



universität  
wien

# DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Risikoabschätzung der Cumarinaufnahme  
aus zimthältigen Lebensmitteln  
bei 3-6jährigen Vorschulkindern in Österreich“

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Verfasserin:	Regina Stockinger
Matrikel-Nummer:	0206710
Studienrichtung (lt. Studienblatt):	A474 Diplomstudium Ernährungswissenschaften
Betreuer:	o. Univ.-Prof. Dr. Ibrahim Elmadfa

Wien, September 2008



# Danksagung

---

Herrn o. Univ.-Prof. Dr. Ibrahim Elmadfa danke ich für die Bereitstellung des interessanten Themas.

Besonderer Dank gilt Herrn Dr. Heinz Freisling der mich während meiner Arbeit betreut hat und mir stets hilfreich zur Seite stand.

Weiters möchte ich meinen Studienkollegen und Freunden für ihre kritischen Anregungen und ihre Unterstützung danken.

Für die aufmunternden Worte und die Begleitung während meiner Diplomarbeit danke ich besonders Peter Jungwirth.

Mein spezieller Dank gebührt meinen Eltern, die mir das Studium der Ernährungswissenschaften ermöglicht haben.



Im Sinne der Gleichbehandlung von  
Frauen und Männern  
sind alle in dieser Diplomarbeit angeführten Bezeichnungen  
als geschlechtsneutral zu verstehen.  
Ausnahmen bilden Formulierungen die tatsächlich nur ein  
Geschlecht betreffen.



**INHALTSVERZEICHNIS****ABBILDUNGSVERZEICHNIS** **IV****TABELLENVERZEICHNIS** **V****FORMELVERZEICHNIS** **VII****ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS** **VII****EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG** **1**

<b>1.1</b>	<b>BEGRÜNDUNG DER THEMENWAHL</b>	<b>1</b>
<b>1.2</b>	<b>AUFBAU DER DIPLOMARBEIT</b>	<b>2</b>
<b>1.3</b>	<b>FRAGESTELLUNG</b>	<b>2</b>

**2 LITERATURÜBERSICHT** **3**

<b>2.1</b>	<b>CUMARIN</b>	<b>3</b>
2.1.1	CHEMISCH-PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN	3
2.1.2	NATÜRLICHES VORKOMMEN VON CUMARIN	4
2.1.3	SYNTHESE VON CUMARIN	5
2.1.4	VERWENDUNG VON CUMARIN	5
<b>2.2</b>	<b>RECHTLICHE SITUATION DER VERWENDUNG VON CUMARIN IN ÖSTERREICH</b>	<b>6</b>
<b>2.3</b>	<b>METABOLISMUS VON CUMARIN</b>	<b>7</b>
2.3.1	ABSORPTION	7
2.3.2	DISTRIBUTION	8
2.3.3	EXKRETION	8
<b>2.4</b>	<b>METABOLISMUS VON CUMARIN</b>	<b>8</b>
2.4.1	LEBER	9
2.4.1.1	Cumarin 7- Hydroxylierung	9
2.4.1.2	Cumarin 3-Hydroxylierung	10
2.4.1.3	Cumarin 3,4-Epoxidierung	10
2.4.1.4	Detoxifikation von Cumarin 3,4-Epoxid	11
2.4.2	POLYMORPHISMUS	13
<b>2.5</b>	<b>TOXIKOLOGIE VON CUMARIN</b>	<b>14</b>
2.5.1	EFFEKTE VON CUMARIN BEIM MENSCHEN	14
2.5.2	HEPATOTOXISCHE EFFEKTE VON CUMARIN BEI LABORTIEREN	15
2.5.2.1	Ratten	16

2.5.2.2	Mäuse	17
2.5.2.3	Hunde	17
2.5.2.4	Primaten	18
2.5.3	NIERE	18
2.5.4	LUNGE	18
2.5.5	GENOTOXIZIÄT	19
2.5.6	GRENZWERTE	20
<b>2.6</b>	<b>EXPOSITION</b>	<b>20</b>
2.6.1	ORALE EXPOSITION BEIM MENSCHEN	20
<b>2.7</b>	<b>ZIMT</b>	<b>20</b>
2.7.1	ARTEN DER GATTUNG CINNAMOMUM	21
2.7.2	CINNAMOMUM CEYLANICUM NEES	21
2.7.3	CINNAMOMUM CASSIAE BLUME	21
2.7.4	CINNAMOMUM BURMANII (NEES) BL.	21
2.7.5	CUMARINGEHALTE DER UNTERSCHIEDLICHEN CINNAMOMUM-ARTEN	22
<b>2.8</b>	<b>EXPOSITIONSABSCHÄTZUNG</b>	<b>23</b>
2.8.1	THEORETICAL ADDED MAXIMUM DAILY INTAKE (TAMDI)	23
2.8.2	TOLERABLE DAILY INTAKE (TDI)	24
2.8.3	EXPOSITIONSABSCHÄTZUNG – KLEINKINDER	24
<b>2.9</b>	<b>STELLENWERT UND EINSTELLUNG DES KONSUMENTEN ZU ZIMTHÄLTIGEN LEBENSMITTEL IN ÖSTERREICH</b>	<b>26</b>
2.9.1	ZIMT IN KLASSISCHEN/TRADITIONELLEN ÖSTERREICHISCHEN REZEPTEN	26
<b>2.10</b>	<b>VERWENDUNG VON ZIMT IN ANDEREN KULTUREN</b>	<b>27</b>
2.10.1	INDIEN	27
2.10.2	SÜDAMERIKA	27
2.10.3	ARABIEN/OSTMEDITERRANE LÄNDER	28
<b>3</b>	<b><u>MATERIAL UND METHODEN</u></b>	<b><u>29</u></b>
<b>3.1</b>	<b>WIEGEPROTOKOLL („WEIGHED FOOD RECORD“)</b>	<b>29</b>
<b>3.2</b>	<b>STUDIENKOLLEKTIV</b>	<b>30</b>
3.2.1	ANTHROPOMETRISCHE DATEN	30
3.2.1.1	Lebensalter	30
3.2.1.2	Körpergröße	31
3.2.1.3	Körpergewicht	32
<b>3.3</b>	<b>SEKUNDÄRAUSWERTUNG VON VERZEHRSDATEN (ROHDATEN)</b>	<b>32</b>
3.3.1	DATENERHEBUNG 2001	33
3.3.2	AUSWERTUNG 2001	33
3.3.3	EVALUIERUNG DER PROTOKOLLIERTEN ZIMTAUFNAHME (IN DEN REZEPTUREN /SPEISEN)	33

3.3.4	REZEPTBERECHNUNGEN	34
3.3.5	ERMITTLUNG DER GEWICHTSANTEILE DER ZUTATEN	34
3.3.6	CUMARINGEHALT IN DEN SPEISEN	35
<b>3.4</b>	<b>VERZEHRTE ZIMT- BZW. CUMARINHÄLTIGE SPEISEN UND LEBENSMITTEL</b>	<b>37</b>
<b>3.5</b>	<b>USER-KONZEPT VS. GESAMTKOLLEKTIV</b>	<b>38</b>
<b>3.6</b>	<b>OPTIMIX-EMPFEHLUNGEN</b>	<b>39</b>
<b>3.7</b>	<b>DESKRIPTIVE STATISTIK (MITTELWERTE, SD, ETC.)</b>	<b>39</b>
3.7.1	DAS ARITHMETISCHE MITTEL ( $\bar{X}$ )	40
3.7.2	DER MEDIAN ( $\tilde{X}$ )	40
3.7.3	DIE STANDARDABWEICHUNG (S)	40
3.7.4	95. PERZENTILE	41
3.7.5	COHEN'S D	41
<b>4</b>	<b>ERGEBNISSE UND DISKUSSION</b>	<b>42</b>
<hr/>		
<b>4.1</b>	<b>EXPOSITIONSABSCHÄTZUNG - ZIMTHÄLTIGER/CUMARINHÄLTIGER LEBENSMITTEL LAUT DEN WIEGEPROTOKOLLEN</b>	<b>42</b>
4.1.1	GESAMTKOLLEKTIV	42
4.1.1.1	Zimthältige/cumarinhältige LM inklusive Wurst	42
4.1.1.2	Zimthältige/cumarinhältige LM exklusive Wurst	42
4.1.1.3	Verzehnte Mengen pro Lebensmittel	42
4.1.2	USER	45
4.1.2.1	Zimthältige/cumarinhältige LM inklusive Wurstwaren	45
4.1.2.2	Zimthältige/cumarinhältige LM exklusive Wurstwaren	45
4.1.2.3	Verzehnte Mengen pro Lebensmittel – User	45
4.1.3	REGIONALE BESONDERHEITEN BEIM VERZEHR VON CUMARINHÄLTIGEN LEBENSMITTELN	47
4.1.3.1	Zimthältige/cumarinhältige LM inklusive Wurstwaren	47
4.1.3.2	Zimthältige/cumarinhältige LM exklusive Wurstwaren	49
4.1.4	GESCHLECHTSSPEZIFISCHE UNTERSCHIEDE IM VERZEHR VON CUMARINHÄLTIGEN LEBENSMITTEL INKLUSIVE WURSTWAREN	52
4.1.4.1	Gesamtkollektiv	52
4.1.4.2	User	52
4.1.5	GESCHLECHTSSPEZIFISCHE UNTERSCHIEDE IN DER AUFNAHME VON CUMARINHÄLTIGEN LM EXKLUSIVE WURSTWAREN	53
4.1.5.1	Gesamtkollektiv	53
4.1.5.2	User	53
4.1.6	VERGLEICH MIT ANDEREN STUDIENERGEBNISSEN	54
<b>4.2</b>	<b>ZIMT- UND CUMARINGEHALTE DER VERZEHRTEN SPEISEN</b>	<b>57</b>
4.2.1	VERGLEICH MIT ANDEREN STUDIENERGEBNISSEN	59
<b>4.3</b>	<b>CUMARIN AUS WURSTWAREN</b>	<b>60</b>

4.3.1	VERGLEICH MIT ANDEREN STUDIENERGEBNISSEN	61
<b>4.4</b>	<b>EXPOSITIONSABSCHÄTZUNG – ZIMT</b>	<b>62</b>
4.4.1	GESAMTKOLLEKTIV	62
4.4.1.1	Zimt-Aufnahme aus den einzelnen Lebensmitteln – Gesamtkollektiv	62
4.4.2	USER	63
4.4.2.1	Zimt-Aufnahme aus den einzelnen Lebensmitteln – User	64
4.4.3	VERGLEICH MIT ANDEREN STUDIENERGEBNISSEN	66
<b>4.5</b>	<b>EXPOSITIONSABSCHÄTZUNG – CUMARIN</b>	<b>68</b>
4.5.1	GESAMTKOLLEKTIV	68
4.5.1.1	Cumarin-Aufnahme aus den einzelnen Lebensmitteln	68
4.5.2	USER	71
4.5.2.1	Cumarinaufnahme aus den einzelnen Lebensmitteln – User	71
4.5.3	REGIONALE BESONDERHEITEN IN DER CUMARINAUFNAHME	73
4.5.4	GESCHLECHTERSPEZIFISCHE UNTERSCHIEDE DER AUFNAHME VON CUMARIN AUS CUMARINHÄLTIGEN LEBENSMITTEN (EXKL. WURST)	75
4.5.5	VERGLEICH MIT ANDEREN STUDIENERGEBNISSEN	77
4.5.5.1	Gesamtkollektiv	77
4.5.5.2	User	81
<b><u>5</u></b>	<b><u>SCHLUSSBETRACHTUNG</u></b>	<b><u>86</u></b>
<b><u>6</u></b>	<b><u>ZUSAMMENFASSUNG</u></b>	<b><u>88</u></b>
<b><u>7</u></b>	<b><u>SUMMARY</u></b>	<b><u>89</u></b>
<b><u>8</u></b>	<b><u>LITERATUR</u></b>	<b><u>90</u></b>
<b><u>9</u></b>	<b><u>ANHANG</u></b>	<b><u>97</u></b>

## **ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

ABBILDUNG 1.	STRUKTURFORMEL VON CUMARIN [LAKE, 1999]	4
ABBILDUNG 2.	BIOTRANSFORMATIONSREAKTIONEN VON CUMARIN [RIETJENS ET AL., 2005]	9
ABBILDUNG 3.	ALTERSVERTEILUNG DES STUDIENKOLLEKTIVS (N=441)	31
ABBILDUNG 4.	TÄGLICHE MENGENANTEILE (IN PROZENT) DES VERZEHR AN CUMARINHÄLTIGEN LEBENSMITTELN INKLUSIVE WURST EINES DURCHSCHNITTLICHEN KINDES, ZUSAMMENGEFASST IN LEBENSMITTELGRUPPEN; GESAMTKOLLEKTIV (N=151)	44

ABBILDUNG 5. MENGENANTEILE CUMARINHÄLTIGER LEBENSMITTEL AN DER CUMARINAUFNAHME EINES DURCHSCHNITTLICHEN 3-6JÄHRIGEN KINDES (IN PROZENT), ZUSAMMENGEFASST IN LEBENSMITTELGRUPPEN (N=151)	70
ABBILDUNG 6. DURCHSCHNITTLICHE AUFNAHMEN AN CUMARIN IN MG FÜR DAS GESAMTKOLLEKTIV (N=151) UND DIE USER (N=102), GETRENNT NACH REGIONEN	74

## **TABELLENVERZEICHNIS**

TABELLE 1. CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG VON RINDENPROBEN UNTERSCHIEDLICHER CINNAMOMUM-ARTEN .....	22
TABELLE 2. REGIONALE STREUUNG DES STUDIENKOLLEKTIVS (WIEGEPROTOKOLLE) .....	30
TABELLE 3. DURCHSCHNITTLICHES LEBENSALTER DES STUDIENKOLLEKTIVS (N=441) .....	31
TABELLE 4. DURCHSCHNITTLICHE KÖRPERGRÖÙE DES STUDIENKOLLEKTIVS (N=441) .....	32
TABELLE 5. DURCHSCHNITTLICHES KÖRPERGEWICHT DES STUDIENKOLLEKTIVS (N=441) .....	32
TABELLE 6. DURCHSCHNITTLICHES FASSUNGSVERMÖGEN VERSCHIEDENER HAUSHALTSMAÙE BEI ZIMTPULVER IN G (N=10) .....	35
TABELLE 7. EMPFEHLUNG DES FORSCHUNGSINSTITUTS FÜR KINDERERNÄHRUNG FÜR GEDULDETE LEBENSMITTEL IN G/D FÜR DIE ALTERSGRUPPEN 2-3 JAHRE UND 4-6JAHRE .....	39
TABELLE 8. INTERPRETATIONSINTERVALLE DES COHEN'S D [COHEN, 1988] .....	41
TABELLE 9. DURCHSCHNITTLICHE TÄGLICHE VERZEHRSMENGE AN CUMARINHÄLTIGEN LEBENSMITTELN INKL. WURSTWAREN IN G; GESAMTKOLLEKTIV (N=151) .....	42
TABELLE 10. DURCHSCHNITTLICHE TÄGLICHE VERZEHRSMENGE AN CUMARINHÄLTIGEN LEBENSMITTELN EXKL. WURSTWAREN IN G; GESAMTKOLLEKTIV (N=151) .....	42
TABELLE 11. DURCHSCHNITTLICHE TÄGLICHE VERZEHRSMENGEN CUMARINHÄLTIGER LEBENSMITTEL IN G; GESAMTKOLLEKTIV (N=151) .....	43
TABELLE 12. DURCHSCHNITTLICHE TÄGLICHE VERZEHRSMENGE AN CUMARINHÄLTIGEN LEBENSMITTELN INKL. WURSTWAREN IN G; USER (N=122) .....	45
TABELLE 13. DURCHSCHNITTLICHE TÄGLICHE VERZEHRSMENGE AN CUMARINHÄLTIGEN LEBENSMITTELN EXKL. WURSTWAREN IN G; USER (N=102) .....	45
TABELLE 14. DURCHSCHNITTLICHE TÄGLICHE VERZEHRSMENGEN CUMARINHÄLTIGER LEBENSMITTEL IN G; USER (N=122) .....	46
TABELLE 15. DURCHSCHNITTLICHE TÄGLICHE VERZEHRSMENGEN CUMARINHÄLTIGER LM INKL. WURST IN G, GETRENNT NACH REGIONEN; GESAMTKOLLEKTIV (N=151) .....	47
TABELLE 16. DURCHSCHNITTLICHE TÄGLICHE VERZEHRSMENGEN CUMARINHÄLTIGER LM INKL. WURST IN G, GETRENNT NACH REGIONEN; USER (N=122) .....	47

TABELLE 17. COHEN'S D ERGEBNISSE DER ZWISCHEN DEN EINZELNEN REGIONEN FÜR DIE AUFNAHME VON CUMARINHÄLTIGEN LM INKL. WURST FÜR DAS GESAMTKOLLEKTIV (N=151) UND DIE USER (N=122).....	48
TABELLE 18. DURCHSCHNITTLICHE TÄGLICHE VERZEHRSMENGEN CUMARINHÄLTIGER LM EXKL. WURST IN G, GETRENNT NACH REGIONEN; GESAMTKOLLEKTIV (N=151) .....	49
TABELLE 19. DURCHSCHNITTLICHE TÄGLICHE VERZEHRSMENGEN CUMARINHÄLTIGER LM EXKL. WURST IN G, GETRENNT NACH REGIONEN; USER (N=102) .....	50
TABELLE 20. ERGEBNISSE DER RELEVANTEN UNTERSCHIEDE ZWISCHEN DEN EINZELNEN REGIONEN FÜR DIE AUFNAHME VON CUMARINHÄLTIGEN LM EXKL. WURSTWAREN FÜR DAS GESAMTKOLLEKTIV (N=151) UND DIE USER (N=102) .....	50
TABELLE 21. DURCHSCHNITTLICHE TÄGLICHE VERZEHRSMENGEN CUMARINHÄLTIGER LM INKL. WURST IN G, GETRENNT NACH GESCHLECHT: GESAMTKOLLEKTIV (N=151) .....	52
TABELLE 22. DURCHSCHNITTLICHE TÄGLICHE VERZEHRSMENGEN CUMARINHÄLTIGER LM INKL. WURST IN G, GETRENNT NACH GESCHLECHT; USER (N=122) .....	52
TABELLE 23. DURCHSCHNITTLICHE TÄGLICHE VERZEHRSMENGEN CUMARINHÄLTIGER LM EXKL. WURST IN G, GETRENNT NACH GESCHLECHT; GESAMTKOLLEKTIV (N=151) .....	53
TABELLE 24. DURCHSCHNITTLICHE TÄGLICHE VERZEHRSMENGEN CUMARINHÄLTIGER LM EXKL. WURST IN G, GETRENNT NACH GESCHLECHT; USER (N=102) .....	54
TABELLE 25. ZUR EXPOSITIONSABSCHÄTZUNG HERANGEZOGENE CUMARINKONZENTRATIONEN DER EINZELNEN CUMARINHÄLTIGEN LEBENSMITTEL .....	58
TABELLE 26. BERECHNUNG DES EFFEKTS VON CUMARIN AUS WURST AUF DIE GESAMTCUMARIN-AUFNAHME (IN MG/TAG) MITTELS COHEN'S D; GESAMTKOLLEKTIV (N=151) .....	60
TABELLE 27. BERECHNUNG DES EFFEKTS VON CUMARIN AUS WURST AUF DIE GESAMTCUMARIN-AUFNAHME (IN MG/TAG) MITTELS COHEN'S D; USER (N=122) .....	61
TABELLE 28. DURCHSCHNITTLICHE TÄGLICHE VERZEHRSMENGE AN ZIMT AUS ZIMTHÄLTIGEN LM IN MG; GESAMTKOLLEKTIV (N=151) .....	62
TABELLE 29. DURCHSCHNITTLICHE TÄGLICHE ZIMTAUFNAHME AUS ZIMTHÄLTIGEN LEBENSMITTELN IN MG; GESAMTKOLLEKTIV (N=151) .....	63
TABELLE 30. DURCHSCHNITTLICHE TÄGLICHE VERZEHRSMENGE AN ZIMT AUS ZIMTHÄLTIGEN LM IN MG; USER (N=102) .....	63
TABELLE 31. DURCHSCHNITTLICHE TÄGLICHE ZIMTAUFNAHME AUS ZIMTHÄLTIGEN LEBENSMITTELN IN MG; USER (N=102) .....	65
TABELLE 32. DURCHSCHNITTLICHE TÄGLICHE VERZEHRSMENGE AN CUMARIN IN MG; GESAMTKOLLEKTIV (N=151) .....	68
TABELLE 33. DURCHSCHNITTLICHE TÄGLICHE CUMARINAUFNAHME AUS CUMARINHÄLTIGEN LEBENSMITTELN IN µG; GESAMTKOLLEKTIV (N=151) .....	69
TABELLE 34. DURCHSCHNITTLICHE TÄGLICH VERZEHRSMENGE AN CUMARIN IN MG; USER (N=102) ....	71
TABELLE 35. DURCHSCHNITTLICHE TÄGLICHE CUMARINAUFNAHME AUS CUMARINHÄLTIGEN LEBENSMITTELN IN MG; USER (N=102).....	72

TABELLE 36. DURCHSCHNITTLICHE TÄGLICHE AUFNAHMEN AN CUMARIN AUS CUMARINHÄLTIGEN LM IN MG, GETRENNT NACH REGIONEN; GESAMTKOLLEKTIV (N=151) .....	73
TABELLE 37. DURCHSCHNITTLICHE TÄGLICHE AUFNAHMEN AN CUMARIN AUS CUMARINHÄLTIGEN LM IN MG, GETRENNT NACH REGIONEN; USER (N=102) .....	73
TABELLE 38 ERGEBNISSE DER RELEVANTEN UNTERSCHIEDE FÜR DIE AUFNAHME VON CUMARIN AUS CUMARINHÄLTIGEN LM ZWISCHEN DEN EINZELNEN REGIONEN FÜR DAS GESAMTKOLLEKTIV (N=151) UND DIE USER (N=102) .....	75
TABELLE 39. DURCHSCHNITTLICHE TÄGLICHE AUFNAHMEN AN CUMARIN AUS CUMARINHÄLTIGEN LM IN MG, GETRENNT NACH GESCHLECHT; GESAMTKOLLEKTIV (N=151) .....	75
TABELLE 40. DURCHSCHNITTLICHE TÄGLICHE AUFNAHMEN AN CUMARIN AUS CUMARINHÄLTIGEN LM, GETRENNT NACH GESCHLECHT; USER (N=102) .....	76
TABELLE 41 ZUSAMMENFASSUNG VON STUDIENERGEBNISSEN - GESAMTKOLLEKTIV .....	77
TABELLE 42 ZUSAMMENFASSUNG VON STUDIENERGEBNISSEN - USER .....	81

## Formelverzeichnis

FORMEL 1 DAS ARITHMETISCHE MITTEL .....	40
FORMEL 2 STANDARDABWEICHUNG .....	40
FORMEL 3 COHEN'S D [COHEN, 1988] .....	41

## Abkürzungsverzeichnis

3-HC	3-Hydroxycumarin
7-HC	7-Hydroxycumarin
ALDH2	Enzyme der Aldehyddehydrogenase 2 Familie (mitochondrial)
AUC	Area under the curve (Fläche unter der Konzentrations-/Zeit-Kurve)
BFR	Bundesinstitut für Risikobewertung (D)
CE	Cumarin-3,4-Epoxid
C <sub>max</sub>	maximale Konzentration
Cyp2a	Enzym Cytochrome P450, 2a, phenobarbitol inducible
CYP2A6	Enzym Cytochrom P450, Familie 2, Subfamilie A,

	Polypeptid 6
Cyp2a5	Enzym Cytochrome P450, Familie 2, Subfamilie a, Polypeptid 5
EFSA	European Food Safety Authority
GSH	Glutathion
GST	Glutathiontransferasen
KG	Körpergewicht
$K_m$	Michaelis-Konstante
LM	Lebensmittel
SCF	Scientific Committee on Food
TAMDI	Theoretical Added Maximum Daily Intake
TDI	Tolerable Daily Intake
NOEL	No Observed Effect Level
NOAEL	No Observed Adverse Effect Level
ÖLS	Österreichischer Lebensmittelschlüssel
o-HPAA	o-Hydroxyphenyllessigsäure
o-HPA	o-Hydroxyphenylacetaldehyd
o-HPE	o-Hydroxyphenylethanol
ppm	parts per million

## **Einleitung und Fragestellung**

### ***1.1 Begründung der Themenwahl***

Diese Diplomarbeit befasst sich mit dem Thema „Risikoabschätzung der Cumarinaufnahme aus zimthältigen Lebensmitteln bei 3-6jährigen Vorschulkindern in Österreich“.

Cumarin (1,2-Benzopyron) ist ein sekundärer Pflanzeninhaltsstoff, der in zahlreichen Pflanzen wie Waldmeister, Tonkabohnen, Steinklee [HÄNSEL und STICHER, 2007] und Zimt, vor allem in Cassiazimt, enthalten ist [Bundesinstitut für Riskobewertung (BFR), 2006]. Entsprechend der österreichischen Verzehrsgewohnheiten wird Zimt, die Hauptquelle für Cumarin, seit Jahrhunderten als ein typisches Gewürz für zahlreiche traditionsreiche Speisen der österreichischen Küche verwendet [PERCO, 2002]. Der Gehalt an Cumarin in Lebensmitteln (LM) und Getränken ist entsprechend der derzeit gültigen Aromenverordnung (BGBl. II 42/1998, in Umsetzung der Aromenrichtlinie 88/388/EWG) auf 2mg/kg beschränkt. Ausnahmen stellen diverse Karamellsüßwaren und alkoholische Getränke mit 10mg/kg sowie Kaugummi mit 50mg/kg dar [EFSA, 2004].

Obwohl eine genotoxische Wirkung von Cumarin widerlegt werden konnte, gibt es Hinweise, dass Cumarin hepatotoxisch ist. Besonders Kinder gelten im Hinblick auf ihre Cumarinaufnahme als Risikogruppe. Durch ihre speziellen Ernährungsgewohnheiten als auch ihre erhöhte Nahrungsaufnahme im Verhältnis zu ihrem Körpergewicht (KG) überschreiten sie möglicherweise den von der European Food Safety Authority (EFSA) festgelegten Tolerable Daily Intake (TDI) von 0.1mg Cumarin/kg Körpergewicht [BFR, 2006; EFSA 2004].

## ***1.2 Aufbau der Diplomarbeit***

Diese Diplomarbeit gliedert sich in 3 wesentliche Abschnitte. Im ersten Teil werden das Vorkommen, der Metabolismus von Cumarin und der aktuelle Forschungsstand bearbeitet, ebenso wie der Cumarinegehalt in verschiedenen Zimtarten und die Verwendung von Zimt in den Küchen verschiedener Kulturen.

Der zweite Teil beschreibt die verwendeten Materialien und Methoden. Im Detail handelt es sich um die Beschreibung der Durchführung einer Sekundärauswertung von Daten aus Wiegeprotokollen, der Evaluierung der Zimt- und Cumarinkonzentrationen durch Rezeptberechnungen sowie der Darstellung der verwendeten Methoden der deskriptiven Statistik.

Die Ergebnisse der statistischen Auswertung sowie die Diskussion derselben und eine zusammenfassende Schlussbetrachtung, werden im abschließenden Teil dargestellt.

## ***1.3 Fragestellung***

Diese Diplomarbeit greift die Problematik des Verzehrs von cumarinhaltigen Lebensmitteln und Getränken in Bezug auf deren potentielle toxische Auswirkungen auf und beschäftigt sich mit der empfindlichen Risikogruppe der 3-6jährigen Vorschulkinder. Kinder dieser Altersgruppe haben im Vergleich zu Erwachsenen einen erhöhten Energie- und Flüssigkeitsbedarfs im Verhältnis zu ihrer Körpermasse und können aufgrund ihrer speziellen Ernährungsgewohnheiten durch die Aufnahme von Zimt hohe Konzentrationen von Cumarin im Körper erreichen.

Ziel dieser Diplomarbeit ist es, festzustellen, ob österreichische Vorschulkinder durch ihre gewohnte Ernährungsweise den TDI Wert für Cumarin der EFSA durch den Konsum von cumarinhaltigen Lebensmitteln überschreiten, um daraus eventuelle Empfehlungen speziell für Österreich ableiten zu können.

## 2 Literaturübersicht

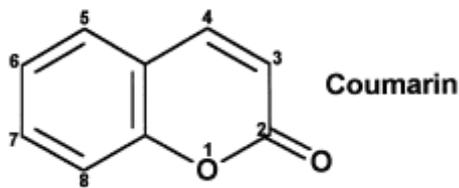
### 2.1 Cumarin

Cumarin ist ein sekundärer Pflanzeninhaltsstoff, welcher erstmals im Jahr 1822 aus Tonkabohnen, den Samen eines in Guayana beheimateten Baumes, *Coumarouna odorata* (*Dipteryx odorata* [AUBL.] WILLD.), isoliert wurde. Nach diesem, zur Familie der Fabaceae gehörenden Baum, wurde die isolierte Substanz Cumarin benannt. Heute gilt die Bezeichnung Cumarin auch als Gruppenbezeichnung für Pflanzenstoffe, die dasselbe Grundgerüst in sich haben [HÄNSEL und STICHER, 2007].

Cumarin ist von den so genannten Cumarin-Derivaten wie Warfarin, Phenprocoumon,... zu unterscheiden. Diese Substanzen leiten sich zwar von der Grundstruktur des Cumarins ab, unterscheiden sich aber in ihrer Wirkung als Vitamin-K-Antagonisten und durch ihren umfangreichen Einsatz zur Blutgerinnungshemmung sowie zur Verminderung der Thromboplastinzeit von Cumarin [BFR, 2006].

#### 2.1.1 Chemisch-physikalische Eigenschaften

Cumarin (Summenformel:  $C_9H_6O_2$ ) ist unter diversen chemischen Bezeichnungen wie 1,2-Benzopyryon, 2H-1-Benzopyran-2-on, o-Cumarsäurelacton, Tonkabohnencampher,... bekannt [EFSA, 2004; LAKE, 1999] und setzt sich aus einem aromatischen Ring verbunden mit einem kondensierten Laktoring zusammen. Die Verbindung hat ein Molekulargewicht von 146.15, der Schmelzpunkt liegt zwischen 68-70 °C und der Siedepunkt bei 297-299 °C. Cumarin ist in fetten und ätherischen Ölen sowie in Alkohol, Chloroform, Ether und Diethylether gut löslich, jedoch schwer löslich in Wasser [COHEN und BHATTACHARYYA, 1979]. Es bildet farblose Kristalle und zeichnet sich sensorisch durch einen angenehm würzigen Geruch, der an Heu, Vanille oder Waldmeister erinnert, aus [HÄNSEL und STICHER, 2007; BFR, 2006].



---

**ABBILDUNG 1. Strukturformel von Coumarin [LAKE, 1999]**

---

### 2.1.2 Natürliches Vorkommen von Coumarin

Coumarin ist ein in Mikroorganismen [LAKE, 1999] und im Pflanzenreich weit verbreiteter Inhaltsstoff. Man findet es in etwa 70 verschiedenen Pflanzen wie zum Beispiel in einigen Orchideenarten, in den Blüten und Blättern von bestimmten Gräsern (Poaceae) [STERLICH et al., 1997], wie *Anthoxanthum odoratum* L. (Duftendes Ruchgras) und *Hierochloë odorata* (L.) WAHLENB. (Wohlrichendes Mariengras). Bedeutsam für die Coumarinaufnahme über die Ernährung ist das Vorkommen in der Tonkabohne (2-3% Coumarin), im Waldmeister (0.4-1.1% Coumarin), im Steinklee (0.4-0.9% Coumarin) [HÄNSEL und STICHER, 2007] und vor allem in Zimt (bis zu 12.2g Coumarin/kg Zimt) [BFR, 2006]. Ebenso ist in manchen Früchten wie Heidelbeeren (0.0005 mg/kg) [EFSA, 2004], Datteln, Brombeeren, Erdbeeren, Kirschen und Aprikosen [HÄNSEL und STICHER, 2007] sowie in grünem Tee (1.2-1.7 mg/kg) und in Chicorée Coumarin enthalten [EFSA, 2004]. Auch Gewürze wie Gewürznelken und Muskatnuss [HO et al., 1991], aber auch Gartenkräuter wie Dill, Salbei und Kamille enthalten Coumarin [BFR, 2006].

Große Mengen Coumarin findet man im ätherischen Öl aus den Blättern des Cassia-Zimts (bis zu 83300 mg/kg), aus den Blättern des Ceylon-Zimts (bis zu 40600 mg/kg) und aus Zimtrinde (7000 mg/kg) beziehungsweise in Lavendelöl und Pfefferminzöl (je 20 mg/kg) [EFSA, 2004]. Coumarin wird jedoch nicht nur über die Nahrung, sondern auch über Zahnpasta, Tabakprodukte und alkoholische Getränke sowie durch dermale Applikation über Kosmetikprodukte und Reinigungsmittel, aufgenommen [LAKE, 1999].

### 2.1.3 Synthese von Cumarin

Da die Synthese von Cumarin sehr einfach und kostengünstig ist, hat die Isolierung aus natürlichen Quellen nie eine große Rolle gespielt. Das erste Verfahren zur synthetischen Herstellung wurde bereits 1868 von Perkins publiziert [O`KENNEDY und THORNES, 1997] und 1876 wurde synthetisch erzeugtes Cumarin erstmals vermarktet [BFR, 2006]. Die Synthese für die kommerzielle Verwendung erfolgt fast ausschließlich aus Salicylaldehyd [LAKE, 1999].

### 2.1.4 Verwendung von Cumarin

Der natürliche Aromastoff Cumarin wurde über viele Jahrzehnte in der Pharmazie verwendet, um unangenehme Gerüche von Rezepturen zu überdecken. Die Weltproduktion an Cumarin zur Verwendung als Duftstoff beläuft sich auf 2000t jährlich [BFR, 2006]. Auch in der Lebensmittelindustrie fand es seinen Einsatz. Cumarin wurde hier, vergleichbar mit Vanillin, als Aromastoff, vor allem für Schokoladenprodukte, eingesetzt [HÄNSEL und STICHER, 2007]. Von großer Bedeutung ist die Verwendung in der Kosmetikbranche, wo in zahlreichen Produkten wie Deodorants, Gesichtscremen, Körperlotionen, Haarsprays, Shampoos, Duschgels, Eau de toilettes und Badezusätzen Cumarin zu finden ist [RIETJENS et al., 2005].

Aufgrund von Studien die hepatotoxische Effekte bei Ratten und Hunden belegten, denen große Mengen an Cumarin verabreicht wurden, ist Cumarin als Aromastoff für Lebensmittel in den USA seit 1954 verboten. Daraufhin wurde auch in zahlreichen weiteren Ländern der Zusatz von Cumarin als Aromastoff für Lebensmittel und Getränke untersagt. In Tabakwaren und Parfums jedoch findet es nach wie vor seinen Einsatz [EFSA, 2004].

## **2.2 Rechtliche Situation der Verwendung von Cumarin in Österreich**

Nachdem tierexperimentelle Befunde eine hepatotoxische Wirkung von Cumarin zeigten, wurde die Verwendung von Cumarin in den USA 1954 und auch in Großbritannien im Jahr 1965 verboten. Daraufhin hat der Europarat 1981 die Substanz Cumarin als „active principle“ aufgelistet, worunter man toxikologisch relevante Inhaltsstoffe diverser Kräuter und Gewürze, wie zum Beispiel Menthol, Safrol oder Estragol, versteht [BFR, 2006]. Im Anhang II der Aromen-Richtlinie 88/388/EWG aus dem Jahr 1988 sind die Grenzwerte für Cumarin mit 2mg/kg in Getränken und Lebensmitteln festgelegt. Ausnahmen bilden gewisse Karamellsüßwaren und alkoholische Getränke mit jeweils 10mg/kg und Kaugummi mit 50mg/kg [SCF, 1994].

Das SCF (Scientific Committee on Food) befasste sich in den Jahren 1994 und 1999 mit dem Thema Cumarin und musste feststellen, dass aufgrund fehlender und widersprüchlicher Studienergebnisse toxische Effekte beim Menschen nicht auszuschließen waren. Um den Grenzwert in Lebensmitteln und Getränken gegebenenfalls anpassen zu können, waren weitere Studien nötig. In den beiden Gutachten aus den Jahren 1994 und 1999 ist das SCF jeweils von einem genotoxischen Wirkmechanismus des Cumarins ausgegangen. Dies führte dazu, dass vom SCF eine Senkung des Höchstwertes auf 0.5mg/kg Lebensmittel gefordert wurde [BFR, 2006].

Die europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit EFSA (Nachfolger des SCF) hat 2004 Cumarin anhand damaliger aktueller Studien neu bewertet und konnte einen genotoxischen Wirkmechanismus von Cumarin ausschließen, nicht jedoch eine kanzerogene Wirkung. Die Neubewertung der EFSA ermöglichte auch erstmalig die Bestimmung eines TDI-Wertes (Menge die ein Leben lang ohne Folgeerscheinungen täglich aufgenommen werden kann), der mit 0.1mg Cumarin/kg KG festgelegt wurde [BFR, 2006].

Auf europäischer Ebene wurde daraufhin die Eliminierung von Cumarin aus dem Annex II der Aromastoff-Richtlinie 88/388/EEC empfohlen, was das Entfallen der Höchstmengenregelung von <math><2\text{mg/kg}</math> bei der Aromatisierung von Lebensmitteln mit natürlichen Rohstoffen zur Folge hätte. Weiters würde auch das Verbot des Einsatzes von synthetischem Cumarin in Lebensmitteln fallen [BFR, 2006].

Trotz der nicht genotoxischen Wirkungsweise des Cumarins, belegen zahlreiche Studien durchaus eine toxikologisch relevante Wirkung von Cumarin am Menschen. Auch der wissenschaftlich begründete Verdacht einer tumorinduzierenden Wirkung von Cumarin ist Grund genug die Aufhebung der Höchstmengenbeschränkungen näher zu beleuchten. Besonders im Hinblick auf die in dieser Arbeit behandelte Altersgruppe der 3-6jährigen, die aufgrund ihrer oralen Aufnahme an Cumarin aus Zimt, als besondere Risikogruppe gelten. Die folgenden Kapitel liefern einen Überblick zum aktuellen Forschungsstand der Toxizität von Cumarin.

## **2.3 Metabolismus von Cumarin**

Neben der Exposition gegenüber Cumarin aus zimthaltigen Lebensmitteln wurden noch weitere Quellen erkannt, die erheblich zur Belastung beitragen. Hier wird vor allem auch die dermale Aufnahme aus kosmetischen Mitteln in ihrer Bedeutung untersucht [LAKE, 1999].

### **2.3.1 Absorption**

Wie pharmakokinetische Studien am Menschen zeigten, wird Cumarin nach oraler Verabreichung vollständig über den Gastrointestinaltrakt absorbiert. Nach einer umfangreichen Umsetzung in der Leber erreichen lediglich 2-6% den systemischen Kreislauf intakt [RIETJENS et al., 2005; LAKE, 1999]. Ritschel et al. konnten bereits 1976 die relativ schnelle Eliminierung von Cumarin aus dem systemischen Kreislauf nachweisen. Nach Gaben von 0.125mg/kg KG,

0.2mg/kg KG und 0.25mg/kg KG Dosen beliefen sich die Halbwertszeiten auf jeweils 1.82h, 1.46h und 1.49h [LAKE, 1999].

### 2.3.2 Distribution

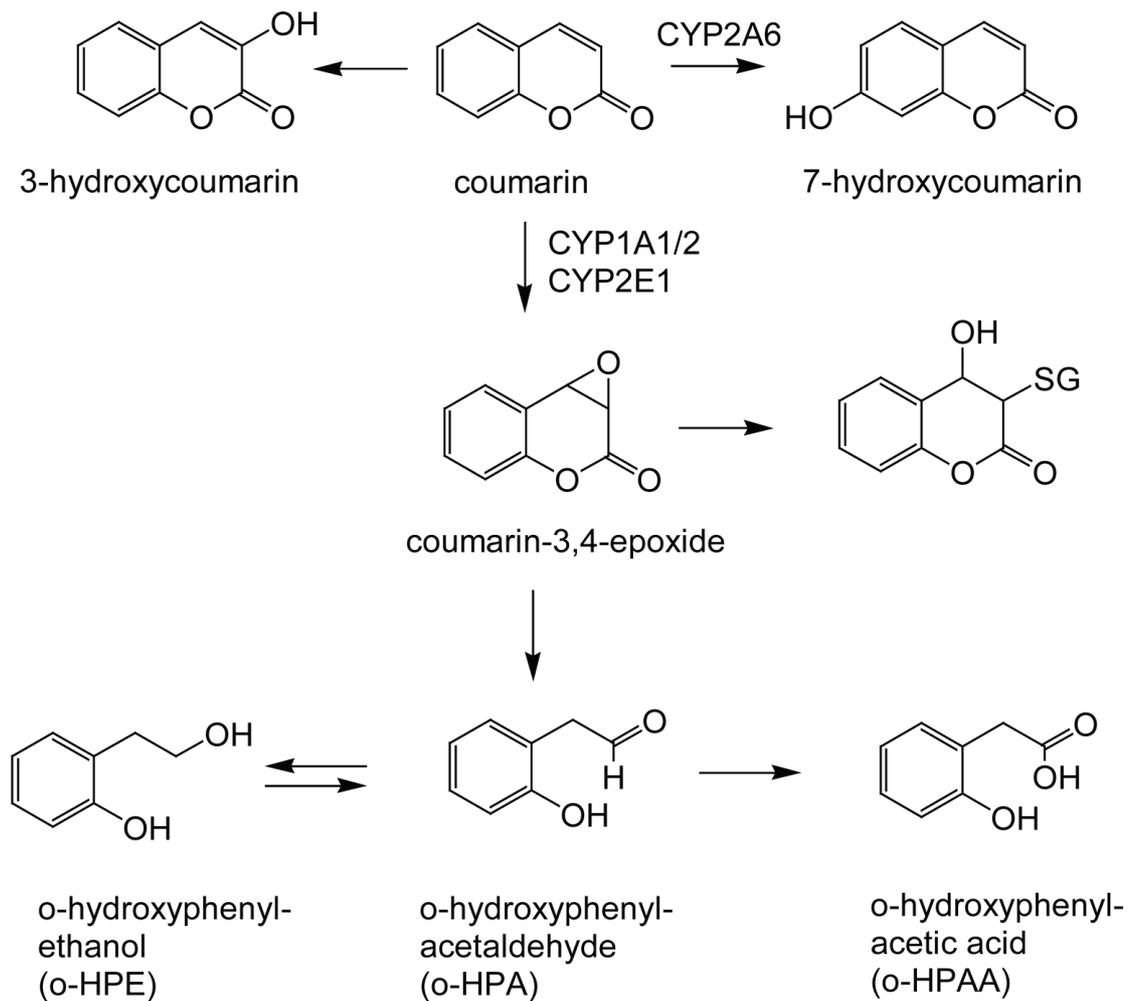
Das absorbierte Cumarin wird im gesamten menschlichen Organismus verteilt. Erkenntnisse aus Tierexperimenten weisen darauf hin, dass nach oraler Aufnahme von Cumarin bei Ratten und Hasen sowie bei intraperitonealer Verabreichung bei Ratten, mit keiner signifikanten Anreicherung von Cumarin oder Cumarinmetaboliten im Gewebe zu rechnen ist [LAKE, 1999].

### 2.3.3 Exkretion

Es existieren quantitative Speziesunterschiede bei den Exkretionswegen von Cumarinmetaboliten. Die Ausscheidung von Cumarin über den Urin scheint beim Menschen den Hauptweg darzustellen. 7-Hydroxycumarin (7-HC) wurde als vorrangiges Ausscheidungsprodukt beim Menschen identifiziert, was auf geringe bis keine biliäre Ausscheidung hindeutet [LAKE, 1999]. Bei Ratten hingegen dominiert die biliäre Exkretion. Es wird eine beträchtliche Menge der verabreichten Dosis über den Fäzes ausgeschieden [RIETJENS et al., 2005].

## **2.4 Metabolismus von Cumarin**

In Abbildung 2 sind die verschiedenen Biotransformationsreaktionen von Cumarin angeführt. Die existierenden Speziesunterschiede bezüglich der hepatotoxischen Effekte von Cumarin schreibt man den Unterschieden in den PHASE I Metabolismen zu. Die Empfindlichkeit gegenüber der Toxizität von Cumarin nimmt in der Reihenfolge Ratte>Maus>Mensch ab [EFSA, 2004].




---

**ABBILDUNG 2. Biotransformationsreaktionen von Coumarin [RIETJENS et al., 2005]**


---

## 2.4.1 Leber

### 2.4.1.1 Coumarin 7- Hydroxylierung

Anders als bei Ratten und Mäusen ist beim Mensch die 7-Hydroxylierung von Coumarin der vorrangige Abbauweg [RIETJENS et al., 2005]. Das Enzym Cytochrom P450 2A6 (CYP2A6), welches im Endoplasmatischen Retikulum der menschlichen Leber lokalisiert ist, katalysiert die entgiftende Reaktion zur Bildung von 7-HC [RIETJENS et al.; 2005, LAKE, 1999]. Zusammen mit seinen Glucuronid- und Sulfatkonjugaten macht 7-HC bei den meisten Menschen nach einer oralen Aufnahme von 200mg 40-97% der Coumarinmetaboliten im Urin aus [FELTER et al., 2006]. Mit einer biologischen Halbwertszeit von 1-1.5 Stunden

wird 7-HC in Form von 7-HC-glucuronid über den Urin ausgeschieden [HÄNSEL und STICHER, 2007].

Zahlreiche Studien belegen, dass Lebermikrosomen von Ratten geringe bis keine 7-Hydroxylase Aktivität aufweisen [LAKE, 1999]. Diese geringe Aktivität ist bedingt durch Cyp2a Enzyme welche die 7 $\alpha$ -Hydroxylierung von Testosteron gegenüber der 7-Hydroxylierung von Cumarin bevorzugt katalysieren [FELTER et al., 2006]. Bei anderen Tierarten wie der Maus, der Wüstenrennmaus, dem Meerschweinchen und dem Kaninchen konnte man sehr wohl eine 7-Hydroxylase-Aktivität feststellen. Bei Mäusen ist das Enzym Cyp2a5 für die Bildung von 7-HC verantwortlich. Es ist aber anzumerken, dass bei den meisten Tierspezies, auch bei Mäusen, die hohe 7-Hydroxylase Aktivität aufweisen, dieser Abbauweg dennoch der Unbedeutendste ist [LAKE, 1999].

#### **2.4.1.2 Cumarin 3-Hydroxylierung**

3-Hydroxycumarin (3-HC) (siehe Abb. 2) und seine Metaboliten scheinen toxikologisch irrelevant zu sein, da es nicht zum toxischen o-Hydroxyphenylacetaldehyd (o-HPA) umgelagert wird. Es wird davon ausgegangen, dass 3-HC eine vergleichbare Rolle bei der Entgiftung hat wie 7-HC [BORN et al., 1999].

#### **2.4.1.3 Cumarin 3,4-Epoxidierung**

Ein weiterer Abbauweg von Cumarin ist die Bildung des toxischen Cumarin-3,4-Epoxids (CE), welches in organischen Lösungsmitteln stabil ist, unter wässrigen Bedingungen jedoch sehr schnell, mit einer Halbwertszeit von 4 Sekunden, zu o-HPA abgebaut wird [LAKE, 1999]. Ergebnisse aus in vitro Studien zeigten, dass Cumarin bei Mäusen in größerem Ausmaß zu CE abgebaut wird als bei Ratten, jedoch zeigten sich Mäuse wesentlich unempfindlicher gegen Cumarin vermittelte Hepatotoxizität als Ratten. Daraus schloss man, dass die Epoxidierung zu CE nicht die einzige Ursache für die Toxizität von Cumarin ist [BORN et al., 2000]. Der Hauptabbauweg von Cumarin bei Ratten ist die 3,4-

Epoxidierung, ebenso bei der Maus, der Wüstenrennmaus und dem syrischen Hamster [LAKE, 1999].

#### **2.4.1.4 Detoxifikation von Cumarin 3,4-Epoxid**

Das gebildete CE kann entweder mit Glutathion (GSH) konjugieren (CE-SG), was einer Entgiftungsreaktion entspricht, oder es lagert sich in Abwesenheit von GSH, aufgrund seiner sehr kurzlebigen, instabilen Natur, durch Decarboxylierung quantitativ zu o-HPA um [VASSALLO et al., 2004; BORN et al., 1999; FELTER et al., 2006]. Vassallo et al. konnten 2004 erste Beweise liefern, dass die Toxizität von Cumarin von der Detoxifikation von CE bzw. von o-HPA abhängig ist. Da sich die Rate der hepatischen GSH-Konjugation von CE zwischen Mäusen und Ratten nicht unterscheidet, ist es unwahrscheinlich, dass dieser Weg in Bezug auf die Speziesunterschiede der Empfindlichkeit gegenüber Hepatotoxizität eine entscheidende Rolle spielt [VASSALLO et al., 2004].

Nicht zu vernachlässigen sind hingegen die Speziesunterschiede bei der Entgiftungsrate des toxischen Aldehyds (o-HPA), da o-HPA in Hepatozyten von Ratten toxischer ist als Cumarin. o-HPA kann wiederum entweder zu den nicht toxischen Produkten o-Hydroxyphenylethanol (o-HPE) reduziert oder zu o-Hydroxyphenylelessigsäure (o-HPAA) oxidiert werden [RIETJENS et al., 2005; FELTER et al., 2006]. Man beobachtete, dass der Abbau zu o-HPAA bei Mäusen 20mal schneller geschah als bei Ratten. Dieses Ergebnis stimmt mit Beobachtungen überein, die zeigen, dass bei Mäusen das gesamte gebildete o-HPA zu o-HPAA oxidiert wurde, wobei hingegen bei Ratten o-HPA die Hauptkomponente im mikrosomalen Reaktionsgemisch blieb. In vivo Studien konnten jedoch o-HPAA im Urin von Ratten nach Gabe von Cumarin nachweisen, wodurch gezeigt werden konnte, dass Ratten o-HPA sehr wohl zu o-HPAA oxidieren, jedoch wesentlich langsamer als Mäuse. Bei Ratten, nicht jedoch bei Mäusen, ist die Michaelis-Konstante ( $K_m$ ) für die Reduktionsreaktion von o-HPA zu o-HPE sehr ähnlich der  $K_m$  der Oxidationsreaktion zu o-HPAA.

Da o-HPE auch zu o-HPA rückoxidiert werden kann, trägt die Tendenz von Ratten o-HPA zu o-HPE zu reduzieren zu einem Kreis von Reduktion und Oxidation bei, der zu einer langsameren hepatischen Clearance des toxischen Aldehyds führt. Diese Hypothese wird durch die von Born et al. 2003 ermittelten Halbwertszeiten für Cumarin von 20h bei Ratten und 4h bei Mäusen gestützt. Bei Menschen und Mäusen ist die Oxidation von o-HPA durch Aldehyddehydrogenase der bevorzugte Detoxifikationsweg und läuft 50 bzw. 20mal schneller ab als bei Ratten [VASSALLO et al., 2004].

Born et al. untersuchten (2000) in menschlichen Lebermikrosomen die in vitro Kinetik der CE Bildung. Zur Bildung von o-HPA war eine sehr große Konzentration an Cumarin notwendig, was darauf schließen lässt, dass es unwahrscheinlich ist, dass dieser Metabolit bei geringer Exposition gebildet wird [EFSA, 2004; BORN et al., 2000]. Born et al. kamen zu der Schlussfolgerung, dass die in vivo Empfindlichkeit einer Spezies für Cumarin vermittelte Lebertoxizität eher vom Gleichgewicht zwischen Bioaktivierung (Epoxidbildung und Formierung von o-HPA) und Detoxifikation (Glutathionkonjugation des Epoxids und Oxidation von o-HPA) abhängt [BORN et al., 2000].

Diese Aussage wird von Studien unterstützt, welche die Menge an detoxifiziertem Epoxid durch Glutathiontransferasen (GSTs) im Cytosol der Leber von Mäusen (64% der Gesamtmenge) und Ratten (48%) zeigten. Im Gegensatz dazu wird das Konjugat aus CE und GSH (CE-SG) (5%) im menschlichen Cytosol nicht so leicht gebildet. Hier entsteht hauptsächlich o-HPAA (95-100%) als Entgiftungsprodukt. Im Cytosol der Maus wird neben CE-SG nur noch o-HPAA (35%) gebildet. Bei der Ratte hingegen, kommt es zur Bildung von o-HPAA (11%), o-HPE (25%) und o-HPA (2.5%) [VASSALLO et al., 2003; EFSA, 2004].

## 2.4.2 Polymorphismus

Seitdem auch leberschädigende Effekte von Cumarin beim Menschen berichtet wurden, nahm man einen CYP2A6-Polymorphismus als potentiellen Risikofaktor für erhöhte Sensibilität bezüglich Hepatotoxizität an. Man beobachtete eine deutliche interindividuelle Variation des CYP2A6 beim Menschen und es wurden mehr als 10 verschiedene Variationen von Allelen identifiziert [FELTER et al., 2006]. Personen, die homozygote Träger des häufigsten Polymorphismus vom Typ CYP2A6\*2 sind, wiesen eine verminderte Fähigkeit zur Bildung von 7-HC auf [HADIDI et al., 1998; FELTER et al., 2006], da so ein inaktives Enzym codiert wird. Der Polymorphismus vom Typ CYP2A6\*4A entspricht hingegen einer Gendeletion [FELTER et al., 2006]. Den Polymorphismus am CYP2A6 konnte man bei Briten zu 6%, bei Finnen und Türken [Hadidi et al., 1998] als auch bei Südeuropäern feststellen [EFSA, 2004]. Bei asiatischen Menschen ist die CYP2A6\*4A bedingte Gendeletion mit einer Häufigkeit von 15-20% sehr ausgeprägt [FELTER et al., 2006]. Für Personen, die diesen Polymorphismus aufweisen, ist es unklar welcher Abbauweg für Cumarin bevorzugt abläuft und ob Cumarin zu 7-HC oder zu CE und o-HPA abgebaut wird [EFSA, 2004].

Burian et al. (2003) untersuchten an 231 Patienten, ob die Empfindlichkeit für Cumarin vermittelte Hepatotoxizität durch diesen Polymorphismus bedingt ist. Die Patienten erhielten 90mg Cumarin pro Tag. 7.4% der Teilnehmer besaßen den fehlerhaften CYP2A6 Genotyp und alle waren heterozygote Träger des CYP2A6\*2 Allels. Während der 16 Wochen dauernden Studie zeigten 9 Patienten eine Erhöhung der Transaminasen im Serum. Jedoch war lediglich einer dieser 9 Patienten ein Träger des CYP2A6\*2 Allels. Diese Ergebnisse indizieren, dass bei therapeutischen Cumarindosen der Polymorphismus am CYP2A6 nicht zwangsläufig die Ursache für Leberfunktionsstörungen ist [FELTER et al., 2006].

Es besteht auch die Möglichkeit, dass Aldehyddehydrogenase-Polymorphismen beim Menschen für die Cumarin vermittelte Toxizität

verantwortlich sein können. Einer betrifft das mitochondriale ALDH2 Gen und führt bei Asiaten zu einer deutlich erhöhten Empfindlichkeit gegenüber Acetaldehyd. Dies könnte die Reaktion auf gebildetes o-HPA bei Menschen nach oraler Cumarinaufnahme beeinflussen [FELTER et al., 2006].

## **2.5 Toxikologie von Cumarin**

### 2.5.1 Effekte von Cumarin beim Menschen

Negative Auswirkungen von Cumarin sind beim Menschen auf sehr hohe Dosen, wie man sie bei diversen oralen klinischen Therapien findet, beschränkt. Bei Behandlungen mit Cumarin wurden leichte Schwindelanfälle, Diarrhöe und bei sehr hohen Konzentrationen Erbrechen als Nebenwirkungen und eine Änderung der Leberfunktion, als einzige bedenkliche Auswirkung, beobachtet. Mehrere Autoren haben bereits über die Inzidenz für Hepatotoxizität bei Cumarin-Therapie Patienten, denen hohe Dosen (50-7000mg/d) gegeben wurden, berichtet [FELTER et al., 2006]. Bei Patienten mit Ödemen, die mit Cumarin behandelt wurden, beobachtete man innerhalb einiger Wochen bis Monate nach Beginn der Therapie hepatotoxische Effekte, die von erhöhten Transaminasen im Serum bis hin zum Leberversagen reichten. Das Ausmaß der Leberschädigung nahm mit steigender Dosis zu. Es ist jedoch zu erwähnen, dass bezüglich des Prozentsatzes der betroffenen Menschen keine klare Dosis-Wirkungs-Beziehung erkennbar war. Man geht davon aus, dass lediglich ein sehr kleiner Teil der Bevölkerung sensibel auf diese Wirkung reagiert [BFR, 2006].

Cox et al. (1989) untersuchten bei 2173 Patienten mit Krebs oder chronischer Infektion die Inzidenz für Leberschädigung bei Behandlung mit Cumarin. Die verabreichten Dosen reichten von 35mg/d bei chronischen Infektionen bis zu 2000mg/d für Patienten mit fortgeschrittenen Nieren-Zell-Adenomen. Der Großteil erhielt im ersten Monat 100mg/d und in den folgenden 2 Jahren 50mg/d. Von den 2173 Teilnehmern wurde bei 17 eine gesteigerte Leberfunktion festgestellt, wobei bei 4 von diesen 17 Hepatotoxizität durch

Cumarin vermutlich nicht die Ursache war. Bei 5 Patienten mit erhöhten Leberfunktionstests normalisierten sich die Werte noch im Laufe der Cumarin-Behandlung. Die bei 8 Patienten, wahrscheinlich durch Cumarin, erhöhten Leberenzyme normalisierten sich nach Beendigung der Therapie ebenfalls [FELTER et al., 2006].

Nach Verabreichung von hochdosiertem Cumarin an 1106 Patienten konnten Casley-Smith und Casley-Smith (1995) bei 4 Patienten von einer gesteigerten Leberfunktion berichten. 1993 berichteten Mohler et al., dass von 48 Patienten, die mit 3g Cumarin/d behandelt wurden, 3 Patienten, also 6%, mit erhöhten Leberenzymen reagierten. Loprinzi und Sloan wiederum berichteten 1997 von einer, im Vergleich zu den Ergebnissen von Cox und Casley-Smith, signifikant höheren Inzidenzrate von etwa 9%. Ein Review von Casley-Smith (1999) über 50 klinische Studien über 4 Benzopyrone in der Behandlung von Lymphödemen weist auf eine Inzidenzrate von erhöhten hepatischen Enzymen in 0.3% der verabreichten oralen Dosen hin. Beim Menschen konnten nach dermalen Applikation von Cumarin noch keine negativen Effekte festgestellt werden. Man nimmt an, dass bei der transdermalen Aufnahme, der schnelle „First pass“ Metabolismus von Cumarin in der Leber umgangen wird. Es scheint, dass dermale Applikation von therapeutischen Cumarindosen, die nach oraler Gabe von Cumarin beobachteten negativen hepatischen Effekte minimieren bzw. eliminieren kann [FELTER et al., 2006].

### 2.5.2 Hepatotoxische Effekte von Cumarin bei Labortieren

Die hepatotoxische Wirkung von Cumarin im Tierexperiment ist bereits lange bekannt. Nach einer Verabreichung von 200mg/kg KG war die maximale Konzentration ( $C_{max}$ ) von Cumarin im Rattenplasma 4fach niedriger als bei der Maus. Die Flächen unter den Konzentration-Zeit-Kurven (AUC) waren jedoch aufgrund einer längeren Halbwertszeit bei den Ratten (20h im vgl. zu 4h bei den Mäusen) bei beiden Spezies gleich. Dies könnte durch den enterohepatischen Kreislauf von Cumarin und/oder seinen Metaboliten bedingt und ein Faktor für

die höhere Empfindlichkeit von Ratten gegenüber Lebertoxizität sein. Von allen CE Metaboliten konnte man nur o-HPAA im Plasma und Urin von Mäusen und Ratten finden. Dies deutet auf die rasche Detoxifizierung von CE hin. In beiden Spezies konnte man im Plasma weder CE noch o-HPA detektieren [EFSA, 2004].

Die in vitro Kinetik der Cumarin-3,4-Epoxidierung in den Lebermikrosomen von Ratten und Mäusen wurde durch die spontane Bildung von o-HPA überwacht und deutete darauf hin, dass die Bildung von o-HPA bei Ratten und Mäusen zweiphasig ist. Die Michaeliskonstante ist bei beiden Spezies ähnlich hoch (ca. 40-50µM). Die intrinsische Clearance ( $Cl_{int} = V_{max}/K_m$ ) der Epoxidierung von Cumarin zu o-HPA war bei Mäusen 4fach höher als bei Ratten. Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass die hepatische Toxizität nicht direkt mit der Rate der CE und o-HPA Bildung korreliert, wie man es zuvor in in vitro Studien vermerkte [EFSA, 2004].

### **2.5.2.1 Ratten**

In einer zweijährigen Studie von Carlton et al. 1996 wurde Sprague-Dawley-Ratten Cumarin im Futter in Dosen von 0, 333, 1000, 2000, 3000 und 5000 parts per million (ppm) (äquivalent zu 0,13, 42, 87, 130 oder 234mg/kg KG/d bei männlichen und 0, 16, 50, 107, 156 oder 284mg/kg KG/d bei weiblichen) verabreicht. In der höchst dosierten Gruppe wurde eine erhöhte Inzidenz für Fibrose der Gallengänge, Karzinome in den Gallengängen und parenchymale Zelltumore sowohl bei männlichen also auch bei weiblichen Ratten beobachtet. In der 3000ppm Gruppe wurden bei männlichen Ratten vermehrt parenchymale Zelltumore beobachtet. Aufgrund der Beobachtung einer dramatischen, dosisabhängigen Reduktion der Gewichtszunahme, vermuteten die Autoren, dass diese hohen Dosen die MTD (maximum tolerated dose) überschritten haben. In den Dosis-Gruppen bis 2000ppm wurde keine vermehrte Tumorbildung festgestellt. Ein No Observed Effect Level (NOEL) für Auswirkungen von Cumarin auf Gewicht und Morphologie der Leber war

1000ppm (42mg/kg KG/d) bei männlichen und 333ppm (16mg/kg KG/d) bei weiblichen Ratten [FELTER et al., 2006].

Eine Studie des National Toxicology Program (NTP, 1993) verabreichte F344 Ratten Dosen von 0, 25, 50 oder 100mg Cumarin/kg KG über Sondenfütterung an 5 Tagen pro Woche über 2 Jahre hinweg. In keiner Gruppe konnte man eine erhöhte Tumorrates in der Leber feststellen. In allen Dosis-Gruppen der männlichen Ratten sowie in den 50 und 100mg/kg KG Gruppen der weiblichen Ratten wurden von Krebs unabhängige Veränderungen beobachtet. Das Spektrum reichte von hepatozellulärer Nekrose, Fibrose, zytologische Alteration bis zu erhöhter Ernsthaftigkeit von Gallengang Hyperplasie [FELTER et al., 2006].

### **2.5.2.2 Mäuse**

Carlton et al. (1996) verabreichten CD-1 Mäusen über 2 Jahre 0, 300, 1000 oder 3000ppm Cumarin über die Nahrung. Das ist äquivalent zu 0, 26.2, 85.8 oder 280mg/kg KG/d bei männlichen Mäusen und 0, 28, 91.3 oder 271mg/kg KG/d bei weiblichen Mäusen. Es konnten keine dosisabhängigen Effekte oder Krebs in der Leber festgestellt werden. Das NTP verabreichte 1993 in einer 2jährigen Studie B6C3F1 Mäusen Cumarin in Dosen von 0, 50, 100 oder 200 mg/kg KG/d an 5 Tagen in der Woche. In der 50mg/kg KG/d Gruppe beobachtete man krebsunabhängige Toxizität sowie bei weiblichen Mäusen eine erhöhte Inzidenz für Tumore in der Leber. Das NTP Bioassay konnte auch Hepatotoxizität bei allen Gruppen  $\geq 50$ mg/kg KG an männlichen Mäusen, jedoch kein vermehrtes Auftreten von Lebertumoren zeigen [FELTER et al., 2006].

### **2.5.2.3 Hunde**

Hagan et al. veröffentlichten 1967 eine Studie über die Auswirkung der Verabreichung von Cumarinkapseln an 6 Tagen/Woche. Sie verabreichten 10, 25, 50 oder 100mg/kg an Mischlinge und Beagles, wobei der Zeitraum der Verabreichung kürzer war, je höher die Dosis war. Man berichtete, dass Dosen

über 25mg/kg KG Leberschäden auslösen und es wurde ein NOEL von 10mg/kg KG ermittelt. Die Untersuchungsbeschreibungen der Studie waren äußerst knapp, es wurde nicht erwähnt ob es Kontrollgruppen gab und die Ergebnisse waren nicht konsistent [FELTER et al., 2006].

#### **2.5.2.4 Primaten**

In einer Studie verabreichten Evans et al. (1979) über 16-24 Monate an männliche Paviane Dosen mit 0, 2.5, 7.5, 22.5 oder 67.5 mg/kg KG/d Cumarin über die Nahrung. Biochemische und histochemische Untersuchungen zeigten bei allen Organen keine Effekte. Es wurde aber ein gesteigertes Gewicht der Leber relativ zum Körpergewicht bei den hochdosierten Gruppen festgestellt. Zudem fand man in einer detaillierten Untersuchung der Leber bei drei von vier Pavianen eine Dilatation des Endoplasmatisches Retikulum, was mit frühen Stadien von hepatozellulären Ödemen konsistent ist. Dieser Effekt trat erstmals nach 10 Monaten zu Tage und zeigte nach 16-24 Monaten eine Steigerung im Bezug auf das Ausmaß und der Schwere des Effekts. Man ermittelte einen NOEL für Paviane von 22.5mg/kg KG/d [FELTER et al., 2006].

#### **2.5.3 Niere**

Die Verabreichung von bis zu 100mg/kg KG Cumarin an F344-Ratten über Sonden führte zu einer niedrigen Inzidenz von renalen Adenomen bei männlichen Ratten. Es konnte jedoch keine ersichtliche Dosis-Wirkungs-Beziehung gezeigt werden. Zudem waren die Tumore gutartig und wurden in der Gegenwart von schwerer Nephropathie, einem Markenzeichen von männlichen F344-Ratten, beobachtet [FELTER et al., 2006].

#### **2.5.4 Lunge**

CE scheint in Verbindung mit der Entstehung von Lungenschäden zu stehen. In vivo konnten nach oraler Gabe von Cumarin an Ratten und Mäusen ähnliche Konzentrationen in der Lunge beider Spezies nachgewiesen werden. Die

geringere Reaktion bei den Ratten kann durch eine unterschiedliche Menge an Clara Zellen und deren metabolischer Aktivität erklärt werden. Das Fehlen einer in vivo Clara-Zelltoxizität bei Ratten kann durch das Fehlen einer signifikanten Cumarin Epoxidierung im Gewebe erklärt werden. Das Enzym CYP2F2, das die Hauptrolle bei der Epoxidierung in den Lungenmikrosomen der Mäuse spielt, ist nahezu ausschließlich in den Clara Zellen von Mäusen zu finden [EFSA, 2004].

Bei Untersuchungen von menschlichen, mikrosomalen Lungenproben konnte in 10 verschiedenen Proben keine Bildung von o-HPA nachgewiesen werden. Daraus wurde geschlossen, dass Cumarin vermittelte Pneumotoxizität beim Menschen unwahrscheinlich ist [EFSA, 2004].

### 2.5.5 Genotoxizität

Zahlreiche Studien haben sich mit der Frage der Genotoxizität von Cumarin beschäftigt. Lake fasste im Jahr 1999 frühere Studien zu dieser Thematik zusammen und zeigte auf, dass der Großteil davon negativ war. Die Genotoxizität von Cumarin wurde intensiv an *Salmonella typhimurium* getestet und es konnte gezeigt werden, dass es außer bei 1000µg/Platte bei TA100 und TA7002 in Gegenwart von einem Metabolismus aktivierendem System keine Genotoxizität gab. An CHO-Zellen konnte geringe klastogene Aktivität von Cumarin, jedoch nur bei sehr hohen Konzentrationen von 10.96mM, nachgewiesen werden. Bei geringeren Konzentrationen wurden keine Reaktionen beobachtet. Die Genotoxizität von Cumarin wurde weiters bei einer in vitro Studie zur Überprüfung unplanmäßiger DNA-Synthese (UDS) in der menschlichen Leber und in einem Mikronukleus-Test an peripheren Blutkörperchen von Mäusen widerlegt [EFSA, 2004].

Diese Studienergebnisse widerlegen eine genotoxische Wirkung von Cumarin in vivo, wodurch man auf einen nicht genotoxischen Wirkmechanismus bei der Tumorinduktion schließen kann [EFSA, 2004].

## 2.5.6 Grenzwerte

Die Festlegung eines klar definierten NOEL aus klinischen Studien ist für den Menschen sehr schwierig, da es zwar Berichte über Cumarin vermittelte Hepatotoxizität beim Menschen gibt, jedoch keine klare Dosis-Wirkungs-Beziehung [FELTER et al., 2006].

## 2.6 *Exposition*

### 2.6.1 Orale Exposition beim Menschen

Zimt und zimthaltige Lebensmittel stellen bei den in Österreich typischen Ernährungsgewohnheiten die Hauptquelle für die orale Aufnahme von Cumarin dar. Nicht zu vergessen sind hier auch Zimtöle und Zimtextrakte, welche von der Industrie den Lebensmitteln zugesetzt werden. Die Aufnahme aus anderen Cumarinquellen wie Waldmeister, Tonkabohnen, Lavendel, Honig- oder Steinkleearten, ist bei der üblichen Ernährung in Österreich hingegen vernachlässigbar gering [BFR, 2006].

## 2.7 *Zimt*

Bereits vor etwa 5000 Jahren wurde der chinesische Zimt erstmals erwähnt und auch in der Bibel und manchen Sanskritschriften findet man Hinweise auf ihn. Entlang der damaligen Handelsrouten gelang der Zimt von China aus bis in den Mittelmeerraum, wo er im alten Rom sehr begehrt war und umfangreich verwendet wurde. Durch die Portugiesen kam der Zimt nach Erschließung des Seeweges per Schiffen nach Europa. 1658 lösten die Holländer die portugiesische Herrschaft in Ceylon ab und begannen mit dem kommerziellen Anbau. Die Briten besetzten Ceylon ab 1795/96 und verfolgten den Zimthandel weiter [TEUSCHER, 2003].

### 2.7.1 Arten der Gattung *Cinnamomum*

Zimt bzw. Zimtrinde ist die Rinde von Ästen, Wurzelschösslingen oder Stämmen verschiedener Arten der Gattung *Cinnamomum* aus der Familie der Lauraceae. Nach partieller oder vollständiger Entfernung von äußeren Gewebsschichten wie Kork und primärer Rinde erfolgt die Trocknung [PERCO, 2002], durch die sich die Rindenstücke charakteristisch, zu den im Handel erhältlichen Zimtstangen, einrollen. Aus den Abfällen bzw. dem Bruch der Zimtstangenproduktion wird Zimtpulver oder Zimtöl hergestellt [TEUSCHER, 2003].

### 2.7.2 *Cinnamomum ceylanicum* Nees

Die Gattung *Cinnamomum ceylanicum* Nees ist auch unter dem botanisch korrekten Namen *Cinnamomum verum* J.S. Presl bekannt. Er ist in Südwestindien und Sri Lanka beheimatet, die Hauptlieferländer sind Indonesien, Sri Lanka, Madagaskar, China, die Seychellen und Brasilien [TEUSCHER, 2003].

### 2.7.3 *Cinnamomum cassiae* Blume

Chinesischer Zimt (*Cinnamomum cassia* BL. Oder *Cinnamomum aromaticum* NEES) ist unter zahlreichen weiteren Bezeichnungen bekannt. Kassia-Zimt, Holzkassia, Gemeiner Zimt, Mutter-Zimt, Canton-Zimt, Kwantung-Zimt, Kwangsi-Zimt, Englischer Zimt, Holz-Zimt etc. sind nur einige der verwendeten Namen des in Südchina, Myanmar, Vietnam und Laos beheimateten Zimts [TEUSCHER, 2003].

### 2.7.4 *Cinnamomum burmanii* (NEES) BL.

Auch der so genannte Padang-Zimt, die Rinde von *Cinnamomum burmanii* (NEES) BL., enthält im ätherischen Öl bis zu 0.05% Cumarin. Diese Sorte wird

in Malaysia, auf den Philippinen und in Indonesien kultiviert, ist jedoch in Europa kaum erhältlich [TEUSCHER, 2003].

### 2.7.5 Cumaringehalte der unterschiedlichen Cinnamomum-Arten

Die oben angeführten Arten stellen die wichtigsten für den Verbraucher dar und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Diese Arten unterscheiden sich voneinander in ihrer chemischen Zusammensetzung und ihrem Cumaringehalt. Ebenso variiert der Gehalt an Cumarin zwischen Rinde, Blatt und Wurzel innerhalb einer Art [BFR, 2006].

**TABELLE 1. Chemische Zusammensetzung von Rindenproben unterschiedlicher Cinnamomum-Arten**

	<b>Cinnamomum verum</b>	<b>Cinnamomum cassia</b>	<b>Cinnamomum burmanii</b>
<b>Zimtaldehyd</b>	42-82%	80-95%	bis zu 77%
<b>Cumarin</b>	0.015-0.19g/kg	0.09-12.2g/kg	0.05%
<b>Eugenol</b>	1-11%	-	-
<b>Zimtalkohol</b>	ca. 8%	+	k. A.
<b>Zimtsäure</b>	bis zu 10%	+	k. A.
<b>Cinnamylacetat</b>	+	k. A.	k. A.
<b>o-Mehoxyzimt- aldehyd</b>	+	1.5-3.8%	-
<b>Benzylbenzoat</b>	+	k. A.	k. A.
<b>Linalool</b>	+	-	k. A.
<b>Safrol</b>	+	k. A.	k. A.

+ vorhanden

- Nicht vorhanden

k. A. Keine Angabe

[Tabelle modifiziert nach TEUSCHER, 2003; BFR, 2006]

Cassiazimt ist vom feineren und auch teureren Ceylonzimt durch die chemische Zusammensetzung und durch seine dickeren (1-3mm), unregelmäßigeren Rindenstücke leicht zu unterscheiden [TEUSCHER, 2003]. In Zimtpulver fand man bis zu 3.7g/kg Cumarin und in Zimtpulver-Kapseln für Diabetiker sogar bis zu 4.4g/kg Cumarin. Ehlers et al. konnten 1995 aus handelsüblichem Cassiaöl Werte zwischen 16-25g Cumarin/kg ermitteln. In Ceylonzimtöl aus Rinde oder Blättern konnten sie jedoch kein Cumarin nachweisen. Jirovetz et al. (2000) ermittelte Werte von 8.4 bzw. 4% Cumarin in Cassiaölen aus China [BFR, 2006].

## **2.8 Expositionsabschätzung**

Eine Abschätzung der oralen Aufnahme von Cumarin ist eher schwierig, da es an systematischen Messungen des Cumaringehalts in Lebensmitteln mangelt. Ferner sind auch kaum Daten aus der Lebensmittelindustrie über das Ausmaß der Verwendung von Zimt, der Hauptquelle von Cumarin in Lebensmitteln, bekannt. Ebenso wird durch die natürliche Schwankung der Cumaringehalte im Zimt sowie durch mangelnde epidemiologische Daten für den Verzehr von zimthältigen Lebensmitteln eine Expositionsabschätzung erschwert [BFR, 2006]. Einen Höchstgehalt für Cumarin in Zimt gibt es derzeit nicht. Es gilt jedoch der Höchstwert laut Aromen-Richtlinie von 2mg Cumarin/kg LM, wenn Zimt zur Aromatisierung verwendet wird [AGES, 2007].

### **2.8.1 Theoretical Added Maximum Daily Intake (TAMDI)**

Basierend auf allgemeinen Verzehrdaten von Lebensmitteln, Getränken, Karamellsüßwaren, Kaugummi und alkoholischen Getränken errechnete Lake 1999 einen TAMDI von 4.085mg/d bzw. 0.07mg/kg KG/d für einen 60kg schweren Menschen. Diesen TAMDI schätzte er jedoch selber für unrealistisch hoch ein. In der Annahme, dass maximal 5% der festen Nahrung eines Menschen mit Zimt aromatisiert sind, und wiederum unter Beachtung der geltenden Höchstmengenbeschränkungen für Cumarin erschien ihm ein TAMDI von 1.235mg/d bzw. 0.02mg/kg KG/d für einen 60kg schweren Menschen realistischer [LAKE, 1999].

In einer Stellungnahme der EFSA vom 6. 10. 2004 wurde ein TAMDI von 1.5mg Cumarin/d, entsprechend 0.025mg/kg KG/d bei einem Gewicht von 60kg publiziert. Dieser Wert kommt durch den Konsum von 324g Getränken im Allgemeinen, 133.4g Lebensmittel im Allgemeinen, 27g Konfekt, 2g Kaugummi sowie von 20g alkoholischen Getränken unter Annahme der gegenwärtigen maximalen Höchstmengen laut Aromastoff-Richtlinie 88/388/EEC zustande [EFSA, 2004].

### 2.8.2 Tolerable Daily Intake (TDI)

Nach Ausschluss einer genotoxischen Wirkungsweise von Cumarin bei der Kanzerogenität wurde von der EFSA das Ergebnis einer Studie an Hunden, der empfindlichsten Tierspezies, von Hagan et al. (1976) zur Festlegung eines No Observed Adverse Effect Level (NOAEL) für den Menschen herangezogen. Aus diesen Ergebnissen wurde ein NOAEL von 10mg/kg KG/d ermittelt. Zuzüglich eines Interspezies-Faktors sowie eines Intraspezies-Faktors von jeweils 10 ergibt sich ein TDI-Wert von 0.1mg/kg KG/d [EFSA, 2004]. Ein 60kg schwerer Mensch könnte demnach ein Leben lang täglich 6mg Cumarin aufnehmen, ohne negative Folgen erwarten zu müssen. Auch kurzfristige Überschreitungen hätten keine unerwünschten Effekte. Vergleicht man diesen TDI von 0.1mg/kg KG pro Tag mit den veröffentlichten TAMDI-Werten der EFSA 0.025mg/kg KG/d für eine 60kg schwere Person und dem von LAKE errechneten TAMDI von 0,02mg/kg KG/d für eine 60kg schwere Person, lässt sich erkennen, dass die errechneten Expositionen weit unter dem TDI liegen [EFSA, 2004].

### 2.8.3 Expositionsabschätzung – Kleinkinder

Weder in der Expositionsabschätzung der EFSA noch in jener von LAKE wurden Kleinkinder als mögliche Risikogruppe berücksichtigt [BFR, 2006]. Kinder haben im Vergleich zu Erwachsenen eine größere Körperoberfläche im Verhältnis zu ihrer Körpermasse und dadurch bedingt einen erhöhten Energie- und Flüssigkeitsbedarf [ELMADFA und LEITZMANN, 2004]. Sie sollten also, in

Bezug auf ihre Nahrungsaufnahme/Zimtaufnahme im Verhältnis zu ihrem Körpergewicht, bzw. der so erreichten Konzentration von Cumarin im Körper und ihrer besonderen Verzehrsgewohnheiten, als potentielle Risikogruppe eingestuft werden [BFR, 2006].

Eine Sekundäranalyse von Ernährungsprotokollen in Deutschland von 2-5jährigen Kleinkindern ergab, dass von den gesamten teilnehmenden 475 Kindern 140 Kinder, während der sechs protokollierten Tage, an mindestens einem Tag Zimt verzehrten. Bei diesen so genannten Usern lag das 97.5te Perzentil bei einer Aufnahme von 0.22g Zimt/kg KG/d. Man nahm 3g Cumarin pro kg Zimt an, wodurch man eine Worst-Case-Exposition von 0.66mg Cumarin/kg Körpergewicht/d errechnete. Um Aussagen über eventuelle toxische Effekte treffen zu können, wären längere Erhebungszeiträume als die 2 mal 3 Tage, wie es in dieser zugrunde liegenden Studie der Fall war, nötig. Man schätzte die tatsächliche Exposition so ein, dass im ungünstigsten Szenario 2 solcher Spitzenexpositionstage pro Woche auftreten. Daraus lässt sich eine Exposition an Cumarin von 1.32mg/kg KG pro Woche errechnen. Dies würde 0.19mg Cumarin/d entsprechen. Verglichen mit den vom CVUA (Chemisches Landes- und Staatliches Veterinäruntersuchungsamt) ermittelten Cumaringehalten von Zimsternen (maximal 76.4mg Cumarin pro kg Kekse), würde dies bedeuten, dass ein 15kg schweres Kind bereits beim Verzehr von 20g dieser Zimsterne eine Belastung von 0.1mg/kg KG erreicht. Ein Kind ist jedoch durchaus in der Lage weitaus größere Mengen an Gebäck innerhalb kurzer Zeit zu verzehren. Diese Erkenntnisse legen nahe, dass Kleinkinder im Vergleich zu Erwachsenen stärker gegenüber Cumarin exponiert sind [BFR, 2006]. Aus diesem Grund ist es auch Ziel dieser Arbeit, die Exposition der Kleinkinder in Österreich abzuschätzen.

## **2.9 Stellenwert und Einstellung des Konsumenten zu zimthältigen Lebensmittel in Österreich**

In der österreichischen Küche wird Zimt als wesentlicher Bestandteil der traditionellen Mehlspeisküche seit Jahrhunderten verwendet. Philippine Welser (1527-1580), die Gattin des Erzherzog Ferdinand von Österreich, dem Statthalter von Tirol, verfasste bzw. beauftragte um 1545 die Verfassung eines Kochbuches. Der Originaltitel dieses handschriftlichen Werks lautet „Phylipina welserin gehert des buoch“ und es wurde später in „de re coquinaria“ benannt. In den enthaltenen 245 Rezepturen findet man wiederholt Bezeichnungen wie zimet, zimmet, zymer, zimer, rerlach und rela bzw. Formulierungen wie „wilt du ain dortten machen von zimet Rinda“. Dieses Kochbuch belegt die Verwendung von Zimt seit Ende des Mittelalters in der österreichischen und bayrischen Küche [PERCO, 2002].

### **2.9.1 Zimt in klassischen/traditionellen österreichischen Rezepten**

Das seit Jahrhunderten in Österreich beliebte Gewürz gibt zahlreichen traditionellen Süßspeisen ihren typischen Geschmack. Zimthältige Speisen wie Apfelstrudel, Zimtschnecken, Linzer Torte, Kärntner Reindling, Süßspeisen mit Zimtzucker, Kompotte, Weihnachtsbäckereien, Bratäpfel, etc. sind fixe Bestandteile der österreichischen Küche [ELMADFA und WASSERBACHER, 2000]. Ebenso ist Zimt eine beliebte und teilweise unentbehrliche Zutat in verschiedenen Heißgetränken (Glühwein, heiße Schokolade, Punsch, Kaffee), Kaltgetränken (Zimt-Cola, Bowle) und Likören. Auch in pikanten Speisen, wie Rotkraut, Wildgerichten oder den Füllungen verschiedener Enten- und Gänsebraten wird traditionell Zimt verwendet [TEUSCHER, 2003]. Die Menge an Zimt, die zum Aromatisieren der Speisen verwendet wird, lässt sich jedoch nicht so einfach ermitteln, da in den Rezepten selten exakte Mengenangaben zur Verwendung von Zimt enthalten sind und Zutaten wie Zimt meist entsprechend dem individuellen Geschmack der Köchin bzw. des Kochs zugesetzt werden [ELMADFA und WASSERBACHER, 2000].

## **2.10 Verwendung von Zimt in anderen Kulturen**

Das Gewürz Zimt hat nicht nur in Österreich einen hohen Stellenwert. In anderen Kulturen und Küchen findet er vor allem in gesalzenen Speisen und Getränken seine Verwendung [TEUSCHER, 2003].

### 2.10.1 Indien

Die indische Küche zeichnet sich durch ihre aromatischen Speisen und ihren intensiven Einsatz von Gewürzen aus. Welche Aromen und Gewürze verwendet werden, ist im Wesentlichen von der Art des Gerichts, den verschiedenen Regionen sowie wiederum vom individuellen Geschmack der Köchin bzw. des Kochs abhängig. Regional betrachtet findet man die größte Vielfalt an Gewürzen in Nordindien. Garam masala, eine häufig verwendete, typisch nordindische Gewürzzubereitung, enthält traditionell Zimt, Koriandersamen, Kreuzkümmel, Kardamom und Gewürznelken. Zimt ist jedoch auch Bestandteil zahlreicher weiterer Gewürzmischungen (Masala) und wird vor allem in Nordindien, Hyderabad, Punjab, Kaschmir und Parsi als Gewürz verwendet. Erwähnenswert ist, dass Zimt nicht wie in unseren Breiten für Süßspeisen, sondern vorwiegend für salzige Speisen verwendet wird. So ist Zimt auch im Nationalgericht von Kaschmir, dem Kamargah, enthalten. Es handelt sich um in Joghurt und Gewürzen mariniertes Lammfleisch, das in Backteig gebraten wird. Nicht nur in Indien, sondern in ganz Asien ist Chai sehr beliebt. Die Grundzutaten dieses Getränkes sind schwarzer Tee, Süßungsmittel, Milch und Gewürze wie Kardamom, Zimt, Pfeffer, Nelken, Ingwer, etc. [SEN, 2004].

### 2.10.2 Südamerika

Während der Kolonialzeit versuchten die Spanier Zimt in Südamerika zu kultivieren. Der Versuch scheiterte, jedoch fand man die Pflanze Aniba canelilla (Kunth) Mez, deren Rinde einen ähnlichen Duft und Geschmack hat wie der authentische Zimt. Dieser südamerikanische Zimt wird in einigen ländlichen

Gebieten nach wie vor zur Aromatisierung von Desserts, vor allem auf der Basis von Eiern, verwendet [LOVERA, 2005].

### 2.10.3 Arabien/Ostmediterrane Länder

In den arabischen und ostmediterranen Ländern wird häufig eine zimthältige Gewürzmischung, genannt Baharat, aber auch Zimt als Sologewürz zum Aromatisieren von Lammfleisch, Auberginen und Couscous eingesetzt. Auch zum Würzen von Huhn, Fisch und Gemüsegerichten findet er seinen Einsatz. In diesen Ländern wird Zimt auch für Desserts wie Halva, Baklava oder Omm Ali und Getränke wie Kirfa (Zimttee) verwendet [TEUSCHER, 2003; SCHINDLER, 1999]. Weitere Gewürzzubereitungen in arabischer Tradition sind ras el hanout aus Marokko, galat dagga aus Tunesien und berebere, das indisch beeinflusst ist [ELMADFA und WASSERBACHER, 2000].

## 3 Material und Methoden

### 3.1 Wiegeprotokoll („*Weighed food record*“)

Das Wiegeprotokoll zählt zu den direkten, prospektiven Ernährungserhebungsmethoden und gilt als „Golden Standard“ in Validierungsstudien. Bei dieser Methode werden alle Lebensmittel und Getränke vor dem Verzehr mit einer geeichten Waage gewogen und schriftlich bzw. per Diktiergerät festgehalten. Bei Kindern wird dies von der jeweiligen Aufsichtsperson übernommen [ELMADFA und LEITZMANN, 2004; GIBSON, 2005].

Da durch das Wiegeprotokoll die Lebensmittelmengen sehr genau ermittelt werden, kann der übliche LM-Verzehr gut erfasst werden. Das Wiegeprotokoll hat jedoch auch einige Einschränkungen:

- Aufgrund der hohen Kosten und der hohen Belastung der Probanden ist es nicht für große Studien geeignet
- Häufig Schwierigkeiten beim Außer-Haus-Verzehr
- Atypische bzw. veränderte Ernährung, da oftmals aufwendige Mahlzeiten weggelassen werden
- Teilnehmer sind oft sehr an Ernährung interessiert und dadurch stärker motiviert
- Saisonale Schwankungen der Lebensmittelauswahl
- Je länger der Erhebungszeitraum ist, desto geringer wird die „Compliance“

- Durch die hohe tägliche Variabilität der Nahrungsaufnahme, ist diese Methode nicht geeignet, um die gewohnte Ernährung einer Person zu erfassen

[ELMADFA und LEITZMANN, 2004; GIBSON, 2005]

### **3.2 Studienkollektiv**

Das 151 Kinder im Alter von 3-6 Jahren umfassende Studienkollektiv wurde in 4 regionale Gruppen unterteilt, um etwaige Unterschiede in der Ernährung innerhalb Österreichs aufzeigen zu können [ELMADFA et al., 2003].

**TABELLE 2. Regionale Streuung des Studienkollektivs (Wiegeprotokolle)**

<b>Region</b>	<b>Bundesländer</b>	<b>n</b>
<b>Nord-Osten</b>	Wien, Oberösterreich	51
<b>Süd-Osten</b>	Burgenland, Steiermark	42
<b>Süden</b>	Graz, Kärnten	23
<b>Westen</b>	Tirol, Vorarlberg	35

(modifiziert nach [ELMADFA et al., 2003])

#### **3.2.1 Anthropometrische Daten**

Die anthropometrischen Daten wurden im Rahmen der 2001 durchgeführten Studie an 441 Kindern erhoben. Von diesen 441 Kindern haben 151 die Ernährungserhebung mittels Wiegeprotokoll beendet und konnten so in die Auswertung miteinbezogen werden.

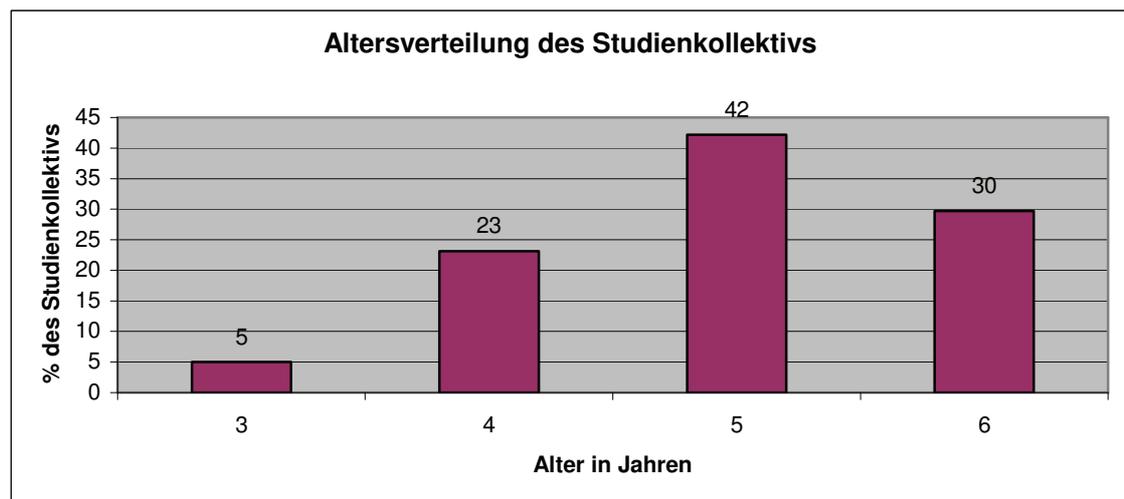
##### **3.2.1.1 Lebensalter**

Das Studienkollektiv war im Mittel  $5.0 \pm 0.9$  Jahre alt, mit einem Median der bei 5.0 Jahren liegt. Die Mädchen waren im Durchschnitt  $4.9 \pm 0.9$  Jahre und die Burschen hatten ein durchschnittliches Alter von  $5.1 \pm 0.8$  Jahren.

**TABELLE 3. Durchschnittliches Lebensalter des Studienkollektivs (n=441)**

	n	Mittelwert	SD	Median
<b>Gesamtkollektiv</b>	441	5.0	0.9	5.0
<b>Männlich</b>	214	5.1	0.8	5.0
<b>Weiblich</b>	227	4.9	0.9	5.0

Untenangeführtes Diagramm zeigt die Altersverteilung des Kollektivs. Es lässt sich erkennen, dass der Großteil der Kinder (42%) 5 Jahre alt war. 30% der Kinder waren zum Zeitpunkt der Erhebung 6 Jahre alt und 23% waren 4 Jahre alt. Der Anteil der 3jährigen am Studienkollektiv war nur 5%.

**ABBILDUNG 3. Altersverteilung des Studienkollektivs (n=441)**

### 3.2.1.2 Körpergröße

Die Durchschnittsgröße der Kinder beträgt  $1.14 \pm 0.72\text{m}$ . Der Median liegt bei einer Größe von 1.14m. Der kleinste gemessene Wert war 0.94m, der Größte 1.31m.

**TABELLE 4. Durchschnittliche Körpergröße des Studienkollektivs (n=441)**

	n	Mittelwert	SD	Median
<b>Gesamtkollektiv</b>	441	1.14	0.07	1.14
<b>Männlich</b>	214	1.14	0.07	1.15
<b>Weiblich</b>	227	1.13	0.07	1.13

### 3.2.1.3 Körpergewicht

Für die 3-6jährigen Kinder wurde ein Durchschnittsgewicht von  $20.7 \pm 3.9\text{kg}$  errechnet. Der Median liegt bei einem Körpergewicht von 20.0kg. Das geringste gemessene Gewicht betrug 12.0kg, das höchste 35.0kg. Die Buben wogen zwischen 13.0 – 34.5kg und die Mädchen zwischen 12.0 – 35kg. Bei den Burschen war das Durchschnittsgewicht  $21.2 \pm 4.0\text{kg}$  (Median: 21.0kg). Die Mädchen wogen im Durchschnitt  $20.3 \pm 3.8\text{kg}$  (Median: 20.0kg).

**TABELLE 5. Durchschnittliches Körpergewicht des Studienkollektivs (n=441)**

	n	Mittelwert	SD	Median
<b>Gesamtkollektiv</b>	441	20.7	3.9	20.0
<b>Männlich</b>	214	21.2	4.0	21.0
<b>Weiblich</b>	227	20.3	3.8	20.0

### 3.3 Sekundärauswertung von Verzehrdaten (Rohdaten)

Um die Cumarinaufnahme von 3-6jährigen Vorschulkindern aus zimthältigen Lebensmitteln bestimmen zu können, erfolgte eine Sekundärauswertung von bereits erhobenen Daten. Bei Kindern in dieser Altersgruppe erweist sich die Datenerhebung oft als schwierig, da sie die Fragebögen noch nicht selbstständig ausfüllen können und von mehreren Personen (Kindergarten, Großeltern, Verwandte,...), nicht nur von ihren Eltern, beaufsichtigt werden. Eine Studie aus dem Jahr 2001, die sich mit der Nährstoffaufnahme und dem

Ernährungsverhalten österreichischer Vorschulkinder befasste, wurde zur Ermittlung der Cumarinaufnahme neu ausgewertet [ELMADFA et al., 2003].

### 3.3.1 Datenerhebung 2001

Die verwendeten Daten wurden mittels Fragebögen und der Durchführung von 3d-Wiegeprotokollen erhoben, wobei das Wiegen und Notieren der verzehrten Lebensmittel und Getränke von der jeweiligen Aufsichtsperson der Kinder übernommen wurde. Zu diesem Zweck wurden ihnen elektronische Digitalwaagen der Marke DiGi 2000 bereitgestellt [ELMADFA et al., 2003; PINTERITS, 2003]. Die Datenerhebung erfolgte im Zeitraum zwischen Februar und Juni 2001.

### 3.3.2 Auswertung 2001

Die erhobenen Daten wurden im Ernährungswissenschaftliche Programm EWP 3.0 auf Basis des Bundeslebensmittelschlüssels II.3., einer vom Institut für Ernährungswissenschaften der Universität Wien aufgebauten Access-Datenbank, ausgewertet. Die Ergebnisse dieser Auswertung sind im Österreichischen Ernährungsbericht (2003) nachzulesen [ELMADFA et al., 2003].

### 3.3.3 Evaluierung der protokollierten Zimtaufnahme (in den Rezepturen /Speisen)

Anhand der eingegebenen Protokolle im EWP 3.0 wurde, mittels Durchsicht der Rezepturen des Österreichischen Lebensmittelschlüssels (ÖLS), eine Liste der im Erhebungszeitraum von den Kindern verzehrten zimthältigen Lebensmittel erstellt. Diese Auflistung wurde zusätzlich mit potentiell zimthältigen Speisen ergänzt, welche laut ÖLS-Rezepten ohne Zimt angeführt waren. Um den „worst-case“ in punkto Cumarinaufnahme ermitteln zu können wurden zahlreiche Speisen in diversen Kochbüchern auf die Verwendung von Zimt überprüft und

gegebenenfalls zur Liste hinzugefügt. Auch bereits im ÖLS enthaltene Rezepte wurden bezüglich ihrer enthaltenen Zimtmenge mit anderen Rezepten verglichen und jenes mit dem jeweils höchsten Zimtgehalt pro 100g LM weiterverwendet.

### 3.3.4 Rezeptberechnungen

Um das Rezept mit dem höchsten Zimtgehalt in g/100g zubereitete Speise ermitteln zu können wurde wie folgt vorgegangen:

- Zimthältige Rezepte aus Standardkochbüchern und Internetressourcen sammeln
- Mengen aller Zutaten eines Rezeptes in g ermitteln und addieren [UNION DEUTSCHE LEBENSMITTELWERKE, 1997]
- Gewichtsveränderungen durch die Zubereitung berücksichtigen; dabei wurden die entsprechenden „Yield factors“ von Bognar bzw. Bergström auf Rezeptebene angewendet [BOGNAR, 2002; BERGSTRÖM, 1994]
- Anhand des Gesamtgewichts der zubereiteten Speise, wurde der Zimtgehalt/100g Lebensmittel errechnet

[REINIVUO et al., 2007]

### 3.3.5 Ermittlung der Gewichtsanteile der Zutaten

Traditionell werden in Rezepten Gewürze wie Zimt meist mit Mengenangaben in Form von Esslöffel (EL), Teelöffel (TL) bzw. Kaffeelöffel (KL) oder Messerspitze (MSP) angegeben. Es gelten allgemeine Richtwerte vom Fassungsvermögen von Esslöffeln von 15ml und Teelöffeln von 5ml. Da in den österreichischen Haushalten sehr unterschiedliches, teilweise auch sehr altes Besteck verwendet wird, wurde für diese Arbeit mit 10 verschiedenen Ess- und

Teelöffeln das jeweilige Fassungsvermögen an Zimtpulver mittels Präzisionswaage ermittelt. Für die Rezeptberechnungen wurde mit den gerundeten Werten (siehe Tabelle 7) gearbeitet.

**TABELLE 6. Durchschnittliches Fassungsvermögen verschiedener Haushaltsmaße bei Zimtpulver in g (n=10)**

	Mittelwert	SD	Gerundeter Wert [g]
<b>Esstlöffel gehäuft</b>	15,3	0,5	15
<b>Teelöffel gehäuft</b>	8,9	0,5	9
<b>Messerspitze</b>	0,9	0,2	1

Andere Lebensmittel als Zimt, die in den Rezepten mit diesen Mengenangaben enthalten waren bzw. Eier, wurden mittels der „Mengenlehre für die Küche (1997)“ für die Rezeptberechnungen in Gramm berechnet. [UNION DEUTSCHE LEBENSMITTELWERKE, 1997]

### 3.3.6 Cumaringehalt in den Speisen

Da der Cumaringehalt in Zimtpulver durch botanische Unterschiede stark variiert, geht man von einer durchschnittlichen Konzentration von 2900mg Cumarin/kg Zimt aus. Anhand der ermittelten Zimtkonzentration der Speisen war es möglich, den durchschnittlichen Gehalt an Cumarin zu errechnen [AGES, 2007].

In dieser Arbeit liegt das Hauptaugenmerk auf dem Konsum von zimthaltigen Lebensmitteln. Häufig findet man Cumarin auch in Gewürzzubereitungen für Wurstwaren wie Mortadella, Blutwurst, Schinkenwurst, Salami, Frankfurter, Zwiebelwurst, Frühstücksfleisch, Wiener Wurst und Corned Beef [PERCO, 2002]. Die Cumarinkonzentrationen in diesen Lebensmitteln sind zwar gering, jedoch müssen sie im Hinblick auf eine Expositionsabschätzung für Cumarin

untersucht werden. Näheres zur Cumarinexposition durch Wurstwaren in Kapitel 4.3.

Eine Sonderstellung nehmen Cerealien bzw. Frühstückscerealien ein. Da häufig nicht protokolliert wurde um welche Art von Cerealien es sich handelte, wird für die Bestimmung der „worst case“-Exposition an Zimt und Cumarin davon ausgegangen, dass es sich bei allen protokollierten Cerealien um zimthältige Produkte handeln kann.

Besonders im Hinblick auf die Vorliebe von Kindern für zimthältige Süßspeisen und unter der Annahme, dass Liebhaber von Zimt gegebenenfalls ausschließlich bzw. vorrangig solche Produkte verzehren, ist die Beurteilung der Aufnahme an Cerealien von Bedeutung.

### **3.4 Verzehrte zimt- bzw. cumarinhaltige Speisen und Lebensmittel**

Nach ausführlicher Recherche in Kochbüchern und Fachliteratur reduzierte sich die Liste der zimt- und cumarinhaltigen Speisen und Lebensmittel, von über 70, auf 19 tatsächlich im Erhebungszeitraum von den 3-6jährigen Kindern verzehrte Lebensmittel. Der gesondert angeführte Punkt „Zimt“ war notwendig, um Zimtmengen, die protokolliert waren und die dazugehörige Speise nicht feststellbar war, zu berücksichtigen. Folgende Speisen wurden im Erhebungszeitraum als verzehrt protokolliert:

- Apfelkuchen
- Cerealien
- Frankfurter
- Kärntner Reindling
- Lebkuchen
- Linzer Gebäck
- Linzer Torte
- Mohnbeugel
- Mohnkuchen
- Mohnstrudel
- Nussbeugel
- Nusskranz
- Nusskuchen
- Nussstrudel
- Pflaumenmus
- Salami
- Schinkenwurst
- Wiener Wurst
- Zimt

### **3.5 USER-Konzept vs. Gesamtkollektiv**

Um abschätzen zu können, ob 3-6jährigen Vorschulkindern in Österreich durch ihre Cumarinaufnahme die Grenzwerte der EFSA überschreiten, wurden zwei unterschiedliche Methoden angewandt [ELMDAFA und WASSERBACHER, 2004; BFR, 2006].

Beim User-Konzept werden nur jene Personen die während der 3 Erhebungstage cumarinhältige LM bzw. ein cumarinhältiges LM verzehrt haben in die Auswertung mit eingenommen. Diese Personen werden in weiterer Folge als „User“ bezeichnet. Aufgrund der Annahme, dass im Laufe eines Lebens jede Person zumindest einmal ein zimthältiges Lebensmittel zu sich nimmt, sollte das User-Konzept nicht allein angewendet werden [ELMDAFA und WASSERBACHER, 2000].

Wird das Gesamtkollektiv als Auswertungsgrundlage herangezogen, so werden auch jene Kinder in die Berechnung einbezogen, die während der drei Erhebungstage keine cumarinhältigen Speisen verzehrten. Als Ergebnis erhält man die durchschnittliche, personengruppenspezifische Cumarinaufnahme der österreichischen Vorschul Kinder, die jedoch die tatsächliche Cumarinaufnahme einzelner Kinder unterschreiten kann. Man geht bei dieser Methode davon aus, dass die für eine Personengruppe ermittelten LM-Mengen von einer durchschnittlichen, fiktiven Person verzehrt werden und dementsprechend bezogen auf diese Diplomarbeit auch die entsprechenden Cumarinmengen aufgenommen werden. Diese Methode zeigt den durchschnittlichen Verzehr cumarinhältiger LM der 3-6jährigen Vorschul Kinder und kann als Grundlage zur Abschätzung der Cumarinexposition aus zimthältigen LM für die Gesamtbevölkerung herangezogen werden [ELMDAFA und WASSERBACHER, 2000].

### 3.6 Optimix-Empfehlungen

Das Forschungsinstitut für Kinderernährung in Dortmund empfiehlt, laut den Kriterien der optimierten Mischkost (Optimix), für die Altersgruppe der 3-6jährigen die in Tabelle 8 angeführten Verzehrsmengen für zuckerreiche sowie zucker- und fettreiche Lebensmittel. Hier versteht man unter zuckerreichen Lebensmitteln Marmelade, Zucker, Weingummi etc. und unter zucker- und fettreichen Lebensmitteln Kuchen, Schokolade, Eiscreme etc. [KERSTING et al., 2003]. Zu letzteren werden in dieser Diplomarbeit auch zimthältige Cerealien gezählt, da diese einen hohen Zucker- als auch Fettgehalt aufweisen können und oftmals als Süßigkeit verzehrt werden. Das Fett wird zur Steigerung der Knusprigkeit der Cerealien eingesetzt um so deren Mundgefühl zu verbessern. Dies ist von Bedeutung, da der Geschmack für Kinder ein wesentlicher Faktor für die Akzeptanz eines Lebensmittels ist. Meist wird zudem von den Eltern das Lieblingsprodukt der Kinder gekauft [KERSTING et al., 2003].

**TABELLE 7. Empfehlung des Forschungsinstituts für Kinderernährung für geduldete Lebensmittel in g/d für die Altersgruppen 2-3 Jahre und 4-6 Jahre**

Geduldete Lebensmittel	2-3 Jahre	4-6 Jahre
Zuckerreich (in g/d)	5	10
Zucker- und fettreich (in g/d)	30	40

(modifiziert nach [KERSTING et al., 2003])

### 3.7 Deskriptive Statistik (Mittelwerte, SD, etc.)

Die Daten wurden im SPSS 15.0 für Windows statistisch ausgewertet. Die mit den Methoden der deskriptiven Statistik erhaltenen Informationen wurden bezüglich der Aufnahme an zimthältigen Lebensmitteln, Zimt und Cumarin dargestellt [BENESCH, 2006].

### 3.7.1 Das arithmetische Mittel ( $\bar{X}$ )

Das arithmetische Mittel, auch Mittelwert genannt, errechnet sich wie folgt:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

#### Formel 1 Das arithmetische Mittel

Es wird die Summe der aufgetretenen Daten gleichmäßig auf alle Beobachtungseinheiten aufgeteilt um das arithmetische Mittel zu erhalten [BENESCH, 2006].

### 3.7.2 Der Median ( $\tilde{X}$ )

Der Median wird auch als 0,5.-Quantil oder 2.Quartil bezeichnet und gibt jenen beobachteten Wert an, der zugleich größer, gleich und kleiner, gleich 50% der Beobachtungswerte ist [BENESCH, 2006].

### 3.7.3 Die Standardabweichung (s)

„Die Standardabweichung ist praktisch gleich der positiven Quadratwurzel aus dem Mittelwert der quadrierten Abweichungen vom Mittelwert“ [SACHS und HEDDERICH, 2006].

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

#### Formel 2 Standardabweichung

### 3.7.4 95. Perzentile

„Ein Quantil  $x_\alpha$  wird durch den Anteil  $\alpha$  der Beobachtungen definiert, die unterhalb dieses Wertes liegen. Die Perzentile ist ein Sonderfall der Quantile mit  $\alpha = k/100$  ( $k = 1, 2, \dots, 99$ ) [SACHS und HEDDERICH, 2006]. Dies bedeutet dass 95% der Beobachtungswerte unter der 95. Perzentile liegen. Probanden, die diese Marke durch ihren Verzehr überschreiten, werden als „high consumer“ bezeichnet.

### 3.7.5 Cohen's d

Durch den Cohen's d kann die Relevanz eines Mittelwert-Unterschiedes überprüft werden. Er errechnet sich wie folgt:

$$d = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{(s_1^2 + s_2^2)/2}}$$

**Formel 3 Cohen's d [COHEN, 1988]**

$\bar{X}_1$  und  $\bar{X}_2$  sind die Mittelwerte der beiden betrachteten Gruppen und  $s_1$  und  $s_2$  sind die Standardabweichungen der beiden Gruppen.

Die Interpretation des Cohen's d erfolgte nach folgendem Schema:

**TABELLE 8. Interpretationsintervalle des Cohen's d [COHEN, 1988]**

Cohen's d	Effektstärke
0.2-0.4	Small
0.5-0.7	Medium
≤ 0.8	Large

## 4 Ergebnisse und Diskussion

### 4.1 Expositionsabschätzung - zimthältiger/cumarinhaltiger Lebensmittel laut den Wiegeprotokollen

#### 4.1.1 Gesamtkollektiv

##### 4.1.1.1 Zimthältige/cumarinhältige LM inklusive Wurst

In Tabelle 9 sind die durchschnittlichen täglichen Verzehrsmengen des Gesamtkollektivs an cumarinhaltigen Lebensmitteln inklusive Wurst ersichtlich.

**TABELLE 9. Durchschnittliche tägliche Verzehrsmenge an cumarinhaltigen Lebensmitteln inkl. Wurstwaren in g; Gesamtkollektiv (n=151)**

n	Mittelwert	SD	Median	95.Perzentile
151	20.28	22.24	13.79	70.93

##### 4.1.1.2 Zimthältige/cumarinhältige LM exklusive Wurst

Tabelle 10 enthält die um die Menge der Wurstwaren reduzierte tägliche Verzehrsmenge des Gesamtkollektivs an cumarinhaltigen Lebensmitteln.

**TABELLE 10. Durchschnittliche tägliche Verzehrsmenge an cumarinhaltigen Lebensmitteln exkl. Wurstwaren in g; Gesamtkollektiv (n=151)**

n	Mittelwert	SD	Median	95.Perzentile
151	14.44	18.74	7.33	53.87

##### 4.1.1.3 Verzehrte Mengen pro Lebensmittel

In Tabelle 11 werden die durchschnittlichen Verzehrsmengen pro Tag für das Gesamtkollektiv gesondert für jedes Lebensmittel angeführt. Die Werte wurden nach ihrer Menge absteigend geordnet. Für den Median ergibt sich für das

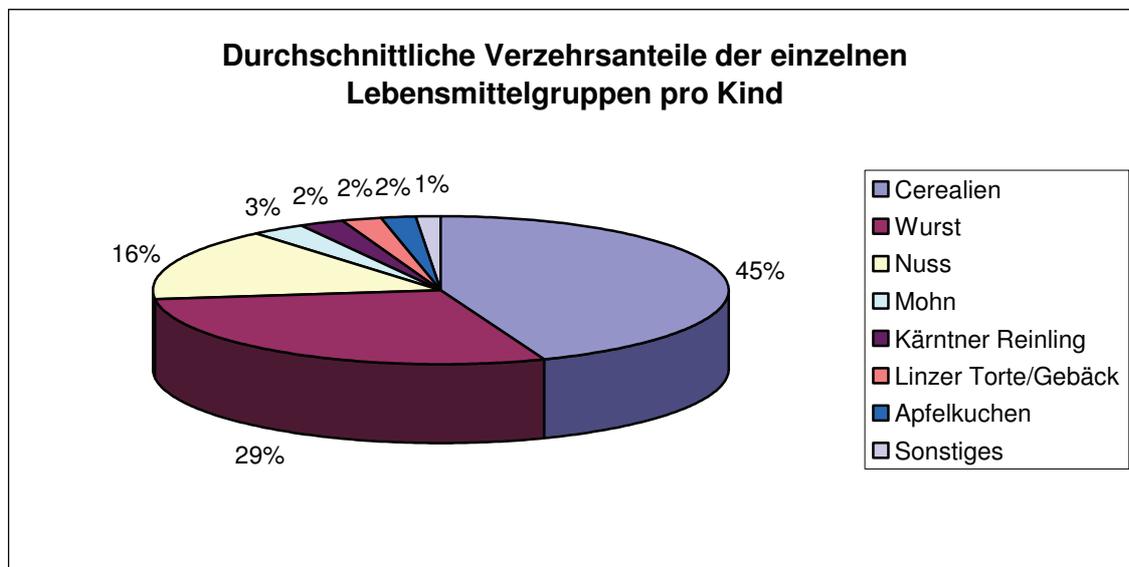
Gesamtkollektiv für alle Lebensmittel der Wert 0, da kein Lebensmittel von mehr als der Hälfte der Probanden konsumiert wurde.

**TABELLE 11. Durchschnittliche tägliche Verzehrsmengen cumarinhaltiger Lebensmittel in g; Gesamtkollektiv (n=151)**

Nummer	Lebensmittel	Mittelwert	SD	Median	95. Perzentile
1	Cerealien	9.0	14.7	0.0	45.0
2	Frankfurter	3.6	9.7	0.0	25.0
3	Nusskuchen	1.9	7.1	0.0	15.1
4	Salami	1.5	4.0	0.0	10.3
5	Nussbeugel	1.1	6.6	0.0	0.0
6	Kärntner Reindling	0.5	5.9	0.0	0.0
7	Schinkenwurst	0.4	2.8	0.0	0.0
8	Wiener Wurst	0.4	2.7	0.0	0.0
9	Apfelkuchen	0.4	4.9	0.0	0.0
10	Mohnstrudel	0.4	4.1	0.0	0.0
11	Linzer Torte	0.4	3.5	0.0	0.0
12	Pflaumenmus	0.2	2.0	0.0	0.0
13	Nussstrudel	0.2	2.3	0.0	0.0
14	Mohnbeugel	0.2	2.1	0.0	0.0
15	Nusskranz	0.1	1.1	0.0	0.0
16	Mohnkuchen	0.1	0.9	0.0	0.0
17	Linzer Gebäck	0.1	0.9	0.0	0.0
18	Zimt	0.1	0.2	0.0	0.3
19	Lebkuchen	0.0	0.4	0.0	0.0

Das untenstehende Diagramm zeigt die mengenmäßigen Verzehranteile der cumarinhaltigen Lebensmittel inklusive Wurstwaren eines durchschnittlichen 3-6jährigen Vorschulkindes in Prozent. Die Lebensmittel wurden zum Teil nach gleichen Geschmacksrichtungen in Lebensmittelgruppen zusammengefasst (vgl. Nuss, Wurst und Mohn). Unter dem Punkt „Sonstiges“ sind aufgrund ihrer geringen Verzehranteile Zimt, Pflaumenmus und Lebkuchen erfasst.

Man kann erkennen, dass ein durchschnittliches 3-6jähriges Kind, mit 45% Mengenanteil pro Tag, Cerealien am meisten verzehrte. Frankfurter, Salami, Schinkenwurst und Wiener Wurst haben zusammengefasst einen Verzehranteil von 29%, tragen aber nur in sehr geringem Ausmaß zur Cumarinbelastung bei (siehe 4.2). 16% der von einem durchschnittlichen Kind verzehrten cumarinhaltigen Speisen stammten aus Nusskuchen, -strudel, -beugel und -kranz. Speisen mit Mohn trugen mit 3% und Kärntner Reindling, Linzer Torte zusammen mit Linzer Gebäck sowie Apfelkuchen mit jeweils einem Anteil von 2% zur täglichen Aufnahme an cumarinhaltigen Speisen eines durchschnittlichen Kindes bei.



**Sonstiges: Zimt, Pflaumenmus, Lebkuchen**

**ABBILDUNG 4. Tägliche Mengenanteile (in Prozent) des Verzehrs an cumarinhaltigen Lebensmitteln inklusive Wurst eines durchschnittlichen Kindes, zusammengefasst in Lebensmittelgruppen; Gesamtkollektiv (n=151)**

## 4.1.2 User

### 4.1.2.1 Zimthältige/cumarinhältige LM inklusive Wurstwaren

In Tabelle 12 sind die durchschnittlichen Verzehrsmengen der User an cumarinhaltigen Lebensmitteln inklusive Wurst ersichtlich.

**TABELLE 12. Durchschnittliche tägliche Verzehrsmenge an cumarinhaltigen Lebensmitteln inkl. Wurstwaren in g; User (n=122)**

n	Mittelwert	SD	Median	95.Perzentile
122	25.1	22.2	16.7	72.0

### 4.1.2.2 Zimthältige/cumarinhältige LM exklusive Wurstwaren

Die um die Menge der Wurst reduzierten durchschnittlichen Verzehrsmengen der User an cumarinhaltigen Lebensmitteln sind in Tabelle 13 ersichtlich.

**TABELLE 13. Durchschnittliche tägliche Verzehrsmenge an cumarinhaltigen Lebensmitteln exkl. Wurstwaren in g; User (n=102)**

n	Mittelwert	SD	Median	95.Perzentile
102	21.4	19.3	15.5	69.1

### 4.1.2.3 Verzehrte Mengen pro Lebensmittel – User

In Tabelle 14 werden die durchschnittlichen Verzehrsmengen pro Tag für die User gesondert für jedes Lebensmittel angeführt. Die Werte wurden nach ihrer Menge absteigend geordnet. Da nach dem User-Konzept nur jene Personen berücksichtigt werden, die ein jeweiliges Lebensmittel auch tatsächlich während des Erhebungszeitraums verzehrt haben, kam es vor, dass die Gruppe der User für gewisse Speisen nur aus einer Person bestand. In diesen Fällen konnte keine Standardabweichung berechnet werden und Mittelwert, Median sowie die 95. Perzentile zeigen demzufolge denselben Wert.

**TABELLE 14. Durchschnittliche tägliche Verzehrsmengen cumarinhaltiger Lebensmittel in g; User (n=122)**

	<b>Lebensmittel</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>SD</b>	<b>Median</b>	<b>95. Perzentile</b>
1	Kärntner Reindling	72.0	-	72.0	72.0
2	Apfelkuchen	60	-	60	60
3	Nussbeugel	40.3	9.6	39.5	51.0
4	Nussstrudel	28.7	-	28.7	28.7
5	Mohnstrudel	28.3	30.6	28.3	50.0
6	Linzer Torte	27.5	17.7	27.5	40.0
7	Mohnbeugel	25.3	-	25.3	25.3
8	Nusskuchen	21.5	13.2	15.3	49.0
9	Frankfurter	20.6	14.1	18.0	56.5
10	Cerealien	19.6	16.3	14.3	54.
11	Pflaumenmus	16.7	4.7	16.7	20.0
12	Schinkenwurst	16.0	8.3	15.3	26.7
13	Wiener Wurst	12.5	8.9	12.7	24.7
14	Linzer Gebäck	10.7	-	10.7	10.7
15	Nusskranz	8.3	7.1	8.3	13.3
16	Salami	8.2	5.8	6.7	24.57
17	Mohnkuchen	7.5	2.6	7.5	9.3
18	Lebkuchen	4.7	-	4.7	4.7
19	Zimt	0.3	0.4	0.1	1.3

- **kein Wert**

### 4.1.3 Regionale Besonderheiten beim Verzehr von cumarinhaltigen Lebensmitteln

#### 4.1.3.1 Zimthältige/cumarinhaltige LM inklusive Wurstwaren

Die nach Regionen aufgeteilten durchschnittlichen täglichen Verzehrsmengen an cumarinhaltigen Lebensmitteln inklusive Wurstwaren werden in Tabelle 15 für das Gesamtkollektiv und in Tabelle 16 für die User dargestellt. Mittels Cohen's d wurde überprüft ob es bezüglich der täglichen Aufnahme an cumarinhaltigen LM relevante Unterschiede zwischen den Regionen gibt. Diese Ergebnisse sind in Tabelle 17 zusammengefasst. Sowohl beim Gesamtkollektiv als auch bei den Usern sind die hohen Werte der 95. Perzentilen in der Region Süden erwähnenswert.

**TABELLE 15. Durchschnittliche tägliche Verzehrsmengen cumarinhaltiger LM inkl. Wurst in g, getrennt nach Regionen; Gesamtkollektiv (n=151)**

Nr.	N	Region	Mittelwert	SD	Median	95. Perzentile
1	51	Norden/Osten	15.1	15.1	11.3	49.0
2	42	Süd/Osten	17.3	22.8	6.7	71.8
3	35	Westen	29.7	25.5	25.0	77.0
4	23	Süden	23.1	25.6	16.0	105.5

**TABELLE 16. Durchschnittliche tägliche Verzehrsmengen cumarinhaltiger LM inkl. Wurst in g, getrennt nach Regionen; User (n=122)**

Nr.	N	Region	Mittelwert	SD	Median	95. Perzentile
1	43	Norden/Osten	17.8	14.8	13.3	49.0
2	28	Süd/Osten	26.0	23.5	22.0	75.5
3	30	Westen	34.6	24.	29.4	77.2
4	21	Süden	25.3	25.8	22.1	112.2

**TABELLE 17. Cohen's d Ergebnisse der zwischen den einzelnen Regionen für die Aufnahme von cumarinhaltigen LM inkl. Wurst für das Gesamtkollektiv (n=151) und die User (n=122)**

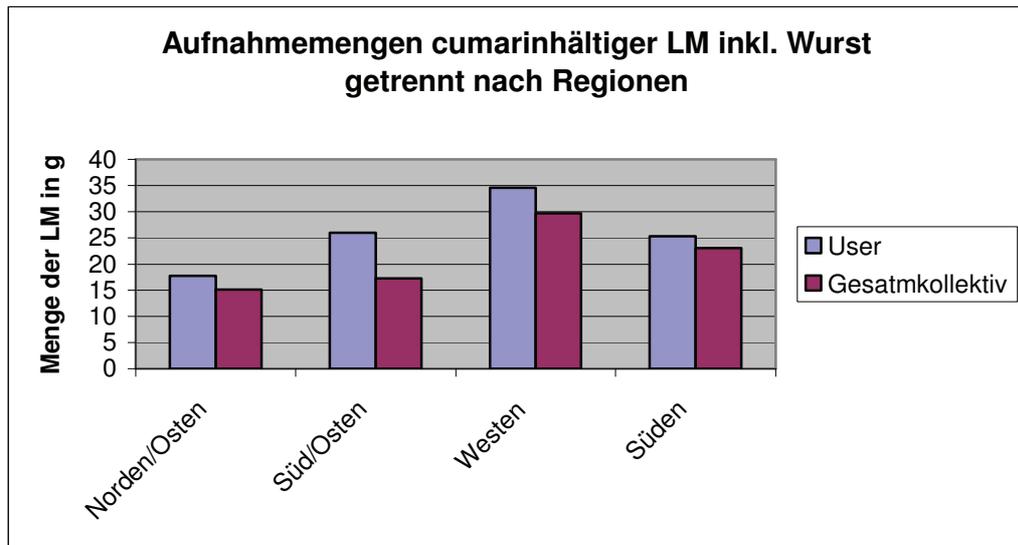
	Norden/Osten	Süd/Osten	Westen	Süden
Norden/Osten		0.1	0.7	0.4
Süd/Osten	0.4		0.5	0.2
Westen	0.8	0.4		0.3
Süden	0.4	0.0	0.4	

**Grau hinterlegte Werte...Gesamtkollektiv**

**Gelb hinterlegte Werte...User**

Es lässt sich erkennen, dass sowohl beim Gesamtkollektiv als auch bei den Usern ein starker relevanter Unterschied zwischen den Regionen Norden/Osten-Westen besteht. Ein mittlerer relevanter Unterschied findet sich beim Gesamtkollektiv zwischen den Regionen Westen und Süd/Osten. Zwischen den anderen Regionen existieren nur Unterschiede mit geringer Relevanz mit Ausnahme der Kombinationen Süd/Osten-Nord/Osten, wo beim Gesamtkollektiv kein relevanter Unterschied ermittelt werden konnte, und Süd/Osten-Süden, wo bei den Usern kein relevanter Unterschied festgestellt werden konnte.

In Abbildung 5 sind die Aufnahmemengen getrennt nach Regionen für die User und das Gesamtkollektiv ersichtlich. Die Region Westen weist sowohl bezogen auf die Gruppe der User als auch auf das gesamte Kollektiv den höchsten Verzehr an cumarinhaltigen LM auf. Am wenigsten wurde in der Region Norden/Osten verzehrt.



**ABBILDUNG 5. Aufnahme cumarinhältiger LM inkl. Wurst in g, für User (n=122) und Gesamtkollektiv (n=151), getrennt nach Regionen**

#### 4.1.3.2 Zimthältige/cumarinhältige LM exklusive Wurstwaren

Die Ergebnisse der täglichen Verzehrsmengen an coumarinhaltigen Lebensmitteln ohne Wurst sind in den Tabellen 18 und 19 getrennt nach Regionen zusammengefasst. Mittels Cohen's d wurde überprüft ob es bezüglich der täglichen Aufnahme an coumarinhaltigen LM exklusive Wurstwaren relevante Unterschiede zwischen den Regionen gibt. Diese Ergebnisse sind in Tabelle 20 zusammengefasst.

**TABELLE 18. Durchschnittliche tägliche Verzehrsmengen cumarinhaltiger LM exkl. Wurst in g, getrennt nach Regionen; Gesamtkollektiv (n=151)**

Nr.	n	Region	Mittelwert	SD	Median	95. Perzentile
1	51	Norden/Osten	12.7	13.2	9.8	44.6
2	42	Süd/Osten	12.5	20.1	0.2	71.5
3	35	Westen	18.3	22.3	7.3	64.0
4	23	Süden	15.9	20.8	10.0	75.6

**TABELLE 19. Durchschnittliche tägliche Verzehrsmengen cumarinhaltiger LM exkl. Wurst in g, getrennt nach Regionen; User (n=102)**

Nr.	n	Region	Mittelwert	SD	Median	95. Perzentile
1	40	Norden/Osten	16.2	12.8	13.3	48.6
2	22	Süd/Osten	23.9	22.5	22.7	72.0
3	23	Westen	27.9	22.2	19.7	71.0
4	17	Süden	21.5	21.6	22.1	81.7

**TABELLE 20. Ergebnisse der relevanten Unterschiede zwischen den einzelnen Regionen für die Aufnahme von cumarinhaltigen LM exkl. Wurstwaren für das Gesamtkollektiv (n=151) und die User (n=102)**

	Norden/Osten	Süd/Osten	Westen	Süden
Norden/Osten		0.0	0.3	0.2
Süd/Osten	0.4		0.3	0.2
Westen	0.6	0.2		0.1
Süden	0.3	0.1	0.3	

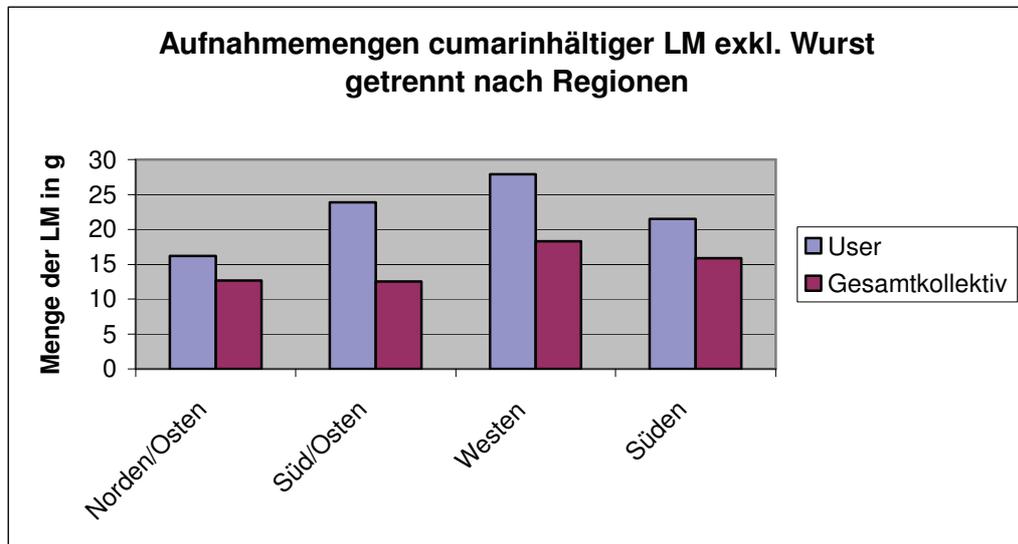
**Grau hinterlegte Werte...Gesamtkollektiv**

**Gelb hinterlegte Werte...User**

Mittels Cohen's d konnte bei der Gruppe der User zwischen den Regionen Nord/Osten-Westen ein mittlerer relevanter Unterschied bei der Aufnahme an cumarinhaltigen Lebensmitteln ohne Wurst festgestellt werden. Kleine relevante Unterschiede in der Aufnahme fanden sich bei den Usern weiters zwischen allen anderen Regionen, mit Ausnahme der Kombination Süden-Süd/Osten, wo kein relevanter Unterschied festgestellt werden konnte.

Beim Gesamtkollektiv konnten zwischen den Regionen kleine relevante Unterschiede identifiziert werden, mit Ausnahme der Paarungen Norden/Osten-Süd/Osten und Westen-Süden, wo kein relevanter Unterschied festgestellt werden konnte.

In Abbildung 6 ist die, um die Menge der Wurst reduzierte, Aufnahme an cumarinhältigen LM, getrennt für User und Gesamtkollektiv, graphisch dargestellt.



**ABBILDUNG 6. Aufnahme cumarinhältiger LM exkl. Wurst in g, für User (n=102) und Gesamtkollektiv (n=151), getrennt nach Regionen**

#### 4.1.4 Geschlechtsspezifische Unterschiede im Verzehr von cumarinhaltigen Lebensmittel inklusive Wurstwaren

##### 4.1.4.1 Gesamtkollektiv

Wie man aus Tabelle 21 entnehmen kann existiert kein relevanter geschlechtsspezifischer Unterschied bezüglich der Aufnahme an cumarinhaltigen Lebensmitteln inklusive Wurst

**TABELLE 21. Durchschnittliche tägliche Verzehrsmengen cumarinhaltiger LM inkl. Wurst in g, getrennt nach Geschlecht: Gesamtkollektiv (n=151)**

Gesamtkollektiv	n	Mittelwert	SD	Median	95. Perzentile
Weiblich	85	19.1	20.7	13.8	69.8
Männlich	66	21.8	24.2	13.4	72.8
Cohen's d	0.121				

##### 4.1.4.2 User

In Tabelle 22 wurde dieselbe Überprüfung für die Gruppe der User dargestellt. Auch hier lässt sich mit Hilfe des Cohen's d kein relevanter Unterschied bezüglich der Aufnahme an cumarinhaltigen LM inklusive Wurst zwischen Burschen und Mädchen feststellen.

**TABELLE 22. Durchschnittliche tägliche Verzehrsmengen cumarinhaltiger LM inkl. Wurst in g, getrennt nach Geschlecht; User (n=122)**

User	n	Mittelwert	Standardabweichung	Median	95. P.
Weiblich	66	24.6	20.4	18.0	71.5
Männlich	56	25.7	24.3	16.7	73.9
Cohen's d	0.05				

### 4.1.5 Geschlechtsspezifische Unterschiede in der Aufnahme von cumarinhaltigen LM exklusive Wurstwaren

#### 4.1.5.1 Gesamtkollektiv

In Tabelle 23 sind die mittleren Aufnahmen an cumarinhaltigen LM ohne Wurst bezogen auf das Gesamtkollektiv für Mädchen und Burschen getrennt ersichtlich. Mittels Cohen's konnte bezüglich der Aufnahme an cumarinhaltigen Lebensmitteln ohne Wurst kein relevanter geschlechtsspezifischer Unterschied ermittelt werden.

**TABELLE 23. Durchschnittliche tägliche Verzehrsmengen cumarinhaltiger LM exkl. Wurst in g, getrennt nach Geschlecht; Gesamtkollektiv (n=151)**

Gesamtkollektiv	N	Mittelwert	SD	Median	95. Perzentile
Weiblich	85	13.5	18.6	5.0	55.1
Männlich	66	15.6	19.0	9.4	58.3
Cohen's d	0.11				

#### 4.1.5.2 User

In Tabelle 24 sind die durchschnittlichen Verzehrsmengen pro Tag für die User getrennt nach Geschlecht angeführt. In der Gruppe der User wurde ebenfalls kein relevanter geschlechtsspezifischer Unterschied im Bezug auf die Aufnahme an cumarinhaltigen Lebensmitteln ohne Wurst mittels Cohen's d festgestellt.

**TABELLE 24. Durchschnittliche tägliche Verzehrsmengen cumarinhaltiger LM exkl. Wurst in g, getrennt nach Geschlecht; User (n=102)**

User	n	Mittelwert	Standardabweichung	Median	95. P.
Weiblich	53	21.7	19.4	16.0	70.8
Männlich	49	21.1	19.3	15.0	67.5
Cohen's d	0.03				

#### 4.1.6 Vergleich mit anderen Studienergebnissen

In einem vom Bundesministerium in Auftrag gegebenen und vom Institut für Ernährungswissenschaften Wien im Jahr 2000 durchgeführten Expertengutachten wurde die Aufnahme von Gewürzen durch traditionelle Speisen in Österreich am Beispiel Zimt publiziert. Das Studienkollektiv umfasste damals insgesamt 4110 Personen, wobei die Aufnahme an Zimt an verschiedenen Personengruppen wie Kindern und Jugendlichen, Schwangeren und Stillenden, älteren Menschen, etc. untersucht wurde. Zur Ermittlung des Verzehrs wurden unterschiedliche Ernährungserhebungsmethoden (24h-Recall, 7-d-Wiegeprotokoll) verwendet. Da 3-6jährige Kinder nicht Teil des Studienkollektivs des Expertengutachtens waren, wurden die Ergebnisse dieser Diplomarbeit mit der nächstälteren, untersuchten Gruppe des Expertengutachtens, den 7-9jährigen Kindern, verglichen. Diese Daten stammen aus der „Österreichischen Studie zum Ernährungsstatus“ (ÖSES) vom Institut für Ernährungswissenschaften Wien und wurden zwischen 1991 und 1993 mittels 7-d-Wiegeprotokoll erhoben [ELMADFA und WASSERBACHER, 2000].

Für das Gesamtkollektiv der 7-9jährigen wurde für den Verzehr von zimthältigen Lebensmitteln ein Mittelwert von  $5.6 \pm 14.1\text{g/d}$  ermittelt. Mit durchschnittlich  $14.44 \pm 18.72\text{g/d}$  verzehrten somit die 3-6jährigen trotz ihres geringeren Alters, ihrem niedrigeren Körpergewicht, der kleineren Körpergröße und dem daraus resultierenden geringeren Energiebedarf im Vergleich weitaus mehr zimthältige Lebensmittel (exklusive Wurst) als die älteren Kinder des Studienkollektivs des

Expertengutachtens. Auch das 95. Perzentil der 7-9jährigen liegt mit 37.1g/d deutlich unter dem 95. Perzentil der 3-6jährigen, welches bei 53.87g/d liegt. Das, bezogen auf das Gesamtkollektiv, die 3-6jährigen eine größere Aufnahme und einen größeren Wert für die 95. Perzentile aufweisen, kann dadurch begründet sein, dass im Kollektiv der 7-9jährigen weniger Kinder User waren, als bei den 3-6jährigen. Diese Begründung wird durch die Verzehrsmengen der User der 7-9jährigen im Vergleich mit den 3-6jährigen bestärkt.

Vergleicht man die Verzehrsmengen an zimthältigen LM bezogen auf die User, so stellt man fest, dass beim Verzehr der 7-9jährigen sowohl Mittelwert ( $23.6 \pm 20.4\text{g/d}$ ), Median (17.1g/d) als auch die 95. Perzentile (72.1g/d) leicht über den durchschnittlichen Verzehrsmengen der 3-6jährigen liegen (vgl. Tabelle 14). Dies kann durch den Altersunterschied und die daraus resultierenden höheren Körpergrößen, das höhere Gewicht und den höheren Energiebedarf der älteren Kinder erklärt werden [ELMADFA und LEITZMANN, 2004].

Vergleicht man die aufgenommen Durchschnittsmengen von zimthältigen LM ohne Wurst mit den Optimix-Empfehlungen für den Verzehr von zuckerreichen bzw. zucker- und fettreichen LM für die Altersgruppe der 3-6jährigen, so lässt sich erkennen, dass sowohl bei den Usern als auch beim Gesamtkollektiv lediglich der Verzehr der „high consumer“ ( $\geq 95.$  Perzentile), darüber liegt (vgl. Tabelle 11 und 14). Das heißt, dass „high consumer“ der zimthältigen Speisen unter den 3-6jährigen, sowohl als Gesamtkollektiv, als auch auf die Gruppe der User bezogen, bereits durch die 15 hier betrachteten cumarinhaltigen Speisen (ohne Wurst) die für diese Altersgruppe geltenden Optimix-Empfehlungen für diese LM überschreiten. Es soll hier nochmals darauf hingewiesen werden, dass zum Zwecke einer „worst case“-Expositionsabschätzung Cerealien zu den zucker- und fettreichen Lebensmitteln gezählt werden. Laut den Ergebnissen des Expertengutachtens überschreiten die 7-9jährigen weder im Durchschnitt noch als „high consumer“ diese Empfehlungen [KERSTING et al., 2003].

Die Auswertung der Verzehrsmengen inklusive Wurst nach Regionen konnte zeigen, dass der Verzehr an cumarinhaltigen Speisen sowohl für das Gesamtkollektiv (vgl. Tabelle 15) als auch für die User (vgl. Tabelle 18) in der Region Norden/Osten am niedrigsten und in der Region Westen am höchsten ist. Zwischen diesen beiden Regionen konnte in Bezug auf die Verzehrsmengen mittels Cohen's d ein starker relevanter Unterschied festgestellt werden. Der Verzehr an cumarinhaltigen LM ohne Wurst ist beim Gesamtkollektiv in der Region Süd/Osten am geringsten und im Westen am höchsten (vgl. Tabelle 18) und zeigt laut Cohen's d eine mittlere Effektstärke. In der Gruppe der User ist der Verzehr an cumarinhaltigen Lebensmitteln ohne Wurst, mit einer kleinen Effektstärke von 0.4, in der Region Norden/Osten am niedrigsten und wiederum im Westen am höchsten.

Daraus lässt sich erkennen, dass es bezüglich der Aufnahme an cumarinhaltigen LM (mit und ohne Wurst) ein West-Ost-Gefälle gibt, d.h. im Westen ist die Aufnahme sowohl für User als auch für das Gesamtkollektiv am höchsten, und in den Regionen Süd/Osten und Norden/Osten am geringsten.

Die Auswertung der Unterschiede zwischen dem Verzehr von cumarinhaltigen LM (mit und ohne Wurst) zwischen Buben und Mädchen mittels Cohen's d konnte weder bei den Usern noch im Gesamtkollektiv einen relevanten Unterschied zeigen. D. h., dass sowohl im Gesamtkollektiv, als auch bezogen auf die User, Buben und Mädchen annähernd gleiche Mengen an cumarinhaltigen Speisen inklusive bzw. exklusive Wurst konsumieren.

Die Auswertung des Verzehrs an cumarinhaltigen LM exklusive Wurst getrennt nach Geschlecht zeigt, dass sowohl für Mädchen, als auch für Burschen, beim Gesamtkollektiv als auch bei den Usern, der Verzehr der 95. Perzentile über den laut Optimix geltenden empfohlenen Zufuhrmengen für zuckerreiche bzw. zucker- und fettreiche Lebensmittel liegt. Im Mittel werden diese Empfehlungen jedoch nicht überschritten (vgl. Tabellen 23 und 24). In den beiden Vergleichsstudien wurde in Bezug auf die aufgenommenen

Lebensmittelmengen keine Analyse getrennt nach Geschlecht vorgenommen [BFR, 2006; ELMADFA und WASSERBACHER, 2000].

#### ***4.2 Zimt- und Cumaringehalte der verzehrten Speisen***

Die Zimt- und Cumaringehalte der einzelnen Lebensmittel wurden entweder durch Rezeptberechnungen ermittelt oder es wurden Analysewerte für den Cumaringehalt von der Lebensmittelversuchsanstalt Wien verwendet [PERCO, 2002]. Für die Berechnung der Cumaringehalte wurde ein von der AGES veröffentlichter Durchschnittswert von 2900mg Cumarin pro kg Zimt herangezogen [AGES, 2007]. Im Fall, dass mehrere Werte für eine Speise bzw. ein Lebensmittel zur Verfügung standen, wurde jeweils mit der höchsten Konzentration an Cumarin in mg/100g Lebensmittel weitergearbeitet.

**TABELLE 25. Zur Expositionsabschätzung herangezogene Cumarinkonzentrationen der einzelnen cumarinhaltigen Lebensmittel**

Lebensmittel	[g] Zimt/100g zubereitete Speise	[mg] Cumarin/100g zubereitete Speise (errechnete Werte)	[mg] Cumarin/100g zubereitete Speise <sup>1</sup>	[mg] Cumarin/kg Speise <sup>2</sup>
<b>Apfelkuchen</b>	0.75	2.17	-	21.7
<b>Linzer Torte</b>	0.75	2.18	-	21.8
<b>Mohnkuchen</b>	0.81	2.36	-	23.6
<b>Mohnbeugel</b>	0.67	1.94	-	19.4
<b>Mohnstrudel</b>	0,22	0.65		6.5
<b>Nusskuchen</b>	0.73	2.11	-	21.1
<b>Nusskranz</b>	0.10	0.28	-	2.8
<b>Nussbeugel</b>	0.13	0.38	-	3.8
<b>Nussstrudel</b>	0,17	0.51	-	5.1
<b>Kärntner Reindling</b>	3.81	11.06	-	110.6
<b>Pflaumenmus</b>	0.28	0.83	-	8.3
<b>Linzer Bäckerei</b>	5.02	14.56	-	145.6
<b>Lebkuchen</b>	4.39	12.74	-	127.4
<b>Salami</b>	-	-	0.04	0.4
<b>Frankfurter</b>	-	-	<0.02	<0.2
<b>Wiener Wurst</b>	-	-	<0.1	<1
<b>Schinkenwurst</b>	-	-	<0.02	<0.2

(Rezepte mit Quellenangaben im Anhang)

<sup>1</sup> Analysierte Werte [laut PERCO, 2002]

<sup>2</sup> Cumarin in Lebensmitteln und Getränken ist entsprechend der derzeit gültigen Aromenverordnung (BGBl. II 42/1998, in Umsetzung der Aromenrichtlinie 88/388/EWG) auf 2mg/kg beschränkt

#### 4.2.1 Vergleich mit anderen Studienergebnissen

In dieser Diplomarbeit wurde von einem durchschnittlichen Cumaringehalt von 2900mg/kg Zimt ausgegangen [AGES, 2007]. Das Expertengutachten von ELMADFA und WASSERBACHER (2000) verwendete einen größenordnungsmäßigen Cumaringehalt von 2000mg/kg Zimt der aus Untersuchungen der Bundesanstalt für Lebensmitteluntersuchung und –forschung stammt. Die Daten wurden durch 7-d-Wiegeprotokolle erhoben [ELMADFA und WASSERBACHER, 2000]. Bei einer Untersuchung des Bundesinstituts für Risikobewertung wurde hingegen wiederum mit einem höheren Cumaringehalt von 3000mg/kg Zimt, der durch Messungen des CVUA Münster ermittelt wurde und Daten aus Ernährungsprotokollen gearbeitet [BFR, 2006].

Im Expertengutachten wurden eine durchschnittliche Zimtkonzentration von 0.6g/100g LM berechnet. In dieser Diplomarbeit wurde, im Vergleich dazu, ein mehr als doppelt so hoher durchschnittlicher Zimtgehalt von 1.4g/100g LM für die zimthältigen Speisen (ohne Wurstwaren und Zimt) ermittelt. Dieser Wert wurde aus den zimthältigen Süß- und Mehlspeisen errechnet und enthält somit, zum besseren Vergleich mit den Werten des Expertengutachtens, keine Zimt-Konzentrationen aus Cerealien oder Zimt an sich.

Die in dieser Diplomarbeit ermittelten Cumarinkonzentrationen reichen bei den Süßspeisen inkl. Cerealien von 2.8 – 145.6mg/kg LM. D.h. dass diese LM alle den Grenzwert von 2mg/kg LM laut derzeit gültiger Aromenverordnung (BGBI. II 42/1998, in Umsetzung der Aromenrichtlinie 88/388/EWG) überschreiten [EFSA, 2004]. Die im Expertengutachten publizierten errechneten Cumarinkonzentrationen in den Lebensmitteln reichten von 3.0 bis 13.8mg/kg LM [ELMADFA und WASSERBACHER, 2000]. Da diese Ergebnisse durch Rezeptberechnungen erhaltene Werte sind, soll für das „worst case“ Szenario auch ein Beispiel eines analysierten Wertes angeführt werden. Das CVUA in Münster (D) hat in industriell gefertigten Zimsternen eine Cumarinkonzentration von 76.4mg/kg LM analytisch ermittelt [BFR, 2006]. Diese Ergebnisse zeigen,

dass es, bei Verwendung von Cassia-Zimt, sehr wahrscheinlich ist, dass der Grenzwert von 2mg/kg LM nicht eingehalten wird. Dies ist vor allem bei industriell produzierten Lebensmitteln problematisch, wo weder die Art des verwendeten Zimts noch die Zimt- bzw. Cumarinkonzentration des Produktes für den Konsumenten ersichtlich sind.

### 4.3 Cumarin aus Wurstwaren

Wurst zählt zwar nicht zu den klassischen zimthältigen Lebensmitteln, sie trägt jedoch durch ihren Cumaringehalt zur Cumarinbelastung bei und muss somit bei einer Risikobewertung berücksichtigt werden. Ob die Cumarinaufnahme durch Wurst einen relevanten Beitrag zur Gesamtcumarinbelastung leistet, oder ob sie vernachlässigbar gering ist, wurde mit Hilfe des Cohen's d überprüft.

Dafür wurde für das Gesamtkollektiv (Tabelle 26) und für die Gruppe der User (Tabelle 27) die durchschnittliche Cumarinaufnahme pro Tag jeweils mit (Gruppe A) und ohne (Gruppe B) Berücksichtigung des Cumarins aus Wurst ermittelt.

**TABELLE 26. Berechnung des Effekts von Cumarin aus Wurst auf die Gesamtcumarinaufnahme (in mg/Tag) mittels Cohen's d; Gesamtkollektiv (n=151)**

n = 151	Gruppe A	Gruppe B
<b>Mittelwert</b>	0.747	0.746
<b>Standardabweichung</b>	1.074	1.074
<b>Cohen's d</b>	0.002	

**TABELLE 27. Berechnung des Effekts von Cumarin aus Wurst auf die Gesamtcumarinaufnahme (in mg/Tag) mittels Cohen's d; User (n=122)**

n = 122	Gruppe A	Gruppe B
<b>Mittelwert</b>	0.925	0.923
<b>Standardabweichung</b>	1.125	1.25
<b>Cohen's d</b>	0.002	

#### 4.3.1 Vergleich mit anderen Studienergebnissen

Die aus diesen Werten mittels Cohen's d errechneten Effektstärken von jeweils 0.002 zeigen, dass es weder beim Gesamtkollektiv noch bei den Usern, einen relevanten Unterschied zwischen den Gruppen A und B gibt. Es kann geschlussfolgert werden, dass die Wurst keinen relevanten Einfluss auf die Cumarinaufnahme hat und somit für diese Untersuchung vernachlässigbar ist. Dadurch ist in weiterer Folge der Vergleich der Zimt- und Cumarinaufnahmen mit den Ergebnissen des Expertengutachtens von ELMADFA und WASSERBACHER (2000) und den Ergebnissen des BFR (2006) konsistent, da bei beiden der Cumaringehalt aus Wurst nicht in die Auswertung einfluss.

## 4.4 Expositionsabschätzung – Zimt

### 4.4.1 Gesamtkollektiv

Die durchschnittlichen Verzehrsmengen des Gesamtkollektivs an Zimt sind in Tabelle 28 dargestellt.

**TABELLE 28. Durchschnittliche tägliche Verzehrsmenge an Zimt aus zimthältigen LM in mg; Gesamtkollektiv (n=151)**

<b>N</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>SD</b>	<b>Median</b>	<b>95.Perzentile</b>
151	257.1	370.4	117.2	1010.8

#### 4.4.1.1 Zimt-Aufnahme aus den einzelnen Lebensmitteln – Gesamtkollektiv

Die durchschnittlich pro Tag und pro Lebensmittel aufgenommenen Mengen an Zimt sind in Tabelle 29 für das Gesamtkollektiv zusammengefasst. Die Lebensmittel sind nach ihrer Menge in absteigender Form gereiht und in Milligramm angegeben. Da die einzelnen Speisen oft nur von wenigen oder sogar nur einer Person während der drei Erhebungstage verzehrt wurden, ergibt sich für das Gesamtkollektiv auch für die Zimtmenge der Wert 0 für den Median, da mehr als die Hälfte der Personen während des Erhebungszeitraums keinen Zimt zu sich genommen haben. Die größte Aufnahme pro LM, mit durchschnittlich 157.7mg Zimt/d, stammt aus Cerealien. Da die prozentualen Mengenanteile der Lebensmittel an der täglichen Zimtaufnahme eines durchschnittlichen 3-6jährigen Kindes aus cumarinhaltigen Lebensmitteln gleich den prozentuellen Mengenanteilen der Lebensmittel an der täglichen Cumarinaufnahme ist, entnehme man diese aus Abbildung 5.

**TABELLE 29. Durchschnittliche tägliche Zimtaufnahme aus zimthältigen Lebensmitteln in mg; Gesamtkollektiv (n=151)**

	Lebensmittel	Mittelwert	SD	Median	95. Perzentile
1	Cerealien	157.7	258.7	0	791.4
2	Zimt	52.0	188.9	0	313.3
3	Kärntner Reindling	18.2	223.4	0	0
4	Nusskuchen	13.4	51.6	0	109.9
5	Linzer Gebäck	3.6	43.6	0	0
6	Apfelkuchen	3.0	36.6	0	0
7	Linzer Torte	2.7	26.1	0	0
8	Lebkuchen	1.4	16.7	0	0
9	Nussbeugel	1.4	8.7	0	0
10	Mohnbeugel	1.1	13.8	0	0
11	Mohnkuchen	0.8	7.2	0	0
12	Mohnstrudel	0.8	9.2	0	0
13	Pflaumenmus	0.6	5.6	0	0
14	Nussstrudel	0.3	4.0	0	0
15	Nusskranz	0.1	1.1	0	0

#### 4.4.2 User

Die durchschnittlichen Verzehrsmengen der User der 3-6jährigen österreichischen Vorschulkinder an Zimt sind in Tabelle 30 dargestellt.

**TABELLE 30. Durchschnittliche tägliche Verzehrsmenge an Zimt aus zimthältigen LM in mg; User (n=102)**

n	Mittelwert	SD	Median	95.Perzentile
102	380.6	395.4	267.2	1087.4

#### **4.4.2.1 Zimt-Aufnahme aus den einzelnen Lebensmitteln – User**

Die durchschnittlichen Zimtaufnahmen in Milligramm pro Tag aus den verschiedenen Lebensmitteln während des Erhebungszeitraums wurden in der nachfolgenden Tabelle absteigend nach ihrer Menge aufgelistet.

Da nach dem User-Konzept nur jene Personen berücksichtigt werden, die ein jeweiliges Lebensmittel auch tatsächlich während des Erhebungszeitraums verzehrt haben, kam es vor, dass gewisse Speisen nur von einer Person verzehrt wurden. In diesen Fällen konnte keine Standardabweichung berechnet werden und Mittelwert, Median sowie die 95. Perzentile haben demzufolge denselben Wert.

**TABELLE 31. Durchschnittliche tägliche Zimtaufnahme aus zimthältigen Lebensmitteln in mg; User (n=102)**

Nummer	Lebensmittel	Mittelwert	SD	Median	95. Perzentile
1	Kärntner Reindling	2745.0	-	2745.0	2745.0
2	Linzer Gebäck	535.5	-	535.5	535.5
3	Apfelkuchen	449.3	-	449.3	449.3
4	Cerealien	345.0	286.4	252.1	955.5
5	Zimt	245.3	351.8	116.7	1333.3
6	Linzer Torte	206.5	132.8	206.5	300.4
7	Lebkuchen	205.0	-	205.0	205.0
8	Mohnbeugel	169.7	-	169.7	169.7
9	Nusskuchen	156.1	95.5	111.4	355.9
10	Mohnstrudel	63.5	68.7	63.5	112.1
11	Mohnkuchen	61.1	21.1	61.1	76.0
12	Nussbeugel	52.6	12.6	51.6	66.7
13	Nussstrudel	49.5	-	49.5	49.5
14	Pflaumenmus	47.5	13.4	47.5	57.0
15	Nusskranz	8.1	6.9	8.1	13.0

- **Kein Wert**

### 4.4.3 Vergleich mit anderen Studienergebnissen

Die Ergebnisse für die Zimtaufnahme von 3-6jährigen Vorschulkindern aus dieser Diplomarbeit werden mit den Ergebnissen für die Zimtaufnahme von 7-9jährigen Kindern aus einem Expertengutachten [ELMADFA und WASSERBACHER, 2000] und den Ergebnissen der Gesundheitlichen Bewertung von Cumarin aus Zimt für 2-5jährige Kleinkinder des Bundesinstituts für Risikobewertung verglichen [BFR, 2006].

In oben genanntem Expertengutachten wurde für die in Österreich verzehrten zimthältigen LM, auf Basis der ÖLS-Rezepte und Rezepten aus dem Thea-Kochbuch, durch Rezeptberechnungen ein Durchschnittszimtgehalt von 0.6g Zimt pro 100g Speise errechnet. Mit diesem Faktor wurden die Verzehrsmengen multipliziert um die Aufnahme an Zimt abzuschätzen. Durch die Anwendung dieses Faktors von 0.6g Zimt pro 100g LM wurde versucht saisonalen Schwankungen im Zimtverzehr Rechnung zu tragen [ELMADFA und WASSERBACHER, 2000].

Vergleicht man die Ergebnisse für die Zimtaufnahmen des Gesamtkollektivs der 3-6jährigen Vorschulkinder mit den Ergebnissen für die 7-9jährigen Kinder, stellt man fest, dass die 7-9jährigen mit durchschnittlich  $33.6 \pm 84.6$ mg Zimt pro Tag im Mittel um den Faktor 7.7 weniger aufnehmen als die 3-6jährigen (vgl. Tabelle 29). Ebenso liegt die 95. Perzentil bei den 3-6jährigen Kindern im Vergleich zu den 7-9jährigen (222.6mg/d) um den Faktor 4.5 höher.

In der Gruppe der User der 7-9jährigen Kinder wurden im Durchschnitt  $140 \pm 120$ mg Zimt/d aufgenommen. Im Vergleich dazu zeigt sich bei den 3-6jährigen Kindern im Durchschnitt eine um den Faktor 2.7 höhere Aufnahme (vgl. Tabelle 31). Die 95. Perzentile liegt für die 7-9jährigen Kinder bei 430mg/d. Die für die 3-6jährigen Kinder ermittelte 95. Perzentile liegt bei 1087.4mg/d und somit um den Faktor 2.5 über der der 7-9jährigen Kinder. Vergleicht man die Ergebnisse für die Zimtaufnahmen der beiden Altersgruppen für die Gruppe der User mit

den jeweilig ermittelten LM-Verzehrmengen ohne Wurst, so lässt sich erkennen, dass die 3-6jährigen trotz geringerer Verzehrsmengen eine höhere Zimtaufnahme haben.

Wie zuvor erwähnt (siehe Kapitel 4.3.1) wurde für die zimthältigen Lebensmittel im Expertengutachten ein durchschnittlicher Zimtgehalt von 0.6g/kg LM ermittelt. Dieser ist im Vergleich zu den in dieser Diplomarbeit errechneten durchschnittlichen Zimtkonzentrationen der Lebensmittel (1.4g Zimt/100g LM) deutlich niedriger. Der Grund für diesen großen Unterschied liegt wahrscheinlich darin, dass die 7-9jährigen andere zimthältige Lebensmittel verzehrten als die 3-6jährigen [vgl. ELMADFA und WASSERBACHER, 2000]. Dies ist ebenfalls eine mögliche Erklärung für die geringeren verzehrten Zimtmengen. Es könnte also sein, dass die tatsächlichen Zimtaufnahmen der 7-9jährigen, durch die Anwendung des Faktors von 0.6g/100g LM für den durchschnittlichen Zimtgehalt der Lebensmittel, unterschätzt wurde.

In der Untersuchung des BFR waren von den 475 Kindern der 2-5jährigen 140 User von zimthältigen LM. Es wurde mittels dem 97.5ten Perzentil ein Verzehr für „high consumer“ von 220mg/kg KG/d errechnet. Im Vergleich dazu beträgt die Zimtbelastung der 95. Perzentile der 3-6jährigen Kinder laut den Ergebnissen dieser Diplomarbeit 52.5mg/kg KG/d. Da für die Anwendung des 97.5ten Perzentils die Stichprobengröße dieser Diplomarbeit zu gering war, wurde das 95. Perzentil herangezogen. Somit könnte die höhere Zimtaufnahme pro kg KG/d bei der Untersuchung des BFR erklärt werden.

Die tatsächliche Zimtaufnahme ist jedoch schwer zu ermitteln, da es jeweils vom Geschmack des Kochs, bzw. der verwendeten Rezeptquelle abhängig ist wieviel Zimt zum Kochen und Backen verwendet wird. Außerdem fehlt es an Informationen über das Ausmaß des Einsatzes von Zimt in der Industrie und in Bäckereien.

## 4.5 Expositionsabschätzung – Cumarin

### 4.5.1 Gesamtkollektiv

In Tabelle 32 sind die durchschnittlichen täglichen Verzehrsmengen des Gesamtkollektivs an Cumarin ersichtlich.

**TABELLE 32. Durchschnittliche tägliche Verzehrsmenge an Cumarin in mg; Gesamtkollektiv (n=151)**

<b>N</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>SD</b>	<b>Median</b>	<b>95.Perzentile</b>
151	0.75	1.07	0.34	2.93

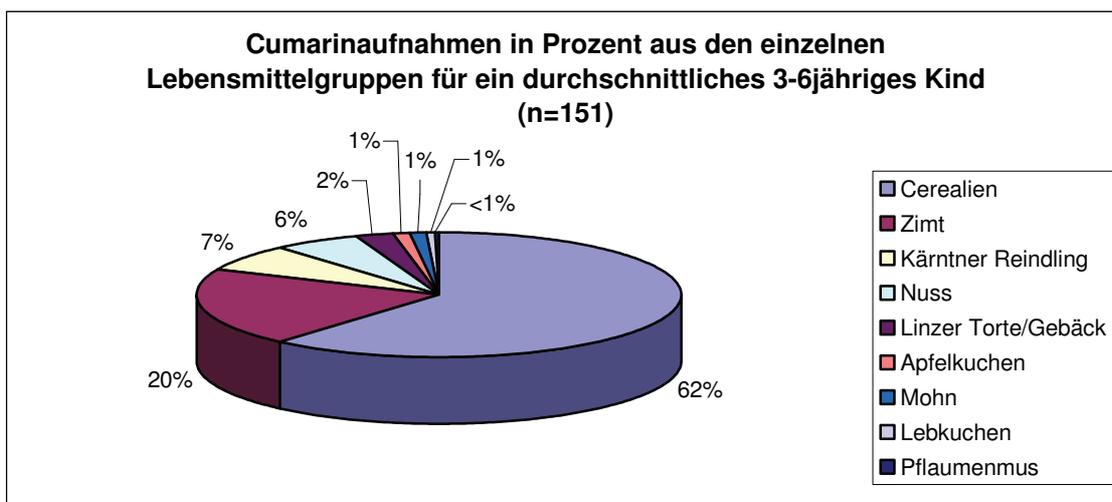
#### 4.5.1.1 Cumarin-Aufnahme aus den einzelnen Lebensmitteln

In Tabelle 33 sind die durchschnittlichen täglichen Aufnahmen an Cumarin pro Lebensmittel während des Erhebungszeitraums angeführt. Die in Mikrogramm angegebenen Werte gelten für das Gesamtkollektiv und sind nach ihrer Menge absteigend geordnet. Da die einzelnen Speisen oft nur von wenigen oder sogar nur einer Person während der drei Erhebungstage verzehrt wurden, ergibt sich für das Gesamtkollektiv für alle Lebensmittel der Wert 0 für den Median, da mehr als die Hälfte der Personen von diesen Lebensmitteln nichts verzehrten.

**TABELLE 33. Durchschnittliche tägliche Cumarinaufnahme aus cumarinhaltigen Lebensmitteln in  $\mu\text{g}$ ; Gesamtkollektiv (n=151)**

	<b>Lebensmittel</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>SD</b>	<b>Median</b>	<b>95. Perzentile</b>
1	Cerealien	457.2	750.1	0	2295.0
2	Zimt	150.8	547.9	0	908.7
3	Kärntner Reindling	52.7	647.8	0	0
4	Nusskuchen	39.0	149.5	0	318.7
5	Linzer Gebäck	10.3	126.4	0	0
6	Apfelkuchen	8.6	106.0	0	0
7	Linzer Torte	7.9	75.6	0	0
8	Nussbeugel	4.0	25.1	0	0
9	Lebkuchen	3.9	48.4	0	0
10	Mohnbeugel	3.3	40.1	0	0
11	Mohnkuchen	2.4	20.9	0	0
12	Mohnstrudel	2.4	26.7	0	0
13	Pflaumenmus	1.8	16.1	0	0
14	Nussstrudel	1.0	11.7	0	0
15	Nusskranz	0.3	3.2	0	0

Untenstehendes Tortendiagramm enthält die Mengenanteile von Cumarin aus dem Verzehr der einzelnen Lebensmittel eines durchschnittlichen 3-6jährigen Kindes. Die Lebensmittel wurden zum Teil nach gleichen Geschmacksrichtungen zusammengefasst (vgl. Nuss, Mohn). Es lässt sich erkennen, dass ein durchschnittliches 3-6jähriges Kind mit 62% am meisten Cumarin aus Cerealien aufnimmt. 20% des Cumarins wird durch den Verzehr von Zimt an sich, wie er als Gewürz protokolliert wurde, aufgenommen. Weiters nimmt ein durchschnittliches 3-6jähriges Kind 7% des Cumarins aus Kärntner Reindling und 6% aus Nusspeisen auf. Linzer Torte und Gebäck tragen zu 2% zur Aufnahme eines durchschnittlichen Kindes bei. Der Anteil von Apfelkuchen, Mohnspeisen und Lebkuchen beträgt jeweils 1% und der von Pflaumenmus weniger als 1% an der Aufnahme an Cumarin eines durchschnittlichen 3-6jährigen Kindes.



**ABBILDUNG 5. Mengenanteile cumarinhaltiger Lebensmittel an der Cumarinaufnahme eines durchschnittlichen 3-6jährigen Kindes (in Prozent), zusammengefasst in Lebensmittelgruppen (n=151)**

## 4.5.2 User

In Tabelle 34 sind die durchschnittlichen täglichen Verzehrsmengen der User an Cumarin dargestellt.

**TABELLE 34. Durchschnittliche täglich Verzehrsmenge an Cumarin in mg; User (n=102)**

<b>N</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>SD</b>	<b>Median</b>	<b>95.Perzentile</b>
102	1.10	1.15	0.77	3.15

### 4.5.2.1 Cumarinaufnahme aus den einzelnen Lebensmitteln – User

Die durchschnittlichen Cumarinaufnahmen während des Erhebungszeitraums in Milligramm pro Lebensmittel wurden in der nachfolgenden Tabelle nach ihrer Menge absteigend geordnet. Da nach dem User-Konzept nur jene Personen berücksichtigt werden, die ein jeweiliges Lebensmittel auch tatsächlich während des Erhebungszeitraums verzehrt haben, kam es vor, dass gewisse Speisen nur von einer Person verzehrt wurden. In diesen Fällen konnte keine Standardabweichung berechnet werden und Mittelwert, Median sowie die 95. Perzentile haben demzufolge denselben Wert.

**TABELLE 35. Durchschnittliche tägliche Cumarinaufnahme aus cumarinhaltigen Lebensmitteln in mg; User (n=102)**

	<b>Lebensmittel</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>SD</b>	<b>Median</b>	<b>95. Perzentile</b>
1	Kärntner Reindling	7.96	-	7.96	7.96
2	Linzer Gebäck	1.55	-	1.55	1.55
3	Apfelkuchen	1.30	-	1.30	1.30
4	Cerealien	1.00	0.83	0.73	2.77
5	Zimt	0.71	1.02	0.34	3.87
6	Linzer Torte	0.60	0.39	0.60	0.87
7	Lebkuchen	0.59	-	0.59	0.59
8	Mohnbeugel	0.49	-	0.49	0.49
9	Nusskuchen	0.45	0.28	0.32	1.03
10	Mohnkuchen	0.18	0.06	0.18	0.22
11	Mohnstrudel	0.18	0.20	0.18	0.33
12	Nussbeugel	0.15	0.04	0.15	0.19
13	Nussstrudel	0.14	-	0.14	0.14
143	Pflaumenmus	0.14	0.04	0.14	0.17
15	Nusskranz	0.02	0.02	0.02	0.04

- **Kein Wert**

### 4.5.3 Regionale Besonderheiten in der Cumarinaufnahme

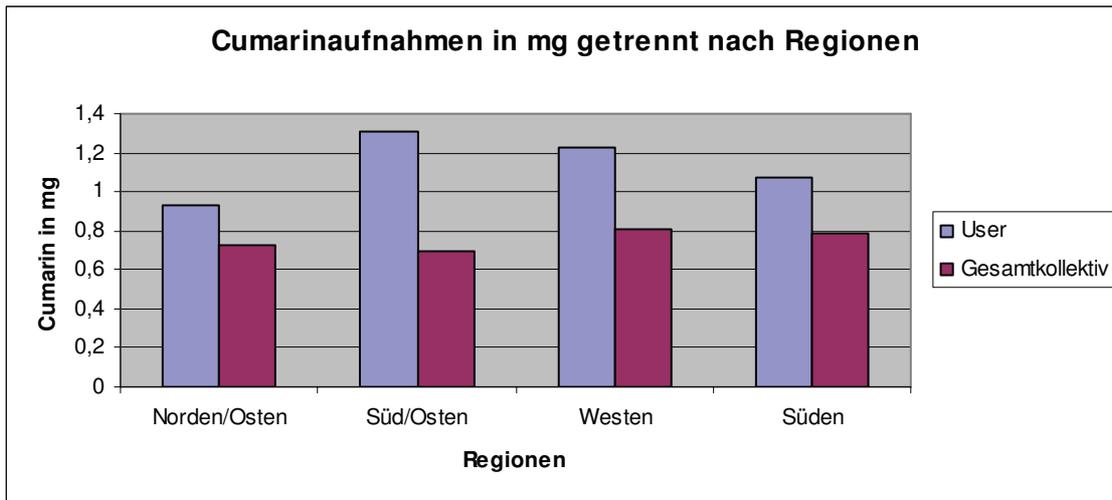
Die nach Regionen aufgeteilten durchschnittlichen Cumarinaufnahmen pro Proband und Tag werden in Tabelle 36 für das Gesamtkollektiv und in Tabelle 37 für die User dargestellt.

**TABELLE 36. Durchschnittliche tägliche Aufnahmen an Cumarin aus cumarinhaltigen LM in mg, getrennt nach Regionen; Gesamtkollektiv (n=151)**

Nr.	n	Region	Mittelwert	SD	Median	95. Perzentile
1	51	Norden/Osten	0.73	0.93	0.43	3.49
2	42	Süd/Osten	0.69	1.36	0.14	2.83
3	35	Westen	0.81	1.07	0.31	3.26
4	23	Süden	0.79	0.85	0.49	2.58

**TABELLE 37. Durchschnittliche tägliche Aufnahmen an Cumarin aus cumarinhaltigen LM in mg, getrennt nach Regionen; User (n=102)**

Nr.	n	Region	Mittelwert	SD	Median	95. Perzentile
1	43	Norden/Osten	0.93	0.96	0.58	3.96
2	28	Süd/Osten	1.30	1.64	0.96	7.22
3	30	Westen	1.23	1.10	0.89	3.62
4	21	Süden	1.07	0.83	1.02	2.62



**ABBILDUNG 6. Durchschnittliche Aufnahmen an Cumarin in mg für das Gesamtkollektiv (n=151) und die User (n=102), getrennt nach Regionen**

Wie man aus Abbildung 6 erkennen kann, ist die Cumarinaufnahme der Gruppe der User in der Region Norden/Osten am geringsten und in der Region Süd/Osten am höchsten.

Mit Hilfe des Cohen's d wurde überprüft ob bezüglich der Cumarinaufnahme der User zwischen den 4 Regionen ein relevanter Unterschied besteht (vgl. Tabelle 38). Die Ergebnisse zeigen, dass in der Region Norden/Osten mit einer geringen Effektstärke von 0.3 – 0.2 im Durchschnitt von den Usern weniger Cumarin verzehrt wird als in den anderen drei Regionen. Zwischen den Regionen Süden und Süd/Osten konnte ebenfalls ein kleiner relevanter Unterschied bezüglich der Cumarinaufnahme der User ermittelt werden.

**TABELLE 38 Ergebnisse der relevanten Unterschiede für die Aufnahme von Cumarin aus cumarinhaltigen LM zwischen den einzelnen Regionen für das Gesamtkollektiv (n=151) und die User (n=102)**

	Norden/Osten	Süd/Osten	Westen	Süden
Norden/Osten		0.0	0.1	0.1
Süd/Osten	0.3		0.1	0.1
Westen	0.3	0.1		0.0
Süden	0.2	0.2	0.1	

Grau hinterlegte Werte...Gesamtkollektiv

Gelb hinterlegte Werte...User

#### 4.5.4 Geschlechterspezifische Unterschiede der Aufnahme von Cumarin aus cumarinhaltigen Lebensmitteln (exkl. Wurst)

Die durchschnittlichen täglichen Aufnahmemengen des Gesamtkollektivs an Cumarin sind in Tabelle 39 ersichtlich. Betrachtet man die Auswertung der Cumarinaufnahme aufgeteilt nach dem Geschlecht, zeigen die Ergebnisse, dass im Mittel weder Mädchen noch Buben des Gesamtkollektivs den TDI von 2.072mg Cumarin für ihr durchschnittliches Körpergewicht erreichen bzw. überschreiten. Die 95. Perzentile hingegen, welche dem Verzehr eines „high consumer“ entspricht, zeigt eine Überschreitung des TDI für unser Studienkollektiv sowohl bei Mädchen als auch bei Burschen. Es konnte für das Gesamtkollektiv gezeigt werden, dass mit einer Effektstärke von 0.4 davon ausgegangen werden kann, dass kein relevanter Unterschied zwischen der Cumarinaufnahme von Mädchen und Buben in diesem Studienkollektiv existiert.

**TABELLE 39. Durchschnittliche tägliche Aufnahmen an Cumarin aus cumarinhaltigen LM in mg, getrennt nach Geschlecht; Gesamtkollektiv (n=151)**

Gesamtkollektiv	N	Mittelwert	SD	Median	95. P.
Weiblich	85	0.73	1.18	0.29	2.96
Männlich	66	0.77	0.94	0.43	2.97
Cohen's d	0.04				

Im Studienkollektiv waren 53 Mädchen und 66 Buben User von cumarinhaltigen Lebensmitteln (ohne Wurstwaren). Die jeweiligen durchschnittlichen Aufnahmemengen an Cumarin sind in Tabelle 40 dargestellt.

Die männlichen und weiblichen User überschreiten mit ihrer jeweiligen durchschnittlichen Cumarinaufnahme als auch dem Median den für ihr Körpergewicht gültigen TDI von 2.072mg Cumarin nicht. Jedoch zeigt das 95. Perzentil auch für die User einen Verzehr für „high consumer“ der merklich über dem TDI liegt.

Um zu testen ob zwischen der Cumarinaufnahme der Mädchen und der Buben im Kollektiv der User ein relevanter Unterschied besteht, wurde der Cohen's d verwendet. Das Ergebnis von 0.10 deutet darauf hin, dass auch bei der Gruppe der User kein geschlechtsspezifischer Unterschied bezüglich der Aufnahme an Cumarin besteht.

**TABELLE 40. Durchschnittliche tägliche Aufnahmen an Cumarin aus cumarinhaltigen LM, getrennt nach Geschlecht; User (n=102)**

User	n	Mittelwert	Standardabweichung	Median	95. P.
Weiblich	53	1.16	1.31	0.70	3.41
Männlich	49	1.04	0.95	0.83	3.44
<b>Cohen's d</b>	0.10				

## 4.5.5 Vergleich mit anderen Studienergebnissen

### 4.5.5.1 Gesamtkollektiv

**TABELLE 41 Zusammenfassung von Studienergebnissen - Gesamtkollektiv**

	mg Cumarin/kg Zimt	$\bar{X}$ in mg/d	$\bar{X}$ in mg/kg KG/d	95. Perzentile	95. Perzentile in mg/kg KG/d
3-6jährige <sup>1</sup>	2900	0.75	0.04	2.93	0.14
7-9jährige <sup>2</sup>	2000	0.07	-	0.45	-
	2900	0.10	-	0.65	-

- kein Wert

1 Ergebnisse dieser Diplomarbeit

2 [ELMADFA und WASSERBACHER, 2000]

Ein Kind des Studienkollektivs dieser Diplomarbeit wiegt im Durchschnitt 20.72kg. Auf Basis des von der EFSA festgelegten TDI für Cumarin von 0.1mg/kg KG könnte also ein durchschnittliches 3-6jähriges Kind 2.072mg Cumarin pro Tag ohne Gefahr für die Gesundheit aufnehmen [EFSA, 2004]. Im Mittel wird dieser Grenzwert vom Gesamtkollektiv in dieser Diplomarbeit nicht überschritten (vgl. Tabelle 33). Die Aufnahme an Cumarin laut dem Expertengutachten aus dem Jahr 2000 beträgt, unter der Annahme von 2000mg Cumarin/kg Zimt, für das Gesamtkollektiv der Altersgruppe der 7-9jährigen Kinder durchschnittlich 0.07mg/d [ELMADFA und WASSERBACHER, 2000]. Zum besseren Vergleich mit den Ergebnissen dieser Diplomarbeit wurde aus der publizierten Zimtaufnahme der 7-9jährigen die Cumarinaufnahme auch mit dem in dieser Arbeit angenommenen Cumarinegehalt von 2900mg/kg Zimt berechnet. Die durchschnittliche Aufnahme würde demnach 0.10mg/d sein. Es wurde im Expertengutachten keine Angabe für die Cumarinexposition in mg/kg KG angegeben. Dies ist jedoch in Anbetracht der errechneten Tagesmengen, sie liegen unter dem von der EFSA publizierten TDI von 0.1mg/kg KG, der pro

Tag pro Kilogramm Körpergewicht ohne Gefahr für die Gesundheit aufgenommen werden kann, nicht nötig.

Diese ermittelten durchschnittlichen Aufnahmemengen an Cumarin der 3-6jährigen und der 7-9jährigen Kinder liegen unter den errechneten TAMDI-Werten für Erwachsene der EFSA (1.5mg/d) und von Lake (1.235mg/d), wobei der Vergleich schwierig ist, da für diese beiden Untersuchungen nur cumarinhaltige Lebensmittel in die Auswertung einbezogen wurden. Bei der Berechnung obiger TAMDI-Werte wurden hingegen neben der Cumarinaufnahme aus Lebensmitteln auch Getränke (auch alkoholische), Kaugummi und Karamellsüßwaren berücksichtigt [EFSA, 2004; LAKE, 1999].

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen weiters, dass die 95. Perzentile für das Gesamtkollektiv bei 2.93mg Cumarin/d liegt, wodurch der für die 3-6jährigen Kinder errechnete Grenzwert von 2.072mg Cumarin pro Tag von „high consumers“ um  $\geq 0.858$ mg überschritten wird. „High consumer“ von Cumarin nehmen pro Tag  $\geq 0.14$ mg/kg KG an Cumarin auf. In Prozent ausgedrückt würde dies einer Aufnahme von  $\geq 141\%$  der täglich tolerierbaren Dosis entsprechen. Diese Ergebnisse zeigen, dass „high consumer“ der untersuchten Personengruppe der 3-6jährigen Kinder mittels zimthaltiger Speisen im Durchschnitt den von der EFSA für ihr Gewicht geltenden TDI deutlich überschreiten. Im Vergleich dazu liegt der, aus den publizierten Daten im Expertengutachten aus dem Jahr 2000 errechnete, Verzehr an Cumarin für die 95. Perzentile, beim Gesamtkollektiv der 7-9jährigen Kinder, unter Annahme eines Cumaringehaltes von 2000mg/kg Zimt bei 0.45mg/d bzw. unter Verwendung des von der AGES publizierten durchschnittlichen Cumaringehaltes von 2900mg/kg Zimt bei 0.65mg/d [ELMADFA und WASSERBACHER, 2000]. Dies entspricht in etwa dem TDI von Cumarin bei 5 bzw. 7kg Körpergewicht. Auch bei nicht bekannten Daten zum Körpergewicht der 7-9jährigen Kinder kann davon ausgegangen werden, dass keine Person des Studienkollektivs weniger wiegt und somit einen individuellen TDI von weniger als 0.5mg bzw. 0.7mg/kg KG hätte. Die im Jahr 2000 ermittelten

Aufnahmemengen an Cumarin liegen demnach beim Gesamtkollektiv der 7-9jährigen sowohl im Durchschnitt als auch bezogen auf „high consumer“ im unbedenklichen Bereich. Es ist jedoch durchaus denkbar, dass durch die Anwendung des Faktors von 0.6, für den durchschnittlichen Zimtgehalt (in Gramm pro 100g Speisen), die Zimtaufnahme und daraus resultierend die Cumarinaufnahme im Expertengutachten unterschätzt wurde. Verglichen mit den ermittelten TAMDI-Werten von Lake (1.235mg/d) und der EFSA (1.5mg/d) liegt die tägliche Aufnahme an Cumarin der 7-9jährigen „high consumer“ zwar unter diesen Werten, die „high consumer“ der 3-6jährigen nahmen jedoch mit 2.93mg/d deutlich mehr auf. Da diese TAMDI für Erwachsene geschätzt wurden und bei der Berechnung auch die Cumarinaufnahme aus Getränken (auch alkoholischen), Kaugummi und Karamellsüßwaren berücksichtigt wurde, kann die ermittelte Aufnahme der „high consumer“ der 3-6jährigen Kinder aus Lebensmitteln hoch eingeschätzt werden.

Im Gesamtkollektiv dieser Diplomarbeit wird am meisten Cumarin durch Cerealien aufgenommen. Cerealien haben im Vergleich zu den Süßspeisen eher das Potential täglich auf dem Speiseplan der Kinder zu stehen, da sie oft als Bestandteil des täglichen Frühstücks verzehrt werden. Zudem wird häufig eine spezielle Lieblingssorte bzw. Geschmacksrichtung bevorzugt, wodurch im Einzelfall bei Kindern mit Vorliebe für Cerealien mit Zimtgeschmack die Möglichkeit besteht, dass auf diese Weise Cumarin dem Organismus täglich zugeführt wird. Auch wenn durch die verzehrten Portionsgrößen der Cerealien der TDI der EFSA für Cumarin nicht überschritten wird, stellen sie bei täglichem Verzehr eine mögliche Grundbelastung dar (Mittelwert = 0.001mg/d; 95. Perzentile = 0.007mg/d). Dadurch könnte es bei zusätzlichem Verzehr von cumarinhaltigen Lebensmitteln schneller zum Überschreiten des TDI führen.

Das österreichische Bundesministerium für Gesundheit und Frauen (BMGF) hat in einem Monitoring 104 zimthältige Proben von LM auf ihren Cumaringehalt analysiert. Die aus diesen Ergebnissen sowie aus Verzehrdaten und aus Daten aus Eigenkontrollen Wirtschaft bereitgestellten Ergebnissen abgeleitete

Risikobewertung weist darauf hin, dass im Besonderen der regelmäßige bzw. tägliche Verzehr, wie er zum Beispiel von Cerealien zu erwarten ist, einer niedrigeren Höchstmengenbeschränkung bedarf, als dies für saisonal verzehrte Speisen der Fall ist. Die AGES schlägt einen Cumaringehalt von 25mg/kg verzehrfertiger Speise vor und empfiehlt für LM die regelmäßig verzehrt werden einen weitaus niedrigeren Grenzwert. Die Analyseergebnisse zeigten, dass zwar 90% der Proben den Grenzwert für Cumarin einhielten, jedoch waren die zu beanstandenden Proben vorwiegend zimthältige Frühstückscerealien für Kinder. Hier wird empfohlen die Portionsgrößenangaben der Produzenten einzuhalten [AGES, 2007].

Es existieren somit Unterschiede zwischen der Cumarinaufnahme des Gesamtkollektivs der 3-6jährigen und der 7-9jährigen Kinder. Dass die jüngeren Kinder eine größere Aufnahme an Cumarin als die älteren Kinder aufweisen, könnte einerseits methodische Ursachen haben. Das heißt, dass die Möglichkeit besteht, dass durch den im Expertengutachten angewandten Faktor von 0.6 (Durchschnittszimtgehalt in g/100 g LM) die tatsächliche Zimtaufnahme und daraus resultierend auch die Cumarinaufnahme unterschätzt wurden. Andererseits ist es auch möglich, dass die 7-9jährigen tatsächlich, aufgrund ihres im Vergleich zu den 3-6jährigen unterschiedlichen Verzehrverhaltens, weniger Cumarin zu sich nehmen. Die Liste der verzehrten Speisen ist zwischen den beiden Altersgruppen verschieden und die Durchschnittszimtgehalte unterscheiden sich stark. Für die verzehrten Speisen der 7-9jährigen wurde ein durchschnittlicher Zimtgehalt von 0.6g/100g LM ermittelt. Im Vergleich dazu ist der haben die von den 3-6jährigen Kindern verzehrten Lebensmittel einen Durchschnittszimtgehalt von 1.4g/100g LM ermittelt.

### 4.5.5.2 User

**TABELLE 42 Zusammenfassung von Studienergebnissen - User**

	mg Cumarin/kg Zimt	$\bar{X}$ in mg/d	$\bar{X}$ in mg/kg KG	95. Perzentile	95./97.5.* P. in mg/kg KG
3-6jährige <sup>1</sup>	2900	1.10	0.05	3.15	0.15
7-9jährige <sup>2</sup>	2000	0.28	-	0.86	-
	2900	0.41	-	1.25	-
2-5jährige <sup>3</sup>	3000	-	-	-	0.66*

- **keine Angaben**

**1 Ergebnisse dieser Diplomarbeit**

**2 [ELMADFA und WASSERBACHER, 2000]**

**3 [BFR, 2006]**

Vergleicht man die Daten der Aufnahmen von Cumarin der User dieser Diplomarbeit mit dem, für dieses Studienkollektiv auf Basis von durchschnittlichen 20.72kg Körpergewicht errechneten TDI-Grenzwert von 2.072mg Cumarin pro Tag, so lässt sich erkennen, dass dieser im Mittel (Wert: 1.10mg/d) nicht überschritten wurde (vgl. Tabelle 42). Die User der 7-9jährigen Kinder nehmen laut Expertengutachten durchschnittlich 0.28mg Cumarin/d (auf Basis von 2000mg Cumarin/kg Zimt) auf [ELMADFA und WASSERBACHER, 2000]. Um diese Ergebnisse besser vergleichen zu können wurde die durchschnittliche Aufnahme der 7-9jährigen auch mit einem angenommenen Cumarinegehalt von 2900mg/kg Zimt mit 0.41mg/d berechnet. Im Expertengutachten wurden keine Angaben zur Aufnahme pro kg Körpergewicht gemacht. Da oben angeführte Cumarinaufnahmen einem TDI bei einem Körpergewicht von 3kg bzw. 4kg KG entsprechen würden [EFSA, 2004] und hier wieder davon ausgegangen werden kann, dass kein 7-9jähriges Kind weniger als 4kg Körpergewicht wiegt, sind diese Aufnahmemengen als unbedenklich einzustufen. Vergleicht man die durchschnittlichen täglichen Aufnahmen an Cumarin der Kinder (siehe Tabelle 42) mit den errechneten

TAMDI-Werten der EFSA (1.5mg/d) und von Lake (1.235mg/d), lässt sich erkennen, dass die 3-6jährigen Kinder durch ihre durchschnittliche tägliche Cumarinaufnahme aus Lebensmitteln von 1.10mg den TAMDI-Wert von LAKE fast erreichen. Dies ist im Hinblick auf die Beinhaltung von Cumarin aus Lebensmitteln, Getränken (auch alkoholische), Karamellsüßwaren und Kaugummi in den TAMDI-Werten und da diese Werte für Erwachsene berechnet wurden als hohe Aufnahme einzustufen. Die Aufnahme von 1.10mg/d würde für die 3-6jährigen, einer durchschnittlichen Aufnahme von 0.05mg/kg KG/d entsprechen. Aus oben angeführten Ergebnissen kann geschlossen werden, dass die Cumarinaufnahme der 7-9jährigen unbedenklich ist. Es ist jedoch möglich, dass die Zimtaufnahme durch die Anwendung des Faktors von 0.6 (durchschnittlicher Gehalt von 0.6g Zimt/100g LM) im Expertengutachten unterschätzt wurde und es wurden von den 7-9jährigen weitgehend andere Lebensmittel mit niedrigerem Zimtgehalt/100g verzehrt als von den 3-6jährigen. Ein methodischer Unterschied zwischen diesen beiden Untersuchungen ist weiters die Verwendung eines Cumaringehalts von 2000mg/kg Zimt, wobei im Vergleich dazu bei den 3-6jährigen mit 2900mg/kg Zimt gerechnet wurde. Dies wurde aber in dieser Arbeit durch Umrechnung der Ergebnisse des Expertengutachtens auf einen Cumaringehalt von 2900mg/kg Zimt berücksichtigt.

Die Ergebnisse dieser Diplomarbeit zeigen, dass die 95. Perzentile bei den Usern bei 3.15mg/d liegt und somit den errechneten TDI für 3-6jährige Vorschulkinder von 2.072mg/d um 1.078mg/d überschreitet. Pro kg Körpergewicht bedeutet das, dass die „high consumer“ den von der EFSA festgelegten TDI von 0.1mg/kg KG mit ermittelten Aufnahmen von  $\geq 0.15$ mg/kg KG/d merklich überschreiten. In Prozent ausgedrückt beträgt die durchschnittliche Aufnahme der „high consumer“  $\geq 152\%$  der täglich tolerierbaren Dosis an Cumarin. Diese Ergebnisse zeigen, dass „high consumer“ von zimthältigen Speisen, bezogen auf das Gesamtkollektiv oder die User, den von der EFSA für ihr Gewicht geltenden TDI deutlich überschreiten. Die 95. Perzentile der Cumarinaufnahme der 7-9jährigen Kinder aus dem

Expertengutachten liegt, wenn man von einem durchschnittlichen Cumaringehalt von 2900mg/kg Zimt ausgeht, im Vergleich dazu bei 1.25mg/d. Dies entspricht in etwa dem TDI von Cumarin bei einem Körpergewicht von 12.5kg. Es kann wiederum trotz nicht bekannter Daten zum Körpergewicht der 7-9jährigen davon ausgegangen werden, dass keines dieser Kinder weniger als 12.5kg wiegt. Das BfR veröffentlichte in ihrer Gesundheitlichen Bewertung von Cumarin in Zimt im Jahr 2006 einen Wert für die 97.5te Perzentile der bei 0.66mg Cumarin/kg KG/d liegt. Diese Bewertung wurde als Worst-case Untersuchung an 475 2-5jährigen Kindern durchgeführt, wobei sich während der zwei Mal 3 Erhebungstage 140 Kinder als User von zimthältigen LM herausstellten. Diese Aufnahme wurde auf der Basis von 3000mg Cumarin/kg Zimt errechnet. Aufgrund der Annahme des BfR, dass an maximal 2 Tagen pro Woche derart hohe Spitzenexpositionen erreicht werden, wird von einer wöchentlichen Cumarinexposition von 1.32mg ausgegangen. Dies würde 0.19mg/kg KG/d entsprechen [BfR, 2006].

Verglichen mit den TAMDI Werten der EFSA (1.5mg/d) und von LAKE (1.235mg/d) wird durch den Verzehr von cumarinhaltigen Lebensmitteln von den 3-6jährigen mehr Cumarin pro Tag verzehrt als für Erwachsene als theoretische tägliche Aufnahme berechnet wurde. Die Cumarinaufnahme der 7-9jährigen Kinder liegt über dem TAMDI von LAKE und unter dem der EFSA, wobei es sein kann, dass die tatsächliche Cumarinaufnahme durch die Anwendung des Faktors von 0.6 für den durchschnittlichen Zimtgehalt der LM unterschätzt wurde. Die methodischen Unterschiede bezüglich der Verwendung eines anderen Cumaringehalts von 2000mg/kg Zimt im Expertengutachten wurden hier von vornherein durch die Berechnung der 95. Perzentile mit einem durchschnittlichen Cumaringehalt von 2900mg/kg Zimt, wie er für die Auswertung der 3-6jährigen Kinder verwendet wurde, vermieden. Nach wie vor steht die Vermutung, dass die geringere Zimt- bzw. Cumarinaufnahme der 7-9jährigen durch die von Ihnen im Vergleich zu den 3-6jährigen anderen verzehrten LM bedingt sein kann. Für die 2-5jährigen Kinder des

Studienkollektivs des BFR konnte aufgrund fehlender Daten zum Körpergewicht, kein Vergleich mit den TAMDI-Werten erfolgen.

Die Auswertung der aufgenommenen Mengen an Cumarin der User in dieser Diplomarbeit zeigt wie schon zuvor bei der Zimtaufnahme, dass User durch Kärntner Reindling sehr große Mengen an Cumarin aufnehmen können. Für unser Studienkollektiv errechnet sich, bei der verzehrten Portionsgröße von 72g Kärntner Reindling pro Tag, eine Belastung von 0.38mg Cumarin/kg KG/d. Das heißt schon durch den alleinigen Konsum dieser Speise würde es zu einer massiven Überschreitung des errechneten TDI für 3-6jährige Kinder kommen. Die Ergebnisse zeigen auch große Aufnahmen an Cumarin aus Linzer Bäckerei, die umgerechnet eine Belastung von 0.07mg/kg KG/d für unser Studienkollektiv entspricht, und für Apfelkuchen, dessen Konsum eine Belastung von 0.06mg/kg KG/d darstellt. Von Cerealien werden pro kg Körpergewicht im Mittel 0.05mg Cumarin verzehrt. Daraus lässt sich wie schon zuvor bei der Diskussion der Zimtaufnahme schlussfolgern, dass die Aufnahme durch Cerealien eine Art Grundbelastung an Cumarin darstellen kann. Da Kinder gerne Cerealien zum Frühstück, etc. essen und oft eine Lieblingssorte bzw. –geschmacksrichtung haben, die bevorzugt verzehrt wird. Dadurch könnte es bei zusätzlichem Verzehr von zimthältigen oder cumarinhaltigen Lebensmitteln schneller zum Überschreiten des TDI von Cumarin führen (weitere Interpretation der Aufnahme von Cumarin aus Cerealien siehe Kapitel 4.5.5.1.).

Der Kärntner Reindling ist ein typisches Beispiel für ein saisonales Gebäck, dass jedoch durchaus nicht nur zu Ostern, sondern auch während des restlichen Jahres gegessen wird. An diesem Beispiel wird jedoch das Potential von speziellen zimthaltigen Speisen, wie sie beispielsweise in der Vorweihnachtszeit traditionell gebacken werden, deutlich. Durch derlei Speisen könnte es vorübergehend, vielleicht sogar über Wochen, täglich zu einer deutlichen Überschreitung des TDI von Cumarin kommen. Es wäre also für eine exaktere Ermittlung der Cumarinbelastung von 3-6jährigen Kindern wichtig,

Ernährungserhebungen mehrmals jährlich durchzuführen. So könnten auch saisonale Belastungsspitzen durch Cumarin besser identifiziert werden.

„High consumer“ in der Gruppe der User von zimthältigen Lebensmitteln nehmen 71.95g/d auf. In Anbetracht der wenigen Lebensmittel die in dieser Expositionsabschätzung ausgewertet wurden, ist zu berücksichtigen, dass mit großer Wahrscheinlichkeit auch noch Süßspeisen ohne Zimt verzehrt werden. Die Auswertung der Protokolle der 3-6jährigen Kinder im Jahr 2001 zeigte, dass im Durchschnitt 106g Süßspeisen/Mehlspeisen pro Tag verzehrt wurden [ELMADFA et al., 2003]. Das heißt, das „high consumer“ in der Gruppe der User die Optimix-Empfehlungen für zuckerreiche als auch zucker- und fettreiche Lebensmittel (siehe Tabelle...) nicht einhalten. Es wäre also nicht nur in punkto Cumarinaufnahme, sondern auch ernährungswissenschaftlich wünschenswert den Konsum von Süßspeisen auf die vom Forschungsinstitut für Kinderernährung in Dortmund publizierten Mengen der Optimierten Mischkost (Optimix) zu reduzieren, da durch Lebensmittel die zuviel verzehrt werden andere vom Speiseplan gedrängt werden können. Dies kann zu einer unausgewogenen Energie- bzw. Nährstoffzufuhr führen und die Entwicklung des Kindes negativ beeinflussen [KERSTING et al., 2003].

Zimt und Produkte aus Zimt sind in Österreich als die Hauptquelle für Cumarin anzusehen. Um die orale Exposition mit größerer Genauigkeit und Sicherheit abschätzen zu können, würden Analysewerte der Konzentrationen von Cumarin in Zimt und Lebensmitteln benötigt werden. Des Weiteren fehlen Daten über den Umfang des Einsatzes und die Art des verwendeten Zimts aus der Lebensmittelindustrie. Durch die unterschiedlichen Cumarinkonzentrationen in Zimt ist eine Expositionsabschätzung mit großen Unsicherheiten behaftet [BFR, 2006]. Es soll hier noch einmal darauf hingewiesen werden, dass die dieser Untersuchung zugrunde liegenden Daten nicht zum Zweck der Expositionsabschätzung von Cumarin erhoben wurden und dementsprechend die Ergebnisse durch nicht protokollierte Zimtmengen in ihrer Gültigkeit limitiert sein können.

## 5 Schlussbetrachtung

Als Grundlage für die Risikobewertung der Cumarinaufnahme aus zimthältigen Lebensmitteln von 3-6jährigen Vorschulkindern in Österreich wurde der von der EFSA festgelegte TDI von 0.1mg/kg KG/d [EFSA, 2004] als auch ein durchschnittlicher Cumarinegehalt von 2900mg/kg für Zimt herangezogen [AGES, 2007].

Im Rahmen einer worst-case-Untersuchung konnte für die Gruppe der User (Personen, die an mindestens einem der 3 Erhebungstage zimthältige Lebensmittel verzehrten) eine durchschnittliche Cumarinaufnahme der „High consumer“ ( $\geq 95$ . Perzentile) von 0.15mg/kg KG/d festgestellt werden. Für das Gesamtkollektiv konnte eine durchschnittliche Aufnahme von 0.14mg/kg KG/d für „High consumer“ ( $\geq 95$ . Perzentile) ermittelt werden. Die Ergebnisse dieser „worst-case“-Untersuchung deuten darauf hin, dass Liebhaber von zimthältigen Speisen unabhängig von ihrem Geschlecht und ihrer regionalen Herkunft den von der EFSA festgelegten TDI für Cumarin möglicherweise durch ihre Aufnahme an zimthältigen Lebensmitteln überschreiten. Die Annahme, dass jeder Mensch zumindest einmal im Leben ein zimthältiges Lebensmittel verzehrt, spricht gegen die isolierte Anwendung des User-Konzepts. Durch die Berechnung der Cumarinzufuhr des Gesamtkollektivs kann die durchschnittliche, personengruppenspezifische Exposition der Gesamtbevölkerung an 3-6jährigen Vorschulkindern abgeschätzt werden.

Es ist jedoch festzuhalten, dass diese Ergebnisse die tatsächliche Cumarinaufnahme der Kinder nur näherungsweise wiedergeben. Die zugrunde liegenden Wiegeprotokolle liefern zwar sehr genaue Lebensmittelmengen, da diese Daten jedoch nicht zum Zweck der Ermittlung der Zimt- bzw. Cumarinmengen erhoben wurden, besteht die Möglichkeit, dass beim Protokollieren der verzehrten Speisen von den Aufsichtspersonen der Kinder Gewürze wie Zimt weggelassen wurden. Zudem konnte durch die 3 Erhebungstage die enorme tägliche Variabilität im Lebensmittelverzehr nicht

berücksichtigt werden. Weitere limitierende Faktoren der Ergebnisse stellen der Cumaringehalt in Zimt, der sortenabhängig ist und zudem natürlichen Schwankungen unterliegt, und die im Haushalt für die jeweiligen Speisen eingesetzten Zimtmengen, die durch den individuellen Geschmack der Köchin bzw. des Kochs bestimmt sind, dar.

Da die Erhebung der dieser Diplomarbeit zugrunde liegenden Daten im Zeitraum von Februar bis Juni 2001 erfolgte, ist anzunehmen, dass saisonale Belastungsspitzen wie sie beispielsweise in der Vorweihnachtszeit auftreten, unerkannt blieben. Zur exakteren Risikobewertung bzw. Expositionsabschätzung wären folglich weitere Untersuchungen, die den gesamten Jahreszyklus inkludieren, erstrebenswert. In diesem Kontext ist die Bedeutung diverser saisonaler Speisen in Bezug auf die Cumarinaufnahme zu erwähnen. Die Ergebnisse dieser Diplomarbeit konnten zeigen, dass der Verzehr von Speisen wie dem Kärntner Reindling sehr große Mengen an Cumarin liefern kann. Eine 72g Portion dieses Gebäcks, wie sie von den Kindern protokolliert vorlag, würde für dieses Studienkollektiv ein Überschreiten des TDI der EFSA um fast das 4fache bedeuten. Es ist zwar durchaus realistisch, dass ein 3-6-jähriges Kind weitaus größere Mengen solcher Speisen pro Tag bzw. auch über längere Zeiträume verzehren kann, jedoch stellt die Überschreitung des TDI über kurze Zeiträume noch kein gesundheitliches Risiko dar.

Eine große Bedeutung kommt im Zuge dieser „worst-case“-Untersuchung auch den Cerealien zu. Unter der Annahme, dass nur zimthältige Cerealien verzehrt wurden, würde dies für Liebhaber solcher Produkte bedeuten, dass sie durch den täglichen Verzehr eine Grundbelastung an Cumarin in ihrem Körper herbeiführen, wodurch der darüber hinausgehende weitere Verzehr cumarinhaltiger Lebensmittel ein schnelleres Erreichen bzw. Überschreiten des TDI zur Folge haben könnte.

## 6 Zusammenfassung

Trotz Widerlegung eines genotoxischen Wirkmechanismus von Cumarin können hepatotoxische Effekte beim Menschen durch die orale Aufnahme von Cumarin nicht vollständig ausgeschlossen werden. Das Ziel dieser Arbeit ist, festzustellen, ob 3-6jährige Kinder durch ihr gewohntes Ernährungsverhalten den von der EFSA festgelegten Tolerable Daily Intake (TDI) für Cumarin von 0.1mg/kg KG/d überschreiten, da sie aufgrund ihres geringen Körpergewichts und ihrer im Verhältnis dazu großen Nahrungsaufnahme leicht hohe Konzentrationen von Cumarin im Körper erreichen und somit als besondere Risikogruppe gelten.

In dieser „worst-case“-Untersuchung wurde an 151 3-6jährigen österreichischen Vorschulkindern mittels einer Sekundärauswertung von Ernährungsprotokollen (3-Tage-Wiegeprotokolle) die aufgenommene Menge an Zimt, dem in der österreichischen Ernährung bedeutendsten cumarinhaltigen Lebensmittel, und an Cumarin errechnet. Für die Gruppe der User (Personen, die an mindestens einem der 3 Erhebungstage zimthaltige Lebensmittel verzehrten) konnte eine durchschnittliche Cumarinaufnahme der „High consumer“ (≥95. Perzentile) festgestellt werden, die mit 0.15mg/kg KG/d über dem festgelegten TDI der EFSA liegt. Für das Gesamtkollektiv konnte eine durchschnittliche Aufnahme von 0.14mg/kg KG/d für „High consumer“ (≥95. Perzentile) ermittelt werden. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung lassen vermuten, dass der TDI bei hohem Verzehr von zimthaltigen Speisen von 3-6jährigen Kindern überschritten werden könnte.

Diese „worst-case“-Ergebnisse geben die tatsächlichen Cumarinaufnahme der 3-6jährigen Kinder nur näherungsweise wieder. Sortenabhängige Cumarinkonzentrationen in Zimt, Belastungsspitzen während des Jahresverlaufs und individueller Zimteinsatz in der Küche können die Cumarinaufnahme beeinflussen.

## 7 Summary

Although coumarin is not genotoxic in vivo there is still evidence for hepatotoxic effects of coumarin after oral administration in humans. The purpose of this diploma thesis is to evaluate if 3 to 6 year old children in Austria exceed the effective Tolerable Daily Intake (TDI) of 0.1mg/kg bw/d (published by the EFSA) with their usual eating habits. Young children are due to their low body weight and their high food intake at risk to reach high concentrations of coumarin in the body for which reason they are considered as a risk group.

In this worst-case examination the dietary exposure to coumarin from cinnamon of 151 3 to 6 year old children in Austria using weighed food records (3 days) and recipe calculations was determined. High consumers ( $\geq 95$ . percentile) in the group of users (subjects who ate cinnamon products at least once during the 3 days of investigation) exceed the TDI with an average intake of coumarin of 0.15mg/kg bw/d. In the group of the total sample the mean coumarin intake of the high consumers was 0.14mg/kg bw/d. This data suggests that the TDI of coumarin might be exceeded by dietary intake of coumarin of high consumers.

Due to the fact that the evaluated data was not collected for this purpose and in addition some points, such as the biological variation of the coumarin content in the different cinnamon species, possible periods with high consumption of cinnamon products within the year as well as the individually varying use of cinnamon in the household still remain unconsidered in this work, these findings show only the approximately coumarin intake of the 3 to 6 year old children in Austria.

## 8 Literatur

AGES. Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit. FAQ zu Zimt und Cumarin. Stand: 20. Februar 2007. Internet: <http://www.ages.at/index.php?id=1821&type=123> (Zugriff: 9. August 2008)

ADAM C, BEYREDER A, CASPAREK-TÜRKKAN E, CHRISTL-LICOSA M, COLE T, CRAMM D, DAIBER C, DONHAUSER R, FRÜCHTEL I, HESS R, HANDSCHANN J, IMHOFF S, ILIES A, KALTENBACH M, KÖHLER B, KUMAR B, KUMAR M, KURZ M, RENZ J, RUSCHITZKA G, SCHIANSKY B, SCHINHARL C, SCHLEGL B, SCHMUCK M, STUBER B, STROMER R, WOLTER A, ZINGERLING C. Unser Backbuch Nr. 1. Das Backbuch für junge Leute. 1. Auflage. Gräfe & Unzer, München, 1998; 360 S.

BAKOS E. Mehlspeisen aus Österreich. Ueberreuter, Wien u.a., 1975; 127 S.

BARTH C. Verzehrsgewohnheiten von Vorschulkindern im Alter von 3 bis 6 Jahren in Oberösterreich und Wien. 2001; 113, 132 S.

BENESCH T. Anschauliche und verständliche Datenbeschreibung  
Methoden der deskriptiven Statistik. 3. Auflage. NWV - Neuer Wiss. Verl., Wien ; Graz, 2006; 195 S.

BERGSTRÖM L. Nutrient Losses and Gains in the Preparation of Foods. Report No. 32. National Food Administration, Uppsala, 1994.

BFR. Bundesinstitut für Risikobewertung. Verbraucher, die viel Zimt verzehren., sind derzeit zu hoch mit Cumarin belastet. Gesundheitliche Bewertung des BfR Nr. 043/2006. Stand: 16. Juni 2006. Internet: [http://www.bfr.bund.de/cm/208/verbraucher\\_die\\_viel\\_zimt\\_verzehren\\_sind\\_derzeit\\_zu\\_hoch\\_mit\\_cumarin\\_belastet.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/208/verbraucher_die_viel_zimt_verzehren_sind_derzeit_zu_hoch_mit_cumarin_belastet.pdf) (Zugriff: 4. August 2008)

- BOGNAR A. Tables of weight yield of food and retention factors of food constituents for the calculation of nutrition composition of cooked foods (dishes). Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel (BFEL), Karlsruhe, 2002; 98 S.
- BORN S L, API A M, FORD R A, LEFEVER F R, HAWKINS D R. Comparative metabolism and kinetics of coumarin in mice and rats. *Food Chem Toxicol* 2003; 41(2): 247-258.
- BORN S L, CAUDILL D, SMITH B J, LEHMAN-MCKEEMAN L D. In vitro kinetics of coumarin 3,4-epoxidation: application to species differences in toxicity and carcinogenicity. *Toxicol Sci* 2000a; 58(1): 23-31.
- BORN S L, HU J K, LEHMAN-MCKEEMAN L D. o-hydroxyphenylacetaldehyde is a hepatotoxic metabolite of coumarin. *Drug Metab Dispos* 2000b; 28(2): 218-223.
- BORN S L, RODRIGUEZ P A, EDDY C L, LEHMAN-MCKEEMAN L D. Synthesis and reactivity of coumarin 3,4-epoxide. *Drug Metab Dispos* 1997; 25(11): 1318-1324.
- COHEN D M, BHATTACHARYYA I. Cinnamon-induced oral erythema multiformelike sensitivity reaction. *J Am Dent Assoc* 2000; 131(7): 929-934.
- COHEN J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. 2. Auflage. Erlbaum, Hillsdale, NJ u.a., 1988; XXI, 567 S.
- CSILLAG C. *Verzehrsgewohnheiten von 4 - 6jährigen Vorschulkindern im Raum Tirol und Vorarlberg*. 2002; XIII, 128, 115 S.
- DICKHAUT S, KEMPE C. *Backen! Das Gelbe von GU*. 4. Auflage. Gräfe & Unzer, 2008; 432 S.

EFSA. Opinion of the Scientific Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Materials in Contacts with Food (AFC) on a request from the Commission related to Coumarin; Adopted on 6 October 2004. The EFSA Journal 2004; 104 (1-36). Im Anhang sind die vorherigen Stellungnahmen des Scientific Committee on Food (SCF) von 1994 und 1999 enthalten. Internet: [http://www.efsa.europa.eu/cs/BlobServer/Scientific\\_Opinion/afc\\_opinion26\\_ej104\\_coumarin\\_en1,2.pdf?ssbinary=true](http://www.efsa.europa.eu/cs/BlobServer/Scientific_Opinion/afc_opinion26_ej104_coumarin_en1,2.pdf?ssbinary=true) (Zugriff: 8. August 2008)

ELMADFA I. Österreichischer Ernährungsbericht 2003. Universität Wien, Wien, 2003.

ELMADFA I, LEITZMANN C. Ernährung des Menschen. 4. Auflage. Ulmer, Stuttgart, 2004; 660 S.

ELMADFA I, WASSERBACHER B. Expertengutachten zum Forschungs-Projekt der Risikobeurteilung: "Aufnahme von Gewürzen durch traditionelle Speisen in Österreich" Am Beispiel Zimt". Institut für Ernährungswissenschaften, Wien, 2000; 28 S.

FELTER S P, VASSALLO J D, CARLTON B D, DASTON G P. A safety assessment of coumarin taking into account species-specificity of toxicokinetics. Food Chem Toxicol 2006; 44(4): 462-475.

GIBSON R S. Principles of nutritional assessment. Oxford Univ. Press, New York u.a., 1990; XVI, 691 S.

HADIDI H, IRSHAD Y, VAGBO C B, BRUNSVIK A, CHOLERTON S, ZAHLSEN K, IDLE J R. Variability of coumarin 7- and 3-hydroxylation in a Jordanian population is suggestive of a functional polymorphism in cytochrome P450 CYP2A6. Eur J Clin Pharmacol 1998; 54(5): 437-441.

HÄNSEL R, STICHER O. Pharmakognosie - Phytopharmazie. 8. Auflage. Heidelberg, 2007.

HO C-T, LEE C Y, HUANG M-T. Phenolic Compounds in Food and Their Effects on Health I. Analysis, occurrence, and chemistry. Washington DC, 1992; XIV, 338 S.

HORNBERG U. Österreichs Küche die klassischen Rezepte. Dt. Bücherbund, Stuttgart u.a., 1987; 519 S.

ISNARDY B. Coumarin in zimthaltigen Lebensmitteln. Ernährung aktuell 2007; 2: 6-7.

KERSTING M, ROTHMANN N, ALEXU U. Fakten zur Kinderernährung. Hans Marseille Verlag GmbH, München, 2003.

KIENHUIS A S, WORTELBOER H M, HOFACK J C, MOONEN E J, KLEINJANS J C, VAN OMMEN B, VAN DELFT J H, STIERUM R H. Comparison of coumarin-induced toxicity between sandwich-cultured primary rat hepatocytes and rats in vivo: a toxicogenomics approach. Drug Metab Dispos 2006; 34(12): 2083-2090.

LAKE B G. Coumarin metabolism, toxicity and carcinogenicity: relevance for human risk assessment. Food Chem Toxicol 1999; 37(4): 423-453.

LOPEZ P, SANCHEZ C, BATLLE R, NERIN C. Vapor-phase activities of cinnamon, thyme, and oregano essential oils and key constituents against foodborne microorganisms. J Agric Food Chem 2007; 55(11): 4348-4356.

LOVERA J R. Food culture in South America. 1. Auflage. Greenwood, Westport, Conn. u.a., 2005; XX, 184 S.

O'KENNEDY R, THORNES R D. Coumarins, biology, applications and mode of action. Wiley, Chichester u.a., 1997; VIII, 348 S.

PERCO A. Ermittlung des Cumaringehaltes in Lebensmitteln. Republik Österreich Bundesministerium für Soziale Sicherheit u. Generationen Sektion IX, Wien, 2002; 28 S.

PINTERITS M. Verzehrsgewohnheiten von Vorschulkindern im Burgenland und in der Steiermark. 2003; IX, 109, 120 S.

REINIVUO H, LAITINEN K, HARTMANN B, PORUBSKA J, REYKDAL Ó, WESTENBRINK S. Proposal for the harmonisation of recipe calculation procedures. WP2.2 Composite Foods. EUROPEAN FOOD INFORMATION RESOURCE NETWORK (EOROFIR), National Public Health Institute (KTL), Finland, 2007. Internet:

[www.eurofir.net/uploads/documents/Final\\_recipe\\_calc\\_harmonisation.pdf](http://www.eurofir.net/uploads/documents/Final_recipe_calc_harmonisation.pdf)

(Zugriff: 4. August 2008)

RIETJENS I M, MARTENA M J, BOERSMA M G, SPIEGELENERG W, ALINK G M. Molecular mechanisms of toxicity of important food-borne phytotoxins. Mol Nutr Food Res 2005; 49(2): 131-158.

SACHS L, HEDDERICH J, SK. Angewandte Statistik Methodensammlung mit R ; mit 180 Tabellen. 12., vollst. neu bearb. Aufl. Springer, Berlin u.a., 2006; XIX, 702 S.

SCHINDLER T. Küche des Orients, Arabien, Israel, Türkei. Falken-Verl., Niedernhausen/Ts., 1999; 64 S.

SEN C T. Food culture in India. 1. Auflage. Greenwood Press, Westport, Cn. u.a., 2004; 210 S.

SHAN B, CAI Y Z, BROOKS J D, CORKE H. Antibacterial properties and major bioactive components of cinnamon stick (*Cinnamomum burmannii*): activity against foodborne pathogenic bacteria. *J Agric Food Chem* 2007; 55(14): 5484-5490.

SINGH G, MAURYA S, DELAMPASONA M P, CATALAN C A. A comparison of chemical, antioxidant and antimicrobial studies of cinnamon leaf and bark volatile oils, oleoresins and their constituents. *Food Chem Toxicol* 2007; 45(9): 1650-1661.

STERLICH W, FUGMANN B, LANG-FUGMANN S. RÖMPP Lexikon - Naturstoffchemie. Thieme Verlag, New York, 1997.

TEUSCHER E. Gewürzdrogen, ein Handbuch der Gewürze, Gewürzkräuter, Gewürzmischungen und ihrer ätherischen Öle. Wiss. Verl.-Ges., Stuttgart, 2003; XI, 468 S.

UNION DEUTSCHE LEBENSMITTELWERKE (Herausgeber). "Mengenlehre für die Küche", Presse- und Informationsabteilung, 15. Auflage, 1997.

VASSALLO J D, HICKS S M, BORN S L, DASTON G P. Roles for epoxidation and detoxification of coumarin in determining species differences in clara cell toxicity. *Toxicol Sci* 2004a; 82(1): 26-33.

VASSALLO J D, HICKS S M, DASTON G P, LEHMAN-MCKEEMAN L D. Metabolic detoxification determines species differences in coumarin-induced hepatotoxicity. *Toxicol Sci* 2004b; 80(2): 249-257.

VASSALLO J D, MORRALL S W, FLITER K L, CURRY S M, DASTON G P, LEHMAN-MCKEEMAN L D. Liquid chromatographic determination of the glutathione conjugate and ring-opened metabolites formed from coumarin

epoxidation. J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci 2003; 794(2): 257-271.

[www.chefkoch.de](http://www.chefkoch.de). Törtchen Linzer Art. Nussige Plätzchen mit Marmelade. Stand: 4. Jänner 2007a, Internet:

<http://www.chefkoch.de/rezepte/661031167912657/Toertchen-Linzer-Art.html>

(Zugriff: 2. September 2008)

[www.chefkoch.de](http://www.chefkoch.de). Saftiger Mohnkuchen á la Stefan & David. Stand: 20. Jänner 2005a, Internet: [http://www.chefkoch.de/rezepte/280771106176607/Saftiger-](http://www.chefkoch.de/rezepte/280771106176607/Saftiger-Mohnkuchen-la-Stefan-David.html)

[Mohnkuchen-la-Stefan-David.html](http://www.chefkoch.de/rezepte/280771106176607/Saftiger-Mohnkuchen-la-Stefan-David.html) (Zugriff: 2. September 2008)

[www.chefkoch.de](http://www.chefkoch.de). Nusskuchen. Aus Tirol. Stand: 17. April 2007b, Internet:

<http://www.chefkoch.de/rezepte/742301176822320/Nusskuchen.html> (Zugriff: 2.

September 2008)

[www.chefkoch.de](http://www.chefkoch.de). Pflaumenmus. Backofenmethode. Stand: 27. April 2005b,

Internet: <http://www.chefkoch.de/rezepte/324361114537236/Pflaumenmus.html>

(Zugriff: 2. September 2008)

YOURICK J J, BRONAUGH R L. Percutaneous absorption and metabolism of Coumarin in human and rat skin. J Appl Toxicol 1997; 17(3): 153-158.

## 9 Anhang

Die im Anhang angeführten Rezepte sind, um unbeabsichtigte Veränderungen zu vermeiden, im originalen Wortlaut übernommen worden und als wörtliche Zitate zu verstehen.

### GEDECKTER APFELKUCHEN (APFELZELTEN)

28 dag Mehl	Mehl und Butter verbröseln, Gewürze, Eidotter und Obers dazugeben, alles rasch zu einem Mürbteig verarbeiten; ½ Stunde kühl rasten lassen. Äpfel schälen, raffeln, mit Rum, Zucker, Zimt und Rosinen mischen.
20 dag Butter	
1 Prise Salz	
Abgeriebene	
Schale von 1	Den Teig halbieren; jede Hälfte zu einer 2 bis 3mm starken Platte ausrollen. Eine der beiden Teigplatten auf ein Kuchenblech legen; die gewürzten Äpfel darauf verteilen; mit der zweiten Teigplatte bedecken. Den Kuchen mit verquirltem Ei bestreichen, mit geschälten, gestiftelten Mandeln bestreuen. Bei 180 Grad goldbraun backen. Noch warm in beliebig große Stücke schneiden [HORNBERG, 1987].
Zitrone	
1 Prise Zimt	
3 Eidotter	
5 EL Obers	
1 kg mürbe	
Äpfel	
1 EL Rum	
2-4 EL Rosinen	
1 Ei	
Ca. 3 EL	
Mandeln	
Yield Faktor: 0.83 [BOGNAR, 2002]	

### KÄRNTNER REINDLING

½ kg Mehl	Germ mit etwas Zucker und 3 EL Milch mischen, zugedeckt gehen lassen (= Dampf). Das Mehl mit dem Dampf und den übrigen Zutaten mischen, so viel Milch zugeben, dass ein weicher Germteig entsteht; sehr gut abschlagen; zugedeckt um das Doppelte gehen lassen. Den gegangenen Teig nochmals durchkneten, zu einem bleistifticken, schmalen Rechteck ausrollen; mit zerlassener Butter bestreichen, mit Zucker, Zimt und Rosinen (Menge nach Geschmack) bestreuen; zusammenrollen. Die Rolle schneckenförmig in eine dick mit Butterschmalz bestrichene Rein legen; ½ Stunde gehen lassen; bei 180 Grad goldbraun backen. In
2 dag Germ	
5 dag Zucker	
1 KL Salz	
10 dag Butter	
1 Ei	
1 Eidotter	
lauwarme Milch	
4 EL Butter	
4 EL Zucker	

2 EL Zimt	manchen Gegenden wird der Reinlingteig zusätzlich mit gestoßenem Anis gewürzt.
Rosinen	
3 EL Butterschmalz oder Butter	

Für besondere Gelegenheiten werden noch geriebene oder gehackte Nüsse zur Fülle gegeben [HORNBERG, 1987].

Yield Faktor: 0.88 [BERGSTRÖM, 1994]

### LEBKUCHEN (GROßMUTTERS LEBKUCHEN)

200g Zuckerrübensirup 50g Honig  100g Schweineschmalz 180g Zucker  500g Mehl (Type 405) 2 TL gemahlener Zimt ½ TL gemahlener Kardamom ½ TL gemahlene Gewürznelken 1 Msp. Salz  8g Pottasche  4-5 EL Milch  50g Zitronat im Stück 1 verquirltes Ei  200g gehäutete Mandeln	Zuckerrübensirup, Honig, Schweineschmalz und Zucker in einer Kasserolle bei schwacher Hitze erwärmen, einmal aufkochen und wieder abkühlen lassen. Das Mehl sieben, in die Mitte eine Mulde drücken. Gewürze, Salz und die Sirupmischung hineingeben und alles zu einem weichen Teig verkneten. Die Pottasche in der Milch auflösen und gut unterarbeiten. Den Teig zugedeckt 1-2 Std. ruhen lassen. Den Backofen auf 210° (Umluft 190°) vorheizen. Das Zitronat mit einem scharfen Messer in feine Scheiben schneiden. Den Teig zu einer 25 x 40 cm großen Platte schneiden. Die Teigstücke auf ein gefettetes Blech legen, mit erquirtem Eigelb bestreichen und mit Mandeln sowie mit Zitronatscheiben dekorieren. Im Ofen (Mitte) in etwa 8-12 Min. – unbedingt nach Sicht – braun backen [DICKHAUT und KEMPE, 2008].
--	--

Yield Faktor: 0.88 [BERGSTRÖM, 1994]

### LINZER TORTE

250 g Mehl 250 g gem. Mandeln 150 g Zucker 1 TL Zimtpulver ½ TL Nelkenpulver 1 Prise Salz 250 g kalte Butter 1 Ei abgeriebene Schale von ½ Zitrone	Mehl mit Mandeln, Zucker, Zimt, gem. Nelken und Salz mischen. Die Butter in Stückchen auf den Rand geben. Das Ei, Zitronenschale und Kirschwasser dazugeben und alles rasch zu einem glatten Teig verkneten. Den Teig zu einer Kugel formen und zugedeckt 1 Stunde kühl stellen. Den Backofen auf 200° vorheizen. Die Form mit Butter austreichen. Die Himbeermarmelade erwärmen und durch ein Sieb streichen. Den Teig auf einer bemehlten Arbeitsfläche nochmals durchkneten. Zwei Drittel des Teiges in Größe der Springform ausrollen. Den Teigboden in die Form legen und mit der Himbeermarmelade bestreichen. Den restlichen Teig nochmals halbieren. Die
--	--

4 EL Kirschwasser	eine Hälfte dünn ausrollen und 2cm breite Streifen ausradeln. Den Tortenboden damit rautenförmig belegen. Die zweite Teighälfte zu einer Rolle formen und einen Tortenrand daraus formen. Die orte im Ofen (Mitte, Umluft 180°, Gas Stufe 3) 30 Minuten backen [ADAM et al., 1998].
300g	
Himbeermarmelade	
Yield Faktor: 0.9 [BOGNAR, 2002]	

### LINZER GEBÄCK (TÖRTCHEN LINZER ART)

140 g Butter, weiche	Butter schaumig schlagen. Zucker und Eigelb dazugeben, dann nach und nach die Mandeln, das gesiebte Mehl und den Zimt dazugeben und alles zu einem glatten Teig verkneten.
140 g Zucker	
2 Eigelb	Eine halbe Stunde im Kühlschrank kalt stellen.
200 g Mandel(n), gemahlene	
100 g Mehl	Aus dem Teig 60 kleine Kugeln formen und auf ein gefettetes Blech oder Backpapier setzen. Mit dem Zeigefinger eine Vertiefung hineindrücken und Marmelade hineingeben. Bei 175° etwa 20 Minuten backen [www.chefkoch.de, 2007a].
3 TL Zimt	
100 g Marmelade (Himbeermarmelade)	
Yield Faktor: 0.72 [BOGNAR, 2002]	

### MOHNKUCHEN

200 g Butter	Butter, Puderzucker und Vanillezucker cremig schlagen. Nach und nach die 8 Eidotter und den Rum zur Butter geben und unterrühren. Eiweiß mit 160 g Zucker ganz steif schlagen. Mohnmischung, Haselnüsse und Zimt zur Buttermischung geben und einrühren, Eischnee unterheben. Die Teigmasse in eine gefettete Springform (26 cm) einfüllen. Im vorgeheizten Backofen ca. 30-45 Minuten backen. Der Mohnkuchen ist supersaftig und lässt sich auch problemlos über mehrere Tage aufbewahren [www.chefkoch.de, 2005a].
60g Puderzucker	
1 Pck. Vanillezucker	
8 Ei(er), getrennt	
30 ml Rum oder Amaretto	
160 g Zucker	
250 g Mohn - Back	
200 g Haselnüsse, gerieben	
1 TL Zimt	
Fett für die Form	
Yield Faktor: 0.86 [BOGNAR, 2002]	

### MOHNBEUGEL

21 g frische Hefe	Die Hefe zerbröckeln und mit zimmerwarmer Milch und 1 EL Zucker verrühren. Mehl und restlichen Zucker in einer Schüssel mischen. In die Mitte einen Mulde drücken und
100 ml Milch	
3 EL Zucker	

<p>250 g Mehl (Type 405)  1 Eigelb  100 g Butter  40 g fein gehacktes Zitronat  250 g Mohnback  2 EL Crème fraîche  ½ TL gem. Zimt  3 EL Rum (nach Belieben)  3 EL Paniermehl  1 Ei zum Bestreichen</p>	<p>das Eigelb hineingeben, die zimmerwarme Butter in Flöckchen schneiden und am Rand verteilen. Den Hefeansatz zum Mehl geben und alles zügig zu einem glatten Teig verkneten. In eine bemehlte Schüssel legen, 30 Minuten zugedeckt im Kühlschrank ruhen lassen. Das Zitronat mit der Mohnmasse, Crème fraîche, Zimt, Rum und Paniermehl vermengen. Den Backofen auf 180° (Umluft 160°) vorheizen. Das Backblech mit Backpapier auslegen. Den Teig auf einer bemehlten Arbeitsfläche gut durchkneten, dann in 10 Portionen teilen. Teigstücke zu Fladen von etwa 12 cm Länge ausrollen. Die Füllung portionsweise längs in die Mitte des Fladens geben und den Fladen von der Längsseite her zu einem Hörnchen aufrollen. Die Enden gut zusammendrücken. Die Beugel auf das Backblechlegen. Das Ei verquirlen und die Beugel damit bestreichen, etwa 15 Min. antrocknen lassen, dann noch einmal mit Ei bestreichen und weitere 15 Min. trocknen lassen. Die Beugel im Backofen (Mitte) in 25-30 Min. goldbraun backen [DICKHAUT und KEMPE, 2008].</p> <p>Yield Faktor: 0.86 [BOGNAR, 2002]</p>
---	--

<b>MOHNSTRUDEL</b>
--------------------

<p>250 g Weizen Mehl  25 g Hefe  125 g Vollmilch 3.6% F  80 g Butter  50 g Zucker  1 g Salz  20 g Hühnerei Eigelb frisch  57 g Hühnerei frisch  250 g Mohn  250 g Vollmilch 3.6% F  3 g Zimt  5 g Rum  50 g Butter  100 g Zucker  30 g Rosinen  10 g Butter</p>	<p>Mehl, Salz, eine Mischung aus lauwarmer Milch, Zucker, Ei, Dotter, Zitronenschale, Dampfl, zerlassener Butter zu einem festen Teig verarbeiten. Nach einstündigem Rasten an einem mäßig warmen Ort messerrückendick auswalken, mit Mohnfülle bestreichen, einrollen, auf ein befettetes Blech legen und nochmals gehen lassen. Mit Dotter bestreichen und backen.</p> <p>Mohnfülle: Geriebenen Mohn mit den restlichen Zutaten vermengen, unter ständigem Rühren erhitzen und danach abkühlen lassen [ÖLS-Rezept laut EWP 3.0].</p> <p>Yield Faktor: 0.86 [BOGNAR, 2002]</p>
---	---

NUSSKUCHEN
------------

200 g Butter 250 g Zucker 6 Ei(er), getrennt 1 TL Zimt ½ Zitrone(n), abgeriebene Schale 200 g Nüsse 125 g Mehl 1 TL Backpulver  200 g Schokolade, geriebene  Kuchenglasur (Schoko)	Das Eiweiß zu steifem Schnee schlagen. Die Butter schaumig schlagen und abwechselnd Zucker und Eigelb dazugeben. Dann die geriebene Zitronenschale und den Zimt dazugeben. Das Mehl erst mit dem Backpulver und dann mit den Nüssen vermischen und unterrühren. Eischnee und geriebene Schokolade unterheben. Eine Kastenform einfetten und die Masse hineingeben. Nach dem Abkühlen mit Schokoglasur überziehen. Backtemperatur: 170 °C bis 175 °C (Umluft); Backzeit: 60 bis 75 Minuten [www.chefkoch.de, 2007b].
Yield Faktor: 0.92 [BOGNAR, 2002]	

NUSSKRANZ (OMAS NUSSKRANZ)
----------------------------

20 g Hefe 1/8 l lauwarme Milch 50 g Zucker 1 Ei 1 Prise Salz 400 g Mehl 70 g weiche Butter 150g gem. Haselnüsse 50 g Rosinen 50 g Sultaninen 50 g Zucker 1 TL Vanillezucker 1 Ei 60 g Puderzucker 3 TL Zitronensaft 1 Messerspitze Zimt	Die Hefe mit der Milch und 1 TL Zucker verrühren und 15 Minuten gehen lassen. Restlichen Zucker, Ei und Salz mit der Hefemilch in einer Rührschüssel vermengen. Mehl darüber sieben, Butter dazugeben. Alles 10 Minuten mit den Händen oder in der Küchenmaschine mit dem Kneteinsatz auf niedrigster Stufe verkneten. Dann den Teig zugedeckt an einem warmen Ort 45 Minuten gehen lassen, bis sich sein Volumen verdoppelt hat. Inzwischen für die Füllung Nüsse, Rosinen, Sultaninen, Zucker, Vanillezucker und Ei mischen. Den Backofen auf 200° vorheizen. Die Form fetten. Den gegangenen Teig noch einmal kräftig kneten. Auf einer bemehlten Arbeitsfläche etwa 40x40 cm groß ausrollen, mit der Nussmasse bestreichen und zu einer Rolle formen. Den Teig in die Form legen, die Enden zusammendrücken; zugedeckt 15 Minuten gehen lassen. Den Nusskranz im Ofen (Mitte, Umluft 180°, Gas Stufe 3) etwa 30 Minuten backen. Mit einem Holzstäbchen die Garprobe machen. Den fertigen Kranz etwas abkühlen lassen, dann den Kranz auf ein Kuchengitter legen. Puderzucker mit Zitronensaft und Zimt verrühren. Den Kranz damit bepinseln [ADAM et al., 1998].
Yield Faktor: 0.86 [BOGNAR, 2002]	

## NUSSBEUGEL

2 dkg Germ	<p>Für den Teig wird die Germ in der Milch aufgelöst, Mehl, Salz, Zucker und Butter mit dem Mehl abgebrösel. Die Eidotter dazugeben und einen festen Teig kneten, der eine Stunde gehen muss. Auf einem bemehlten Brett dünn ausrollen und in rechteckige Stücke schneiden. Einen Teelöffel Fülle draufgeben, zusammenrollen und zu Kipferln formen. Mit dem zerquirten Ei bestreichen und 20 Minuten gehen lassen. Durch das Aufgehen des Teigs und das Eintrocknen des Eies entstehen die typischen Risse. Auf mittlerer Flamme backen. Für die Nussfülle wird die Milch mit dem Zucker aufgekocht und mit den Nüssen und den Semmelbröseln vermischt; die Butter dazurühren [BAKOS, 1975].</p>
ca. 1/16 l Milch	
30 dkg Mehl	
1 Prise Salz	
3 dkg	
Staubzucker	
12 dkg Butter	
3 Eidotter	
1 Ei zum	
Bestreichen	
1/8 l Milch	
10 dkg Zucker	
22 dkg ger.	
Nüsse	
3 dkg	
Semmelbrösel	
3 dkg Butter	
1 Messerspitze	
Zimt	
1 KL Rum	
Yield Faktor: 0.86 [BOGNAR, 2002]	

## NUSSSTRUDEL

500 g Weizen-Mehl Type <650	<p>Mehl, Salz, eine Mischung aus lauwarmer Milch, Zucker, Ei, Dotter, Zitronenschale, Dampfl, zerlassener Butter zu einem festen Teig verarbeiten. Nach einstündigem Rasten an einem mäßig warmen Ort messerrückendick auswalken, mit Nussfülle bestreichen, einrollen, auf ein befettetes Blech legen und nochmals gehen lassen. Mit Dotter bestreichen und backen.</p> <p>Nussfülle: Geriebene Nüsse mit Bröseln, Zucker, Zimt, Rosinen, Butter, Honig, Rum und Milch unter ständigem Rühren erhitzen und danach zugedeckt auskühlen lassen [ÖLS-Rezept laut EWP 3.0].</p>
25 g Hefe	
50 g Zucker weiß	
125 g Vollmilch	
3.6% F	
1 g Salz	
80 g Butter	
57 g Hühnerei	
frisch	
20 g Hühnerei	
Eigelb frisch	
2 g	
Zitronenschale	
250 g Walnuss	
frisch	
50 g	
Semmelbrösel	
50 g Zucker weiß	
2 g Zimt	

30 g Rosinen

30 g Butter

60 g Honig

15 g Rum

Yield Faktor: 0.86 [BOGNAR, 2002]

PFLAUMENMUS (BACKOFENMETHODE)
-------------------------------

3 kg Pflaumen,  
sehr reif

250 g Zucker

250 g Zucker,  
braun

1 TL Zimt

5 Nelke(n),  
zerrieben

Die Zwetschgen putzen, halbieren und entsteinen. Mit dem Zucker und den Gewürzen mischen, in einen Bräter oder eine andere backofengeeignete Form geben und 2-3 Stunden Saft ziehen lassen. Alternativ kann man die Mischung kurz im Topf durchkochen, um Zeit zu sparen. Dann bei 180 Grad im Backofen etwa 2 Stunden schön dick einkochen lassen. In der ersten halben bis dreiviertel Stunde einen Kochlöffel in die Backofentür klemmen, damit die Feuchtigkeit entweichen kann. Zum Schluss nach Belieben noch mal kurz mit dem Zauberstab pürieren und in heiß ausgespülte Twist-Off-Gläser füllen und verschließen. Auf den Kopf stellen und abkühlen lassen [www.chefkoch.de, 2005b].

Yield Faktor: 0.90 [BOGNAR, 2002]



# LEBENS LAUF

---

## **Persönliche Daten**

Name: Regina Franziska Stockinger  
Geboren am: 10. März 1983 in Gmunden/OÖ  
Staatsbürgerschaft: Österreich  
Wohnhaft in: Wien, Laakirchen  
e-mail: [r\\_stockinger@gmx.at](mailto:r_stockinger@gmx.at)

## **Ausbildung**

09/1989-07/1993 VS Steyrermühl  
09/1993-07/1997 HS Laakirchen Nord  
09/1997-07/2002 HLA für wirtschaftliche Berufe der Don-Bosco-Schwestern Vöcklabruck/OÖ  
10/2002 - 2008 Studium der Ernährungswissenschaften an der Universität Wien

## **Studienrelevante Praktika**

07/2003 Labor der S.Spitz GesmbH, Attnang-Puchheim, OÖ  
08/2005 Labor der Salinen Austria AG, Ebensee, OÖ  
02/2006 Labor der Salinen Austria AG, Ebensee, OÖ  
09/2006 Labor von Gmundner Milch, Gmunden, OÖ  
03-06/2007 HELENA-Studie an der Univ.-Klinik für Kinder- und Jugendheilkunde, AKH Wien  
06/2007 ÖSES-Kid-Studie am Institut für Ernährungswissenschaften, Universität Wien