

Bachelor- oder Masterarbeit

## Flammschutzcomonomer für anionisch ringgeöffnetes Polyamid 6

Student (m/w/d) Chemie, Textilchemie, o.ä.

**Bewerbungsfrist**  
laufend

**Beginn**  
ab sofort

**Dauer**  
4 bis 6 Monate

**Arbeitsort**  
Denkendorf

### Stellenbeschreibung

Die Deutschen Institute für Textil- und Faserforschung Denkendorf (DITF) forschen auf dem zukunftsweisenden Gebiet der flammgeschützten Polyamide hergestellt mittels anionischer ringöffnender Polymerisation. Die Ausstattung der Polymerketten mit Flammschutzmittel bzw. -additiven soll kovalent sein. Dadurch wird sichergestellt, dass der Flammschutz nicht während der Lebenszeit des Bauteils an dessen Oberfläche migriert und ausblutet oder ausgewaschen wird wodurch das Material inhomogen und die Flammschutzwirkung abnehmen würde. Die kovalente Anbindung erfolgt durch Copolymerisation. Dazu muss das Flammschutzcomonomer in die Kette integrierbar lassen und darf keine kettenregulierenden Eigenschaften aufweisen.

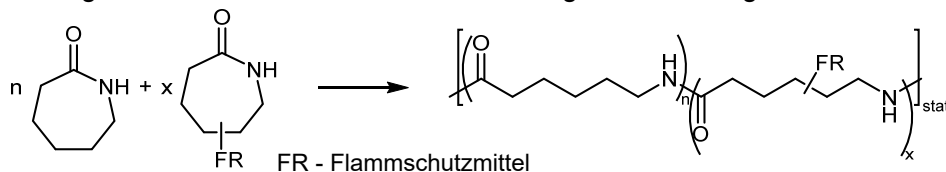


Abbildung 1: Copolymerisation von Azepan-2-on (Caprolactam) und Flammschutzcomonomer.

Die Synthese des Flammschutzcomonomers, dessen Charakterisierung und die Copolymerisationsversuche bilden den Kern der Arbeit. Dabei ist wichtig zu bestimmen ob das Comonomer kovalent gebunden ist und zu welchen Anteilen. Nach umfangreicher Analytik wird der Flammschutzgehalt variiert und die Polymermenge erhöht. Die Auswirkung der Comonomerkonzentration auf Polymereigenschaften wie Schmelzpunkt, Kristallinität und rheologischem Verhalten wird untersucht. Ein Spritzgussverfahren wird eingesetzt um Probekörper herzustellen die sich für die Bestimmung der Flammschutzeigenschaften eignen.

### Aufgaben

Die Arbeit umfasst hauptsächlich folgende Punkte:

- Synthese eines Comonomers für die anionisch ringöffnende Polymerisation von Polyamid 6
- Polymercharakterisierung besonders hinsichtlich der Flammschutzeigenschaften
- Erhebung und Auswertung von Messdaten (Strukturaufklärung, Copolymerisationsparameter)

### Geforderte Qualifikationen

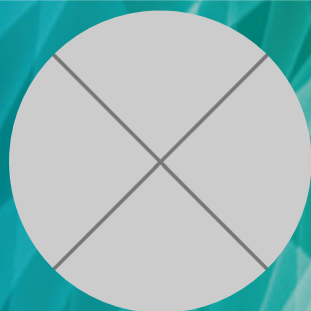
- Grundlagen der chemischen Synthese
- Eigenständige Literaturrecherche
- Grundlagen der Analytik
- Englischkenntnisse

Hagen J. Altmann, Mark Steinmann, Iris Elser, Mathis J. Benedikter, Stefan Naumann, Michael R. Buchmeiser, *J. Polym. Sci.*, **2020**, *58*, 22, 3219-3226, Dual catalysis with an N-heterocyclic carbene and a Lewis acid: Thermally latent precatalyst for the polymerization of  $\epsilon$ -caprolactam, 10.1002/pol.20200502; H. J. Altmann, W. Frey, M. R. Buchmeiser, *Macromol. Rapid Commun.*, **2020**, e2000338, A Spirocyclic Parabanic Acid Masked N-Heterocyclic Carbene as Thermally Latent Pre-Catalyst for Polyamide 6 Synthesis and Epoxide Curing, 10.1002/marc.202000338; Carlo Pani, Hagen J. Altmann, Patrick Probst, Iris Elser, Mark Steinmann, Simon König, Philipp Kreis, Lisa Kuske, Dominik Weidich, Anke Gähr, Jonas Groos, Julian Kappler, Janis Musso, Dongren Wang, Michael R. Buchmeiser, *Macromol. Mater. Eng.*, **2024**, *310*, 1, Intrinsically Flame-Retardant Polyamide 6 by Anionic Ring-Opening Copolymerization with a Phosphorous-Containing Comonomer, 10.1002/mame.202400253.



Ansprechpartnerin  
Dr. Iris Elser  
iris.elser@ditf.de  
+49 711 9340 274  
www.ditf.de

Die DITF legen Wert auf die Vereinbarkeit von Privatleben, Familie und Beruf sowie auf Chancengleichheit aller Menschen. Schwerbehinderte Menschen werden bei gleicher Eignung bevorzugt.



Bachelor or master thesis

## Resorbable, 3D-printed Fiber Composites (Implants)

student of chemistry or textile chemistry or the like

**application deadline**  
on-going

**start**  
as of now

**duration**  
4 to 6 month

**workplace**  
Denkendorf

### Job Description

The German Institutes of Textile and Fiber Research Denkendorf (DITF) are conducting research in the pioneering field of flame-retardant polyamides prepared via anionic ring-opening polymerization. The polymer chains are to be covalently equipped with flame retardants or additives. This ensures that the flame retardant does not migrate to the surface of the component during its lifetime and bleed or wash out, which would make the material inhomogeneous and reduce the flame-retardant effect. The covalent bonding is achieved by copolymerization. For this purpose, the flame retardant comonomer must be able to be integrated into the chain and must not have any chain-regulating properties.

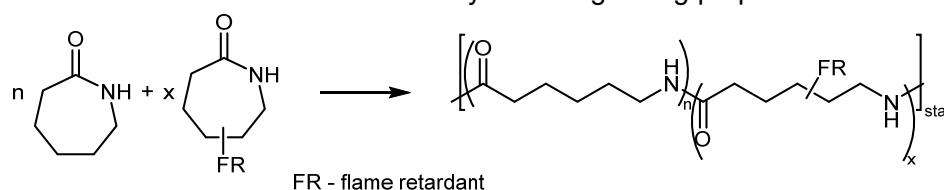


Figure 1: Copolymerization of azepan-2-one (caprolactam) and the flame retardant comonomer.

The synthesis of the flame retardant comonomer, its characterization and the copolymerization experiments form the core of the work. It is important to determine whether the comonomer is covalently bound and in what proportions. After extensive analysis, the flame-retardant content is varied and the amount of polymer is increased. The effect of the comonomer concentration on polymer properties such as melting point, crystallinity and rheological behavior is investigated. An injection molding process is used to produce test specimens that are suitable for determining the flame-retardant properties.

### Tasks

The work mainly includes the following points:

- synthesis of copolymers by ring-opening polymerization
- Determination of the polymer properties
- collection and evaluation of measurement data (structure elucidation, copolymerization parameters)

### Qualification

- basics of chemical synthesis
- independent literature research
- basics of analytics

Hagen J. Altmann, Mark Steinmann, Iris Elser, Mathis J. Benedikter, Stefan Naumann, Michael R. Buchmeiser, *J. Polym. Sci.*, **2020**, *58*, 22, 3219-3226, Dual catalysis with an N-heterocyclic carbene and a Lewis acid: Thermally latent precatalyst for the polymerization of  $\epsilon$ -caprolactam, 10.1002/pol.20200502; H. J. Altmann, W. Frey, M. R. Buchmeiser, *Macromol. Rapid Commun.*, **2020**, e2000338, A Spirocyclic Parabanic Acid Masked N-Heterocyclic Carbene as Thermally Latent Pre-Catalyst for Polyamide 6 Synthesis and Epoxide Curing, 10.1002/marc.202000338; Carlo Pani, Hagen J. Altmann, Patrick Probst, Iris Elser, Mark Steinmann, Simon König, Philipp Kreis, Lisa Kuske, Dominik Weidich, Anke Gahr, Jonas Groos, Julian Kappler, Janis Musso, Dongren Wang, Michael R. Buchmeiser, *Macromol. Mater. Eng.*, **2024**, *310*, 1, Intrinsically Flame-Retardant Polyamide 6 by Anionic Ring-Opening Copolymerization with a Phosphorous-Containing Comonomer, 10.1002/mame.202400253.



Contact  
Dr. Iris Elser  
iris.elser@ditf.de  
+49 711 9340 274  
www.ditf.de

The DITF emphasize the compatibility of private life, family and career as well as equal opportunities for all persons. Disabled individuals are given preference in the case of equal suitability.