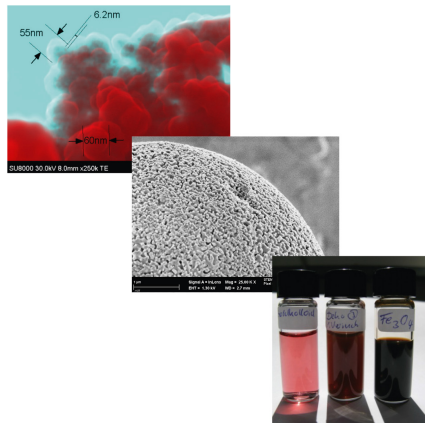




Aline Pasteur (Autor)  
**Einsatz magnetisierbarer Partikelsysteme in der  
Bioverfahrenstechnik**

Aline Pasteur

**Einsatz magnetisierbarer Partikelsysteme  
in der Bioverfahrenstechnik**



Cuvillier Verlag Göttingen  
Internationaler wissenschaftlicher Fachverlag

<https://cuvillier.de/de/shop/publications/6874>

Copyright:  
Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen,  
Germany  
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>



## Inhaltsverzeichnis

<b>Danksagung</b> .....	<b>III</b>
<b>Kurzzusammenfassung</b> .....	<b>V</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>VI</b>
<b>Abkürzungen</b> .....	<b>VII</b>
<b>Formelzeichen</b> .....	<b>IX</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>XI</b>
<b>1 Einleitung und Stand der Technik</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Enzymatische Hydrolyse von Cellulose</b> .....	<b>5</b>
2.1 Einleitung und Zielsetzung .....	5
2.2 Theoretische Grundlagen.....	7
2.2.1 Hydrolyse von Cellulose.....	7
2.2.2 Immobilisierte Biokatalysatoren.....	11
2.2.3 Einsatz immobilisierter Cellulasen.....	14
2.2.4 Magnetische Eigenschaften von Eisenoxid-Nanopartikeln .....	19
2.2.5 Optische Eigenschaften der Partikel .....	22
2.3 Synthese und Charakterisierung der Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /Au-Trägerpartikel .....	27
2.3.1 Stand der Technik.....	27
2.3.2 Weiterführende Charakterisierung der Eisenoxid-Kerne.....	32
2.4 Immobilisierung von Cellulase auf Eisenoxid/Gold-Trägerpartikeln .....	37
2.4.1 Stand der Technik - Immobilisierung durch Selbstorganisation .....	37
2.4.2 Selbstorganisierte Bindung von Enzymen.....	41
2.4.3 Quantifizierung der Immobilisierten Cellulase .....	43
2.5 Modellsystem der enzymatischen Hydrolyse von Cellulose .....	49
2.5.1 Hydrolyse von Carboxymethylcellulose und fibröser Cellulose.....	49
2.5.2 Hydrolyse in mehreren Zyklen.....	53
2.6 Zusammenfassung .....	55
<b>3 Katalytische Oxidation von Glucose zu Gluconsäure</b> .....	<b>59</b>
3.1 Einleitung und Zielsetzung .....	59
3.2 Theoretische Grundlagen.....	61
3.2.1 Industrielle Gewinnung von Gluconsäure .....	61
3.2.2 Katalytische Oxidation an Edelmetallkatalysatoren .....	65
3.2.3 Katalytischer Mechanismus der Glucoseoxidation .....	69
3.2.4 PCD (Particle-Charge-Detector).....	73
3.3 Synthese und Charakterisierung geträgerter Goldkatalysatoren .....	77



3.3.1	Silanisierte Trägerpartikel .....	77
3.3.2	Träger auf Aluminiumoxidbasis .....	81
3.4	Katalytische Aktivität .....	89
3.4.1	Vergleich der magnetischen Katalysatoren .....	89
3.4.2	Syntheseoptimierung auf Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Trägermaterial .....	94
3.4.3	Reaktionsverlauf im 500 ml Maßstab .....	98
3.4.4	Upscaling in einen 1 L Bioreaktor.....	101
3.4.5	Langzeitstabilität des Biokatalysators im 1 L Bioreaktor.....	105
3.4.6	Übertragung der Synthesemethode auf magnetisches Trägermaterial.....	109
3.4.7	Goldkatalyse im Durchfluss.....	112
3.4.8	Magnetische Wirbelschicht in der kontinuierlichen katalytischen Produktion von Gluconsäure .....	115
3.5	Zusammenfassung und Ausblick .....	121
<b>4</b>	<b>Aufarbeitung von fermentativ gewonnenen Antibiotika .....</b>	<b>127</b>
4.1	Einleitung und Zielsetzung .....	127
4.2	Theoretische Grundlagen.....	131
4.2.1	Lactam-Antibiotika .....	131
4.2.2	Adsorption.....	134
4.2.3	Hochgradienten Magnetseparation - Stand der Technik .....	138
4.3	Darstellung der Adsorbersysteme .....	143
4.3.1	Selektive Adsorbersysteme zur Aufarbeitung von $\beta$ -Lactam Antibiotika .....	143
4.3.2	Selektive Adsorbersysteme zur Aufarbeitung von Cephalosporin C.....	145
4.4	Adsorptionsverhalten .....	149
4.4.1	Stabilität der Antibiotika und deren Abbauprodukte.....	149
4.4.2	Adsorption von Imipenem auf kommerziellen Adsorbersystemen .....	152
4.4.3	Adsorption von Imipenem auf der instrAction-Phase.....	153
4.4.4	Adsorption von Cephalosporin C auf kommerziellen Adsorbentien.....	160
4.4.5	Adsorption von Cephalosporin C auf Polymeren Mesoporösen Organosilikaten . .....	165
4.4.6	Wiederverwertbarkeit der Adsorbersysteme.....	170
4.5	Optimierung des Hochgradienten Magnetseparators .....	173
4.5.1	Eingesetzte Filterkammern .....	173
4.5.2	Aufnahme von Durchbruchskurven und Berechnung der Filterkonstanten .....	176
4.5.3	Simulation der Gittermatrix innerhalb der HGMS-Filterkammer.....	178
4.5.4	Neukonstruktion der HGMS Filterkammer.....	180
4.6	Integration der Magnetseparation in den Antibiotikumsfermentationsprozess	187
4.6.1	Aufbau des Prozesses .....	187



4.6.2	Vorfiltration der Biomasse .....	191
4.7	Zusammenfassung .....	195
4.7.1	Adsorbersysteme .....	195
4.7.2	HGMS-Optimierung .....	196
4.7.3	Prozessintegration .....	197
<b>5</b>	<b>Abschließende Diskussion und Fazit .....</b>	<b>199</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>203</b>
<b>Anhang A</b>	<b>Synthesevorschriften .....</b>	<b>221</b>
Anhang A 1	Superparamagnetische Eisenoxid-Nanopartikel .....	221
Anhang A 2	Goldummantelung der Eisenoxidgrundpartikel .....	222
Anhang A 3	Funktionalisierungsprozess mit EDC und NHS.....	224
Anhang A 4	Magnetische Goldkatalysatoren auf Silicat-Trägern .....	225
Anhang A 5	Magnetische Goldkatalysatoren auf Aluminiumoxid-Trägern .....	227
Anhang A 6	Goldkatalysatoren mit unmagnetischen Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Trägern.....	228
<b>Anhang B</b>	<b>Analytische Methoden.....</b>	<b>231</b>
Anhang B 1	Ellman's Assay .....	231
Anhang B 2	HPLC-Methoden .....	233
Anhang B 2.1	HPLC Analytik von Zuckern .....	233
Anhang B 2.2	HPLC Analytik von Organischen Säuren.....	234
Anhang B 2.3	HPLC Analytik von Antibiotika.....	235
Anhang B 3	Glucoseoxidase (GOD) Assay.....	237
Anhang B 4	Fluoreszenzspektroskopie zur Proteinquantifizierung.....	238
Anhang B 5	IR-Spektroskopie der Gluconsäure aus der Zuckeroxidation .....	240
Anhang B 6	IR-Spektroskopie zur Adsorption von Cephalosporin C .....	242
Anhang B 7	PCD-Potential-Messung.....	243
Anhang B 8	Bestimmung der Reaktionsordnung .....	244
Anhang B 8.1	Differentialmethode.....	244
Anhang B 8.2	Integralmethode .....	246
Anhang B 9	Bestimmung der Verweilzeitverteilung und Raum-Zeit-Ausbeute .....	248
<b>Anhang C</b>	<b>Reaktionsvorschriften .....</b>	<b>251</b>
Anhang C 1	Hydrolyse von Cellulose im 2 ml-Eppendorf-Gefäß .....	251
Anhang C 2	Glucoseoxidation im Rührkessel .....	252
Anhang C 2.1	Oxidationsreaktion im 50 ml Falcon .....	252
Anhang C 2.2	Oxidationsreaktion im „Dosimat“ bzw. Titrator.....	252
Anhang C 2.3	Oxidationsreaktion im 500 ml Rührkessel .....	253
Anhang C 2.4	Oxidationsreaktion im 1 L-Miniforce-Reaktor .....	254



Anhang C 3	Adsorptionsisothermen.....	255
Anhang C 3.1	Adsorption von Imipenem .....	255
Anhang C 3.2	Adsorption von Cephalosporin C .....	255
Anhang C 3.3	Elutionen .....	256
<b>Anhang D</b>	<b>Simulationen .....</b>	<b>257</b>
<b>Anhang E</b>	<b>Verwendete Adsorber- und Partikelsysteme .....</b>	<b>261</b>
<b>Anhang F</b>	<b>Verwendete Geräte .....</b>	<b>263</b>
<b>Anhang G</b>	<b>Verwendete Chemikalien.....</b>	<b>265</b>
<b>Anhang H</b>	<b>Verwendete Puffer und Lösungen .....</b>	<b>267</b>
<b>Anhang I</b>	<b>Angaben zur Person .....</b>	<b>269</b>
Anhang I 1	Betreute Studien-, Diplom- und Masterarbeiten .....	269
Anhang I 2	Veröffentlichungsliste.....	269
Anhang I 3	Lebenslauf .....	272