

## Autoklaventests zur Ermittlung der Oxidationsbeständigkeit von Kunststoffen aus Polyolefinen

### 1 Einführung

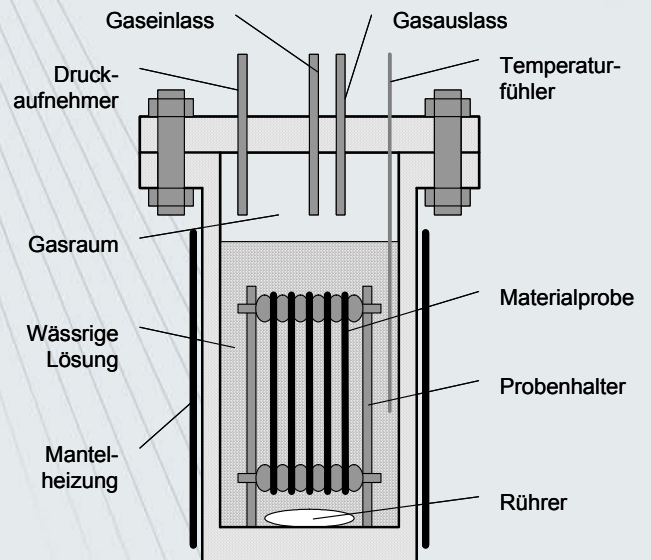
Der Einsatz von Kunststoffen in Bauwerken mit Nutzungsdauern von deutlich über 25 Jahren erfordert zuverlässige und möglichst effiziente Beständigkeitsprüfungen. Dies trifft insbesondere für Baustoffe zu. Ihre Beständigkeit ist immer dort von essentieller Bedeutung, wo sicherheitsrelevante Bauwerke oder Bauwerksteile betroffen sind bzw. eine spätere Reparatur oder ein Austausch gar nicht oder nur mit großem finanziellen Aufwand möglich ist. Ein wesentlicher Aspekt sind sekundäre Folgekosten, z.B. bei Reparaturen an Bauwerken, Straßen, Tunneln bzw. Leitungsräumen. Auf der Basis der aktuellen EOTA Guidelines („Assumption of working life of construction products in Guidelines for European Technical Approval, European Technical Approvals and Harmonized Standards“, 1999) wird für entsprechende Bauprodukte der Nachweis einer zu erwartenden Lebensdauer von bis zu 100 Jahren gefordert. Derzeit wird in Regelsetzungs- und Normungsgremien an Richtlinien zur Einschätzung der Beständigkeit gearbeitet.

### 2 Verfahren

Generell werden praktische Untersuchungen zur Beständigkeit von Werkstoffen und Produkten durch eine beschleunigte Beanspruchung (z.B. bei erhöhter Temperatur) unter definierten Bedingungen und anschließender Bestimmung geeigneter Materialeigenschaften (z.B. mechanische Zugfestigkeit) durchgeführt. Die Bewertung der Beständigkeit kann entweder auf Basis einfacher Indextests erfolgen, die nur die Einhaltung sehr grober Mindestanforderungen sicherstellen können oder durch Ermittlung aussagekräftiger Kennwerte. Diese Kennwerte beruhen auf der Betrachtung des zeitlichen Verlaufs (Abnahme) charakteristischer Materialeigenschaften, z. T. in Kombination mit einer Extrapolation der Beanspruchungsparameter (z.B. Zeit, Temperatur) auf anwendungsnahe Bedingungen.

Der von der Arbeitsgruppe VI.33 der BAM neu entwickelte „Autoklaventest“ zur Prüfung der oxidativen Beständigkeit von Kunststoffen auf der Basis von Polyolefinen wie Polypropylen (PP) und Polyethylen (PE) ermöglicht eine beschleunigte Beanspruchung der Kunststoffe durch die Kombination von erhöhter Temperatur, erhöhtem Sauerstoffdruck sowie der Anwesenheit eines definierten wässrigen Mediums.

Autoklaventests stellen eine viel versprechende Alternative zu den bisher verbreiteten Ofentests dar. Die moderaten Temperaturen während der Untersuchungen ermöglichen die Überprüfung der Wirkung von Stabilisatoren bei niedrigeren Temperaturen.. Durch den erhöhten Sauerstoffdruck und die kontinuierliche Umwälzung des wässrigen Mediums steht zu



Prinzipskizze eines Autoklaven zur Bestimmung der Oxidationsbeständigkeit

In Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe VI.33 „Chemische Beständigkeit von Polymeren“ der

jedem Zeitpunkt eine ausreichende Sauerstoffmenge für die Autooxidation zur Verfügung.

Die Versuche werden in der Regel bei Temperaturen von 60, 70 und 80 °C sowie 50 bar durchgeführt. Darüber hinaus können ergänzende Untersuchungen bei 80 °C und jeweils 10 und 20 bar weitere Rückschlüsse auf das Materialverhalten zulassen.

Der zeitliche Rahmen für die Autoklaventests beträgt in Abhängigkeit vom eingelagerten Kunststoff und den gewählten Randbedingungen zwischen 30 und 300 Tagen. Somit können kurzzeitige Indexversuche anhand von länger dauernden Untersuchungen kalibriert werden. Dadurch kann auf sehr komfortable Weise eine verbleibende Nutzungsdauer abgeschätzt werden. Das hier beschriebene Standardverfahren kann modifiziert werden, so dass beispielsweise mit der Wahl des flüssigen Mediums spezielle Umgebungsbedingungen für den Einsatz von Kunststoffen untersucht werden können. Interessant sind solche Modifikationen z.B. für die Untersuchungen des Einflusses von unterschiedlichen Bergwässern im Tunnelbau auf das Alterungsverhalten des jeweiligen Kunststoffes. Hier können Metallionen eine katalytische Wirkung haben.

### 3 Vorteile

Die definierte Beanspruchung beim Autoklaventest durch Kombination mehrerer Einflussfaktoren stellt eine neue Qualität der Untersuchung der Oxidationsbeständigkeit gegenüber konventionellen Prüfungen dar:

- schnelleres, effizienteres und besser differenzierendes Verfahren (Produktranking) – z.B. im Vergleich zum konventionellen Ofentest, der nur auf der Erhöhung der Beanspruchungstemperatur basiert;
- einzelne Einflussfaktoren müssen nur moderat verschärft/erhöht werden (z.B. Temperatur  $\leq 80$  °C);
- alle wesentlichen anwendungsrelevanten Einflussfaktoren können berücksichtigt werden (Temperatur, Sauerstoffkonzentration, Extraktion von Additiven/Antioxidantien durch umgebendes Medium);
- individuelle Beanspruchungsszenarien sind realisierbar – verschiedene Einsatzbereiche können differenziert betrachtet und bewertet werden;
- höhere Prüfeffizienz/kürzere Prüfdauern machen den Autoklaventest auch als Hilfsmittel bei der Produktentwicklung interessant, womit bereits in der Designphase von Kunststoffen Beständigkeitsgesichtspunkte angemessen berücksichtigt werden können.

Dem Einsatz des Prüfverfahrens kommt bei der Produktentwicklung besondere Bedeutung zu, wenn neue Produkte auf den Markt gebracht werden oder durch die Angebots- oder Liefersituation relativ kurzfristig alternative Rohstoffe oder Additive eingesetzt werden sollen. Hier muss zeitnah die Produktspezifikation hinsichtlich der Langzeitbeständigkeit erneut nachgewiesen werden.

### 4 Danksagung

Autoklaven selbst sind für Geld zu kaufen, deren Bedienung und die plausible Evaluierung der Messergebnisse erfordern vertiefte Kenntnisse der physikalisch-chemischen Prozesse. Diese Kompetenz wurde im Rahmen eines Gemeinschaftsprojektes von den Wissenschaftlern der BAM an die Ingenieure des tBU's weitergeben. Für diese fruchtbare Zusammenarbeit und die gebotene Unterstützung geht ein herzliches Dankeschön nach Berlin.



Autoklaven im Einsatz