

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	I
Kurzfassung der Arbeit	IV
Abstract	V
Abkürzungsverzeichnis und Stichwortverzeichnis	VI
1 Einleitung	1
1.1 Extraktion und Herkunft von Riechstoffen	1
1.2 Langzeitbeduftung durch Mikrokapselfn	4
1.3 Biologische Abbaubarkeit und Regulierung von Mikroplastik	7
2 Zielsetzung und Aufgabenstellung	15
3 Ergebnisse und Diskussion	16
3.1 Isocyanat-basierte Verkapselung	16
3.1.1 Allgemeiner Überblick über die Verkapselung	16
3.1.2 Polyharnstoff-basierte Verkapselung	29
3.1.3 Polyurethan-basierte Verkapselung	45
3.2 Verkapselungen mit verschiedenen Reaktionspartnern	67
3.2.1 Mehrschichtige Verkapselungssysteme mit Polyvinylalkohol (4)	69
3.2.2 Mehrschichtige Verkapselungssysteme mit (<i>E</i>)-3-Ocentylmethylsuccinat-modifizierter Stärke (5)	81
3.2.3 Mehrschichtige Verkapselungssysteme mit Gummi Arabicum und Polyquaternium 10 (48)	90

3.3	Verkapselungen mit verbesserter biologischer Abbaubarkeit von Wandmaterialien	103
3.3.1	Aufarbeitung und Probenvorbereitung für die biologische Abbaubarkeit	105
3.3.2	Nicht-Isocyanat-basierte Verkapselung	110
3.3.3	Isocyanat-basierte Verkapselung	116
3.3.4	Optimierung der Aminosäure-Isocyanat-Verkapselung durch Zusätze	123
4	Zusammenfassung und Ausblick	134
5	Experimenteller Teil	142
5.1	Allgemeine Hinweise	142
5.2	Instrumentelle Analytik	144
5.2.1	Analyse von Parfümöl-gefüllten Kapseln	144
5.2.2	Analyse von Wandmaterial	149
5.3	Chemische Analyse	150
5.3.1	Synthese des Ausgangssystems 17 mit Polyvinylalkohol (4)	150
5.3.2	Synthese des Ausgangssystems 17 mit (<i>E</i>)-3-Ocentylmethylsuccinat-modifizierter Stärke (5)	151
5.3.3	Reaktion von 1,3-Bis(6-isocyanatohexyl)-1,3-diazetidin-2,4-dion (6) und Bis(4-isocyanatophenyl)methan (7) mit L-Lysin Hydrochlorid (18) zur Bildung des Reaktionsprodukts 25	152
5.3.4	Reaktion von 1,3-Bis(6-isocyanatohexyl)-1,3-diazetidin-2,4-dion (6) und Bis(4-isocyanatophenyl)methan (7) mit L-Arginin (20) zur Bildung des Reaktionsprodukts 26	153
5.3.5	Reaktion von 1,3-Bis(6-isocyanatohexyl)-1,3-diazetidin-2,4-dion (6) und Bis(4-isocyanatophenyl)methan (7) mit L-Histidin (20) zur Bildung des Reaktionsprodukts 27	154
5.3.6	Reaktion von 1,3-Bis(6-isocyanatohexyl)-1,3-diazetidin-2,4-dion (6) und Bis(4-isocyanatophenyl)methan (7) mit L-Lysin Hydrochlorid (18), Guanidiniumcarbonat (8) und Polyvinylalkohol (4) ohne Katalysator zur Bildung der Reaktionsprodukte 25 und 17	155

- 5.3.7 Reaktion von 1,3-Bis(6-isocyanatohexyl)-1,3-diazetidin-2,4-dion (**6**) und Bis(4-isocyanatophenyl)methan (**7**) mit 1,3,5-Trihydroxybenzol (**30**) und Polyvinylalkohol (**4**) ohne Katalysator zur Bildung des Reaktionsprodukts **32** 156
- 5.3.8 Reaktion von 1,3-Bis(6-isocyanatohexyl)-1,3-diazetidin-2,4-dion (**6**) und Bis(4-isocyanatophenyl)methan (**7**) mit 1,3,5-Trihydroxybenzol (**30**) und Polyvinylalkohol (**4**) mit Katalysator **34** zur Bildung des Reaktionsprodukts **32** 157
- 5.3.9 Reaktion von 1,3-Bis(6-isocyanatohexyl)-1,3-diazetidin-2,4-dion (**6**) und Bis(4-isocyanatophenyl)methan (**7**) mit Glycerin (**30**) und Polyvinylalkohol (**4**) ohne Katalysator zur Bildung des Reaktionsprodukts **45** 158
- 5.3.10 Reaktion von 1,3-Bis(6-isocyanatohexyl)-1,3-diazetidin-2,4-dion (**6**) und Bis(4-isocyanatophenyl)methan (**7**) mit Glycerin (**30**) und Polyvinylalkohol (**4**) mit Katalysator **34** zur Bildung des Reaktionsprodukts **45** 159
- 5.3.11 Reaktion von 1,3-Bis(6-isocyanatohexyl)-1,3-diazetidin-2,4-dion (**6**) und Bis(4-isocyanatophenyl)methan (**7**) mit Polyvinylalkohol (**4**) ohne Katalysator zur Bildung des Reaktionsprodukts **46** 160
- 5.3.12 Reaktion von 1,3-Bis(6-isocyanatohexyl)-1,3-diazetidin-2,4-dion (**6**) und Bis(4-isocyanatophenyl)methan (**7**) mit Polyvinylalkohol (**4**) mit Katalysator **34** zur Bildung des Reaktionsprodukts **46** – Variante 1 161
- 5.3.13 Reaktion von 1,3-Bis(6-isocyanatohexyl)-1,3-diazetidin-2,4-dion (**6**) und Bis(4-isocyanatophenyl)methan (**7**) mit Polyvinylalkohol (**4**) mit Katalysator **34** zur Bildung des Reaktionsprodukts **46** – Variante 2 162
- 5.3.14 Reaktion von 1,3-Bis(6-isocyanatohexyl)-1,3-diazetidin-2,4-dion (**6**) und Bis(4-isocyanatophenyl)methan (**7**) mit (*E*)-3-Ocentylmethylsuccinat-modifizierter Stärke (**5**) ohne Katalysator zur Bildung des Reaktionsprodukts **46** 163
- 5.3.15 Reaktion von 1,3-Bis(6-isocyanatohexyl)-1,3-diazetidin-2,4-dion (**6**) und Bis(4-isocyanatophenyl)methan (**7**) mit (*E*)-3-Ocentylmethylsuccinat-modifizierter Stärke (**5**) mit Katalysator **34** zur Bildung des Reaktionsprodukts **46** – Variante 1 164
- 5.3.16 Reaktion von 1,3-Bis(6-isocyanatohexyl)-1,3-diazetidin-2,4-dion (**6**) und Bis(4-isocyanatophenyl)methan (**7**) mit (*E*)-3-Ocentylmethylsuccinat-modifizierter Stärke (**5**) mit Katalysator **34** zur Bildung des Reaktionsprodukts **46** – Variante 2 165

- 5.3.17 Reaktion von 1,3-Bis(6-isocyanatohexyl)-1,3-diazetid-2,4-dion (**6**) und Bis(4-isocyanatophenyl)methan (**7**) mit L-Lysin Hydrochlorid (**18**), Guanidiniumcarbonat (**8**) und Polyvinylalkohol (**4**) mit Katalysator **34** zur Bildung der Reaktionsprodukte **25** und **17** – Variante 1 166
- 5.3.18 Reaktion von 1,3-Bis(6-isocyanatohexyl)-1,3-diazetid-2,4-dion (**6**) und Bis(4-isocyanatophenyl)methan (**7**) mit L-Lysin Hydrochlorid (**18**), Guanidiniumcarbonat (**8**) und Polyvinylalkohol (**4**) mit Katalysator **34** zur Bildung der Reaktionsprodukte **25** und **17** – Variante 2 167
- 5.3.19 Reaktion von 1,3-Bis(6-isocyanatohexyl)-1,3-diazetid-2,4-dion (**6**) und Bis(4-isocyanatophenyl)methan (**7**) mit L-Lysin Hydrochlorid (**18**), Glycerin (**31**), Guanidiniumcarbonat (**8**) und (*E*)-3-Ocentylmethylsuccinat-modifizierter Stärke (**5**) mit Katalysator **34** zur Bildung der Reaktionsprodukte **25**, **45** und **17** – 100 % Hülle 169
- 5.3.20 Reaktion von 1,3-Bis(6-isocyanatohexyl)-1,3-diazetid-2,4-dion (**6**) und Bis(4-isocyanatophenyl)methan (**7**) mit L-Lysin Hydrochlorid (**18**), Glycerin (**31**), Guanidiniumcarbonat (**8**) und Gummi Arabicum Typ Seyal und Polyquaternium 10 (**48**) mit Katalysator **34** zur Bildung der Reaktionsprodukte **25**, **45** und **17** – Variante 1 172
- 5.3.21 Reaktion von 1,3-Bis(6-isocyanatohexyl)-1,3-diazetid-2,4-dion (**6**) und Bis(4-isocyanatophenyl)methan (**7**) mit L-Lysin Hydrochlorid (**18**), Glycerin (**31**), Guanidiniumcarbonat (**8**) und Gummi Arabicum Typ Seyal und Polyquaternium 10 (**48**) mit Katalysator **34** zur Bildung der Reaktionsprodukte **25**, **45** und **17** – Variante 2 173
- 5.3.22 Reaktion von 1,3-Bis(6-isocyanatohexyl)-1,3-diazetid-2,4-dion (**6**) und Bis(4-isocyanatophenyl)methan (**7**) mit L-Lysin Hydrochlorid (**18**), Glycerin (**31**), Guanidiniumcarbonat (**8**) und Gummi Arabicum Typ Seyal und Polyquaternium 10 (**48**) mit Katalysator **34** zur Bildung der Reaktionsprodukte **25**, **45** und **17** – Variante 3 175
- 5.3.23 Reaktion von 1,3-Bis(6-isocyanatohexyl)-1,3-diazetid-2,4-dion (**6**) und Bis(4-isocyanatophenyl)methan (**7**) mit L-Lysin Hydrochlorid (**18**), Glycerin (**31**), L-Arginin (**20**) und (*E*)-3-Ocentylmethylsuccinat-modifizierter Stärke (**5**) mit Katalysator **34** zur Bildung der Reaktionsprodukte **25**, **45** und **26** – 100 % Isocyanate 176

- 5.3.24 Reaktion von 1,3-Bis(6-isocyanatohexyl)-1,3-diazetid-2,4-dion (**6**) und Bis(4-isocyanatophenyl)methan (**7**) mit L-Lysin Hydrochlorid (**18**), Glycerin (**31**), L-Histidin (**21**) und (*E*)-3-Ocentylmethylsuccinat-modifizierter Stärke (**5**) mit Katalysator **34** zur Bildung der Reaktionsprodukte **25**, **45** und **27** – 100 % Isocyanate – Variante 1 178
- 5.3.25 Reaktion von 1,3-Bis(6-isocyanatohexyl)-1,3-diazetid-2,4-dion (**6**) und Bis(4-isocyanatophenyl)methan (**7**) mit L-Lysin Hydrochlorid (**18**), Glycerin (**31**), L-Histidin (**21**) und (*E*)-3-Ocentylmethylsuccinat-modifizierter Stärke (**5**) mit Katalysator **34** zur Bildung der Reaktionsprodukte **25**, **45** und **27** – 100 % Isocyanate – Variante 2 180
- 5.3.26 Reaktion von 1,3-Bis(6-isocyanatohexyl)-1,3-diazetid-2,4-dion (**6**) und Bis(4-isocyanatophenyl)methan (**7**) mit L-Lysin Hydrochlorid (**18**), Glycerin (**31**), L-Arginin (**20**) und (*E*)-3-Ocentylmethylsuccinat-modifizierter Stärke (**5**) mit Katalysator **34** und pH-Wert Anpassung zur Bildung der Reaktionsprodukte **25**, **45** und **26** 182
- 5.3.27 Reaktion von 1,3-Bis(6-isocyanatohexyl)-1,3-diazetid-2,4-dion (**6**) und Bis(4-isocyanatophenyl)methan (**7**) mit L-Lysin Hydrochlorid (**18**), Glycerin (**31**), L-Histidin (**21**) und (*E*)-3-Ocentylmethylsuccinat-modifizierter Stärke (**5**) mit Katalysator **34** und pH-Wert Anpassung zur Bildung der Reaktionsprodukte **25**, **45** und **27** 183
- 5.3.28 Reaktion von 1,3-Bis(6-isocyanatohexyl)-1,3-diazetid-2,4-dion (**6**) und Bis(4-isocyanatophenyl)methan (**7**) mit L-Lysin Hydrochlorid (**18**), Glycerin (**31**), L-Arginin (**20**), (*E*)-3-Ocentylmethylsuccinat-modifizierter Stärke (**5**) und Bienenwachs mit Katalysator **34** zur Bildung der Reaktionsprodukte **25**, **45** und **26** – Variante 1 185
- 5.3.29 Reaktion von 1,3-Bis(6-isocyanatohexyl)-1,3-diazetid-2,4-dion (**6**) und Bis(4-isocyanatophenyl)methan (**7**) mit L-Lysin Hydrochlorid (**18**), Glycerin (**31**), L-Arginin (**20**), (*E*)-3-Ocentylmethylsuccinat-modifizierter Stärke (**5**) und Bienenwachs mit Katalysator **34** zur Bildung der Reaktionsprodukte **25**, **45** und **26** – Variante 2 – 100 % Isocyanate 186

- 5.3.30 Reaktion von 1,3-Bis(6-isocyanatohexyl)-1,3-diazetid-2,4-dion (**6**) und Bis(4-isocyanatophenyl)methan (**7**) mit L-Lysin Hydrochlorid (**18**), Glycerin (**31**), L-Arginin (**20**), (*E*)-3-Ocentylmethylsuccinat-modifizierter Stärke (**5**) und Bienenwachs mit Katalysator **34** und pH-Wert Anpassung zur Bildung der Reaktionsprodukte **25**, **45** und **26** – Variante 1 188
- 5.3.31 Reaktion von 1,3-Bis(6-isocyanatohexyl)-1,3-diazetid-2,4-dion (**6**) und Bis(4-isocyanatophenyl)methan (**7**) mit L-Lysin Hydrochlorid (**18**), Glycerin (**31**), L-Arginin (**20**), (*E*)-3-Ocentylmethylsuccinat-modifizierter Stärke (**5**) und Bienenwachs mit Katalysator **34** und pH-Wert Anpassung zur Bildung der Reaktionsprodukte **25**, **45** und **26** – Variante 2 190
- 5.3.32 Reaktion von 1,3-Bis(6-isocyanatohexyl)-1,3-diazetid-2,4-dion (**6**) und Bis(4-isocyanatophenyl)methan (**7**) mit L-Lysin Hydrochlorid (**18**), Glycerin (**31**), L-Arginin (**20**), (*E*)-3-Ocentylmethylsuccinat-modifizierter Stärke (**5**) und Bienenwachs mit Katalysator **34** und pH-Wert Anpassung zur Bildung der Reaktionsprodukte **25**, **45** und **26** – Variante 3 191
- 5.3.33 Reaktion von 1,3-Bis(6-isocyanatohexyl)-1,3-diazetid-2,4-dion (**6**) und Bis(4-isocyanatophenyl)methan (**7**) mit L-Lysin Hydrochlorid (**18**), Glycerin (**31**), L-Histidin (**21**), (*E*)-3-Ocentylmethylsuccinat-modifizierter Stärke (**5**) und Bienenwachs mit Katalysator **34** und pH-Wert Anpassung zur Bildung der Reaktionsprodukte **25**, **45** und **27** – Variante 1 193
- 5.3.34 Reaktion von 1,3-Bis(6-isocyanatohexyl)-1,3-diazetid-2,4-dion (**6**) und Bis(4-isocyanatophenyl)methan (**7**) mit L-Lysin Hydrochlorid (**18**), Glycerin (**31**), L-Histidin (**21**), (*E*)-3-Ocentylmethylsuccinat-modifizierter Stärke (**5**) und Bienenwachs mit Katalysator **34** und pH-Wert Anpassung zur Bildung der Reaktionsprodukte **25**, **45** und **27** – Variante 2 194
- 5.3.35 Reaktion von 1,3-Bis(6-isocyanatohexyl)-1,3-diazetid-2,4-dion (**6**) und Bis(4-isocyanatophenyl)methan (**7**) mit L-Lysin Hydrochlorid (**18**), Glycerin (**31**), L-Histidin (**21**), (*E*)-3-Ocentylmethylsuccinat-modifizierter Stärke (**5**) und Bienenwachs mit Katalysator **34** und pH-Wert Anpassung zur Bildung der Reaktionsprodukte **25**, **45** und **27** – Variante 3 196

5.3.36	Reaktion von 1,3-Bis(6-isocyanatohexyl)-1,3-diazetidion-2,4-dion (6) und Bis(4-isocyanatophenyl)methan (7) mit L-Lysin Hydrochlorid (18), Glycerin (31), L-Histidin (21), (<i>E</i>)-3-Ocentylmethylsuccinat-modifizierter Stärke (5) und Bienenwachs mit Katalysator 34 und pH-Wert Anpassung zur Bildung der Reaktionsprodukte 25 , 45 und 27 – Variante 4	197
5.3.37	Reaktion von Terephthaloylchlorid (56) mit Propylenglykol (57) und Polyvinylalkohol (4) zur Bildung des Reaktionsprodukts 58 – Variante 1	199
5.3.38	Reaktion von Terephthaloylchlorid (56) mit Propylenglykol (57) und Polyvinylalkohol (4) zur Bildung des Reaktionsprodukts 58 – Variante 2	200
6	Verzeichnisse	201
6.1	Literaturverzeichnis	201
6.2	Abbildungsverzeichnis	209
6.3	Tabellenverzeichnis	221
6.4	Schemaverzeichnis	231
7	Anhänge	234
7.1	Bestimmung der Standardabweichung von Größenverteilungen	234
7.2	Rezeptur Weichspüler	249
7.3	Zusammensetzung Parfümöle	249
7.4	Graphiken zur biologischen Abbaubarkeit	251