

Gutachten

zur Dissertation „Aminolyse an Polyurethanen und Gewinnung von neuen Ausgangsstoffen für Systeme auf ihrer Basis“ an der Universität für Chemische Technologie und Metallurgie Sofia, eingereicht von: Valentin Georgiev Stoychev

Mit der Themenstellung der vorliegenden Arbeit wird der Prozess der Depolymerisation von Polyurethanen durch Wasserstoff-aktive Verbindungen aufgegriffen und die speziell mit dem Einsatz von Aminen verbundene Ausbildung einer zweiphasigen Reaktionsmischung untersucht. Depolymerisationen von in ihrer Zusammensetzung weitgehend bekannten innerbetrieblichen Abfällen wie auch von heterogenen und zumeist mit weiteren Fremdstoffen kontaminierten post consumer Abfälle werden somit einer erneuten rohstofflichen Nutzung zugänglich. Da die Ausgangsmaterialien Schaumstoffe geringer Dichte sind, dient der Prozess auch der Anforderung einer Volumenreduktion von Abfallstoffen. Die vom Autor gewählte Strategie zielt auf die Verwendung der gewonnenen Verbindungen als Ausgangsstoffe in neuen Polyurethan-Systemen, womit der Idee geschlossener Stoffkreisläufe in der Kunststoffbranche in beispielhafter Weise entsprochen werden kann.

Eine solche Vorgehensweise birgt für Fertigungstechnologien der nächsten Generation ein bislang noch weitgehend ungenutztes Potential, nicht zuletzt weil die zu berücksichtigenden Kennzahlen für die Entscheidungsvorbereitung eines Einsatzes in der Produktion nicht hinreichend bekannt sind. Der Bedeutung der Weiterentwicklung der Kunststofftechnologien unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit entsprechend, kommt der Aufgabenstellung eine hohe volkswirtschaftliche Bedeutung mit zeitlich langreichenden Folgen zu.

Die zur Begutachtung stehende Arbeit erfüllt die erwartete Form und entspricht den allgemeinen Richtlinien zur Abfassung einer Dissertation in akzeptabler Weise. Der Aufbau der in den Rahmenbedingungen gut dokumentierten Arbeit folgt der Logik der Themenstellung und der abgeleiteten experimentellen Aufgabenstellung.

Nach einer allgemeinen Einführung zur Polyurethanchemie, auf die im folgenden kaum zurückgegriffen wird, werden mit geringer Detaillierung einige Methoden zur Ermittlung von technisch üblichen Eigenschaften zur Charakterisierung von Polyolen angeführt. Im Anschluss stellt der Autor die chemischen Grundlagen des Recyclings von Polyurethanen dar, wobei die hintangestellte Darstellung der Aminolyse mit Patentliteratur untersetzt wird, aber der bislang erreichte Stand der technischen Umsetzung verschiedener Konzepte wenig belegt und kaum bewertet wird.

Nachfolgend werden im experimentellen Teil erneut mögliche Reaktionen dargestellt und erste Versuchsserien beschrieben, die prozesstechnische Möglichkeiten zur Erreichung der Zielstellung darstellen. Wünschenswert wäre hier eine nachvollziehbare Auswahl und Beschreibung der verwendeten industriellen Abfallstoffe und der zur Anwendung kommenden Reagenzien. Um anschließend die durchgeführten Versuche mit verschiedenen Reaktionsmischungen zu dokumentieren werden erneut die Prozesse bei der Umsetzung von Urethanen mit Aminen erörtert, wobei die angeführte Bildung von Biureten und Allophanaten unter den gegebenen Bedingungen auszuschließen ist – wie auch im weiteren Verlauf der Arbeit experimentell nicht weiter darauf eingegangen wird.

Im Abschnitt 3 des experimentellen Teils wird zu Beginn auf die Bestimmung der als Gefahrstoffe relevanten primären aromatischen Amine eingegangen, wobei die zu Grunde liegenden

Bildungs-Reaktionen nicht dargestellt werden. Mit der erarbeiteten zweistufigen Analyse-methode wird die Polyol-Phase der Reaktionsprodukte charakterisiert, wie auch die Entaminie-rung mittels Glycidether erfolgreich nachgewiesen werden kann. Hilfreich wäre an dieser Stel-le eine quantitative Abschätzung der zu erwartenden Gehalte – etwa über eine Stickstoffbilanz – gewesen, so dass eine stöchiometrisch begründete, ohne aufwändige Analyse vorzuneh-mende Dosierung möglich wird. Die angeführten IR-Spektren sind in der gewählten Darstel-lungsform wenig aussagefähig; die mittels GPC ermittelte mittlere Molmasse hätte einfach mit einem theoretischen Erwartungswert entsprechend der Aminolyse-Rezeptur verglichen wer-den können und so an Aussagekraft gewonnen. Der vom Autor beschrittene Weg einer Um-setzung der hochviskosen bzw. festen Polyharnstoff-Phase zu technologisch handhabbaren Stoffen durch Amidbildung mit langkettigen Fettsäuren stellt eine weitere denkbare Methode zur Gewinnung rohstofflich nutzbarer Solvolyse-Produkte dar.

Im nachfolgenden Abschnitt wird der positiv hervorzuhebenden Absicht einer Übertragung der Ergebnisse aus dem Laboratorium in den industriellen Maßstab Genüge getan. Es werden Varianten einer Pilotanlage vorgestellt, wobei in der zeichnerischen Darstellung leider völlig auf Bezeichnungen der einzelnen Anlagenkomponenten verzichtet wird, lediglich der Reaktor selbst wird im Anhang detaillierter erklärt. Das Problem der Förderung großer Volumina von Schaumstoffen in den Reaktor und die Solvolyse dieses leicht aufschwimmenden Materials scheinen die limitierenden Faktoren der Maßstabsvergrößerung zu sein.

Abschließend wird im experimentellen Teil auf die Nutzung der erhaltenen Reaktionsprodukte als Ausgangsstoffe für Polyurethan-Systeme auf ihrer Basis fokussiert. Die vorgestellten An-wendungen, beispielsweise als Beschichtung, erbringen den Nachweis einer prinzipiellen Eig-nung der Aminolyse zum rohstofflichen Recycling von Polyurethan-Weichschaumstoffen zur Gewinnung von Produkten, die wiederum für Polyurethane in hochwertigen Anwendungen eingesetzt werden können.

Insgesamt ist festzustellen, dass sowohl die Ergebnisdarstellung als auch die Diskussion ge-meinsam in wenig strukturierten Abschnitten erfolgen, in denen zudem die Probenbezeich-nungen eine Reihe weiterer Experimente vermuten lassen und ein Versuchsplan, der die un-mittelbare Vergleichbarkeit der Resultate in einer logischen Abfolge sicherstellt, dem Leser nicht vollständig schlüssig erscheinen können.

Die von orthographischen und Formatierungs-Fehlern nicht freie Arbeit ist in der Darstellung der technischen Parameter sowie der Analysenmethoden und –darstellung hinreichend präzi-se; gelegentlich hätte die Arbeit von einer vollständigen Darstellung der chemischen Formeln und der zugrundeliegenden Verhältnisse und von Querverweisen profitiert. Es wird jedoch ein systematischer Einblick in die zum Vergleich stehenden Alternativen gegeben.

In der Zusammenfassung werden die ermittelten Resultate nochmals verbal fokussiert und Empfehlungen für weiterführende Anwendungen gegeben.

Für die vorgelegte Dissertation wird insgesamt ein positives Votum abgegeben.

Wildau, den 25.11.2011



Prof. Dr. M. Herzog