

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 114 (1996)
Heft: 38

Artikel: Kunststoff-Dichtungsbahnen: Eigenschaften und Erfahrungen
Autor: Flüeler, Peter
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-79037>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.02.2025

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

Peter Flüeler, Dübendorf

Kunststoff-Dichtungsbahnen

Eigenschaften und Erfahrungen

Die Entwicklungsgeschichte der Kunststoff-Dichtungsbahnen (KD) werden aufgezeigt und die wichtigsten KD materialbezogen aufgelistet. Die Hauptfunktionen werden im Zusammenhang mit der zu definierenden Nutzungsdauer behandelt. Der Aufbau wird erklärt und die mechanischen, physikalischen und chemischen Eigenschaften tabellarisch im Vergleich mit der Empfehlung SIA V 280 [1] dargestellt. Ausgehend von vorzeitig aufgetretenen Alterungserscheinungen werden zwei neuere Prüfverfahren, die Bestimmung des thermischen Ausdehnungskoeffizienten und des temperaturabhängigen Schubmoduls, vorgestellt. Aufgrund der Fehlerfahrungen und der Erkenntnisse aus der Prüfpraxis werden Empfehlungen für die am Bau beteiligten Fachleute abgegeben.

Dichtungsbahnen aus Kunststoffen sind fabrikmässig hergestellte flexible Bahnen einer bestimmten Breite, die in Rollen geliefert oder zu Planen vorkonfektioniert werden und auf dem Objekt zu einem abdichtenden Flächengebilde verbunden werden. Im Unterschied zu den Polymer-Bitumen-Dichtungsbahnen (PBD) und den bituminösen Dichtungsbahnen (BD) benötigen sie kein Trägermaterial, sie können aber zur Erzielung bestimmter Eigenschaften Verstärkungen, Kaschierungen oder Gewebeeinlagen haben, und ihre Oberfläche kann strukturiert sein.

Diese Produktgruppen wurden in den 50er und 60er Jahren in der Schweiz und in Deutschland entwickelt und für den Abdichtungszweck im Bauwesen erstmals angewendet. Durch laufende Verbesserungen erreichten die Produkte in der Schweiz anfangs der 70er Jahre einen sehr hohen Standard, der dem Flachdachboom taugliche Abdichtungen lieferte. Dieser Standard wurde 1977 mit der Ausgabe einer materialübergreifenden Norm, der SIA 280, mit exakt definierten Anforderungen für vier Anwendungsgebiete festgelegt. Mit diesem Vorgehen sicherte sich die Schweiz eine Vorrangstellung und erreichte eine Klärung auf dem Bauproduktmarkt. Neuentwicklungen und industrielle Optimierungen in den 80er Jahren erbrachten

trotz normgemässer Herstellung vor allem umweltverträglichere, aber zum Teil auch weniger dauerhafte Produkte. 1991 wurden für das Dach erstmals thermoplastische Bahnen als Ersatz für PVC-P KD angeboten, während für Grundwasser- und Feuchtigkeitsabdichtungen bereits früher Thermoplaste, meistens reine Polyethylene unterschiedlicher Dichte, eingesetzt wurden.

Materialbasis der verfügbaren KD

Auf dem heutigen Bauproduktmarkt werden drei Materialhauptgruppen von KD angeboten, die in jüngerer Zeit mit legierten Thermoplasten ergänzt wurden. Sie werden thermoplastische Polyolefine TPO oder flexible Polyolefine FPO genannt und bestehen aus Mischungen von PE, PP, PB u. a. Dazu gehören auch Mischungen von Elastomeren mit Thermoplasten wie POE. Die wichtigsten Typen sind:

Thermoplaste	Ethylen-Vinylacetat	EVA
	Ethylen-Copolymer	ECB
	Bitumen	
	Polyethylen	PE(-HD,-MD,-LD)
	Chloriertes Polyethylen	C-PE
Thermoplast-Elastomere	Polyvinylchlorid, weichgemacht	PVC-P
	Flexible Polyolefine	TPO (Mischpolymer aus PP, PE, PB)
	Chlorsulfoniertes Polyethylen	CSM
Elastomere	Ethylen-Propylen-Terpolymer	EPDM
	Polyolefin-Elastomer	POE

Die meisten Anbieter verfügen über mehrere Materialkategorien, die je nach Anwendungsgebiet und Erfahrung bevorzugt angewendet werden.

Anforderung an die Dichtungsbahnen

Die wichtigsten Funktionen von Dichtungsbahnen sind die dauerhafte Dichtheit gegen Wasser von innen oder aussen und gegen Wind, die Trennung von Aggregaten und Stoffen, die Verbindbarkeit mit

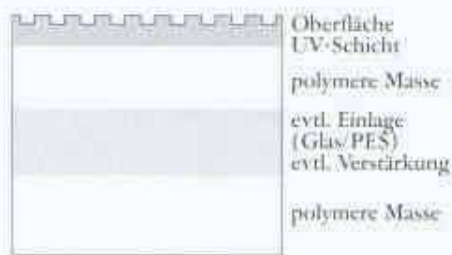
sich selber und mit den umgebenden Baumaterialien sowie die Verträglichkeit. Hinzu muss auch die Reparaturfähigkeit im Neuzustand und nach Alterung gerechnet werden. Diese Funktionen sind unter den herrschenden Witterungsbedingungen und den gegebenen Lasteinwirkungen des gewählten Systems für die vorgesehene Nutzungsdauer zu erbringen. Zur Klärung dieser Frage wäre für den Planer, Hersteller und Eigentümer eine explizite Angabe der Zeitdauer von grossem Nutzen. Keine der heute geltenden Normen äussert sich darüber. Sie überlässt dies dem Bauherrn bzw. seinem Vertreter. Sowohl für die Herstellung wie für die Ausführung ist die konkrete Festlegung einer vorgesehene, minimalen Nutzungsdauer einer Abdichtungsbahn notwendig [2]. Aus der Sicht der EMPA ergeben sich folgende Vorstellungen:

Hochbauten:	Jahre
Temporärbauten	10
Dach-, Feuchtigkeitsabdichtungen	25
Grundwasserabdichtungen	50
Tiefbauten:	
Grundwasserabdichtungen	50
Tunnelabdichtungen im allgemeinen	50-75
Tunnelabdichtungen (Spezialbauten)	100

Die Nutzungsdauer hat auch einen entsprechenden Kontroll- und Unterhaltsaufwand zu berücksichtigen. Bei Bauwerken mit längerer Nutzungsdauer als 50 Jahre ist eine Planungsvorgabe des Bauherrn zwingend. Die in jüngster Zeit als sehr wichtig betonte Wiederverwertbarkeit nach der Nutzung wird in dieser Betrachtung nicht behandelt.

Aufbau

Eine KD ist in der Regel aus mehreren Schichten aufgebaut (Bild 1), die dauernd kraftschlüssig miteinander verbunden sein müssen. Bei der Dachabdichtung ist die oberste Schicht mit UV-absorbierenden oder UV-reflektierenden Anteilen hoch angereichert. In der darunterliegenden polymeren Matrix können Einlagen oder Verstärkungen eingebaut sein. In leichter Ausführung haben diese primär eine stabilisierende Wirkung auf Dimensionsänderungen, die durch thermische und andere Einflüsse verursacht werden. Sobald die Einlagen oder Verstärkungen jedoch massiver ausgelegt sind, beeinflussen sie die mechanischen Eigenschaften merklich. Die KD müssen auch so beschaffen sein, dass eine kraftschlüssige und dichte Nahtverbindung bewerkstelligt werden kann. Dies bedeutet, dass die Oberfläche und die rückseitige Schicht verbindbar ausgebildet sein müssen. Das Fügen muss nicht nur im



1
REM-Aufnahme eines Querschnittes einer Dichtungsbahn aus PVC-P (links) mit Schneid-

spuren und schematischer Querschnitt (rechts). Oberfläche bedeutet die Wetterseite der KD

Labor, sondern auch auf der Baustelle von Fachpersonal bei widrigen Bedingungen sicher möglich sein.

- thermisches Verhalten
- Bewitterungsverhalten
- chemisch-biologisches Verhalten

Eigenschaftsbild einer Abdichtungsbahn

Aus den funktionellen Anforderungen können nun die spezifischen Eigenschaften und ihre Anforderungen für ein Material und für das Dachsystem abgeleitet werden. Es können fünf Hauptkategorien unterschieden werden, nämlich

- allgemeine Eigenschaften
- mechanisch-physikalisches Verhalten

Zu den allgemeinen Eigenschaften gehören eine Reihe von Merkmalen, wie die Beschaffenheit, die flächenbezogene Masse, die Dicke, die Dichte, das Aussehen, die Farbe (Bild 2). Sie dienen der allgemeinen Charakterisierung des momentanen Zustandes vor und nach einer Exposition. Will man eine Veränderung begrenzen, so können bei einzelnen Aspekten exakte Grenzen festgelegt werden.

Die mechanischen Eigenschaften (Bild 3), wie das Verhalten im Zugversuch mit und ohne Nahtverbindung oder die

Faltbiegung, sind die geläufigsten Prüfkriterien. Entsprechend sind hier Anforderungen für den Neuzustand etabliert, nicht aber temperatur-, zeit- und alterungsabhängig. Der Zugversuch dient primär der Charakterisierung, der Messung einer Veränderung infolge einer Einwirkung und der Qualitätskontrolle (Bild 4). Absolutanforderungen von minimal 200% Dehnung für unverstärkte und 10% für verstärkte KD für die gleiche Anwendung wie die Norm SIA 280 und andere es fordern, sind wenig sinnvoll. Beispielsweise gibt die verstärkend wirkende Einlage bereits bei viel tieferer Dehnung nach (Bild 3). Beim weiteren Verstreckungsvorgang konzentrieren sich die Spannungen an der gebildeten Schwachstelle. Damit bildet bereits das Reißen der innenliegenden Einlage eine Grenze für die Dimensionierung der aufzunehmenden Kräfte. In gleicher Weise gilt dies für die Werkstoffe, mit ausgeprägter Streckgrenze, an der sich Struktur und Gestalt schlagartig ändern (z.B. ECB, PE, TPO).

Aus der Kurvensteigung im Nullpunkt des Spannungs-/Dehnungsdiagramms kann der Kurzzeit-Elastizitätsmodul E direkt abgeschätzt werden. Aus der vorangehenden Darstellung ergeben sich somit überschlagsmässig die folgenden Werte:

Kurzzeit-Elastizitätsmodul bei Raumtemperatur	[N/mm ²]
PE-HD	800-1000
TPO (FPO)	600-800
CSM verstärkte	200
PVC-P	25
EPDM	6

Damit ist ersichtlich, dass KD beachtliche Unterschiede in der Flexibilität bzw. in der Handhabung und Verlegung aufweisen, insbesondere wenn sie dicker sind. Bei komplexen Formgebungen wie Anschlüssen, ein-/ausspringenden Ecken, Durchdringungen usw. bedingt dies eine Vorfabrikation der entsprechenden Teile. Zur sicheren Verbindung mit der KD müssen diese möglichst ähnliche Eigenschaften aufweisen.

Die meisten in den Bildern 2, 3 und 6 genannten Eigenschaften sind bei uns in der Schweiz bereits seit 1977 in der Norm SIA 280 (Kunststoff-Dichtungsbahnen) mit Anforderungen berücksichtigt. Diese an sich sehr bewährte Norm wurde in diesem Jahr teilrevidiert und mit einigen neuen Aspekten ergänzt, wobei nicht alle Aspekte berücksichtigt werden konnten. Im Hinblick auf eine klare Lage zwischen dem Bauherrn und dem Hersteller fehlt auch heute noch eine quantitative Aussage zur vorgesehene Nutzungsdauer.

2
Allgemeine Eigenschaften von KD

Kat.	Eigenschaft	KD	Naht	CH-Norm vorhanden
A	Aussehen, Beschaffenheit	×	×	ja
	Farbbestimmung	×	×	nein
	Materialbasis	×	×	nein
	Flächenbezogene Masse	×	-	ja
	Ermittlung der Bahndicke	×	×	ja
	Geradlage	×	-	nein
	Dichte	×	-	nein

× notwendig, ● relevant, - nicht zutreffend

3
Katalog der mechanischen Eigenschaften für KD

Kat.	Eigenschaft	KD	Naht	CH-Norm vorhanden	Bemerkung
B	Mechanisches Verhalten:				
	Zugfestigkeit kurzzeitig	×	×	ja/ja	linear
	Zugfestigkeit langfristig	×	×	nein/nein	linear
	Faltbiegen in der Kälte	×	●	ja/nein	-10°C/+20°C
	Dauerdruckverhalten	×	-	ja	
	Schlagverhalten (Installation)	×	-	ja	
	Lagentrennung	×	×	nein	
	Weiterreissverhalten	×	-	nein	
	Verbindbarkeit (Baustellenbedingungen)	×	×	nein	Laborbed.

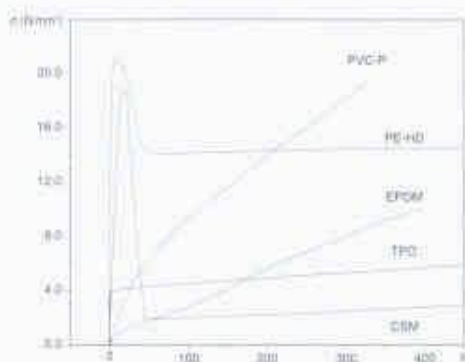
× notwendig, ● relevant, - nicht zutreffend

Für die Überprüfung des Systemverhaltens sind noch eine Reihe weiterer Aspekte von Bedeutung, wie beispielsweise die Festigkeit von Lasteinleitungen oder der Verbund mit dem Untergrund, Befestigungen, das Weiterreissverhalten, die interlaminaire Festigkeit usw. Dynamische Belastungen und die Kombination von mechanischen, thermischen und chemischen Belastungen sind je nach Dachaufbau ebenso relevant wie die reinen Materialtests. Dazu gehört auch die Überprüfung der Dichtigkeit am Bauobjekt. Dieser Teil wird hier nicht behandelt werden.

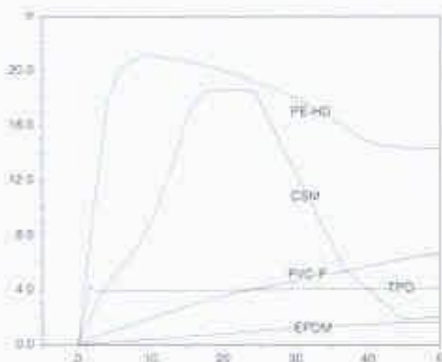
Wichtige Eigenschaften und neue Prüfverfahren

Im Verlauf der letzten fünfzehn Jahre haben sich eine Reihe neuerer Prüfverfahren mit Empfehlungen für die Praxis etabliert, die auch bei KD anwendbar sind. Langzeituntersuchungen und Felderfahrungen haben Zusammenhänge aufgezeigt, die ein besseres Verständnis zum Gesamtverhalten der Abdichtungsbahnen liefern. In diesem Zusammenhang ist der thermische Ausdehnungskoeffizient α_{th} zu nennen, eine bisher wenig beachtete Grösse. Bei Kunststoffen ist der Koeffizient α_{th} im Gegensatz zu den klassischen Werkstoffen nicht konstant. Er wird temperaturabhängig im Bereich von -40 bis $+70^\circ\text{C}$ mittels der gemessenen Längenänderung bestimmt (Bild 7). Von besonderem Interesse ist nun das Verhalten beim Abkühlen, weil in diesem Temperaturbereich der nichtlineare Kurvenverlauf von α_{th} oftmals einen höheren Wert annimmt (Bild 8). Damit kann der Zusammenhang zu den oftmals kritischen Kontraktionskräften aufgezeigt werden. Mit dieser Methode lassen sich in Längs- und Querrichtung auch irreversible Dimensionsänderungen ermitteln. Die Wirkung von Einlagen, Alterungseffekten oder Behandlungen als Funktion der Temperatur lassen sich ebenfalls aufzeigen.

Ebenso kann der temperaturabhängige Schubmodul G , bekannt als komplexe Grösse in der Form von $G^* = G' + iG''$, erwähnt werden [3]. Zusammen mit der Bahndicke kann er als Mass für die Steifigkeit einer KD in Funktion der Temperatur verwendet werden (Bild 9). Wird er im Temperaturbereich von -100°C bis zum Erweichen gemessen, werden in der Regel mehrere Phasenübergänge festgestellt. Zusammen mit der gleichzeitigen Bestimmung der Dämpfung lassen sich Glasumwandlungstemperaturen T_g bestimmen. Das Verfahren wurde erstmals 1952 von K. Schmieder und K. Wolf für Polyesterharze, weichgemachtes PVC und Nitrozellu-



4 Dehnungsdiagramm des Zugversuchs für typische KD im Dehnungsbereich bis 450%



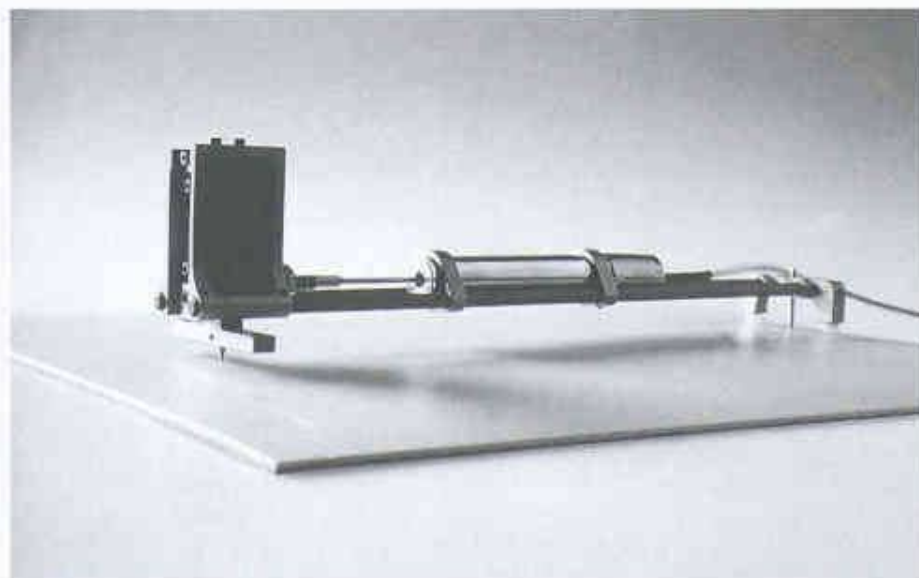
5 Gleiches Diagramm wie Bild 4 mit vergrößertem Dehnungsbereich von 0 bis 50%

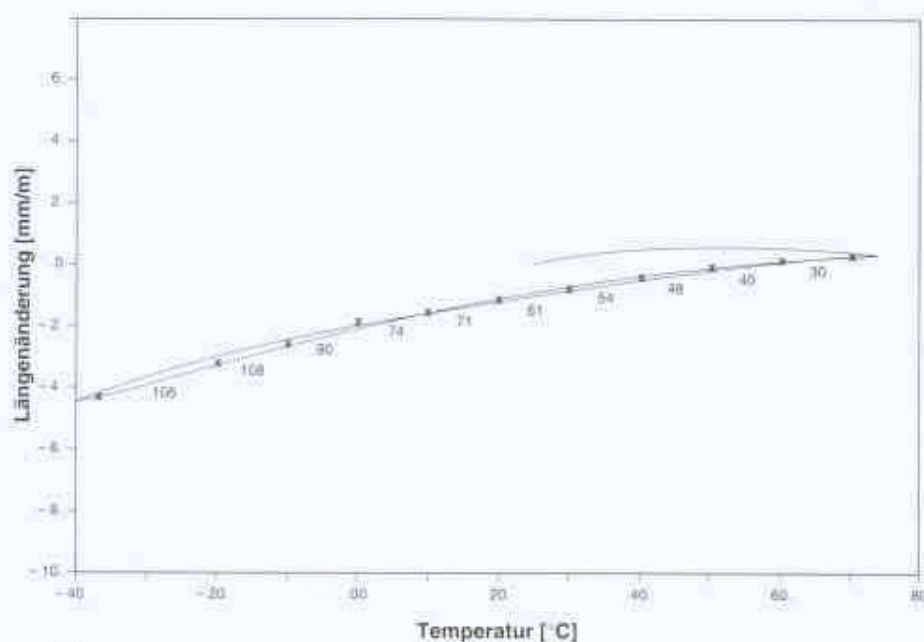
Kat.	Eigenschaft	KD	Naht	CH-Norm vorhanden	Bemerkung
C	Thermisches Verhalten				
	Rückstellung in der Wärme	×	-	ja	80°C/6 h
	Linear, therm. Ausdehnung (Koeffiz.)	×	-	ja	-40°C/+70°C
	Mech, therm. Verhalten (E' , G' -Modul)	●	●	nein/nein	
	Brandverhalten	×	●	ja/nein	BKZ
D	Bewitterungsverhalten				
	Hagelschlag	×	-	ja	Ø 40 mm
	Künstl. Bewitterung (UV und Wasser)	×	-	ja	5000 h, UVA
	Ozon-Bewitterung	×	-	ja	
	Wasserexposition	×	●	ja/nein	8 Mte
E	Chem./Biolog. Verhalten				
	Mikroorganismen-Exposition	×	-	ja	8 Mte
	Wurzeldurchwuchs	×	●	ja/nein	Vegetation
	Aggressive Medien (alkalisch)	×	●	ja/nein	8 Mte
	Verträglichkeit mit Bitumen	×	●	nein/nein	

× notwendig, ● relevant, - nicht zutreffend

6 Katalog des thermischen, chemisch-biologischen Verhaltens und des Bewitterungsverhaltens

7 Bestimmung des therm. Ausdehnungskoeffizienten mittels speziellem Dilatometer in der computergesteuerten Klimakammer





8
Thermisch bedingte Dehnungen einer TPO-KD
in Funktion der Temperatur mit Angaben von α_{th}

lose vorgestellt [4]. Leider fand es bisher noch keine Aufnahme in der SIA-Normung, obwohl es seit 10 Jahren als Standardmethode für die generelle Gruppierung der Kunststoffe verwendet wird [5].

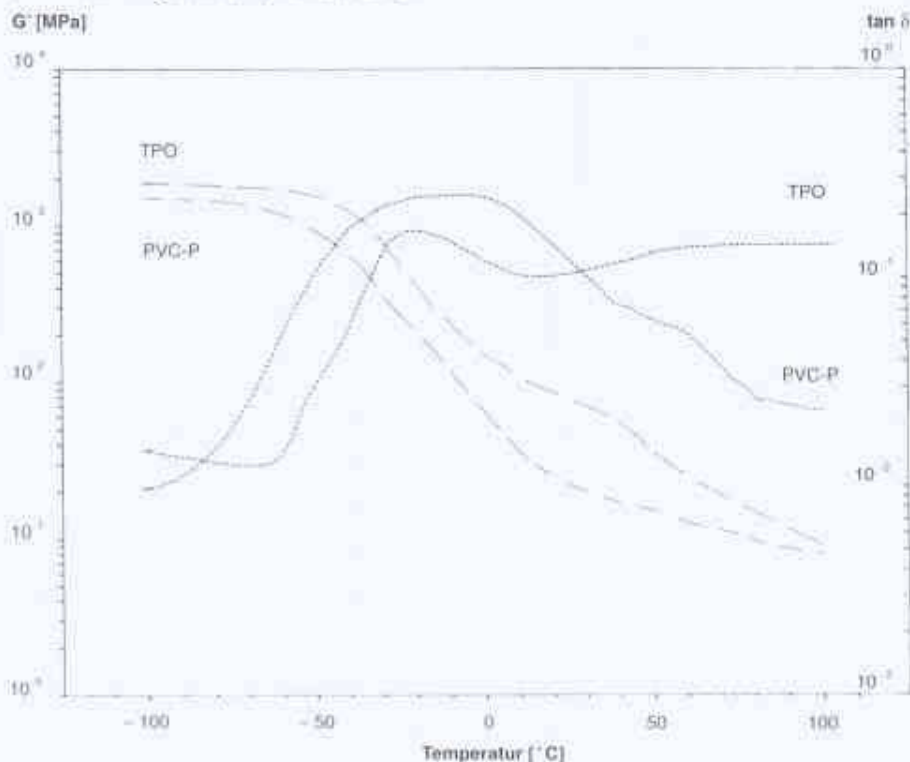
Mit beiden Verfahren kann eine quantitative Charakterisierung vorgenommen, die Herstellung optimiert oder der Einfluss einer Alterung bestimmt werden. Koppelt

man diese Daten mit dem Diagramm aus dem Zugversuch, verfügt der Planer über ein grosses Spektrum von temperaturabhängigen, mechanischen Kennwerten, die eine gegenüber früher sicherere Berechnung ermöglichen.

Im Bereich der Alterung liegen umfangreiche Ergebnisse aus Lagerungsversuchen mit kaltem und warmem Wasser,

beziehen sich auf die linke, punktierte auf die rechte Skala

9
Temperaturabhängiger Schubmodul einer
KD aus PVC-P und TPO bestimmt nach ISO 537
(Torsionsschwingversuch). Strichlierte Kurven
 G' [MPa]



mit Mikroorganismen in Erde und von künstlichen Bewitterungsversuchen vor. Nach wie vor werden diese Beobachtungen bis 8 Monate durchgeführt; letztere wurden bei der Revision der Norm berücksichtigt.

Erfahrungen

Während in den 70er Jahren eher dünne, importierte Dichtungsbahnen zu Misserfolgen führten, zeigten die letzten zehn Jahre, dass einige KD-Kategorien infolge Alterung vorzeitig unerwünschte Kontraktionserscheinungen erlitten. Sie führten zu Sekundär- und teilweise zu Primärschäden mit nachfolgender Undichtheit [6,7,8,9]. Davon betroffen waren vorwiegend KD mit weichgemachter, aber auch mit vernetzter Materialstruktur. Beim kiesbeschwerten Dach waren die Kontraktionserscheinungen am ausgeprägtesten. Beobachtungen am gleichen Objekt ergaben, dass Anwendungen mit ungeschützten, der direkten Bewitterung ausgesetzten KD weniger stark betroffen waren, wenn die Entwässerung funktionierte und die Dachneigung ein rasches Abfließen ermöglichte. Dies trifft auch für Feuchtigkeitsabdichtungen zu, weil kleinere Temperaturschwankungen und niedrige Feuchtigkeit die Kontraktionsvorgänge verzögern.

Als Ursache ist die dreidimensional ablaufende Dimensionsänderung infolge eines Massenverlustes zu nennen. Vor allem intermittierender Kontakt von chemisch-biologisch belastetem Wasser, wie dies auf dem kiesbedeckten Dach idealerweise der Fall ist, bewirkt eine raschere Auswaschung von hydrolysefreundlichen Komponenten aus entsprechend formulierten KD. Um diese Phänomene in den Griff zu bekommen und zu beseitigen, haben die Produzenten grosse Anstrengungen unternommen.

Die Erkenntnisse aus obigen Erfahrungen haben auch zu neuen Prüfmethoden geführt, wie bereits weiter oben erwähnt. Bestehende Verfahren wurden angepasst. Alterungsprüfungen über Jahre sind jedoch notwendig, um eine Nutzungsdauer von 25 Jahren zuverlässig abzuschätzen. Die achtmonatige Prüfdauer, wie in der Norm SIA 280 mehrfach vorgeschrieben, deckt oft ein gewisses Trendverhalten auf, die Reserven eines Materials lassen sich damit aber nicht ausreichend abschätzen. Vergleichende Untersuchungen zwischen mehreren Partnern zeigten auf, dass bei Alterungsversuchen bereits kleinere Abweichungen der Prüfparameter das Endergebnis stark beeinflussen können.

EN/SIA-Normung

In der europäischen Normung, an der die Schweiz ebenfalls beteiligt ist, wurde die Tätigkeit 1986 mit zwei technischen Kommissionen, nämlich je eine für KD und für PBD, aufgenommen. Nach euphorischem Start verlangsamte sich der Normungsprozess aus verschiedenen Gründen. Heute behandelt die technische Kommission CENTC 254 die Dichtungsbahnen unabhängig von der Materialbasis. Erste Prüfnormen sind als Vornormen erschienen, weitere werden folgen. Der Versuch zur Schaffung von gemeinsamen Normen für alle Dichtungsbahnen ist deutlich erkennbar. Er beschränkt sich vorerhand auf die Prüfverfahren, nicht aber auf die Anforderungen. Generell kann eine Tendenz zu eher niedrigen Anforderungen, verglichen mit unserem Standard, erkannt werden. Wir haben uns verpflichtet, die europäischen Normen zu übernehmen, um technische Handelshemmnisse abzubauen. Die schweizerische Fachwelt wird sich daher einiges überlegen müssen, um den höheren Qualitätsstandard zumindest erhalten oder gar erhöhen zu können. Bis zum Inkrafttreten der EN-Normen gilt die im Juli 1996 als Empfehlung erschienene SIA V 280.

Folgerungen und Empfehlungen

Die Erfahrungen haben bei den bedeutenden Herstellern sehr frühzeitig zu intensiven Entwicklungsarbeiten geführt und in verschiedener Hinsicht bereits positive Ergebnisse erbracht. Um eine deutliche Verlängerung der Nutzungsdauer zu erreichen, sind die Ergebnisse umzusetzen. Dies bedingt ein Zusammenarbeiten aller am Bau Beteiligten, besonders aber in den nachstehenden Punkten.

Herstellung:

Anpassen der Rezepturen (wirksamere Stabilisatoren), optimieren der Grenzflächenbehandlung, günstige Schichtkombination und deren Herstelleroptimierung, entwickeln von Trennschichten in Kombination mit der KD, berücksichtigen der Nutzungsdauervorgaben

Planung:

Klare Festlegung der Nutzungsdauer und Abstimmen auf Normanforderungen, echte Dimensionierung der Randabspannkraft in Funktion des Langzeitkontraktionsverhaltens der gewählten KD, bessere Sorgfalt bei der Auswahl der Produkte (Qualität vor Quantität, Nachweise), kritische Haltung gegenüber Billiganbietern

System und Einbau:

Echte Überwachung des Einbaus (Probenahmen, Referenzmuster), regeln der Nutzungsdauer und Unterhalt, kritische Haltung gegenüber Billiganbietern

Betrieb/Unterhalt:

Periodische Kontrolle der Abdichtungen durch betriebseigenes Personal oder durch Fachleute (Service), Reparatur, Verbesserung der Randzonen oder Teilerneuerung bei Membranbildung, planen von allfälligen Nutzungsänderungen

Gesetzgebung:

Abkehr von Extremforderungen (Umwelt), fördern der Ausbildung, unterstützen der Forschungsanstrengungen bei Abdichtungsbahnen

Gelingen uns diese Anstrengungen, werden wir weiterhin das Land bleiben, das für qualitativ hochstehende Produkte und Dienstleistungen bekannt ist.

Literatur

- [1] SIA; Empfehlung V 280; Kunststoff-Dichtungsbahnen, Juni 1996
- [2] AfB; Nutzungszeiten von Gebäuden und Bauteilen, Januar 1995
- [3] DIN; Bestimmung des temperaturabhängigen Schubmoduls, DIN 53 455, ISO 537
- [4] Schmieder K./Wolf K.; Über die Temperatur- und Frequenzabhängigkeit des mechanischen Verhaltens einiger hochpolymerer Stoffe; Kolloid-Zeitschrift Band 127, Juli 1952
- [5] DIN; Polymere Werkstoffe; Gruppierung nach mechanischem Verhalten, DIN 7724
- [6] Bernli, R., Smith, T.; Shrinkage of EPDM Roof membranes, Proceedings of the 11th Conference on Roofing Technology NRCA/NIST, USA, 1994
- [7] Büchli, R.; Schäden an Flachdächern, SIA-Dokumentation D 081, Juni 1992
- [8] Aargauer Tagblatt; Kunststoffolie schrumpft und reißt, 10. Januar 1994
- [9] EREA Info; Schäden an PVC-Dachabdichtungsbahnen, Amt für Bundesbauten, Bern, 1/94

Adresse des Verfassers:

Peter Flüeler, dipl. Ing. ETH, Leiter Abt. Kunststoffe/Composites, Empa, Überlandstr. 129, 8600 Dübendorf