

Alterungsverhalten von Schutznetzwerkstoffen

Detlef Mewes, Olaf Mewes, Sankt Augustin

Schutznetze werden oftmals über längere Zeit im Freien verwendet, wo sie der Einwirkung verschiedener Klimafaktoren, wie UV-Strahlung, Wärme, Feuchtigkeit und Regen, ausgesetzt sind. In einer vergleichenden Studie wurde das Alterungsverhalten handelsüblicher Schutznetzwerkstoffe unter verschiedenen klimatischen Bedingungen untersucht. Mit zunehmender Expositionsdauer verschlechterten sich die mechanischen Eigenschaften der untersuchten Schutznetzwerkstoffe abhängig von den klimatischen Verhältnissen am Bewitterungsort mehr oder weniger stark. Aus Gründen der präventiven Unfallverhütung empfiehlt es sich, Prüfgarne in die Schutznetze einzuarbeiten, um so die mechanischen Eigenschaften anhand von Garnzugversuchen von Zeit zu Zeit überprüfen zu können und dann über die weitere Verwendung der Netze zu entscheiden.

Schutznetze werden bei Bau- und Montagearbeiten als Auffangeinrichtung für abstürzende Personen bzw. als Absturzsicherung eingesetzt. Anders als bei Anseilsicherungen bleibt die Beweglichkeit der Beschäftigten über dem abgesicherten Bereich bei allen Arbeits- und Transportvorgängen in vollem Umfang erhalten. Daneben bieten Schutznetze den Vorteil, dass abstürzende Personen wegen der großen Verformung des Netzes weich aufgefangen werden und so das Verletzungsrisiko gemindert wird.

Schutznetze werden oftmals über längere Zeiträume hinweg im Freien verwendet, wo sie der Einwirkung verschiedener Klimafaktoren, wie UV-Strahlung, Wärme, Feuchtigkeit, Regen und Luftverschmutzungen, unterliegen. Um auch unter diesen Bedingungen eine ausreichende mechanische Belastbarkeit zu gewährleisten, ist es erforderlich, die Netze aus möglichst alterungsbeständigen Materialien zu fertigen.

Über das Alterungsverhalten der für Schutznetze in Betracht kommenden Werkstoffe Polyamid, Polypropylen und Polyester liegen zwar

einige Untersuchungen [1 bis 4] vor, die aber zu z. T. sehr unterschiedlichen Ergebnissen gelangen. So werden für Polyamid Festigkeitsverluste von 3 % [1] bis hin zu etwa 50 % [2; 3] nach einem Jahr Freibewitterung genannt. Bei Polypropylen differieren die Angaben in noch stärkerem Maße [1; 2]. Um detailliertere Erkenntnisse über das Alterungsverhalten zu gewinnen, wurde eine vergleichende Studie mit verschiedenen Schutznetzwerkstoffen durchgeführt, die hierzu im gemäßigten mitteleuropäischen Klima wie auch im mediterranen Klima bewittert wurden. Ergänzend wurden mit einigen Werkstoffen künstliche Bewitterungsversuche durchgeführt.

Versuchsmaterialien und experimentelle Methoden

Für die Untersuchungen standen 13 handelsüblich stabilisierte Netz-

werkstoffe aus Polyamid, Polypropylen und Polyester zur Verfügung (Tabelle 1). Diese Materialien wurden, beginnend im Herbst, beim Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitssicherheit – BIA in Sankt Augustin über einen Zeitraum von fünf Jahren und zu Vergleichszwecken beim Centro Nacional de Medios de Protección – CNMP in Sevilla über zwei Jahre bewittert. Eine grobe Charakterisierung der klimatischen Verhältnisse an diesen Bewitterungsstellen enthält Tabelle 2. Im Vergleich zu Sankt Augustin ist die Jahresstrahlungsdosis in Sevilla um rd. 60 % und die Durchschnittstemperatur um rd. 50 % höher. Die mittleren relativen Luftfeuchten unterscheiden sich dagegen nur wenig. Die Freibewitterung erfolgte mit Garn- und Knotenproben, die hierfür in Bewitterungsstellen parallel zum Boden nach Süden hin ausgelegt wurden (Bild 1).

In Ergänzung zur Freibewitterung wurden einige Werkstoffe über



Autoren

Dr.-Ing. Detlef Mewes leitet das Referat 6.3 „Werkstofftechnik“ beim Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitssicherheit – BIA in Sankt Augustin. Dipl.-Ing. Olaf Mewes ist Arbeitsgruppenleiter im Fachbereich „Mechanik – Schleiftechnik“ im Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitssicherheit – BIA in Sankt Augustin.

Tabelle 1 | Untersuchte Werkstoffe.

Material	Farbe	Durchmesser bzw. Dicke in mm	Ausführung
Polyamid (PA)	weiß	6,0	geflochten
	weiß	3,0	gedreht
	weiß	3,0	geflochten
	ungefärbt	5,5	geflochten
	ungefärbt	3,0	gedreht
Polypropylen (PP)	orange	4,1	geflochten
	weiß	4,1	geflochten
	weiß	5,5	geflochten
	grün	4,1	geflochten
Polyester (PES)	schwarz	4,1	geflochten
	weiß	3,0	gedreht
	weiß	6,0	geflochten
	weiß	3,0	geflochten

Tabelle 2 | Klimatische Verhältnisse an den Freibewitterungsstationen (Durchschnittswerte).

Ort	jährliche Globalstrahlung in kJ/cm ²	Jahresmittel der Lufttemperatur in °C	Jahresmittel der Luftfeuchtigkeit in %	jährliche Niederschlagsmenge in mm
Sankt Augustin (Deutschland)	375	12,7	76	480
Sevilla (Spanien)	607	18,5	65	600

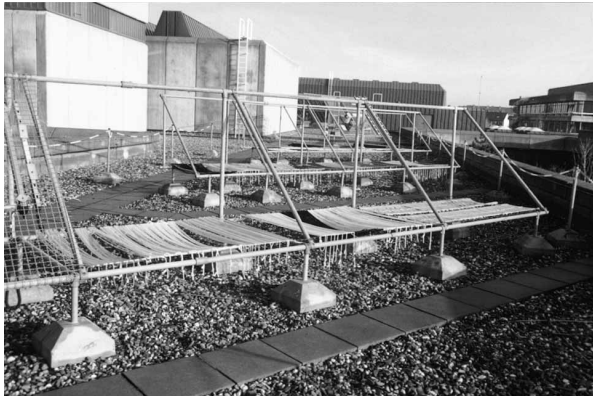


Bild 1 | Auslegung der Prüfmuster für die Bewitterung.

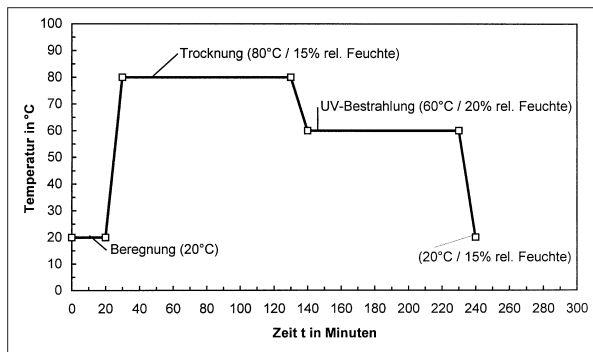


Bild 2 | Beanspruchungszyklus in den künstlichen Bewitterungsversuchen.

zwei Monate hinweg einer künstlichen Alterung in einer Klimakammer ausgesetzt. Ein Alterungszyklus bestand dabei aus einer Beregnungs-, einer Trocknungs- und einer Bestrahlungsphase (Bild 2). Die Beregnung erfolgte mit demineralisiertem Wasser über eine parallel zur Probenebene angebrachte Sprüheinrichtung. Der Massenstrom betrug 15 l/min. Die UV-Bestrahlungsstärke betrug 11,5 W/m² in der Probenebene. Die künstliche Alterung wurde nur mit Knotenproben durchgeführt.

Inwieweit sich die mechanischen Eigenschaften durch Alterungsvorgänge bei der Bewitterung ändern, wurde anhand von Garn- und Knotenzugversuchen nach ISO 1805 [5] ermittelt. Als Kennwerte wurden aus diesen Versuchen jeweils die Reißkraft F_R und die Reißdehnung ϵ_R ermittelt. Im Falle der Garnzugproben betrug die Prüfgeschwindigkeit 100 mm/min und die freie Einspannlänge 100 mm. Die Knotenzugversuche wurden dagegen mit einer Geschwindigkeit von 120 mm/min und einer freien

Einspannlänge von 250 mm durchgeführt. Abweichend von den Vorgaben der ISO 1805 [5] wurden wegen der vergleichsweise geringen Eigenschaftsstreuungen, auch der bewitterten Prüfmuster, jeweils fünf Versuche pro Material und Alterungszustand durchgeführt.

Alterung im mitteleuropäischen Klima

Das Alterungsverhalten der Garnproben im mitteleuropäischen Klima geben die Bilder 3 und 4 wie-

der. Die Reißkraft (Bild 3) verringerte sich im ersten Jahr stärker als in den darauf folgenden Jahren. Unter Zugrundelegung der Reißkraft als Alterungsindikator wiesen die Polyamidwerkstoffe die geringste Witterungsbeständigkeit auf. Bereits nach einem Jahr Freibewitterung hatte sich die Reißkraft der einzelnen Materialien zwischen 27 % und 37 % verringert. Nach fünf Jahren betragen die Verluste zwischen 53 % und 72 %.

Bei den verschiedenen Polyesterergarnen hatte die Reißkraft nach einem Jahr Freibewitterung

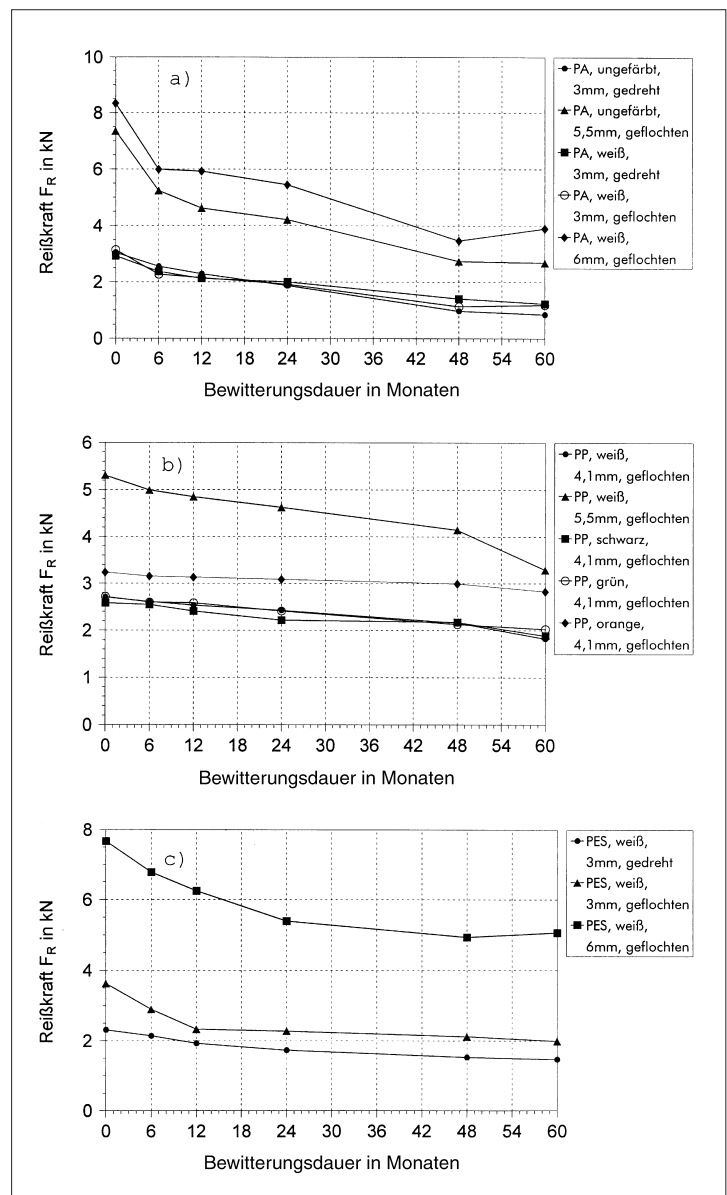


Bild 3 | Einfluss der Bewitterungsdauer im mitteleuropäischen Klima (BIA, Sankt Augustin) auf die Reißkraft im Garnzugversuch.

a) Polyamid, b) Polypropylen, c) Polyester

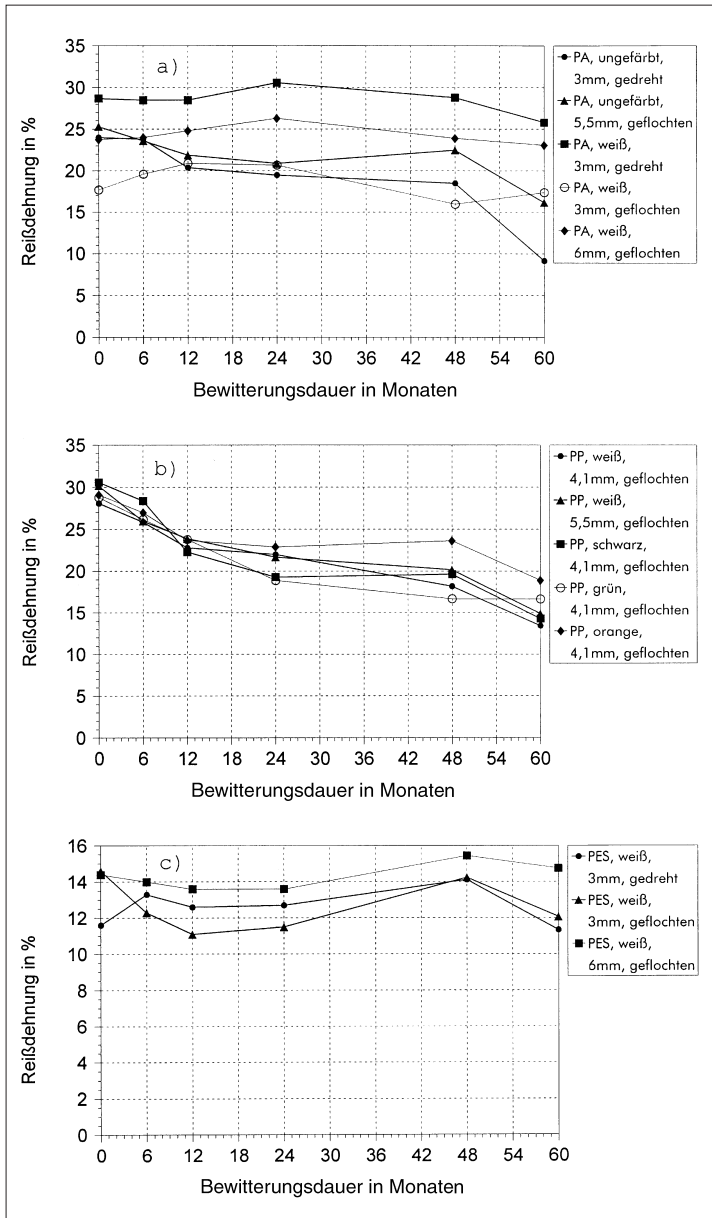


Bild 4 Einfluss der Bewitterungsdauer im mitteleuropäischen Klima (BIA, Sankt Augustin) auf die Reißdehnung im Garnzugversuch

a) Polyamid, b) Polypropylen, c) Polyester

um 16 % bis 36 % abgenommen. Nach Ablauf der fünfjährigen Bewitterungsperiode wurden Verluste zwischen 34 % und 45 % ermittelt.

Am wenigsten machte sich die Bewitterung bei den Polypropylenen bemerkbar, sofern als Alterungsindikator die Reißkraft gewählt wurde. Bei diesen Werkstoffen verringerte sich dieser Kennwert im Laufe des ersten Bewitterungsjahres lediglich zwischen 3,4 % und 8,6 %. Auch nach fünf Jahren Freibewitterung fielen die Verluste i. Allg. deutlich geringer

aus als bei Polyamid und Polyester. Die höchste Witterungsbeständigkeit aller Materialien im Hinblick auf die Reißkraft wies das orange pigmentierte, geflochtene Polypropylengarn auf. Selbst nach fünf Jahren Freibewitterung im mitteleuropäischen Klima hatte sich die Reißkraft lediglich um 12,7 % vermindert.

Die Reißdehnung (Bild 4) verringerte sich insbesondere bei den Polypropylenen. Nach Ablauf der fünfjährigen Bewitterung betrug die Reißdehnung nur noch rd. 50 %

der ungealterten Proben. Lediglich bei dem orange eingefärbten Material fiel die Abnahme mit 35 % geringer aus. Im Gegensatz hierzu verzeichneten Polyamid und Polyester zumindest während der ersten vier Bewitterungsjahre keine Abnahme der Reißdehnung. Zum Teil war die Reißdehnung der bewitterten Proben sogar höher als die der unbewitterten Proben.

Die Knotenzugversuche erbrachten von der Tendenz her ähnliche Ergebnisse wie die Garnzugversuche (Bild 5). Auch hier änderten sich bei der Mehrzahl der Materialien die mechanischen Eigenschaften im Laufe des ersten Bewitterungsjahres stärker als in den darauf folgenden Jahren. Ales in allem wirkten sich jedoch Witterungseinflüsse beim Knotenzugversuch in geringem Maße auf die mechanischen Eigenschaften aus als im Garnzugversuch.

Alterung im mediterranen Klima

Im mediterranen Klima in Sevilla alterten die untersuchten Werkstoffe rascher als im gemäßigten mitteleuropäischen Klima, wie es in Sankt Augustin herrscht. Wie aus Bild 6 am Beispiel der Reißkraft im Garnzugversuch deutlich wird, bewirkte die einjährige Bewitterung in Sevilla in etwa die gleiche Festigkeitsverminderung wie eine zweijährige Bewitterung in Sankt Augustin. Die Ursache für die beschleunigte Alterung unter mediterranen Klimaverhältnissen liegt in der erhöhten Sonnenstrahlung und Lufttemperatur. Gerade der ultraviolette Anteil der Sonnenstrahlung kann zu einem beschleunigten Abbau von Polymeren führen [6; 7].

Mit fortschreitender Bewitterungsdauer verschmutzten alle Garne mehr oder weniger stark. Bei Polyamid, schwarz, 4 mm geflochten, wurde darüber hinaus eine deutliche Entfärbung festgestellt. Eine mechanische Zerstörung der Garnoberfläche, die nach Beobachtungen des CNMP [2] an anderen als den hier untersuchten, vermutlich unzureichend UV-stabilisierten Garnen bis zu einer „Pulverisierung“ des Garns reichen kann, trat bei kei-

Literaturverzeichnis

- [1] Paul, H.: Wann geht ein Seil kaputt? Deutsche Seilerzeitung 111 (1992) 5, S. 578-581.
- [2] Lazaro, J. I. A.; Jerez, J. G.; Fibras sintéticas: materia prima para la confeccion de redes de proteccion. Salud y Trabajo 79 (1990), S. 22-29.
- [3] Reifler, F. A.; Halbeisen, M.; Schmid, H.: Einflüsse der Umwelt auf Synthesefasern. Chimia 49 (1995), S. 226-232.
- [4] N.N.: Untersuchungen über die Haltbarkeit von Schutznetzen. Deutsche Seilerzeitung 102 (1983) 10, S. 495-498.
- [5] ISO 1805: Fishing Nets - Determination of Breaking Load and Knot Breaking Load of Netting Yarns. 1976.
- [6] Dolezel, B.: Die Beständigkeit von Kunststoffen und Gummi. München: Carl Hanser Verlag 1978.
- [7] Vogl, G.: Umweltsimulation für Produkte. Würzburg: Vogel Verlag 1999.
- [8] Lampe, T.; Schwarzer, P.; Ackermann, M.; Kaiser, H.-G.; Roggenbach, W.: Witterungsbeständige Kunststoffe und Textilien im Automobilbau - Korrelation zwischen Frei- und Gerätebewitterung. Mat.-Wiss. und Werkstofftech. 28 (1997), S. 7-14.
- [9] DIN EN 1263-1: Schutznetze, Teil 1: Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfverfahren. Berlin: Beuth Verlag 1997.

Bild 5 Einfluss der Bewitterungsdauer im mitteleuropäischen Klima (BIA, Sankt Augustin) auf die Reißkraft von Schutznetzwerkstoffen im Knotenzugversuch.

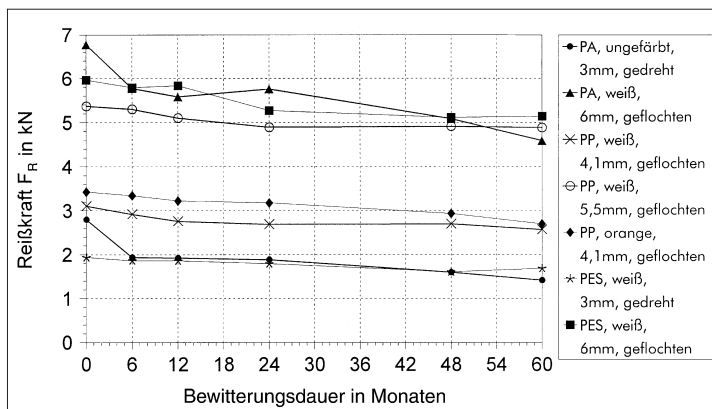
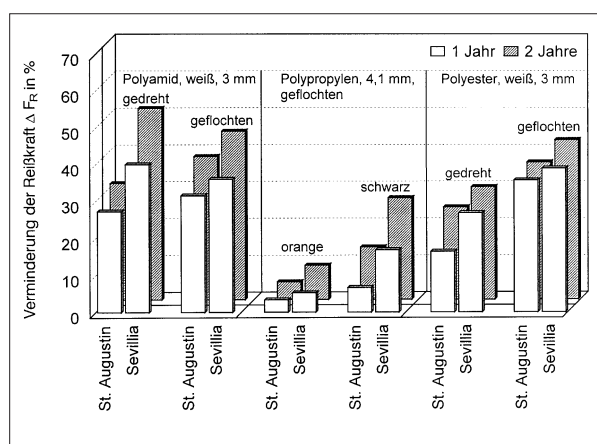


Bild 6 Einfluss der klimatischen Verhältnisse am Bewitterungsort auf die Verminderung der Reißkraft im Garnzugversuch.



nem Material auf, auch nicht bei der Bewitterung in Sevilla.

Künstliche Bewitterung

Eine künstliche Bewitterung hat zum Ziel, in kürzeren Zeiten und unter reproduzierbareren Bedingungen als dies in Freibewitterungsversuchen möglich ist, zu einer Beurteilung der Alterungsbeständigkeit von Werkstoffen und Bauteilen zu gelangen. Die Zeitraffung wird dabei durch die Intensivierung von Klimafaktoren erzielt, insbesondere der UV-Bestrahlungsstärke und der Temperatur.

Tabelle 3 Prozentuale Änderung der Reißkraft von Polypropylen und Polyamid im Knotenzugversuch nach Freibewitterung im mitteleuropäischen Klima und nach künstlicher Bewitterung.

Werkstoff	Veränderung der Reißkraft	
	6 Monate Freibewitterung	2 Monate künstliche Bewitterung
PA, weiß, 3 mm, gedreht	- 30,0 %	- 23,0 %
PA, weiß, 3 mm, geflochten	- 16,6 %	- 13,3 %
PP, orange, 4,1 mm, geflochten	- 2,5 %	+ 2,0 %
PP, weiß, 4,1 mm, geflochten	- 5,9 %	- 8,5 %

Tabelle 3 zeigt am Beispiel von Polyamid und Polypropylen als den gebräuchlichsten Schutznetzwerkstoffen, wie sich die Reißkraft bei künstlicher Bewitterung und bei Freibewitterung im mitteleuropäischen Klima änderte. Die Reißkraft wurde jeweils im Knotenzugversuch bestimmt. Die Freibewitterung und die künstliche Bewitterung erbrachten zwar die gleiche Bewertungsfolge. Unter beiden Alterungsbedingungen wiesen die Polypropylenwerkstoffe im Hinblick auf den Alterungsindikator Reißkraft eine wesentlich höhere Beständigkeit auf als die Polyamidmaterialien. Ein verallgemeinerbarer Zeitraffungsfaktor zwischen künstlicher Bewitterung und Freibewitterung war aber nicht zu erkennen.

Schlussfolgerungen

Die untersuchten Schutznetzwerkmaterialien aus Polyamid, Polypropylen und Polyester alterten im mediterranen Klima i. Allg. rascher als im gemäßigten mitteleuropäischen Klima. Die orientierend vorgenommene künstliche Bewitterung führte zwar zu der gleichen Be-

wertungsfolge des Alterungsverhaltens wie die Freibewitterung, die erzielte Zeitraffung war aber verhältnismäßig gering und zudem werkstoffabhängig.

Inwieweit sich durch eine weitere Intensivierung von Klimafaktoren die Alterung im künstlichen Bewitterungsversuch noch beschleunigen lässt, wurde nicht untersucht. Letztlich liefert immer noch die Freibewitterung die sichersten Aussagen hinsichtlich der Alterungsbeständigkeit [8]. Das Alterungsverhalten der Schutznetzwerkstoffe hing von der Farbgebung sowie der Art und dem Gehalt an Alterungsstabilisatoren ab.

Extreme Festigkeitseinbußen von nahezu 100 % innerhalb eines Jahres, wie sie in [2] für Polypropylen angegeben wurden, deuten dabei auf eine unzureichende oder gar fehlende Alterungsstabilisierung hin.

Alles in allem dürfte bei entsprechender Materialauswahl die Alterungsproblematik bei Schutznetzen von eher untergeordneter Bedeutung sein, zumal sich die durch die Klimaeinwirkung hervorgerufenen Alterungseffekte durch entsprechende Sicherheitszuschläge bei der Auslegung der Schutznetze berücksichtigen lassen [9]. Hinzu kommt noch, dass in vielen Fällen mechanische Beschädigungen, wie sie gerade im rauen Baustellenbetrieb kaum zu vermeiden sind, die Verwendungsdauer begrenzen werden, bevor Alterungseffekte überhaupt zum Tragen kommen. Unabhängig hiervon empfiehlt es sich aus Gründen der präventiven Unfallverhütung, Prüfgarne [9] in die Schutznetze einzuarbeiten, um so die mechanischen Eigenschaften ggf. anhand von Garnzugversuchen zu überprüfen und dann über die weitere Verwendung der Netze zu entscheiden. Wie die Ergebnisse dieser Arbeit zeigten, reagiert der Garnzugversuch wesentlich empfindlicher auf Alterungsvorgänge als der Knotenzugversuch, der den Beanspruchungsverhältnissen der aus einer Vielzahl von Knoten bestehenden Schutznetze eigentlich eher entspricht.