

Einfluß der Zugbeanspruchungen auf
das Hydrolyseverhalten von Polyester
-PET-

T 2618

T 2618

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

FACHHOCHSCHULE MÜNSTER
Fachbereich Bauingenieurwesen
Labor für Baustoffe



Einfluß von Zugbeanspruchungen auf das Hydrolyseverhalten von Polyester (PET)

Schlußbericht 1.94

Prof. Dr.-Ing. J. Müller-Rochholz
Dipl.-Ing. (SU) Z. Bronstein

Forschungsvorhaben
Gesch.-Nr. IV-5-665/92 des Instituts für Bautechnik, Berlin

1. Einführung

Bei dem Wunsch, im Merkblatt für die Anwendung von Geotextilien zur Bewehrung von Erdbauwerken einen pH-Grenzwert festzulegen, bis zu dem der Einsatz von Polyester (PET)-Garnen sicher unbedenklich ist, wurden Kenntnislücken über Parameter und Grundlagen der Hydrolyse von PET festgestellt. Zur Beurteilung der Dauerhaftigkeit von Bauelementen aus PET insbesondere im bauaufsichtlichen Bereich wurden mehrere Forschungsvorhaben im Verbund initiiert und gefördert. In dem beschriebenen Vorhaben wird allein die Auswirkung von gleichzeitiger chemischer und mechanischer Beanspruchung bei erhöhter Temperatur (40 °C) untersucht.

2. Stand der Kenntnisse

Zahlreich vorliegende Literatur befaßt sich mit der Hydrolyse von Polyester. PET entsteht durch Polykondensation - Abscheiden von Wasser aus dem Gemisch von Ausgangsstoffen. Deswegen ist aus chemischer Sicht zu klären, unter welchen Randbedingungen der Umkehrvorgang Hydrolyse - Einbau von Wasser bei Aufspaltung von langen Molekülen - einsetzt und wie er verläuft. Als innere Hydrolyse wird dabei die auch bei neutraler Umgebung in Wasser oder Dampf (bei hohen Temperaturen schnell) ablaufende Umwandlung bezeichnet, die den gesamten Faserquerschnitt betrifft. Als äußere Hydrolyse wird hier der im alkalischen Milieu auch bei im Boden vorkommenden Temperaturen ablaufende Prozeß bezeichnet, der nach den bisher von Dr. H. Schröder, BAM, vorliegenden REM-Bildern zunächst die Oberfläche der Fasern betrifft. Schmidt, AKZO, zeigte im ad-hoc Ausschuß Hydrolyse Ergebnisse von firmeneigenen Untersuchungen, wonach die innere Hydrolyse signifikante Minderungen der Festigkeit erst ab 70 °C und 7 Tagen (im folgenden Bericht mit d abgekürzt) Exposition zeigt. Die äußere Hydrolyse zeigt auch bei Raumtemperatur bei kurzen Einlagerungen deutliche Minderungen (Untersuchungen an der FMPA, Stuttgart). Hierbei wird insbesondere bei Anwesenheit von Calcium nach Schröder, BAM, das Polyethylenterephthalat in Calciumterephthalat umgewandelt. Die Angaben, bei welchen pH-Werten und welchen Medien dies zu einem spürbaren Festigkeitsverlust führt, schwanken in den Herstellertabellen um pH = 10. Dieser Fragestellung soll in einem Forschungsvorhaben der BAM, Berlin nachgegangen werden.

3. Ziel dieses Vorhabens

Da die Wechselwirkungen von thermischer, chemischer und mechanischer Beanspruchung bisher nicht geklärt wurden, ist dieses Vorhaben mit dem Ziel beantragt und bewilligt worden, durch wenige Versuchspunkte zu klären, ob eine (ungünstige) synergetische Wirkung auf die Festigkeit bei gleichzeitiger Einwirkung von Temperatur, Alkalität und mechanischer Spannung vorliegt.

4. Verwendetes Material

Es wurde mit dem Betreuerausschuß vereinbart, daß Garne untersucht werden, aus denen Gewebe für die Eingrabeversuche an anderer Stelle hergestellt werden können. Es wurde das Garn "AKZO Diolen 770" ausgewählt, aus dem die Firma Huesker Synthetik, Gescher, ein Gewebe herstellte. Garn und Gewebe gingen an die Forschungsstätten BAM, Berlin; FMPA Stuttgart und FH Münster. Die chemischen Kennwerte dieses Garns sind als Herstellerangaben in der folgenden Tabelle angegeben.

Kennwert	
Polymer	PET
Diethylenglykolgehalt (%)	0.79
Relative Lösungsviskosität (1 g/100 g m-Kresol, 25 °C)	1.78
M _n (Zahlenmittel des Molekulargewichts)	25.700
Carboxylendgruppengehalt (meq/kg)	24
Titer (nominal) - Anzahl Filamente	1100 dtex f 210
Zwirn	Z 120
Spezifische Festigkeit (mN/dtex)	75
Bruchdehnung (%)	10.9
Heiße-Luft-Schrumpfung 4 min. 160 °C (%)	4.3
Doppelbrechung	0.1904
Dichte (kg/m ³)	1401

Tabelle 1: Kennwerte AKZO Diolen 770

5. Versuchsprogramm Münster

Mit der Betreuergruppe wurde am 02.07.92 in Münster festgelegt, daß in Wasser oder gesättigter Ca(OH)_2 -Lösung (Kalkmilch) von 40°C bei Belastungsgraden von 0, 10, 25, 50, 75 % der Kurzzeitfestigkeit (gemessen: trocken bei Raumtemperatur in Anlehnung an DIN 53857) beanspruchte Garne nach 7 d, 28 d und 91 d auf ihre Restfestigkeit und Dehnung untersucht werden. Wegen Ausfalls einer Pumpe wurden die 28 d-Versuche nach 21 d beendet. Nach den 7 d und 21 d dauernden Versuchen wurden wegen der sehr kurzen Versuchsdauer bei 75 % als zusätzliche Belastungsgrade 30 % und 40 % geprüft. Einzelfäden wurden nach der Prüfung unter dem Rasterelektronenmikroskop (REM) auf Oberflächenänderungen untersucht.

6. Prüfeinrichtung

In einem zentralen Rahmen sind 10 Hebelarmbelastungsstände angebracht, in denen die in dem PMMA-Medienzylinder mit 10 freien Längen untereinander verschieblich eingebrachten Garne mit den unterschiedlichen Belastungsgraden beansprucht werden. Bild 1 zeigt den Prüfstand, Bild 2 einen Prüfzylinder mit Meßproben und Ca(OH)_2 -Lösung. Die Lasten werden durch Stahlkugeln in Sperrholzkisten aufgebracht, die erzielte Last wurde mit einer Kraftmeßdose vorab überprüft. Die Flüssigkeiten (H_2O , dest., und Ca(OH)_2 , sat.) werden in Edelstahlbehältern durch Flächenheizelemente mit einer Pulsregelung auf der gewünschten Temperatur gehalten. Schlauchpumpen fördern die Medien zu den Belastungszylindern. Verdunstungsverluste werden mit destilliertem Wasser aufgefüllt, bei Absinken des pH-Wertes wird durch Ca(OH)_2 -Lösung aufgefrischt.

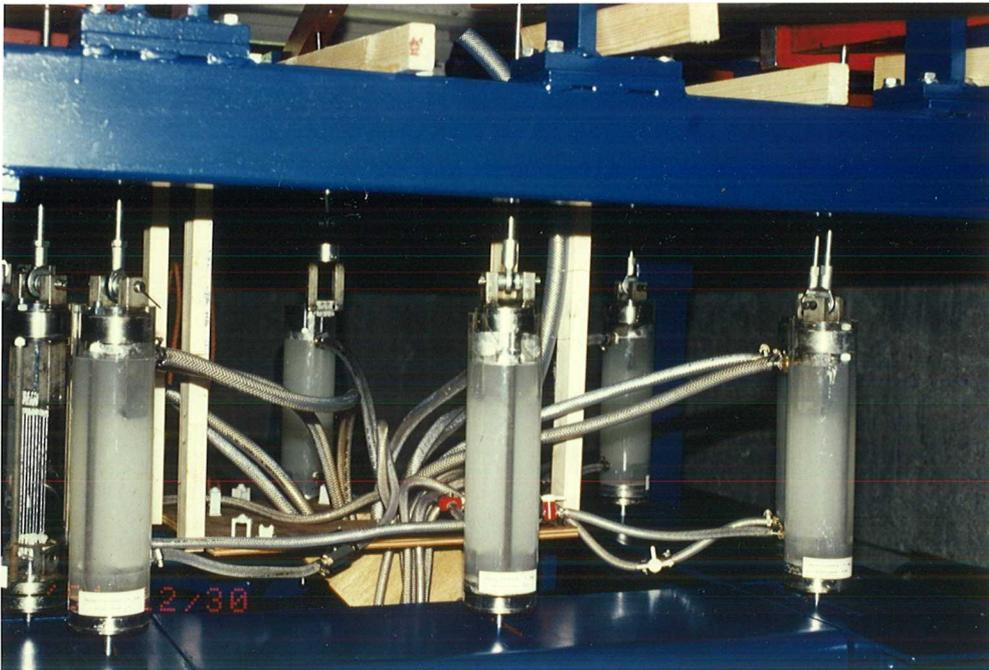


Bild 1



Bild 2

7. Ergebnisse

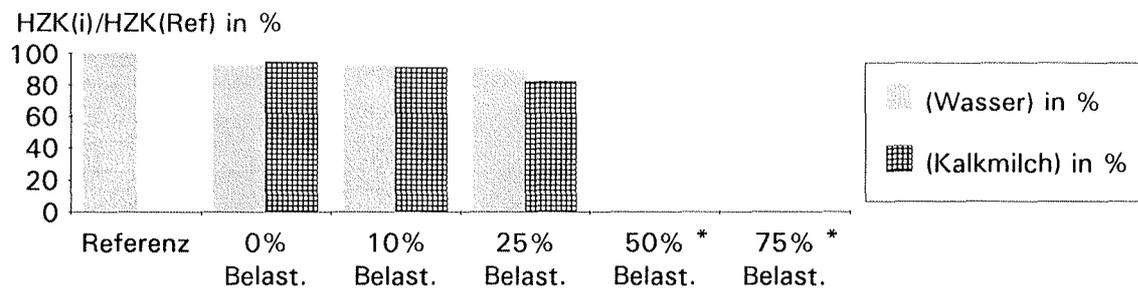
Es wurden nacheinander die 7, 28 und 91 d-Versuche durchgeführt. Bei den 28 d-Werten mußten die Versuche nach 21 d beendet werden, da ein Ausfall der Pumpe für die $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Lösung sonst zu nicht vergleichbaren Resultaten geführt hätte. Die Höchstzugkraft (HZK) und Höchstzugkraftdehnung (HZKD) der Proben sind in den folgenden 6 Tabellen und 6 Säulengrafiken für 7 d, 21 d und 91 d Dauer angegeben. Sind Proben vor Ablauf der geplanten Versuchsdauer gerissen, ist keine Höchstzugkraft/Höchstzugkraftdehnung angegeben, da die Werte irreführen (so würde die am schnellsten versagende Parameterkombination wegen der geringen zeitlichen Dauer der Beanspruchung deutlich weniger Minderung zeigen als ein Durchlauf bei kleinerer Spannung). Bei den 90 d-Versuchen war kein Versagen in Umlenkungsnähe erkennbar.

Einfluß von Zugbeanspruchungen auf das Hydrolyseverhalten von Polyester (PET) Versuchsdauer 168h (7 Tage) - Höchstzugkraft

HZK in N	Referenz	0% Belast.	10% Belast.	25% Belast.	50% Belast.	75% Belast.
HZK in N	77,91	71,5	71,26	70,24	*	*
HZK(i)/HZK(Ref) (Wasser) in %	100	91,8	91,5	90,2		
Standardabw.	2,488	2,494	3,443	2,968		
Variationskoeffiz. in %	3,19	3,49	4,83	4,23		
Versuche	10	10	10	10		
HZK in N		73,62	70,85	63,91		
HZK(i)/HZK(Ref) (Kalkmilch) in %		94,5	90,9	82,0		
Standardabw.		1,431	1,241	4,967		
Variationskoeffiz. in %		1,94	1,75	7,77		
Versuche		9	10	10		

* Proben während des Versuchs gerissen

Tabelle 2



* Proben während des Versuchs gerissen

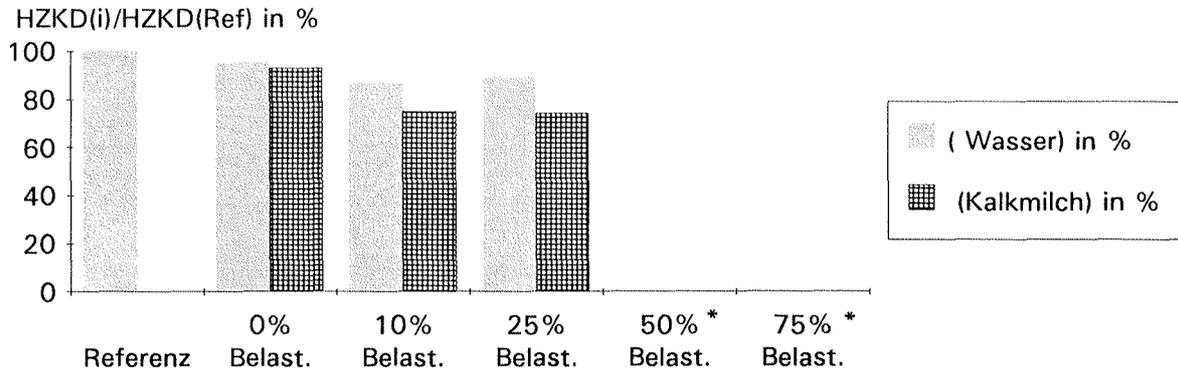
Bild 3

Höchstzugkraftdehnung (HZKD)

HZKD in %	Referenz	0% Belast.	10% Belast.	25% Belast.	50% Belast.	75% Belast.
HZKD in %	14,4	13,7	12,4	12,8	*	*
HZKD(i)/HZKD(Ref) (Wasser) in %	100	95,1	86,2	88,8		
Standardabw	0,706	0,835	0,637	0,528		
Variationskoeffiz.	4,90	6,09	5,12	4,13		
Versuche	10	10	10	10		
HZKD in %		13,4	10,8	10,7		
HZKD(i)/HZKD(Ref) (Kalkmilch) in %		92,9	74,9	74,1		
Standardabw		1,129	0,5	0,55		
Variationskoeffiz.		8,43	4,63	5,15		
Versuche		9	10	10		

* Proben während des Versuchs gerissen

Tabelle 3



* Proben während des Versuchs gerissen

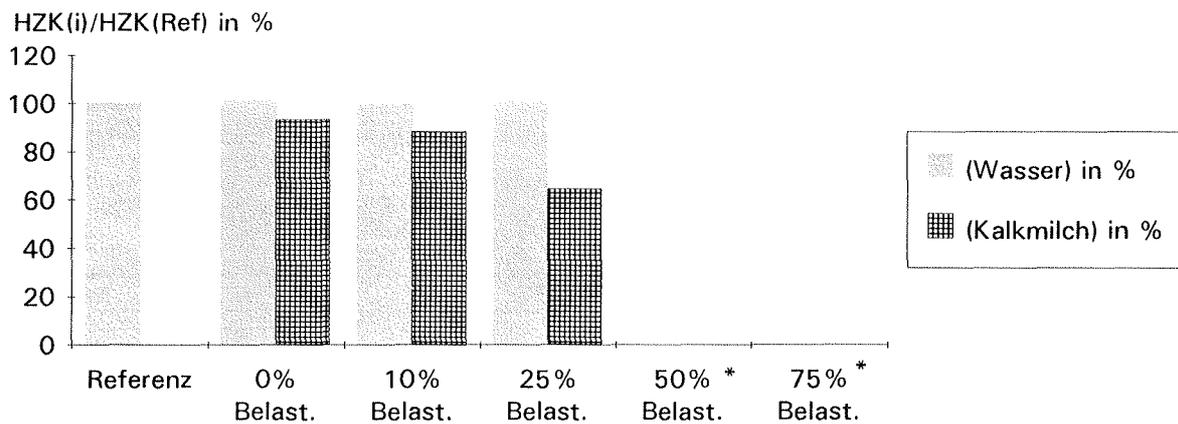
Bild 4

**Einfluß von Zugbeanspruchungen auf das Hydrolyseverhalten von Polyester (PET)
Versuchsdauer 504 h (21 Tage) - Höchstzugkraft**

	Referenz	0% Belast.	10% Belast.	25% Belast.	50% Belast.	75% Belast.
HZK in N	77,91	79,06	77,78	78,39	*	*
HZK(i)/HZK(Ref) (Wasser) in %	100	101,5	99,8	100,6		
Standardabw	2,488	1,141	1,475	0,723		
Variationskoeffiz. in %	3,19	1,44	1,90	0,92		
Versuche	10	9	10	9		
HZK in N		72,87	68,86	50,32		
HZK(i)/HZK(Ref) (Kalkmilch) in %		93,5	88,4	64,6		
Standardabw		3,89	0,75	7,625		
Variationskoeffiz. in %		5,34	1,09	15,15		
Versuche		10	10	10		

* Proben während des Versuchs gerissen

Tabelle 4



* Proben während des Versuchs gerissen

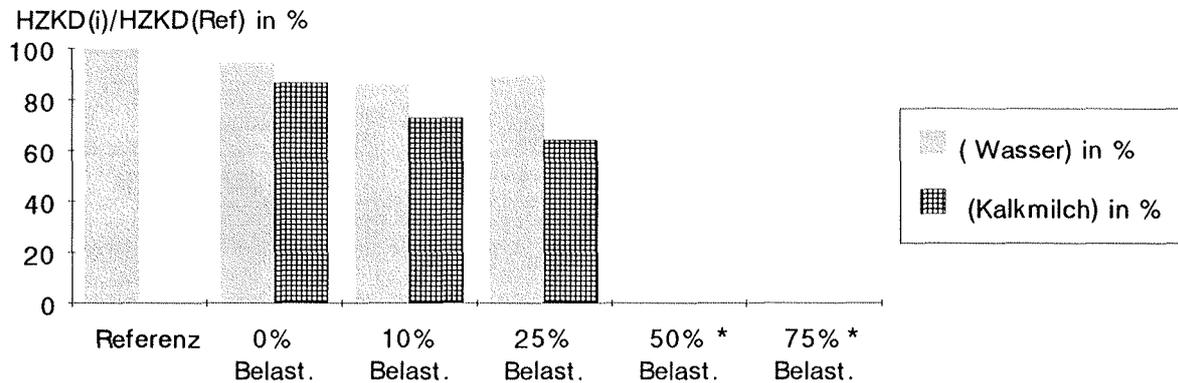
Bild 5

Höchstzugkraftdehnung (HZKD)

HZKD in %	Referenz	0% Belast.	10% Belast.	25% Belast.	50% Belast.	75% Belast.
		14,42	13,58	12,33	12,86	*
HZKD(i)/HZKD(Ref) (Wasser) in %	100	94,2	85,5	89,2		
Standardabw	0,706	0,55	0,625	0,596		
Variationskoeffiz. in %	4,90	4,05	5,07	4,63		
Versuche	10	9	10	9		
HZKD in %		12,48	10,52	9,23		
HZKD(i)/HZKD(Ref) (Kalkmilch) in %		86,5	73,0	64,0		
Standardabw		1,025	0,209	0,903		
Variationskoeffiz. in %		8,21	1,99	9,78		
Versuche		10	10	10		

* Proben während des Versuchs gerissen

Tabelle 5



* Proben während des Versuchs gerissen

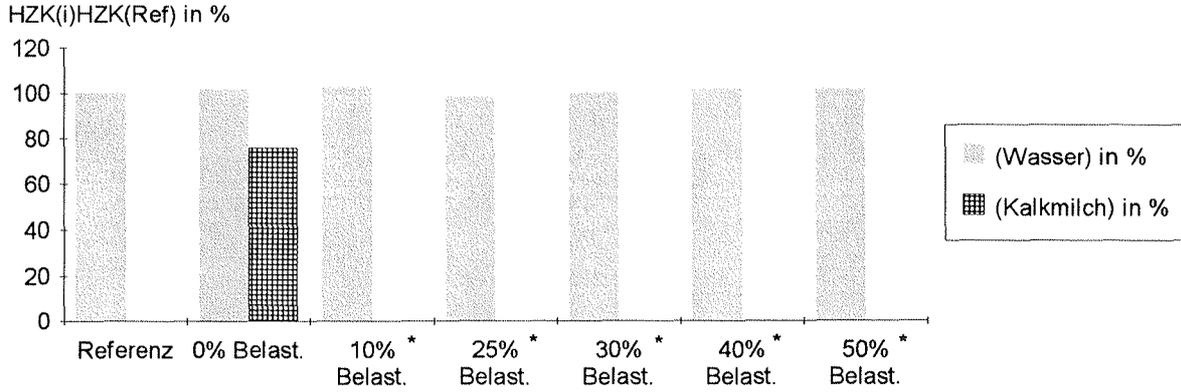
Bild 6

**Einfluß von Zugbeanspruchungen auf das Hydrolyseverhalten von Polyester (PET)
Versuchsdauer 2184 h (91 Tage) - Höchstzugkraft**

HZK in N	Referenz	0% Belast.	10% Belast.	25% Belast.	30% Belast.	40% Belast.	50% Belast.
		77,57	78,69	79,51	76,36	77,62	78,71
HZK(i)/HZK(Ref) (Wasser) in %	100	101,4	102,5	98,4	100,1	101,5	101,4
Standardabw	1,556	1,180	0,946	1,731	2,015	2,135	1,683
Variationskoeffiz. in %	2,01	1,50	1,19	2,27	2,60	2,71	2,14
Versuche	9	9	9	9	9	9	9
HZK in N		58,88	*	*	*	*	*
HZK(i)/HZK(Ref) (Kalkmilch) in %		75,9					
Standardabw		1,042					
Variationskoeffiz. in %		1,77					
Versuche		9					

* Proben während des Versuchs gerissen

Tabelle 6



* Proben während des Versuchs gerissen

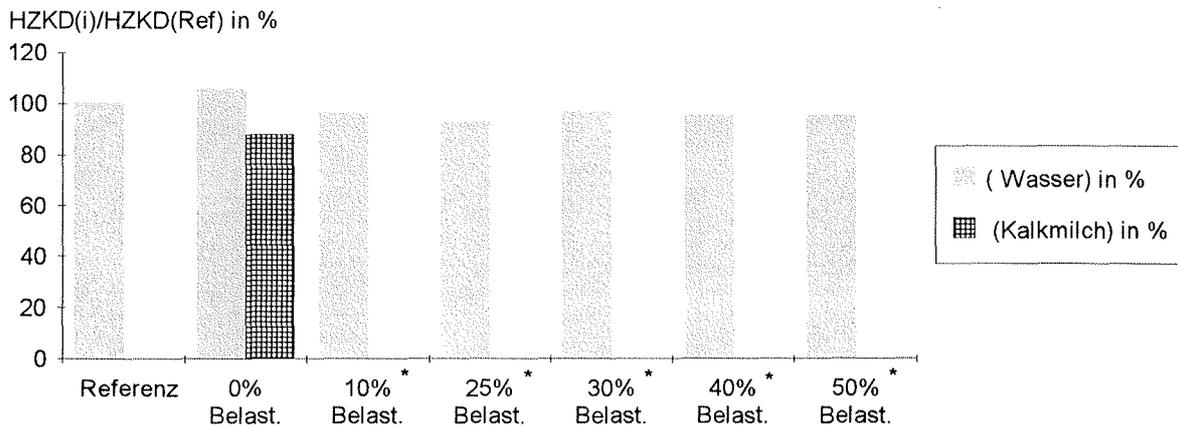
Bild 7

Höchstzugkraftdehnung (HZKD)

	Referenz	0% Belast.	10% Belast.	25% Belast.	30% Belast.	40% Belast.	50% Belast.
HZKD in %	13,47	14,26	12,97	12,47	13,01	12,81	12,82
HZKD(i)/HZKD(Ref) (Wasser) in %	100	105,9	96,3	92,6	96,6	95,1	95,2
Standardabw	0,719	0,564	0,565	0,310	0,518	0,445	0,478
Variationskoeffiz. in %	5,34	3,96	4,36	2,49	3,98	3,47	3,73
Versuche	9	9	9	9	9	9	9
HZKD in %		11,83	*	*	*	*	*
HZKD(i)/HZKD(Ref) (Kalkmilch) in %		87,8					
Standardabw		0,817					
Variationskoeffiz. in %		6,91					
Versuche		9					

* Proben während des Versuchs gerissen

Tabelle 7



* Proben während des Versuchs gerissen

Bild 8

Die Proben mit 50 % und 75 % Belastung bei den 7 d- und 28 d-Versuchen rissen vor Versuchsende. Diese sind mit * versehen und auch geprüft worden. Da diese Proben nur eine Teilzeit unter Spannung gestanden haben, sind die Ergebnisse hier nicht dargestellt. Bei den für 91 d Dauer geplanten Versuchen rissen alle in Ca(OH)_2 eingelagerten, belasteten Garne vor Ende der planmäßigen Versuchszeit. Die Dauer bis zum Bruch ist als Grafik angegeben.

	Standzeit von PET-Garn in 40 °C Ca(OH)_2 -Lösung in Tagen					
	Spannung / Festigkeit (σ/β)					
	0	0,1	0,25	0,3	0,4	0,5
H_2O	90*	90*	90*	90*	90*	90*
Ca(OH)_2	90*	55	29	27	12	9

* planmäßiges Versuchsende

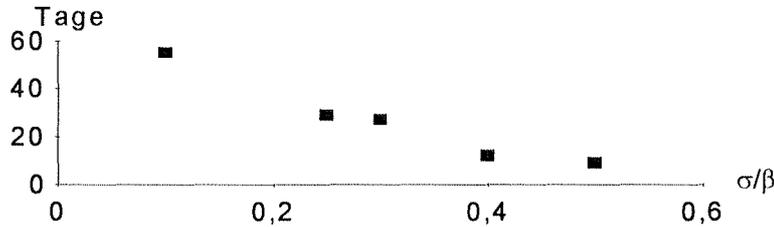


Bild 9: Dauer bis zum Versagen

Vor dem Einbau der 28 d-Proben wurde die Garnumlenkung an den Einspannenden nachbearbeitet, um Kerbwirkungen auf die Garne zu minimieren. Vermutlich durch diese Nacharbeiten hielten die Proben mit 50 % und 75 % beim zweiten Zyklus länger, versagten jedoch auch vor planmäßigem Versuchsende. Aus den vor dem geplanten Versuchsende versagenden Proben wurde eine Zeitstandbruchgrafik aufgetragen, die in Bild 10 wiedergegeben ist. Wegen der geringen Wertezahl ist keine Zeitstandbruchlinie eingetragen.

Einfluß von Zugbeanspruchungen auf das Hydrolyseverhalten von Polyester (PET)
 Ca(OH)_2 sat, 40 °C, geplante Versuchsdauer 91 Tage

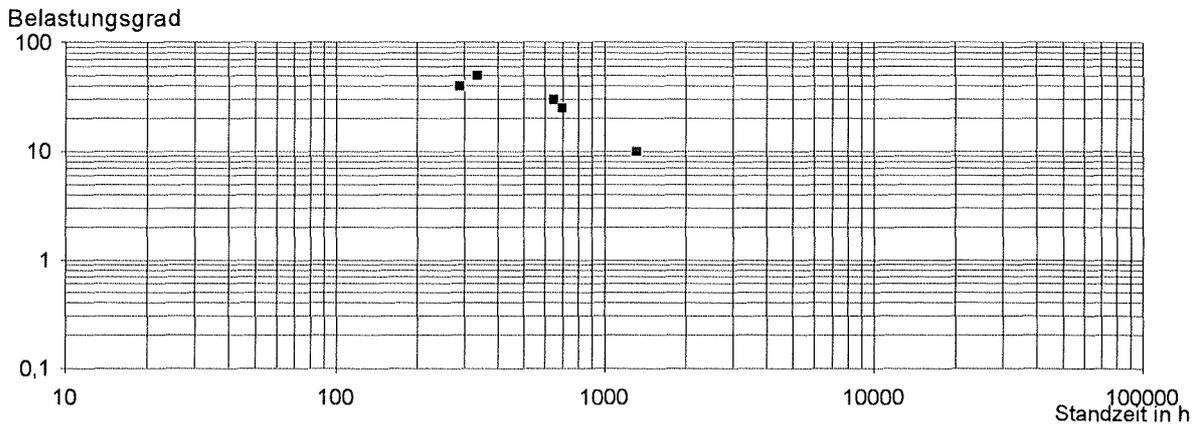


Bild 10

7.1 Festigkeiten/Dehnungen

Streuen nach 7 d Beanspruchung die erzielten Festigkeiten (Kalkmilchlagerung gegen Wasserlagerung) im Rahmen der Produkt- und Versuchsstreuung bis ca. 10 % Belastung, ist bei 25 % Belastung bereits ein signifikanter HZK-Abfall zu erkennen. Die Dehnungen bei Höchstlast nehmen bereits nach 7 d Lagerungsdauer stetig mit wachsendem Belastungsgrad ab.

Bei 21 d Dauer ist der Einfluß des Mediums deutlich, 0 % und 10 % Belastung zeigen geringe Minderungen der Festigkeit, bei 25 % Belastung ist ein Rückgang auf ca. 64 % der Wasser- bzw. Referenzwerte zu erkennen.

7.2 Oberflächenstruktur (REM-Aufnahmen)

Von den nach den Versuchen aufbewahrten Filamenten wurden Fäden mit und ohne Kalkmilchexposition in destilliertem Wasser gewaschen, nach Trocknung goldbedampft und im REM aufgenommen. Es wurden dazu Stücke aus dem Bereich entnommen, der nicht beim Zugversuch gedehnt wurde.

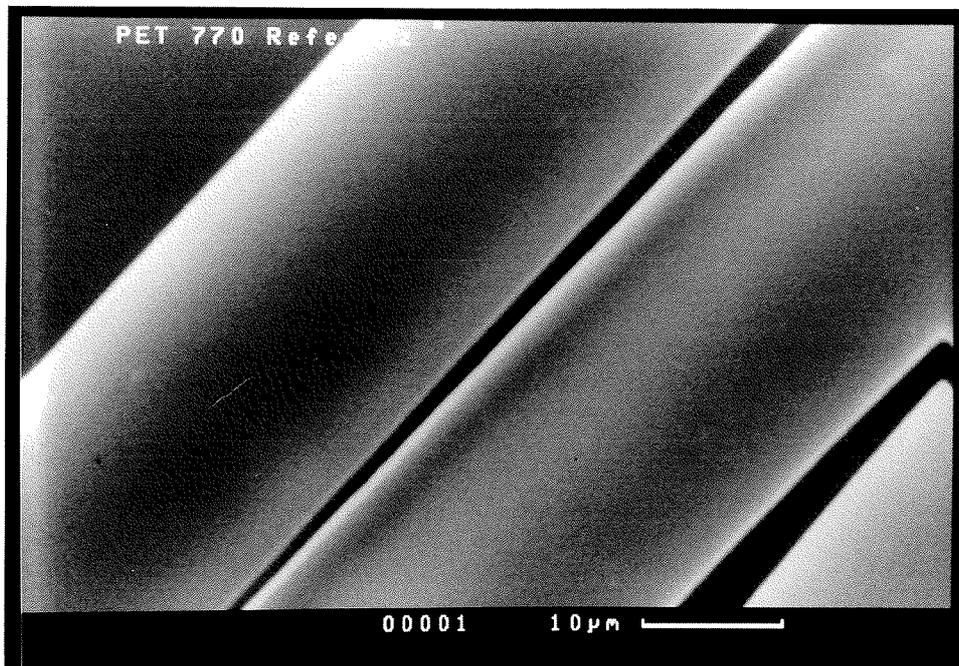


Bild 11 zeigt das Ausgangsmaterial vor Einlagerung

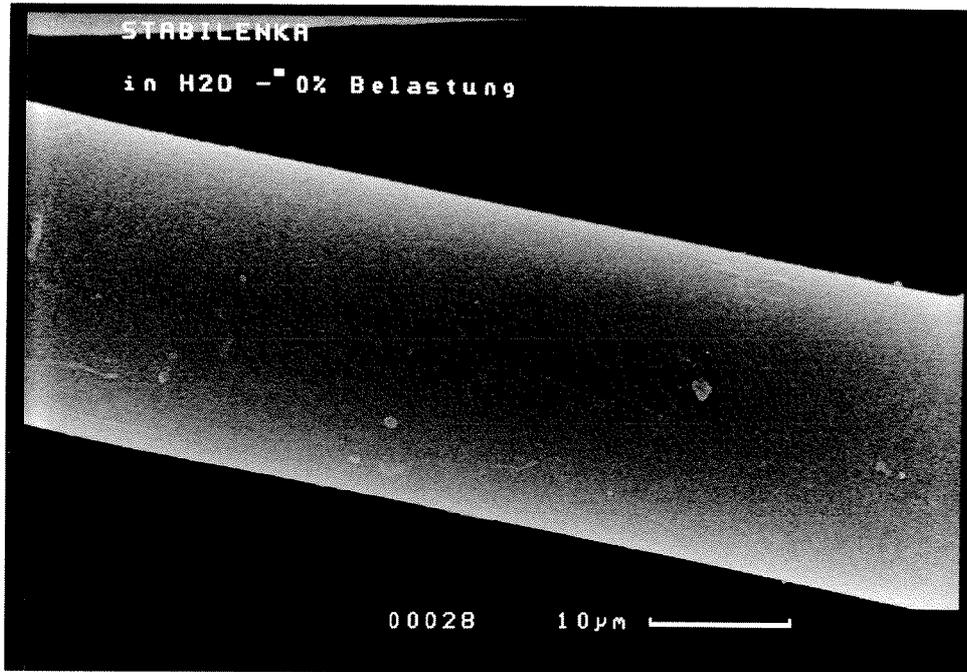


Bild 12 zeigt PET-Fasern nach 91 d Einlagerung in H₂O bei 0 % Belastungsgrad

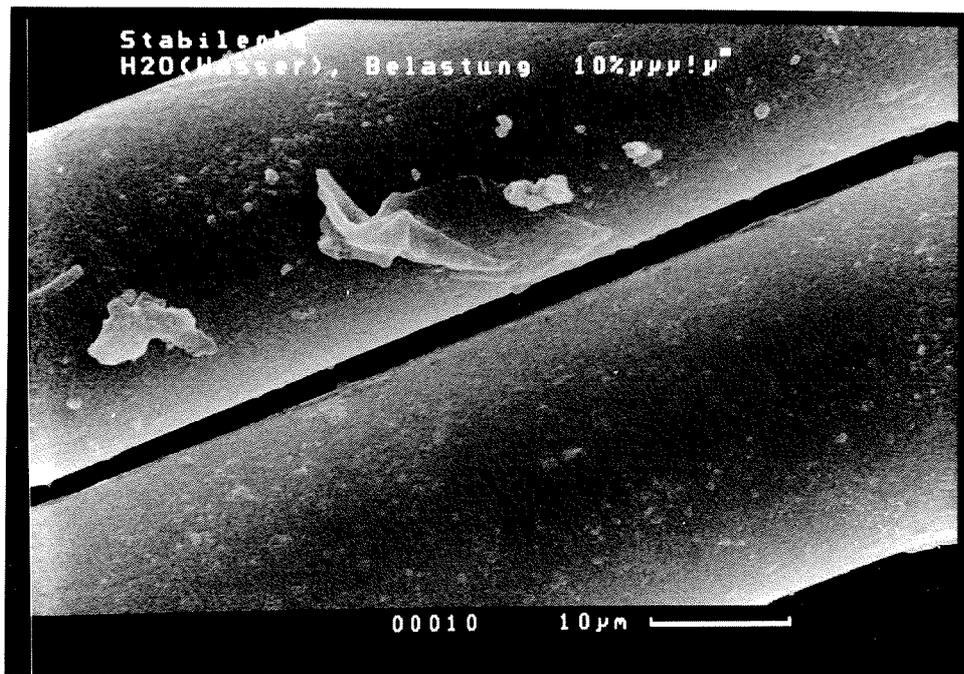


Bild 13 zeigt PET-Fasern nach 91 d Einlagerung in H₂O bei 10 % Belastungsgrad

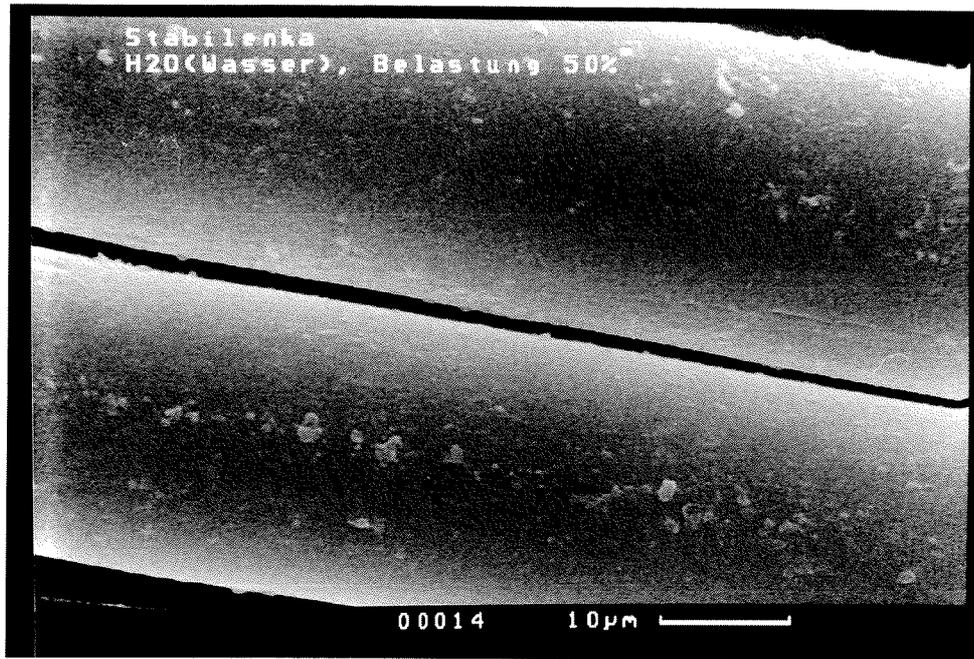


Bild 14 zeigt PET-Fasern nach 91 d Einlagerung in H₂O bei 50 % Belastungsgrad

Hierbei sind Trocknungsreste als Oberflächenverschmutzung zu erkennen und lediglich bei 50 % Belastung Längsstrukturen geringer Tiefe auf den Fasern.

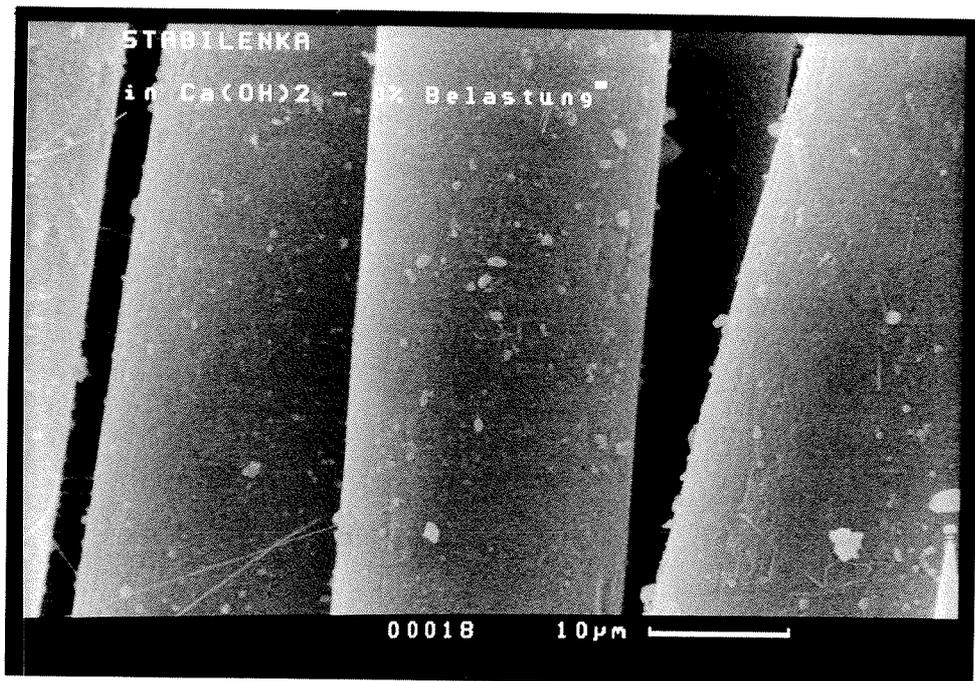


Bild 15 zeigt PET-Fasern nach 91 d Einlagerung in Ca(OH)₂ ohne Belastung

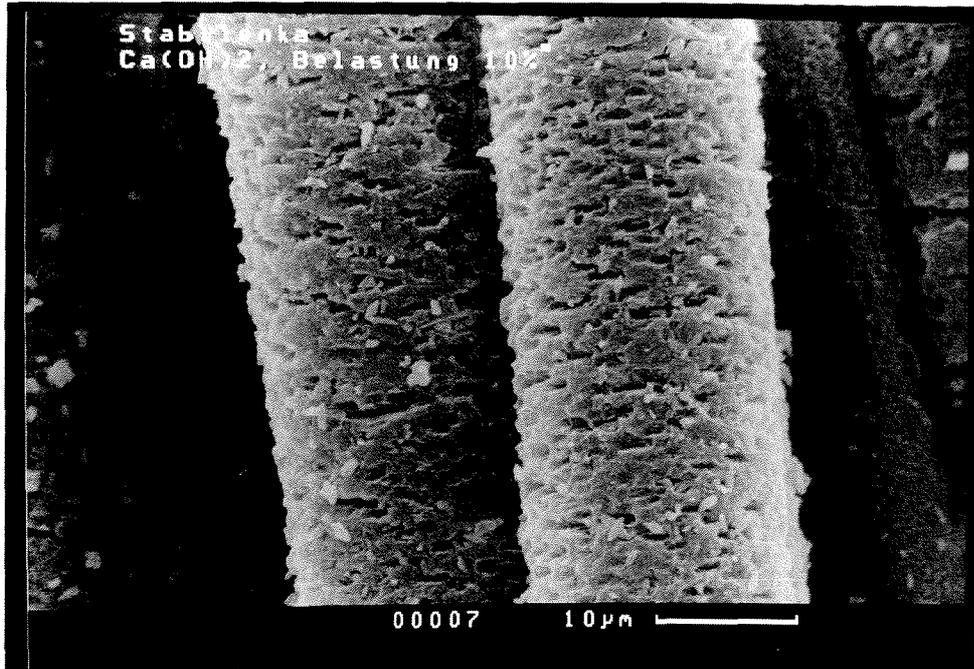


Bild 16 zeigt PET-Fasern nach 55 d Einlagerung in Ca(OH)_2 bei 10 % Belastung

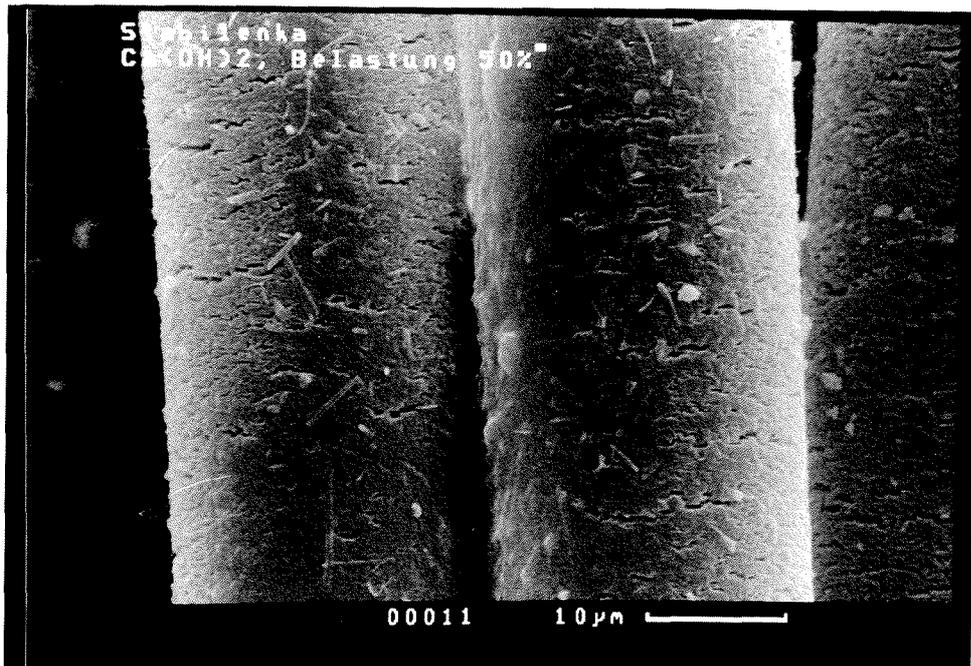


Bild 17 zeigt PET-Fasern nach 14 d Einlagerung in Ca(OH)_2 bei 50 % Belastung

Es ist zu sehen, daß ohne Belastung in $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Lösung die Faseroberflächen etwas stärker strukturiert wirken als in H_2O (Bild 13). Nach der langen Exposition in $\text{Ca}(\text{OH})_2$ bei niedriger Belastung (Bild 14) sind deutlich die quer zur Krafrichtung (= Faserrichtung) verlaufenden Strukturen zu erkennen - im folgenden als Canyons oder Kerben bezeichnet. Neben diesen tiefen Kerben ist auch ein Dickenverlust an den im gleichen Maßstab aufgenommenen Bildern zu erkennen.

Bild 17, bei dem das Material bei hoher Belastung nur relativ kurz der Kalkmilch ausgesetzt war, zeigt die Canyongrundstrukturen deutlich bei z. T. größerer Länge, aber geringerer Breite. Der Durchmesser der Fäden ist noch nicht vermindert.

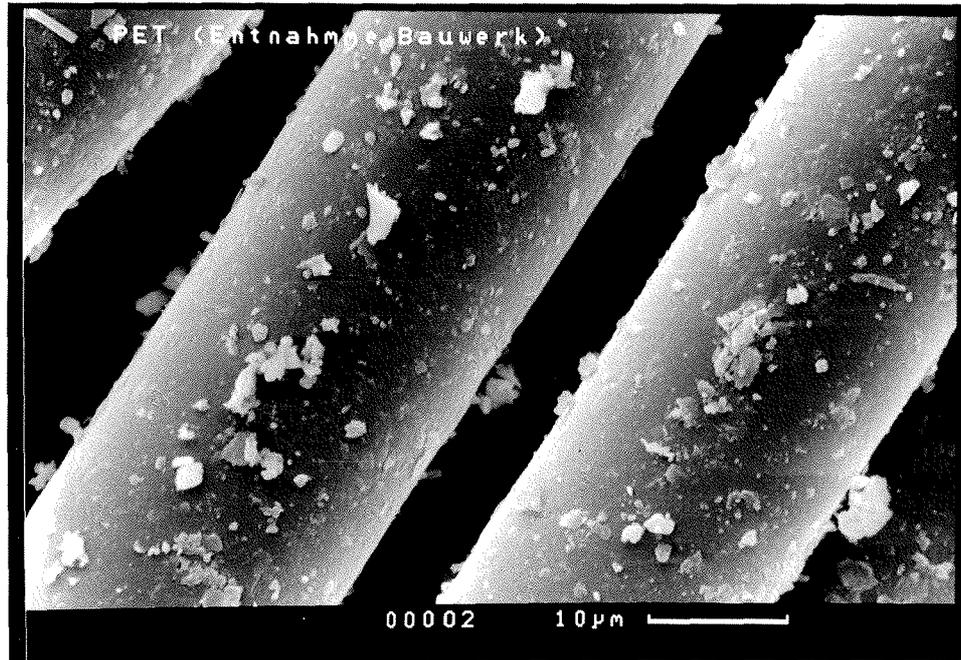


Bild 18 zeigt eine Faser aus einer Probe des Bauwerks Hilsingen, die von Dipl.-Ing. Nimmegern, FMPA Stuttgart, nach ca. 6 Monaten aus dem Stützbauwerk entnommen wurde. An den Fasern sind neben Ablagerungen leichte Oberflächenstrukturen (Dellen, Schuppen) zu ahnen, die eher in Längsrichtung als quer verlaufen. Es fehlen gänzlich die Kerb-/Canyon-Strukturen.

8. Versagensmechanismus

Die in den Bildern zu erkennenden Strukturen ähneln den von Sasse/Schrage für belastete und bewitterte PVC-Proben veröffentlichten /1/. An PET könnte der Versagensverlauf ein Zusammenwirken physikalischer Kerbspannungseffekte und chemischer Vorschädigung darstellen. Nach den Ausführungen von Schmidt, AKZO, /8/ wurde dort festgestellt, daß bei Zugspannungen auf ein PET die Moleküle sich aus der verformungsweicheren Gauchekonfiguration in die steifere Transkonfiguration umordnen. Die Kerbspannungstheorie zeigt, daß am Kerbgrund die Spannungskonzentration (Bild 19 aus Wesche Bd1 /9/) vom E-Modul und Verformungsverhalten des Materials abhängt. Dies bedeutet als denkbaren Versagensmechanismus für die PET-Fasern: Die Moleküle liegen zunächst in Gauche- und Transkonfiguration vor. Die äußere Hydrolyse bewirkt lokale Defekte, Kerben, Dellen. An gekerbten Stellen steigt die mechanische Beanspruchung durch die Spannungskonzentration im Kerbgrund. Vorhandene Gauchemoleküle formen sich in die steifere Transkonfiguration um. Wegen der steigenden Steifigkeit erhöht sich die Spannung erneut, der Riß läuft weiter. Die Oberfläche für den alkalischen Angriff steigt, der Prozeß erhält eine Selbstverstärkung. Damit würde das Bild der Zeitstandbruchlinie mit Hydrolyse keine Gerade, sondern eine nach unten gekrümmte Kurve.

9. Zusammenfassung

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen bei längerer Einwirkung von Wasser keine signifikanten Änderungen der mechanischen Eigenschaften, bei Einwirken von $\text{Ca}(\text{OH})_2$ auf PET bei 40 °C einen beanspruchungsabhängigen Abfall der Restzugfestigkeiten nach Exposition bzw. eine beanspruchungsabhängige Standzeit (bei 90 d geplanter Versuchsdauer erfolgte das Versagen zwischen 14 d und 55 d bei Belastungsgraden von max 50 %).

Die hier an einem Garntyp erzielten Ergebnisse wurden bei 40 °C und gesättigter $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Lösung erreicht. Diese Randbedingungen wurden zur Beschleunigung weit oberhalb natürlich auftretender Werte gewählt. Ein möglicher Versagensmechanismus wurde aufgezeigt. Es kann sich hierbei um generelles Verhalten von Kunststoffen gegen chemisch/mechanischen Angriff handeln, wie ähnliche Ergebnisse aus der Literatur /1/ vermuten lassen.

10. Referenzen

- /1/ Sasse, H.R., Schrage, I: A proposed method for aging polymers used in buildings under simultaneous action of artificial weathering and mechanical stress; Durability of building materials, 2 (1983); Elsevier Science Publishers B.V, Amsterdam
- /2/ Colin, G., Mitton, M.T., Carlsson, D.J., Wiles, D.M.: The effect of soil burial exposure on some geotechnical fabrics, Geotextiles and Geomembranes 4 (1986)
- /3/ Davis, G.W.: Aging and Durabilities of Polyester Geotextiles (Aging and Durability of Polyester Geotextiles), Dez. 8-9, 1988
and
- /4/ den Hoedt, G.: Durability experience in the netherlands, 1958 - 1988
- /5/ Wong, T., A.R. Slaters, Jr.: The effects of water on polyethylene terephthalate in geotechnical applications, ITW Enterprises, Glenview, Illinois
- /6/ Sotton, M.: Durability of Geotextiles, Proc. 23rd international man-made fibres conference, Dornbirn/Austria, 1984
- /7/ Sprague, C. Joel: Leachate compatibility of polyester needlepunched nonwoven geotextiles, Symposium on Geosynthetic Testing for Waste Containment Applications - Las Vegas, 1990
- /8/ Schmidt, AKZO, Arnheim: mündlicher Bericht bei der Betreuersitzung in Berlin am 11.05.93
- /9/ Wesche, K: Baustoffe für tragende Bauteile, Bd. 1, Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin, 2. Auflage 1977.



T 7618

L'influence de tension de traction sur le comportement sous hydrolyse de Polyester (PET)

Projet de recherche No. IV-5-665/92 de Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin

Rapport final 1.94 -Résumé-

Prof. Dr.-Ing. J. Müller-Rochholz
Dipl.-Ing. (SU) Z. Bronstein

Après de perte de résistance de tissu PET observée sur un talus bordant d'une autoroute dans le sud de l'Allemagne, le comportement de PET en milieu alcalin a fait l'objet d'un ensemble de projets de recherches financé par DIBt. Le Laboratoire des Matériaux de la Fachhochschule Münster devait essayer, s'il y a des effets synergiques lors de traitements simultanément chimiques, mécaniques et thermiques.

Programme d'essai et réalisation de l'essai

Un type de fil-PET a été immergé dans une solution saturée de Ca(OH)_2 ou d'eau distillée (chaque à 40 °C) pour 7, 21, 90 jours sous divers degrés de tension. Ensuite les échantillons ont été soumis à des essais de traction et analysé au microscope.

Résultats et évaluation

Aucun des échantillons soumis à charge et immergés dans Ca(OH)_2 n'atteint la durée prévue de 90 jours. Les échantillons ont défailli en fonction du degré de tension. L'analyse microscopique a montré des fissures profondes perpendiculaires à la direction de traction parallèlement à une diminution d'épaisseur en fonction du temps. La cause de cet effet peut être la réaction hydrolytique liée à une création de surface par croissance de fissures. Il est évident qu'il y a une accélération de la défaillance due à une tension mécanique et à une exposition thermo-chimique simultanées.



T 2618

Influence of Tensile Stress on the Hydrolysis Behaviour of Polyester (PET)
Research project IV-5-665/92 of Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin

Final Report 1.94 -Summary-

Prof. Dr.-Ing. J. Müller-Rochholz
Dipl.-Ing. (SU) Z. Bronstein

After strength losses observed at a highway slope in southern Germany the behaviour of Polyester (PET) in alkaline solutions was investigated in a connected research program funded by DIBt. The building materials laboratory of Fachhochschule Münster had the task to test, whether there are synergy effects of chemical mechanical loads at thermal simultaneous chemical and thermal exposition.

Test program and procedure

A PET-yarn was immersed into saturated $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -solution or distilled water (both of 40 °C) at various load/strength ratios for 7, 21 and 90 d. After emersion the specimen were washed and tested on tensile strength and deformation. Parts of the specimen were analysed microscopically.

Results and evaluation

No mechanically loaded specimen in $\text{Ca}(\text{OH})_2$ reached the intended test duration of 90 d. Specimen failed dependent from load/strength ratio. The microscopic analysis showed deep "canyons" normal to load direction with thickness loss depending on exposition time. A hydrolysis reaction combined with creation of new surface by crack growth in the "canyons" is to be expected the cause of the effect. There is clear evidence that an acceleration of failure is caused by simultaneous acting mechanical load and chemical exposition.