

Chemische Veränderungen von Geotextilien unter Bodenkontakt – Untersuchungen von ausgegrabenen Proben

FA 5.122

Forschungsstelle: Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Bearbeiter: Schröder, H.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn

Abschluss: November 2004

1. Aufgabenstellung

Geotextilien aus hochorientierten Polyethylenterephthalat (PET)-Fasern werden wegen ihrer hervorragenden mechanischen Kurz- und Langzeiteigenschaften bevorzugt zur Bodenbewehrung eingesetzt. Diese Funktion muss häufig langfristig für die Sicherheit des Bauwerks gewährleistet sein. Eine Reparatur oder ein Austausch ist ohne Zerstörung des Bauwerks kaum möglich.

Wenngleich die chemische Oxidationsbeständigkeit heutiger technischer PET-Produkte der von vergleichbaren Geotextilien aus Polyolefin-Werkstoffen wie PP oder HDPE meist überlegen ist, führt die Hydrolyseempfindlichkeit von Polyesterprodukten immer wieder zu Unsicherheiten über die tatsächliche Langzeitbeständigkeit dieser Werkstoffe. Hinsichtlich der Hydrolyse von Polyester- bzw. Polyamidwerkstoffen ist zu beachten, dass die Anwesenheit von Wasser als Dampf oder Flüssigkeit bei hinreichend langer Einwirkzeit zur Zerlegung der Polymere in ihre Grundbausteine führt. Dieser Vorgang findet bei üblichen Bodentemperaturen sehr, sehr langsam und über den gesamten Querschnitt der Produkte gleichmäßig statt. Er ist chemisch am genauesten durch die erhöhte Zahl der Carboxyl-Endgruppen oder durch Messungen der Molmasse charakterisierbar. Der Einfluss von Dauerspannungen auf diesen Vorgang ist wenig untersucht. Ein wesentliches Ziel dieses Vorhabens war, festzustellen, ob unter den hohen Dauerspannungen, wie sie sich beim Überschüttverfahren von Torfböden in der PET-gewebearmierten Dammsohle bei der Konsolidierung formieren, eine merkliche Beschleunigung der inneren Hydrolyse nachgewiesen werden kann.

2. Untersuchungsmethodik und -ergebnisse

Aus einem kurzen Versuchsdamm mit dem Autobahnregelquerschnitt RQ 26 mit dem Armierungsgewebe STABILENKA® 200, der im Jahre 1981 erstellt worden war, wurde nach 14 Jahren Liegezeit ein etwa 120 m² großer Abschnitt ausgegraben. Mehrere Abschnitte aus unterschiedlichen Positionen der Dammsohle wurden für Untersuchungen der chemischen Beständigkeit im Rahmen dieses Vorhabens zur Verfügung gestellt. Eine Analyse des Bodenwassers ergab die Abwesenheit signifikanter phenolischer Zersetzungsprodukte aus den Huminsäuren des Torfes. Modellhydrolyseversuche bei 90 °C in diesem Bodenwasser ergaben ein gleiches Hydrolyseverhalten des Kettgarnes, wie ein vorher bekanntes hochwertiges PET-Garn mit hoher Dauerbeständigkeit. Die Hydrolysegeschwindigkeit war gegenüber der Hydrolyse in destilliertem Wasser nicht beschleunigt. Die chemischen Untersuchungen ergaben, dass polymerchemisch keine signifikanten Änderungen der Carboxyl-Endgruppen und der Molmassen, weder beim PET-Kettgarn noch beim PA6-Schussgarn, in Abhängigkeit von

dem Entnahmeort im Damm nachweisbar waren. Gleiches gilt für die durchgeführten rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungen.

Gesicherte brauchbare Referenzwerte für die Carboxyl-Endgruppen (CEG), z. B. in Form des PET-Kettgarns oder von schonend gelagertem STABILENKA® 200 standen leider nicht zur Verfügung. Für das PA6-Schussgarn war eine Spule in der BAM vorhanden. Das ausgegrabene PA6-Schussgarn zeigt gegenüber diesem Garn keine signifikanten chemischen Veränderungen der Molmasse.

Die gefundenen CEG-Werte des hochwertigen PET-Kettgarns stellen aber vermutlich den Stand der seinerzeitigen Herstellung dar, sodass auch hier keine signifikanten Änderungen in der Expositionszeit von 14 Jahren bei etwa 10 °C Bodentemperatur angenommen werden können. Geht man davon aus, dass diese Annahme richtig ist, so kann man aus den abgeschätzten Änderungen der CEG-Werte immerhin sagen, dass diese in dem Bereich sind, wie sie auch bei spannungsfreier Exposition zu erwarten gewesen wären. Die im Damm im Gewebe herrschenden Spannungen haben dann also keinen wesentlichen Beitrag zur Beschleunigung der inneren Hydrolyse beigetragen.

Auch etwa bestehende Befürchtungen, dass die Hydrolyse unterhalb der Glasübergangstemperatur eine geringere Aktivierungsenergie haben könnte und deshalb schneller abläuft als nach den Extrapolationen von den Modellversuchen oberhalb der Glasübergangstemperatur her zu erwarten wäre, haben sich nicht bestätigt.

Damit steht dieses Ergebnis im Einklang mit den Ergebnissen von Modellversuchen zur Lebenserwartung von technischen PET-Garnen. Danach kann also unter diesen kurzen und milden Expositionsbedingungen ein mäßiger Einfluss von Spannungen auf die innere Hydrolyse von PET nicht nachgewiesen werden. Die Expositionsbedingungen sind für einen signifikanten Nachweis des Spannungseinflusses zu kurz. Es kann jedoch festgehalten werden, dass offensichtlich der vorliegende Torf, mit seinen anaeroben und leicht sauren Bedingungen eine mit PET- und PA6-Fasern gut verträgliche Umgebung darstellt.

Sollte sich die Irrelevanz von Spannungen auch bei längerer Exposition bestätigen, ist nach den genannten Modellversuchen bei den derzeit im Modelldamm herrschenden Bodenbedingungen mit sehr hohen Lebensdauern im Bereich von etwa 1000 Jahren bis zu einem chemisch bedingten Festigkeitsverlust von 10 % zu rechnen.

Ein weiteres Beispiel des Überschüttverfahrens, diesmal aber mit einer Sohlarmerung aus einem Pressverbund von einem thermisch verfestigten Vliesstoff des Typs TERRAM mit darüber geschichteten bzw. genagelten Schichten aus Reifenkarkassen, wurde für eine Gemeindestraße in Bayern über Torfboden errichtet.

Der Vliesstoff lag in diesem Fall nicht ständig im Bodenwasser, sondern eher überwiegend oberhalb des Grundwasserspiegels. Die anzunehmenden Bodentemperaturen und die Grundwasserzusammensetzung sind der BAM nicht bekannt.

Eine Untersuchung des Reststabilisatorgehaltes nach der ICOT-Methode, d. h. aus der Ermittlung der Induktionszeit in einem Modellsystem, in dem die initiierte Oxidation eines Modellkohlenwasserstoffes (Cumol) abläuft, ergab nach der Expositionszeit von etwa 21 Jahren noch ein erhebliches Stabilisatorniveau, das sich mit derzeitigen Produkten vergleichen kann. Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen konnten keine Merkmale chemischer Degradation feststellen.

Als Referenz wurde Material herangezogen, das bei beschränktem Luftzutritt in Ordnern bei Raumtemperatur gelagert wurde. Die Eignung als Referenz ist also nicht voll gesichert, da einerseits die Lagerungsbedingungen nicht streng beschreibbar sind und nicht angenommen werden kann, dass das Produkt aus der gleichen Produktionscharge stammt. Die Unterschiede könnten daher auch aus diesen Ursachen erklärt werden.

Es kann jedoch auch in diesem Falle festgestellt werden, dass offensichtlich die anaerobe Torfumgebung für den Langzeiteinsatz des überwiegend polyolefinischen Baustoffes vorteilhaft war. Die vorhandene Reststabilisierung lässt in diesem Beispiel bei Bestand der derzeitigen Expositionsbedingungen sicher noch mindestens die doppelte bis dreifache Lebensdauer erwarten, die hier bisher praktisch nachgewiesen wurde.

3. Schlussfolgerungen

Aus den Untersuchungen lässt sich für künftige derartige Projekte herleiten, dass eine vorherige Abstimmung der Planung und Auswertung von Versuchsbauwerken zur Berücksichtigung der zusätzlichen chemischen Gesichtspunkte für den Nachweis von Langzeitbeständigkeiten sicher vorteilhaft wäre. □