



Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences

Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften

Studiengang Lebensmitteltechnologie

Bachelor-Arbeit

Untersuchungen zum Einschluss von Mykotoxinen in Cyclodextrinen durch Anwendung der Fluoreszenz-Spektroskopie

Bearbeiter: Marcus Krüger

Aufgabensteller: Prof. Dr. G. Tomaschewski (PROTEKUM Umweltinstitut GmbH)

Betreuer: Prof. Dr. T. John

Abgabedatum: 09.03.2009

URN: urn:nbn:de:gbv:519-thesis-2010-0116-2

Abstract

This bachelor thesis deals with the topic „Analysing the inclusion of mycotoxins into cyclodextrins by the use of fluorescence spectroscopy“. Therefore the mycotoxins aflatoxin B₁, zearalenone and ochratoxin A were analysed by using UV/VIS spectroscopy, HPLC and fluorescence spectroscopy. The aim of the work was to capture the environmental change of the mycotoxin molecules through the inclusion into different cyclodextrins and biotechnically produced cyclodextrin products and consequently obtain qualitative statements about the equilibria of the mycotoxin-cyclodextrin complexes. Several experiments have shown that an inclusion of mycotoxins into cyclodextrins is possible. Here the mixing ratio mycotoxin:cyclodextrin in a ratio 1:1000 was the most suitable. The optimal reaction time at room temperature was about 30 minutes.

Ich möchte Herrn Prof. Dr. Ebener und Frau Ebener der Firma Protekum Umweltinstitut GmbH Oranienburg und Herrn Prof. Dr. John der Fachhochschule Neubrandenburg für die Möglichkeit zur Bearbeitung dieser Bachelor-Arbeit meinen Dank aussprechen. Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Tomaschewski für die intensive Betreuung während der praktischen Arbeit und der Niederschrift der Ergebnisse. Außerdem möchte ich mich bei Frau Stiel und Frau Graf für die freundliche Unterstützung während der gesamten Bachelor-Arbeit bedanken. Ein weiterer Dank gilt Prof. Dr. P. Wessig von der Universität Potsdam, für die Möglichkeit zur Durchführung der Fluoreszenzmessung und der anschließenden Diskussion der Ergebnisse.

Vor allem danke ich meinen Eltern und meiner Schwester für die wertvolle Unterstützung, Fürsorglichkeit und hilfreichen Kritiken während der Bearbeitung der Bachelor-Arbeit und meiner gesamten Ausbildung.

Zuletzt danke ich meiner Freundin Jenny dafür, dass sie für mich da war.

Inhaltsverzeichnis

Abstract

Inhaltsverzeichnis.....	1
Verwendete Formelzeichen, Einheiten und Indizes sowie Abkürzungen	3
1 Einleitung.....	4
2 Mykotoxine und Cyclodextrine	5
2.1 Mykotoxine	5
2.1.1 Aflatoxin B ₁	6
2.1.2 Ochratoxin A (OTA)	7
2.1.3 Zearalenon (ZEA).....	8
2.2 Cyclodextrine	9
2.3 Modellierung der Cyclodextrin-Mykotoxin-Komplexe.....	10
3 Material und Methoden	15
3.1 Versuchsplanung	15
3.2 Verwendete Cyclodextrin-Produkte	16
3.3 Synthetische Verdauungssäfte (Standardlösungen).....	17
3.4 UV/VIS-Spektroskopie	18
3.5 Kapillarviskosimetrie	19
3.6 Fluoreszenzspektroskopie	20
3.7 HPLC	23
4 Ergebnisse.....	25
4.1 UV/VIS-Spektroskopie	25
4.1.1 Aufnahme der Absorptionsspektren	25

4.1.2 Erstellung der Kalibrierkurve der Mykotoxine	26
4.1.3 Komplexierung in Abhängigkeit von der Zeit	30
4.1.4 Einfluss des pH-Wertes auf das Verhalten der Mykotoxine.....	31
4.2 HPLC	34
4.3 Einfluss der Viskosität	35
4.4 Fluoreszenzspektroskopie	39
4.4.1 Aflatoxin B ₁	39
4.4.2 Zearalenon.....	43
4.4.3 Ochratoxin A.....	45
4.4.4 Lebensdauer	47
5 Fazit.....	50
6 Zusammenfassung	51
7 Literaturverzeichnis	53
8 Abbildungsverzeichnis	55
9 Tabellenverzeichnis	57
Anhang.....	59

Verwendete Formelzeichen, Einheiten und Indizes sowie Abkürzungen

Symbol / Index	Bezeichnung	Einheit
A	Absorptionsmaß / Extinktion	
Å	Ångstrom	m
c	Stoffmengenkonzentration	mol m ⁻³
d	Schichtdicke	m
ε	Extinktionskoeffizient	
η	dynamische Viskosität	m ² s ⁻¹
k	Konstante für Kapillar-Viskosimeter	m ² s ⁻²
λ	Wellenlänge	m
ν	kinematische Viskosität	m ² s ⁻¹
ρ	Dichte	kg m ⁻³
t	Zeit	s

Abkürzungen

Afla	Aflatoxin B ₁
CD	Cyclodextrin
DNA	Desoxyribonucleic Acid (Desoxyribonukleinsäure)
HPLC	High Performance Liquid Chromatography (Hochleistungsflüssigkeitschromatographie)
IASP	Institut für agrar- und stadökologische Projekte, Berlin
OTA	Ochratoxin A
ZEA	Zearalenon

1 Einleitung

Mykotoxine sind hochgiftige, von Schimmelpilzen gebildete Stoffwechselprodukte des Sekundärmetabolismus mit unterschiedlicher Struktur und Wirkung. Eine besondere Bedeutung bei Lebens- und Futtermitteln besitzen die am häufigsten auftretenden Toxine Zearalenon, Ochratoxin A und Aflatoxin B₁. Die Gefahr einer Mykotoxinbelastung in Lebens- und Futtermitteln nimmt durch die Veränderung bei deren Gewinnung und Verarbeitung tendenziell zu. Mögliche Gründe dafür sind die zunehmende Zentralisierung von Produktion und Verarbeitung, die steigenden Importe aus Überseeländern mit oftmals ungünstigen hygienischen Bedingungen und dem erhöhten Verletzungsgrad von Gemüse und Obst durch mechanisierte Erntemethoden. Aufgrund des hohen Gefährdungspotentials können Mykotoxine schon in kleinsten Mengen die Gesundheit von Menschen und Tieren akut oder chronisch beeinträchtigen.

Mit Hilfe von Struktur-Modellierungen wurde festgestellt, dass bestimmte Mykotoxine in Cyclodextrinen inkaliert werden können. Die Bildung solcher Komplexe steht im Einklang mit der Veränderung der physikalisch-chemischen Eigenschaften der Mykotoxine. Durch die Komplexierung liegen die Moleküle nicht mehr in einem Lösungsmittel vor, sondern gehen eine Wirt-Gast-Beziehung mit dem Cyclodextrin ein, was eine Reduzierung der Mykotoxinbelastung in Lebens- und Futtermitteln bedeuten könnte.

Ziel der Arbeit ist es, die Veränderungen der Umgebung der Mykotoxin-Moleküle mittels verschiedener Analysemethoden zu erfassen und somit qualitative Aussagen über die Gleichgewichte der Mykotoxin-Cyclodextrin-Komplexe zu erhalten. Als Analysemethoden dienen hierbei die UV/VIS-Spektroskopie, die HPLC und die Fluoreszenzspektroskopie. Die praktische Bedeutung dieser Arbeit liegt in einer Minderung von akuten und chronischen Mykotoxikosen von Wiederkäuern und Monogastern. Insbesondere bei den Jungtieren soll dadurch eine Stabilisierung der aktiven Immunität erreicht werden und zu einer Senkung der Verlustrate führen.

2 Mykotoxine und Cyclodextrine

2.1 Mykotoxine

Bei Mykotoxinen handelt es sich um Stoffwechselprodukte von Schimmelpilzen. Von den 100000 bekannten Schimmelpilzarten bilden etwa 400 Mykotoxine aus (Baltes, 2007). Dabei sind fast alle Mykotoxine hitze- und säurestabil, so dass sie bei der Nahrungs- und Futtermittelverarbeitung nicht inaktiviert werden. In ca. 20 % der Gesamtgetreideernte der Europäischen Union lassen sich messbare Mengen an Mykotoxinen nachweisen. Bei der Verfütterung von kontaminiertem Getreide (z.B. Mais, Weizen, u.a.) an Nutztiere sind besonders Jungtiere gefährdet. Dabei kann die Wirkung der Mykotoxine akut oder chronisch toxisch sein. Symptome akuter Vergiftungen von Nutztieren können unter anderem Leber- und Nierenschädigungen, Angriffe auf das zentrale Nervensystem sowie Hautschädigungen sein. Ebenfalls können geringe Toxinmengen, die keine Krankheitssymptome auslösen, kanzerogene, mutagene und teratogene Wirkungen haben. Die wichtigsten unter ungünstigen Umständen in Lebens- und Futtermitteln vorkommenden Pilze und deren Toxine sind in der Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Mykotoxinbildende Schimmelpilze (Luhmann, 2007)

Mykotoxin	Mykotoxinbildender Schimmelpilz	Vorkommen in Lebensmittel/Futtermittel
Fusariantoxine (z.B. Zearalenon, Deoxynivalenon)	Fusarium-Spezies	Getreide, Nüsse, Sesam
Aflatoxine	Aspergillus-Spezies	Nüsse, Mandeln, Gewürze, Mais, Milch
Patulin	Aspergillus-Spezies, Penicillin-Spezies	Obst (z.B. Äpfel), Gemüse
Citrinin	Aspergillus-Spezies	Getreide, Tomaten, Erdnüsse
Erdgot-Alkaloide	Claviceps purpurea	Getreide
Ochratoxin A	Aspergillus-Spezies, Penicillin-Spezies	Getreide, Kaffee, Feigen, Nüsse, Wein, Bier

Gemäß Futtermittelgesetz (1999) dürfen nach §3, Absatz 2 nur Futtermittel produziert und in den Verkehr gebracht werden, von denen keine Gefährdung der Gesundheit der Nutztiere

ausgeht. Die Tabelle 2 zeigt gesetzlich erlaubte Höchstgehalte verschiedener Mykotoxine in Futtermitteln.

Tabelle 2: Höchstgehalt von Mykotoxinen in Futtermitteln in mg/kg (www.ich-will-futter.de, 2010)

Mykotoxin	Mais	Weizen	Hafer	Getreide und Getreideerzeugnisse	Trockenfrüchte und deren Erzeugnisse
Aflatoxin B ₁	20	20	20	20	10
Zearalenon	2000	2000	2000	500	250
Deoxynivalenon	1750	1750	1750	500	200

2.1.1 Aflatoxin B₁

Aflatoxin B₁ ist ein Stoffwechselprodukt verschiedener Schimmelpilze der Gattung *Aspergillus*. Hauptsächlich wird es von den Vertretern der Spezies *A. flavus* und *A. parasiticus* produziert. *Aspergillus*-Pilze bevorzugen feuchtwarmes Klima und kommen daher vorrangig in Importlebensmitteln aus tropischen Ländern wie Mandeln, Pistazien und Soja vor. Eine Aflatoxin-Kontamination in gemäßigten Klimazonen findet hauptsächlich während der Lagerung und Verarbeitung von Lebensmitteln statt (Weidenbörner, 1999). Aflatoxin B₁ ist einer der giftigsten Pflanzenstoffe. Die Wirkung wird hauptsächlich in der Leber und in der Lunge durch die Aktivierung von Gewebsoxygenase entfaltet. Diese Biotransformation führt zu der Bildung reaktiver Epoxide. Weiterhin ist es stark kanzerogen, kann die Fortpflanzung beeinträchtigen und führt bei Neugeborenen zu Entwicklungsstörungen. Der LD₅₀-Wert für Aflatoxin B₁ beträgt bei der Ratte 7,2 mg/kg (orale Einnahme). In der Abbildung 1 ist die chemische Struktur von Aflatoxin B₁ dargestellt.

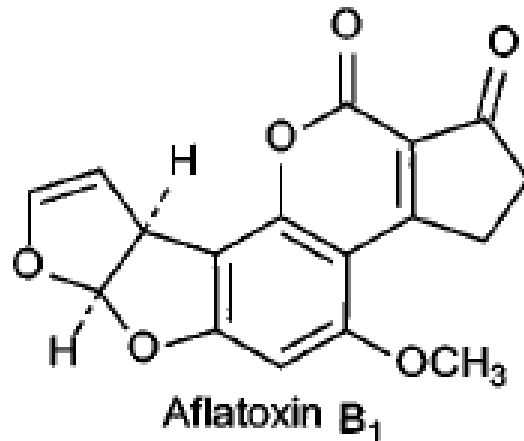


Abbildung 1: Chemische Struktur von Aflatoxin B₁ (www.vis.bayern.de, 2010)

2.1.2 Ochratoxin A (OTA)

Ochratoxin A und seine Derivate werden von verschiedenen Aspergillus- und Penicillinarten gebildet. Zunächst wurde das Ochratoxin A aus *A. ochraceus* isoliert, das daher namensgebend war. Kontaminationsquellen mit diesem Mykotoxin stellen hauptsächlich Getreide, Erdnüsse, Kaffee und Kakao dar. Die Abbildung 2 zeigt die chemische Struktur des Ochratoxin A.

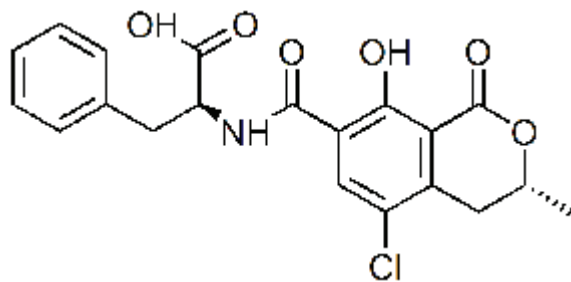


Abbildung 2: Chemische Struktur von Ochratoxin A (www.itv.hevs.ch)

Tierversuche mit Ochratoxin A zeigen eine lebertoxische Wirkung bei Nutztieren. Ferner wirkt es teratogen, kanzerogen und immunsuppressiv. Wie aus der Abbildung 2 hervorgeht, enthält das Ochratoxin A einen Phenylalaninrest. Dadurch hemmt das Mykotoxin speziell die Proteinsynthese, welche neben der Energiegewinnung den wichtigsten Lebensvorgang darstellt. Hierbei wird die genetische Information, die in der DNA enthalten ist, verschlüsselt und in Proteine überführt (Baltes, 2007). Der LD₅₀-Wert des Ochratoxin A beträgt bei der Ratte 20 mg/kg bei einer oralen Einnahme.

2.1.3 Zearalenon (ZEA)

Zearalenon ist ein weltweit vorkommendes Mykotoxin, das hauptsächlich von Fusarienarten, wie z.B. *F. roseum* und *F. graminearum*, produziert wird. Befallen werden hauptsächlich Nutzpflanzen, insbesondere Mais, Weizen und Gerste. Das Toxin hat die Eigenschaft, dass es thermisch und chemisch stabil ist und somit weder bei der Lagerung noch bei der Zubereitung von Lebens- oder Futtermitteln inaktiviert werden kann. Folgeschäden durch eine Zearalenonbelastung wirken sich, besonders beim Schwein und bei Geflügel, in Form eines Hyperöstrogenismus aus. Hierbei kommt es zu einer erhöhten Protein-Produktion in den Geschlechtsorganen, wodurch z.B. deren Vergrößerung bewirkt wird. Weiterhin kann dieses Mykotoxin eine toxische Leberdystrophie hervorrufen (Reich, 1998). Im Gegensatz zu den anderen aufgeführten Mykotoxinen hat das Zearalenon eine sehr geringe toxische Wirkung. Der LD₅₀-Wert liegt bei über 10000 mg/kg nach einer oralen Aufnahme. Die Abbildung 3 gibt die chemische Struktur von Zearalenon wieder.

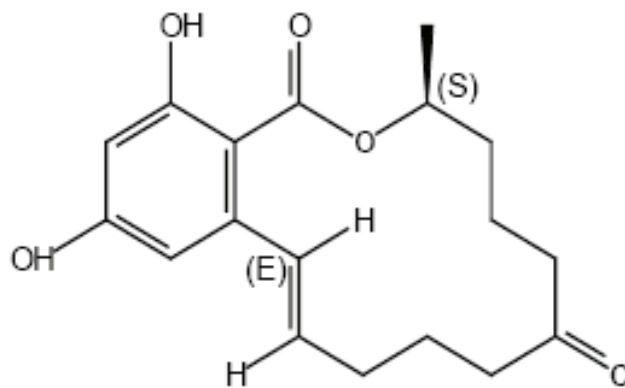


Abbildung 3: Chemische Struktur von Zearalenon (www.de.academic.ru., 2010)

2.2 Cyclodextrine

Bei Cyclodextrinen handelt es sich um ringförmige, enzymatische Abbauprodukte der Stärke. Die Namensgebung der unterschiedlichen Cyclodextrine ist von der Anzahl der enthaltenen Glukosemoleküle abhängig. Die Tabelle 3 zeigt eine Übersicht.

Tabelle 3: Übersicht der Glukoseeinheiten bei Cyclodextrinen (Gröger, 2001)

Name	Glukoseeinheiten
α -Cyclodextrin	6
β -Cyclodextrin	7
γ -Cyclodextrin	8
δ -Cyclodextrin	9

Ähnlich der Stärkebestandteile Amylopektin und Amylose sind die einzelnen Glukoseeinheiten der Cyclodextrine über eine α -1,4-glykosidische Bindung miteinander verknüpft. In der Abbildung 4 ist die Struktur des β -Cyclodextrins dargestellt.

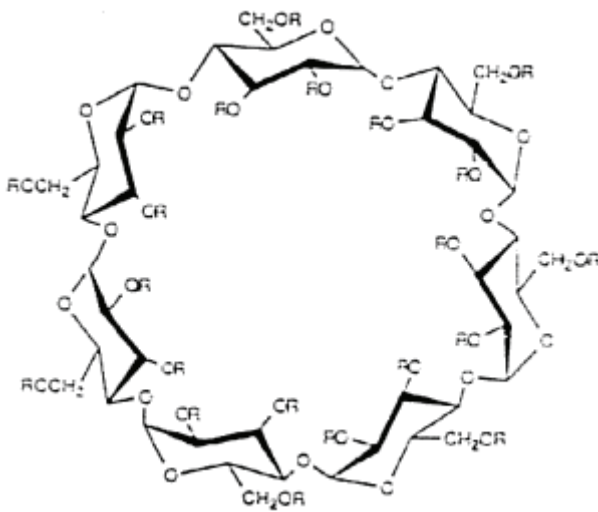


Abbildung 4: Chemische Struktur von β -Cyclodextrin (www.yimingchem.com, 2010)

Natürliche Cyclodextrine sind bis auf das γ -Cyclodextrin weitestgehend widerstandsfähig gegen Enzyme im Verdauungstrakt, so dass sie meist unverändert ausgeschieden werden. Weiterhin sind sie chemisch stabil in alkalischen Lösungen. Im sauren Medium ($\text{pH} < 3$) werden sie dagegen hydrolysiert.

Die Unbedenklichkeit beim Verfüttern in der Tierzucht erklärt sich auch durch die Eigenschaft von β -Cyclodextrin als in Deutschland zugelassener Lebensmittelzusatzstoff mit

der Nummer E459. Es darf weiterhin als Trägerstoff in Lebensmitteln mit einer Konzentration von 1 g/kg eingesetzt werden.

Wie bereits erwähnt handelt es sich bei Cyclodextrinen um enzymatische Abbauprodukte von Stärke. Die dafür eingesetzten Enzyme werden als Cyclodextrin-Glycosyltransferasen bezeichnet (CGTasen) und stammen vom *Bacillus macerans* ab. Mittels der Enzyme ist es möglich, aus Maisstärke ein Gemisch aus α -, β - und γ -Cyclodextrinen zu gewinnen, wobei die β -Cyclodextrine mengenmäßig überwiegen. Dabei lagern sich die GCTasen an die gewundene Struktur der Stärke an, „schneiden“ Stücke heraus und verschließen die ringförmigen Oligosaccharide mit sechs bis acht Glucoseeinheiten (Gröger, 2001). In der Abbildung 5 ist die enzymatische Wirkung der GCTasen dargestellt.

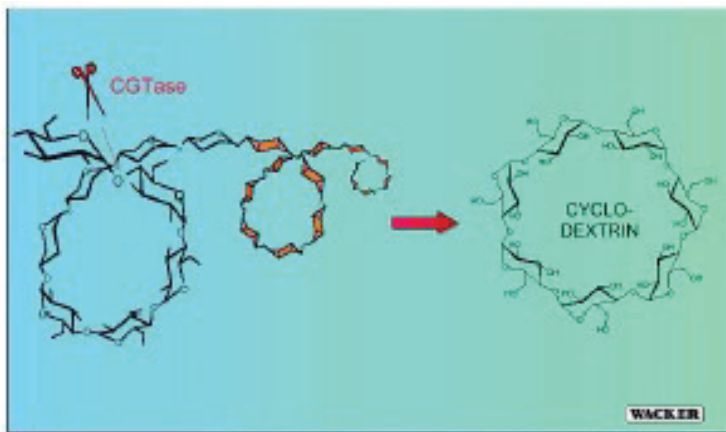


Abbildung 5: Enzymatische Wirkung der GCTasen (Gröger, 2010)

2.3 Modellierung der Cyclodextrin-Mykotoxin-Komplexe

Die Cyclodextrine sind in der Lage, mit anderen Molekülen Komplexe auszubilden. Für den Komplexbildungsprozess sind die Größe des Mykotoxin-Moleküls sowie die Größe und Struktur der Kavität des Cyclodextrinmoleküls von hoher Bedeutung. Zwischen dem Wirt und dem Gast entsteht dabei eine Wechselwirkung, ähnlich dem Schlüssel-Schloss-Prinzip der Substratbindung an Enzyme. Die Komplexierung erfolgt vorwiegend aufgrund hydrophober und Van-der-Waals-Wechselwirkungen. Die vorhandenen Wasserstoffbrückenbindungen entscheiden über die Konformation der Einschlussverbindung. Die Abbildung 6 zeigt den molekularen Aufbau eines Cyclodextrinmoleküls.

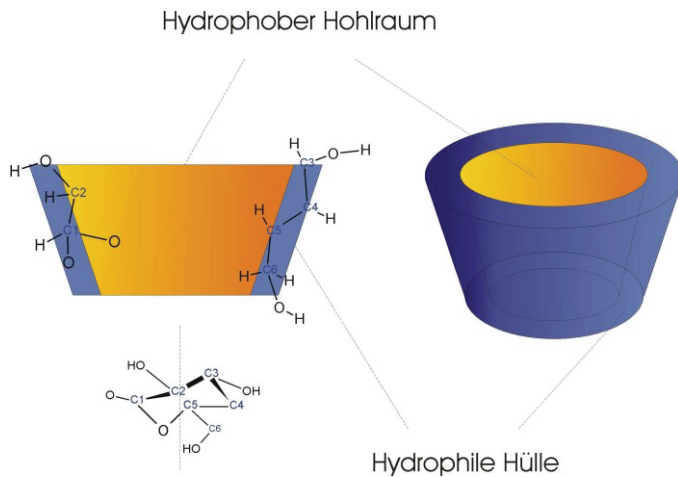


Abbildung 6: Schematische Darstellung des molekularen Aufbaus der Cyclodextrine (Gröger, 2001)

Mittels des Molecular Modelling wird festgestellt, ob eine Inkalisierung der Mykotoxin-Moleküle durch Cyclodextrine möglich ist. Durch die Kraftfeldmethode MM+ (Hyperchem 7.5) ist es möglich, ein Kugelmodell von Atomen zu erstellen. Dabei werden alle vorhandenen Wechselwirkungen berücksichtigt. Diese Methode eignet sich besonders gut zur Voroptimierung von Geometrien. Aus vorhergehenden Untersuchungen (Kooperation zwischen der Universität Potsdam (Prof. Dr. Wessig) und PROTEKUM) wurde ersichtlich, dass die Mykotoxine Aflatoxin B₁, Zearalenon und Ochratoxin A nicht in das α -Cyclodextrin eingeschlossen werden können. Grund dafür stellt der zu geringe Durchmesser der primären und sekundären Kante dar (Forschungsbericht PROTEKUM, 2009). Die Tabelle 4 gibt eine Übersicht der Durchmesser unterschiedlicher Cyclodextrine und Mykotoxine.

Tabelle 4: Kavitätendurchmesser von Cyclodextrinen und Mykotoxinen (Müller, 2006)

Molekül	Durchmesser primäre Kante [Å]	Durchmesser sekundäre Kante [Å]
α -Cyclodextrin	4,7	5,2
β -Cyclodextrin	6,0	6,4
γ -Cyclodextrin	7,5	8,3
Aflatoxin B ₁	10,0	8,0
Zearalenon	9,0	10,0
Ochratoxin A	17,0	6,0

Die Abbildung 7 zeigt die Kavitätendurchmesser der gewählten Mykotoxine.

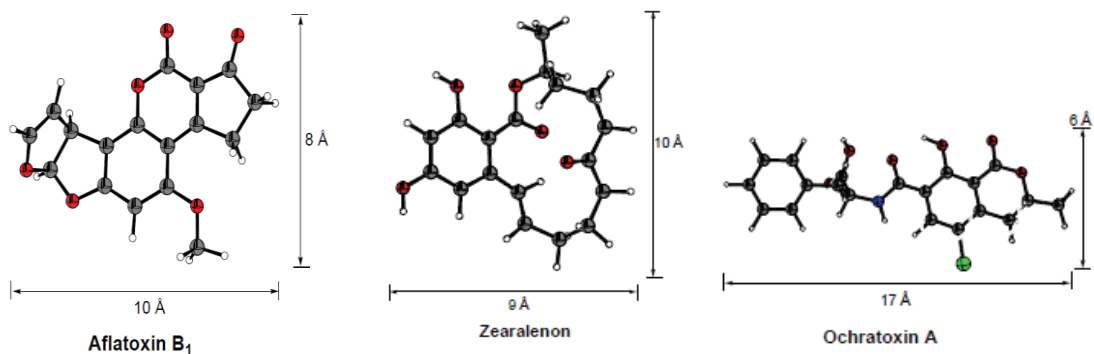


Abbildung 7: Kavitätendurchmesser der Mykotoxine (PROTEKUM, 2009)

Aus der Tabelle 4 und der Abbildung 7 ist zu entnehmen, dass die Durchmesser der Kanten von α -, β - und γ -Cyclodextrinen für einen Einschluss der gewählten Mykotoxine zu gering sind. Somit wäre ein Einschluss des Mykotoxine auch in β - und γ -Cyclodextrine nicht möglich. Aufgrund der Verformbarkeit der β - und γ -Cyclodextrine und der Mykotoxine können diese jedoch inkaliert werden (Müller, 2006). Ein Einschluss von Aflatoxin B₁ in β -Cyclodextrin ist in Abbildung 8 dargestellt.

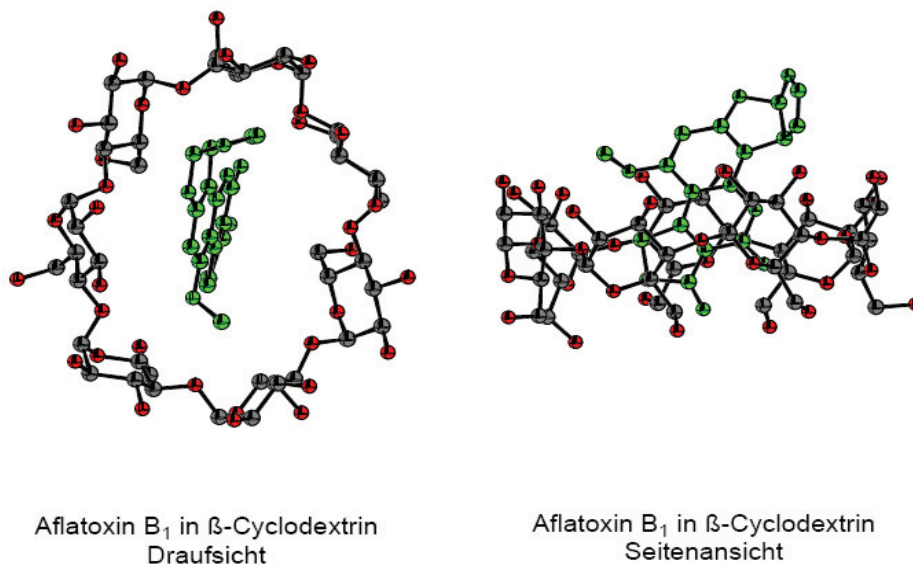


Abbildung 8: Aflatoxin B₁ in β -Cyclodextrin (PROTEKUM, 2009)

Gleiches gilt auch für das Zearalenon. Die Abbildung 9 zeigt, dass dieses Mykotoxin sehr gut in β -Cyclodextrine eingeschlossen werden kann.

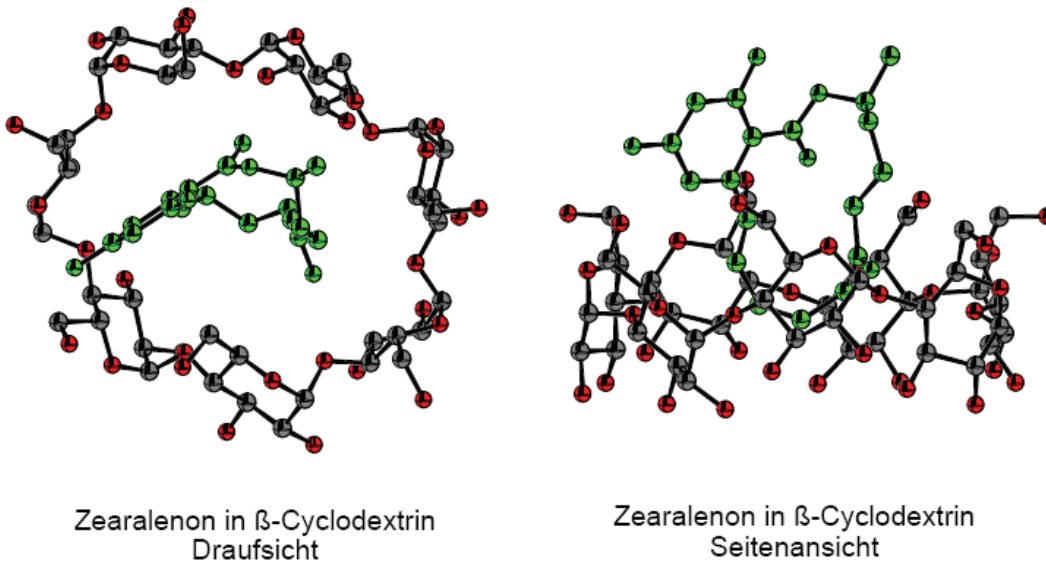


Abbildung 9: Zearalenon in β -Cyclodextrin (PROTEKUM, 2009)

Beim Ochratoxin A hingegen kann keine vollständige Inkalisierung in β -Cyclodextrine erfolgen, da das Mykotoxin aufgrund seines hohen Durchmessers der primären Kante (17 \AA) zu großen Teilen aus dem β -Cyclodextrin herausragt. Dies macht die Seitenansicht in der Abbildung 10 deutlich.

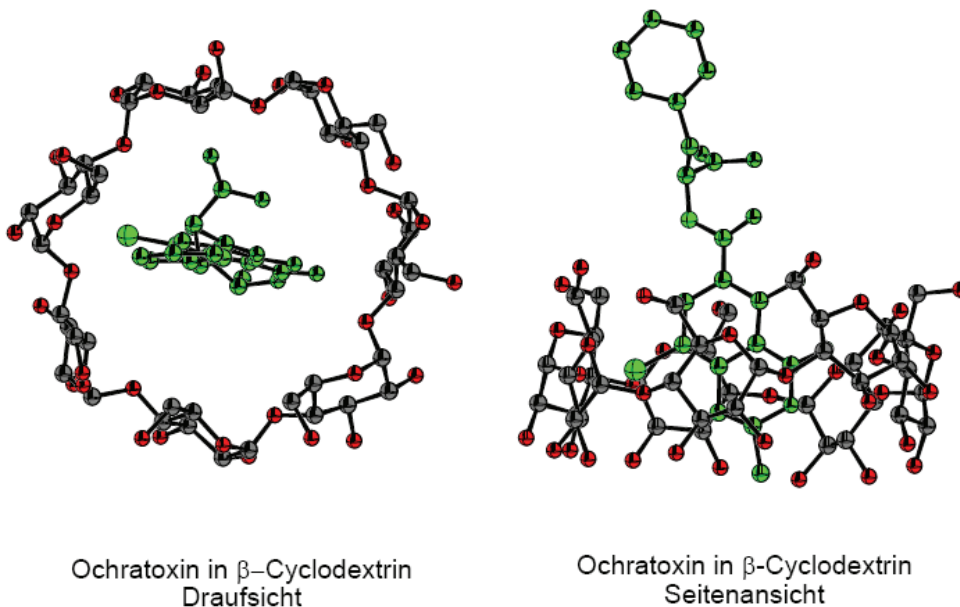


Abbildung 10: Ochratoxin A in β -Cyclodextrin (PROTEKUM, 2009)

Durchgeführte Modellierungen mit γ -Cyclodextrine ergeben, dass alle Mykotoxine inkaliert werden können. Problematisch scheint hier jedoch der zu große Abstand zwischen der inneren Oberfläche des Cyclodextrins und dem Mykotoxin. Dies könnte zur Folge haben, dass die

hydrophoben Wechselwirkungen der Gast-Wirt-Beziehung nicht mehr so stabil ausgebildet werden können. Die Abbildung 11 zeigt jedoch, dass das Ochratoxin A im γ -Cyclodextrin im Vergleich zum β -Cyclodextrin nicht mehr soweit herausragt.

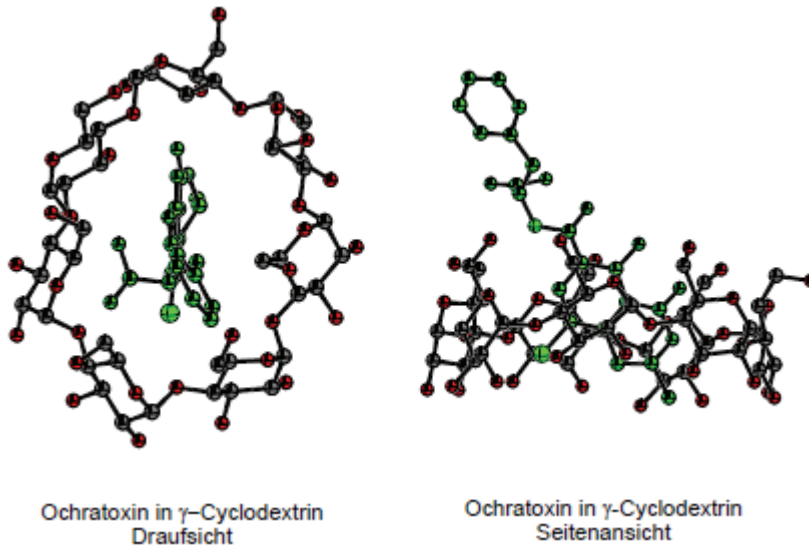


Abbildung 11: Ochratoxin A in γ -Cyclodextrin (PROTEKUM, 2009)

3 Material und Methoden

3.1 Versuchsplanung

Die nachfolgenden Tabelle 5 zeigt die Versuchsplanung dieser Arbeit.

Tabelle 5: Tabelle mit Übersicht der Versuche

UV/VIS-Spektroskopie	HPLC	Fluoreszenzspektroskopie
Ermittlung Absorptionsspektren der Mykotoxine und β -CD	Ermittlung der spezifischen Retentionszeiten der Mykotoxine	Zusammenhang zwischen Fluoreszenzintensität und CD-Konzentration für Mykotoxine untersuchen
Bestimmung der Konzentration der Mykotoxine nach Zugabe in β -CD	Wiederfindungsrate von Aflatoxin B ₁ in Verdauungssäften	Bestimmung der Lebensdauer von Aflatoxin B ₁ in CD
Einfluss des pH-Wertes auf die Spektren der Mykotoxine bei pH 2,0; 5,0; 6,0 und 8,0	Kombination Aflatoxin B ₁ , Zearalenon und Ochratoxin A erproben	Zeitliche Abhängigkeit der Komplexierung von Aflatoxin B ₁ in β -CD
Zeitliche Abhängigkeit der Komplexierung von Aflatoxin B ₁ in β -CD		

3.2 Verwendete Cyclodextrin-Produkte

Für die durchgeführten Versuche wurden reine α -, β - und γ -Cyclodextrine der Firma Wacker Chemie AG sowie die biotechnologisch hergestellten Cyclodextrine SV und CV vom IASP verwendet. Bei letzteren handelt es sich um Gemische verschiedener Cyclodextrine. Die Tabelle 6 zeigt eine Übersicht über die Zusammensetzungen.

Tabelle 6: Produktspezifikation SV und CV

Probe	α -Cyclodextrin [g/l]	β -Cyclodextrin [g/l]	γ -Cyclodextrin [g/l]	Cyclodextrine gesamt [g/l]
SV	12,7 \pm 0,12	13,02 \pm 0,43	14,08 \pm 1,07	39,8 \pm 1,4
CV	11,86 \pm 0,57	17,97 \pm 0,34	14,06 \pm 0,93	43,89 \pm 1,8

Bei dem Produkt SV wird die Stärke durch das IASP eine Stunde unter Salzzugabe gequollen. Bei CV hingegen erfolgte die Stärkequellung in vier Stunden unter Zugabe der GCTasen. Die längere Verweilzeit und der Zusatz der Enzyme bewirken einen höheren Gehalt an β -Cyclodextrinen bei diesem Produkt.

Für die Untersuchungen der Mykotoxin-Cyclodextrin-Komplexe wurden Lösungen vom jeweiligen Mykotoxin und einem Überschuss Cyclodextrin in den molaren Verhältnissen 1:10; 1:100 und 1:1000 hergestellt. Falls im Verlauf der Untersuchungen andere molare Verhältnisse benutzt wurden, so liegt das an der begrenzten Löslichkeit des jeweiligen Cyclodextrins. Die Tabelle 7 zeigt die molaren Massen der verwendeten Mykotoxine und Cyclodextrine.

Tabelle 7: Molare Massen der Mykotoxine und Cyclodextrine (www.lookchem.com)

Stoff	Molare Masse [g/mol]
Aflatoxin B ₁	312
Ochratoxin A	403
Zearalenon	320
β -Cyclodextrin	1135
γ -Cyclodextrin	1297

3.3 Synthetische Verdauungssäfte (Standardlösungen)

Die synthetischen Verdauungssäfte (Speichel, Magen, Darm) wurden nach der DIN 19738 vom IASP hergestellt. In der Tabelle 8 sind die Zusammensetzungen der einzelnen Säfte aufgeführt.

Tabelle 8: Zusammensetzung synthetische Verdauungssäfte (DIN 19738:2004-07)

Probe	Anorganische Bestandteile		Organische Bestandteile	
	Verbindung	Menge [mg]	Verbindung	Menge [mg]
Synthetischer Speichel (30 ml)	NaCl	50	Mucin	75
	NaSCN	15	α -Amylase	25
	Na ₂ SO ₄	55	Harnstoff	10
	NaHCO ₃	15	Harnsäure	1
	KCl	45		
	KH ₂ PO ₄	60		
	CaCl ₂ · 2 H ₂ O	15		
Synthetischer Magensaft (100 ml)	NaCl	290	Pepsin	100
	KCl	70	Mucin	300
	KH ₂ PO ₄	27		
	HCl	einstellen auf pH 2,0		
Synthetischer Darmsaft (100 ml)	KCl	30	Trypsin	30
	CaCl ₂ · 2 H ₂ O	50	Pankreatin	900
	MgCl ₂ · 6 H ₂ O	20	Galle (lyophilisiert)	900
	NaHCO ₃	100	Harnstoff	30
	Vollmilchpulver 10 g			

Neben den Elektrolyten enthalten die Verdauungssäfte auch organisch-chemische Komponenten. Die anorganischen Bestandteile werden unter kräftigem Rühren in bidestilliertem Wasser gelöst. Die organischen Komponenten werden erst unmittelbar vor dem Rühren zugesetzt. Weiterhin wird dem Prüfsystem Darmsaft Vollmilchpulver zugesetzt. Dieses dient als Surrogat für durchschnittliche fett- und eiweißreiche Bestandteile der Nahrung von Nutztieren und simuliert den Einfluss der Nahrung auf die Mobilisierung von Schadstoffen im Magen-Darm-Trakt.

3.4 UV/VIS-Spektroskopie

Moleküle oder Atome sind in der Lage Lichtquanten zu absorbieren, wenn diese eine bestimmte Wellenlänge aufweisen. Dabei ändert sich die Farbe des eingestrahnten Weißlichtes, wenn bestimmte Quanten aus der sichtbaren Strahlung herausgefiltert (absorbiert) werden. Durch dieses Verfahren lassen sich das Absorptions- und Emissionsverhalten von gasförmigen, flüssigen, festen und gelösten Stoffen feststellen.

Strahlt man eine sichtbare Strahlung durch eine Substanz, wird ein Teil der einfallenden Strahlung I_0 absorbiert (I_a). Ein weiterer Teil der Strahlung wird reflektiert bzw. gestreut (I_r) und die restliche Strahlung wird ungehindert durch die Probe transmittiert (I_t). Damit gilt:

$$I_0 = I_a + I_r + I_t \quad (\text{Gleichung 1})$$

Der absorbierte Anteil der Strahlung wird in Abhängigkeit von der Konzentration der Lösung linear oder logarithmisch dargestellt. Das Absorptionsmaß A (Extinktion) wird als optische Dichte angegeben und ist abhängig von der Schichtdicke d der Probe und der Wellenlänge λ des eingestrahnten Lichtes. Der Absorptions-Modulus m_λ ergibt sich aus der Konzentration c und dem molaren dekadischen Absorptionskoeffizienten ϵ_λ . Die Kombination dieser beiden Gesetze ergibt das Lambert-Beersche Gesetz:

$$A_\lambda = \epsilon_\lambda \cdot c \cdot d \quad (\text{Gleichung 2})$$

Mit Hilfe dieses Gesetzes ist es möglich, die Konzentration eines gelösten Stoffes zu bestimmen, indem man in einem Spektralphotometer bei definierter Schichtdicke d seine Absorption bei einer charakteristischen Wellenlänge (Absorptionsmaximum) misst (Häder, 1993).

Die Messung erfolgt mittels des UV-1800 Spektrometers der Firma Shimadzu. Dabei wird die Messstrahlung von zwei umschaltbaren Lampen für die ultraviolette und die sichtbare Strahlung erzeugt. Der Messstrahl wird auf einen Monochromator geschickt, wodurch die Strahlung in ihre Wellenlängen aufgespalten wird. Durch die Software UV Probe 2.31 der Firma Shimadzu kann die Wellenlänge manuell bestimmt werden. Die selektierte Wellenlänge wird mittels eines Spaltes auf die zu untersuchende Probe in der Küvette gelenkt. In der zu vermessenden Probe wird ein Teil der Strahlung absorbiert oder gestreut. Der transmittierte Anteil der Strahlung gelangt auf den Photomultiplier und wird dort ausgewertet.

Um die Eigenabsorption des Lösungsmittels zu kompensieren, erfolgt zunächst ein Blindwert-Ableich mit dem verwendeten Lösungsmittel. Anschließend wird die Probe vermessen und die Differenz zum vorher aufgenommenen Referenzspektrum gebildet (Häder, 1993).

3.5 Kapillarviskosimetrie

Die Ermittlung der dynamischen Viskosität η und der kinematischen Viskosität ν erfolgt mit Hilfe des UBBELOHDE-Viskosimeters. Dieses besteht aus einem Belüftungsrohr, dem Kapillarrohr und dem Befüllrohr. Weitere Bestandteile sind die Kapillare mit dem Messgefäß, die Vorlaufkugel, die Kugelkalotte und das Niveaugefäß. Nahe dem Messgefäß sind am Kapillarrohr zwei Ringmarken M1 und M2 angebracht. Durch diese Markierungen wird das Durchflussvolumen V der Probe abgegrenzt und es kann die Durchflusszeit t ermittelt werden. In der Abbildung 12 ist ein UBBELOHDE-Viskosimeters dargestellt.



Abbildung 12: UBBELOHDE-Viskosimeter (www.uibk.ac.at, 2010)

Zur Ermittlung der Viskosität wird die Messflüssigkeit in das Befüllrohr gegeben. Das Viskosimeter wird vorsichtig geneigt, so dass die Messflüssigkeit aus dem Befüll- in das

Belüftungsrohr eindringt. Mit dem Finger wird anschließend das Belüftungsrohr fest verschlossen. Anschließend setzt man einen Peleusball auf das Kapillarrohr und saugt die Messflüssigkeit durch die Kapillare in die Vorlaufkugel. Ist die Vorlaufkugel mit der Probe gefüllt, wird der Finger wieder vom Belüftungsrohr entfernt. Dabei reißt die Flüssigkeitssäule am unteren Kapillarende ab und es bildet sich an der Kugelkalotte das hängende Niveau aus. Nun wird die Durchflusszeit t der Messflüssigkeit gemessen, während der Meniskus der Flüssigkeit die jeweilige Messmarke M_1 und M_2 passiert. Die Messung der Durchflusszeit wird für jede Probe fünfmal wiederholt und daraus Absolutwerte der dynamischen und der kinematischen Viskosität berechnet. Hierbei gilt:

$$\eta = k \cdot \rho \cdot t \quad \text{und} \quad (\text{Gleichung 3})$$

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad (\text{Gleichung 4})$$

Das verwendete Kapillarviskosimeter besaß einen Eichfaktor $k = 9,47 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}^2$. Für die Dichte ρ wurde Wasser bei der Messtemperatur von $21,2 \text{ }^\circ\text{C}$ als Bezugsgröße verwendet ($\rho = 998 \text{ kg/m}^3$).

3.6 Fluoreszenzspektroskopie

Nach der Absorption eines energetisch geeigneten Quants geht ein Molekül in einen angeregten Zustand über. Diese Energie kann bei Rückkehr in den Grundzustand in Form von Fluoreszenzstrahlung abgegeben werden. Die Fluoreszenzstrahlung, die vom untersten Singulettzustand eines Moleküls ausgeht, emittiert dabei sofort. Die Energiedifferenz beim Übergang von dem höheren Singulettzustand in den untersten angeregten Zustand wird in Form von Wärme oder Licht (Fluoreszenzlicht) frei (Häder, 1993). Dieser physikalisch-chemische Vorgang wird durch das Jablonski-Schema beschrieben. Dieses ist in der Abbildung 13 vereinfacht dargestellt.

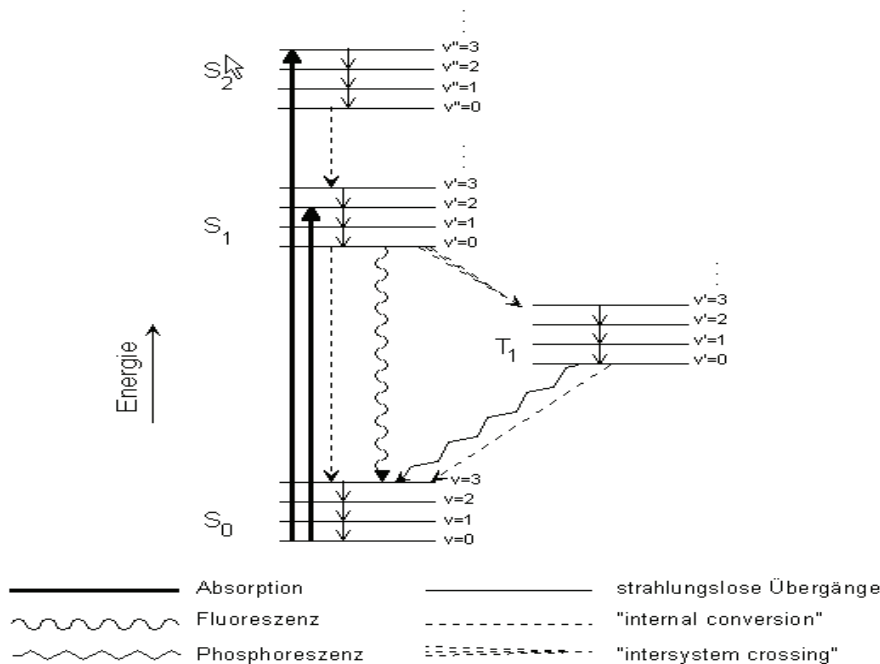


Abbildung 13: Vereinfachtes Jablonski-Schema (www-user.tu-chemnitz.de.)

In dem dargestellten Schema sind die einzelnen Elektronenenergieniveaus (z.B. S_0) mit ihren Schwingungsniveaus (z.B. $v=1$) durch die waagerechten Linien dargestellt. Dabei ist zu beachten, dass die Energiedifferenzen zwischen den Schwingungszuständen nicht gleich sind, sondern nach oben hin immer geringer werden. Durch Lichtanregung bei Raumtemperatur geht ein Molekül schnell vom S_0 - in den Singulettzustand S_1 über, dabei bleiben die Spinverhältnisse unverändert. Höhere Singulettzustände und Schwingungsniveaus werden schnell durch Abgabe von Wärme an die Umgebung deaktiviert, so dass der unterste Schwingungszustand des S_1 -Zustandes nach etwa 10^{-12} s erreicht ist. Dieser Zustand hat die größte Lebensdauer und kann seine Energie in Form von Fluoreszenzstrahlung abgeben. Dabei geht das angeregte Molekül vom S_1 in den Grundzustand (S_0) über, es relaxiert. Den strahlungslosen Übergang zwischen Elektronenzuständen gleicher Spinmultiplizität bezeichnet man als Internal Conversation (= Innere Umwandlung). Einen weiteren Übergang stellt das Intersystem Crossing dar. Hier erfolgen die strahlungslosen Übergänge zwischen Zuständen unterschiedlicher Spinmultiplizität (z.B. S_1 zu T_1).

Die Relaxation eines Mykotoxins ist stark von der molekularen Umgebung abhängig. Dabei lässt sich sagen, dass ein Mykotoxin in einem Mykotoxin-Cyclodextrin-Komplex eine höhere Fluoreszenz-Lebensdauer hat, als in einer Umgebung mit einem Lösungsmittel, wie z.B. Wasser. Die Molekularbewegung der Lösungsmittelmoleküle führen zu einer schnellen Relaxation der angeregten Moleküle (Quenching-Effekt).

Mit Hilfe von modernsten Analysegeräten im μsek - (10^{-6}s) bis fsek-Bereich (10^{-15}s) ist es möglich, kleinste Lebensdauern von angeregten Zuständen zu messen. Dabei wird das Molekül durch Lichtimpulse angeregt und mit Hilfe der Photonen-Einzelzählung („Lichtteilchen“) die Fluoreszenzabklingzeit ermittelt. Die Lebensdauer ist als die Zeit definiert, nach der die Konzentration des zu messenden Moleküls auf $1/e$ des Wertes zu der Zeit Null gesunken ist (Becker, 1991).

Die Messung der Fluoreszenz und der Lebensdauer erfolgte mittels des Fluoromax-4 Spectrofluorometers der Firma Horiba. Dabei wird die Anregungsstrahlung des Messgerätes von einer im Ultraviolettbereich emittierenden Lichtquelle erzeugt. Im Exzitations-Monochromator wird das Wellenlängen-band zur Anregung erzeugt und über eine Linse auf die Probe fokussiert. Die Probe befindet sich in einer Quarzküvette, die in einem gegen Störlicht abgeschirmten Probenraum eingebaut ist. Um zu verhindern, dass keine Anregungsstrahlung auf den Photomultiplier gelangt, steht dieser häufig im rechten Winkel zur Lichtquelle. Nur der emittierte Teil der Fluoreszenzstrahlung gelangt somit in den Photomultiplier. Vorher passiert die Strahlung den Emissions-Monochromator, wodurch nur die Wellenlänge der Fluoreszenzemission durchgelassen wird. Somit unterdrückt der Emissions-Monochromator zusätzlich die Wellenlängen der Anregungsstrahlung, die eventuell von der Probe auf den Photomultiplier gelenkt werden. Die Abbildung 14 zeigt einen schematischen Aufbau des Fluorimeters.

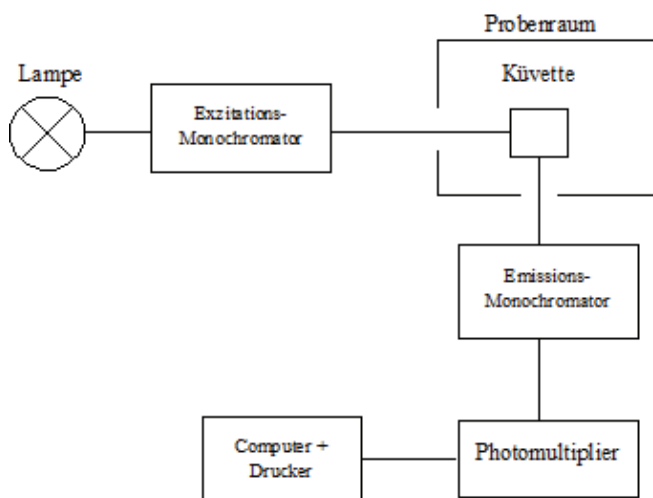


Abbildung 14: Schematischer Aufbau eines Fluorimeters (Häder, 1993)

3.7 HPLC

Das Trennprinzip der High Performance Liquid Chromatographie (HPLC, Hochleistungsflüssigkeitschromatographie) beruht darauf, dass eine mobile Phase durch eine stationäre Phase wandert. Dabei ist wichtig, dass die beiden Phasen nicht mischbar sind und nicht miteinander reagieren. Je stärker die Absorption- und Desorptionsvorgänge eines in der mobilen Phase gelösten Analyten zur stationären Phase sind, desto länger verbleibt er in dieser und desto größer ist die Retentionszeit. Anhand der Retentionszeiten lassen sich die einzelnen Komponenten eines zu trennenden Stoffgemisches ermitteln.

Die HPLC stellt eine komplexe Apparatur mit verschiedenen Bauelementen dar. Alle Module der HPLC-Anlage sind mit einem Computer verbunden und können über diesen gesteuert bzw. überwacht werden. Die einzelnen Bauteile mit der jeweiligen Bezeichnung und dem Hersteller sind in der Tabelle 9 zusammengefasst.

Tabelle 9: Bauteile, Bezeichnung und Hersteller der HPLC-Anlage

Bauteil	Bezeichnung	Hersteller
Anlage + Pumpe	Series 1050	Hewlett Packard
Autosampler	L-7200	Merck
UV/VIS-Detektor	UV-975 Intelligent	Jasco
Säulenofen	Modell K1	Techlab
Säule	LiChroCart 250-3	Merck
Programm	Instrument 1	HP Chem Station

In der Abbildung 15 ist eine HPLC-Anlage schematisch dargestellt.

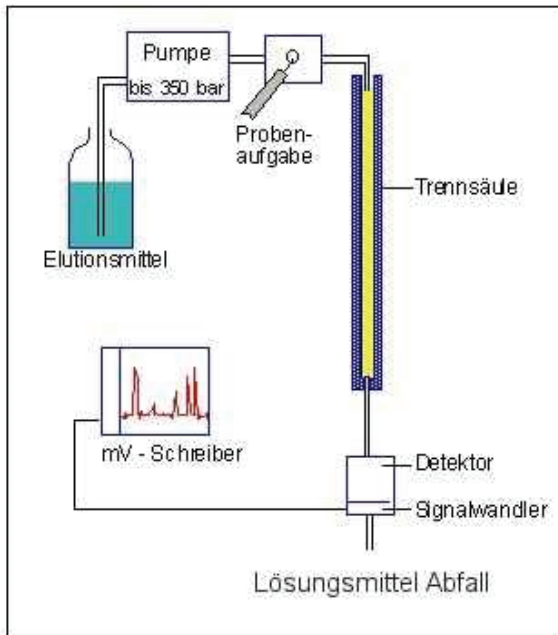


Abbildung 15: Schematische Darstellung einer HPLC-Anlage (www.ti.uni-tuebingen.de.com)

Die Untersuchung der β -Cyclodextrin-Aflatoxin B₁-Komplexe erfolgt in der in Tabelle 9 beschriebenen Anlage bei einer Temperatur von 25 °C. Die mobile Phase setzt sich aus den Eluenten A (47 % reines Methanol) und B (53 % des 15 %igen Methanols in Wasser) zusammen (Gesamtmethanolgehalt: 50,53 %). Diese wird mit 0,1 μ l der Probe mittels Druck (Flussrate: 0,7 ml/min) durch die stationäre Phase befördert. Die Detektion der Komponenten erfolgt bei einer Wellenlänge von 365 nm.

4 Ergebnisse

4.1 UV/VIS-Spektroskopie

4.1.1 Aufnahme der Absorptionsspektren

Mit Hilfe der UV/VIS-Spektroskopie sollten die physikalisch-chemischen Veränderungen der Mykotoxine durch den Einschluss in Cyclodextrine erfasst werden. Für die Ermittlung der Absorptionsspektren sind die Mykotoxine (Konzentration = 5 mg/l) und β -Cyclodextrine, wie in Kapitel 3.3 beschrieben, in entionisiertem Wasser vermessen worden. Die Abbildung 16 stellt die Absorptionsspektren von Aflatoxin B₁, Ochratoxin A, Zearalenon und β -Cyclodextrinen dar.

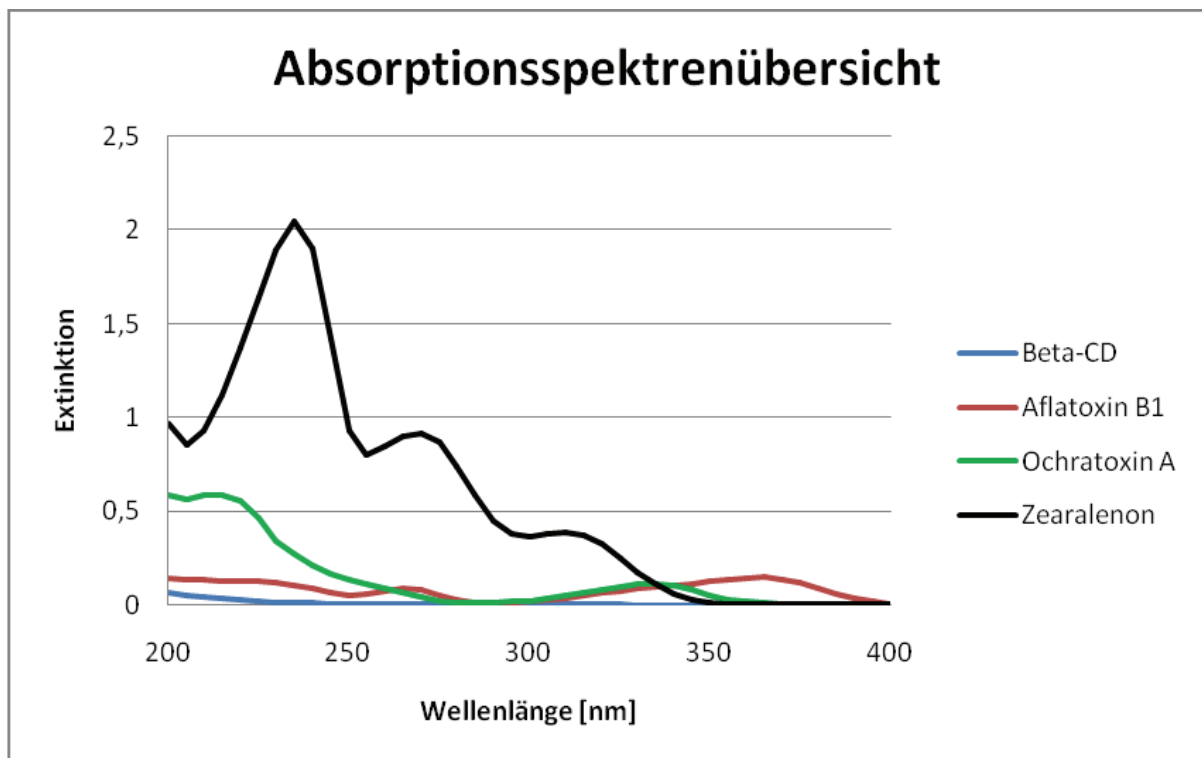


Abbildung 16: Absorptionsspektren der Mykotoxine und β -Cyclodextrin in Wasser

Aus der Abbildung 16 wird ersichtlich, dass bei dem Aflatoxin B₁ und Ochratoxin A jeweils zwei Absorptionsmaxima gemessen werden konnten. Beim Zearalenon hingegen konnten drei Absorptionsmaxima ermittelt werden. Die reinen β -Cyclodextrinen hingegen verhalten sich wie Glukose und absorbieren nur bei 200 bis 220 nm geringfügig. Die Tabelle 10 zeigt eine Übersicht der gemessenen Absorptionsmaxima mit Vergleich zu Literaturwerten (Rasch, 2009).

Tabelle 10: Vergleich der gemessenen Absorptionsmaxima mit Literaturwerten

Mykotoxin	Absorption λ_{\max} (Literatur)	Absorption λ_{\max} (Messung)
Aflatoxin B ₁	212	265
	264	365
	360	
Zearalenon	236	236
	275	270
	318	310
Ochratoxin A	212	212
	333	333
	380	

Aus der Tabelle 10 wird ersichtlich, dass die gemessenen Absorptionsmaxima der Mykotoxine mit den Literaturwerten gut übereinstimmen. Die geringfügigen Abweichungen sind durch den Einsatz verschiedener Lösungsmittel zu erklären, da die Literaturwerte aus Lösungen mit Ethanol stammen. Die Messungen der Absorptionsmaxima erfolgten hingegen in Methanollösungen. Die in der Tabelle 10 hervorgehobenen Wellenlängen sind für die weiteren Messungen verwendet worden.

4.1.2 Erstellung der Kalibrierkurve der Mykotoxine

Die Ermittlung der Kalibrationsgeraden ist mit entionisiertem Wasser durchgeführt worden. Dazu wurden die Mykotoxine in den Konzentrationen 0,1 mg/l; 0,5 mg/l; 1,0 mg/l; 2,5 mg/l und 5 mg/l angesetzt und vermessen. Es ergaben sich die in den Abbildungen 17 bis 19 dargestellten Eichkurven.

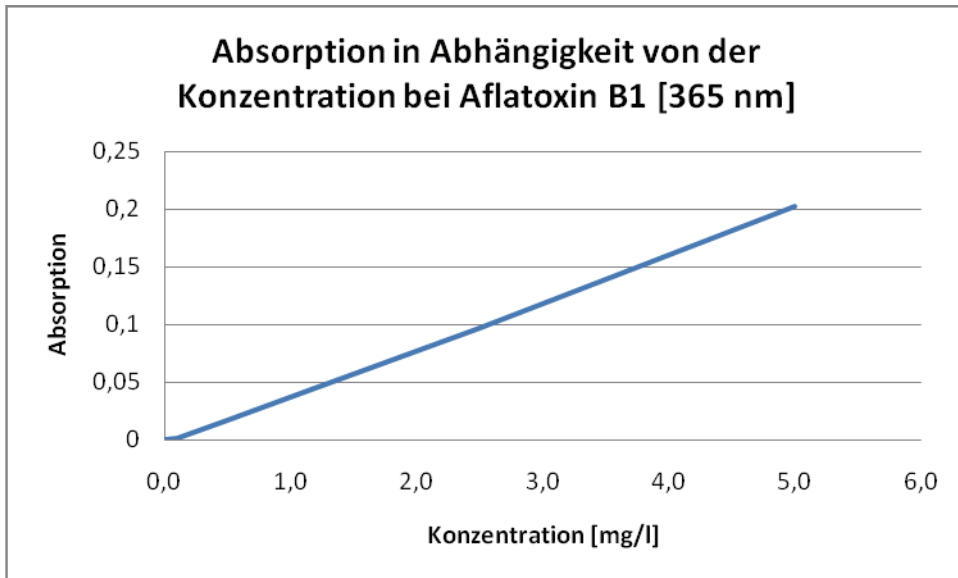


Abbildung 17: Eichkurve Aflatoxin B₁

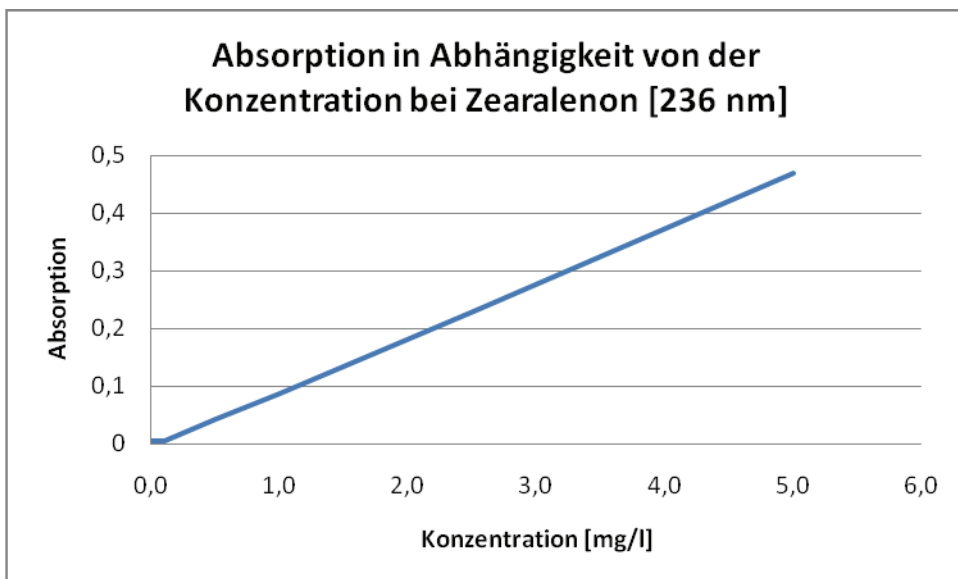


Abbildung 18: Eichkurve Zearalenon

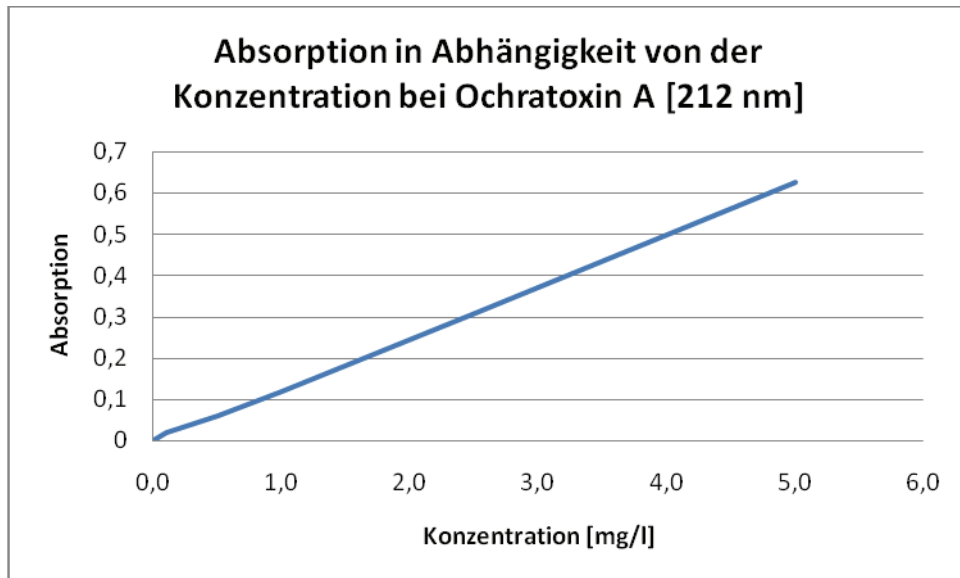


Abbildung 19: Eichkurve Ochratoxin A

Mit Hilfe der Eichkurven kann die Konzentration der Mykotoxine in Mykotoxin- β -Cyclodextrin-Komplexen ermittelt werden. Die Ausgangskonzentration der Mykotoxine beträgt 5 mg/l. Die Konzentration der β -Cyclodextrine beträgt das 1000; 100 und 10 fache des Molekulargewichtes der einzelnen Mykotoxine. In der Tabelle 11 sind die Konzentrationen der Mykotoxine nach dem Einschluss in β -Cyclodextrinen, sowie der jeweilige Konzentrationsrückgang in % zusammengefasst. Der Konzentrationsrückgang berechnet sich wie folgt:

$$\text{Konzentrationsrückgang [\%]} = 100 - \frac{\text{Endkonzentration Mykotoxine} \cdot 100}{\text{Ausgangskonzentration Mykotoxine}} \quad (\text{Gleichung 5})$$

Tabelle 11: Konzentration der Mykotoxine in β -Cyclodextrinen

Mykotoxin	Verhältnis β-CD:Mykotoxin	Konzentration der Mykotoxine nach Zugabe von CD [mg/l]	Konzentrationsrückgang nach Zugabe von CD [%]
Aflatoxin B ₁	1000:1	3,247	35,06
	100:1	3,412	31,76
	10:1	3,637	27,26
Zearalenon	1000:1	4,302	13,96
	100:1	4,506	9,88
	10:1	4,657	6,86
Ochratoxin A	1000:1	3,379	32,42
	100:1	3,884	22,32
	10:1	3,851	22,98

Aus der Tabelle 11 wird deutlich, dass aus dem Einschluss der Mykotoxine in β -Cyclodextrine ein Konzentrationsrückgang der Mykotoxine in den Lösungen resultiert. Am deutlichsten ist dieser Effekt bei Aflatoxin B₁ und Ochratoxin zu beobachten. Weiterhin wird ersichtlich, dass ein Verhältnis von β -Cyclodextrin zu Mykotoxin von 1000:1 die geringste Konzentration an Mykotoxinen ergibt. Die Abbildung 20 zeigt eine grafische Darstellung der Ergebnisse.

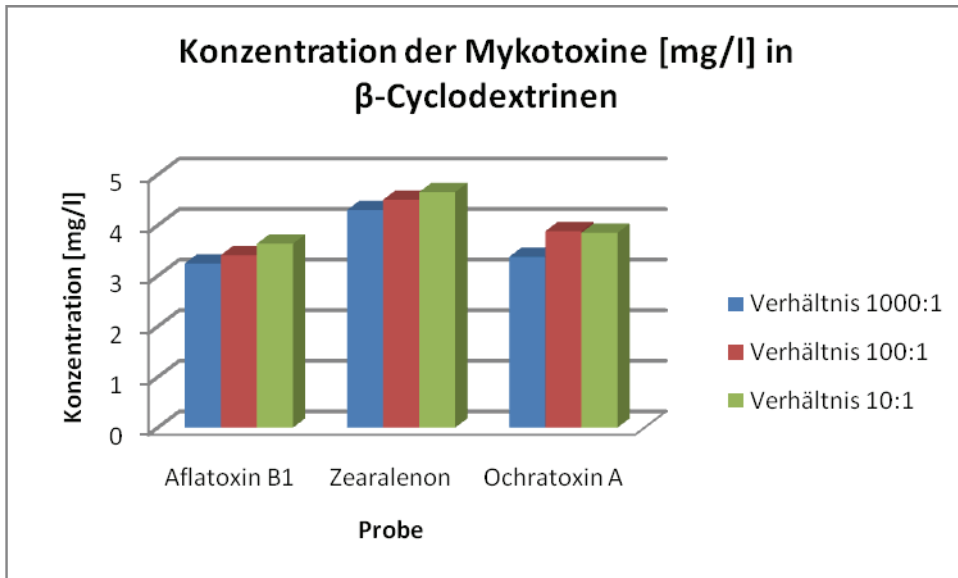


Abbildung 20: Übersicht der Konzentrationen der Mykotoxine nach Komplexbildung

4.1.3 Komplexbildung in Abhängigkeit von der Zeit

Um Aussagen über den zeitlichen Verlauf der Komplexbildung treffen zu können, wurde das Aflatoxin B₁ (Ausgangskonzentration = 5 mg/l) mit β -Cyclodextrinen im Verhältnis 1:1000, 1:500 und 1:50 gemischt und bei Raumtemperatur gemessen. Die Abbildung 21 gibt den zeitlichen Verlauf der Komplexbildung mittels Konzentrationsmessungen wieder.

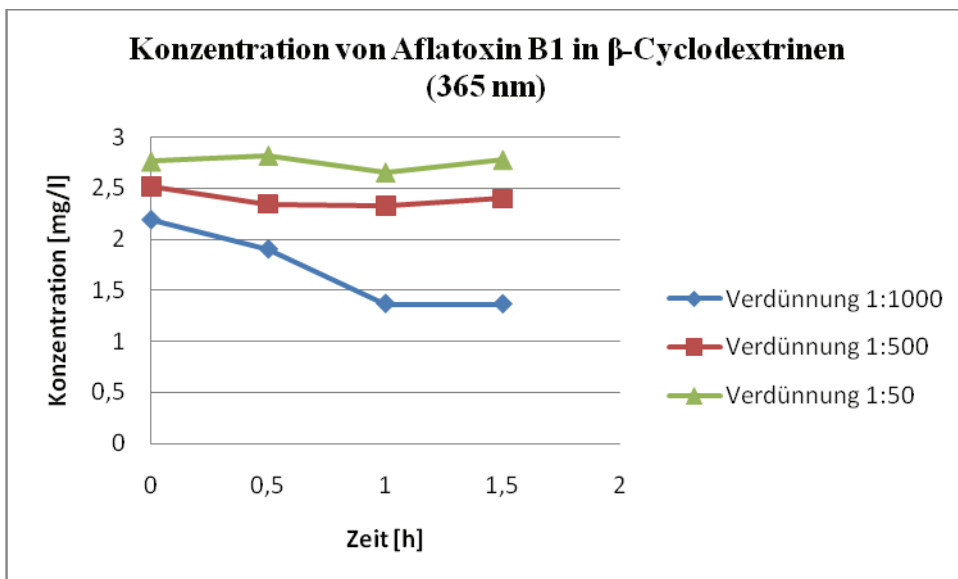


Abbildung 21: Zeitlicher Verlauf der Komplexbildung

Aus der Abbildung 21 wird ersichtlich, dass die stärkste Komplexbildung beim Verhältnis 1:1000 erfolgt. Nach einer Stunde kam es bei diesem Verhältnis zu einer Sättigung, da sich die Konzentration von Aflatoxin B₁ nicht mehr verändert. Bereits nach 0,5 h erfolgte ein Konzentrationsrückgang des Aflatoxin B₁ von ca. 60%. Die UV/VIS-Spektroskopie gibt demzufolge Hinweise auf die Bildung der Mykotoxin-Cyclodextrin-Komplexe.

4.1.4 Einfluss des pH-Wertes auf das Verhalten der Mykotoxine

Für spätere Untersuchungen des Verbleibs von Mykotoxinen im Magen-Darm-Trakt war das Verhalten der Mykotoxine in Abhängigkeit vom pH-Wert zu prüfen. Dabei soll das Verhalten der Mykotoxine im stark sauren, schwach sauren und schwach basischen Milieu untersucht werden. Für die Messungen wurden die Mykotoxine mit Pufferlösungen gemischt und bei 0,5 nm/s kontinuierlich gemessen. In der Abbildung 22 sind die Extinktionen des Aflatoxin B₁ in Pufferlösungen mit den pH-Werten 2, 5, 6, 8 und in Wasser dargestellt. Die Konzentration des Aflatoxin B₁ beträgt 5 mg/l.

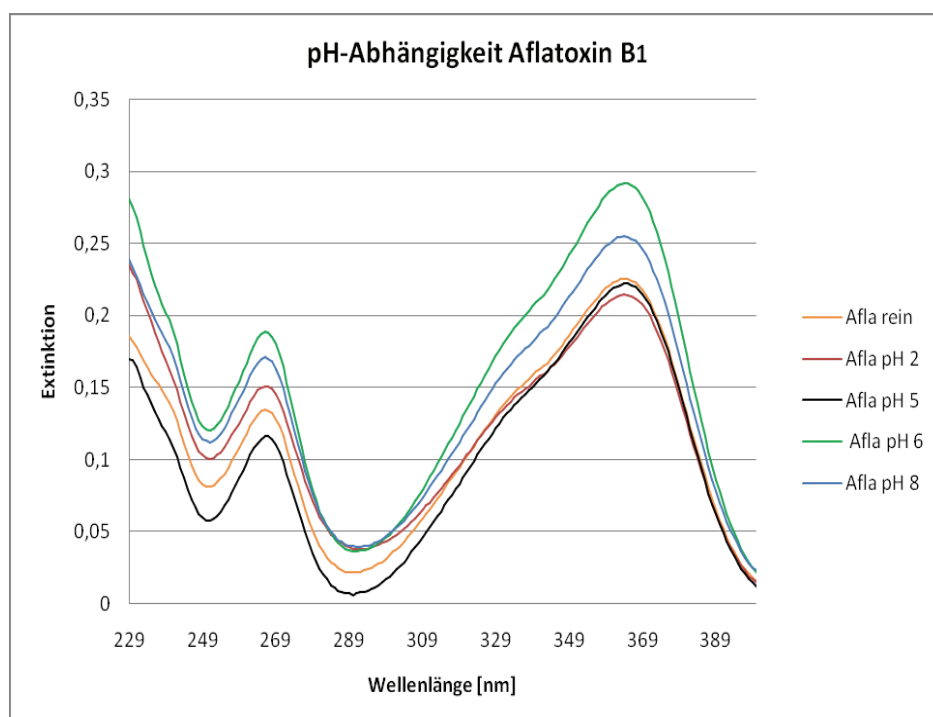


Abbildung 22: Untersuchung der pH-Abhängigkeit von Aflatoxin B₁

Aus der Abbildung 22 wird deutlich, dass der pH-Wert beim Aflatoxin B₁ keinen Einfluss auf die Lage des Absorptionsmaximas hat. Die Absorptionsmaxima des reinen Aflatoxin B₁ in

den verschiedenen Pufferlösungen wurden gegenüber dem Aflatoxin B₁ in Wasser nicht verändert.

Diese Untersuchungen wurden ebenfalls mit Ochratoxin A und Zearalenon durchgeführt. Die Konzentrationen der Mykotoxine betragen ebenfalls bei 5 mg/l. In den Abbildungen 23 und 24 sind die pH-Abhängigkeiten des Ochratoxin A und des Zearalenon dargestellt.

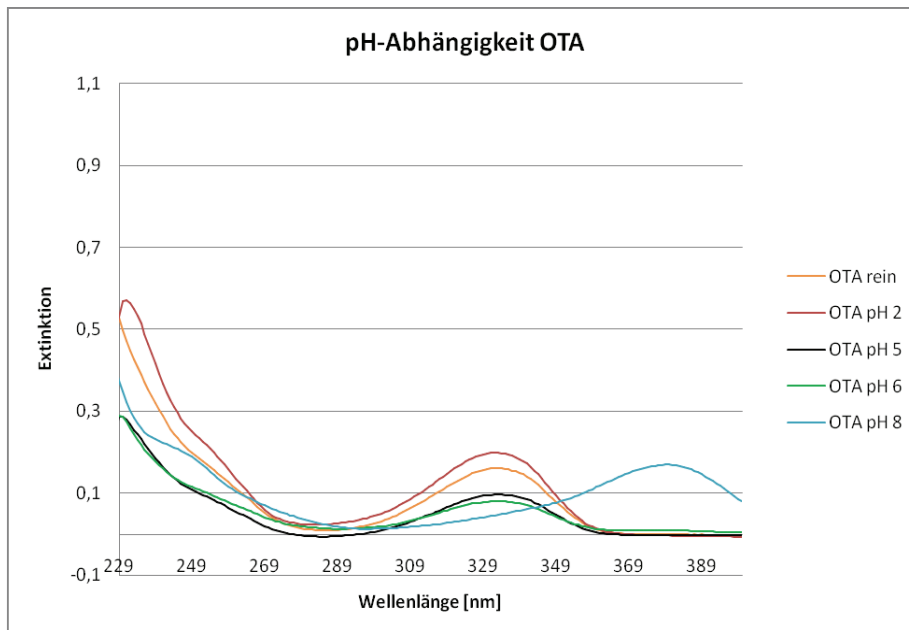


Abbildung 23: Untersuchung der pH-Abhängigkeit von Ochratoxin A

Die Abbildung 23 ergibt, dass es beim Ochratoxin A, aufgrund seiner chemischen Struktur, im basischen Bereich zu einer Verschiebung des Absorptionsmaximums in den langwelligen Bereich kommt.

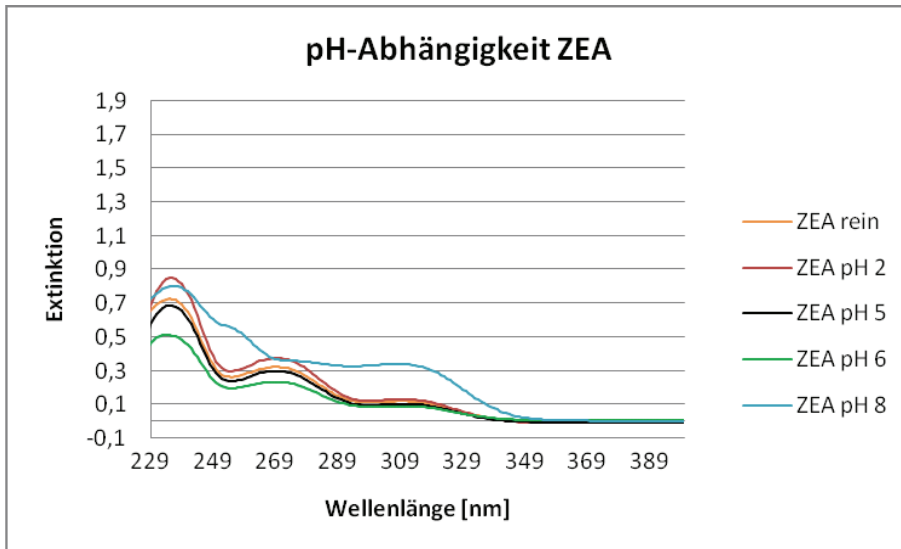


Abbildung 24: Untersuchung der pH-Abhängigkeit von Zearalenon

Bei der Untersuchung der pH-Abhängigkeit von Zearalenon wird ersichtlich, dass die zwei Absorptionsmaximum im basischen Milieu in den kurzwelligen Bereich verschoben werden. Wie auch beim Ochratoxin A sollte der pH-Wert bei weiteren Untersuchungen im neutralen bzw. schwach sauren Bereich liegen.

4.2 HPLC

Mittels der HPLC wurde das Aflatoxin B₁ in den Konzentrationen 0,1 mg/l und 0,5 mg/l mittels direkter Injektion zu den Verdauungssäften zugegeben und die Wiederfindungsraten erfasst. Die Wiederfindungsrate beschreibt das Verhältnis der Menge einer Substanz die vor der Messung zu einer Probe gegeben wurde zu ihrer Menge der Substanz, die als Messergebnis vorliegt. Die Ergebnisse der Messung sind in der Tabelle 12 zusammengefasst.

Tabelle 12: Wiederfindung von Aflatoxin B₁ in Verdauungssäften

Verdauungssaft	Konzentration des Mykotoxins [mg/l]	Wiederfindungsrate [%]
Sp	0,1	106
	0,5	97
Sp + Ma	0,1	96
	0,5	98
Sp + Ma + Da	0,1	113
	0,5	103

Signatur: Sp = Speichel; Ma = Magensaft; Da = Darmsaft

Aus der Tabelle 12 wird deutlich, dass die Wiederfindungsraten des Aflatoxin B₁ in der Konzentration 0,5 mg/l zwischen 97 % und 103 % liegen. Die Aufstockungen mit der Konzentration von 0,1 mg/l ergaben eine Wiederfindung von 96 % bis 113 %, zeigen aber im Vergleich zur Konzentration 0,5 mg/l eine höhere Streuung. Diese Werte belegen, dass es in den Verdauungssäften zu keinem Substanzverlust des Aflatoxin B₁ kam.

Weitere Untersuchungen ergaben, dass mittels der HPLC auch Ochratoxin A und Zearalenon direkt in Verdauungssäften bestimmt werden können. In der Tabelle 13 sind die Retentionszeiten der Mykotoxine dargestellt.

Tabelle 13: Retentionszeiten von Aflatoxin B₁, Ochratoxin A und Zearalenon

Mykotoxin	Retentionzeit [min]
Ochratoxin A	7,2
Aflatoxin B ₁	13,5
Zearalenon	16,5

Mittels der HPLC lassen sich keine quantitativen Aussagen über die Komplexierung der Mykotoxine in Cyclodextrinen treffen. Diese Methode eignet sich jedoch gut, um die Mykotoxine anhand ihrer spezifischen Retentionszeit nachzuweisen und in ihrer Konzentration zu bestimmen.

4.3 Einfluss der Viskosität

Es ist bekannt, dass die Fluoreszenzintensität einer Verbindung sich erhöht, wenn die Viskosität des Lösungsmittels ansteigt in dem der Stoff gelöst ist. Um Irrtümer bei der Interpretation der Fluoreszenzspektren zu vermeiden, wurden die Viskositätsvergleiche zwischen Wasser, Lösungen von Cyclodextrinen und zum Vergleich Glycerinlösungen durchgeführt. Die Bestimmung der dynamischen und kinematischen Viskosität erfolgt wie in Punkt 3.4 beschrieben. Hierbei wurden α -, β - und γ -Cyclodextrine in den Konzentration 1000:1, 100:1, 10:1 und 1:1 in Bezug auf das Molekulargewicht von Aflatoxin B₁ vermessen. Als Vergleichsproben dienten 0,5 %-; 1,5 %-; 2,5 %- und 5 %-ige Glycerinlösungen, da Glycerin eine ähnliche chemische Struktur wie die Cyclodextrine aufweist.

Zunächst wurde die Dichte von Wasser in Abhängigkeit von der Temperatur ermittelt. Mit Hilfe der Literaturwerte der Dichte des Wassers bei 20 °C und 25 °C und der daraus resultierenden Kalibrationsgeraden wurde die Dichte für die Raumtemperatur von 21,2 °C ermittelt. Diese betrug 998 kg/m³. Die ermittelte Kalibrationsgerade ist in der Abbildung 25 dargestellt.

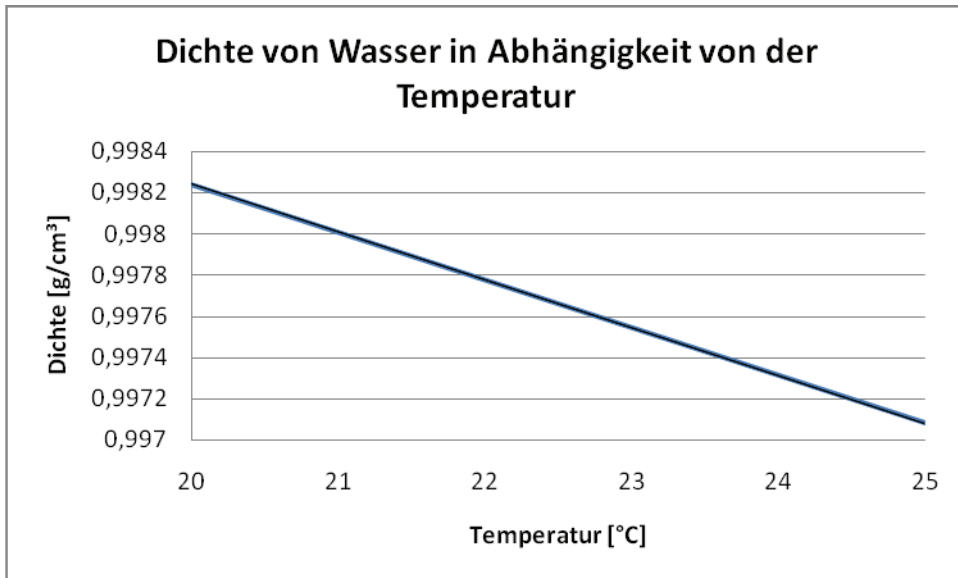


Abbildung 25: Dichte des Wassers bei unterschiedlichen Temperaturen

Anschließend erfolgte die Messung der Lösungen mittels des UBBELOHDE-Viskosimeters. Die ermittelten dynamischen und kinematischen Viskositäten sind in der Tabelle 14 und 15 zusammengefasst.

Tabelle 14: Dynamische und kinematische Viskositäten der Glycerin-Proben bei 21,2 °C

Probe	Anteil in Wasser [%]	Dynamische Viskosität η [mPa·s]	Kinematische Viskosität ν [m ² /s]
Wasser	-	0,957	$9,590 \cdot 10^{-7}$
Glycerin	0,5	0,973	$9,751 \cdot 10^{-7}$
	1,5	1,0	$1,001 \cdot 10^{-7}$
	2,5	1,033	$1,036 \cdot 10^{-7}$
	5,0	1,075	$1,077 \cdot 10^{-7}$

Tabelle 15: Dynamische und kinematische Viskositäten der CD-Proben bei 21,2 °C

Probe	Molare Menge CD (Bezug: Molekularwicht Aflatoxin B ₁)	Dynamische Viskosität η [mPa·s]	Kinematische Viskosität ν [m ² /s]
Wasser	-	0,957	$9,590 \cdot 10^{-7}$
α -Cyclodextrin	1000	0,969	$9,713 \cdot 10^{-7}$
β -Cyclodextrin	1000	0,973	$9,751 \cdot 10^{-7}$
	100	0,964	$9,656 \cdot 10^{-7}$
	10	0,962	$9,637 \cdot 10^{-7}$
	1	0,958	$9,60 \cdot 10^{-7}$
γ -Cyclodextrin	1000	0,994	$9,996 \cdot 10^{-7}$
	100	0,968	$9,694 \cdot 10^{-7}$

Aus der Tabelle 15 wird ersichtlich, dass sich die dynamische Viskositäten der einzelnen Cyclodextrin-Lösungen nur geringfügig von der dynamischen Viskosität des Wassers unterscheiden. Auf die Messungen der weiteren α - und γ -Cyclodextrin-Lösungen wurde verzichtet, da sich die gemessenen Konzentrationen sehr stark dem des Wassers ähneln. Bei β -Cyclodextrinen mit der molaren Menge 1000 ist die dynamische Viskosität im Vergleich zu Wasser um 1,65 % höher. Diese Erhöhung der Viskosität wird als vernachlässigbar gering angesehen, so dass die Viskosität keinen Einfluss auf die Fluoreszenzmessung hat. In der Abbildung 26 sind die unterschiedlichen β -Cyclodextrin-Konzentrationen im Vergleich zu Wasser grafisch dargestellt.

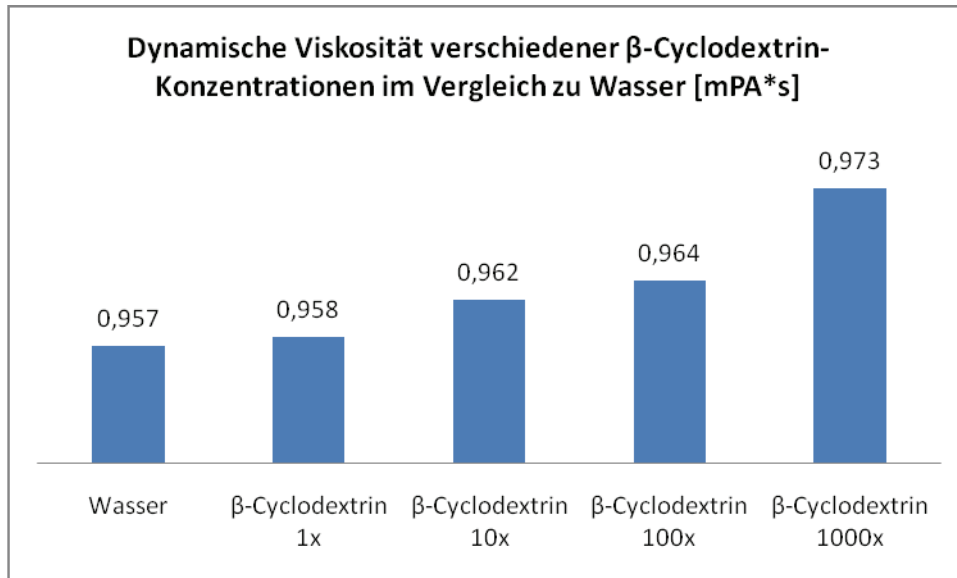


Abbildung 26: Vergleich der dynamischen Viskositäten

4.4 Fluoreszenzspektroskopie

4.4.1 Aflatoxin B₁

Zunächst wurden die Aflatoxin B₁- β -Cyclodextrin-Komplexe in den molaren Verhältnissen 1:1000; 1:100 und 1:10 untersucht. Die Abbildung 27 gibt das Ergebnis der Messung graphisch wider. Die Anregung fand bei 333 nm statt, da hier die Quecksilberlampe die höchste Intensität erzeugt.

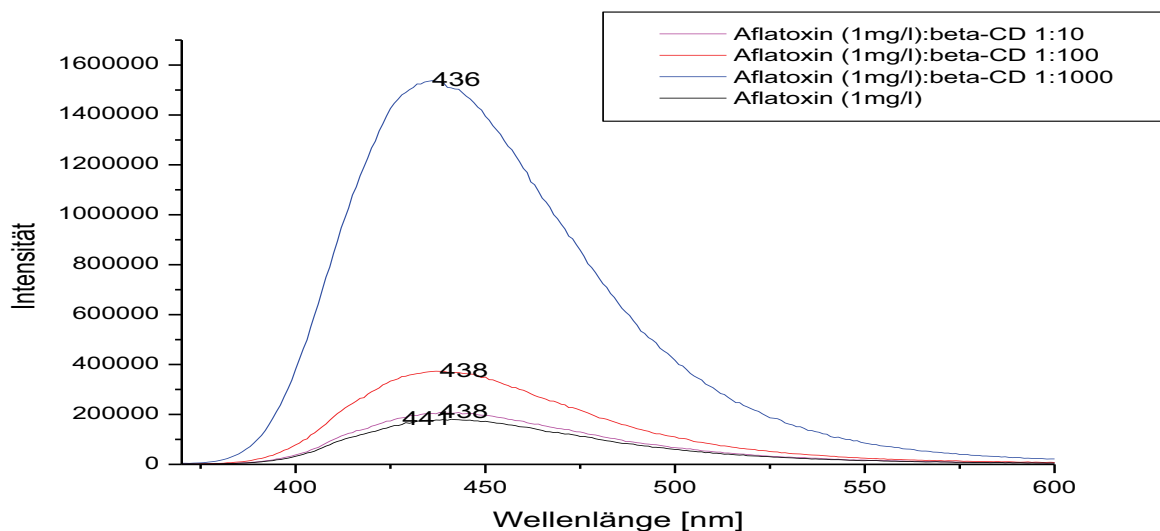


Abbildung 27: Fluoreszenzspektren von Aflatoxin B₁ in β -CD

Aus der Abbildung 27 wird ersichtlich, dass es bei der Zugabe von β -Cyclodextrinen zu einer Intensitätserhöhung kommt. Am deutlichsten ist diese Erhöhung beim Molekularverhältnis 1:1000. Weiterhin wird deutlich, dass die Fluoreszenzintensität der Aflatoxin B₁- β -Cyclodextrin-Komplexe stark vom Überschuss der β -Cyclodextrine abhängig ist. Dabei steigt die Fluoreszenzintensität beim Verhältnis 1:1000 um fast eine Zehnerpotenz im Vergleich zum Aflatoxin B₁ in Wasser an. In der Abbildung 28 ist dieser Zusammenhang nochmals grafisch dargestellt.

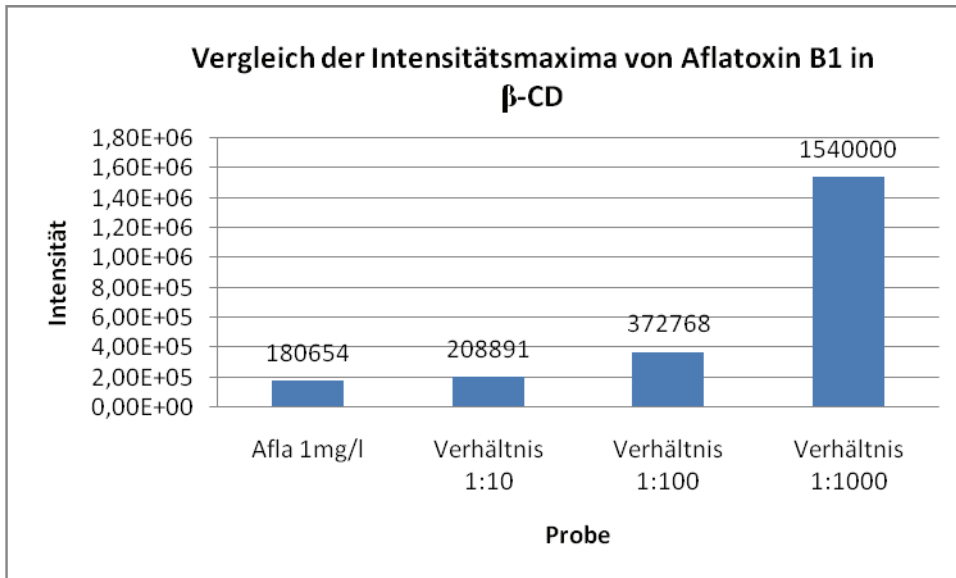


Abbildung 28: Vergleich der Intensitätsmaxima von Aflatoxin B₁ in β -CD

Neben den reinen Cyclodextrinen wurde die Fluoreszenzintensität des Aflatoxin B₁ in dem biotechnologisch aus Stärke hergestellten Cyclodextrin-Gemisch CV untersucht. In der Abbildung 29 ist dies grafisch dargestellt. Auch hier wurde eine Anregungsstrahlung von 333 nm verwendet.

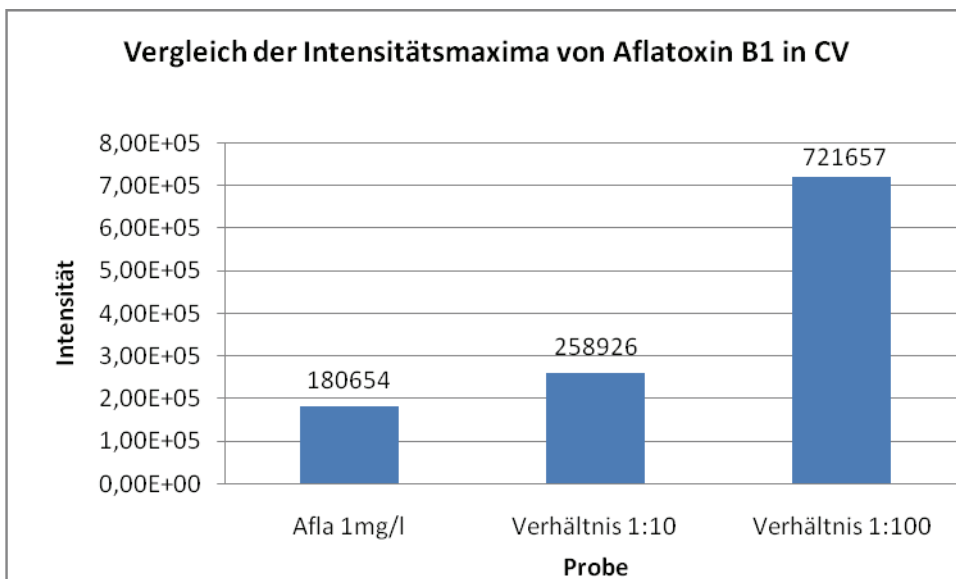


Abbildung 29: Vergleich der Intensitätsmaxima von Aflatoxin B₁ in CV

Aus der Abbildung 29 geht hervor, dass sich die Intensität der Fluoreszenz im Vergleich zum Aflatoxin B₁ auch der Zugabe von CV erhöht. Im Verhältnis 1:100 wurde hierbei die höchste Intensität gemessen. Diese liegt deutlich über dem gemessenen Wert des Aflatoxin B₁- β -

Cyclodextrin-Komplexes im Verhältnis 1:100. Eine höhere Konzentration an CV ließ sich aufgrund der begrenzten Löslichkeit nicht realisieren.

Neben der Konzentrationsabhängigkeit wurde auch die Abhängigkeit der Komplexierung von der Zeit untersucht. Dazu wurde das Aflatoxin B₁ in β -Cyclodextrin im Verhältnis 1:100 gemischt und in zeitlichen Abständen bei 333 nm vermessen. Im nachfolgenden Diagramm ist die zeitliche Untersuchung dargestellt.

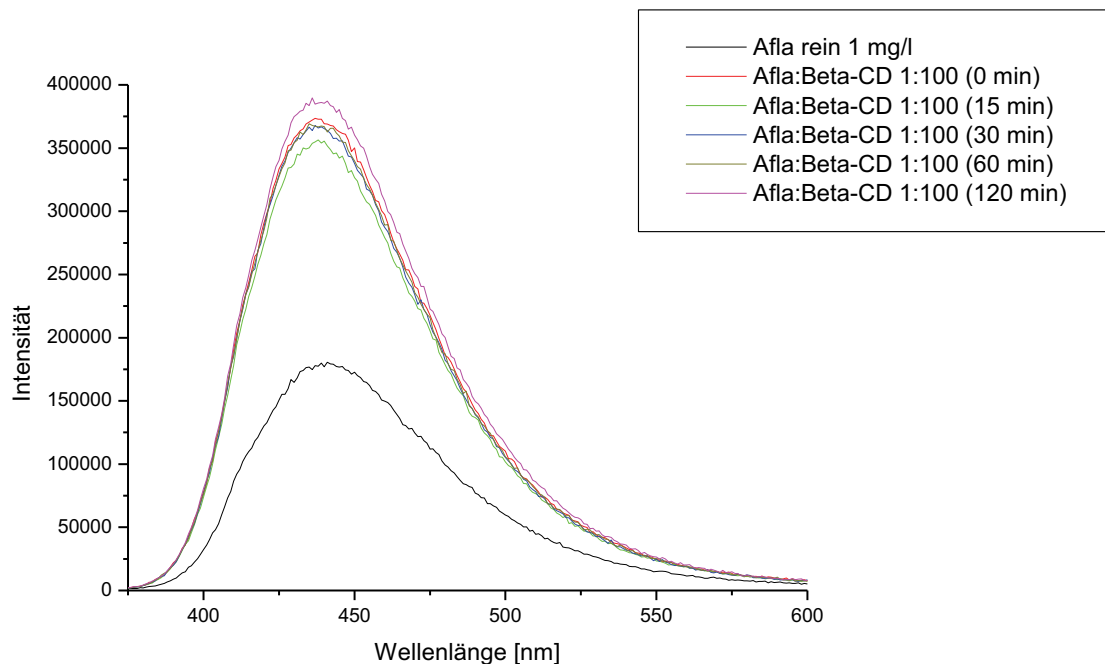


Abbildung 30: Zeitliche Untersuchung des Aflatoxin B₁ in β -CD (Verhältnis 1:100)

Anhand der Abbildung 30 wird deutlich, dass nach ca. 30 Minuten eine gewisse Sättigung der Fluoreszenzintensität erreicht wird. Anschließend unterscheiden sich die Intensitäten der Fluoreszenz nur noch geringfügig. Diese Untersuchung wurde ebenfalls mit dem biotechnologischen Produkt CV durchgeführt. In der Abbildung 31 ist die Messung grafisch dargestellt.

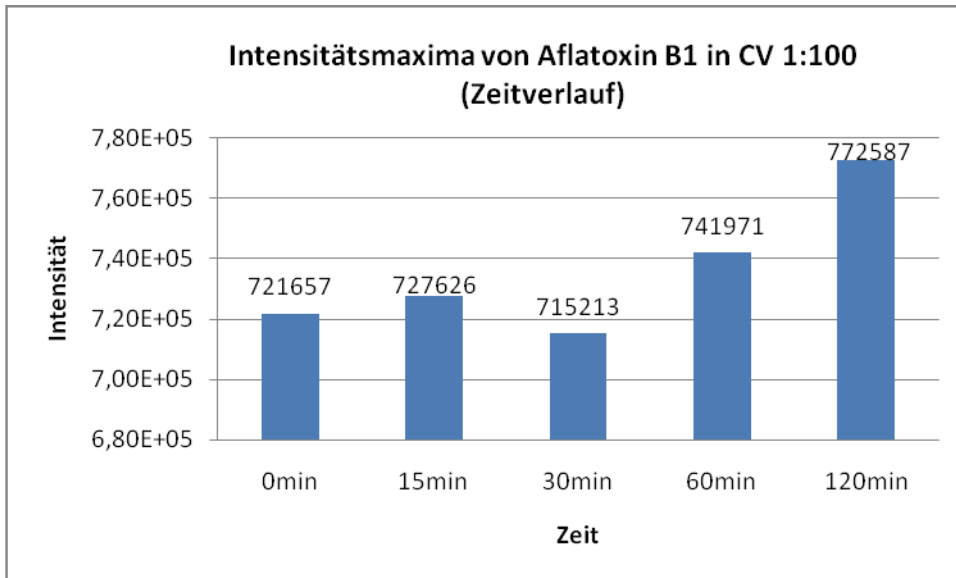


Abbildung 31: Zeitliche Untersuchung des Aflatoxin B₁ in CV (Verhältnis 1:100)

Im Vergleich zum β -Cyclodextrin tritt die höchste Fluoreszenzintensität erst nach ca. 120 Minuten ein. Zu jedem Zeitpunkt der Messung wird bei dem Produkt CV eine größere Intensität als beim β -Cyclodextrin beobachtet. Eine grafische Übersicht liefert die Abbildung 32.

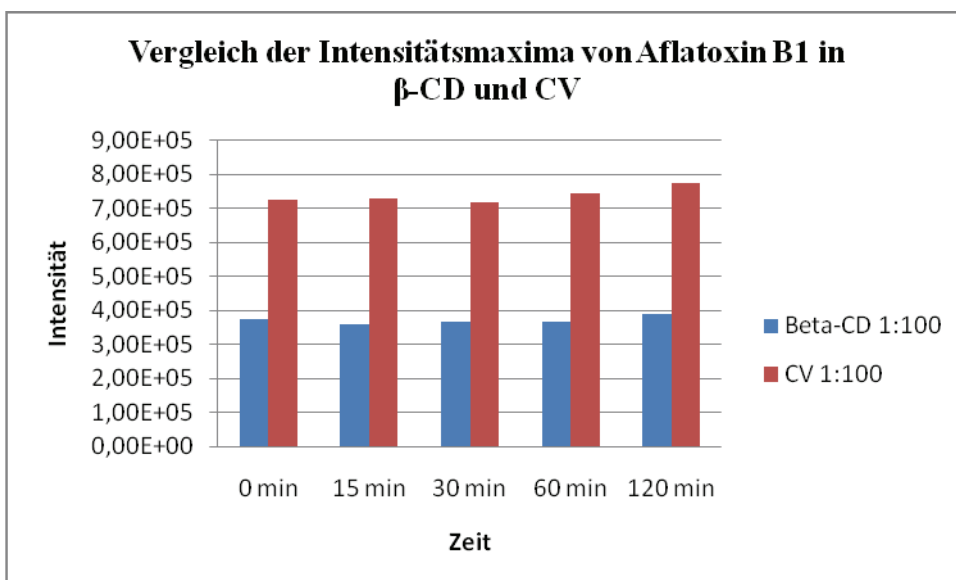


Abbildung 32: Vergleich der Intensitätsmaxima von Aflatoxin B₁ in β -CD und CV

4.4.2 Zearalenon

Auch hier wurde zunächst das Fluoreszenzverhalten des Mykotoxins in verschiedenen β -Cyclodextrin-Konzentrationen untersucht. Dies ist in der Abbildung 33 dargestellt. Die Anregung fand bei 318 nm statt.

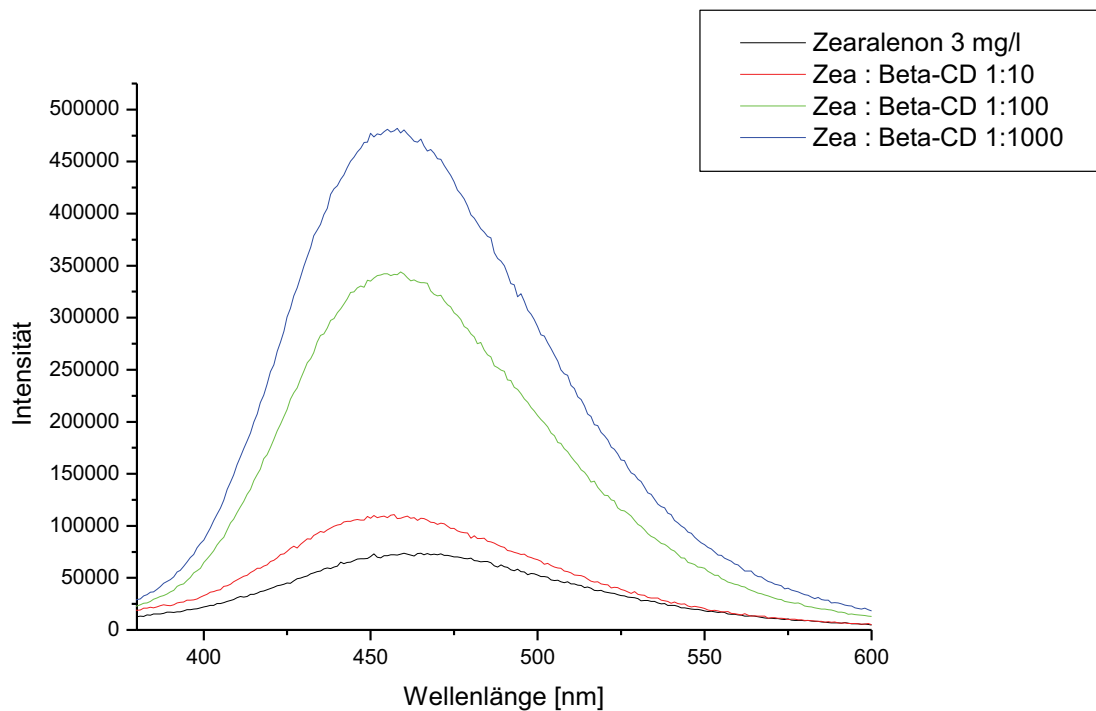


Abbildung 33: Fluoreszenzspektren von Zearalenon in β -CD

Die Abbildung 33 verdeutlicht, dass sich das Zearalenon in Bezug auf seine Fluoreszenzintensität wie das Aflatoxin B₁ in β -Cyclodextrinen verhält. Die höchste Intensität wurde beim Verhältnis 1:1000 erreicht. Dabei hat sich die Fluoreszenzintensität beim Verhältnis 1:1000 im Vergleich zum Zearalenon in Wasser fast siebenfach. Damit bestätigt sich die Aussage aus Punkt 3.5, dass ein in Cyclodextrin eingeschlossenes Mykotoxin eine höhere Fluoreszenzintensität aufweist, als das reine Mykotoxin in einem Lösungsmittel. In der Abbildung 34 ist dies grafisch dargestellt.

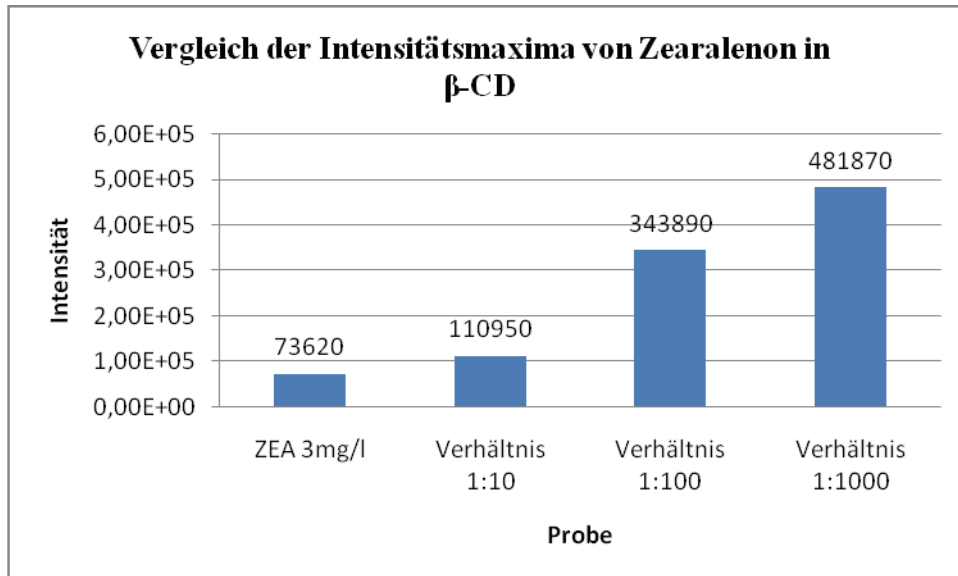


Abbildung 34: Vergleich der Intensitätsmaxima von Zearalenon in β -CD

Weiterhin wurde die Fluoreszenzintensität von Zearalenon in CV untersucht. Die Anregungsstrahlung betrug ebenfalls 318 nm. Die nachfolgende Abbildung 35 stellt die Intensitätsmaxima von Zearalenon in CV vergleichend gegenüber.

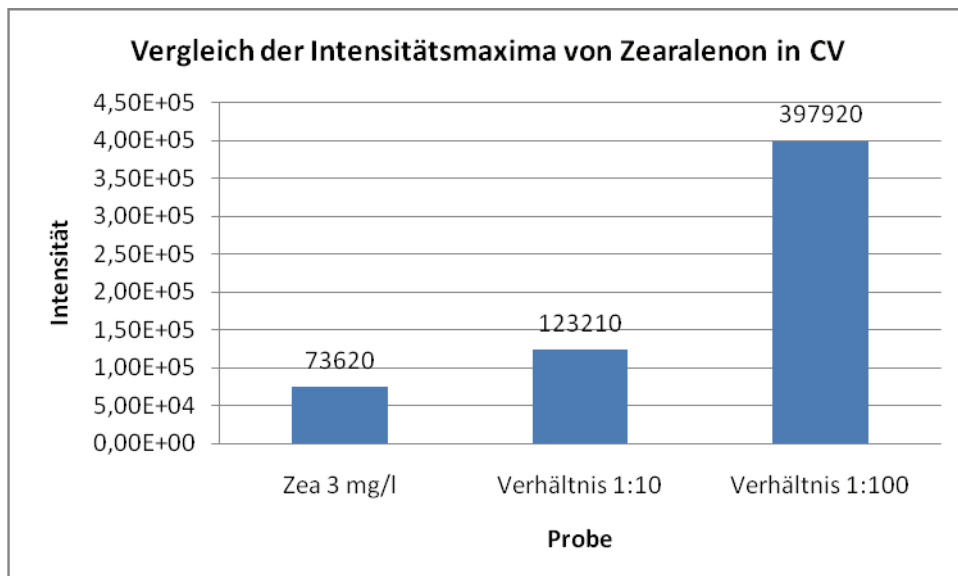


Abbildung 35: Vergleich der Intensitätsmaxima von Zearaleon in CV

Die höchste Fluoreszenzintensität wird beim Verhältnis 1:100 beobachtet. Der dabei gemessene Wert ist etwa fünfmal höher als der des reinen Zearalenon in Wasser.

4.4.3 Ochratoxin A

Zunächst erfolgt die Bestimmung der Fluoreszenzintensität von Ochratoxin A in β -Cyclodextrinen. Dazu wurden die molaren Verhältnisse 1:2, 1:20 und 1:200 hergestellt und bei 380 nm angeregt. In der Abbildung 36 ist das Ergebnis der Messungen dargestellt.

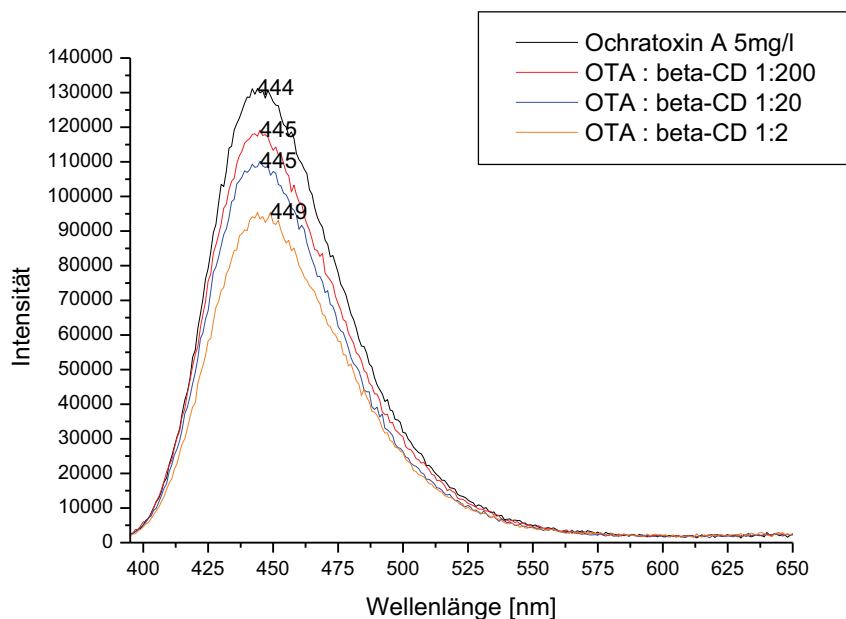


Abbildung 36: Fluoreszenzspektren von Ochratoxin A in β -CD

Die Abbildung 36 zeigt, dass das Ochratoxin A im Vergleich zum Aflatoxin B₁ und Zearalenon in der reinen Form die höchste Fluoreszenzintensität aufweist. Ein möglicher Grund dafür ist, dass die nicht-fluoreszierende Seite des Ochratoxin A durch das β -Cyclodextrin komplexiert wird. Dies wird auch durch die Aussage aus der Kraftfeldmethode MM+ bestätigt. Das Ochratoxin A ragt in der Seitenansicht zu großen Teilen aus dem β -Cyclodextrin raus, wodurch die beschriebene Senkung der Fluoreszenzintensität zustande kommt. Die Abbildung 37 gibt eine grafische Zusammenfassung der Ergebnisse wieder.

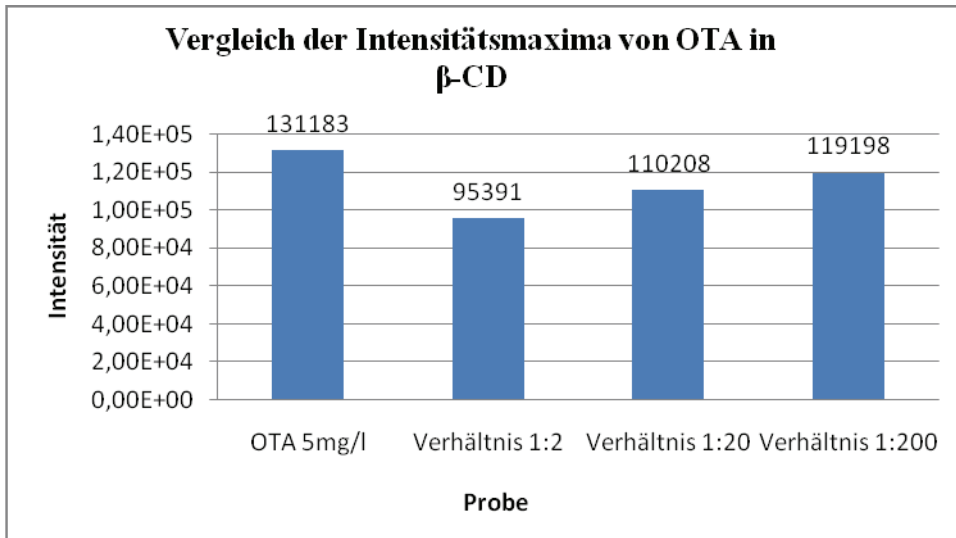


Abbildung 37: Vergleich der Intensitätsmaxima von Ochratoxin A in β -CD

Entsprechend der durchgeführten Modellierungen wurde deutlich, dass alle Mykotoxine ebenfalls durch das γ -Cyclodextrin inkaliert werden können. Deshalb wurden zusätzlich Messungen von Ochratoxin A in γ -Cyclodextrin durchgeführt. Der Vergleich zwischen den Cyclodextrinen ist in der Abbildung 38 dargestellt.

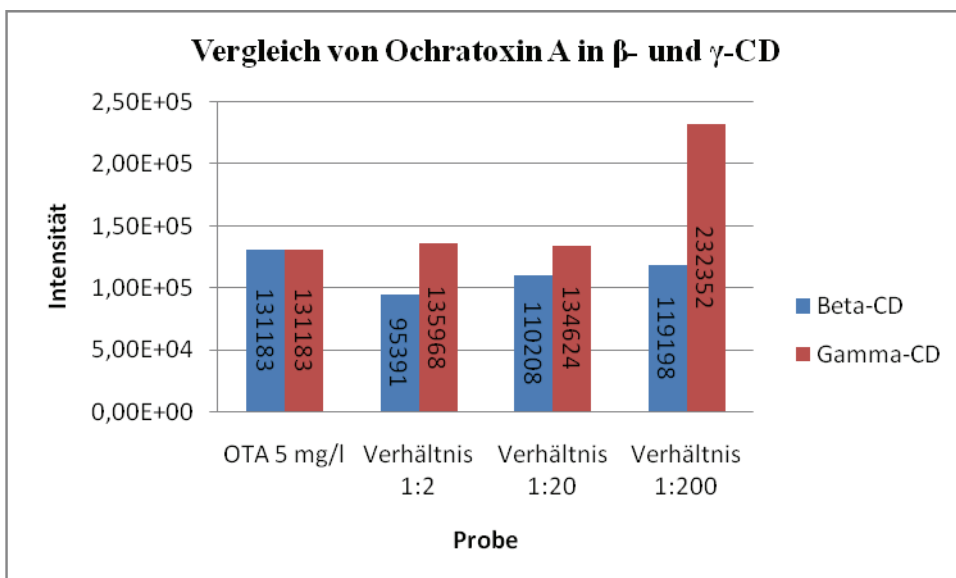


Abbildung 38: Vergleich der Intensitätsmaxima von Ochratoxin A in β - und γ -CD

Die Abbildung 38 verdeutlicht, dass die Fluoreszenzintensitäten aller Mykotoxin-Cyclodextrin-Konzentrationen nach der Inkaliierung in γ -Cyclodextrin höher ist als in β -Cyclodextrin. Bei dem Verhältnis 1:200 beträgt der Unterschied annähernd 100 %. Demzufolge wird das Ochratoxin A mit seiner fluoreszierenden Seite besser vom γ -Cyclodextrin komplexiert als vom β -Cyclodextrin.

Mittels der biotechnologischen Cyclodextrinprodukte SV und CV, die einen unterschiedlichen Gehalt an γ -Cyclodextrinen aufweisen, soll diese Aussage überprüft werden. In der Abbildung 39 ist das Ergebnis grafisch dargestellt.

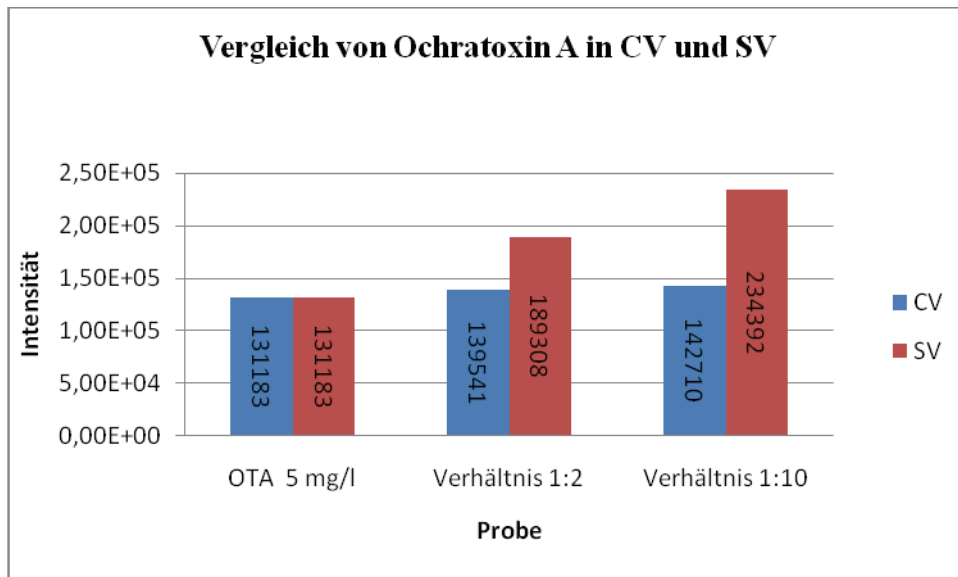


Abbildung 39: Vergleich der Intensitätsmaxima von Ochratoxin A in CV und SV

Aus der Abbildung 39 lässt sich entnehmen, dass die höheren Fluoreszenzintensitäten durch das SV geliefert werden. Ein mögliche Ursache dafür ist der vergleichsweise höhere Anteil an γ -Cyclodextrinen.

4.4.4 Lebensdauer

Für die Bestimmung der Lebensdauer von Aflatoxin B₁ wurden Mykotoxin- β -Cyclodextrin-Lösungen in den Verhältnissen 1:10 und 1:1000 hergestellt und mittels des Fluoromax-4 Spectrofluorometers gemessen. Ist in einer zu untersuchenden Lösung nur ein fluoreszierendes Molekül vorhanden, so erhält man eine Gerade als Abklingkurve. Befinden sich dagegen zwei fluoreszierende Komponenten in der Lösung, überlagern sich deren Geraden häufig und man erhält eine Kurve mit zwei Kurvenästen. Sollte bei dem Mykotoxin-Cyclodextrin-Gemisch eine vollständige Komplexbildung vorliegen, erhält man dementsprechend eine Gerade als Abklingkurve. Die Abbildung 40 veranschaulicht das Ergebnis.

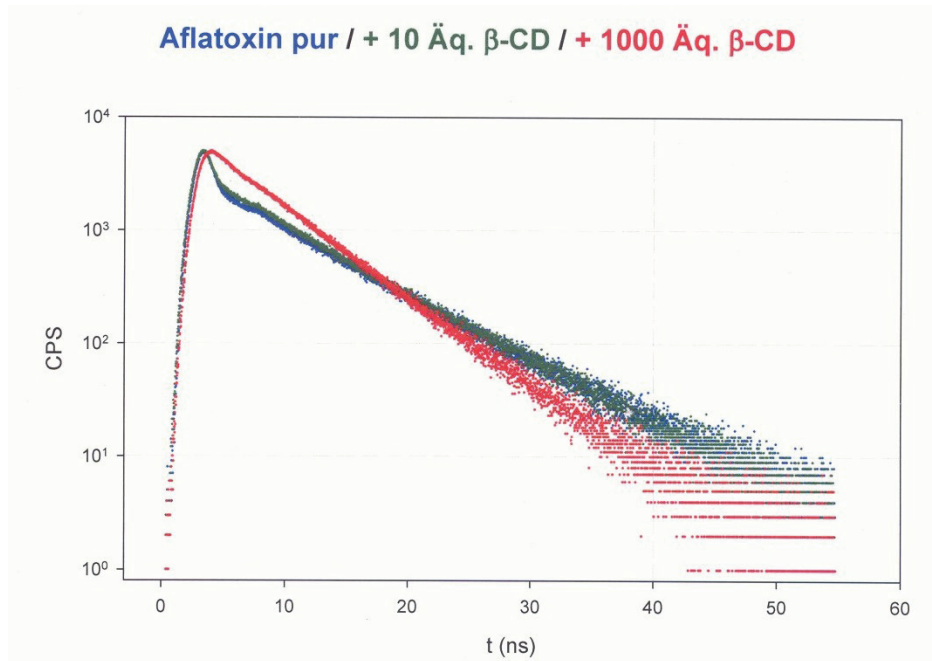


Abbildung 40: Bestimmung der Lebensdauer von Aflatoxin B₁ in β-CD

Aus der Abbildung 40 geht hervor, dass sich die Kurven vom reinen Aflatoxin B₁ und dem Verhältnis 1:10 zu Beginn der Messung überlagern. Somit liegen das Aflatoxin B₁ und der Aflatoxin B₁-β-Cyclodextrin-Komplex in Form von zwei Kurvenästen vor. Es kam zu keiner vollständigen Komplexbildung. Dagegen liegt das Verhältnis 1:1000 als Gerade vor. Daraus resultiert, dass in der Lösung nur ein Molekül vorliegt. Hierbei handelt es sich um eine vollständige Komplexbildung des Aflatoxin B₁ in β-Cyclodextrin. In der Abbildung 41 ist das Ergebnis der Messung nochmals grafisch dargestellt.

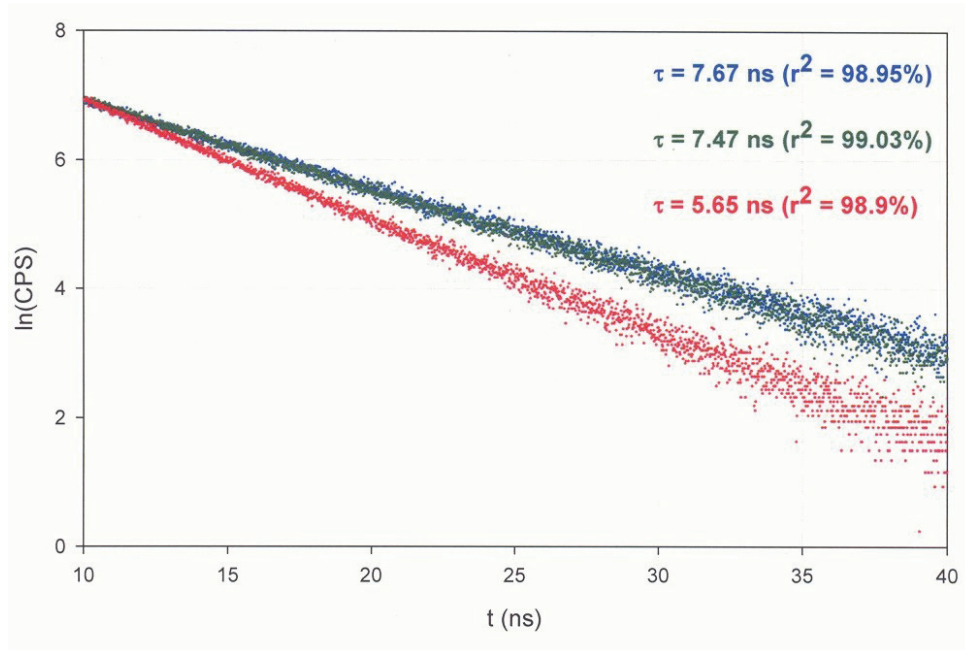


Abbildung 41: Auswertung der Lebensdauerbestimmung

5 Fazit

Das Ziel dieser Bachelorarbeit bestand darin, durch die Methoden UV/VIS Spektroskopie, HPLC und Fluoreszenzspektroskopie die Gleichgewichte der Mykotoxin-Cyclodextrin-Komplexe zu bestimmen. Anhand der Untersuchungen mittels UV/VIS-Spektroskopie wurde belegt, dass Mykotoxine in Gegenwart von β -Cyclodextrinen Komplexe bilden. Die Komplexbildung wurde anhand des Konzentrationsrückganges der Mykotoxine, besonders deutlich beim Aflatoxin B₁ und Ochratoxin A, nachgewiesen. Der größte Konzentrationsrückgang wurde bei den Verhältnissen von 1:1000 ermittelt.

Mittels der HPLC konnten keine Aussagen zu den Gleichgewichten der Komplexe getroffen werden. Dennoch eignet sich diese Methode, um die Mykotoxine in Verdauungssäften zu erfassen.

Die Untersuchungen mittels der Fluoreszenzspektroskopie ergaben, dass Aflatoxin B₁ und Zearalenon durch den Einschluss in β -Cyclodextrinen eine Intensitätssteigerung der Fluoreszenz bewirken. Bei Ochratoxin A hingegen wurde die Intensitätssteigerung der Fluoreszenz nicht bestätigt. Hierbei kam es zu einer Verringerung der Intensität. Messungen mit γ -Cyclodextrinen zeigten jedoch eine Intensitätssteigerung der Fluoreszenz gegenüber β -Cyclodextrinen. Auch die Fluoreszenzspektroskopie beweist, dass der höchste Überschuss an Cyclodextrinen die höchste Fluoreszenzintensität erzielt. Durch die Bestimmung der Lebensdauer des angeregten Zustandes vom Aflatoxin B₁ mit Hilfe der Photonen-Einzelzählung lässt sich schlussfolgern, dass beim Verhältnis Aflatoxin B₁: β -Cyclodextrin von 1:1000 eine vollständige Komplexbildung erfolgt.

Um noch aussagekräftigere Ergebnisse zu den Gleichgewichten der Mykotoxin-Cyclodextrin-Komplexe zu erhalten, ist die Anwendung weiterer Analysemethoden wie zum Beispiel der Mikrokolorimetrie, zur Bestimmung von Reaktionsenthalpie und -entropie der Komplexbildung, oder die NMR-Spektroskopie zu empfehlen.

6 Zusammenfassung

In dieser Bachelorarbeit wurde das Thema „Untersuchungen zum Einschluss von Mykotoxinen in Cyclotextrine durch Anwendung der Fluoreszenz-Spektroskopie“ behandelt. Dabei wurden die Mykotoxin-Cyclodextrin-Komplexe mit Hilfe verschiedener Methoden untersucht.

Während der Versuche unter Anwendung der UV/VIS-Spektroskopie wurden zunächst die Gesamtspektren der Mykotoxine erfasst. Anschließend wurde mit Hilfe der Eichkurven der Mykotoxine deren Konzentration nach Zugabe unterschiedlicher β -Cyclodextrin-Konzentrationen ermittelt. Daraus ergab sich der höchste Konzentrationsrückgang der Mykotoxine in den Lösungen bei einem Verhältnis Mykotoxin: β -Cyclodextrin von 1:1000. Weiterhin wurde die zeitliche Abhängigkeit der Komplexierung von Aflatoxin B₁ in β -Cyclodextrinen untersucht. Es wurde festgestellt, dass bei Raumtemperatur etwa nach einer halben Stunde ein intensiver Rückgang der Aflatoxin B₁-Konzentration von etwa 60 % zu verzeichnen war. Nach einer Stunde wurde keine Konzentrationsänderung mehr wahrgenommen, es setzte eine Sättigung ein. Weiterhin wurde mittels der UV/VIS-Spektroskopie die pH-Abhängigkeit der Mykotoxine in Pufferlösungen überprüft. Während ein stark saures bis schwach basisches Milieu keinen Einfluss auf das Aflatoxin B₁ hat, bewirkt ein schwach basisches Milieu beim Zearalenon und Ochratoxin A eine Verschiebung der Absorptionsmaxima.

Mit Hilfe der HPLC gelang es, die Mykotoxine in Verdauungssäften nachzuweisen, wobei für jedes Mykotoxin seine spezifische Retentionszeit ermittelt wurde. Dennoch lässt sich mit der HPLC keine qualitative Aussage zu den Mykotoxin-Cyclodextrin-Komplexen treffen.

Die Bestimmungen unter Verwendung der Kapillarviskosimetrie ergaben, dass die Viskosität keinen Einfluss auf die Fluoreszenzuntersuchungen hat. Bei der höchsten β -Cyclodextrin-Konzentration im Verhältnis 1:1000 wurde nur ein vernachlässigbar geringer Unterschied der dynamischen Viskosität in Bezug auf Wasser festgestellt.

Aus den Messungen mittels der Fluoreszenzspektroskopie resultiert beim Aflatoxin B₁ und Zearalenon eine Intensitätssteigerung der Fluoreszenz in den höchsten Cyclodextrin-Konzentrationen. Dies wird durch einen Einschluss der Mykotoxine in β -Cyclodextrine bedingt. Dieser Vorgang wurde beim Ochratoxin A nicht bestätigt, da es hierbei zu einem Rückgang der Fluoreszenzintensität kam. Weitere Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass

eine Steigerung der Intensität der Fluoreszenz mittels γ -Cyclodextrine erreicht werden konnte. Anhand der Bestimmung der Lebensdauer des angeregten Zustandes von Aflatoxin B₁ in β -Cyclodextrine (Verhältnis 1:1000) wurde sichergestellt, dass eine vollständige Komplexierung eingetreten ist.

Zusammenfassend ergibt sich, dass für eine möglichst quantitative Inkalisierung der Mykotoxine in β -Cyclodextrinen ein Mengenverhältnis von 1:1000 am günstigsten ist. Bei Raumtemperatur liegt die optimale Reaktionszeit bei etwa 30 Minuten.

7 Literaturverzeichnis

Baltes, W.: Lebensmittelchemie. 6. Auflage. Berlin: Springer, 2007

Becker, H.G.O.: Photochemie. 3. Auflage. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaft, 1991

DIN 19738: Bodenbeschaffenheit – Resorptionsverfügbarkeit von organischen und anorganischen Material aus kontaminiertem Bodenmaterial, Juli 2004

Forschungsbericht PROTEKUM, Oranienburg, 2009

Futtermittelgesetz, 1999, Fassung vom 03.12.2009

Gröger, M.; Kretzer, E. V.; Woyke, A.: Cyclodextrine, Siegen: Reader, 2001

Häder, D.P.; Häder, M.: Moderne Labortechnik. 1.Auflage. Erlangen: Thieme, 1993

Luhmann, F.: Die Bedeutung der Mykotoxine als Lebensmittelkontaminanten, Berlin: Technikerarbeit, 2007

Müller, A.: Dickenerkennung mit Cyclodextrinen und Synthese von Cyclodextrin-Rotaxanen aus Seitenkettenpolyrotaxanen, Saarbrücken, Dissertation, Universität des Saarlandes, Fachbereich Chemie, 2006

Rasch, Claudia: Sensortechnologie für die Identifizierung von Mykotoxinen in Getreide. Potsdam, Dissertation, Universität Potsdam, Fachbereich Chemie, 2009

Reich, K.: Feldstudie zum Vorkommen von Ochratoxin A und Zearalenon in Futtermitteln und im Blut von Zucht- und Mastschweinen. Berlin: Dissertation, Freie Universität Berlin, Fachbereich Veterinärmedizin, 1998

Verrone, R.; Catucci, L.: Effect of β -cyclodextrin on spectroscopic properties of ochratoxin A in aqueous solution. Bari: Springer-Verlag, 2006

Weidenbörner, M.: Lebensmittel-Mykologie. 1.Auflage. Hamburg: Behr's, 1999

Wessig, P.; Czaplá, S.; Schedler, U.: Fluorescence switches triggered by metal ions, Berlin, Gemeinschaftsdissertation, Universität Berlin, Fachbereich Chemie, 2008

<http://de.academic.ru/pictures/dewiki/50/237px-zearalenon.svg.png>. 03.03.2010

<http://www.ich-will-futter.de/marengo-239.html>. 02.12.2009

<http://itv.hevs.ch/fs/images/Ochratoxin.bmp> 03.03.2010

http://www.ti.uni-tuebingen.de/uploads/pics/hplc_setup.jpg 29.02.2010

<http://www.lookchem.com>. 03.03.2010

<http://www.uibk.ac.at/exphys/museum/pict/big/viskosimeter.jpg>. 03.03.2010

http://www-user.tu-chemnitz.de/~awill/diplom/Bilder/abb2_1.gif. 27.02.2010

http://www.vis.bayern.de/ernaehrung/lebensmittelsicherheit/unerwuenschte_stoffe/pic/aflafo1.gif. 03.03.2010

<http://www.yimingchem.com/img/hpbcd1.gif>. 03.03.2010

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Chemische Struktur von Aflatoxin B ₁	7
Abbildung 2: Chemische Struktur von Ochratoxin A	7
Abbildung 3: Chemische Struktur von Zearalenon	8
Abbildung 4: Chemische Struktur von β -Cyclodextrin	9
Abbildung 5: Enzymatische Wirkung der GCTasen	10
Abbildung 6: Schematische Darstellung des molekularen Aufbaus der Cyclodextrine.....	11
Abbildung 7: Kavitätendurchmesser der Mykotoxine	12
Abbildung 8: Aflatoxin B ₁ in β -Cyclodextrin.....	12
Abbildung 9: Zearalenon in β -Cyclodextrin.....	13
Abbildung 10: Ochratoxin A in β -Cyclodextrin	13
Abbildung 11: Ochratoxin A in γ -Cyclodextrin.....	14
Abbildung 12: UBBELOHDE-Viskosimeter	19
Abbildung 13: Vereinfachtes Jablonski-Schema	21
Abbildung 14: Schematischer Aufbau eines Fluorimeters	22
Abbildung 15: Schematische Darstellung einer HPLC-Anlage.....	24
Abbildung 16: Absorptionsspektren der Mykotoxine und β -Cyclodextrin in Wasser	25
Abbildung 17: Eichkurve Aflatoxin B ₁	27
Abbildung 18: Eichkurve Zearalenon.....	27
Abbildung 19: Eichkurve Ochratoxin A.....	28
Abbildung 20: Übersicht der Konzentrationen der Mykotoxine nach Komplexbildung	30
Abbildung 21: Zeitlicher Verlauf der Komplexbildung	30
Abbildung 22: Untersuchung der pH-Abhängigkeit von Aflatoxin B ₁	31
Abbildung 23: Untersuchung der pH-Abhängigkeit von Ochratoxin A.....	32
Abbildung 24: Untersuchung der pH-Abhängigkeit von Zearalenon	33

Abbildung 25: Dichte des Wassers bei unterschiedlichen Temperaturen	36
Abbildung 26: Vergleich der dynamischen Viskositäten	38
Abbildung 27: Fluoreszenzspektren von Aflatoxin B ₁ in β -CD	39
Abbildung 28: Vergleich der Intensitätsmaxima von Aflatoxin B ₁ in β -CD.....	40
Abbildung 29: Vergleich der Intensitätsmaxima von Aflatoxin B ₁ in CV	40
Abbildung 30: Zeitliche Untersuchung des Aflatoxin B ₁ in β -CD (Verhältnis 1:100).....	41
Abbildung 31: Zeitliche Untersuchung des Aflatoxin B ₁ in CV (Verhältnis 1:100).....	42
Abbildung 32: Vergleich der Intensitätsmaxima von Aflatoxin B ₁ in β -CD und CV.....	42
Abbildung 33: Fluoreszenzspektren von Zearalenon in β -CD.....	43
Abbildung 34: Vergleich der Intensitätsmaxima von Zearalenon in β -CD.....	44
Abbildung 35: Vergleich der Intensitätsmaxima von Zearaleon in CV	44
Abbildung 36: Fluoreszenzspektren von Ochratoxin A in β -CD.....	45
Abbildung 37: Vergleich der Intensitätsmaxima von Ochratoxin A in β -CD	46
Abbildung 38: Vergleich der Intensitätsmaxima von Ochratoxin A in β - und γ -CD	46
Abbildung 39: Vergleich der Intensitätsmaxima von Ochratoxin A in CV und SV.....	47
Abbildung 40: Bestimmung der Lebensdauer von Aflatoxin B ₁ in β -CD.....	48
Abbildung 41: Auswertung der Lebensdauerbestimmung	49

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Mykotoxinbildende Schimmelpilze	5
Tabelle 2: Höchstgehalt von Mykotoxinen in Futtermitteln in mg/kg	6
Tabelle 3: Übersicht der Glukoseeinheiten bei Cyclodextrinen	9
Tabelle 4: Kavitätendurchmesser von Cyclodextrinen und Mykotoxinen	11
Tabelle 5: Tabelle mit Übersicht der Versuche.....	15
Tabelle 6: Produktspezifikation SV und CV	16
Tabelle 7: Molare Massen der Mykotoxine und Cyclodextrine	16
Tabelle 8: Zusammensetzung synthetische Verdauungssäfte.....	17
Tabelle 9: Bauteile, Bezeichnung und Hersteller der HPLC-Anlage.....	23
Tabelle 10: Vergleich der gemessenen Absorptionsmaxima mit Literaturwerten.....	26
Tabelle 11: Konzentration der Mykotoxine in β -Cyclodextrinen	29
Tabelle 12: Wiederfindung von Aflatoxin B ₁ in Verdauungssäften	34
Tabelle 13: Retentionszeiten von Aflatoxin B ₁ , Ochratoxin A und Zearalenon.....	35
Tabelle 14: Dynamische und kinematische Viskositäten der Glycerin-Proben bei 21,2 °C	36
Tabelle 15: Dynamische und kinematische Viskositäten der CD-Proben bei 21,2 °C	37
Tabelle 16: Messdaten Spektrenübersicht	59
Tabelle 17: Messdaten der Kalibrierung von Aflatoxin B ₁ [365 nm]	61
Tabelle 18: Messdaten der Kalibrierung von Ochratoxin A [212 nm].....	61
Tabelle 19: Messdaten der Kalibrierung von Zearalenon [236 nm]	62
Tabelle 20: Ermittlung der Konzentration der Mykotoxine in β -Cyclodextrin	62
Tabelle 21: Konzentrationen von Aflatoxin B ₁ in β -Cyclodextrin (zeitl. Abhängigkeit)	63
Tabelle 22: Messdaten der pH-Abhängigkeit von Aflatoxin B ₁ [365 nm].....	63
Tabelle 23: Messdaten der pH-Abhängigkeit von Ochratoxin A [212 nm]	65

Tabelle 24 : Messdaten der pH-Abhängigkeit von Zearalenon [236 nm]	67
Tabelle 25: Laufzeiten der Proben im Kapillarviskosimeter.....	68
Tabelle 26: Daten der Fluoreszenzintensität von Aflatoxin B ₁ (konzentrationsabhängig)	69
Tabelle 27: Daten der Fluoreszenzintensität von Aflatoxin B ₁ in β -CD (zeitabhängig)	77
Tabelle 28: Daten der Fluoreszenzintensität von Aflatoxin B ₁ in CV (zeitabhängig)	85
Tabelle 29: Daten der Fluoreszenzintensität von Zearalenon (konzentrationsabhängig).....	93
Tabelle 30: Daten der Fluoreszenzintensität von OTA in CD (konzentrationsabhängig).....	102
Tabelle 31: Daten der Fluoreszenzintensität von OTA in CV/SV (konzentrationsabhängig)	111

Anhang

Tabelle 16: Messdaten Spektrenübersicht

Wellenlänge [nm]	Extinktion β -Cyclodextrin	Extinktion Aflatoxin B ₁	Extinktion Ochratoxin A	Extinktion Zearalenon
200	0,066	0,143	0,588	0,97
205	0,049	0,137	0,567	0,853
210	0,041	0,135	0,584	0,933
215	0,033	0,131	0,59	1,124
220	0,027	0,128	0,557	1,371
225	0,021	0,129	0,463	1,643
230	0,016	0,117	0,345	1,896
235	0,012	0,102	0,272	2,044
240	0,01	0,089	0,215	1,905
245	0,009	0,065	0,168	1,423
250	0,008	0,051	0,139	0,934
255	0,008	0,057	0,116	0,802
260	0,007	0,072	0,09	0,845
265	0,007	0,086	0,065	0,902
270	0,006	0,079	0,04	0,917
275	0,006	0,052	0,024	0,867
280	0,005	0,028	0,016	0,742
285	0,004	0,016	0,013	0,587
290	0,004	0,013	0,013	0,452

Wellenlänge [nm]	Extinktion β -Cyclodextrin	Extinktion Aflatoxin B ₁	Extinktion Ochratoxin A	Extinktion Zearalenon
295	0,003	0,015	0,017	0,38
300	0,003	0,021	0,024	0,367
305	0,002	0,029	0,035	0,38
310	0,003	0,038	0,05	0,386
315	0,002	0,051	0,067	0,369
320	0,002	0,063	0,084	0,323
325	0,002	0,075	0,101	0,253
330	0,001	0,087	0,11	0,177
335	0,001	0,096	0,111	0,109
340	0,001	0,104	0,102	0,06
345	0	0,112	0,081	0,03
350	0	0,124	0,054	0,014
355	0	0,135	0,031	0,007
360	0	0,144	0,017	0,004
365	0	0,147	0,011	0,003
370	0	0,139	0,009	0,003
375	0	0,12	0,007	0,002
380	0	0,092	0,006	0,002
385	0	0,062	0,006	0,002
390	0	0,037	0,005	0,002
395	0	0,02	0,004	0,002
400	0	0,009	0,003	0,002

Tabelle 17: Messdaten der Kalibrierung von Aflatoxin B1 [365 nm]

ID	Konzentration [mg/l]	Extinktion
Standard	0,0	0
Standard 1	0,1	0,001
Standard 2	0,5	0,017
Standard 3	1,0	0,037
Standard 4	2,5	0,097
Standard 5	5,0	0,202

Tabelle 18: Messdaten der Kalibrierung von Ochratoxin A [212 nm]

ID	Konzentration [mg/l]	Extinktion
Standard	0,0	0
Standard 1	0,1	0,019
Standard 2	0,5	0,059
Standard 3	1,0	0,12
Standard 4	2,5	0,309
Standard 5	5,0	0,627

Tabelle 19: Messdaten der Kalibrierung von Zearalenon [236 nm]

ID	Konzentration [mg/l]	Extinktion
Standard	0,0	0,004
Standard 1	0,1	0,005
Standard 2	0,5	0,043
Standard 3	1,0	0,087
Standard 4	2,5	0,229
Standard 5	5,0	0,47

Tabelle 20: Ermittlung der Konzentration der Mykotoxine in β -Cyclodextrin

Mykotoxin	ID	Konzentration [mg/l]	Extinktion	Kommentar
Aflatoxin B ₁ [365 nm]	Blank	0,086	0	/
	Blind 1	0	0,015	1000
	Probe1	3,247	0,195	1000
	Blind 2	0	0	100
	Probe 2	3,412	0,206	100
	Blind 3	0	-0,002	10
	Probe 3	3,637	0,019	10
Ochratoxin A [212 nm]	Blank	-0,003	0	/
	Blind 1	0	0,062	1000
	Probe1	3,379	0,422	1000
	Blind 2	0	-0,002	100
	Probe 2	3,884	0,485	100

Mykotoxin	ID	Konzentration [mg/l]	Extinktion	Kommentar
Ochratoxin A [212 nm]	Blind 3	0	0,002	10
	Probe 3	3,851	0,481	10
Zearalenon [236 nm]	Blank	0	0	/
	Blind 1	0	0,006	1000
	Probe1	4,302	0,007	1000
	Blind 2	0	0,402	100
	Probe 2	4,506	-0,004	100
	Blind 3	0	0,420	10
	Probe 3	4,657	-0,006	10

Tabelle 21: Konzentrationen von Aflatoxin B₁ in β -Cyclodextrin (zeitl. Abhängigkeit)

Zeit [h]	Verdünnung 1:1000 [mg/l]	Verdünnung 1:1000 [mg/l]	Verdünnung 1:1000 [mg/l]
0	2,188	2,519	2,76
0,5	1,901	2,346	2,815
1,0	1,367	2,327	2,654
1,5	1,364	2,398	2,774

Tabelle 22: Messdaten der pH-Abhängigkeit von Aflatoxin B₁ [365 nm]

Wellenlänge [nm]	Afla rein	Afla pH 2	Afla pH 5	Afla pH 6	Afla pH 8
229	0,186	0,235	0,17	0,281	0,239
234	0,164	0,203	0,145	0,239	0,209
239	0,144	0,169	0,119	0,202	0,183
244	0,111	0,132	0,087	0,159	0,146

Wellenlänge [nm]	Afla rein	Afla pH 2	Afla pH 5	Afla pH 6	Afla pH 8
249	0,083	0,103	0,06	0,123	0,114
254	0,087	0,105	0,064	0,127	0,118
259	0,108	0,125	0,087	0,154	0,142
264	0,131	0,148	0,111	0,184	0,167
269	0,128	0,145	0,11	0,18	0,163
274	0,09	0,109	0,074	0,131	0,12
279	0,051	0,071	0,035	0,079	0,076
284	0,029	0,048	0,013	0,049	0,05
289	0,022	0,039	0,007	0,037	0,04
294	0,024	0,038	0,009	0,038	0,04
299	0,031	0,043	0,017	0,046	0,047
304	0,043	0,052	0,029	0,06	0,058
309	0,059	0,065	0,046	0,079	0,074
314	0,076	0,08	0,064	0,102	0,092
319	0,094	0,096	0,083	0,125	0,112
324	0,113	0,113	0,103	0,149	0,132
329	0,131	0,129	0,122	0,172	0,153
334	0,146	0,143	0,138	0,191	0,169
339	0,158	0,153	0,15	0,206	0,181
344	0,17	0,164	0,164	0,221	0,195
349	0,186	0,178	0,181	0,242	0,213
354	0,204	0,194	0,199	0,264	0,232
359	0,219	0,208	0,214	0,283	0,248

Wellenlänge [nm]	Afla rein	Afla pH 2	Afla pH 5	Afla pH 6	Afla pH 8
364	0,225	0,215	0,222	0,292	0,255
369	0,218	0,208	0,215	0,282	0,246
374	0,192	0,183	0,189	0,249	0,218
379	0,151	0,144	0,149	0,197	0,173
384	0,106	0,101	0,103	0,139	0,123
389	0,065	0,062	0,062	0,086	0,078
394	0,036	0,034	0,033	0,049	0,046
400	0,016	0,015	0,012	0,022	0,023

Tabelle 23: Messdaten der pH-Abhängigkeit von Ochratoxin A [212 nm]

Wellenlänge [nm]	OTA rein	OTA pH 2	OTA pH 5	OTA pH 6	OTA pH 8
229	0,528	0,531	0,286	0,29	0,375
234	0,407	0,532	0,243	0,229	0,27
239	0,32	0,416	0,186	0,178	0,232
244	0,245	0,31	0,137	0,138	0,212
249	0,199	0,251	0,109	0,115	0,189
254	0,164	0,208	0,087	0,097	0,152
259	0,128	0,159	0,065	0,079	0,117
264	0,09	0,106	0,042	0,06	0,091
269	0,053	0,06	0,02	0,041	0,07
274	0,027	0,034	0,005	0,027	0,052
279	0,014	0,025	-0,003	0,019	0,038
284	0,009	0,024	-0,006	0,015	0,027

Wellenlänge [nm]	OTA rein	OTA pH 2	OTA pH 5	OTA pH 6	OTA pH 8
289	0,01	0,027	-0,004	0,013	0,018
294	0,016	0,033	-0,001	0,014	0,014
299	0,026	0,044	0,006	0,017	0,014
304	0,042	0,062	0,016	0,023	0,015
309	0,063	0,086	0,03	0,033	0,018
314	0,089	0,116	0,047	0,045	0,022
319	0,115	0,147	0,066	0,058	0,028
324	0,14	0,177	0,083	0,071	0,034
329	0,157	0,195	0,094	0,078	0,041
334	0,16	0,197	0,097	0,08	0,049
339	0,149	0,183	0,09	0,075	0,057
344	0,12	0,146	0,073	0,062	0,066
349	0,079	0,094	0,047	0,043	0,077
354	0,041	0,048	0,023	0,025	0,092
359	0,016	0,018	0,007	0,015	0,11
364	0,005	0,004	0	0,01	0,131
369	0,001	-0,001	-0,002	0,009	0,15
374	-0,001	-0,002	-0,003	0,009	0,164
379	-0,001	-0,003	-0,002	0,009	0,17
384	-0,001	-0,004	-0,002	0,009	0,164
389	-0,001	-0,004	-0,002	0,008	0,146
394	-0,002	-0,005	-0,002	0,006	0,118
400	-0,002	-0,006	-0,002	0,004	0,08

Tabelle 24 : Messdaten der pH-Abhängigkeit von Zearalenon [236 nm]

Wellenlänge [nm]	ZEA rein	ZEA pH 2	ZEA pH 5	ZEA pH 6	ZEA pH 8
229	0,658	0,683	0,579	0,463	0,731
234	0,722	0,84	0,682	0,511	0,793
239	0,692	0,813	0,654	0,484	0,791
244	0,535	0,628	0,504	0,379	0,71
249	0,336	0,387	0,31	0,246	0,603
254	0,264	0,299	0,239	0,197	0,56
259	0,279	0,318	0,254	0,206	0,508
264	0,309	0,357	0,285	0,226	0,422
269	0,322	0,374	0,299	0,234	0,371
274	0,308	0,36	0,287	0,224	0,358
279	0,265	0,309	0,245	0,195	0,352
284	0,207	0,239	0,188	0,155	0,342
289	0,152	0,173	0,136	0,117	0,331
294	0,12	0,133	0,103	0,094	0,327
299	0,112	0,122	0,095	0,087	0,332
304	0,116	0,127	0,099	0,088	0,338
309	0,119	0,132	0,104	0,09	0,339
314	0,116	0,129	0,101	0,088	0,33
319	0,102	0,113	0,089	0,078	0,302
324	0,081	0,088	0,069	0,063	0,254
329	0,056	0,058	0,046	0,046	0,191

Wellenlänge [nm]	ZEA rein	ZEA pH 2	ZEA pH 5	ZEA pH 6	ZEA pH 8
334	0,034	0,032	0,025	0,031	0,128
339	0,017	0,012	0,01	0,019	0,076
344	0,007	0,001	0,002	0,012	0,042
349	0,001	-0,006	-0,003	0,009	0,021
354	-0,001	-0,008	-0,005	0,007	0,011
359	-0,002	-0,009	-0,005	0,006	0,006
364	-0,002	-0,009	-0,005	0,006	0,004
369	-0,002	-0,009	-0,005	0,006	0,004
374	-0,002	-0,009	-0,005	0,006	0,003
379	-0,002	-0,009	-0,005	0,006	0,003
384	-0,002	-0,009	-0,004	0,005	0,003
389	-0,002	-0,009	-0,004	0,005	0,003
394	-0,002	-0,009	-0,004	0,005	0,003
400	-0,002	-0,009	-0,004	0,005	0,002

Tabelle 25: Laufzeiten der Proben im Kapillarviskosimeter

Probe	Bezeichnung	M 1 [s]	M 2 [s]	M 3 [s]	M 4 [s]	M 5 [s]	Mittelwert [s]
Wasser	Vor Messbeginn	101	101	101	101	101	101
	Nach Messung	102	102	101	102	101	101,6
Glycerin	0,5 %	103	103	103	103	103	103
	1,5 %	105	106	105	107	106	105,8
	2,5 %	110	110	109	109	109	109,4
	5,0 %	114	114	114	113	114	113,8

Probe	Bezeichnung	M 1 [s]	M 2 [s]	M 3 [s]	M 4 [s]	M 5 [s]	Mittelwert [s]
α -CD	1000x	102	102	103	103	103	102,6
β -CD	1000x	103	103	103	103	103	103
	100x	102	102	102	102	102	102
	10x	102	102	102	102	101	101,8
	1x	101	102	102	101	101	101,4
γ -CD	1000x	105	106	105	105	105	105,2
	100x	102	102	103	103	102	102,4

Tabelle 26: Daten der Fluoreszenzintensität von Aflatoxin B₁ (konzentrationsabhängig)

Wellenlänge [nm]	Afla rein 1 mg/l	Afla : β -CD 1:10	Afla : β -CD 1:100	Afla : β -CD 1:1000	Afla : CV 1:10	Afla : CV 1:100
370	1679,54647	2001,16176	1739,10486	4395,40886	3656,88488	17236,1968
371	1182,35614	1667,12216	2163,71174	4741,24813	3109,59666	13857,214
372	1572,54973	1736,84597	1818,99409	4142,61235	3098,15767	11043,05444
373	1397,67961	1502,50558	2143,10873	5206,35653	2376,05533	10144,82447
374	1075,00693	1572,05315	1953,50723	5398,1531	2415,8758	9097,1017
375	1514,18502	1881,26018	2122,15325	5987,9135	2408,93072	8385,37312
376	1626,64931	1706,2755	2502,5374	7075,35574	2582,16359	7666,86457
377	1545,25606	1849,79558	2673,18019	9260,25713	2447,59537	8481,98948
378	1576,84708	1990,62965	3108,96092	10445,21402	2415,59553	8197,36818
379	2206,38941	2328,35064	3326,2152	12595,26821	2683,14692	8459,67398
380	2011,43632	2561,00909	4066,83847	15684,80674	2989,67585	8760,18989
381	2711,98103	2788,8388	4534,60796	19137,58276	3568,3961	10397,75724
382	3092,94929	3235,53206	6405,25669	23460,3494	3838,76685	11088,55224
383	3341,61973	3714,12816	6365,51168	29482,94655	4711,13601	12446,16398
384	3677,30336	4837,40502	8744,53984	35306,49003	5154,79132	14490,32635

385	4340,23435	5192,97561	9708,13125	41467,27682	6023,85171	16300,47713
386	4937,52336	6076,10967	10542,87138	50929,8418	6514,02749	19563,97835
387	5722,84807	6742,43595	12640,69698	61262,97896	7783,95044	21564,83171
388	6631,12006	7674,09425	14821,21207	71361,39143	8706,08975	23867,64076
389	7585,8881	9267,97633	18437,0063	85269,77988	10455,33273	29716,89209
390	8939,63755	10359,85091	22007,8023	100747,07295	12903,02366	35009,91061
391	9953,57925	11781,33827	23782,88847	115600,2528	14908,34768	39990,48654
392	12146,00126	14436,45299	28135,11624	135654,20622	16826,01081	46502,77724
393	13942,42994	15979,83084	33391,34881	160216,80159	18997,38677	52730,13789
394	14769,99996	17754,83962	36016,331	184278,05319	21708,92612	61426,01773
395	18406,66516	21711,27291	43279,34615	211957,54102	25467,51039	71016,02053
396	19465,26857	23222,10934	48696,12616	237416,95798	27605,09024	79036,46012
397	22434,75439	27605,2642	56733,19971	271254,58414	30562,97107	91962,77497
398	25081,56208	30685,58706	61491,3384	302682,89293	35874,49908	102227,02873
399	28584,75569	33432,39909	70220,02103	337395,98067	41090,58631	114393,49067
400	32448,18739	38129,60755	78127,67449	380926,72884	44375,91078	130357,63264
401	36041,92053	42117,37324	85380,65037	421573,71772	51273,79396	144059,57797
402	40244,52614	46914,29524	96948,32119	462580,76024	56854,40274	161494,47378
403	45624,58266	50184,89993	102157,52987	498819,49275	61168,19927	176878,22132
404	48030,98688	57990,8389	117867,12572	549922,31044	70464,62147	198376,81719
405	52785,64031	63448,76364	125742,17892	597823,87534	76475,58129	214057,43094
406	59950,5492	68306,65218	138282,41216	643187,52209	82420,12068	234911,07709
407	66118,48191	76857,47101	150103,69373	696676,12526	93608,18833	260494,18463
408	73219,23253	84624,97999	161569,18064	749883,30067	102630,74139	283328,42029
409	78283,46164	92745,92857	176561,30995	790468,45646	108766,53546	303032,08005
410	86406,83261	99361,08335	190468,13084	845851,0853	121236,36277	329442,33333
411	92146,22529	106181,12387	203604,72035	893517,11806	130002,0139	351443,83332
412	95910,69097	113649,30182	213753,88502	947685,02544	137373,26997	371030,02132
413	102074,78168	118848,11773	225815,55251	988109,48534	146779,59303	388470,46299
414	106406,93975	124186,01458	235006,85658	1,02703E6	151379,35646	416213,49193

415	109785,98335	127189,70252	243559,7682	1,07934E6	156695,00603	431924,00511
416	112823,36708	134986,92713	253417,69537	1,11111E6	163852,76411	452224,62436
417	118367,64191	136785,37747	264453,77165	1,15581E6	168904,11142	469580,79091
418	121165,93971	140723,61976	267054,00936	1,19083E6	172993,79185	491447,8291
419	126074,44154	144378,35684	281479,86562	1,22738E6	180234,11095	508820,38822
420	130249,5784	152669,33846	290878,89499	1,26755E6	189376,49874	530844,35026
421	132748,60769	156994,32729	298192,96847	1,29484E6	195576,73441	549211,64925
422	137814,87774	162091,67763	306183,29263	1,3357E6	202839,85091	571770,26851
423	142599,68196	166644,47475	318348,2011	1,36374E6	208330,88245	585167,51095
424	145254,02017	172988,83551	324529,68335	1,3965E6	213944,18237	606658,65593
425	150610,48975	173586,34063	333467,96493	1,42573E6	219012,88008	624700,76134
426	155177,49394	179945,00742	337874,4473	1,44661E6	226798,65117	633260,05889
427	155208,71483	184548,05182	342996,56998	1,46264E6	231505,07711	648966,81619
428	159697,64756	186501,38428	351873,10874	1,4805E6	233510,86034	658333,51705
429	166895,05355	188436,04275	352885,30693	1,48994E6	237231,54549	675328,55514
430	164589,62115	194514,09728	357933,15216	1,50136E6	239025,62998	681069,47116
431	168117,31385	196435,28347	360561,47408	1,51019E6	245108,98188	690664,3761
432	173133,68267	195355,43885	363698,74293	1,52405E6	247539,56293	700625,37008
433	173998,51876	200285,27349	365104,92544	1,52384E6	251278,97799	706632,76162
434	176322,51455	202833,8712	368919,72315	1,53206E6	252827,57203	710178,46445
435	176806,52689	202972,69351	370564,0922	1,53515E6	256274,51419	714382,32426
436	174630,48931	204262,81265	372175,97462	1,53723E6	257250,61247	713688,50112
437	177861,12635	202678,25837	373450,20802	1,53553E6	257967,82036	723116,07779
438	177475,64991	208348,84033	372768,16378	1,5336E6	261457,95904	726624,74086
439	179975,08784	205264,75141	372766,01951	1,52765E6	259535,9268	724417,08125
440	176929,92496	205917,81757	369154,81725	1,51065E6	258926,26491	730369,95449
441	180654,57918	204594,44097	368992,93517	1,50862E6	258370,78173	724789,16037
442	179283,64763	205692,0409	367835,52831	1,5041E6	261078,83966	721657,40732
443	179020,70768	207928,05009	367491,30771	1,50312E6	257103,9921	723078,99565
444	177180,20511	201992,34303	364561,63319	1,48878E6	258058,42697	722549,3707

445	176827,17788	203035,10993	362970,69525	1,47483E6	254707,70323	718854,86342
446	177226,6869	204604,57733	361586,11529	1,46457E6	256737,87669	712549,6499
447	174425,30728	202937,13636	360969,16458	1,44918E6	253108,9561	703601,99146
448	174100,45678	198657,15864	356215,66351	1,43144E6	250886,27077	706066,67265
449	171143,01979	197037,36338	347216,33903	1,41964E6	249093,10844	697051,89964
450	172741,49202	196695,33576	350032,87614	1,39483E6	246445,62662	686910,18189
451	170003,85822	195248,07456	339388,73279	1,37916E6	245550,81215	680778,84604
452	168358,88588	192996,51945	338899,28275	1,35741E6	243770,92921	668917,43783
453	165306,33678	189417,39643	332871,46643	1,33986E6	238178,31037	670084,3742
454	164679,15372	187627,69585	326855,77411	1,32252E6	237740,66614	655372,98113
455	162247,37136	185235,27741	320415,40402	1,29653E6	234301,81298	646741,68656
456	158374,02056	180952,65267	315714,62244	1,27418E6	228771,75287	641554,66012
457	157457,91372	179456,78835	308507,77828	1,2609E6	225140,31525	630941,54575
458	154926,28212	175427,67881	307562,96153	1,23643E6	222511,57297	620177,75288
459	150732,78903	174931,3644	300412,09198	1,21284E6	216670,48309	610263,41928
460	149902,85196	172537,27385	297354,16989	1,18598E6	213505,36612	598301,10517
461	148577,24177	166728,20562	290373,03761	1,16993E6	207830,12552	587283,81293
462	146466,47294	163679,07259	282817,88733	1,13181E6	206094,31815	576781,46418
463	142615,96692	161004,96729	275643,23145	1,12043E6	202044,61353	564060,7453
464	139169,60383	161326,49017	270262,73415	1,09474E6	199070,11575	553697,81202
465	136130,86996	156141,29372	266134,35106	1,06686E6	195165,90493	542370,32397
466	131200,23336	153396,73186	261163,74322	1,05152E6	192842,83481	537372,4968
467	130523,84182	149719,1595	253825,14847	1,03032E6	190430,93845	525560,88864
468	127692,3251	147189,7358	253563,88033	1,00042E6	187214,15921	508081,49727
469	128338,29894	143939,95379	247711,63023	984481,8291	179930,38215	502484,26047
470	124540,30823	142801,41455	240539,83587	961951,83092	177597,99633	492350,88091
471	121633,58488	139861,0328	238528,91279	943407,85005	174512,97238	484324,61876
472	122053,09374	139791,18162	227695,96645	914446,56517	169856,3	476261,57341
473	118603,00697	133950,45213	227304,79568	904307,55476	167852,93624	467083,56711
474	116566,54748	130656,76291	222977,37884	879993,92346	164654,8722	453207,23928

475	111876,86084	130197,72622	217605,40171	858305,46803	161164,9525	447936,13356
476	112098,78372	126371,66847	212054,28772	833978,24919	157115,00912	431834,0575
477	109111,27672	121452,12267	206097,81446	804168,19417	154129,77284	423080,59628
478	107614,58781	119389,03756	199423,31872	788739,66808	148613,88423	409947,2826
479	102513,03191	118061,98843	193146,47758	768503,73588	141591,82528	399869,62515
480	99358,46167	114417,65841	185994,89551	744981,22584	141957,10688	389846,68256
481	97731,27102	110141,22433	184335,18167	723937,05273	136232,16899	381554,0672
482	94698,1242	107616,77597	180582,80554	709424,16703	135819,79312	371359,05355
483	92932,45899	104826,88267	175262,35441	684825,51685	131921,02977	358124,57053
484	89995,35025	103742,85541	169922,43419	668873,94257	127780,54922	345486,36795
485	87070,03047	99811,70025	165114,22311	646531,31406	123454,70665	337519,4477
486	84377,61431	97417,57728	159607,26542	625106,89933	119887,70283	334606,1553
487	83801,68163	91539,03605	157259,36963	609859,21894	119575,15108	323777,61612
488	82274,07944	91656,21131	152350,20434	596989,90142	114478,57243	312982,24008
489	81459,39762	89493,78169	147597,68768	575354,46624	113110,36113	305270,99142
490	77138,3606	86899,69635	142777,39151	558407,92549	110434,03877	298839,7229
491	75883,6176	85204,75488	139817,05921	533969,71423	105759,05761	287282,23105
492	73513,2284	82030,59005	135462,03902	524477,53683	103060,07591	280809,01606
493	73133,44671	81021,21348	132598,77848	507936,05282	101770,25492	273699,48573
494	68638,50313	79107,14415	126469,88724	499085,81194	98327,85919	263722,7165
495	68815,36214	78547,31778	122571,67571	486864,74339	95414,42294	258260,86271
496	66935,06931	76166,65275	122348,92765	465878,31268	92011,36257	248789,9556
497	65846,01152	73448,79956	117892,10713	454370,48194	89754,45751	244658,20801
498	62784,52161	71396,23208	114197,16914	445048,78067	88791,39652	236012,38985
499	61398,22727	67751,04165	112109,93735	430920,26325	86698,67986	230092,5345
500	59691,43837	66796,09104	110338,34499	417123,42537	84230,29091	224346,39754
501	58716,02904	65656,66347	104506,83367	399825,2415	81152,03337	216252,28965
502	56468,21292	65189,22061	103903,50799	394853,29263	80635,01107	211836,89508
503	55236,47965	61855,83082	101935,50068	380512,39905	77539,17989	206603,99105
504	53398,23378	62593,96641	96769,33991	364705,27584	74384,65922	198287,70886

505	52273,98039	59159,46352	91207,33721	354020,15291	72373,51571	195059,1554
506	50366,81648	57781,93113	89248,47254	345864,85874	70844,23429	190414,54787
507	50202,38532	54471,12175	88199,2518	338444,3395	69526,72508	183772,93749
508	46900,45552	53411,55381	85157,97386	322177,36243	66189,74473	178560,77041
509	47655,05504	53036,08887	83515,70978	314848,54804	63036,81123	173018,94881
510	44447,14914	50917,13964	80635,01182	307071,71329	62703,15439	166391,55921
511	44886,71012	49228,06198	78026,99972	295694,2992	62565,0078	163850,18087
512	43244,19115	49300,21307	73904,44065	284108,6993	58305,59631	159383,48597
513	40764,04633	45666,80263	73949,90752	279812,95431	58081,84681	153540,62068
514	41315,47147	45833,93708	72136,44217	267994,03799	56964,4682	150725,94225
515	39392,59854	44334,99084	68953,6997	258070,14503	55298,84225	142410,17191
516	37959,73086	42877,211	67786,19076	247334,51182	53462,52246	139002,55841
517	37181,51099	41884,79019	64336,5471	247360,14286	50954,43749	131826,58226
518	37882,76201	41040,78832	63553,58535	236187,83928	50447,09846	130685,36361
519	34323,05262	39571,01737	61217,16811	230406,09943	48349,43115	127695,93205
520	34010,52446	38534,29434	60454,01566	223679,85794	46690,78851	125527,75995
521	33667,77248	36757,31817	59432,37674	216792,31783	46646,62291	121843,95825
522	32777,08621	36759,7381	55743,2495	212218,45024	45432,76048	117633,93727
523	31454,2613	34707,18757	55118,25283	202616,81948	44298,4337	113098,52233
524	31475,46816	34073,8446	54439,49781	194372,60324	41868,97393	109145,8559
525	30307,77578	32667,40214	51544,41307	186311,57641	41017,93617	106465,77645
526	28847,84489	32018,40645	50458,84747	184987,33852	40605,93642	103604,85249
527	28740,8153	30815,18972	49899,43443	182759,53979	39384,502	99927,62313
528	27996,90605	30458,33069	46047,35345	176315,73378	37669,87308	98025,15691
529	26981,01268	28994,08878	46590,4014	166317,74002	35583,65441	95961,45466
530	26431,48106	29243,65076	44164,1781	161663,33094	35669,38568	92539,32535
531	25927,60445	28656,82597	42434,99269	157869,32445	34834,25748	89990,94404
532	24690,09525	26256,31315	42317,43436	150741,08426	34131,72953	86673,9071
533	23789,99714	27762,43568	41837,06813	150967,5428	33981,45932	84358,52643
534	23594,21425	27504,11261	40177,57626	144037,06032	31443,97188	82212,72876

535	22971,19577	25490,03339	38793,1159	136047,39714	30482,46005	81628,43828
536	21491,02265	24938,69907	37605,49263	135659,23271	31120,21583	75697,00133
537	21655,09155	24637,25458	37009,40787	130985,77621	29592,23315	74966,99066
538	20787,6856	24406,28272	36493,93694	128714,26956	29364,53069	72033,18016
539	20635,06201	22433,4596	34944,7256	122415,06358	28479,79633	71362,27681
540	20540,87731	22195,38566	33792,55272	120857,15274	27455,47355	68646,48815
541	19030,27243	21120,30235	32309,03396	111321,59365	25771,79751	65985,23034
542	18889,61966	20408,38305	32305,36293	107484,15072	24996,31412	63819,70327
543	18872,77603	20624,67929	29861,98738	109016,16194	24813,32072	63514,45636
544	18196,69973	18982,28413	29675,85128	104065,88367	24545,50422	60473,96598
545	17122,71069	18865,64448	28871,37552	99815,2362	23352,08517	55999,81724
546	16964,44319	17013,19159	27445,34918	99950,46941	23139,24052	55670,67277
547	16393,37877	18225,7724	26782,39625	94057,4197	21710,59244	54268,30077
548	15961,22095	17460,15914	26766,75341	94828,43037	21347,51533	55526,60045
549	14792,07083	18009,1804	25537,88013	88420,76419	21491,6186	51589,83447
550	14958,02994	17028,11444	24841,014	85441,06833	19749,2739	50316,40874
551	15230,93977	16190,23653	23797,29153	82852,94641	20498,65706	49193,411
552	15319,67093	15913,45662	22631,71763	79550,3178	18627,90551	48792,21881
553	15014,54053	16741,72572	23359,75212	79330,81267	19888,28091	47078,62196
554	14426,85114	14806,05153	22010,85891	74788,65843	17874,1274	45641,93766
555	13220,03048	15652,09916	22183,94076	73187,8954	17840,96097	44419,99728
556	13109,36986	14492,06709	20232,88593	71725,23058	17817,54142	43528,70875
557	12801,61158	14282,78978	20701,22865	70532,29523	16434,02479	40820,56586
558	12612,1923	14033,28439	19930,81657	67786,09272	16786,65032	40270,19712
559	12221,75804	13653,29631	19629,96862	66960,20289	15174,30573	39617,82181
560	11355,62764	13518,60434	18565,54996	62618,17529	16078,12676	38446,91074
561	11603,36816	12838,15538	18412,85651	61430,66429	14309,00487	36353,5885
562	11944,97994	12237,65938	17524,1819	61078,54213	14652,26482	36438,59117
563	10797,80903	12861,55411	17891,93272	59037,85008	14833,1677	35875,99691
564	10857,67319	12138,32182	16834,03348	54863,72983	15089,38172	35227,11746

565	10337,75708	11552,86416	17011,499	53109,526	14095,24203	32303,15414
566	9682,28755	10812,51567	15860,86794	53214,90726	12846,92628	32908,4754
567	9585,05942	11521,05162	16323,07149	52423,63192	13532,96508	32095,71382
568	10403,18185	11034,25722	15547,40229	49300,37283	13329,07675	30521,0997
569	10538,872	10789,3388	14700,47411	48744,69136	13159,14	29439,48158
570	9763,15797	10093,12553	15042,63902	47573,55901	12655,22663	28745,99792
571	9799,82037	10014,98608	13731,48483	45184,8005	11971,03805	28401,8746
572	9126,27754	10427,21559	14546,85275	45158,31932	12457,4674	28088,4352
573	8977,55416	9354,92923	14062,18661	42643,38227	11519,87039	26177,91236
574	8165,10342	8985,61627	14589,11862	43086,93057	11987,49253	27757,34914
575	8488,69511	8468,53194	13509,32477	39721,44744	9839,62759	26837,18099
576	8187,17658	8796,64382	12229,97594	39493,47711	10564,09882	24114,5871
577	8248,59513	8617,01874	12853,89018	39810,21721	11421,13172	24275,02191
578	8041,94873	8351,25445	12104,16386	36415,59347	10289,5703	24228,94809
579	7561,29363	7602,8392	11882,03285	36269,2821	10282,52843	23556,33786
580	7616,76846	8474,70117	11111,27486	36012,24866	10190,56659	22327,17566
581	7318,67813	8520,88174	11347,11479	33619,51854	9786,35922	22335,67762
582	7780,20649	7929,00826	10990,07311	33459,1394	9565,82766	22171,46277
583	6726,97842	7862,42382	11118,79554	32670,83468	10197,58512	21659,15663
584	7210,92691	7772,25655	10514,13594	31801,48303	9931,2167	21654,37032
585	7266,40543	7745,03094	11508,76788	32089,6647	9724,80008	20406,85118
586	7475,91271	7212,83074	10216,34992	29662,49236	9777,87996	20936,94028
587	5986,73972	7069,21295	10714,27588	30309,25053	8659,78587	20279,80466
588	6989,35215	7612,60648	10528,54639	27979,66767	8614,26523	20901,27919
589	6257,09842	6750,4897	9912,67922	27046,81254	8342,7979	17851,79335
590	6575,04864	6394,29129	9128,24622	28152,95741	9083,05688	19002,11652
591	6760,2435	6874,05231	8717,75508	27063,73575	7556,90519	18619,12182
592	6076,14694	6832,7992	9309,11569	24258,73004	8483,67686	19145,59507
593	5820,17943	6235,90653	9908,1626	24989,81804	7968,10279	18176,51275
594	6141,44358	7165,01752	8211,85449	23867,88302	7979,22405	16121,28941

595	5670,09331	6396,42757	9301,76464	24109,61163	8223,97831	16424,52648
596	5712,37816	5901,2171	8497,75263	23675,68302	7128,67026	16310,96407
597	6063,79779	5326,63022	7799,70853	22614,39883	7514,35334	16407,92344
598	4910,63764	5605,31321	8144,47219	21223,53635	7785,15724	15306,81685
599	5597,94209	5622,07115	8638,20375	22029,83246	7262,84728	15056,53391
600	5273,92276	6100,25167	7607,08675	21751,89341	7509,87158	14557,97112

Tabelle 27: Daten der Fluoreszenzintensität von Aflatoxin B₁ in β -CD (zeitabhängig)

Wellenlänge [nm]	Afla rein 1 mg/l	Afla: β -CD 1:100 (0 min)	Afla: β -CD 1:100 (15 min)	Afla: β -CD 1:100 (30 min)	Afla: β -CD 1:100 (60 min)	Afla: β -CD 1:100 (120 min)
370	1679,54647	1739,10486	1751,01654	1762,92821	1727,19318	1810,57492
371	1182,35614	2163,71174	1939,06407	2057,29969	1856,29914	1974,53476
372	1572,54973	1818,99409	1572,54973	2006,76122	1936,34855	1912,87766
373	1397,67961	2143,10873	1688,86286	2026,63543	1863,57281	1898,5148
374	1075,00693	1953,50723	2034,42173	1664,52687	1988,18487	1895,71115
375	1514,18502	2122,15325	1766,54919	2041,85556	2225,39314	2168,03765
376	1626,64931	2502,5374	2184,03264	2286,40917	2149,90713	2411,53604
377	1545,25606	2673,18019	2695,73868	2470,15385	2695,73868	3056,6744
378	1576,84708	3108,96092	2728,72829	2885,29466	3108,96092	3019,49442
379	2206,38941	3326,2152	3104,46752	3182,0792	3248,60351	3625,57456
380	2011,43632	4066,83847	3934,941	3868,99227	4077,82992	4165,76156
381	2711,98103	4534,60796	4611,46573	4798,12029	4831,05933	5325,14495
382	3092,94929	6405,25669	5494,92055	5670,40703	5220,72291	6076,21953
383	3341,61973	6365,51168	5883,44195	6486,02912	6705,15172	7351,56341
384	3677,30336	8744,53984	7715,77045	7573,49383	8394,32048	8470,93096
385	4340,23435	9708,13125	8822,59225	9904,91769	9161,50223	9970,51317
386	4937,52336	10542,87138	10192,53713	11199,7481	12152,21935	11177,85221
387	5722,84807	12640,69698	12333,72429	11719,7789	13638,35824	13068,26609
388	6631,12006	14821,21207	14546,74518	15194,48704	14744,36134	15820,27155

389	7585,8881	18437,0063	17348,59627	17942,27447	17271,63798	18316,07185
390	8939,63755	22007,8023	20290,33498	19982,07162	21016,95577	21270,1721
391	9953,57925	23782,88847	22571,72285	22802,94538	24124,21696	24575,65142
392	12146,00126	28135,11624	27210,12611	27925,89228	28024,99836	28828,85883
393	13942,42994	33391,34881	31695,35022	32510,31058	32488,28462	32950,82969
394	14769,99996	36016,331	36600,08193	36677,18111	36567,03942	37855,69714
395	18406,66516	43279,34615	39269,75542	42486,24029	41164,39719	44590,17389
396	19465,26857	48696,12616	45620,35009	47520,74031	48300,66924	49948,40642
397	22434,75439	56733,19971	52077,55	53030,58888	53797,40177	56448,38349
398	25081,56208	61491,3384	60147,68329	61130,84556	62365,26042	63534,13113
399	28584,75569	70220,02103	65045,57021	68313,64441	69511,93829	72050,14259
400	32448,18739	78127,67449	73847,59889	77106,5397	76378,70959	80626,19579
401	36041,92053	85380,65037	82332,1136	86667,08965	84850,94008	88029,20182
402	40244,52614	96948,32119	89611,57518	92871,15589	96356,64813	98045,60579
403	45624,58266	102157,52987	100252,04519	105422,54576	102853,35293	106707,14217
404	48030,98688	117867,12572	111113,60039	114511,66755	114980,36647	119614,09441
405	52785,64031	125742,17892	120961,79262	121650,76182	125943,56992	129049,23108
406	59950,5492	138282,41216	131352,44559	135821,00635	136740,07204	139370,50142
407	66118,48191	150103,69373	143681,35711	149145,60745	148703,41378	152051,45156
408	73219,23253	161569,18064	154245,15882	160845,17275	164853,44831	169554,25315
409	78283,46164	176561,30995	166909,20801	177931,21824	176090,73076	179688,04719
410	86406,83261	190468,13084	177972,43764	185048,81435	186216,05175	194355,44824
411	92146,22529	203604,72035	194410,87487	199511,64112	199106,4886	209775,50477
412	95910,69097	213753,88502	204061,33408	213049,72533	213267,18641	218734,77925
413	102074,78168	225815,55251	214358,07373	222295,73245	223090,53053	231575,25806
414	106406,93975	235006,85658	222464,78933	234420,39404	234122,01837	239677,97925
415	109785,98335	243559,7682	232401,69721	240216,44913	239816,48151	249251,61507
416	112823,36708	253417,69537	239859,65425	252036,31005	250266,09034	261286,47546
417	118367,64191	264453,77165	248516,91732	254550,6655	259042,79612	269088,8337
418	121165,93971	267054,00936	257865,97425	268541,20795	268205,06032	277556,0761

419	126074,44154	281479,86562	265147,61027	274375,79188	277069,03872	287374,51907
420	130249,5784	290878,89499	274695,29614	287400,84085	285058,47786	297013,6552
421	132748,60769	298192,96847	281465,14438	297666,10787	294758,24263	305315,71853
422	137814,87774	306183,29263	293660,18943	305049,43041	310232,80053	317491,54345
423	142599,68196	318348,2011	301708,03108	312430,57225	313877,10374	327219,58658
424	145254,02017	324529,68335	308974,3332	320567,56688	320597,8892	335395,18135
425	150610,48975	333467,96493	314855,0009	328468,82375	327398,30059	340365,76983
426	155177,49394	337874,4473	319830,55266	335626,52076	333620,52354	349255,20543
427	155208,71483	342996,56998	326274,35528	339907,68917	338126,80348	355221,29373
428	159697,64756	351873,10874	334248,3212	346490,26765	347926,36145	360168,30789
429	166895,05355	352885,30693	334752,38489	349958,37866	348384,65353	369845,45291
430	164589,62115	357933,15216	337253,14809	354261,37592	354241,36624	374771,29771
431	168117,31385	360561,47408	345137,13315	358160,79845	356250,26076	376796,04303
432	173133,68267	363698,74293	344267,20727	357088,22051	362798,6718	379049,95613
433	173998,51876	365104,92544	350166,76965	360775,45994	360775,45994	380033,08246
434	176322,51455	368919,72315	349276,12744	363281,56133	364361,20934	385444,33572
435	176806,52689	370564,0922	350034,94544	366606,18465	369294,76327	383527,23892
436	174630,48931	372175,97462	353735,85989	363916,96558	367971,3882	389574,95366
437	177861,12635	373450,20802	354859,92003	367975,39829	367163,20124	384770,83107
438	177475,64991	372768,16378	356528,10233	365767,96414	366752,21028	385714,01364
439	179975,08784	372766,01951	354065,34943	366810,77654	367374,11033	386034,54228
440	176929,92496	369154,81725	355431,66475	365356,26476	367069,13989	385487,58538
441	180654,57918	368992,93517	351787,73716	363924,26768	362631,85844	387086,66454
442	179283,64763	367835,52831	348762,79984	361582,50645	365538,70637	383589,50084
443	179020,70768	367491,30771	345387,48223	357453,33192	365706,77868	382649,6651
444	177180,20511	364561,63319	346140,50049	357845,48939	361818,27641	378217,45356
445	176827,17788	362970,69525	342036,93135	355599,078	359681,9765	380412,10457
446	177226,6869	361586,11529	343555,27951	355800,32927	354524,80326	373453,60935
447	174425,30728	360969,16458	337754,72699	349392,62566	354393,44504	371778,70667
448	174100,45678	356215,66351	330511,06907	343640,09039	347852,44618	364978,59343

449	171143,01979	347216,33903	332261,09735	343015,31304	343919,20127	366588,3073
450	172741,49202	350032,87614	326624,60769	337680,22789	339739,00259	360264,98645
451	170003,85822	339388,73279	323955,40723	332425,16678	335385,97189	356699,64208
452	168358,88588	338899,28275	316091,63707	329397,8202	333367,96342	351781,57038
453	165306,33678	332871,46643	311412,93418	326457,73806	325939,6663	349947,1116
454	164679,15372	326855,77411	307479,31274	317489,44605	321248,43802	343584,32677
455	162247,37136	320415,40402	305398,85878	316190,37466	317647,28134	335255,03917
456	158374,02056	315714,62244	301090,1825	312551,735	312969,2779	329159,5037
457	157457,91372	308507,77828	296623,56947	305282,81237	306476,46858	325386,49599
458	154926,28212	307562,96153	289099,10118	300169,01518	301460,85524	322025,26852
459	150732,78903	300412,09198	284599,26585	291583,87859	296503,65861	313580,66804
460	149902,85196	297354,16989	279210,70473	287262,72596	288942,87212	308174,73386
461	148577,24177	290373,03761	274977,03616	283941,25999	289482,97283	299750,5058
462	146466,47294	282817,88733	267082,17123	278376,61161	277037,85386	297448,59703
463	142615,96692	275643,23145	260482,42755	270699,72266	276143,97479	291113,00464
464	139169,60383	270262,73415	256000,70751	267527,84365	268991,4374	283403,02837
465	136130,86996	266134,35106	255229,31285	262674,30456	262588,60681	282213,39071
466	131200,23336	261163,74322	247183,39048	255700,65153	257679,40915	273928,88068
467	130523,84182	253825,14847	242316,59468	247908,93132	252842,71095	268572,50727
468	127692,3251	253563,88033	235301,99205	243278,69815	248394,19445	262862,81217
469	128338,29894	247711,63023	232577,80743	239910,80281	243936,33439	254990,22654
470	124540,30823	240539,83587	228919,13185	234063,25929	235679,67301	250664,26503
471	121633,58488	238528,91279	222983,91198	226391,93903	231987,69958	247532,7004
472	122053,09374	227695,96645	221831,22124	229964,40564	226334,90294	240432,42256
473	118603,00697	227304,79568	215409,9688	222448,85512	222337,48033	240591,80735
474	116566,54748	222977,37884	211386,85955	218482,40956	218628,13175	231821,5952
475	111876,86084	217605,40171	205263,63648	210148,4485	215777,8277	222681,99618
476	112098,78372	212054,28772	199038,77615	204272,16722	206277,1677	220663,32932
477	109111,27672	206097,81446	198101,85621	200399,41463	199921,70446	215071,94115
478	107614,58781	199423,31872	188356,93481	196042,87534	194306,97198	210375,49846

479	102513,03191	193146,47758	183640,51522	190405,91666	188284,56197	202939,10948
480	99358,46167	185994,89551	178557,40232	182195,55688	187387,98634	200156,06675
481	97731,27102	184335,18167	174051,32837	179667,00557	179412,79796	192851,1366
482	94698,1242	180582,80554	171154,74101	173740,79069	174935,24413	185314,23276
483	92932,45899	175262,35441	165125,32601	169710,84747	174051,96296	183513,96536
484	89995,35025	169922,43419	160122,81072	165986,23263	167177,60521	176007,77845
485	87070,03047	165114,22311	156826,86291	159851,10468	162734,68404	174526,88257
486	84377,61431	159607,26542	154033,82769	154645,25967	155903,39857	166897,41604
487	83801,68163	157259,36963	147623,06085	150996,35866	157577,82782	164265,4497
488	82274,07944	152350,20434	140897,61462	146600,2471	145878,54465	160561,04862
489	81459,39762	147597,68768	137818,76233	144037,39933	143859,38491	153543,36924
490	77138,3606	142777,39151	136837,26158	139087,13043	139622,81349	149467,47772
491	75883,6176	139817,05921	134797,98529	136471,00993	137319,47242	147512,97255
492	73513,2284	135462,03902	128420,22031	132558,93829	131959,12409	144183,33749
493	73133,44671	132598,77848	124614,67258	127203,78686	130154,1729	139173,92452
494	68638,50313	126469,88724	122492,77073	125406,09924	126481,97574	136442,89976
495	68815,36214	122571,67571	119416,67763	121249,00344	124331,19388	131563,42026
496	66935,06931	122348,92765	114116,01155	119730,4706	119547,78755	128767,19212
497	65846,01152	117892,10713	111646,08673	113858,4736	115031,89426	124077,01187
498	62784,52161	114197,16914	105855,34134	113080,8363	113019,49933	121950,16204
499	61398,22727	112109,93735	105350,83834	108207,14247	110534,04541	119533,86577
500	59691,43837	110338,34499	101701,55852	105321,84241	105779,01136	115923,21979
501	58716,02904	104506,83367	98907,1447	102470,58313	103426,62759	111757,87214
502	56468,21292	103903,50799	97428,25335	99923,53452	99062,66252	108819,2119
503	55236,47965	101935,50068	94501,26727	95742,39561	96682,64436	105270,24957
504	53398,23378	96769,33991	90710,23388	94035,8139	96920,50263	102311,97328
505	52273,98039	91207,33721	88865,76666	91675,65132	91498,45139	100358,44807
506	50366,81648	89248,47254	84567,9199	88129,20995	88714,27903	95785,98357
507	50202,38532	88199,2518	84531,20583	86627,2321	87509,09681	95215,82755
508	46900,45552	85157,97386	79931,11587	81934,53073	85633,14277	91977,28982

509	47655,05504	83515,70978	77747,55121	79876,73726	82496,28131	87399,8613
510	44447,14914	80635,01182	76654,47659	78197,42021	79934,85253	85989,93382
511	44886,71012	78026,99972	74937,20876	74246,24285	76684,17918	83645,98667
512	43244,19115	73904,44065	71689,14259	74743,37009	75582,29954	81481,02219
513	40764,04633	73949,90752	70088,32797	72328,83488	73686,31848	80210,14742
514	41315,47147	72136,44217	68916,53852	68823,78409	68572,02208	76005,62679
515	39392,59854	68953,6997	65383,45405	68074,4601	68167,71279	74215,8155
516	37959,73086	67786,19076	64114,82957	64423,00953	65159,96159	70948,38507
517	37181,51099	64336,5471	61425,63504	63029,33196	64498,26444	70953,48146
518	37882,76201	63553,58535	60070,26878	61913,58027	64082,18203	67890,78888
519	34323,05262	61217,16811	57686,71909	60658,29394	61462,5275	65088,39406
520	34010,52446	60454,01566	58809,00843	57767,17052	58959,80076	63771,44691
521	33667,77248	59432,37674	52922,2626	57556,58114	59404,79151	61432,30587
522	32777,08621	55743,2495	53592,33995	54938,39302	56048,53989	59503,87201
523	31454,2613	55118,25283	50818,24729	52521,49624	54099,09567	57994,23056
524	31475,46816	54439,49781	51307,4008	51419,76302	53835,55085	57487,32315
525	30307,77578	51544,41307	49071,75071	51106,3986	51148,78709	56108,24131
526	28847,84489	50458,84747	46833,31743	48482,57815	47871,21426	52790,5609
527	28740,8153	49899,43443	46852,24993	46251,39664	48526,0555	52288,54152
528	27996,90605	46047,35345	45629,91886	46032,95915	48062,55491	48955,00127
529	26981,01268	46590,4014	43056,65631	44866,97654	45446,27901	49197,26253
530	26431,48106	44164,1781	43042,22439	42415,67881	43916,47404	46947,20615
531	25927,60445	42434,99269	40542,1455	43139,30792	44137,08783	47145,1008
532	24690,09525	42317,43436	38919,03704	40825,09467	41962,81898	44105,28686
533	23789,99714	41837,06813	39173,89772	39307,80015	40676,58047	42729,75095
534	23594,21425	40177,57626	37016,70058	37241,40738	40522,12669	42724,25336
535	22971,19577	38793,1159	37194,33274	39879,08182	37465,82422	42020,84794
536	21491,02265	37605,49263	35828,49641	36147,44445	36056,31644	39686,24889
537	21655,09155	37009,40787	33797,84769	34669,55688	34853,0746	38615,18797
538	20787,6856	36493,93694	32028,4341	34538,35466	35908,80208	36786,50436

539	20635,06201	34944,7256	31921,55723	33301,36228	34681,16733	36541,57863
540	20540,87731	33792,55272	30951,79309	31966,3501	32653,12715	35852,88387
541	19030,27243	32309,03396	29763,28323	31586,16647	31051,8731	33456,19324
542	18889,61966	32305,36293	29679,1679	29726,62926	31704,18576	32779,97649
543	18872,77603	29861,98738	28540,09674	29209,00526	30021,25131	32999,48686
544	18196,69973	29675,85128	28072,61783	28281,03817	28729,94354	31776,08711
545	17122,71069	28871,37552	26595,87862	27386,65414	28306,53586	29129,58793
546	16964,44319	27445,34918	26697,87372	27851,58585	27185,35772	30094,01225
547	16393,37877	26782,39625	25588,06826	27076,88809	28042,16688	28483,90463
548	15961,22095	26766,75341	25877,2736	25498,42109	25481,94924	27392,68364
549	14792,07083	25537,88013	25305,71758	23647,41368	25438,3819	26731,85894
550	14958,02994	24841,014	23388,61601	24807,62554	25158,20437	26527,13122
551	15230,93977	23797,29153	23241,9092	22888,48408	24924,88597	24958,54551
552	15319,67093	22631,71763	22360,27274	24565,76246	23530,87882	26007,81343
553	15014,54053	23359,75212	21478,65935	22350,80236	22915,1302	24915,92888
554	14426,85114	22010,85891	20114,85697	21821,25872	22510,71397	22717,55054
555	13220,03048	22183,94076	20342,51733	20446,74885	22097,08117	23104,65248
556	13109,36986	20232,88593	20757,96083	19742,81603	21335,54321	21773,10562
557	12801,61158	20701,22865	19749,04266	19678,51037	19555,07885	20789,39402
558	12612,1923	19930,81657	19344,61608	19326,85243	19628,8345	21938,10915
559	12221,75804	19629,96862	18556,31491	18806,83411	19343,66096	20113,11279
560	11355,62764	18565,54996	18962,09569	19232,46777	19304,56699	20295,93131
561	11603,36816	18412,85651	17450,44883	17632,03518	18612,60151	20392,1478
562	11944,97994	17524,1819	17926,61614	17670,52162	18493,68257	18658,31476
563	10797,80903	17891,93272	16491,53428	16104,58208	17191,7335	17707,66976
564	10857,67319	16834,03348	17335,15686	16722,67273	16351,47022	18300,28336
565	10337,75708	17011,499	16076,80125	16039,41334	15908,55566	17721,86929
566	9682,28755	15860,86794	15578,31091	15766,68226	16086,91356	17575,04725
567	9585,05942	16323,07149	15506,91791	16380,01244	15317,11476	15449,97697
568	10403,18185	15547,40229	15337,04384	14266,12806	15796,00774	16866,92352

569	10538,872	14700,47411	14681,20744	14026,14044	15201,4077	16222,54155
570	9763,15797	15042,63902	14732,08131	14635,03202	15081,45873	15294,96716
571	9799,82037	13731,48483	13927,09002	13398,95599	14161,81626	14455,22405
572	9126,27754	14546,85275	13068,51406	13206,49234	13561,29362	15867,50199
573	8977,55416	14062,18661	13426,60755	13247,85094	13645,08785	14181,35768
574	8165,10342	14589,11862	13808,63079	12607,88029	13168,23052	14148,84343
575	8488,69511	13509,32477	12722,96108	12178,55546	12259,20815	14779,60456
576	8187,17658	12229,97594	11843,98002	11864,29559	12372,18496	13428,59484
577	8248,59513	12853,89018	11728,15139	12915,29412	12669,67838	13426,99357
578	8041,94873	12104,16386	11836,0989	12104,16386	12104,16386	11650,51547
579	7561,29363	11882,03285	10884,93919	11653,53222	11196,53096	11508,12273
580	7616,76846	11111,27486	11487,92825	12450,4869	11655,32975	12387,71133
581	7318,67813	11347,11479	10587,8283	11874,39707	11600,21029	11326,0235
582	7780,20649	10990,07311	11032,5879	10033,49034	10777,49916	11372,70621
583	6726,97842	11118,79554	10154,73812	10133,31463	10283,27911	10754,59607
584	7210,92691	10514,13594	9974,3959	10514,13594	10989,10717	10816,39036
585	7266,40543	11508,76788	10312,20411	9659,53297	10355,71552	11138,9209
586	7475,91271	10216,34992	9164,02203	9580,56848	10567,12588	10632,89637
587	5986,73972	10714,27588	9565,52878	9786,44168	9896,89813	10117,81104
588	6989,35215	10528,54639	9526,88764	9816,25572	9771,73756	9749,47847
589	6257,09842	9912,67922	9150,16544	8701,62791	9710,83734	9621,12983
590	6575,04864	9128,24622	8540,78483	9241,21957	10461,33168	9647,92361
591	6760,2435	8717,75508	9332,32267	8285,28159	8968,13447	9218,51386
592	6076,14694	9309,11569	8804,68085	8437,81915	8300,24601	8483,67686
593	5820,17943	9908,1626	8129,77444	8614,7894	8730,26915	8637,88535
594	6141,44358	8211,85449	7746,59361	8537,5371	8025,75014	8444,48493
595	5670,09331	9301,76464	8270,83858	8528,5701	8997,17285	9512,63588
596	5712,37816	8497,75263	8285,30881	7388,32381	7435,53355	8426,93802
597	6063,79779	7799,70853	7585,69214	7205,21855	7871,04733	8988,68849
598	4910,63764	8144,47219	7162,34466	8120,51786	7641,43126	9198,46271

599	5597,94209	8638,20375	7769,55756	7721,29944	7745,4285	8010,84817
600	5273,92276	7607,08675	7436,96021	8554,93462	7461,264	7801,51708

Tabelle 28: Daten der Fluoreszenzintensität von Aflatoxin B₁ in CV (zeitabhängig)

Wellenlänge [nm]	Afla rein 1 mg/l	Afla:CV 1:100 (0 min)	Afla:CV 1:100 (15 min)	Afla:CV 1:100 (30 min)	Afla:CV 1:100 (60 min)	Afla:CV 1:100 (120 min)
370	1679,54647	17236,1968	17438,69531	16723,99468	15651,94374	13841,36882
371	1182,35614	13857,214	13242,3888	13230,56524	12497,50443	11315,14829
372	1572,54973	11043,05444	11054,78989	11348,17603	10526,69483	9505,71105
373	1397,67961	10144,82447	10366,12374	9364,45336	8956,79681	8281,25166
374	1075,00693	9097,1017	8692,52919	8496,02255	8380,43041	7860,26576
375	1514,18502	8385,37312	8018,29796	8064,18236	7433,27193	7020,31238
376	1626,64931	7666,86457	7564,48804	7735,11559	7575,86321	6938,8537
377	1545,25606	8481,98948	8075,93679	7715,00107	7433,02003	7105,92203
378	1576,84708	8197,36818	8029,61849	8085,53505	7526,36942	7202,05335
379	2206,38941	8459,67398	8127,05246	7849,86786	8692,50904	8016,17862
380	2011,43632	8760,18989	9002,0019	8628,29242	8749,19843	8683,2497
381	2711,98103	10397,75724	10364,8182	9673,09834	10002,48875	9497,42346
382	3092,94929	11088,55224	11176,29548	11242,10292	11307,91035	11296,94244
383	3341,61973	12446,16398	12259,90977	12084,61168	12676,24272	12533,81302
384	3677,30336	14490,32635	14424,66022	14358,99409	13954,05294	15114,1546
385	4340,23435	16300,47713	16803,37582	16934,56678	16748,71292	16584,72421
386	4937,52336	19563,97835	19739,14548	18644,35094	19771,98931	19640,61397
387	5722,84807	21564,83171	21542,90509	22178,7771	22376,11669	24130,24637
388	6631,12006	23867,64076	25426,6127	25228,99654	26820,9045	26897,75523
389	7585,8881	29716,89209	29387,07086	29716,89209	30816,29616	31409,97436
390	8939,63755	35009,91061	34041,08289	35009,91061	35725,52199	37365,92346
391	9953,57925	39990,48654	39076,60703	40353,83622	41675,1078	42566,96612
392	12146,00126	46502,77724	45941,1761	46535,81261	48749,18183	50059,5845

393	13942,42994	52730,13789	54921,72048	53148,63105	55450,34342	56496,57631
394	14769,99996	61426,01773	61348,91855	62406,27873	64168,54569	65721,54344
395	18406,66516	71016,02053	70178,85323	69528,94704	72227,71003	74937,48839
396	19465,26857	79036,46012	79959,19295	82287,99483	82892,16513	85682,33342
397	22434,75439	91962,77497	90746,82881	89059,84044	93989,35191	98557,36586
398	25081,56208	102227,02873	102806,00207	100643,04506	103614,37994	110594,83211
399	28584,75569	114393,49067	115700,72035	115395,70009	117661,56487	124252,18118
400	32448,18739	130357,63264	128847,65673	127989,46898	133334,13192	139808,561
401	36041,92053	144059,57797	147378,3751	143562,29893	150394,48062	157388,81853
402	40244,52614	161494,47378	162182,96608	159192,32768	164732,53911	174608,10045
403	45624,58266	176878,22132	176214,51317	174929,91675	181417,12865	190505,64828
404	48030,98688	198376,81719	197972,03176	193562,00103	199782,91394	211883,86784
405	52785,64031	214057,43094	218541,03051	212022,32192	222325,06135	233899,74393
406	59950,5492	234911,07709	235344,2	232576,43896	241693,14803	254475,55588
407	66118,48191	260494,18463	259788,78044	254450,87116	266158,47496	278403,02822
408	73219,23253	283328,42029	286371,352	277316,00696	287945,28219	297850,54953
409	78283,46164	303032,08005	304684,33586	298660,9223	313782,20009	328631,58768
410	86406,83261	329442,33333	328421,0006	319906,42067	337665,10391	345814,92216
411	92146,22529	351443,83332	348618,15426	341325,40903	357386,07017	370267,84237
412	95910,69097	371030,02132	374726,85966	367705,97341	382369,06328	399517,42263
413	102074,78168	388470,46299	395675,25595	386984,08736	401589,79229	416061,31054
414	106406,93975	416213,49193	413991,10758	402158,96866	416861,68737	437284,98803
415	109785,98335	431924,00511	435554,48041	424683,56566	442025,75136	465941,7638
416	112823,36708	452224,62436	455396,69436	442769,80927	461566,88213	482778,82118
417	118367,64191	469580,79091	472888,63255	463026,36395	476829,45623	505089,0416
418	121165,93971	491447,8291	491325,5936	483461,77641	500228,41254	525001,47394
419	126074,44154	508820,38822	515741,52443	502519,20694	523272,45237	547460,85793
420	130249,5784	530844,35026	533288,11424	520673,83043	546683,18572	565462,65004
421	132748,60769	549211,64925	552251,22964	538269,15983	565260,63372	584004,71281
422	137814,87774	571770,26851	569765,7621	554691,46893	583291,1185	610969,50502

423	142599,68196	585167,51095	585127,04853	581707,97408	600138,60617	627612,58902
424	145254,02017	606658,65593	605344,68873	591588,4629	616382,0132	645360,04367
425	150610,48975	624700,76134	617974,64411	607148,22119	631780,35319	665582,62699
426	155177,49394	633260,05889	636012,00484	622141,39085	643189,24114	678893,97568
427	155208,71483	648966,81619	652458,15704	636500,61642	663888,02221	693277,66671
428	159697,64756	658333,51705	663405,03711	648672,5224	673367,31018	705393,20618
429	166895,05355	675328,55514	672822,6234	655100,67417	683698,36713	711544,28057
430	164589,62115	681069,47116	686752,22022	670844,52478	694706,06794	725200,81995
431	168117,31385	690664,3761	688063,64417	674889,93664	699826,95476	734886,82178
432	173133,68267	700625,37008	695985,00336	685514,17585	712126,27899	744338,82473
433	173998,51876	706632,76162	705002,96283	688395,01319	716921,49141	747867,67091
434	176322,51455	710178,46445	709868,56549	694033,72803	721154,88587	759312,44557
435	176806,52689	714382,32426	712833,14328	700469,67952	733142,40629	761637,34174
436	174630,48931	713688,50112	724900,73158	703106,95863	728424,57544	765204,69569
437	177861,12635	723116,07779	720569,18829	709489,21621	732591,71002	764387,72037
438	177475,64991	726624,74086	726313,39769	708345,88381	739259,24754	770534,17108
439	179975,08784	724417,08125	726700,59503	715212,60943	741970,96467	769775,51125
440	176929,92496	730369,95449	722470,57743	714944,0026	738621,98231	772587,28852
441	180654,57918	724789,16037	727626,40253	707270,95699	738016,16119	769579,21811
442	179283,64763	721657,40732	721283,03546	713077,20904	738757,09491	766531,43956
443	179020,70768	723078,99565	718374,32821	712757,11751	732376,79747	764123,16334
444	177180,20511	722549,3707	720222,59774	706678,54375	731988,55011	761850,4966
445	176827,17788	718854,86342	709049,79793	702217,81565	728486,83845	757342,03636
446	177226,6869	712549,6499	711580,25013	700427,05064	723968,1588	748182,74471
447	174425,30728	703601,99146	701188,50808	697036,49853	719616,88541	749304,7763
448	174100,45678	706066,67265	697785,44765	690447,13441	710350,77172	743219,4457
449	171143,01979	697051,89964	690457,62412	680597,02522	705957,25303	734224,30323
450	172741,49202	686910,18189	682617,63662	675823,68008	700508,38885	724873,98754
451	170003,85822	680778,84604	679375,81645	666862,03041	694200,47475	714833,26294
452	168358,88588	668917,43783	669558,45053	665815,76344	681117,35709	716042,21072

453	165306,33678	670084,3742	655516,19634	653920,53533	674073,52674	698422,8994
454	164679,15372	655372,98113	649495,66219	643192,60107	665237,73906	694759,32516
455	162247,37136	646741,68656	640695,52385	631517,01179	656877,59444	680073,63002
456	158374,02056	641554,66012	628485,56747	620520,93672	641460,71297	674467,47892
457	157457,91372	630941,54575	623538,78308	617015,55657	637946,42301	659641,64825
458	154926,28212	620177,75288	610326,15959	606545,1643	625807,23476	655561,56716
459	150732,78903	610263,41928	599791,7676	590731,78727	613381,73809	641467,67712
460	149902,85196	598301,10517	588484,40212	590481,55699	608012,13865	630149,91355
461	148577,24177	587283,81293	581063,9555	576920,91588	594732,80743	617885,08766
462	146466,47294	576781,46418	568632,042	566496,40463	586174,01856	602844,74007
463	142615,96692	564060,7453	561056,28522	553150,9328	578688,84351	591590,97528
464	139169,60383	553697,81202	546775,12043	542224,0917	561047,83024	582713,29095
465	136130,86996	542370,32397	538567,48648	534657,5268	549268,99254	571186,19115
466	131200,23336	537372,4968	530124,22161	520510,04058	540684,76499	558160,20591
467	130523,84182	525560,88864	517766,16459	507013,33196	531617,454	550672,42347
468	127692,3251	508081,49727	506932,67818	504840,96042	523265,41744	535002,88036
469	128338,29894	502484,26047	494824,87064	495107,74583	507913,2882	531011,13566
470	124540,30823	492350,88091	486354,85976	483766,41346	499395,38664	516782,75581
471	121633,58488	484324,61876	476563,11198	474001,59488	487963,51216	506949,52093
472	122053,09374	476261,57341	471425,925	465804,62204	480411,15729	500174,24209
473	118603,00697	467083,56711	454431,3917	456580,92502	474300,65308	485772,25578
474	116566,54748	453207,23928	448891,62039	447053,27884	461121,07547	474897,4277
475	111876,86084	447936,13356	438572,63709	432379,19183	448827,35792	465320,6493
476	112098,78372	431834,0575	430701,28887	424912,84117	435776,09234	452314,51435
477	109111,27672	423080,59628	409932,19267	412138,75867	423626,55076	444714,04237
478	107614,58781	409947,2826	404796,67461	399611,80537	414995,10684	431200,67832
479	102513,03191	399869,62515	397278,1324	388689,51261	403034,45701	420544,23326
480	99358,46167	389846,68256	381511,16387	380532,54635	392264,4435	409384,49362
481	97731,27102	381554,0672	373615,85684	368901,46117	387539,50092	397569,14661
482	94698,1242	371359,05355	361327,96397	360493,00623	374548,12826	386828,96509

483	92932,45899	358124,57053	354283,90535	350443,24017	364630,42458	372730,7366
484	89995,35025	345486,36795	343956,2718	342940,10107	357306,65276	364232,9659
485	87070,03047	337519,4477	330943,48013	332936,19757	344095,41526	356086,88554
486	84377,61431	334606,1553	320801,90235	324458,73597	333994,72332	348034,14242
487	83801,68163	323777,61612	318116,13728	316075,64594	325039,65411	338898,48253
488	82274,07944	312982,24008	304747,73342	309066,11694	314934,38605	326694,58665
489	81459,39762	305270,99142	300583,27842	299906,82363	304938,69784	318693,27853
490	77138,3606	298839,7229	293506,70044	290304,50615	298994,47578	308791,52374
491	75883,6176	287282,23105	281749,29957	281283,2427	289122,55816	303092,3139
492	73513,2284	280809,01606	273659,23079	274522,96324	286363,29556	293309,144
493	73133,44671	273699,48573	268653,72347	268701,89304	274024,63031	285368,56359
494	68638,50313	263722,7165	259660,98049	262066,592	270951,63951	275448,56152
495	68815,36214	258260,86271	253164,32734	252897,36596	261209,57246	270820,18202
496	66935,06931	248789,9556	244235,05823	246792,62092	252334,00676	262807,83492
497	65846,01152	244658,20801	242580,27559	237079,86624	247163,95005	256172,39826
498	62784,52161	236012,38985	234687,51131	233055,94793	238306,39249	244599,56553
499	61398,22727	230092,5345	227051,55552	225217,11881	232480,99571	240114,22228
500	59691,43837	224346,39754	222591,85722	221899,92583	226990,56392	234008,72517
501	58716,02904	216252,28965	212353,61485	212850,26132	222050,63719	227786,90393
502	56468,21292	211836,89508	211612,31977	209928,00498	216004,01464	221294,01072
503	55236,47965	206603,99105	199934,49328	200812,05878	210151,86298	213687,19827
504	53398,23378	198287,70886	195163,67914	194533,83444	200819,68456	207785,76696
505	52273,98039	195059,1554	189439,38608	190236,78578	194590,84129	201678,83863
506	50366,81648	190414,54787	182325,33189	182706,89868	188557,58948	198109,47816
507	50202,38532	183772,93749	177587,10386	181664,13057	187671,03513	194623,70764
508	46900,45552	178560,77041	174939,21278	173500,86365	178971,7273	187242,23479
509	47655,05504	173018,94881	169573,53866	172064,04113	175173,94318	178116,09118
510	44447,14914	166391,55921	165859,95678	162812,96727	168453,13934	172485,53823
511	44886,71012	163850,18087	160212,83201	161712,09767	163185,28915	167474,49264
512	43244,19115	159383,48597	155464,11247	154245,04313	157220,62099	162280,4142

513	40764,04633	153540,62068	148730,12055	149968,98908	154146,8755	159379,11811
514	41315,47147	150725,94225	145425,68934	143636,85398	149149,11701	153906,094
515	39392,59854	142410,17191	138573,49001	142383,52829	142916,40078	149417,44511
516	37959,73086	139002,55841	137729,6412	139069,55405	139511,72529	148716,92652
517	37181,51099	131826,58226	133551,56719	133484,18496	135694,3219	142109,10959
518	37882,76201	130685,36361	129587,50897	130088,99813	132447,35254	139386,87818
519	34323,05262	127695,93205	125269,60029	125460,43537	129726,96256	133857,17898
520	34010,52446	125527,75995	122635,28891	120044,40253	124417,38008	128708,10726
521	33667,77248	121843,95825	117030,33572	118575,10856	121954,29916	126450,69156
522	32777,08621	117633,93727	115816,07178	116634,80509	119271,4039	121824,74169
523	31454,2613	113098,52233	110697,22054	111758,26087	116030,34429	118305,99657
524	31475,46816	109145,8559	107446,37725	107334,01503	109890,25564	113584,16377
525	30307,77578	106465,77645	103993,11409	105321,28701	108740,62582	113601,17354
526	28847,84489	103604,85249	102780,22213	100434,29093	104728,05592	110145,02433
527	28740,8153	99927,62313	99455,52412	99856,09297	102774,5232	107724,40975
528	27996,90605	98025,15691	97031,95048	95937,98397	101033,56481	99335,03786
529	26981,01268	95961,45466	92587,01776	92239,43627	95802,14648	98351,07737
530	26431,48106	92539,32535	90936,53433	90849,10936	92918,16687	95336,92423
531	25927,60445	89990,94404	86293,28907	91062,09012	93673,92577	94011,41015
532	24690,09525	86673,9071	85358,8751	84368,90718	88314,00319	89392,62495
533	23789,99714	84358,52643	81397,79508	81814,38039	87497,79434	88345,84302
534	23594,21425	82212,72876	80160,40663	78272,86949	83456,1064	86167,56848
535	22971,19577	81628,43828	77269,49174	78249,87764	81688,76972	82488,1613
536	21491,02265	75697,00133	75590,68531	76031,13737	76091,88937	79463,62579
537	21655,09155	74966,99066	72795,36425	73804,71173	76786,87476	77352,72108
538	20787,6856	72033,18016	68938,12475	71509,63845	73957,96587	76267,70871
539	20635,06201	71362,27681	68959,24554	68308,10159	73191,68125	71439,79395
540	20540,87731	68646,48815	66461,28844	67444,62831	69270,83092	71424,8135
541	19030,27243	65985,23034	64539,49536	65686,65464	65890,94328	69080,98895
542	18889,61966	63819,70327	63313,4488	62538,24666	64594,90541	67901,37988

543	18872,77603	63514,45636	61666,99474	61014,01262	62670,35752	65091,1693
544	18196,69973	60473,96598	60858,74201	57716,40444	62317,68446	63455,98021
545	17122,71069	55999,81724	57549,09172	58985,39827	59001,53655	59985,97138
546	16964,44319	55670,67277	55800,6685	56255,65357	57035,62797	57896,8497
547	16393,37877	54268,30077	54301,02209	53761,12039	54579,15326	57949,4487
548	15961,22095	55526,60045	51540,41317	51128,61697	53813,52823	57107,89788
549	14792,07083	51589,83447	50810,43163	53231,55534	51805,41398	54176,78856
550	14958,02994	50316,40874	49982,52414	49631,94532	50967,48371	53438,22972
551	15230,93977	49193,411	47527,264	48065,81656	49159,75146	53097,91711
552	15319,67093	48792,21881	45840,25564	46943,0005	48113,60659	52405,8289
553	15014,54053	47078,62196	44513,49545	45454,04184	45796,0587	49216,22739
554	14426,85114	45641,93766	43642,51743	44452,62735	44263,02716	46021,13805
555	13220,03048	44419,99728	42213,76355	42630,68961	43395,05405	45740,26314
556	13109,36986	43528,70875	41918,47907	41340,89669	43318,67879	43756,2412
557	12801,61158	40820,56586	40450,27131	43218,6639	41984,34873	42389,90943
558	12612,1923	40270,19712	39524,12377	39737,28758	41584,7073	41744,58016
559	12221,75804	39617,82181	38562,06233	39778,86986	39599,92758	40387,27363
560	11355,62764	38446,91074	37311,34797	38194,56346	39240,00219	41511,12772
561	11603,36816	36353,5885	36789,39576	35863,30534	37806,27935	38169,45207
562	11944,97994	36438,59117	36804,44048	35706,89256	35542,26037	37737,35622
563	10797,80903	35875,99691	35360,06064	35046,81362	36078,68616	37479,0846
564	10857,67319	35227,11746	32554,45945	34373,35171	33872,22833	35468,39909
565	10337,75708	32303,15414	33854,7524	32508,78765	33723,89472	34957,69575
566	9682,28755	32908,4754	31213,13322	32983,82394	33134,52102	33360,56664
567	9585,05942	32095,71382	30045,83973	32665,12329	31659,16656	32190,6154
568	10403,18185	30521,0997	28780,86156	30176,87678	31515,5215	32337,83183
569	10538,872	29439,48158	30171,61528	29227,54814	30306,48202	31385,4159
570	9763,15797	28745,99792	28998,32605	27950,19379	29774,72033	30551,1146
571	9799,82037	28401,8746	29145,17435	27991,10368	28558,35876	29379,90058
572	9126,27754	28088,4352	28068,72401	29369,66207	27911,03455	29763,88572

573	8977,55416	26177,91236	26416,25451	26555,28742	27866,16923	28442,16275
574	8165,10342	27757,34914	24695,43536	25796,12332	26176,36098	26356,47355
575	8488,69511	26837,18099	25506,41168	26393,59122	25788,69608	25970,16462
576	8187,17658	24114,5871	24155,21825	24134,90268	24663,10762	26369,61589
577	8248,59513	24275,02191	25114,20901	23783,79044	24500,16967	26383,22364
578	8041,94873	24228,94809	24971,28182	24187,70733	24888,8003	24476,39267
579	7561,29363	23556,33786	22974,69989	24989,66001	24221,06697	24594,9771
580	7616,76846	22327,17566	21573,86889	21971,44747	23164,18319	23310,6595
581	7318,67813	22335,67762	21006,92626	22757,50345	21745,12146	24170,61998
582	7780,20649	22171,46277	22511,58108	22554,09587	21193,62261	22936,72898
583	6726,97842	21659,15663	22430,40257	20737,94621	21744,85063	20930,7577
584	7210,92691	21654,37032	19732,89579	21460,06391	20294,22543	21244,16789
585	7266,40543	20406,85118	20341,58406	20058,7599	21190,05655	21016,01091
586	7475,91271	20936,94028	19753,07141	18941,90199	21528,87472	20805,3993
587	5986,73972	20279,80466	20544,90014	19263,60529	21185,54756	20434,44369
588	6989,35215	20901,27919	18630,8527	18986,99803	19543,47511	20166,72944
589	6257,09842	17851,79335	18457,319	19870,2122	18973,13715	19488,9553
590	6575,04864	19002,11652	17420,4897	17284,92168	18776,16983	18889,14317
591	6760,2435	18619,12182	17503,79545	17344,46312	18186,64833	19552,35409
592	6076,14694	19145,59507	18136,72539	18343,0851	16967,35372	17746,93483
593	5820,17943	18176,51275	17229,57879	16467,41244	17529,82615	19123,4467
594	6141,44358	16121,28941	17214,65247	17144,86334	15795,60679	16609,81333
595	5670,09331	16424,52648	16166,79497	17502,31281	16705,68813	16190,22511
596	5712,37816	16310,96407	16240,14947	15815,26184	15036,30118	16004,10078
597	6063,79779	16407,92344	15742,09466	14838,46989	17026,19302	16003,67025
598	4910,63764	15306,81685	16169,17273	15282,86252	15282,86252	15234,95386
599	5597,94209	15056,53391	15153,05015	15828,66385	14501,56551	14742,85612
600	5273,92276	14557,97112	15530,12278	14703,79387	14144,80667	14557,97112

Tabelle 29: Daten der Fluoreszenzintensität von Zearalenon (konzentrationsabhängig)

Wellenlänge	ZEA rein 3mg/l	ZEA:β-CD 1:10	ZEA:β-CD 1:100	ZEA:β-CD 1:1000	ZEA:CV 1:10	ZEA:CV 1:100
330	4200	8220	8870	11740	9640	50640
331	3730	8620	7970	10560	8610	43330
332	3770	8930	7740	9480	7770	37280
333	3520	8800	7650	8650	7190	32830
334	3300	8460	7750	8640	7080	30300
335	3280	9790	7560	8070	6620	28170
336	3170	10670	7860	8300	6600	27380
337	3410	10210	7630	8610	6670	25910
338	2860	11100	8360	8320	6530	24680
339	3360	11100	8160	7630	6660	23770
340	3400	11170	7980	8110	6480	23840
341	3340	11250	7820	7590	6310	23110
342	3110	11400	7780	7930	6560	23230
343	3050	10850	7520	7810	6220	22160
344	3150	10890	7240	7440	5900	21610
345	3190	10470	7890	7420	6180	21470
346	3270	11020	7780	7700	5980	22400
347	3730	10820	7840	7550	6410	21870
348	3910	11680	8220	8890	6360	22420
349	4490	12240	9190	8990	7710	23660
350	5900	14400	11710	11410	9470	25030
351	10370	18050	14290	14750	13310	29610
352	14160	23370	19360	19780	18040	35090
353	21640	30170	26770	26320	24680	42190
354	29470	38250	34850	35120	32770	48900
355	39890	49520	46890	45700	43230	59470
356	48430	57910	54690	56040	52310	67580

357	55330	65590	62590	62970	59730	76580
358	60340	68780	68060	67540	64010	80800
359	61270	70420	69780	67920	66620	82820
360	59000	69280	68600	66740	63840	78220
361	54350	62290	61550	61030	59090	72840
362	47280	55340	55060	53140	48980	67370
363	36620	45740	44600	44880	40540	57660
364	28790	37840	34660	36280	31940	48200
365	21400	29340	27970	29720	24380	40730
366	16500	23220	22580	23750	18790	35620
367	11850	18830	18250	19760	14580	32040
368	10150	17430	16500	19000	11790	29760
369	9470	17360	15280	18330	11690	30070
370	8910	16200	16230	18210	10730	30510
371	9520	17110	16800	18250	10600	30240
372	9430	16880	17010	20020	11340	31140
373	9380	17300	17720	20020	11540	32110
374	10720	17690	17620	21480	11680	33440
375	9590	16970	18060	22820	12780	33700
376	10380	17820	19470	23590	12440	34060
377	11670	18090	19610	24410	12940	36160
378	12270	18790	20990	26160	12950	36980
379	12720	19330	21750	27500	13140	37260
380	12710	18920	22890	29310	14550	38840
381	13170	19140	24200	29780	13840	40430
382	13060	20820	25710	32790	14680	41940
383	14570	20870	26000	33930	15070	42950
384	14280	21680	27360	36360	15690	44920
385	15440	21340	29360	36480	16060	46420
386	15470	22090	30510	38990	16860	48550

387	15330	23330	32160	41500	17610	50180
388	16030	24180	33090	44900	17530	51010
389	17150	23650	34420	46640	18950	52350
390	17120	23400	36570	48240	19090	54720
391	16890	24230	38000	51070	19570	56940
392	17350	25960	41870	55590	21190	60190
393	17530	26670	43450	57270	21510	61800
394	18240	26760	44280	61070	22010	65590
395	19320	28470	47520	65010	24340	67690
396	19310	28470	50450	69510	23940	70620
397	19960	28870	54790	72650	24730	75170
398	20200	29630	57000	78920	26430	78120
399	21180	31540	59370	83050	27740	81700
400	22220	33010	64920	86340	29170	86950
401	22750	34100	68090	91870	30240	89390
402	23650	36370	71780	97900	31280	93890
403	23690	36800	76100	104970	32920	99470
404	25260	37920	81730	111010	34160	103300
405	25340	38650	85820	117040	35330	109900
406	26220	41790	89030	124720	37980	115010
407	27470	42310	96220	134950	39790	119810
408	28420	43970	102800	142120	42970	125080
409	29130	46140	106320	148720	42890	133000
410	30840	48180	112530	158690	45380	136250
411	32180	49710	118080	166240	46940	144200
412	31470	51710	123420	174170	48470	152530
413	32260	52550	130380	181520	50710	157580
414	34050	55030	135010	189220	52780	161970
415	34200	56770	143510	199820	54460	171720
416	35510	59330	149390	207510	56980	177650

417	36860	59170	154600	218500	59490	183950
418	37540	61420	164400	225590	62630	190190
419	38570	62400	168440	236160	63960	198300
420	39750	65790	175360	248240	66430	205970
421	41080	66890	183050	254590	69560	217580
422	42400	69380	191310	267730	70940	224740
423	42930	72620	197700	276720	72950	232140
424	43880	72980	205030	287080	76770	238100
425	45010	75370	211510	300700	78790	248050
426	44870	78320	221550	308910	79980	255990
427	47030	80450	227720	321050	83460	262810
428	49170	78840	232520	328760	84520	269620
429	49720	82290	241110	338970	86510	277020
430	51030	84990	248940	349600	90970	289710
431	51810	87560	256790	358690	92450	295210
432	53810	87130	260710	367560	94570	303560
433	54890	90840	266600	378730	96310	308210
434	55900	92630	276480	383980	99220	315790
435	56640	94710	282840	389680	98090	324140
436	58710	93840	284520	399040	101020	334630
437	59650	96080	290100	405150	104090	340420
438	58970	97990	297570	418480	103120	345240
439	60420	99780	299160	423950	106490	348250
440	61400	100960	304780	426860	108710	352790
441	65050	101270	308740	433080	108880	358340
442	63530	103890	313160	437040	111250	361590
443	64950	104260	317940	444320	114430	367380
444	65030	104400	324260	450520	113520	369170
445	66600	105490	324860	454300	114320	372540
446	68220	106150	328590	459290	115100	380330

447	68410	105490	330530	462670	115520	381350
448	68260	105590	329350	468400	114580	382840
449	68740	109020	336180	468640	117250	385540
450	70480	107440	335020	477270	119560	391000
451	73020	110060	338000	473610	119410	391160
452	69900	107990	340600	476660	119520	391560
453	69380	108660	341020	475900	121030	394510
454	71440	109290	342380	478830	122160	394550
455	71200	107850	342370	481030	122000	396420
456	72280	110250	340370	478510	123210	392750
457	72200	110950	341630	479640	121580	397920
458	71980	106980	341210	481870	121800	395140
459	72830	107240	343890	477630	119260	397400
460	73620	108620	342070	480590	120030	392710
461	72760	109310	338530	476790	120460	390620
462	71920	107280	335370	473500	122410	390870
463	71140	107900	336400	469490	120470	392620
464	73470	105380	334490	468630	119300	391570
465	73780	107330	333720	471570	118400	388850
466	72110	106970	333700	465160	118840	383180
467	73490	105540	333180	460090	118140	383140
468	72240	103440	325710	461630	116790	382590
469	72950	103220	322620	458090	116810	379200
470	72270	101460	321140	452740	115120	377300
471	73050	102630	321610	452300	113410	371950
472	71660	102020	316380	446270	114100	369560
473	71540	99510	312350	441260	114040	362490
474	71000	97540	310440	436850	110900	358740
475	70030	97600	304880	430790	111390	358510
476	70140	95340	302230	422650	109120	353290

477	69620	93890	298390	418760	105660	348070
478	68630	93570	291540	414020	105590	343100
479	68270	93190	289380	407440	105200	340840
480	69050	88170	284560	398800	102840	336450
481	66600	90470	281390	395470	101600	330860
482	66450	87800	275170	390990	101680	325870
483	65430	87770	276190	385570	100730	323310
484	65700	88090	269150	382280	96370	314540
485	65770	85300	264540	378120	96740	313540
486	64640	84520	262280	376690	94530	308400
487	61730	83510	253700	362630	94020	304090
488	60490	81640	251990	357020	92980	300650
489	62390	80270	249750	354330	93220	297900
490	60730	79220	248470	350010	89180	290600
491	60120	76450	240110	342200	90100	284620
492	57710	75860	239750	332790	87460	281710
493	56920	74540	233250	331630	85530	279780
494	58510	73570	230980	320110	86140	272090
495	55990	72560	227100	323000	84660	270090
496	55710	72900	222070	315820	81550	264560
497	53130	70390	218690	307230	78360	259140
498	54280	69570	213830	303430	79570	252950
499	53810	68300	210440	298200	77120	250940
500	52640	67390	206100	291560	76040	245480
501	51430	65970	202190	283450	73770	241890
502	51340	63010	199000	282530	72810	238330
503	50630	64040	195130	275840	72850	232370
504	48110	61940	189160	270310	71200	226600
505	47590	60520	186560	264190	69740	224230
506	47780	59650	180250	258320	67450	221280

507	46360	59290	179300	249830	67510	214540
508	45320	56700	174320	246060	65220	212060
509	46190	56040	171330	244690	63940	204790
510	44070	54940	166500	234940	61900	203720
511	44270	52910	162380	231920	61770	198730
512	42900	52410	158850	224100	58560	191930
513	42800	52200	153880	221490	57920	189000
514	40630	50910	151460	215290	57580	185050
515	41370	49000	147650	207450	56190	180210
516	40020	46760	142000	205020	54860	175410
517	38120	45990	142830	197290	53270	172330
518	37750	46230	137210	196200	51490	170130
519	37990	44220	133190	189900	51420	161940
520	36460	43520	129410	186550	50480	161260
521	35990	43220	129180	182570	49400	159430
522	35290	40450	124860	175810	46440	155880
523	35100	41050	124100	173770	46430	151060
524	33880	40670	117410	169280	46150	148400
525	32990	38770	115100	163300	44210	143460
526	32780	37920	114240	162700	44210	142920
527	31470	36590	112060	155810	42070	135640
528	31330	35210	109270	151060	42380	132150
529	30880	36700	105150	149160	40860	128670
530	30020	34060	101510	144860	39920	127040
531	28100	33500	99690	142580	39060	123180
532	28270	33380	96320	137310	37250	119670
533	28400	31360	92700	131720	36650	116530
534	27390	30660	89910	130220	36240	113300
535	27390	30520	88340	125540	34560	110810
536	25890	30580	85870	120880	34130	108520

537	25090	28710	83150	118510	33170	106520
538	25220	28050	82220	117230	32760	102970
539	23440	27500	80070	112310	31910	99600
540	23620	25670	77290	110720	29890	97810
541	23530	26770	75620	105290	30670	94090
542	22600	25330	72550	102890	29860	90430
543	21240	24850	69380	100000	27890	89860
544	21360	24930	68960	97980	27490	88170
545	20650	22890	64710	94000	26160	85450
546	20050	22250	64020	92710	26160	81970
547	19860	22660	62890	88970	24860	80200
548	19640	22010	60560	86400	25320	78780
549	19210	21540	60020	83830	23840	78230
550	18230	20630	59310	81970	23170	75150
551	17620	19250	56330	79350	22520	72560
552	17860	18470	54480	77780	20830	71280
553	17500	18980	52530	75010	22070	68990
554	16890	18370	52520	72020	22030	66920
555	16960	17520	49220	71740	20690	66240
556	16690	17310	47930	68920	20190	61500
557	15240	17580	46090	67550	19140	62520
558	15110	15990	44970	66170	19070	61990
559	15100	15620	43920	63450	19600	59970
560	14400	15030	43220	62380	17980	57820
561	14130	14530	41950	59520	17250	56550
562	13400	15480	41340	56560	16950	54770
563	13170	14120	39150	56500	16960	53460
564	13630	13190	38150	56560	16390	52620
565	13280	13700	36900	53150	16220	50000
566	12540	13160	35420	51410	15420	48330

567	12030	13360	34800	51020	14910	49840
568	11510	13330	33750	48670	14690	46210
569	11250	11260	32600	46520	14370	45160
570	11230	11800	31560	45790	13690	45760
571	10830	11710	30280	43880	13350	44380
572	10810	11170	29500	43450	13250	43720
573	10380	11200	29330	42340	12850	41760
574	10030	10950	27550	39480	12180	41640
575	10540	10090	26860	39970	12280	38840
576	9530	10430	26240	38310	11600	38070
577	9150	10180	25780	37350	11490	38290
578	9130	9670	25860	36410	11460	37650
579	9000	9600	24800	35040	10790	35740
580	8980	9180	22850	34030	11030	36380
581	9090	9210	22550	33320	10900	35240
582	8440	8830	21970	31460	10290	34150
583	8240	8410	21340	30130	9990	32930
584	8220	8400	20770	31300	9740	31890
585	7810	8140	19930	29200	9480	30800
586	7330	7430	19970	28650	9330	30350
587	7050	7870	19550	28610	9270	30040
588	6910	7430	19060	25860	8540	29860
589	6900	7620	18360	26180	8660	29730
590	6870	6690	17010	25990	8200	29070
591	6540	6570	17040	24990	8020	28560
592	7000	6690	16600	23780	8110	27010
593	6380	6260	15130	23270	7940	27030
594	5840	6200	15380	23090	7560	27100
595	6030	6330	14600	21240	7590	26270
596	6000	5970	14320	20610	7380	25550

597	5440	5460	14060	20110	7550	24350
598	5470	5530	13760	21040	7330	25380
599	5390	6330	13240	19550	6910	24580
600	4700	5130	13020	18360	7080	24720

Tabelle 30: Daten der Fluoreszenzintensität von OTA in CD (konzentrationsabhängig)

Wellenlänge [nm]	OTA rein 5 mg/l	OTA:β-CD 1:2	OTA:β-CD 1:20	OTA:β-CD 1:200	OTA:γ-CD 1:2	OTA:γ-CD 1:20	OTA:γ-CD 1:200
395	2401,3483	2059,87216	2445,40973	2467,44045	5144,17273	1949,71857	3635,06852
396	2768,19846	2416,6812	2636,37949	2658,34932	7239,05868	1889,4053	4954,19646
397	3220,61416	2596,20937	3165,84181	3812,15553	7755,7647	2366,1655	5301,96344
398	3812,48483	3320,90369	3736,01665	3834,33288	9689,61044	2982,25891	6226,69442
399	4139,56066	3812,75324	4531,72956	4869,43056	10904,47426	3213,6063	7374,95412
400	5138,26335	4573,38028	5116,53708	6018,17737	13220,43658	3660,87685	9016,40292
401	6453,8172	5351,15497	5816,00277	6118,69437	15685,91082	4972,79047	10940,13904
402	6992,49986	5852,1845	7261,44217	6949,4691	18406,41118	5755,36527	12855,44206
403	8531,86119	6883,29579	7643,34867	8242,82699	20746,2321	6091,128	13969,98601
404	10172,89698	8063,75185	9310,06488	9991,80876	24574,73647	7424,61696	16351,2009
405	11712,47641	9221,58777	9931,75602	11913,86741	28544,52397	7186,47874	19439,53099
406	12824,66374	10225,92628	11683,75461	13278,9146	34163,89006	9761,11145	21032,87109
407	14708,2037	11855,00169	13550,07742	15255,68158	37091,62608	10717,93226	24499,63494
408	17460,13226	13273,47795	15665,85184	17690,97536	41698,65722	11584,12621	27648,70704
409	18666,30764	15434,99724	17003,59453	20391,76465	47476,21104	13395,82078	30650,39087
410	22625,64631	17216,75159	20447,49796	22281,72815	52213,02996	15309,56906	33881,14978
411	24974,01641	18418,85653	22522,32429	23852,05561	58705,56022	16341,15134	36920,82127
412	27814,30749	21259,40926	25370,45918	27410,4512	65859,64096	18525,61284	39681,46921
413	30594,56496	22749,80471	27023,13464	30264,25927	72130,50605	21118,92035	43672,60606
414	32800,74685	25824,92929	29426,01505	32245,15076	76826,59245	22645,68501	46814,11486
415	37443,12239	28633,57922	32828,11141	36550,88694	83347,09824	25372,30479	51483,01134

416	41206,21252	29950,48027	37287,1712	38668,55652	89564,93126	26819,34021	56084,24406
417	43614,50459	33006,95069	39153,00213	43216,33847	98632,89534	29862,45925	61552,39892
418	47427,37413	36314,12989	42273,11053	46887,50067	105265,13837	32066,44625	65497,8556
419	53590,53045	39219,77186	45937,64416	51039,56835	114173,33948	34371,92755	69353,64684
420	55628,586	40317,03571	49169,3426	54361,07356	117189,13022	37244,58556	72734,9339
421	61926,38454	46090,17069	53253,44848	56728,70206	128209,50097	40041,40571	75989,50982
422	66118,3403	48816,81778	59011,45393	62139,69879	133066,82973	42843,79362	83460,3579
423	70404,60995	51124,26705	60582,35761	65933,51259	144592,45612	46794,78816	86660,38699
424	76230,31244	54034,37421	64596,64901	69640,26156	152379,76536	48990,76165	90956,85251
425	79178,31688	58303,11522	67018,78964	75562,77639	160043,2127	51465,90597	95771,42589
426	83989,79339	58929,94865	72588,87449	77588,74697	168271,91804	54857,47187	98566,03454
427	89527,23613	63759,732	78197,98598	83651,31953	173490,46219	58950,33451	102204,72742
428	91990,34409	68058,79496	79688,14196	86014,98877	181148,67103	61059,09302	107998,27077
429	97961,88339	69574,68869	82445,15408	88860,33932	186892,3888	62798,64928	109970,30826
430	103500,06874	72885,25865	85761,4876	92094,55125	191412,59691	65371,62389	115065,66366
431	102878,95359	73750,75593	88995,04619	96607,1885	194744,80771	66708,77408	116982,92291
432	107388,48686	77686,1395	90647,1638	97837,73207	200305,83007	68285,39656	120419,5167
433	113945,93264	79110,23333	93868,41134	101917,41764	207484,38471	72241,08137	121604,98708
434	114512,66607	81913,29426	98477,8938	104365,97414	214100,1981	73076,17538	124409,43948
435	119216,97302	84415,37174	99167,57263	105314,323	215096,28407	77049,26602	128891,85816
436	121062,05614	84522,19796	103613,02249	109509,4544	218258,07888	75862,75212	130212,03706
437	122671,83559	88649,8037	104532,76819	111762,32463	222692,39797	78863,33063	128888,6525
438	124758,221	89285,18634	105655,81105	113097,91714	227852,9834	79121,33835	131587,68407
439	126931,17536	90354,71684	107425,74272	115392,8921	228804,05639	81069,76876	133318,97821
440	128767,90667	90127,45893	106943,86239	116203,46382	230633,59809	82308,68776	134168,50119
441	128635,10724	93124,14396	107714,23266	116720,70955	228170,81267	80472,66913	133219,12127
442	131131,33209	94139,3452	109346,93719	117896,78098	230542,23779	82240,39099	135967,81178
443	129530,44521	93779,02839	108399,99919	118133,7939	231968,49514	82382,37709	132916,99462
444	131183,25658	95357,04926	108647,08873	117425,8304	232352,15796	82442,95127	135227,16767
445	129899,29956	93479,03035	110207,71425	119198,2364	231442,30901	81698,69726	132984,38247

446	130491,41364	94184,84109	108817,67556	117623,90718	229696,72513	83460,21834	134624,11793
447	128425,95033	92540,725	108391,99296	117892,52711	228718,45669	80872,14646	132455,24038
448	130654,77265	93614,73905	108752,57238	117146,53682	227610,69902	82084,5681	131392,7036
449	129122,4884	95391,02297	106134,9672	114999,23476	224688,12615	80969,89707	131115,1511
450	127396,97904	92418,39672	107200,39913	113366,42939	222862,36233	81774,53147	129548,39861
451	126396,4604	91908,75495	106743,72966	114315,96292	217624,33334	80571,03785	126747,2178
452	126238,14767	93081,24844	103482,19656	112104,85136	216197,04389	78151,85571	125514,42364
453	123104,21131	90279,18468	103065,19569	112297,23443	212026,04798	79306,42483	123674,09025
454	120817,32477	88076,71239	100973,58539	109644,18842	209745,52153	77038,56747	121056,15575
455	120049,11013	86561,06952	100484,93476	106926,54356	206693,43146	75894,43136	120017,8907
456	117632,27245	87349,9739	98874,15784	106014,14136	203395,58335	75491,75565	119051,9183
457	118664,08673	84330,76454	96748,97744	101324,6596	198440,11044	72624,55709	115910,3009
458	116748,73243	85082,89685	96058,28596	103273,68531	196349,1861	71733,88291	115225,83154
459	112438,56985	82846,14572	94529,3064	100513,10736	191955,69954	71352,61253	111237,59571
460	110636,03976	79991,86447	90537,68755	98378,36964	187257,04494	71411,49539	110371,86583
461	109594,52372	78622,38867	91655,48005	98066,06565	185281,81782	69160,1524	106956,11741
462	107854,99941	76744,8193	90504,27396	94318,67104	176301,64567	67522,26591	103519,97431
463	106605,06238	75761,40302	86596,63672	92030,23474	180118,44739	65853,07721	103078,55072
464	101960,13656	74194,58806	84033,78397	90283,43609	171817,35921	64163,09516	99214,56289
465	100577,01747	73335,84638	81734,22551	87647,37	170024,32861	62548,64256	96474,23787
466	96787,0574	72493,50599	79752,5353	84667,16699	165430,58933	61545,81439	95980,49859
467	94087,28548	70228,08859	76921,61894	84349,27842	157902,54015	60058,24086	94454,35005
468	92371,55719	69059,2001	76916,68912	82693,2983	156597,0468	58329,66336	90225,64985
469	91129,33129	65953,43915	75353,59939	83535,22035	152948,4407	58011,17412	88115,62251
470	87417,4013	65453,83384	72225,2967	77860,90129	147803,5597	54750,55382	86620,11616
471	86157,12262	62938,56412	72799,8553	76856,50686	144357,42978	52065,85846	83166,85373
472	82560,1208	62376,54483	68860,96123	75854,39326	140853,47509	52738,44468	81818,72848
473	82929,66381	60599,01971	68261,60482	74598,83	136122,26041	53426,48365	80000,507
474	80438,65225	60037,54479	66124,24883	71112,4317	131149,97649	50464,71745	77456,95193
475	77965,20977	58200,33529	62464,67465	69019,12218	128686,0292	47584,61218	76002,25991

476	74683,43584	58020,40928	61192,16145	67229,81825	123517,09152	48221,96062	72848,35066
477	73385,38074	54390,71461	60714,68729	64399,87999	121270,13785	45132,23663	69745,68423
478	71674,53604	54178,45745	58552,4771	63931,49343	118418,30213	43317,64104	68305,51307
479	68858,02647	51050,11388	56221,6326	60613,41014	112340,06417	43940,70898	66988,94099
480	66016,38693	51601,92644	53409,49058	59050,93278	109017,9923	41297,65956	63759,81005
481	64395,40948	49362,49584	51696,58389	57589,57848	104929,96833	40765,65668	62361,7486
482	61949,226	46780,82697	50897,63251	54886,87507	101366,18952	37990,57738	59502,33594
483	58901,83782	45785,38431	49730,7949	54153,37905	98123,17618	38313,54477	58808,73078
484	56800,43975	42527,32904	47222,73862	52548,87486	93067,22269	36033,18047	56566,83728
485	56651,78477	44214,88354	44121,1086	49700,71745	91700,16807	34661,56167	53592,3774
486	54746,67952	42035,94916	43599,80405	49020,38379	89586,54451	33957,99194	50207,97284
487	51672,7892	40703,67394	43569,7976	46093,87359	85677,0465	32801,19305	49030,76574
488	50779,45772	37930,78785	39291,37443	45289,78661	82037,45569	31612,9336	47383,90684
489	47707,86399	37739,05659	38462,98189	43020,15099	78623,03457	30606,61225	46307,48391
490	45592,58041	36783,5701	39140,57556	42926,06918	77340,72975	28998,30963	44985,47295
491	44227,60138	35288,86973	36304,63469	41156,40615	73350,18029	29242,08067	43020,6336
492	42946,69675	33049,76244	37164,48786	37764,30206	70022,30975	27603,4495	42526,82681
493	40799,62415	31623,32143	33032,2813	37030,35545	68087,68446	26216,28742	39896,44475
494	41318,49308	31756,48956	32590,59606	37075,42957	66934,02463	25748,50505	38767,81957
495	38308,95755	29487,09751	31816,94226	34644,30593	62007,84703	24681,79273	36185,40115
496	38046,78976	29156,21469	30934,32971	34734,13713	61430,22009	22579,62491	34502,7386
497	35544,86755	27563,16242	28455,45105	32574,6465	58719,92562	22686,1328	33992,5298
498	35477,30295	27307,21866	27491,22957	31932,02613	57754,89014	21811,42623	33440,91557
499	34657,31096	26420,81326	27221,07088	31160,80073	54319,02521	20929,81479	32601,26445
500	31816,48806	26058,63041	26318,10468	30580,89629	51894,85431	21128,61925	30519,1167
501	31648,79637	24124,60233	24782,6589	27774,95389	50210,95822	18909,81438	28234,35188
502	29893,46844	23405,73739	24441,27908	27073,80071	49281,80314	18240,50537	28496,11098
503	29034,88127	22816,7029	23004,75264	26866,04083	47965,22268	18253,36232	28520,87862
504	27612,3917	20810,06893	22321,69621	25911,81101	44970,91167	17434,10133	26277,12094
505	26807,81852	20529,87801	22061,39172	24314,36231	42907,69819	16682,10803	25048,47632

506	25997,4174	19612,53308	21431,33479	23975,1134	42760,91844	16827,09551	24839,99813
507	25689,10247	19324,33977	20218,98513	22979,60509	39044,87962	15720,19703	22979,60509
508	24387,72317	19006,75634	19828,67013	23206,2221	38963,8505	15089,82345	23463,07016
509	22246,76818	18027,10855	18298,09587	21975,78086	37525,29111	14452,65682	21046,6815
510	22340,26779	17024,24353	18268,97116	21108,50607	36252,69224	13795,73124	21575,27893
511	21563,3513	16896,07212	17730,44605	19725,12123	33739,99587	13675,91023	19620,82449
512	20396,47209	15900,33461	17014,53777	19492,00129	32967,30547	12531,50856	19387,13511
513	19611,0252	15459,49769	15854,88126	17950,4142	32540,06802	12731,35104	19637,3841
514	18974,90543	14880,46006	15741,75116	18020,85991	31191,9884	12442,34372	17437,83209
515	18024,41184	14574,0625	15146,90042	17451,57392	29134,80318	11323,54033	17944,48097
516	17968,23123	13626,91362	14122,68137	16574,72188	27280,6255	11174,87312	16333,53756
517	16980,32035	13260,82161	13772,92651	15039,71231	27316,75345	9945,6162	15673,10521
518	15912,11542	13038,71809	13960,37384	15397,0725	25101,56538	9894,24553	14963,35215
519	15716,63211	12840,47481	12935,89235	14803,34994	24835,82282	10127,89043	14721,56347
520	15490,48474	12173,05349	12200,47028	14407,52165	23921,14679	9554,75032	13804,35233
521	13971,91869	11737,51511	12192,67139	12840,92428	22357,82843	9972,06043	14192,60052
522	13557,6686	10990,45397	11642,66526	12530,78275	22272,3215	9158,71164	13127,48669
523	13360,7315	11294,49507	10582,48117	12495,14597	21653,59933	8725,66059	12732,48394
524	13005,9275	9817,64937	10435,64161	12064,89386	20084,74764	8230,53295	11882,30525
525	12278,5348	10328,66391	10752,54889	11303,59936	20205,18385	7856,00155	11967,68582
526	11829,18036	9440,59586	10293,66175	11089,85659	19250,85361	7478,54431	11260,46976
527	11516,35456	9413,36808	9198,77762	10715,21685	17696,55974	7496,35999	11573,57868
528	10464,65332	8910,06933	9471,44688	10248,73887	18108,02458	7312,30245	10666,17346
529	10934,33418	9008,15346	8776,43247	9746,76411	17089,42296	6821,28662	10919,85162
530	10622,13324	8465,65077	8247,08836	9689,60028	16057,05189	6673,43899	10243,29172
531	9919,10617	8495,80248	9112,07831	9537,60209	16375,32913	6382,85678	9522,92886
532	10121,31373	8303,90995	8407,33944	9131,34582	15440,54431	6309,19849	9648,49324
533	9030,97452	7885,3649	7468,77959	9149,9989	14074,63245	5549,51153	8867,31601
534	8658,70212	7145,67632	7265,51994	8943,33073	13677,15404	5917,27913	8074,46443
535	8868,72168	7722,42432	7556,51286	7948,66722	12956,17673	5354,4153	7933,58436

536	7700,31695	6971,29286	6804,22484	8110,393	12302,28152	5680,3127	7654,75294
537	7875,96903	6774,86268	6163,13693	7692,45131	12830,94761	5429,06603	7692,45131
538	7853,12567	6251,70396	6960,0251	6713,65253	12164,64565	5250,8154	7468,16853
539	6666,47383	5767,27503	6340,90185	6278,88814	11875,62547	5147,13793	6464,92927
540	6742,90197	5494,21642	5728,34496	6539,99057	11331,82137	4791,8308	6649,25056
541	6851,52666	5437,2207	5892,9415	6207,23172	10214,43194	4541,49359	6898,67019
542	6391,4626	5679,54226	5600,44	6486,38531	10457,31876	3670,34486	5853,56723
543	6529,82124	5064,59306	4984,96109	5813,13354	9667,32072	4443,46372	6020,17666
544	6380,86916	5178,44406	4953,99138	6028,1578	9859,88576	4024,11598	5867,83445
545	6374,61897	4373,47276	5390,18414	5454,73724	9295,6469	4163,67517	5745,22621
546	5703,5628	4891,08946	4744,84426	5638,56493	9457,18959	3867,37306	5232,32826
547	5628,06616	4221,04962	4711,86935	5317,21367	7885,83689	3615,7053	4728,23
548	5040,38556	4200,3213	4397,98348	4892,13893	8301,81152	3590,86292	5254,51959
549	5207,07426	4693,00005	4361,33927	5157,32514	7495,53365	3714,60075	5107,57603
550	4941,49203	4190,25169	4540,83052	4474,0536	7529,09766	3155,20944	4607,60744
551	5099,41961	3971,82518	4055,97402	4493,54798	7219,97035	3618,40006	5200,39822
552	4597,59781	3698,43661	4207,39578	4902,97331	7498,66506	3172,51214	4343,11823
553	4223,90833	4035,79905	3847,68977	4617,22773	7182,35424	3180,75688	4018,69821
554	4153,96789	4067,78598	3498,9854	4153,96789	6429,17022	3223,2033	4222,91342
555	4186,63252	3595,98727	3804,45029	3908,68181	6340,75049	3248,54888	4707,79009
556	4340,61913	3815,54423	3535,50429	4165,59416	6545,93368	2992,9269	4078,08168
557	4073,24005	3791,11087	3896,90931	3932,17546	5325,18829	2433,36419	3861,64316
558	4263,27627	3925,7669	3588,25753	3712,60309	6252,8052	3108,63895	3996,8215
559	3847,25912	3399,90341	3614,63415	3739,89375	5744,04734	2773,60541	3757,78798
560	3370,63868	3334,58907	3190,39062	3190,39062	4992,8712	2865,94412	3460,76271
561	3195,91987	3250,39578	3068,80942	3341,18895	4939,14889	2723,79534	3831,47212
562	3347,52118	2817,03968	2890,20954	3493,8609	5286,52251	2871,91708	3475,56844
563	3243,02797	2708,66541	2911,35465	3666,83276	4422,31087	2782,37059	3206,17538
564	3248,02189	3173,78139	2746,89852	2988,18014	4807,0724	2375,69601	3990,4269
565	3009,72675	2561,07183	3495,76957	3664,01517	4991,28597	2785,39929	3346,21794

566	2844,40743	3070,45306	3089,29019	2750,22176	4426,7268	2316,96764	3089,29019
567	3416,45682	2998,88988	2885,00798	2657,2442	4023,82693	2524,38199	3207,67335
568	3174,50035	2868,52441	2543,42498	2906,7714	4149,79864	2505,17798	2772,90693
569	3429,4684	2543,20129	2408,33455	2870,73479	4469,86893	2312,00117	3217,53496
570	2620,33067	3008,5278	2542,69124	3163,80666	3804,33193	2503,87153	3086,16723
571	3462,21199	2679,7912	2386,3834	2738,47276	4205,51173	1897,37041	2992,75951
572	3212,92276	2385,05309	2207,65245	2858,12148	3745,12469	2523,03137	2720,1432
573	3058,72421	2899,82944	2224,5267	2661,4873	3614,85588	2184,803	2760,79652
574	2641,65111	2641,65111	2361,47599	2681,67612	3682,30154	2141,3384	2321,45097
575	3064,80204	2661,53861	2076,80664	2359,09104	3609,20766	2217,94884	2762,35447
576	2458,18453	2519,13126	2884,8116	2519,13126	3494,27884	2661,34028	2641,0247
577	2251,47758	2619,90118	2128,66971	2394,75343	3766,10795	2026,32982	2538,02927
578	2989,9553	2309,48271	1917,69547	2330,10309	3072,43682	2144,51966	2577,54767
579	2596,59809	2201,91518	2118,82404	2014,96012	3115,91771	1994,18733	2014,96012
580	2699,34926	2615,64851	2280,8455	2364,54625	3368,95528	2113,44399	2469,17219
581	2425,49851	2425,49851	1856,03365	2214,5856	3058,23726	2256,76818	2552,04626
582	2295,79864	1870,65074	2019,45251	1913,16553	2912,26309	2040,7099	2338,31343
583	1970,96183	1970,96183	1842,42084	2549,39628	2956,44275	2206,62031	2699,36077
584	2266,90816	2310,08736	2180,54975	1899,88493	2806,6482	2051,01214	3044,13381
585	2023,28055	2480,15036	2240,8376	2523,66177	2828,24163	2327,86042	1936,25773
586	2148,50277	1995,03829	2170,42627	2214,27327	2586,97273	1731,95632	1973,11479
587	1877,75969	2275,40292	1855,6684	2164,94647	2650,95486	1745,21195	2452,13324
588	2426,24008	2225,90833	2292,68558	2203,64924	2871,42174	2181,39016	2448,49916
589	2197,83385	1951,13822	2309,96824	2265,11448	2623,9445	2130,55323	2175,40698
590	1897,95218	1965,73619	1965,73619	2010,92553	2620,98159	2033,5202	1807,57351
591	2435,5086	2048,55864	1957,51159	1775,41748	2367,22331	1365,70576	2298,93802
592	1903,09508	1880,16622	2361,67221	1880,16622	2361,67221	1811,37965	1765,52194
593	2171,01931	1940,05981	1778,38816	1986,25171	2632,93831	1755,29221	2009,34766
594	1674,93916	2512,40874	2047,14786	2070,41091	2907,88049	1977,35873	2023,88482
595	1944,70142	1991,5617	2108,71239	1616,6795	3022,48775	1944,70142	2296,15349

596	2053,62355	2242,4625	1841,17974	1982,80895	2761,7696	1841,17974	1817,57487
597	1973,70673	2449,29872	1854,80874	2140,16393	2140,16393	2092,60473	1854,80874
598	1676,8031	2275,66135	2084,02671	1964,25506	2419,38733	2107,98104	2299,61568
599	2219,87359	2244,00265	1785,5505	2195,74453	2412,90607	1664,90519	2292,26077
600	1725,5692	2114,42986	2138,73365	1944,30332	2478,98674	1701,26541	2114,42986
601	1690,38261	2229,34518	1837,3724	2155,85028	2572,32136	1665,88431	2180,34858
602	2098,88849	1876,65324	1679,11079	1901,34604	2271,73813	1901,34604	1901,34604
603	1966,09772	1592,78802	1816,77384	1816,77384	2264,74547	1866,54847	2065,64697
604	1906,21832	2282,44562	2056,70924	1881,1365	2633,5911	2031,62742	1755,7274
605	1718,79025	1541,85596	1845,17188	2072,65882	2022,10617	1668,23759	1895,72453
606	1759,49684	2014,49638	2141,99615	1963,49648	2243,99597	1988,99643	2065,49629
607	1749,20353	1491,96772	1672,03279	1826,37427	2135,05725	1954,99218	2032,16292
608	1946,04063	1894,14621	1530,8853	1634,67413	2153,6183	1971,98784	1868,19901
609	2015,15433	1910,47099	1544,07929	1674,93347	2381,54603	1648,76264	1779,61681
610	1979,58469	1900,40131	2111,55701	1979,58469	2481,07948	1847,61238	2058,76808
611	2078,18016	1811,7468	2078,18016	1731,8168	2344,61351	2264,6835	1492,02678
612	1828,67015	1505,96365	1855,56236	1721,10132	2232,05327	2016,91561	2205,16106
613	1384,19512	2578,40268	1547,04161	1845,5935	2334,13295	1899,87566	2198,42755
614	1807,73694	1807,73694	1972,07666	1752,95703	2109,02643	1643,39722	2492,48578
615	2266,38376	1685,96841	1658,32958	1879,44019	2017,63433	1907,07902	1989,9955
616	1897,02287	2315,4838	1869,12547	1673,84371	2259,68901	2175,99682	1729,6385
617	2083,54133	1801,98169	1801,98169	2111,69729	2280,63308	2336,945	1999,07344
618	2273,16261	2358,40621	1392,3121	2045,84635	2841,45327	2131,08995	2131,08995
619	2265,17501	1978,444	1949,7709	2150,48261	2609,25223	2179,15571	2093,1364
620	1504,44685	2169,87526	2314,53362	2198,80693	2285,60194	2198,80693	2314,53362
621	2017,11134	1783,24335	2338,67981	2192,51232	2104,81183	1841,71035	2338,67981
622	1919,79613	2362,826	2037,93743	2097,00808	2746,78523	2008,4021	2540,03795
623	1790,22915	2267,62359	1909,57776	1790,22915	2804,69233	1670,88054	2327,29789
624	2109,72859	1928,89471	1717,92185	1898,75573	1928,89471	2079,58961	2320,70145
625	2283,06055	1978,65248	1917,77086	2009,09328	1978,65248	1887,33006	2100,41571

626	2000,30177	2215,71888	1877,20627	1969,52789	1661,78916	2308,0405	2308,0405
627	1990,84412	2239,69963	1928,63024	1679,77472	2457,44821	2364,12739	2333,02045
628	2169,36037	2326,56039	1949,28033	1949,28033	2232,24038	2232,24038	2200,80037
629	2255,88806	2065,24963	1906,38428	1683,97278	2637,16492	2097,02271	2510,07263
630	1348,45777	2664,80939	1894,2621	1862,15596	1990,58051	2215,32347	1990,58051
631	2081,50912	1691,22616	2146,55628	2244,12703	2601,88641	2699,45715	2569,36283
632	1877,6383	2239,98956	2272,93058	2108,22546	2371,75365	2470,57672	2338,81262
633	2001,50794	2134,9418	2735,39419	2435,16799	2168,30027	1401,05556	2535,24339
634	1688,79542	2803,4004	1823,89906	2127,88223	2499,41723	2296,76178	2364,31359
635	1949,02102	2530,30799	2256,76118	2222,56783	2256,76118	2188,37448	2325,14789
636	2279,06628	2140,94105	2106,40974	2279,06628	2451,72281	1553,90882	2279,06628
637	1987,548	2789,54105	2092,15579	2301,37137	2719,80253	2475,71769	2929,01811
638	2112,43315	2957,40641	2112,43315	1901,18983	2112,43315	2006,81149	2218,0548
639	1670,62323	2630,34296	2345,98155	2168,25568	2523,70743	2559,25261	2594,79778
640	2942,41674	2117,10473	2404,16978	2583,58543	1937,68908	1722,39029	2045,33847
641	2285,71157	2031,74362	2068,02475	2321,99271	2721,0852	2394,55498	2721,0852
642	2237,4276	1723,91963	2090,71104	2347,46503	2494,18159	2237,4276	2274,10674
643	2447,09164	2447,09164	2706,63166	2372,93735	2261,70591	2558,32308	2076,32018
644	2323,45937	2660,73573	2360,93452	2810,63633	2810,63633	1948,70786	2698,21088
645	2007,27727	2348,13568	2272,38936	2840,48671	2348,13568	2461,75514	2007,27727
646	2257,72904	2908,26114	2525,5952	1875,0631	2372,52882	2257,72904	2487,32861
647	2203,62181	2396,92197	2242,28184	2087,64172	3054,14251	2590,22213	2822,18232
648	1562,13879	2421,31512	2382,26165	2538,47553	3085,2241	2069,83389	2421,31512
649	2130,13301	2366,81445	2051,23919	2090,6861	2366,81445	2287,92064	2721,83662
650	2470,10141	2151,37865	2669,30314	2310,74003	2549,7821	2589,62245	2748,98383

Tabelle 31: Daten der Fluoreszenzintensität von OTA in CV/SV (konzentrationsabhängig)

Wellenlänge [nm]	OTA rein 5 mg/l	OTA:CV 1:2	OTA:CV 1:20	OTA:SV 1:2	OTA:SV 1:20
395	2401,3483	2731,80907	4505,2819	4912,85019	7060,84522
396	2768,19846	3493,20282	5206,84949	5602,30642	8700,05232
397	3220,61416	4195,56198	6550,77301	7109,45098	9508,47989
398	3812,48483	4850,26723	6925,83204	8018,23457	11983,65575
399	4139,56066	5697,34269	8791,1196	9695,2868	13987,35759
400	5138,26335	6268,0295	10417,74747	12047,21788	16685,77698
401	6453,8172	7437,56488	12269,81998	13642,74256	19329,02037
402	6992,49986	8659,94214	14038,78819	16760,48429	22375,99957
403	8531,86119	10233,95144	15201,05757	19301,06113	26837,36009
404	10172,89698	12143,56288	19110,13317	21858,41319	30816,95388
405	11712,47641	14468,35322	21230,85091	25979,43864	35296,42214
406	12824,66374	17187,58477	23716,12034	28712,87977	40048,02326
407	14708,2037	19056,44144	28447,7927	33048,71254	45103,75422
408	17460,13226	20954,25729	31604,51826	37585,45298	50061,47297
409	18666,30764	24250,51396	34655,54259	42864,53503	56919,16667
410	22625,64631	26783,92954	38362,50764	48617,52191	63843,71687
411	24974,01641	30209,8335	41865,75963	53220,41851	69312,24522
412	27814,30749	33333,67677	47054,4353	57171,5531	77354,01226
413	30594,56496	35064,01389	49432,3116	65462,45984	82638,35596
414	32800,74685	39437,03346	56248,95954	71496,98553	90778,22756
415	37443,12239	42211,96707	61215,55671	77183,49469	98074,11105
416	41206,21252	46834,07864	63339,07512	84684,03646	105660,62838
417	43614,50459	51383,84869	68964,41445	90904,38879	113895,93007
418	47427,37413	54995,78886	73494,09458	99998,82557	119668,55483
419	53590,53045	58794,0866	78093,99507	106052,94619	128107,08066
420	55628,586	61885,0274	85156,55581	114045,69936	138452,91892
421	61926,38454	68420,95464	87661,49853	122707,86046	144045,71482

422	66118,3403	72678,54311	94454,77186	130222,05042	155369,49451
423	70404,60995	78871,37123	97797,66796	136762,97794	160615,57424
424	76230,31244	83123,58652	105208,34291	145577,45825	170128,42999
425	79178,31688	86510,39061	108870,18571	153105,0107	176515,13041
426	83989,79339	89806,17731	111942,70951	160147,12525	183200,97277
427	89527,23613	96630,65586	118604,9741	167856,02162	188824,18976
428	91990,34409	98246,8926	121776,73716	175002,59127	194766,45559
429	97961,88339	103715,50265	125176,30203	180687,70182	198529,93578
430	103500,06874	107792,14505	129042,42499	184649,32514	207980,61178
431	102878,95359	110010,96077	133477,56506	192854,27566	208458,66725
432	107388,48686	113118,93973	137310,85161	196945,56451	213936,90733
433	113945,93264	115615,72649	137483,02683	201625,10808	219582,89107
434	114512,66607	118831,2581	140534,18242	206232,76308	222437,47994
435	119216,97302	120986,03776	143424,17529	210428,75168	224621,24847
436	121062,05614	124585,89999	144687,82745	210799,94345	224955,38439
437	122671,83559	128226,86232	148040,45943	215282,3533	231095,12792
438	124758,221	130111,31485	148339,95525	218633,20825	230624,94194
439	126931,17536	131508,26244	150520,77801	218060,47617	230473,93871
440	128767,90667	130380,02443	150984,90465	218613,24499	232195,33718
441	128635,10724	132694,08001	150212,28339	223182,92076	232431,72439
442	131131,33209	131313,45894	153451,98939	222103,69373	233456,26739
443	129530,44521	134742,08112	149119,70706	224475,50109	234391,80445
444	131183,25658	134871,54735	152246,14024	225087,34281	232596,0119
445	129899,29956	132139,29375	155017,77989	224101,23713	229110,67869
446	130491,41364	131389,38395	148807,96724	225308,91563	227615,06667
447	128425,95033	131688,24354	146997,5004	221600,72605	228196,89884
448	130654,77265	130706,01786	146428,04651	216367,50122	223890,29719
449	129122,4884	129266,2888	147672,7401	220107,05624	220682,25784
450	127396,97904	130073,38616	146152,41664	218343,35184	220124,19196
451	126396,4604	128047,08345	145502,42225	216324,46769	216004,65947

452	126238,14767	126186,45309	141663,8083	211399,7875	214842,64607
453	123104,21131	122928,06692	140169,49505	209166,29188	211570,14484
454	120817,32477	124057,11895	138386,97784	204242,025	206131,90494
455	120049,11013	120527,80803	135024,02946	202145,80134	205226,11831
456	117632,27245	119260,68975	133759,86682	196871,47559	198531,2086
457	118664,08673	116727,01304	129993,3501	195215,14453	195246,55653
458	116748,73243	114406,6159	128732,38695	191980,03598	193849,5281
459	112438,56985	112069,84972	125923,19173	185403,01609	189954,07598
460	110636,03976	110509,23627	122386,49594	185650,86748	182998,56127
461	109594,52372	108640,88289	118919,01186	182442,08734	177885,80336
462	107854,99941	104731,23132	118182,5592	179680,41523	174176,63337
463	106605,06238	104271,81146	115107,04517	173033,46173	172053,28326
464	101960,13656	99214,56289	111553,61965	167896,63728	166582,60786
465	100577,01747	99570,06896	110721,48819	165835,85126	165835,85126
466	96787,0574	95378,26801	107616,45371	161655,89409	158677,00355
467	94087,28548	94950,96682	102346,23825	157686,61982	154544,97896
468	92371,55719	92490,77427	102884,33561	153172,26538	151297,30593
469	91129,33129	90422,14331	99049,83669	148041,64409	146910,14332
470	87417,4013	89754,64817	96733,62361	145608,29513	142408,23283
471	86157,12262	88081,00886	93346,96034	142840,30806	139311,35101
472	82560,1208	83445,36536	91888,38535	139879,70608	135055,12322
473	82929,66381	81982,97815	88531,81542	137826,2946	133571,77787
474	80438,65225	78891,75509	85976,0957	133335,80943	128201,90437
475	77965,20977	77750,86467	84722,72108	125437,00874	122560,27187
476	74683,43584	75102,56023	78897,33515	124819,77545	120198,07943
477	73385,38074	70530,49379	78298,97101	119200,06046	117402,96031
478	71674,53604	68533,92141	73798,73357	114581,04208	110332,64701
479	68858,02647	66197,73302	73502,07322	113028,07109	107420,81465
480	66016,38693	66580,53115	71485,13192	109248,25524	104136,41782
481	64395,40948	64349,18992	68162,30406	102676,76452	101544,38517

482	61949,226	61102,67162	66147,20799	100299,29907	96553,58585
483	58901,83782	58738,90051	65500,7989	98227,92159	94433,80993
484	56800,43975	57349,40555	61647,69093	92892,02084	91478,72591
485	56651,78477	53299,33072	59418,14546	91805,66487	89015,86045
486	54746,67952	52900,62525	57451,09023	88340,16392	82437,49358
487	51672,7892	51755,35243	55588,6454	82834,51233	81383,75838
488	50779,45772	48283,07711	53488,79971	81126,45423	78121,33255
489	47707,86399	47957,08418	51932,73951	78741,71085	76071,49458
490	45592,58041	45783,0455	50497,05643	72733,85544	72995,74493
491	44227,60138	44239,55155	45482,36986	73123,12695	67912,85021
492	42946,69675	42658,78593	46797,50392	69146,58102	66999,24618
493	40799,62415	41257,23504	43196,06016	66281,32565	63487,49071
494	41318,49308	40206,35108	42684,49358	65773,52862	62122,80162
495	38308,95755	38381,7652	40104,87954	63184,90401	59641,59847
496	38046,78976	37194,26887	39593,50625	60553,34145	57679,12814
497	35544,86755	35337,07431	37806,14695	58658,80996	55480,79567
498	35477,30295	34655,38756	36838,98366	57264,19439	52725,25867
499	34657,31096	32502,77121	35297,51706	54245,15528	52164,48545
500	31816,48806	31285,1836	33447,46919	51845,43064	50671,61846
501	31648,79637	30146,44079	34616,25903	50844,18247	48956,92588
502	29893,46844	29419,36502	30816,72247	47410,34226	45913,17356
503	29034,88127	28771,61162	30150,64311	47551,51323	43953,4947
504	27612,3917	27725,76375	28557,15876	46003,85698	41733,50991
505	26807,81852	26023,07595	28225,41798	42831,75536	41515,413
506	25997,4174	25272,44049	26811,42655	41056,58677	38258,4303
507	25689,10247	24820,0184	25689,10247	39313,27323	37472,85992
508	24387,72317	22551,25955	25710,49068	37859,40385	36652,21798
509	22246,76818	22104,82244	25098,58707	37047,83726	34608,95143
510	22340,26779	21393,75615	23351,60899	34709,74862	34152,21437
511	21563,3513	21054,90469	22397,72523	34026,81191	31771,39488

512	20396,47209	20737,28718	21300,9429	33347,44537	30253,89305
513	19611,0252	18424,87448	21284,81566	29864,63918	29232,02547
514	18974,90543	18405,12825	19597,68515	29535,65937	28250,34803
515	18024,41184	17877,87191	19276,66219	28495,35619	27056,60048
516	17968,23123	17472,46348	17753,84518	27990,7793	25485,14229
517	16980,32035	17034,22613	17829,33637	25753,48586	23866,7836
518	15912,11542	15139,55104	16779,55612	25684,37711	24193,46339
519	15716,63211	14803,34994	16180,08874	24672,24989	23050,1517
520	15490,48474	15517,90153	15997,6953	24044,52233	22838,18369
521	13971,91869	14840,85342	15158,08355	22495,75457	21847,50168
522	13557,6686	13835,20532	14820,46066	21689,49439	20024,27409
523	13360,7315	13067,5493	14002,94012	20913,66331	19405,86916
524	13005,9275	12963,79166	13230,65194	19522,93652	19522,93652
525	12278,5348	12306,7938	12645,90178	19936,72337	18241,18346
526	11829,18036	11473,73624	12497,41531	18099,21466	17871,73042
527	11516,35456	11630,80281	11645,10884	18011,29241	17095,70646
528	10464,65332	10766,93353	10781,32783	17114,81815	16064,03452
529	10934,33418	10108,82816	10586,7527	15945,30057	15481,85859
530	10622,13324	9951,87517	10942,69144	15605,35624	15095,37727
531	9919,10617	9772,37383	10520,70877	15172,12394	14409,11577
532	10121,31373	9604,16632	9678,04452	14657,43536	13578,81361
533	9030,97452	8584,63311	10280,73047	14952,43722	14268,04706
534	8658,70212	9392,74434	9422,70525	13767,03676	11984,36279
535	8868,72168	7662,09288	9019,55028	13212,58535	12564,02237
536	7700,31695	7685,12895	8733,10108	13000,9296	12089,64949
537	7875,96903	8044,19361	7875,96903	12662,72302	10598,14862
538	7853,12567	7806,93081	8099,49824	11902,87479	11348,53651
539	6666,47383	7286,61093	7348,62464	10774,88212	11146,96438
540	6742,90197	6930,20481	6992,63908	10098,74439	10957,21571
541	6851,52666	7275,81844	6992,95725	10685,86726	9491,56445

542	6391,4626	6644,58983	6866,07616	10789,54825	9397,34847
543	6529,82124	5797,20715	6593,52681	9571,76236	9922,14301
544	6380,86916	5883,86679	6589,28951	8833,81635	9378,91572
545	6374,61897	6116,40655	5987,30034	8585,56276	8585,56276
546	5703,5628	5443,57133	6369,79093	9262,19599	8238,4796
547	5628,06616	4940,91855	5955,27931	8622,06648	8163,96807
548	5040,38556	5369,82253	5353,35068	8054,73379	7412,33171
549	5207,07426	4875,41348	5488,98592	8192,02129	7213,62198
550	4941,49203	5241,98817	5175,21125	7028,27076	6911,41115
551	5099,41961	4173,78239	5621,14241	7640,71454	7018,01313
552	4597,59781	5106,55698	5055,66106	6701,2957	6565,57325
553	4223,90833	4394,91676	4668,53026	7113,95087	6447,01797
554	4153,96789	4567,64104	4895,13229	6446,4066	5825,89688
555	4186,63252	3630,7311	4256,12019	6392,86625	5993,31211
556	4340,61913	3850,54923	4358,12162	6283,39624	6125,87377
557	4073,24005	4214,30464	4302,47001	6065,77739	5078,32526
558	4263,27627	3694,83944	4067,87611	5506,73185	5808,71392
559	3847,25912	3739,89375	4240,93214	5511,42237	5475,63391
560	3370,63868	3532,86193	4163,73014	5263,24329	5155,09445
561	3195,91987	3595,40985	4049,37574	5792,60476	5447,59068
562	3347,52118	3310,93625	3658,49309	4865,79581	5085,30539
563	3243,02797	3040,33872	3943,22719	4717,13159	4975,09973
564	3248,02189	3433,62315	3841,9459	4621,47115	4992,67366
565	3009,72675	3383,60584	3738,79099	4785,65247	4841,73433
566	2844,40743	2863,24457	3597,89285	4878,81805	4238,35545
567	3416,45682	3511,3584	3131,75209	4346,49229	3928,92535
568	3174,50035	3040,63587	3767,32872	4838,2445	4302,78661
569	3429,4684	3198,26829	3294,60167	4142,33543	4335,0022
570	2620,33067	2775,60952	3066,75737	4231,34878	3513,18408
571	3462,21199	3129,68315	2894,95691	3892,54342	4381,55641

572	3212,92276	2779,27675	2739,85438	3804,25824	3981,65888
573	3058,72421	2999,13867	3058,72421	3734,02695	3952,50725
574	2641,65111	2561,60107	3202,00134	3742,33907	3382,11392
575	3064,80204	2883,33349	2661,53861	3568,88132	3609,20766
576	2458,18453	1990,92632	2742,60258	3433,33212	3839,64361
577	2251,47758	3172,53659	2722,24107	3622,83211	3111,13266
578	2989,9553	2165,14004	2474,44576	2742,51072	3154,91835
579	2596,59809	2492,73417	2617,37087	3178,23606	3157,46328
580	2699,34926	2197,14475	2552,87294	3306,17971	3285,25453
581	2425,49851	2193,49431	3016,05467	3058,23726	3100,41984
582	2295,79864	2189,51166	2380,82822	3018,55006	2720,94653
583	1970,96183	2463,70229	2913,59575	2806,47826	3256,37172
584	2266,90816	2655,52099	2418,03537	3346,38824	2741,87939
585	2023,28055	2414,88324	2284,34901	2937,02016	3176,33291
586	2148,50277	1885,4208	2280,04376	2850,0547	2915,82519
587	1877,75969	2628,86357	2275,40292	3136,96325	3070,68938
588	2426,24008	2225,90833	2403,98099	2671,08999	2782,38541
589	2197,83385	2444,52949	2668,79825	2691,22513	3117,33577
590	1897,95218	2372,44023	2372,44023	3050,2803	2666,17093
591	2435,5086	2139,60569	2230,65274	2526,55565	2389,98507
592	1903,09508	2132,38364	2247,02792	2224,09907	2751,46276
593	2171,01931	2286,49906	2147,92336	2794,60997	2656,03426
594	1674,93916	2349,56743	2303,04134	2791,56527	2675,25005
595	1944,70142	2319,58363	2225,86308	2155,57266	2858,47679
596	2053,62355	2077,22842	2218,85763	2077,22842	2431,30145
597	1973,70673	1997,48633	1854,80874	2496,85791	2972,4499
598	1676,8031	1844,48341	2179,84403	2107,98104	2491,25032
599	2219,87359	2219,87359	1954,45392	2244,00265	2750,71292
600	1725,5692	2187,34124	1968,60711	2454,68294	2260,25261
601	1690,38261	1959,86389	1910,86729	2302,84007	3013,29073

602	2098,88849	1777,88202	2148,2741	1926,03885	2247,04532
603	1966,09772	2165,19622	1891,43578	2115,4216	2115,4216
604	1906,21832	2131,9547	2056,70924	2382,7729	2432,93654
605	1718,79025	2072,65882	2123,21148	1971,55352	2199,04046
606	1759,49684	2116,4962	2192,99606	2422,49565	2014,49638
607	1749,20353	2109,33367	2032,16292	2418,01664	2469,46381
608	1946,04063	1971,98784	2101,72388	2257,40713	2205,51271
609	2015,15433	1779,61681	1805,78765	2146,00851	2695,59606
610	1979,58469	2401,8961	1953,19023	2243,52932	2058,76808
611	2078,18016	1944,96348	1651,88679	2291,32684	2690,97687
612	1828,67015	2232,05327	2258,94548	2393,40652	2312,7299
613	1384,19512	1682,74701	2089,86323	2306,99187	2198,42755
614	1807,73694	1889,9068	2081,63647	2519,87573	1999,46661
615	2266,38376	1824,16254	2736,24381	2128,18963	2321,66142
616	1897,02287	2343,38119	2008,61245	2092,30464	2566,56035
617	2083,54133	2196,16518	1886,44958	1830,13765	2083,54133
618	2273,16261	1761,70103	2074,26088	2074,26088	1960,60275
619	2265,17501	1749,05919	2437,21362	2265,17501	1921,0978
620	1504,44685	2112,01192	1909,49023	2401,32863	2401,32863
621	2017,11134	1461,67488	2338,67981	2338,67981	2221,74582
622	1919,79613	2185,61405	2362,826	2333,29068	2421,89665
623	1790,22915	2446,6465	2148,27498	1879,74061	2774,85518
624	2109,72859	2320,70145	2230,28451	1838,47777	2320,70145
625	2283,06055	1887,33006	1887,33006	2465,70539	2648,35024
626	2000,30177	1723,33691	2092,62339	2338,81437	3046,61346
627	1990,84412	2457,44821	2581,87596	2924,0523	2799,62454
628	2169,36037	2137,92036	1509,12025	2861,04048	1917,84032
629	2255,88806	1588,65356	2065,24963	2351,20728	2510,07263
630	1348,45777	2119,00506	2086,89892	1990,58051	2664,80939
631	2081,50912	1853,84406	2341,69777	2666,93357	2276,65061

632	1877,6383	2108,22546	2042,34342	2569,39978	2437,63569
633	2001,50794	2301,73413	1701,28175	2335,0926	3068,97884
634	1688,79542	3039,83176	2566,96904	2127,88223	2837,17631
635	1949,02102	2290,95454	2667,0814	2564,50135	2359,34124
636	2279,06628	2037,34713	2106,40974	2348,12889	2348,12889
637	1987,548	2161,89432	1987,548	2266,50211	2231,63284
638	2112,43315	2394,0909	2218,0548	2182,84759	2464,50534
639	1670,62323	2452,61708	2523,70743	2594,79778	3661,15303
640	2942,41674	2440,05291	2547,7023	2081,2216	2619,46856
641	2285,71157	2467,11725	2358,27384	2503,39839	2285,71157
642	2237,4276	2567,53987	2274,10674	2200,74846	2274,10674
643	2447,09164	2076,32018	2484,16879	2113,39733	3077,40312
644	2323,45937	2398,40967	2473,35997	3260,33814	2885,58663
645	2007,27727	2423,88199	2726,86724	2575,37461	2423,88199
646	2257,72904	3023,06092	2295,99564	2640,39498	2640,39498
647	2203,62181	2048,98169	3170,12261	2860,84235	2938,16242
648	1562,13879	2108,88736	2226,04777	2850,90329	2655,63594
649	2130,13301	1932,89847	2248,47373	2327,36754	2919,07116
650	2470,10141	2589,62245	2509,94176	3067,70659	3107,54694

Erklärung über die selbstständige Anfertigung der Arbeit

Hiermit bestätige ich, dass ich die hier vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt und keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Ort, Datum

Unterschrift