

# PVC-Taschenbuch

Bearbeitet von  
Eckhard Röhrl

1. Auflage 2007. Buch. X, 185 S. Hardcover

ISBN 978 3 446 40380 2

Format (B x L): 14,6 x 21,5 cm

Gewicht: 388 g

[Weitere Fachgebiete > Technik > Verfahrenstechnik, Chemieingenieurwesen, Lebensmitteltechnik > Technologie der Kunststoffe und Polymere](#)

Zu [Inhaltsverzeichnis](#)

schnell und portofrei erhältlich bei



Die Online-Fachbuchhandlung beck-shop.de ist spezialisiert auf Fachbücher, insbesondere Recht, Steuern und Wirtschaft. Im Sortiment finden Sie alle Medien (Bücher, Zeitschriften, CDs, eBooks, etc.) aller Verlage. Ergänzt wird das Programm durch Services wie Neuerscheinungsdienst oder Zusammenstellungen von Büchern zu Sonderpreisen. Der Shop führt mehr als 8 Millionen Produkte.

HANSER

Eckhard Röhrl

# PVC-Taschenbuch

ISBN-10: 3-446-40380-9

ISBN-13: 978-3-446-40380-2

Leseprobe

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser.de/978-3-446-40380-2>

sowie im Buchhandel

### 5.4.7.2 Thermoplastische Bearbeitung

Die thermoplastische Bearbeitung des Profils besteht im Biegen und Schweißen.

#### Das Biegen

Die meisten Fenster sind rechteckig bzw. quadratisch mit geraden Schenkeln. Für architektonische Sonderwünsche können auch PVC-Fenster mit Bögen und Halbkreisen hergestellt werden. Die Profile dafür werden vor dem Verschweißen in einem Bad aus Glyzerin oder Di-ethylenglykol bei einer Temperatur von ca. 120 bis 130 °C etwa 2 min. lang erwärmt und in eine dem gewünschten Bogen entsprechende Schablone hineingezogen und dabei verformt. Nach dem Abkühlen des Profils, je nach Größe und Geometrie des Profils 6 bis 10 min., wird dieses aus der Form entnommen. Dann können Rahmen und Flügel des Fensters in der üblichen Weise durch Verschweißen der Profilabschnitte hergestellt werden.

#### Das Heizelementschweißen

Die Schenkel von Rahmen und Flügel werden im Verfahren des Heizelementschweißens miteinander verbunden. Eine Ausnahme bildet der Pfosten, der meistens aus Gründen der Stabilität mit den Schenkeln verschraubt wird. Wollte man einen Pfosten (senkrecht) oder einen Riegel (waagerecht) im Fenster einschweißen, müsste ein Teil des tragenden Profils ausgeklinkt werden, was der Stabilität des gesamten Fensters schadet. Die geschweißten Rahmen und Flügel passen, mit den notwendigen Toleranzen, genau zueinander, so dass sich die Fenster im Sommer und im Winter bequem öffnen und schließen lassen und dass sie stets gegen Wind und Schlagregen dicht sind. Die PVC-Fenster sollen streng nach Aufmaß, d. h. entsprechend dem zu verschließenden „Loch in der Mauer“ hergestellt werden. Daher gleicht nur selten ein Fenster exakt in der Größe dem anderen. Das bereitet allerdings – zumindest theoretisch – überhaupt keine Schwierigkeiten.

Das am Bau genommene Aufmass des Fensters wird beim Fensterbauer elektronisch verarbeitet, so dass die genauen Maße für die PVC-Profile plus „Abbrand“, die Aussteifungsprofile und die Glasscheiben errechnet werden. Wenn die Glasscheibe bestellt wird, geht parallel dazu der Auftrag zum Zuschneiden der PVC- und der Stahlverstärkungsprofile in die Fensterfertigung. Um Komplikationen beim Schweißen zu vermeiden, sind die Stahlprofile mindestens 25 mm kürzer als die kürzeste Seite (Gehrung) des jeweiligen PVC-Profil. Nach dem Anbringen der Belüftungs- und Entwässerungsschlitzte werden die Aussteifungen in die Profile geschoben und in der Regel verschraubt. Die so vorbereiteten PVC-Profile gehen nun zur Schweißstation.

Die für die Herstellung von maßgenauen Fenstern verwendeten Schweißmaschinen haben einen hohen technischen Stand und müssen sehr zuverlässig arbeiten.

Die Anforderungen an diese Maschinen und das Verfahren sind in der DVS 2207 T 25 (DVS = Deutscher Verband der Schweißer) festgelegt. An dieser Stelle soll daher nur auf die wichtigsten Punkte, die beim Schweißen von PVC-Fensterprofilen zu beachten sind, eingegangen werden. Die meisten Probleme entstehen durch falsch eingestellte Temperaturen, große Differenzen zwischen Soll- und Ist-Temperaturen, falsche Anwärm- und Fügezeiten und durch falsch eingestellte Drücke am Schweißautomaten (Tabelle 16). Es ist daher zweckmäßig und notwendig, dass zu Beginn einer jeden Schicht im Fensterbaubetrieb die Funktionen der Automaten peinlich genau kontrolliert werden. Dabei ist auch zu beachten, dass innerhalb eines Profilprogramms auf Basis des gleichen Werkstoffes bei unterschiedlichen Profilquerschnitten wegen der begrenzten Wärmekapazität der Schweißspiegel auch mit unterschiedlichen Spiegeltemperaturen gearbeitet werden muss.

**Tabelle 16:** Die häufigsten Probleme beim Schweißen

Problem	mögliche Ursache	mögliche Maßnahme
Schweißraupe ist verfärbt	Schweißspiegel zu heiß Anwärmzeit zu lang	Temperatur korrigieren Zeit verkürzen
Eckfestigkeit zu gering	Spiegeltemperatur nicht korrekt  Temperatur der Schweißraupenbegrenzung zu tief	Temperatur korrigieren  Temperaturen korrigieren
	Fügedruck zu hoch Gehrungswinkel ungenau	Druck korrigieren Schnittwinkel an der Gehrungssäge prüfen
	Spiegel falsch eingestellt Gasblasen in der Schweißnaht	Spiegel justieren Profile trocknen
	Profile zu kalt (Kondensat)  Profil schlecht plastifiziert	Profile mindestens 24 h konditionieren Profilherstellung optimieren
	Plate-out in der Düse	Rezept oder Verarbeitungsbedingungen optimieren
Abbrandreste in der Schweißnaht	Folie auf dem Schweißspiegel verschmutzt	Folie erneuern

### Allgemeingültige Vorgaben:

- Temperatur am Schweißspiegel: 245 bis 255 °C
- Temperatur der Schweißraupenbegrenzer: 45 bis 55 °C
- Anwärmzeit für das Profil: 20 bis 25 s
- Fügezeit: 30 bis 50 s
- Fügedruck (Druck in der Schweißnaht): 0,5 bis 1,0 N/mm<sup>2</sup>

In der Schweißstation werden die gekennzeichneten Profile in einen Mehrkopf-schweißautomaten eingelegt und computergesteuert zu den Rahmen verschweißt. In den daran angeschlossenen Putzstationen werden die Schweißraupen abgeschnitten und die Schweißwülste werden, wo notwendig, mit Fräsern und Stech-eisen entfernt.

Hinsichtlich der oft diskutierten Arbeitshygiene beim Schweißen von PVC-U-Fensterprofilen ist das Folgende festgestellt worden. Beim Heizelementschweißen von PVC-Fensterprofilen wird monomeres Vinylchlorid nicht freigesetzt und stellt daher kein gesundheitlich bedenkliches Risiko dar. Die unmittelbar am Schweiß-automaten freigesetzten Mengen an Chlorwasserstoff liegen weit unter dem zulässigen MAK-Wert von 5 ml/m<sup>3</sup> und auch deutlich unter der Wahrnehmungsschwelle. Dioxine werden bei den üblichen Schweißtemperaturen nicht gebildet und auch nicht freigesetzt.

Werden PVC-U-Fensterprofile sachgemäß verarbeitet, ist daher keine gesundheitliche Beeinträchtigung für die mit diesen Arbeiten betrauten Menschen zu erwarten.

Seit neuestem wird als thermoplastische Verbindungsmethode das „multiorbitale Reibschweißen“ vorgeschlagen. Das Reibschweißen an sich ist eine seit vielen Jahren für Kunststoffe bewährte Verbindungsmethode. Bei Profilen, speziell bei PVC-Fensterprofilen, konnte dieses Verfahren bisher wegen der komplizierten Profilquerschnitte nicht angewendet werden. Mit dem Multiorbitalverfahren soll es angeblich problemlos funktionieren. Dabei wird die notwendige Schmelzwärme durch multiorbitales Reiben unter Druck direkt in das zu verschweißende Material eingebracht. Anschließend lässt man die Profilstücke unter Druck auskühlen. Ob sich dieses Verfahren für PVC-Profile durchsetzt, muss sich erst noch zeigen.

### 5.4.7.3 Kleben von PVC-Fensterprofilen

Die heute übliche und materialgerechte Verbindung von Fensterprofilen ist die thermoplastische Verschweißung. Teile aus gepropften PVC und PVC können aber auch sehr gut miteinander verklebt werden.

Durch die folgenden Richtlinien und Normen ist das Verkleben von PVC-U-Teilen geregelt:

- VDI-Richtlinie 3821 9/78 Kleben von Kunststoffen
- VDI-Richtlinie 2534, Blatt 1, Oberflächenschutz mit Folien
- DIN 16970, Klebstoffe zum Verbinden von Rohren aus PVC-U Gütegem. Kunststoffrohre, Richtlinie R 1.1.7
- DVS-Merkblatt 2204, Kleben von thermoplastischen Kunststoffen

Bei PVC-Fenstern werden hin und wieder Wetterschenkel und Rollladenlaufschienen mit den Hauptprofilen des Fensters verklebt. Das Verkleben der Verglasungsklötzte im Glasfalte des Flügelprofils hat sich auch bewährt; die Klötzte bleiben dann auch beim Transport der Fenster dort wo sie sein sollen. Dieses Verfahren wird jedoch wegen des zusätzlichen Zeitaufwandes nicht immer angewendet.

Für die Verklebungen werden üblicherweise lösemittelhaltige Kleber verwendet, da diese aus nur einer Komponente bestehen und verarbeitungsfertig in Dosen oder Tuben lieferbar sind. Es werden auch Mehrkomponentenkleber für diesen Sektor angeboten, sie haben sich jedoch wegen des aufwendigeren „Handling“ und wegen der begrenzten Topfzeiten nicht durchsetzen können. Die Verarbeitung der Einkomponentenkleber ist einfach. Die zu verklebenden Flächen werden nach dem Reinigen – jede für sich – dünn mit Kleber bestrichen und sofort zusammengefügt. Aus der Klebestelle heraustretende Kleberreste sollen sofort vollständig entfernt werden, da sich Kleber bei direkter Belichtung und Bewitterung deutlich anders verfärbten als das PVC-Profil. Die Klebestelle erreicht binnen weniger Stunden ihre volle Festigkeit.

Die im Folgenden genannten Firmen bieten für PVC-U geeignete Kleber an (Auswahl):

- Henkel KG aA, Düsseldorf
- Helmitin-Werke, Pirmasens
- Bostik GmbH, Oberursel
- Isar-Rakoll, München
- Kömmerling, Chemische Werke, Pirmasens
- 3M Deutschland GmbH, Neuss.

#### 5.4.7.4 Reinigen von PVC-Fensterprofilen

Die PVC-Fensterrahmenprofile werden üblicherweise zusammen mit den Glasscheiben mit den dafür üblichen Reinigungsmitteln sauber gehalten. Aus verschiedenen Gründen kann es notwendig werden, dass die Fensterrahmenprofile gesondert gereinigt werden müssen. Dabei sollte bei der Auswahl des geeigneten Reinigungsmittels in der folgenden Reihenfolge vorgegangen werden:

- klares Wasser,
- Wasser mit Haushaltsreiniger,
- Haushaltsreiniger „pur“,
- Spiritus,
- Waschbenzin,
- spezieller Kunststoff-Fensterreiniger, Lösemittel-frei,
- Kunststoffreiniger Lösemittel-frei,
- Lösungsmittel wie z. B. THF, Methylenchlorid, Aceton, Cyclohexanon, MEK, Essigester.

Als Lösemittel für PVC werden z. B. Ester, Aromaten, Ketone und Halogenkohlenwasserstoffe verwendet.

*Es soll an dieser Stelle aber ganz deutlich darauf hingewiesen werden, dass die Behandlung von PVC-Fensterprofilen mit einem Lösemittel für den Laien verboten ist.*

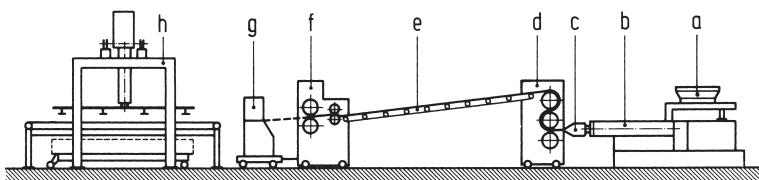
PVC-Profiloberflächen, die mit einem Lösemittel behandelt wurden, haben eine deutlich schwächere Witterungsbeständigkeit als die unbehandelten Oberflächen. Jeder Einfluss von Lösemitteln wird daher früher oder später am bewitterten Teil durch Verfärbung und/oder Fleckenbildung unangenehm deutlich sichtbar. Lösemittel dürfen daher nur von einem Fachmann und auch dann nur unter größter Vorsicht angewendet werden, wenn alle anderen Mittel versagten.

Einen besonderen Fall von Verunreinigungen stellen Bleistifstriche dar. Diese Striche werden oft aus Gedankenlosigkeit bei Herstellung und Montage der Fenster auf den Hauptprofilen angebracht. Hier hilft stets, da alle üblichen Reinigungsmittel versagen, ein Radiergummi.

Kleine Kratzer auf den Sichtflächen der Profile kann man mit einer Lammfellrolle wegpoliieren, oder mit einer Schwabbelpaste, wie sie z. B. beim Beipolieren von Automobilslacken verwendet wird. Tiefere Kratzer werden mit einer Sisalrolle egalisiert und dann mit der Lammfellrolle poliert.

## 5.5 Extrusion von Platten, Bahnen und Folien

Platten aus PVC-U und PVC-P werden im Bauwesen, im Elektro- und Werbesektor und im Maschinen- und Apparatebau verwendet. Sie werden sowohl transparent als auch gedeckt pigmentiert im Extrusionsverfahren gemäß Bild 14 hergestellt. Die PVC-Formmasse wird entweder aus dem Dryblend oder aus Granulat auf großen Kaskaden- oder Doppelschneckenextrudern plastifiziert. Dabei wird die gut homogenisierte Formmasse in einer Breitschlitzdüse bis zu einer Breite von 2000 mm, in Ausnahmefällen bis zu 3000 mm ausgeformt, auf einem temperierbaren Walzwerk geglättet und gekühlt. Die Ränder der Platte werden beschnitten und anschließend werden die Platten auf die gewünschte Länge geschnitten und gestapelt. Auf speziellen Nachfolgeeinrichtungen können die Platten gewellt und/oder biaxial gereckt werden. Diese Platten können je nach Düsenkonstruktion eine Dicke von 0,2 bis zu 25 mm haben.



**Bild 14:** Prinzip einer Platten-Extrusionsanlage

a: Dosiergerät, b: Extruder, c: Breitschlitzdüse, d: Glättwerk, e: Rollenbahn, f: Plattenabzug, g: Quertrenneinheit, h: Plattenstapler

(aus: Becker/Braun: Kunststoffhandbuch 2/2 Polyvinylchlorid, Carl Hanser Verlag)

PVC-Platten werden als

- kompakte,
- geschäumte,
- coextrudierte

Platten hergestellt.

*Kompakte Platten* sind thermoformbar; sie haben glatte, geschlossene Oberflächen und sie sind witterungs- und korrosionsbeständig. Ihre spektakulärste Anwendung sind große tiefgezogene Fassadenelemente, die sich durch ihre einfache Montage, ihre hohe Witterungsbeständigkeit, Pflegeleichtigkeit und ihre durch die Bombierung bedingte Temperaturunempfindlichkeit gerne für großflächige Fassaden an Büro-Technikums- und Laborgebäuden genommen werden. Sie werden auch im Maschinen-, Elektro- und Gehäusebau und auf dem Werbesektor gerne verwendet.

*Geschäumte Platten* werden entweder direkt aus Integralschaum oder im Coextrusionsverfahren hergestellt. Sie werden gerne wegen ihrer hohen Steifigkeit, ihrem niedrigen Volumengewicht, wegen ihren Isoliereigenschaften und wegen ihrer leichten, holzähnlichen Bearbeitbarkeit verwendet. Während der Coextrusion kann man den Außenschichten außerdem noch spezielle Eigenschaften (Farbe, Beständigkeit etc.) mitgeben.

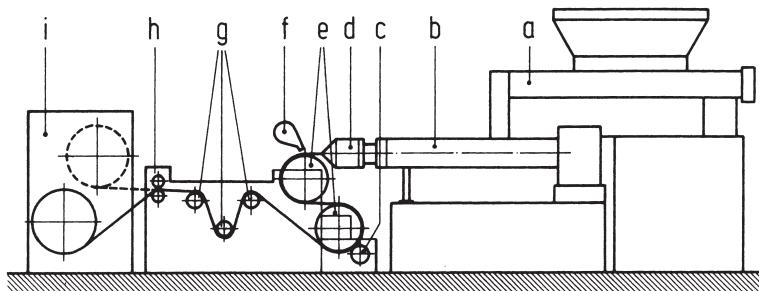
Eine weitere Möglichkeit, Platten mit speziellen Eigenschaften aus PVC-U herzustellen ist das Pressen aus Folien oder Walzfolien. Dieses Verfahren ist für die Herstellung großer Mengen nicht wirtschaftlich, es beinhaltet jedoch die Möglichkeit, kleine Aufträge sehr flexibel abzuwickeln. Auf diesem Wege erzeugt man Platten aus nachchloriertem PVC (C-PVC), die sich durch besonders hohe Chemikalienbeständigkeit und Wärmeformbeständigkeit im Dauergebrauch auszeichnen. Sie werden daher gerne für den chemischen Apparatebau verwendet. Ebenso werden hochtransparente Platten mit besonders glatten und brillanten Oberflächen für Zeichengeräte oder Sichtfenster oder mehrfarbige Schichtplatten für Werbezwecke erzeugt. Diese Platten werden in Etagenpressen in Größen von  $1000 \times 2000$  mm und Dicken bis zu 100 mm gefertigt.

Die so genannten PVC-U-Stegdoppel- und -dreifachplatten sind, korrekt betrachtet, großflächige Profile und werden auch nach dem Verfahren der Profilextrusion erzeugt. Platten und dicke Folien aus PVC-P werden auch im Extrusionsverfahren gemäß Bild 14 erzeugt, man verwendet sie besonders gerne für Schwing- und Rolltore, die den Durchgang von Tageslicht gestatten, aber gegen kalte oder warme Zugluft schützen. Diese Tore haben sich besonders in Gebäuden mit Staplerbetrieb bewährt, da man leicht erkennt, was sich hinter dem Tor abspielt. Weiterhin werden Fußbodenbeläge als PVC-P-Platten hergestellt. Besonders hochwertige Fußbodenbeläge werden auch im Pressverfahren (s. o.) erzeugt.

Ähnlich wie die Platten können auch im Chill-Roll-Verfahren Flachfolien aus PVC-U und PVC-P hergestellt werden. Dabei werden die Folien vom Extruder durch eine spezielle Breitschlitzdüse gepresst und dann auf gekühlten Walzen abgezogen und aufgewickelt (Bild 15).

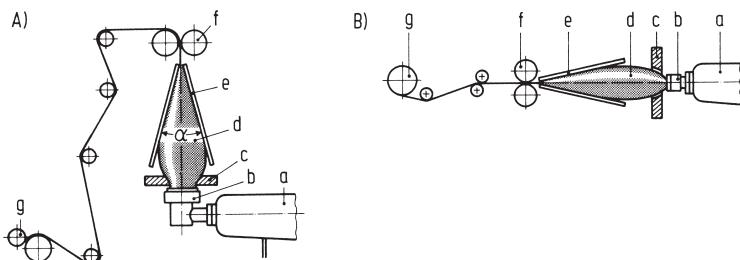
Dünne Folien aus PVC-U und PVC-P kann man auch als Blasfolie herstellen. Bei diesem Verfahren wird über eine spezielle Ringdüse ein Schlauch extrudiert, der mit Druckluft zu einer dünnen Folie aufgeblasen und nach dem Abkühlen, das in der Regel mit Luft geschieht, aufgerollt wird (Bild 16).

Besondere Bedeutung haben diese Verfahren bisher nicht erlangt, da die meisten PVC-Folien auf Kalandern (s. nächstes Kapitel) erzeugt werden.



**Bild 15:** Prinzip einer Flachfolien-Extrusionsanlage

a: Schnecken-Dosiergerät, b: Extruder, c: Gummi-Andruckwalze, d: Folien-Breitschlitzdüse, e: Chill-Roll-Walzen, f: Luftrakele, g: Umlenkwalzen, h: Schneidvorrichtung, i: Folienwickler  
(aus: Becker/Braun: Kunststoffhandbuch 2/2 Polyvinylchlorid, Carl Hanser Verlag)



**Bild 16:** Prinzip der Blasfolienfertigung

A) vertikale, B) horizontale Arbeitsweise  
a: Extruder, b: Blaskopf, c: Kühlring, d: Folienschlauch, e: Flachlegevorrichtung mit dem Öffnungswinkel a, f: Quetschwalzenpaar, g: Folienwickel  
(aus: Becker/Braun: Kunststoffhandbuch 2/2 Polyvinylchlorid, Carl Hanser Verlag)

## 5.6 Kalandrieren

Von allen Thermoplasten ist PVC mit und ohne Weichmacher mit Abstand das am häufigsten verwendete Material für die Verarbeitung auf Kalanderfolien aus PVC-U und PVC-P werden geografisch gesehen aus historischen Gründen sehr unterschiedlich verwendet. Die ersten industriell gefertigten PVC-Hartfolien wurden in Deutschland aus E-PVC nach dem Luvithermverfahren (s. u.) hergestellt. Nachdem Jahre später geeignete Stabilisierungen für die Herstellung von Hartfolien aus S-PVC nach dem Hochtemperatur-Verfahren entwickelt worden waren, konnten diese auch nach diesem (HT-Verfahren) kalandriert werden. Da es in den USA zunächst nur S-PVC gab, wurden dort wegen der unzureichenden Stabilisierbarkeit

von PVC-U zunächst nur PVC-Weichfolien auf Kalandern hergestellt. Daher hat die Verwendung von PVC-Hartfolien in Europa und in Japan einen wesentlich höheren Stellenwert als in den USA. Heute werden in Europa etwa 90 % aller PVC-Folien (harte und weiche) kalandriert, weil sich das PVC wegen seines breiten Plastizitätsbereichs besonders gut für die Verarbeitung auf Walzen eignet und weil die PVC-Folien auf modernen Kalandern in ausgezeichneter Qualität, hoher Produktionsleistung und Wirtschaftlichkeit hergestellt werden können.

Die gesamte Kalanderanlage besteht aus mehreren Maschineneinheiten, die in Reihe geschaltet sind:

- Mischanlage,
- Vorplastifizierung,
- Kalander,
- Nachfolgeeinrichtungen wie Veredelungs- und Kaschiereinrichtungen,
- Aufwickelung.

Diese einzelnen Maschineneinheiten müssen für eine wirtschaftliche Produktion optimal aufeinander abgestimmt sein.

Die Bedeutung des Mischprozesses für PVC-Formmassen im Hinblick auf die spätere Verarbeitung wurde bereits im Kapitel „Compounds“ erläutert. Das Beschicken des Kalanders mit vorplastifizierten PVC ist ein ebenso bedeutender Verfahrensschritt. Er erfolgt entweder mit „Bändern“, die kontinuierlich von einer Mischwalze oder einem Extruder abgenommen werden, oder diskontinuierlich mit „Brocken“ aus dem Kneter bzw. dem Extruder. Die kontinuierliche Beschickung des Kalanders hat den Vorteil, dass es weder zu großen Differenzen bei der Verweilzeit des Materials am ersten Walzenspalt kommt, noch dass zu starke Druckschwankungen zu unerwünschten Dicken toleranzen führen, daher werden heute fast alle modernen Kalanderanlagen mit dem vorplastifizierten PVC kontinuierlich beschickt.

Bei den Kalandern gab es früher die unterschiedlichsten Bauformen mit jeweils 4, 5 oder 6 Walzen in unterschiedlicher Anordnung. Heute haben sich die L- oder F-Kalander mit 4 oder 5 Walzen durchgesetzt (Bild 17). Stand der Technik sind heute Anlagen mit Walzenbreiten von mehr als 2,5 m und Durchmessern bis 0,5 m.

Alle Walzen sind hinsichtlich ihrer Drehzahl, Temperatur und Stellung separat ansteuerbar, wegen der Dickensteuerung der Folie sind sie vertikal und schräg verstellbar und exakt temperierbar.

Das Prinzip des Kalanders nach dem Hochtemperatur (HT)-Verfahren beruht darauf, dass plastifiziertes PVC immer von der kühleren zur heißeren und von der langsameren zur schnelleren Walze läuft (Bild 18). Auf diese Art werden aus Brocken oder Bändern auf dem Walzwerk Folien mit sehr gleichmäßiger Dicke

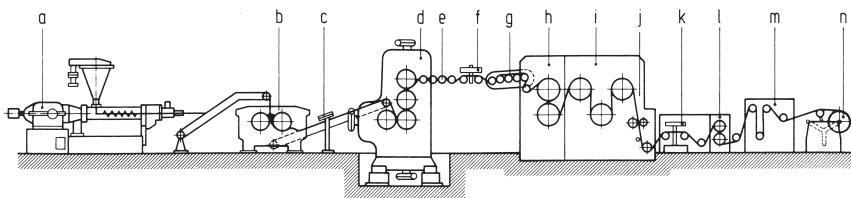
Bauform	Bevorzugter Einsatz
	2-Walzenkalander, I-Form
	3-Walzenkalander, I-Form
	4-Walzenkalander, I-Form
	4-Walzenkalander, F-Form
	4-Walzenkalander, F-Form mit nachgestellter Brustwalze
	4-Walzenkalander, L-Form
	5-Walzenkalander, L-Form
	6-Walzenkalander, L-Form
	4-Walzenkalander, Z-Form
	4-Walzenkalander, S-Form
	PVC-hart- und -weich-Folien

**Bild 17:** Kalanderaufbauten

(aus: Becker/Braun: Kunststoffhandbuch 2/2 Polyvinylchlorid, Carl Hanser Verlag)

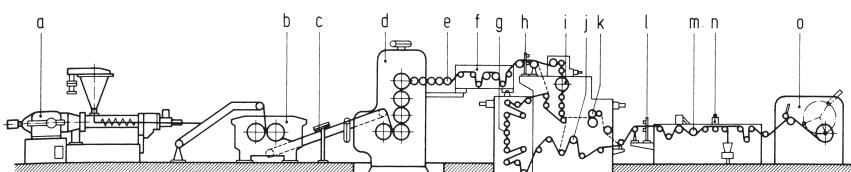
und guter Oberflächenqualität erzeugt. Diese Folien können in den Nachfolgeeinheiten weiter veredelt, z. B. gereckt, auf ihre endgültige Dicke gebracht und ggf. geprägt werden. Die Aufwickelung der abgekühlten Folie erfolgt auf so genannten Mehrfachwendewicklern, die einen Rollenwechsel bei hohen Wickelgeschwindigkeiten im laufenden Betrieb ermöglichen.

Bei dem Luvithermverfahren (Niedertemperaturverfahren) ist der Veredelungsschritt ein „Muss“ (Bild 19). Nach diesem Verfahren wurden überhaupt die ersten PVC-Hartfolien hergestellt. Dabei wird vorplastifiziertes E-PVC in den Kalanderspalten zu einer ziemlich spröden Folie quasi zusammengepresst. Diese Folie wird sofort inline auf speziellen Schmelzwalzen kurzzeitig so stark erhitzt, dass sie ähn-



**Bild 18:** Herstellung von PVC-hart-Folien nach dem „Hochtemperatur“-Verfahren

a: kontinuierliche Geliermaschine, b: Walzwerk, c: Metall-Suchgerät, d: 4-Walzen-L-Kalander, e: Mehrwalzenabzug, f: Dicken-Messanlage zum Steuern des letzten Kalanderspaltes, g: Rollenbahn, h: Temperwalzen, i: Kühlwalzen, j: Randstreifen-Schneidanlage, k: Dicken-Messanlage zur Kontrolle der Endfoliendicke, l, m: Abzugs- und Tänzerwalzen, n: Wendewickler  
 (aus: Becker/Braun: Kunststoffhandbuch 2/2 Polyvinylchlorid, Carl Hanser Verlag)



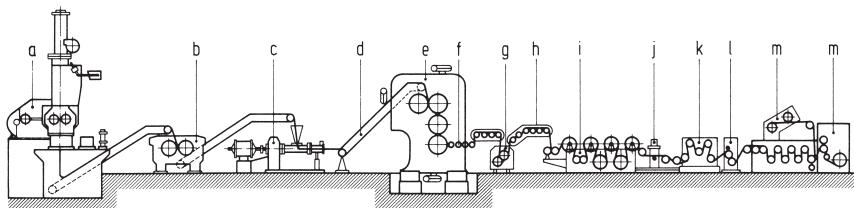
**Bild 19:** Herstellung von PVC-hart-Folien nach den „Niedertemperatur“-Verfahren

a: kontinuierliche Geliermaschine, b: Walzwerk, c: Metall-Suchgerät, d: 5-Walzen-Kalander, L-Form, e: Mehrwalzenabzug, f: Rollenreckstrecke zum Recken im thermoelastischen Bereich, g: Dicken-Messanlage zum Steuern des letzten Kalanderspaltes, h: Schmelzwalze („Luvitherm-Walze“) zur thermischen Nachbehandlung, i: Kühl- und Temperwalzen, j: Prägewerk, k: Dicken-Messanlage, l: Tänzerwalzen, m: Randstreifen-Schneidanlage, n: Wickler mit automatischer Schneid- und Anlegevorrichtung  
 (aus: Becker/Braun: Kunststoffhandbuch 2/2 Polyvinylchlorid, Carl Hanser Verlag)

lich wie eine nach dem Hochtemperaturverfahren hergestellte Folie durch Recken auf temperierten Rollenstrecken weiter vergütet werden kann. Durch geschickte Temperaturführung in der Reckstrecke und durch das geeignete Reckverhältnis werden Folien mit hervorragenden mechanischen Eigenschaften erzeugt.

In den weiteren Nachfolgevorrichtungen können die Folien kaschiert, doubliert, geprägt und lackiert werden. Da diese letzteren Vorgänge ein begrenzender Faktor für die Kalanderkapazität sein können, werden sie oft auf separaten Anlagen (off-line) durchgeführt.

PVC-P-Folien werden ebenfalls auf Kalandern, hauptsächlich F-Kalandern (Bild 20), erzeugt. Diese Folien können wegen ihres Weichmachergehaltes bei wesentlich niedrigeren Verarbeitungstemperaturen hergestellt werden.



**Bild 20:** Herstellung von PVC-weich-Folien

a:Innenmischer, b:Walzwerk, c:Strainer-Extruder, d:schwenkbares Beschickungsband, e: 4-Walzen-Kalande, f: Mehrwalzenabzugsvorrichtung, g: Prägewerk, h: Rollenbahn, i: Temper- und Kühlwalzen, j: Dickenmessanlage, k: Tänzerwalzen zur Aufnahme der Wickelspannung, l:Doppellängsschneidwerk zum Randbeschnitt,m:Wickler mit automatischer Abschneide- und Anlegevorrichtung

(aus: Becker/Braun: Kunststoffhandbuch 2/2 Polyvinylchlorid, Carl Hanser Verlag)

Dünne und transparente PVC-P-Folien gehen vornehmlich in den Verpackungssektor. PVC-P-Fußböden sind meist dicke, hochgefüllte Folien, die auch mehrschichtig hergestellt werden können; dabei werden bis zu 4 Schichten auf Laminiermaschinen miteinander verschweißt.

Zu Spezialverfahren wie z. B. die Kombination von Extruder und Kalander wird auf die entsprechende Fachliteratur verwiesen.

## 5.7 Spritzgießen

Beim Spritzgießen werden gut plastifizierte PVC-U- und PVC-P-Formmassen durch eine Schnecke unter hohem Druck diskontinuierlich in eine temperierte Form gespritzt und unter Nachdruck gehalten. Ist der Forminhalt hinreichend abgekühlt, wird das gespritzte Teil beim Öffnen der Form durch eine Vorrichtung ausgeworfen. Währenddessen plastifiziert die Schnecke im Zylinder der Maschine weiteres PVC und transportiert es vor die Schneckenspitze. Die Form schließt sich und der Füllvorgang beginnt erneut. Dabei drückt die Schnecke die Schmelze unter hohem Druck durch die Düse in die Spritzform und hält den Druck bis zur Abkühlung der Formmasse (Bild 21).

Je nachdem wie der Schmelzeguss in die Form erfolgt, werden unterschiedliche Angussformen verwendet (Bild 22).