissago sein Miteigentum an dieser Kostbarkeit bekräftigt. Am Montag finden kunstgeschichtliche Besichtigungen im Mendrisiotto statt.

Persönliches. Dr. H. Favre, Professor für Mechanik an der ETH, wurde durch die Universität von Poitiers anlässlich ihrer Descartes-Feier mit der Würde eines Dr. h. c. ausgezeichnet.

NEKROLOGE

† **Georg Stamm**, Dipl. Arch., G. E. P., von Basel, geb. am 6. Juni 1866, Eidg. Polytechnikum 1883 bis 1887, Teilhaber der Firma Gebrüder Stamm, Baugeschäft in Basel, ist am 21. März in Nieder-Teufen (AR) gestorben.

† **Robert Specker**, Dipl. Masch.-Ing., G. E. P., von Zürich, geb. am 24. Mai 1918, ETH 1937 bis 1941, seither bei Gebr. Sulzer, ist am 23. April durch den Tod von langem Leiden erlöst worden.

WETTBEWERBE

Sekundarschulhaus mit Turnhalle in Winterthur-Wülflingen. Projektwettbewerb. Zugelassen sind alle seit mindestens 1. Januar 1947 in Winterthur niedergelassenen Architekten schweizerischer Nationalität, sowie die dort heimatberechtigten. Architekten im Preisgericht: R. Landolt, Zürich, M. E. Haefeli, Zürich, A. Oeschger, Zürich, A. Reinhart, Stadt-