

Geschichte des PVC-Rohres, 1999

Egon Barth, Troisdorf, in sbz 14/1999

SANITÄR

Werkstoffe des Installateurs

Geschichte des PVC-Rohres

Egon Barth*

Polyvinylchlorid ist der älteste Werkstoff, aus dem Rohre hergestellt werden. Seit den 80er Jahren wird er allerdings von Vertretern bestimmter Interessengruppen angefeindet. Wie seine Entwicklung verlief, schildert der Autor im folgenden Beitrag.

Die ersten Rohre aus Polyvinylchlorid (PVC) wurden 1935 hergestellt. Rohre aus PVC waren aber sicher nicht die ersten Kunststoffrohre. In der Literatur wird über die Herstellung von Rohren aus Vulkanfaser, Zellglas, Celluloid und Kunstharz sowie aus den ersten Duroplasten berichtet, doch leider ohne Zeitangaben. Die Rohre aus diesen Kunststoffen bzw. abgewandelten Naturstoffen fanden jedoch auch keinen Eingang in den Rohrleitungsbau, in dem die PVC-Rohre praktisch von Beginn an verwendet wurden.

Geschichte des PVC

Die Entwicklung des Polyvinylchlorids und der Kunststoffe überhaupt begann in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts in den Laboratorien von Justus von Liebig in Gießen. Dort entdeckte bereits 1835 Henry Victor Regnault, daß aus einem Gemisch aus Dichlorethan und alkoholischer Kalilauge in einem am Fenster stehenden Ge-

* Dipl.-Phys. Egon Barth, 53844 Troisdorf, Tel. (0 22 41) 4 51 92, referierte zu diesem Thema auf der SKZ-Fachtagung „Kunststoffrohre“ in Würzburg.



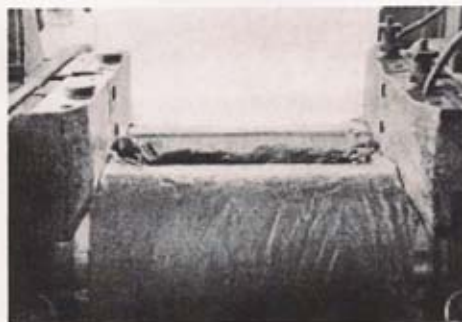
Es dauerte geraume Zeit bis man erkannte, daß sich PVC-Pulver auf erwärmten Zylindern plastifizieren läßt ...

faß unter Einwirkung des Sonnenlichtes ein weißes Pulver ausfiel [1], das Polyvinylchlorid. Damit war der erste „echte“ Kunststoff entdeckt, da sich die Chemiker um Liebig zunächst nur um die Umwandlung von Naturstoffen bemühten. Der heute im deutschen Sprachgebiet übliche Begriff „Kunststoff“ wurde 1911 von der Zeitschrift

„Kunststoffe“ geprägt. Vermutlich sollte damit zunächst nur zum Ausdruck gebracht werden, daß es sich um „künstlich“ erzeugte Stoffe handelt, ohne die damit bezeichnete Stoffgruppe schon eindeutig festzulegen. Erst als Hermann Staudinger die molekulare Struktur dieser neuen Werkstoffe erkannte [3], erfolgte deren systematische Untersuchung. Nachdem neben den theoretischen Grundlagen auch die chemische Verfahrenstechnik – Ammoniaksynthese nach Haber-Bosch (1913), Hochdruckhydrierung nach Bergius (1913), Kohlenwasserstoffsynthese nach Fischer-Tropsch (1925) – zur Verfügung stand, begann in den Jahren zwischen den beiden Weltkriegen die Entwicklung der eigentlichen Kunststoffe, die aus ungesättigten Monomeren einfacher Kohlenwasserstoffe wie Ethylen, Acetylen, Vinylchlorid durch Polykondensation, Polyaddi-

tion und Polymerisation zu makromolekularen Polymeren synthetisiert werden. Das gilt auch für PVC (s. Tafel 1), nachdem die von Klatté und Zacharias entwickelte VC-Synthese aus Acetylen und Chlorwasserstoff [4] die Möglichkeit für eine großtechnische Produktion geschaffen hatte. So erfolgte die Herstellung von PVC im wesentlichen in den IG-Farben-Werken Ludwigshafen, Bitterfeld und Rheinfelden sowie in den USA. Wegen der Schwierigkeiten bei der Verarbeitung

von reinem PVC-U wurde in Ludwigshafen die Herstellung von Mischpolymerisaten [5] und in Bitterfeld die Nachchlorierung aufgenommen [6], die dann in Rheinfelden weitergeführt wurde und 1932 zur Herstellung der ersten vollsynthetischen Faser der Welt aus „Igelit PC“ im IG Werk Agfa Wolfen führte. Wegen seiner guten Löslichkeit



... und nach mehreren Durchgängen durch die gegeneinanderpressenden Zylinder ein sogenanntes Walzfell entsteht [18]

Tafel 1: Chronologie der Entwicklung von Polyvinylchlorid (PVC)

1835	H. V. Regnault:	Erzeugt Vinylchlorid aus 1,2 Dichlorethan und alkoholischer Kalilauge, das unter Sonneneinstrahlung zu PVC polymerisiert.
1858	C. A. Würtz und Frapoli:	Erzeugen VC aus 1,1 Dichlorethan und Natriumethylat
1866	B. Tollens:	Zersetzung von 1,1 Dichlorethan durch Natrium bei 180 bis 200 °C
1878	E. Baumann:	Untersucht PC-Polymerisation durch Licht und deren Abhängigkeit von λ
1902	H. Biltz:	VC-Bildung durch thermische Abspaltung von Dichlorethan über Bimsstein als Katalysator
1908	J. B. Senderens:	VC-Abspaltung aus Dichlorethan über Aluminiumoxid als Katalysator
1911		Erstausgabe der Zeitschrift „Kunststoffe“
1912	F. Klätte, E. Zacharias:	VC-Erzeugung aus der Kondensation von Acetylen- und Chlorwasserstoff
1916	J. Ostromysslenski:	VC durch Verseifung von Dichlorethan
1920–1930		Umsetzung der Polymerisation in technischem Maßstab
1928		Erzeugung von Vinylacetat im großen Maßstab durch Wacker Chemie, Burghausen
1928		Erzeugung von Suspensions PVC durch Carbide & Carbon Chemicals Co USA (Union Carbide Co)
1930	H. Fikentscher:	Mischpolymerisation in Ludwigshafen
1930		Erzeugung von 2000 t PVC in USA
1931		Herstellung von Astralon aus Igelit MP in Troisdorf
1931	C. Schönburg, G. Wick:	Nachchlorierung von PVC
1932		Decelit-Folie aus Mischpolymerisat in Eilenburg
1932		Chlorierungsanlage von 10 m ³ in Rheinfelden
1932	E. Gajewski, P. Esselmann; H. Rein	Herstellung der 1. synthetischen Textilfaser der Welt in Wolfen
1934		Umstellung der Block- oder Lösungsmittelpolymerisation in Bitterfeld auf Emulsionspolymerisation
1935	G. Wick, A. Iloff:	Verarbeitung von weichmacherfreiem PVC zu Tafeln und Rohren in Bitterfeld
1935		PVC-U-Rohre diskontinuierlich mit der Kolbenpresse in Bitterfeld herstellt
1935		Beginn der kontinuierlichen Emulsionspolymerisation in Bitterfeld
1935	H. Berg	Erste Suspensionspolymerisation bei Wacker Chemie in Burghausen
1935		1. Verlegung von PVC-U-Druckrohren in Bitterfeld und Salzgitter
1936		Errichtung einer Produktionsanlage für 50 m ³ in Bitterfeld
1936		Mipolam-Bodenbelag in Troisdorf hergestellt
1935/1936		Aufnahme der Herstellung von Mipolam-Rohren aus Igelit PCU in Troisdorf und Eilenburg
1936		Schallplatten aus Vinidur in Eilenburg
1936–1941		Verlegung von PVC-U-Rohren in den Wasserversorgungsnetzen von Leipzig, Berlin, Hamburg, Dresden, Köln, Magdeburg, Wiesbaden u.a.
1938		Beginn der PVC-Großproduktion durch BF Goodrich, Monsanto, du Pont, DOW, Bakelite in USA
1938	A. Henning	Entwickelt Schweißverfahren für PVC in Merseburg
1939		Bau einer kontinuierlichen 200 m ³ Polymerisationsanlage in Schkopau
1939	Fa. Troester	Bau der Schneckenpresse EP-U für Kunststoffe
1941		Herausgabe der DIN 8061 und 8062 Kunststoffrohre aus Polyvinylchlorid (Rohrtyp)
1941		Aufbau der beiden ersten Großautoklaven zur Herstellung von „Vinnol“ bei Wacker Chemie, Burghausen
1942	G. Wick und A. Iloff	Herstellung von Formteilen nach dem Schlagpreßverfahren
1944		Wacker Chemie erzeugt 2452 t Suspensions-PVC „Vinnol“
1954		Mipolam-elastic: Das 1. Kunststoff-Fenstersystem aus PVC-weich
1956		Systematische Zeitstand-Innendruckversuche bei Temperaturen von 20 °C bis 60 °C.
1957		Gründung des Kunststoffrohrevereins (KRV)

kam „Igelit PC“ auch in der Lack- und Klebstoffindustrie zum Einsatz.

In den Jahren 1932–1935 gelang es dann auch, durch Steigerung der Verarbeitungstemperatur weichmacherfreies PVC-U zu hochwertigen Fertigerzeugnissen zu verarbeiten [7]. Damit war der Einsatz dieses Werkstoffes in vielen Anwendungsbereichen möglich und es begann die erfolgreiche Entwicklung der PVC-U-Rohre. Nach einer Unterbrechung durch den Zweiten Weltkrieg erfolgte der Durchbruch zur Massenproduktion.

Schwierige Anfänge

Nachdem seit 1930 nennenswerte PVC-Mengen zur Verfügung standen und obwohl alle heute noch benutzten Verarbeitungsmaschinen wie Knetter, Kalander, ja sogar Extruder und Spritzgußmaschinen schon

seit Anfang bzw. Mitte des 19. Jahrhunderts bekannt waren und in der Kautschuk- und Celluloidverarbeitung seit langem eingesetzt wurden, gelang es nicht, das weiße PVC-Pulver zu plastifizieren. Wie langwierig die Entwicklung des Kunststoffes verlief, ist in einem Bericht der IG-Farben, Bitterfeld, nachzulesen [10]: „Trotz aller anfänglichen Mißerfolge haben wir unsere Bemühungen nicht aufgegeben und 1935 ist uns zum ersten Mal der Erfolg beschieden gewesen. Wir fanden, daß bei etwa 160 °C unter gleichzeitiger Anwendung von Druck

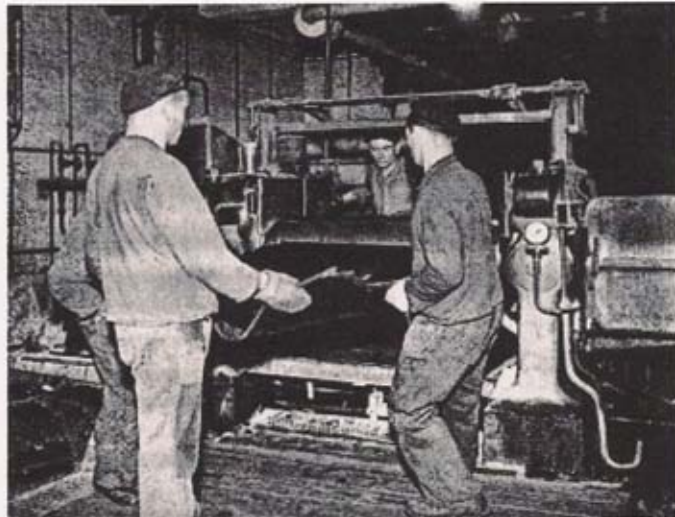
ein Fließen des Igelits eintritt, das eine weitere Verarbeitungsmöglichkeit gestattete. Gleichzeitig wurde aber erkannt, daß in bezug auf die Maschinen, die für diesen Verarbeitungsprozeß erforderlich sind, andere Bedingungen gestellt werden mußten, als sie bisher aus der Celluloid- und Gummiindustrie Gültigkeit hatten. Abgesehen von der höheren Temperatur mit der die Walzwerke und Pressen beheizt werden mußten, waren auch höhere Drücke notwendig, die wiederum für die Ausbildung der Lager von Einfluß waren. Diese Bedingungen mußten in langen Versuchen ermittelt werden und erforderten eine enge Zusammenarbeit mit der Maschinenindustrie, die durch unsere Anregungen dadurch befruchtet wurde. Auch bei der Presse zum Herstellen von Rohren konnten nicht die aus der Metallindustrie bekannten Rohrpressen übernommen werden.“

Die ersten Rohre

Die Herstellung von PCU-Rohren ist in einer Verarbeitungsvorschrift detailliert dargestellt:

„Das PCU-Pulver wird in einer Aluminiumschale in einer Menge von 10 kg eingewogen und die Zusätze Paraffin und Igevin in der Rezeptur vorgeschriebenen Menge in verteiltem Zustand zugegeben. Dieser Ansatz wird mit einem Spachtel kurz durchgemischt und dann auf das heiße Walzwerk gegeben.“

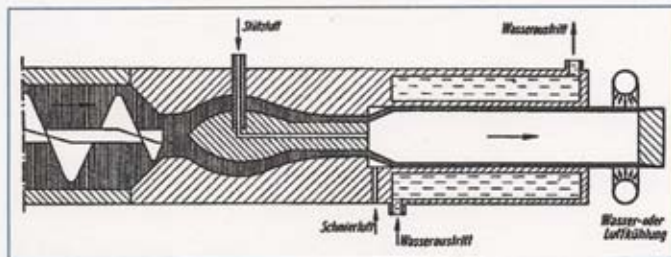
Gleichzeitig werden anteilig Abfälle aus der Röhrenfertigung in einer Menge von 25–35 % mit dem Pulver zusammen auf die Walze gebracht (Gesamtmenge 25 kg). Die Temperatur des Walzwerkes beträgt, auf dem Ballen gemessen, hierbei 160 °C. Das aufgebene Material fällt beim ersten Arbeitsgang durch die Walzen als bröckliche Masse, mitunter auch schon zusammenhängend, in den darunter befindlichen Aufgankasten. Es wird mit der Hand nochmals zusammengefaßt und auf die Walze aufgegeben. Dieser Vorgang wiederholt sich so lange, bis die Durchwärmung zur Bildung



Das Abziehen der rund 160 °C warmen Rohfolie geschah in den Anfangsjahren der PVC-Produktion noch von Hand

einer möglichst geschlossenen Haut (Fell) geführt hat. Diese grob zusammenhängende Haut wird von Hand abgezogen und dann auf ein zweites Walzwerk aufgegeben. Bei gleicher Temperatur wird die Walzung fortgesetzt, daß die sich bildende Haut auf einer vorgelagerten Rolle zur Puppe von ca. 190 mm Ø gerollt werden kann. Die Puppe wird an beiden Kopfenden während ihres Umlaufes beschnitten. Dieser Körper, der eine Temperatur von etwa 160–165 °C besitzt, wird sogleich nach seiner Entstehung in den Füllraum der Strangpresse eingebracht (von Hand!) und der Preßvorgang ohne Verzögerung durchgeführt. Sobald die

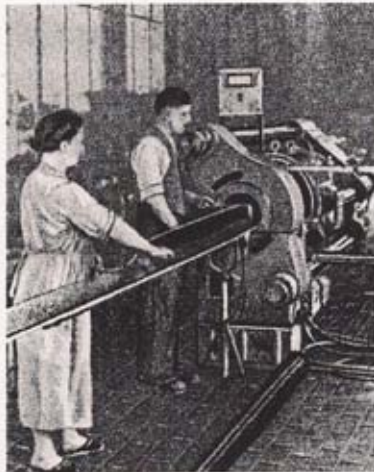
erforderliche Temperatur (200–220 °C) erreicht ist, wird die Puppe in den Stoffzylinder eingeführt und die Presse geschlossen. Sobald der Kopf der Kolbenstange die Puppe erreicht, wird mit 150 atü Wasserdruck langsam weitergedrückt. Es erfolgt nunmehr sofort durch Verstellen der drei Stellschrauben eine Zentrierung des Stüfes (Dorn), bis die Wandstärke an allen Punkten annähernd gleich ist und das Rohr das Bestreben hat, in der Achse des Stoffzylinders abzulaufen. Wenn dies der Fall ist, wird der Druck soweit erhöht, daß maximal eine Menge von etwa 750 g/min aus dem Stoffzylinder austritt und hierbei ein glattes, bla-



In Strangpressen wurden die aufgerollten Rohfolien auf ca. 220 °C erwärmt und dadurch plastisch verformbar

senfreies Rohr entsteht. Die bei der Einstellung und Zentrierung der Presse entstehenden heißen Abfälle werden sofort wieder dem Walzwerk 1 zur Einarbeitung in weitere Massen zugeführt."

Die Rohre wurden ohne weitere Kalibrierung und Kühlung ins Freie auf eine Winkelschiene gedrückt und lediglich von Hand abgezogen. Rohre mit mehr als 48 mm Ø wurden am austretenden Rohrende mit einem Stopfen verschlossen, durch den Druckluft als Stützluft zugeführt wurde, um das Zusammenklappen der warmen Rohre



Aus der Austrittsöffnung der Presse wurde das Rohr bis zum Erkalten in einer Rinne geführt [30]

zu verhindern. Nach zuerst 1,60 m, später 4,20 m, wurden die Rohre am Pressenausritt abgeschnitten und an der Luft abgekühlt (2-8 min). Danach wurden sie auf die Lieferlänge von 1,50 bzw. 4,00 m zugeschnit-

Anzeige



Während Muffen zum Verbinden der Rohre und Bögen für Richtungswechsel durch Erwärmen hergestellt werden konnten, mußten Abzweige...

ten. In den Jahren zwischen 1935 bis 1941 wurden in Bitterfeld PVC-U-Rohre von 5 bis 120 mm Außendurchmesser unter den Bezeichnungen „Igelit“ und „Vinidur“ hergestellt. 1941 wurden die Rohrdurchmesser auf 160 mm erweitert. Ende 1941 betrug die Kapazität der PVC-U-Rohrerzeugung der drei Produktionsstätten Bitterfeld, Troisdorf und Eilenburg bereits 480 bis 600 t/a bei Herstellungskosten von 101,45 RM pro 100 kg.

Eigenschaften und Anwendungsgebiete

Eine Produktbeschreibung charakterisiert die nicht eingefärbten hell- bis dunkelbraunen Rohre wie folgt:

„PVC-U-Rohre haben ein spezifisches Gewicht von 1,4 g/cm³; einen Erweichungspunkt von 80 °C bis 85 °C, eine Zugfestigkeit von ca. 500 kg/cm² und eine Dehnung von 15 bis 20 %. Das Material ist physiologisch einwandfrei, säure- und laugenbeständig, sowie beständig gegen Salzlösungen, Alkohole und Benzin. Es ist schwer entflammbar, ein guter elektrischer Isolator und ein schlechter Wärmeleiter.“

Die ersten hergestellten PVC-U-Rohre wurden bereits 1935 in Bitterfeld und Salzgitter verlegt, während deren Einsatz in den Werken der chemischen Industrie ab 1936 belegt ist. Die Anwendungsgebiete waren bewußt breit angelegt und beschränkten sich nicht auf Industrie-Rohrleitungen zur Förderung korrosiver Medien, sondern fanden auch in der Hauswasserinstallation sowie der Lebensmittelindustrie, in Brauereien und Schankanlagen, wo sie wegen ihrer physiologischen Unbedenklichkeit, der sehr

geringen Inkrustation und, bei transparenter Ausführung, einfachen visuellen Sauberkeitskontrollen einen begehrten Einsatz. Im Bereich der Wasserversorgung erfolgten die ersten Anwendungen als Hausinstallationen in den Jahren 1935-39 in den Werkswohnungen in Bitterfeld. In diesem Zeitraum wurden ca. 400 Wohnungseinheiten mit PVC-U-Rohren als Frischwasser- und Abwasserleitungen ausgestattet. In Steinfurth bei Wolfen wurde eine Trinkwasserleitung verlegt, die 1992 noch immer genutzt wurde. Weitere Verlegungen erfolgten in Salzgitter und von der I.G. im Wohnungsbau in Südwestdeutschland. Diese Rohrleitungen wurden mit Betriebsdrücken zwischen 3,5 und 6 bar betrieben [11].



... und Ventile aus mehreren Rohrstücken zusammengesetzt und mit Warmluft verschweißt werden

Einsatz im öffentlichen Bereich

Neben der I.G. Farbenindustrie, die sich aus Eigeninteresse um die Erschließung von Anwendungsgebieten für ihre PVC-U-Rohre bemühte, hatten auch die für die Trinkwasserversorgung zuständigen Wasserwerke schnell die positiven Eigenschaften des neuen Rohrwerkstoffes erkannt. So wurden zwischen 1936-1941 neben anderen bereits von den Wasserwerken in Leipzig, Dresden, Magdeburg, Berlin, Hamburg, Köln, Heidelberg und Wiesbaden Versuchsstrecken unterschiedlicher Größe verlegt.

Sie wurden mit Drücken bis zu 6 bar betrieben. Die Versuchsstrecken bewährten sich und auch zusätzlichen Belastungen, wie Druckstößen bis zu 18 bar mit einer Frequenz von zehn Druckwechseln pro Minute zeigten sie sich in Langzeit-Versuchen gewachsen. Durch die Einwirkungen des Krieges wurden viele dieser Versuchsstrecken zerstört. Die Installationen, die den Krieg unbeschädigt überstanden, sind aber teilweise bis heute noch ohne wesentliche

Beanstandungen in Betrieb. So z. B. in 480 Wohnungen in Mitteldeutschland, wie die 1938 verlegten Hausanschlußleitungen $d = 32$ mm im Netz der Berliner Wasserbetriebe sowie zumindest bis in die 60er Jahre die in Hamburg 1937 installierten Mipolam-Rohre $22,5 \times 1,6$ mm und $16,5 \times 1,6$ mm [10-14]. Mit Beginn des 2. Weltkrieges wurde dieser erfolversprechende Einsatz in der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung jedoch unterbrochen, weil der Einsatz von PVC-U im zivilen Bereich verboten wurde.

Verbindungen und Zubehör

Für den Einsatz der PVC-Rohre galt es, die einzelnen Rohre untereinander dauerhaft zu verbinden und auch Formstücke, sowie Armaturen zur Verfügung zu stellen. Rohrverbindungen und Bögen waren relativ leicht durch Warmformung herzustellen. Die Verbindung selbst erfolgte durch Verklebung und Verschweißung, die von A. Henning in Merseburg entwickelt war [15]. Schwieriger war die Herstellung von Fittings und Armaturen. Die ersten Formstücke wurden spangebend aus Blockmaterial herausgearbeitet. Später wurden Rohre verschiedener Durchmesser aufeinander geklebt oder geschruppft.

Sehr schnell wurde auch die Widerstandsfähigkeit des PVC-U gegen Chemikalieneinwirkung erkannt [17]. Insbesondere das gute Verhalten der Rohre gegen korrosive Chemikalien legte es nahe, die in Bitterfeld hergestellten Rohre in den angegliederten Chemiewerken einzusetzen. In einem Erfahrungsbericht der Filmfabrik Wolfen, wo fast 200 m Rohre verschiedenen Kalibers verlegt worden waren, heißt es:

„Igelitrohre werden im Anorganischen Labor seit etwa zwei Jahren verlegt. Angreifende Stoffe sind HCl jeder Konzentration, NaOH bis 20 %, SiCl_4 , NaCl-Lösung, Seewasser, destilliertes Wasser, Formalin und Salzsäure-Alkohol-Dämpfe. Die Rohre haben bisher in keinem Fall bezüglich ihrer chemischen Beständigkeit Anlaß zu Beanstandungen gegeben. Das Verlegen der Rohre läßt sich infolge der leichten Bearbeitbarkeit ohne Schwierigkeiten durchführen.“

Gleichzeitig wurden in den eigenen Laboratorien und in den staatlichen Instituten umfangreiche Untersuchungen zur physiologischen Unbedenklichkeit der Rohre vorgenommen. Das Institut für Gärungsgewerbe und Stärkefabrikation in Berlin kam beispielsweise im Jahre 1941 zu dem Ergeb-

nis: „Überraschenderweise liegt also in dem Vinidur-Material, das ja synthetischen, organisch-chemischen Ursprungs ist, ein Werkstoff vor, der selbst unter den angewandten, recht rigorosen Prüfbedingungen (lange Einwirkzeit, große Berührungsfläche, bezogen auf die Spirituosmenge usw.) keinerlei Beeinflussung der damit in Berührung stehenden Trinkbranntweine, Liköre und Spirit in verschiedenen Verdünnungsgraden zeigt und der seinerseits von diesen Spirituosen nicht merklich verändert wird.“



Probeschnitt durch ein Vinidur-Rohr, das 50 Jahre lang in Bitterfeld im Einsatz war und weder Inkrustationen noch Ablagerungen zeigt [14]

Nachdem auch die amtlichen Bestätigungen für die physiologische Unbedenklichkeit vorlagen, fanden die Igelit-Rohre schnell Verwendung.

Untersucht und genormt

Neben dem pragmatischen Vorgehen, daß der neue Werkstoff seine Qualität am besten unter realen Belastungen im praktischen Einsatz nachweisen könnte, wurde auf die Untersuchung der Werkstoffeigenschaften nicht verzichtet. Diese waren innerhalb weniger Jahre nahezu vollständig ermittelt, bis hin zur Temperaturabhängigkeit, der Gestaltfestigkeit und zu den Schweißbedingungen [19]. Umfangreiche „Beständigkeitslisten“ wurden erstellt [18]. Außerdem wurde erkannt, daß aus der Kurzzeit-

festigkeit nicht wie bei Metallen auf die Dauerstandfestigkeit geschlossen werden konnte, sondern durch zeit- und spannungsabhängige Untersuchungen die Zeitstandfestigkeit makromolekularer Werkstoffe zu ermitteln und dazu auch Innendruck-Versuche durchzuführen sind. Diese Untersuchungen waren schließlich die Basis für die Erstellung der 1. Normen DIN 8061 und 8062 für „Kunststoffrohre aus Polyvinylchlorid-Rohrtyp“, im Juli 1941. Leider wurden die systematischen Untersuchungen zur weiteren Entwicklung der

PVC-U-Rohre und die Verfolgung von deren praktischem Einsatz durch die Kriegs- und Nachkriegsjahre unterbrochen und wesentliche Aufzeichnungen vernichtet. So gibt es nur wenige Untersuchungen an Rohren aus den ersten zehn Jahren von 1935 bis 1945. Die durch die Initiative von Omniplast ermöglichten Untersuchungen an einer Reihe von zwischen 1936 und 1940 in Bitterfeld hergestellten Rohren zeigen aber, daß deren Zeitstandfestigkeit bei 60°C zwar unter der Zeitstandkennlinie der heutigen DIN 8061 liegt, aber nach etwa 53jährigem Einsatz in der Hauswasserinstallation in Bitterfeld ihre Restlebensdauer unter den dort üblichen Betriebsdrücken von 4 bis 5 bar noch mehr als 100 Jahre betragen dürfte [14]. Daneben ist besonders erwähnenswert, daß die Innenoberfläche der untersuchten Vinidurrohre nach über 50jährigem Einsatz noch frei von Inkrustationen und Ablagerungen ist.

Großtechnische Produktion

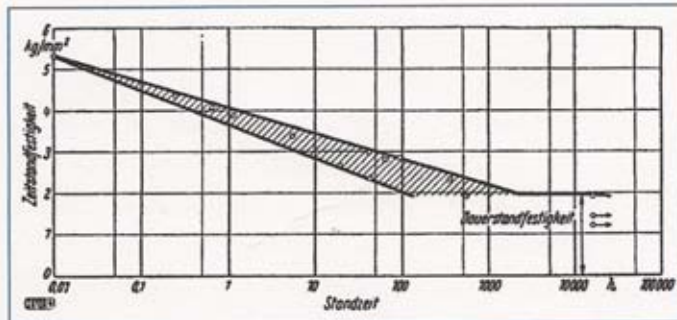
Mit dem nach dem Kriege einsetzenden Aufbau großer PVC-Polymerisations-Kapazitäten in USA, Westeuropa und Japan erlebte auch die Rohrerstellung einen Aufschwung. Ebenfalls von Bitterfeld ausgehend brachte die kontinuierliche Verarbeitung von Thermoplasten mit Extrudern einen entscheidenden Fortschritt gegenüber der diskontinuierlichen Produktion auf den Kolbenpressen.

Dabei gab es für die Kunststoffindustrie in Deutschland mehrere Probleme zu lösen. Mit der Auflösung der I.G. Farben wurde auch die 1935 gegründete „Kunststoffstelle“, in der die prüf- und anwendungstechnischen Fragen zusammengefaßt waren, aufgelöst. Aus der engen Zusammenarbeit und der gegenseitigen Ergänzung im

IG-Farben-Verband waren selbständige Unternehmen (BASF, Bayer, Hoechst, Hüls, Wacker, DN AG, RGCF) geworden, die sich nun als Wettbewerber gegenüberstanden. Dazu war Deutschland geteilt und die mitteldeutschen Werke völlig von den westdeutschen Werken abgeschnitten. Eine zusätzliche Belastung waren die starken Zerstörungen durch Kriegseinwirkungen. Beim Wiederaufbau waren die jetzt selbständigen Rohstoffhersteller und Kunststoffverarbeiter gezwungen, sich für ihre eigenen Interessen selbst neu zu organisieren und die früher zentralisierten Abteilungen Einkauf, Verkauf, Technik, Anwendungstechnik, Prüflabor, Kundendienst usw. selbst aufzubauen. Das führte andererseits zu einer intensiven Entwicklung neuer Produkte und Anwendungen. Es entstand eine enge Zusammenarbeit zwischen Kunststoffherzeugern, Verarbeitern und Maschinenbau. Dabei wurden die nach dem Krieg vorhandenen Engpässe phantasievoll überspielt. So wurden z. B. für die Zylinder der ersten Extruder die Rohre von Langrohrgeschützen eingesetzt. Die Schwierigkeiten in Deutschland werden dadurch charakterisiert, daß die Kunststoffproduktion – einschließlich Kautschuk – im Jahre 1952



Seit rund 40 Jahren werden Kunststoffrohre einem Innendruck-Zeitstandsversuch unterworfen [14]



Zeitstands- und Dauerstandfestigkeit von Vinidur-Rohr nach Langzeitversuchen an Probekörpern [19]

ca. 100 000 t betrug, während sie 1938 bereits ca. 300 000 t betragen hatte und in den USA ca. 1 750 000 t aufwies.

Zeitstandsversuche

Um 1950 wurden an den immer noch allein auf dem Markt befindlichen PVC-U-Rohren Zeitstand-Innendruckversuche, wenn zunächst auch nur bei Normaltemperatur, aufgenommen. An der Systematisierung der Versuche waren maßgeblich auch Holland mit der KIWA, England und die USA beteiligt. Die Frage der Wasserleitungsbetreiber nach einer Gebrauchstauglichkeit von 50 Jahren war aber mit diesen Zeitstandsversuchen nur ungenügend zu beantworten. Der Durchbruch in der Ermittlung des Langzeitverhaltens von Rohren aus thermoplastischen Kunststoffen, der die ingenieurtechnische Berechnung von Kunststoffrohrleitungen und deren Betriebsbedingungen ermöglichte, gelang erst, als die Farbwerke Hoechst mit der Entwicklung von Polyethylen-Rohren begannen. So wurde bei der Untersuchung von PE-hart erkannt, daß erst Versuche bei höheren Temperaturen eine sichere Extrapolation der Zeitstand-Innendruckversuche in vertretbaren Prüfzeiten gestatten. 1955 wurde dann eine Arbeitsgruppe im Fachnormenausschuß Kunststoffe des DIN gebildet, der Vertreter der Rohstoffherzeuger, der Rohrhersteller, der Anwender (DVGW) und der Verleger (ZVSKH) angehörten. In diesem Ausschuß wurden ab 1956 gemeinsame Zeitstand-Innendruckversuche bei 20 bis 80 °C an Rohren aus PVC-U, PE-weich und PE-hart aufgenommen [20–25]. Die umfangreichen Gemeinschaftsversuche ermöglichten es, ein geeignetes Extrapolationsverfahren anzugeben, mit dem die zulässigen Belastbarkeitsgrenzen für die 50jährige Gebrauchstaug-

lichkeit ermittelt werden konnten. Darüber hinaus wurden auch die von den Eigenschaften der verschiedenen Rohrwerkstoffe abhängigen Sicherheitsbeiwerte festgelegt und die zur Qualitätssicherung der Rohre erforderlichen Mindeststandzeiten zur Einhaltung der Zeitstandkurven bestimmt. Aus dieser Initiative entstanden 1957 die ersten entsprechenden Merkblätter des DVGW. Eine breitere Basis erhielten diese Arbeiten durch die ISO/TC 5/SG 6 „Kunststoff-Rohre“, in der sich insbesondere die Mitarbeiter aus Holland, England und den USA mit dem Problem der Innendruckprüfungen an Kunststoffrohren beschäftigten.

Kunststoff boomt

Da in Deutschland der Einsatz von Kunststoffrohren stark zunahm, gründeten die Kunststoffrohrhersteller zur Zusammenfassung ihrer Interessen 1957 den Kunststoffrohrverein. Als Ergebnis von dessen Aktivitäten erschienen 1960 die überarbeitete Fassung der DIN 8061 für PVC-U-Rohre und die Neufassungen der DIN 8073 für PE-weich und DIN 8075 für PE-hart Rohre. Damit erhielten die Anwender und Rohrleitungsbetreiber Kunststoffrohre mit berechenbaren Eigenschaften und gleichbleibender Qualität. Damit begann der routinemäßige Einsatz von PVC-U-Rohren in der Wasserver- und -entsorgung. In den Jahren von 1950–1970 wurden nicht nur alle heute im Einsatz befindlichen Rohrwerkstoffe aus anderen Kunststoffen entwickelt, sondern auch die Weiterentwicklung der PVC-U-Rohre vorangebracht. Zunächst wurde

das Emulsions-PVC durch das Suspensions-PVC abgelöst. Die zulässigen Betriebsspannungen wurden von 4,5 über 6,0 auf 10,0 N/mm² gesteigert, die Rohrdurchmesser von 160 mm auf 1600 mm erweitert. Die Spritzgusstechnik konnte Fittings und Armaturen fast aller Art bis zu 300 mm für Druckrohre bzw. 600 mm für Abwasserkanäle und -leitungen zur Verfügung stellen. Die Anwendungsbereiche wurden vom Druckrohr auf Abwasser, Kabelschutz, Drain-, Filter- und Sickerrohre erweitert. Durch Rohre mit profilierter Wandung können PVC-Rohre mit bis zu 3000 mm Durchmesser hergestellt werden. Auch in der Gasversorgung finden PVC-U-Rohre Verwendung. Da auch die Rohstoffentwicklung Fortschritte machte, konnten PVC-Typen mit erhöhter und hoher Schlagzähigkeit auch für den Rohrsektor zur Verfügung gestellt werden. Und mit dem bereits 1931 entdeckten nachchlorierten PVC-C fand das Polyvinylchlorid auch Eingang in den Warmwasserssektor.

Aufgrund der über 60jährigen praktischen Erfahrung und der intensiven Untersuchungen kann heute gesagt werden, daß PVC-U-Rohre sowohl in der Frischwasserversorgung als auch in der Abwasserentsorgung eine Lebenserwartung von über 100 Jahren aufweisen. Dies wird von inzwischen über 40 Jahre laufenden Zeitstandindendruckversuchen untermauert [27]. Es ist daher unverstänlich, daß seit den 80er Jahren dem Einsatz von PVC-Rohren und anderen PVC-Erzeugnissen politische Schwierigkeiten bereitet werden und selbsternannte sogenannte Umweltschützer und Ökologen ein Verbot dieses am umfassendsten und am besten untersuchten Werkstoffes betreiben. Vielmehr bleibt zu hoffen, daß der Einsatz und die Weiterentwicklung von PVC und dessen Erzeugnissen in Zukunft wieder sachlich und wissenschaftlich beurteilt wird.

Literatur

- [1] Regnault, V.H.: Liebigs Ann. Chemie 14 (1835), 28, 34;
- [2] Keltz, O.: So fing es an; Kunststoffe 75 (1985), 1, S. IX-XX;
- [3] Staudinger, H.: Ber. Dt. chem. Ges. 53 (1920), 1073; Helv. chim. Acta 5 (1922), 785; Liebigs Ann. Chemie 145 (1929), 474; Ber. Dt. chem. Ges. 59 (1926), 3019;
- [4] Klatte, F.: DRP 278249 (1912) Verfahren zur Darstellung von Halogenwasserstoff, Additionsprodukten des Acetylens; DRP 281 877 (1913) Verfahren zur Herstellung einer auf Hornersatz, Filme, Kunstfilmen, Lacke und dergleichen verarbeitbaren Masse.;
- [5] Fickentscher, H.: DRP 634 408 (1930);
- [6] Wick, G.; Schönburg C.: DRP 651 878 (1935); DRP 596 911 (1932);
- [7] F. Gajewski, P. Esselmann, H. Rein; Entwicklung von PVC-C-Fasern in Wolfen;
- [8] Wick, G.: DRP 681 026 (1934)
- [9] Wick, G.: DRP 696 147 (1935); DRP 697 919 (1936); DRP 699 909 (1936);
- [10] Schönburg, Wick, Hoff, Kittler, Grassl, Wippenhohn, Hauffe, Niendorf, Ulrich, Hoff: Interne Mitteilungen der IG Farben AG, Bitterfeld;
- [11] Wippenhohn H, Jungnickel H, H. Pischke: PVC-Rohrleitungen in Krekeler, Wick: Kunststoff-Handbuch Bd II Teil II/2 PVC, Hanser Verlag, München, 1963;
- [12] H. Lindner: Werkstoffe für Trinkwasserleitungen, KRV-Nachrichten 3/83, 4-5
- [13] W. Müller, E. Ant: Geschichte der Kunststoffrohre, Kunststoffrohr-Handbuch 3. Aufl., Vulkan-Verl. Essen, 1997, S. 1-5
- [14] E. Nowack, E. Barth, I. Otto, E.W. Braun: 60 Jahre Erfahrungen mit Rohrleitungen aus PVC-U, KRV-Nachrichten 1/95, 2-14;
- [15] A. Henning: DRP 739 340, 1938; Das Schweißen thermopl. Kunststoffe; Kunststoffe 32 (1942) 103, 183
- [16] G. Wick, A. Hoff: Kunststoffe 32 (1942), 137 (Schlagpreßverfahren); G. Wick, A. Kittler: Kunststoffe 34 (1944), 155 (Schlagpreßverfahren);
- [17] H. Lutz: Mipolam-Rohre, ein neuer Baustoff für Rohrleitungen, Kunststoffe 27 (1937) 3, 88-83;
- [18] W. Krannich: Kunststoffe im Korrosionsschutz J.F. Lehmanns Verl. München-Berlin 1943; Kunststoffe 31 (1941) S. 192-194; Chemische Fabrik 13 (1940) S. 233-237; Kunstseide und Zellwolle 6 (1941) S. 201-206;
- [19] W. Buchmann: VDEZ, 84 (1940) S. 425-431; Forschung Ing. Wesen 12 (1941) S. 174-181; Kunststoffe 30 (1940) S. 357-365;
- [20] K. Richard, G. Diedrich: Kunststoffe 45 (1955), S. 429-33; Kunststoffe 46 (1956), 5, S. 183-190;
- [21] K. Richard, E. Gaube, G. Diedrich: Kunststoffe 49 (1959) 19, S. 516-525;
- [22] E. Nilsann, O. Umminger: Kunststoffe 49 (1959) 3, S. 113-116;
- [23] H. Niklas, K. Eißländer: Kunststoffe 49 (1959) 3, S. 109-113;
- [24] K. Richard, R. Ewald: Kunststoffe 49 (1959) 3, S. 116-120;
- [25] E. Gaube, G. Diedrich, W. Müller: Kunststoffe 66 (1976) 1, S. 2-8;
- [26] DVS: DVS Merkblatt 2205 Teil 1, Anhang S. 15, DVS Verl. Düsseldorf 1987;
- [27] E. Barth: Das Langzeitverhalten von Rohren aus PVC-U, 3R international 31 (1992) Nr. 5; Das Langzeitverhalten von Trinkwasser-Versorgungsrohren aus PVC-U, KRV-Nachrichten Nr. 1, 1993;
- [28] F. Kainer: Polyvinylchlorid und Vinylchlorid Mischpolymerisate, Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1951;
- [29] K. Krekeler, G. Wick: Kunststoff-Handbuch Band II, Teil 1 und Teil 2, „Polyvinylchlorid“ Carl Hanser Verlag München 1963;
- [30] F. Runge: Einführung in die Chemie und Technologie der Kunststoffe, Akademie Verl. Berlin 1959;
- [31] R. Hoorwink, A.J. Stavermann: Chemie und Technologie der Kunststoffe, Bd. I, Akademische Verlagsanstalt Leipzig 1962;
- [32] H. Domininghaus: Die Kunststoffe und ihre Eigenschaften, VDI-Verlag Düsseldorf 1992;
- [33] KRV, Bonn: Kunststoffrohr-Handbuch, 3. Aufl.; Vulkan Verlag Essen, 1997
- [34] E. Barth, v. Wehrenalp, H. J. Sächling: Jahrhundert der Kunststoffe in Wort und Bild, Econ Verlag GmbH, Düsseldorf, 1952; □