

Eigenschaftsbild und Auswahlkriterien beim Einsatz von Kunststoffen in der Lüftungstechnik

Originalbericht in: „Trovidur Informationen, Heft 20, Mai/Juni 1977“

Autor: Ing. (grad.) Rudolf Schommer *)

Auswahlkriterien beim Einsatz von Kunststoffen

Allgemeine Betrachtung

Heute sind Kunststoffe auf allen Gebieten der Technik als Konstruktionswerkstoffe gebräuchlich und für viele Anwendungsfälle nicht mehr wegzudenken. Ursache ist für diese Entwicklung neben den guten chemischen Beständigkeiten die gute Verarbeitbarkeit, die hohe erreichbare spezifische Festigkeit als Quotient aus Festigkeit und Dichte, das geringe Gewicht und je nach Anwendungsfall niedrige Gesteigungskosten.

Man unterscheidet zwischen Duroplasten und Thermoplasten

Duroplaste

Für Großkonstruktionen im Behälter- und Apparatebau werden heute bei hohen Anforderungen an die mechanische und thermische Belastbarkeit glasfaserverstärkte Kunststoffe eingesetzt. Sie werden entweder allein, wenn die chemische Beständigkeit es erlaubt, oder im Verbund mit thermoplastischen Kunststoffen verwendet.

Bei diesen Duroplasten handelt es sich um räumlich vernetzte Makromoleküle, die bei der Polyveresterung entstehen. Die Härtung wird mit Katalysatoren und Beschleunigern eingeleitet. Es kann ohne Druck und Temperatur gearbeitet werden; daher sind vielseitige Verarbeitungsverfahren und Einsatzmöglichkeiten gegeben. Die Verstärkung erfolgt am gebräuchlichsten mit Glasfasern, Matten, Geweben, Rovings, Vliesen usw.

Im ausgehärteten Zustand sind Duroplaste nicht ein zweitesmal plastisch formbar. Daraus ergibt sich eine hohe Formbeständigkeit in der Wärme. Sie sind nicht schweißbar, nur schwach quellbar und unlöslich.

Für weniger hohe Mediumkonzentrationen werden ungesättigte Polyesterharze (UP-Harze) eingesetzt.

Epoxidharze (EP-Harze) besitzen eine höhere Chemikalienbeständigkeit und Wärmebeständigkeit.

Vielfach ist es jedoch erforderlich, daß UP- oder EP-Harze mit Glasfaserverstärkung nicht ohne Schutzschicht verwendet werden können. Bei diesen Anwendungsfällen setzt man Verbundkonstruktionen mit Thermoplasten ein.

*) Vortrag zur VDI-Tagung „Kunststoffe in der Lüftungs- und Klimatechnik für Industrie- und Hochbau“ am 25. November 1976 in Stuttgart.

Thermoplaste

Thermoplaste werden aus fadenförmigen Makromolekülen aufgebaut, die in der Wärme gegeneinander beweglich und in diesem Zustand formbar sind. Je nach Ordnungszahl der Molekülketten unterscheidet man zwischen amorphen und teilkristallinen Kunststoffen. Thermoplaste sind teilweise schmelzbar, schweißbar, quellbar und zum größten Teil löslich. Sie haben im allgemeinen den Vorzug hoher chemischer Beständigkeit gegen aggressive Medien, sind jedoch in ihrer mechanischen und thermischen Belastbarkeit bestimmten Grenzen unterworfen. Am gebräuchlichsten im Apparate- und Anlagenbau ist der

amorphe Kunststoff Polyvinylchlorid-hart (PVC-hart).

Andere amorphe Kunststoffe sind zum Beispiel PMMA (Acrylglas), Polycarbonat (PC), Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS) usw., gekennzeichnet durch einen Erweichungsbereich. Die teilkristallinen Kunststoffe Polyäthylen-hart (PE-hart) und Polypropylen (PP) sind gekennzeichnet durch einen Schmelzbereich.

Polyvinylchlorid-hart

Einer der gebräuchlichsten und ältesten Thermoplaste für den chemischen Apparatebau ist Polyvinylchlorid. Dieser Werkstoff ist schon seit zirka 40 Jahren im Einsatz. Man kann PVC-hart universell modifizieren. Es ist schlagzäh, UV-stabilisiert, antistatisch, physiologisch unbedenklich und weich sowie verschiedenartig gefüllt herstellbar. PVC-hart ist von Natur aus der Prototyp eines schwerentflammaren Werkstoffes (Prüfung nach DIN 4102 schwerentflammbar von 1 bis 4 mm Dicke). Für den chemischen Apparatebau wird weitgehend ein unmodifiziertes und ungefülltes PVC-hart verwendet, da diese Einstellung eine hohe Chemikalienbeständigkeit aufweist. In der Lüftungstechnik verwendet man vorwiegend schlagzähere extrudierte PVC-hart-Typen, diese sind für den rauen Montagebetrieb besser geeignet.

Zwischen 75 und 85° C beginnt bei PVC-hart der Erweichungsbereich, so daß der praktische Einsatz für tragende Bauteile auf Temperaturen bis zirka 60° C begrenzt ist. Diese Einsatzgrenze kann durch Verbund mit Glasfaser-Polyester-Kunststoffen bis zirka 80° nach oben verschoben werden.

Durch Nachchlorieren von PVC erhält man einen Werkstoff (PVC-C) mit einer gegen-

über dem normalen PVC-hart um zirka 30° C höheren Einsatzgrenze.

PVC-hart besitzt eine hohe Beständigkeit gegen fast alle Laugen und Säuren sowie Salzlösungen, ferner gegen niedere Alkohole, Benzin, Öle und Fette. Angelöst oder gequollen wird PVC von Estern, Ketonen, Chlorwasserstoffen und aromatischen Kohlenwasserstoffen.

Unmodifiziertes PVC-hart besitzt ein recht gutes Alterungsverhalten gegenüber der Einwirkung von Sonnenlicht. Speziell für den Außeneinsatz gibt es jedoch besondere Modifizierungen.

Polyäthylen

Hochdruckpolyäthylen hat niedrige Molekulargewichte und wird als Weich-Polyäthylen bezeichnet. Niederdruckpolyäthylen weist mittlere bis hohe Molekulargewichte auf und wird als Hart-Polyäthylen bezeichnet. In der Praxis ist es üblich, Polyäthylen mit einer Dichte unter 0,94 g/ccm als Polyäthylen-weich und mit einer Dichte von 0,94 g/ccm an aufwärts als Polyäthylen-hart zu bezeichnen.

Polyäthylen ist bis zu Temperaturen von 100° C ohne mechanische Beanspruchung einsetzbar, bei gleichzeitiger mechanischer Belastung je nach Höhe der Last bis zirka 60 bis 70° C. Infolge seiner teilkristallinen Struktur liegt die Einfriertemperatur sehr niedrig, so daß auch unter 0° C eine große Zähigkeit vorliegt und der Thermoplast nicht versprödet.

Polyäthylen besitzt eine glatte, wasserabweisende Oberfläche. PE ist beständig gegen Salzlösungen, Laugen und Säuren, wird jedoch von oxydativen Mitteln, wie rauchende Schwefelsäure, Chromschwefelsäure und Halogenen angegriffen. Bis 60° C wird es von organischen Lösungsmitteln nicht gelöst, quillt jedoch unter Einfluß von aromatischen und aliphatischen Kohlenwasserstoffen.

Polyäthylen brennt bei Entzug der Flamme weiter. Es ist daher normal entflammbar, kann aber flammwidrig eingestellt werden. Durch Einwirkung von Sonnenlicht (UV-Licht) erfolgt eine schnelle Alterung, die als fotochemische Oxydation bezeichnet wird. Durch Einmischen von Aktivruß wird ein weitgehender Schutz gegen UV-Licht erreicht.

Das UV-Licht wird durch Ruß gut reflektiert, denn der in sichtbarem Licht schwarz aussehende Ruß erscheint im UV-Licht weiß, wodurch gute Reflexion eintritt. Jedoch heizt sich das schwarze PE bei Sonneneinstrahlung um zirka 20° C höher auf als zum Beispiel ein weiß eingefärbtes PVC-hart. (1)

Tabelle 1: Festigkeit – Spannung

Einheit	Prüfmethode	PVC-hart	PE	PP	Stahl St 37
N/mm ²	DIN 53455 PVC=50 mm/min PE u. PP=125 mm/min	60	24	33	Fließgrenze 240
	Zeitstandfestigkeit 10 Jahre, 20°C	26	8,3	12	45...150

Tabelle 2: Stabilität – Elastizitätsmodul

Einheit	Prüfmethode	PVC-hart	PE	PP	Stahl St 37
N/mm ²	DIN 53457 (Kurzzeit)	3000	850	1200	-
	Kriechmodul 10 Jahre, 20°C, für PVC=5 N/mm ² PE u. PP=1 N/mm ²	1700	220	350	210.000

Polypropylen

Polypropylen verbindet gute mechanische Eigenschaften mit einer relativ hohen thermischen Einsatzgrenze bis zirka 100° C. Bei gleichzeitiger mechanischer Belastung liegt je nach Höhe der Last die Einsatzgrenze zwischen 80 und 90° C. Bei Temperaturen unter 0° C wird das sehr schlagzähe Polypropylen spröde. Die Chemikalienbeständigkeit ist ähnlich der von Polyäthylen, jedoch besteht eine höhere Oxydationsempfindlichkeit, vor allem bei höheren Temperaturen. Gegenüber Polyäthylen besitzt Polypropylen höhere Festigkeits-Eigenschaften und eine geringere Kriechneigung. Wie beim Polyäthylen findet durch Einwirkung von UV-Licht eine schnelle Alterung statt. Polypropylen ist normal entflammbar, kann aber schwerentflammbar modifiziert werden. Dadurch werden die mechanischen Werte und die Chemikalienbeständigkeit etwas ungünstiger.

Eigenschaften der thermoplastischen Kunststoffe im Vergleich zu Stahl

Festigkeit (Tabelle 1)

Die Kunststoffe zeigen wegen ihrer besonderen Molekular-Struktur und damit ihres viskoelastischen Verhaltens schon bei normalen Betriebstemperaturen eine mehr oder weniger starke Abhängigkeit der mechanischen Eigenschaftswerte von Zeit und Einsatztemperatur. Daher muß im Gegensatz zu Konstruktionen mit metallischen Werkstoffen bei thermoplastischen Kunststoffen die Temperatur-Zeit-abhängigkeit der Festigkeitseigenschaften berücksichtigt werden. Für die Konstrukteure sind das keine prinzipiellen neuen Überlegungen, da andere Ingenieurzweige

seit langem davon Gebrauch machen, zum Beispiel bei der Berechnung von Heißdampfleitungen.

Aus diesem Grund werden als Werkstoffkennwerte für die Berechnung der Zugspannungen die sogenannten Zeitstandfestigkeiten zugrunde gelegt, wie sie in den Richtlinien DVS 2204, Blatt 1, festgelegt sind.

Die in den Prospektangaben genannten Kurzzeitzugfestigkeiten werden nach DIN 53453 mit 50 mm Vorschub pro Minute gemessen. Die Kurzzeitwerte geben eine Charakteristik des Werkstoffes und man kann die verschiedensten Thermoplaste untereinander vergleichen. Die zulässige Beanspruchung wird errechnet aus:

$$\sigma_{zul} = \frac{K \cdot f_{CR} \cdot \sigma \cdot f_s}{S}$$

K = Festigkeitskennwert entsprechend den Vergleichsspannungen, DVS 2201, Blatt 1

f_{CR} = Resistenzfaktor (DVS 2204, Blatt 1)

f_s = Langzeit-Schweißfaktor (DVS 2204, Blatt 1)

S = Sicherheitsfaktor (DVS 2204, Blatt 1)

Stabilität (Tabelle 2)

Die Stabilität eines Bauteils wird durch den E-Modul des Werkstoffes und durch das Trägheitsmoment des Bauteilquerschnitts bestimmt. Beide Werte müssen bei der Berechnung auf Durchbiegung, Beulung und Knickung bekannt sein. Der Elastizitätsmodul ist das Verhältnis zwischen vorhandener Spannung und zugehöriger Dehnung eines Werkstoffes. Es ist $E = \frac{\sigma}{\epsilon}$

Auch dieser Kennwert ist bei Thermoplasten zeit-, temperatur- und spannungsabhängig. Daher können die E-Module gemessen an Kurzzeitwerten bei Dauerbelastungen nicht berücksichtigt werden.

Es muß anstelle des Elastizitätsmoduls ein zeit-, temperatur- und spannungsabhängiger Modul eingesetzt werden, der auch als Kriechmodul bezeichnet wird. Dieser Kriechmodul tritt somit anstelle des E-Moduls, zum Beispiel in Stabilitätsberechnungen ein. Für die einzelnen Thermoplaste sind die Kriechmodule in den Richtlinien DVS 2204, Blatt 1, dargestellt.

Wärmeleitfähigkeit

Wie aus Tabelle 3 ersichtlich, besitzen die Thermoplaste eine niedrige Wärmeleitfähigkeit. Diese ist zum Beispiel bei der Erwärmung des Materials im Verarbeitungsbereich zu berücksichtigen. Aufgrund der kleinen Wärmeleitfähigkeit sind Kunststoffe als Wärmetauscher für Flüssigkeiten wenig geeignet (2,3).

Wegen des kleinen Wärmeüberganges von Luft bei freier Konvektion auf einen Festkörper ist die geringe Wärmeleitfähigkeit bei dünnwandigen Bauteilen nicht von Bedeutung. Aus diesem Grund finden Kunststoffe auch als Luftheizkörper Verwendung. Im Lüftungskanalbau sind die besonders guten Wärmeisoliereigenschaften der Thermoplaste von Interesse.

Vergrößerung der Heizfläche in Prozent bei Verwendung von Kunststoffen mit einem λ von zirka 0,2 W/mK:

beidseitig freie Konvektion Wasser/Luft:

10 Prozent Vergrößerung notwendig,

beidseitig Zwangskonvektion (40 W/m²K)

Luft/Luft: 20 Prozent Vergrößerung notwendig,

beidseitig Zwangskonvektion (6000/40

W/m²K) Wasser/Luft: 40 Prozent Vergrößerung notwendig.

Wärmedehnung (Tabelle 4)

Die Wärmedehnung errechnet sich nach

$$L = L_0 \Delta t \cdot \alpha$$

L = Längenänderung

L₀ = Länge der Rohrleitung

Δt = Temperaturdifferenz

α = Ausdehnungskoeffizient

$$\Delta t = t_m - t_M$$

t_m = mittl. Rohrwandtemperatur

t_M = Montagetemperatur

Dies bedeutet, daß zum Beispiel ein Rohr aus PVC-hart von 1 Meter Länge sich bei der Erwärmung um 1° in der Länge um 0,07 mm ändert. Berücksichtigt man bei eingespannten Bauteilen die Ausdehnung nicht, so kann zum Beispiel bei der Erwärmung das Bauteil ausknicken. Beim plötzlichen Abkühlen entstehen Zugspannungen nach der Gleichung:

$$\sigma_t = E_m \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

E_m = mittl. E-Modul

Mit dieser Gleichung kann man annähert die entstandenen Wärmespannungen ausrechnen, wenn man einen mittleren E-Modul einsetzt.

So entstehen in einem eingespannten System aus Polypropylen bei einer Temperaturdifferenz von 30° C (von 50° C auf 20° C) am Anfang zirka 54 kp/cm² Spannung, die nach einem Jahr bei 20° C auf zirka 20 kp/cm² relaxiert.

$$\sigma_t = \frac{12000 \cdot 8000}{2} \cdot 30 \cdot 180 \cdot 10^{-4} = 54,0 \text{kp/cm}^2$$

Elektrische Eigenschaften

Thermoplastische Kunststoffe sind hervorragende Isolierwerkstoffe und spielen schon sehr lange als Elektrowerkstoffe eine bedeutende Rolle. Der Durchgangswiderstand ist sehr hoch. Er ist größer als 10^{15} Ohm.

Da der Oberflächenwiderstand auch größer als 10^{13} Ohm ist, können sich die genannten Thermoplaste elektrostatisch aufladen.

Bei strömenden Gasen werden aber nur die festen oder flüssigen Verunreinigungen oder die durch Kondensation gebildeten festen oder flüssigen Anteile aufgeladen. Die strömenden Gase in Kanälen oder im Ventilator laden sich selbst nicht auf.

Für explosionsfähige Gemische müssen jedoch die eingesetzten Werkstoffe einen Oberflächenwiderstand haben, der kleiner als 10^6 Ohm ist (4).

Mit Sondereinstellungen aus PVC-hart können diese Bedingungen realisiert werden.

Berechnungsbeispiele für Rohrleitungen mit äußerem Überdruck

Lange unversteifte Lüftungsrohre:

Die Wanddicke errechnet sich aus dem theoretischen Beuldruck.

Für $L/r \geq 24$ ist

$$s = 1,58 \sqrt[3]{\frac{p(1-\mu^2) \cdot s}{E_c} \cdot r}$$

(5,6 7)

- s = Wanddicke
- p = Außendruck
- S = Sicherheitsfaktor gegen Einbeulen
- E_c = Kriechmodul
- r = Radius des Rohres
- μ = Querkontraktionszahl
- für PVC = 0,35
- für PP = 0,40
- für PR = 0,50

Lüftungskanäle

a. PVC-hart

Kanäle mit Rechteckquerschnitt aus PVC-hart können mit guter Genauigkeit nach den Gleichungen für eingespannte Träger und für das Knicken eingespannter Platten berechnet werden. (8)

$$s = 0,71 \cdot b \sqrt{\frac{p}{\sigma_{zul}}}$$

- s = Wanddicke
- p = Außendruck
- σ_{zul} = zulässige Spannung
- b = längere Kanalwand
- f_{max} = max. Durchbiegung

$$f_{max} = 0,031 \frac{p \cdot b^4}{E_c \cdot s^3}$$

b. PP und PE

Die Wanddicke wird berechnet wie die für Membranenfelder. (9)

$$s = p \cdot b \sqrt{\left(\frac{c_4}{\sigma_{zul y}}\right)^3 \cdot E_c}$$

Tabelle 3: Wärmeleitfähigkeit

Werkstoff	λ Wärmeleitfähigkeit W/K. m	Wärmeleitfähigkeit von PVC-hart im Vergleich
Kupfer	372	≈ 2650 mal geringer
Stahl	52	≈ 445 mal geringer
PE	0,43	≈ 2,6 mal geringer
PP	0,22	≈ 1,34 mal geringer
PVC-hart	0,163	—

Tabelle 4: Wärmeausdehnung „ α “

Werkstoff	Linearer Ausdehnungskoeffizient K^{-1}	Wärmeausdehnung im Vergleich zu Stahl
Stahl	≈ $12 \cdot 10^{-6}$	—
PE	≈ $200 \cdot 10^{-6}$	≈ 16,5 mal größer
PP	≈ $180 \cdot 10^{-6}$	≈ 15 mal größer
PVC-hart	≈ $70 \cdot 10^{-6}$	≈ 6 mal größer

- s = Wanddicke
- p = Außendruck
- E_c = Kriechmodul

$\sigma_{zul y}$ = zulässige Spannung

$$\frac{a}{b} < 1 = \sigma_{zul x}$$

zu berechnen

C_4 = Beiwert aus dem Verhältnis a/b (VDI T 21 Seite 132)

f_{max} = max. Durchbiegung

bei der Berechnung bezieht man sich auf die längere Seite des Membranenfeldes.

$$f_{max} = C_1 \cdot b \cdot \sqrt[3]{\frac{b \cdot p}{s \cdot E_c}}$$

C_1 = Beiwert aus dem Verhältnis a/b

Beispiel: Werkstoff PVC-hart

p = 200 mm WS Unterdruck

b = 70 cm,

σ_{zul} = 100 kp/cm² (20° C, 10 Jahre)

E_c = 18 000 kp/cm² (20° C, 10 Jahre)

$$s = 0,71 \cdot 0,70 \sqrt{\frac{0,02}{100}}$$

$$s = 0,7 \text{ cm}$$

$$f_{max} = 0,031 \frac{0,02 \cdot 70^4}{18000 \cdot 0,7^3} = 2,41 \text{ cm nach 10 Jahren}$$

Kunststoffe in der Lüftungstechnik

Industrielle Lüftung

Eines der ältesten Einsatzgebiete des thermoplastischen Kunststoffes PVC-hart ist in der industriellen Lüftungstechnik. Dort bestehen seit mehr als 40 Jahren großtechnische Erfahrungen im Einsatz von Rohren, Kanälen, Armaturen, Ventilatoren, Filtern, Abscheidern, Gaswäschern und Kaminen (Bild 1, 2, 3). Besonders in den Einsatzgebieten Beizeereien, Fotoentwicklung, Galvanoindustrie und Kunstfaserindustrie



Bild 1: Absaughaube (PP) Werkfoto KTT

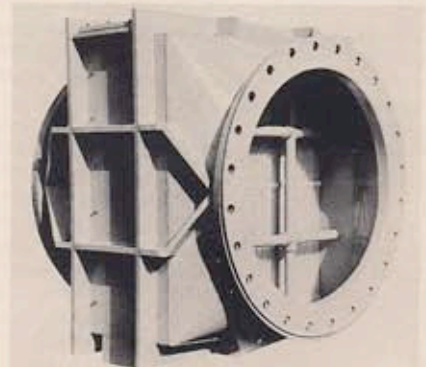


Bild 2: Abscheider (PP) Werkfoto KTT

(Bild 4, 5) gab es seit Anbeginn dieser Verfahren das Problem der Korrosionsfestigkeit geeigneter Werkstoffe.

Für Abluftkanäle wurden daher Holz, Keramik, Edelstahl und teure Oberflächenbeschichtungen eingesetzt, die oftmals nur eine kurze Lebensdauer hatten.

In diesen Einsatzgebieten brachte der Kunststoff wirtschaftliche Vorteile im Hinblick auf Korrosionsbeständigkeit, leichte Verarbeitung und geringes Gewicht.

Im Laufe dieser 40 Jahre wurde durch Verbesserung der Werkstoffe, Erweiterung der Darbietungsform und durch Weiterentwicklung der Verarbeitungstechnik bis zur Automation ein Stand erreicht, der mit anderen Industriezweigen vergleichbar ist.

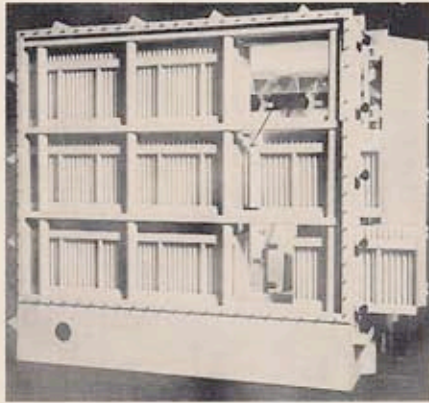


Bild 3: Luftwäscher für Zyankalidämpfe
Werkfoto KTT



Bild 5: Absaugung in der Kunstfaserindustrie (Trovidur-®-Spiralrohr) bis NW 2500
Werkfoto DN

Ventilatorenbau

Eine der ältesten Maschinenkonstruktionen aus PVC-hart wurde auf der Achema 76 ausgestellt, ein seit 1948 im Einsatz gewesener Radiallüfter.

Der Markt bietet heute eine breite Palette an Radialventilatoren und Axiallüftern an. Für die vielfältigen Einsatzfälle werden Niederdruck- und Mitteldruckventilatoren bis zirka 600 kp/m² Förderdruck hergestellt. Die Fördermengen können je nach Förderdruck bis 150 000 m³/h betragen.

In der Bundesrepublik werden jährlich zirka 20 000 Industrieventilatoren aus Kunststoffen hergestellt.

Radiallüfter-Gehäuse

Bis zu einem Ansaugdurchmesser von 500 mm werden die Radialgehäuse in der Regel durch Warmformen hergestellt (Bild 6, 7). Bedingt durch diese Umformungsverfahren kann man dem Gehäuse eine günstige aerodynamische Form geben. Die Warmformung ermöglicht auch eine Rationalisierung im Herstellungsverfahren. Die Halbschalen werden im thermoelastischen Bereich durch Vakuum, Überdruck oder Pressen geformt. Man sollte darauf achten, daß eine Mindestwanddicke von 2 mm eingehalten wird.

Es gibt auch warmgeformte Seitenteile mit eingeklebter Spirale (Bild 8).

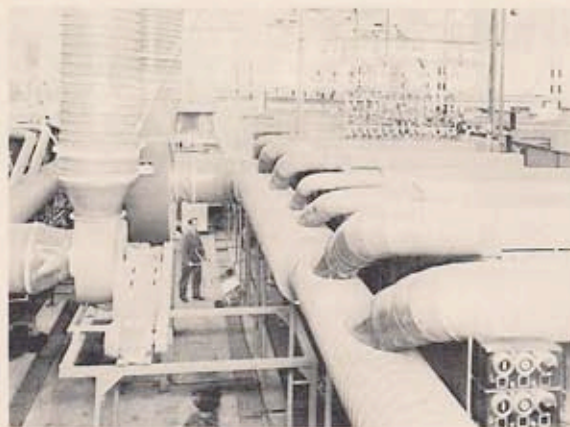


Bild 4: Absaugung einer Galvanik (Trovidur-®-Spiralrohr)
Werkfoto DN

Ventilatoren größerer Nennweiten (größer als NW 500) werden aus 2 Seitenwänden mit eingeschweißter Spirale hergestellt (Bild 9). Die Seitenwände werden durch Rippen versteift. Für höhere Beanspruchungen werden teilweise die Spiralen und Seitenwände aus PVC-hart mit Glasfaserpolyester versteift. Die größten bisher gebauten Lüfter liegen bei Nennweite 1600.

Richtlinien

Nach VOB Teil C (DIN 18379) müssen Ventilatoren aus splitterfähigen Stoffen einen Splitterschutz erhalten. Aus diesem Grund muß entweder die Spirale einen Splitterschutz erhalten oder beim Begehen des Lüfterraumes müssen sich die Ventilatoren ausschalten.

Lüfterräder

Für Radiallüfter sind praktisch alle gebräuchlichen Laufradformen aus Thermoplasten herstellbar.

Aus PVC-hart werden die Laufräder auch heute noch vorwiegend mit Warmgas ge-

schweißt (Bild 10). Bei größeren Stückzahlen bewährte sich für das Verbinden der Schaufeln auf die Grundplatte die Heißelementschweißung (10).

Aus Polypropylen und Polyäthylen sind gespritzte Laufräder im Handel. Wegen der teuren Spritzwerkzeuge ist man bei diesem Verfahren an eine bestimmte Lauf radform gebunden. Für besonders hohe Pressungen werden Laufräder aus Glasfaserpolyester (Bild 10) und aus Sonderstählen eingesetzt. Im allgemeinen kann man sagen, daß für PVC, PE und PP die maximale Umfangsgeschwindigkeit bei ca. 40 m/s liegt. Zwar sind die Festigkeitswerte der einzelnen Werkstoffe verschieden, aber unterschiedliche Sicherheitsfaktoren und Wichte ergeben die annähernd gleiche Grenzggeschwindigkeit. Bei Polyesterlaufrädern kann man max. zirka 70 m/s zugrunde legen.

Die Grenze der Umfangsgeschwindigkeit wird bei Laufrädern mit hohen Schaufeln niedriger liegen und bei flachen Schaufeln höher.

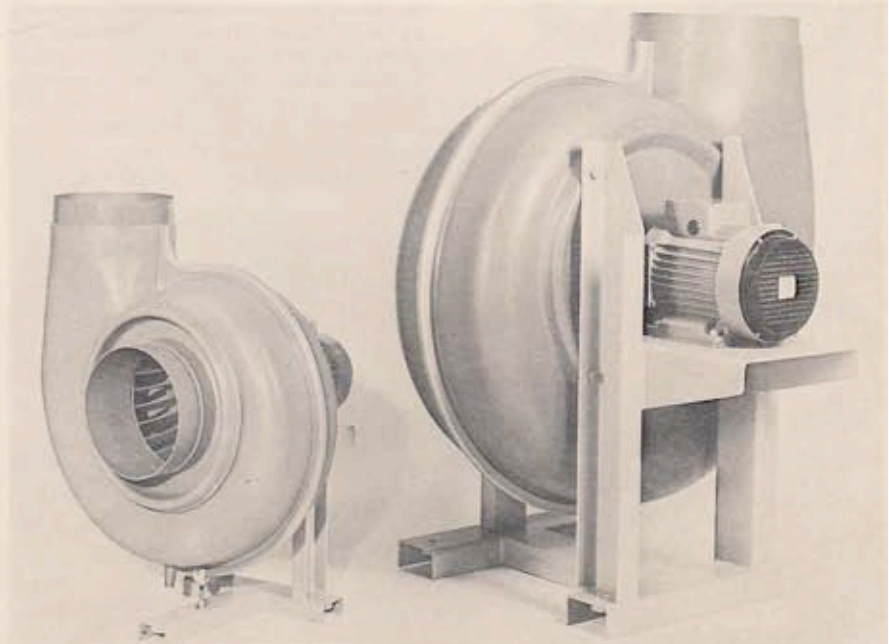


Bild 6: Radiallüfter, Gehäuse durch Überdruck geformt (PVC) Werkfoto Vinitex-Pielkenrood



Bild 7: Dachradiallüfter (PVC)
Werkfoto KTT

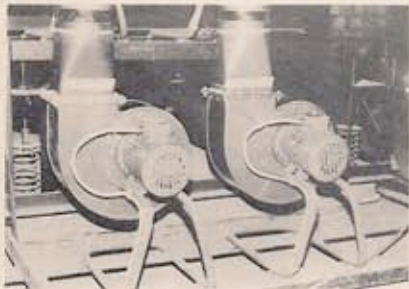


Bild 8: Radiallüfter, Gehäuse durch Pressen warmgeformt und geklebt (PVC)
Werkfoto Brinkmann

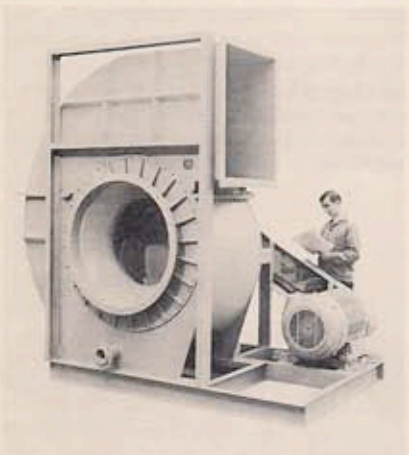


Bild 9: Radiallüfter geschweißt (PVC)
Werkfoto KTT

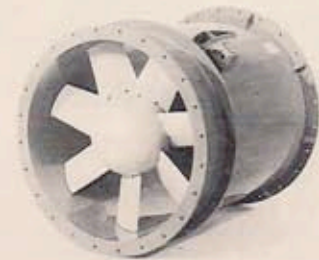
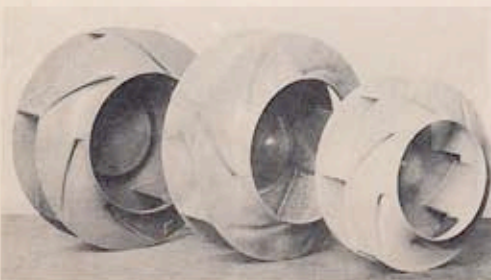


Bild 11: Axiallüfter (PVC), Laufrad aus PP
Werkfoto KTT

Allgemeine Lüftungstechnik

Wenn bei der industriellen Lüftung die Korrosionsbeständigkeit der Kunststoffe den wirtschaftlichen Nutzen bringt, werden in der allgemeinen Lüftungstechnik mit herkömmlichen Werkstoffen weitgehend die gestellten Forderungen erfüllt. Des weiteren gibt es vom Gesetzgeber Auflagen, die die Verwendung der Kunststoffe speziell auf die Ablufttechnik im korrosiven Bereich beschränken.

Besonders bei Institutsbauten (zum Beispiel Laboratorien mit Digestorienabsaugung) gibt es das Problem der Korrosion für das Abluftsystem. Der Gesetzgeber läßt hier unter Ausnahmebedingungen in der Abluft schwerentflammare Kunststoffe zu. Aus diesem Grund können dort die Werkstoffe Polyvinylchlorid und schwerentflammbares Polypropylen eingesetzt werden. In den letzten 15 Jahren sind einige 1000 Tonnen Polyvinylchlorid und schwerentflammbares Polypropylen in diesem Sektor zum Einsatz gekommen.

Für die Komplettierung einer Lüftungsanlage werden von der weiterverarbeiten-

Axiallüfter

Bei diesen Lüftern liegt der Motor, geschützt durch eine Kunststoffkapsel, im Abluftstrom. Stützrohre zur Außenwand des Lüfters sorgen für die notwendige Belüftung des Motors. Laufräder aus PVC-hart sind geschweißt und solche aus PP gespritzt mit verstellbaren Schaufeln im Handel (Bild 11).

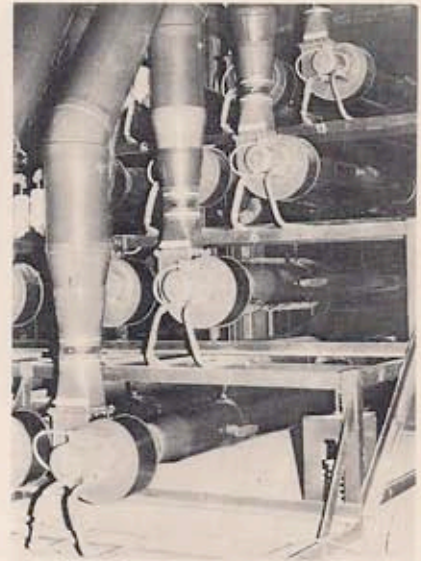


Bild 12: Abluftzentrale Werkfoto Brinkmann



Bild 13: Abluftzentrale Werkfoto REKU

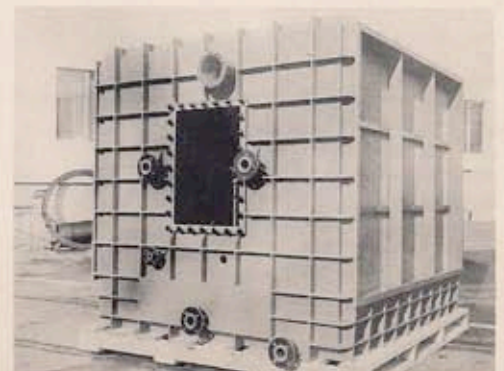
den Kunststoffindustrie praktisch alle notwendigen Aggregate aus Kunststoff zur Verfügung gestellt, Armaturen, Ventilatoren, Schalldämpfer, Abscheider, Lüftungsgitter usw. (Bild 12, 13, 14, 15, 16).

Über diese Apparaturen gibt es ausreichende technische Unterlagen mit Leistungswerten, für die der Hersteller garantiert.

Bei den Kanälen und Rohren kann der Konstrukteur aber Einfluß nehmen auf die Dimensionierung und Konstruktion.

Bild 14: Luftwäscher (PVC)
Werkfoto KTT

Bild 10: Laufräder aus PVC, GFK, PP
Werkfoto KTT



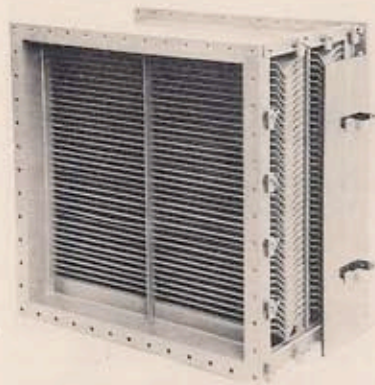


Bild 15: Tropfenabscheider (PVC/PP)
Werkfoto KTT

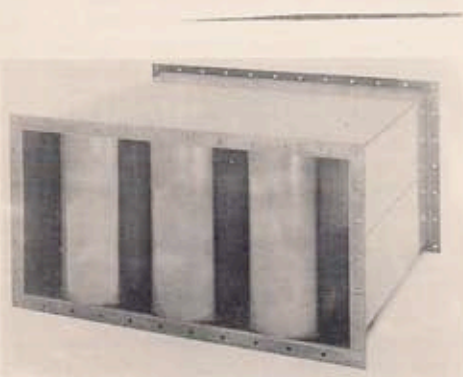


Bild 16: Schalldämpfer (PVC)
Werkfoto KTT

Lüftungskanäle

Luftströmung in Kanälen:

Die Luftreibung wird bei der Verwendung von Kunststoffen verringert. Die absolute Rauigkeit der Wandreibung ist bei

PVC-hart: $K = 0,005 \text{ mm}$
Blech: $K = 0,15 \text{ mm}$

Errechnet man mit diesen Werten vergleichbar den Druckabfall in einem geraden Rohrleitungsstrang, erhält man folgende Verringerung des Reibungsdruckverlustes bei Verwendung von Kunststoffen gegenüber gefalzten Blechkanälen (11).

Verringerung des Reibungswiderstandes in Prozent

NW	5 m/s	10 m/s	20 m/s	30 m/s
600	10	14	20	25
100	13	19	26	31

Extrudierte Ausführung

Es werden nahtlos glatt extrudierte Lüftungsvierkantkanäle von 160 x 160 bis 400 x 280 aus PVC-hart hergestellt. Es gibt auch einige Dimensionen (200 x 200, 200 x 150, 250 x 150) aus Polypropylen schwerentflammbar.

Je nach Kanalquerschnitt reichen die zulässigen Unterdrücke bei + 20° C von 350 bis 60 mm Wassersäule.

Abgekantete Kanäle

Bei größeren Abmessungen gibt es, wie auch bei Stahlblechkanälen, Probleme der Versteifung.

1 mm Stahlblech entspricht zirka 4,8 mm PVC-hart oder 7,8 mm Polypropylen bezogen auf Steifigkeit (bei 20° C, fünf Jahre). Kunststoffkanäle lassen sich verschiedenartig versteifen. So können bei kleineren Kanälen die größeren Flächen pyramidenförmig geformt werden. Bei größeren Abmessungen müssen außen Rippen aufgeschweißt werden. Auch werden Trennwände und Stützrohre zur Versteifung eingesetzt (Bild 17). Ob man einen Kanal innen oder außen versteift, ist weitgehend abhängig von den Montagemöglichkeiten.



Bild 17: Abluftkanäle (PVC)
Werkfoto REKU

Lüftungsrohre

Glatt extrudierte PVC-hart-Rohre nach DIN 8061/62 werden nach der Sonderreihe bis 500 mm ϕ in der BRD hergestellt. Von Nennweite 500 bis 2700 gibt es PVC-hart-Rohre (Bild 18, 19, 20), die nach

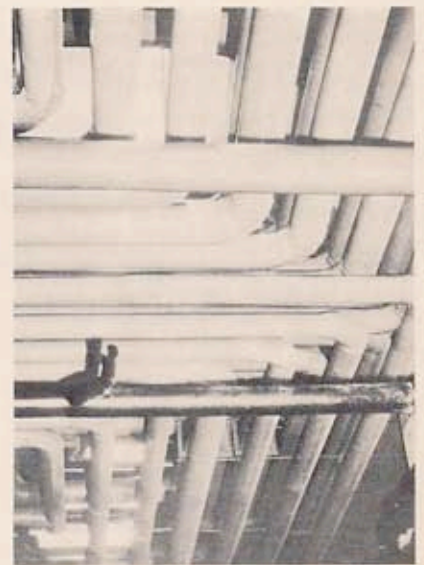


Bild 18: Abluftsystem für Einzelabsaugung (PPF)
Werkfoto REKU



Bild 20: Sammelabluftleitung NW 1250 (TROVIDUR® Spiralrohr)
Werkfoto DN

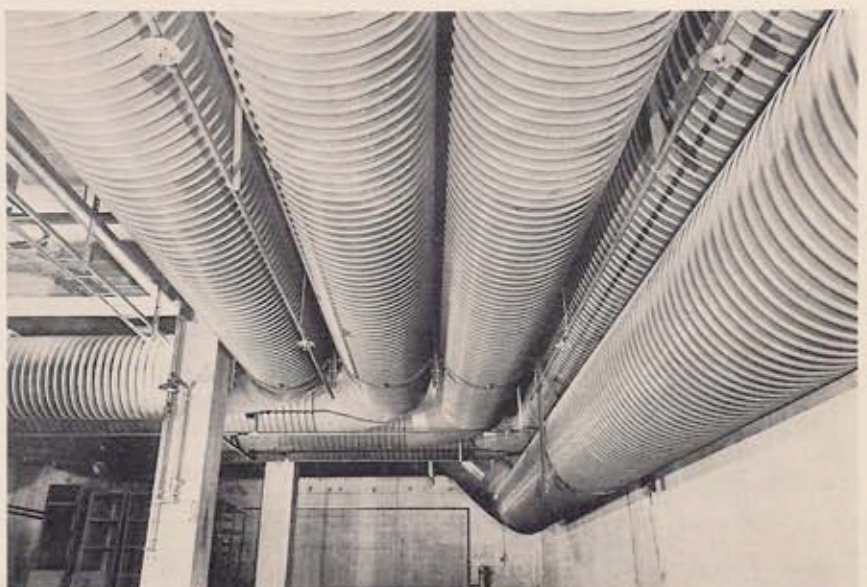


Bild 19: Prozeßabluftrohre NW 1000 (TROVIDUR® Spiralrohr)

Werkfoto DN

einem Wickelverfahren hergestellt sind (12). Derartige gewickelte Rohre, die auch in PP und PE hergestellt werden, besitzen einen aufgelösten Wandquerschnitt.

Die statische Kenngröße für Rohre aus thermoplastischen Kunststoffen mit profilierter Wand und glatter Rohrinnefläche ist die Ringsteifigkeit (DIN 16921, Blatt 1 und 2, Gelbdruck).

Rohre nach diesem Fertigungsverfahren haben große Lieferlängen, eine hohe Steifigkeit, benötigen daher einen kleinen Auflageabstand und können schnell montiert werden.

Schluß:

In der Lüftungstechnik gibt es heute Spezialgebiete für Kunststoffe. Im industriellen Sektor gehören sie zur Standardausrüstung, indem im Hochbau dann Kunststoffe zum Einsatz kommen, wenn Korrosion auftreten kann.

Der Verfasser dankt folgenden Firmen für die freundliche Unterstützung mit Bildmaterial:

**Kunststofftechnik Troisdorf (KTT)
Renneroder Kunststoffe (REKU)
Brinkmann KG
Vintex-Pielkenrood**

Literaturhinweise

- (1) Interner Bericht Dynamit Nobel AG 1975
- (2) Dr. Bitter: Vortrag am 25. 11. 1976 SKZ Stuttgart
- (3) Schommer, R.: Berechnung von Wärmeaustauschern aus PVC-Rohren, KB 11/1970
- (4) Richtlinien zur Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladung, Abs. 5.5.1.1
Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Bonn
- (5) Menges, G.: Kriterium kritische Stauchung, KB 1/1969
- (6) Menges, G., Gaube, E.: Knicken und Beulen
Kunststoffe 1969, Heft 8
- (7) Barth, E., und Schommer R.: Beulverhalten von PVC-hart-Rohren
Kunststoffe 1975, Heft 2
- (8 und 9) Taprogge, R.: Konstruieren mit Kunststoffen, VDI, T 21
- (10) Schommer, R.: Heizelementgeschweißte Ventilator-Flügelräder aus TROVIDUR N, PV 1973/8
- (11) Dr. Bitter: Vortrag am 25. 11. 1976, SKZ in Stuttgart
- (12) Dynamit Nobel, Trovidur-Information Nr. 17

® = eingetragenes Warenzeichen