



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Ausgewählte Rhizomgewürze
der Zingiberaceae: Botanik, Inhaltsstoffe
und Bedeutung in der Humanernährung“

Verfasserin

Susanne Lindenthal

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2012

Studienkennzahl lt. Studienblatt:

A 474

Studienrichtung lt. Studienblatt:

Diplomstudium Ernährungswissenschaften

Betreuerin / Betreuer:

Prof. Mag. Dr. Susanne TILL

Eidesstattliche Erklärung

Ich, Susanne Lindenthal, geboren am 19.06.1973 in Salzburg erkläre,

1. dass ich meine Diplomarbeit selbständig verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bedient habe,
2. dass ich meine Diplomarbeit bisher weder im In- noch im Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe,
3. dass ich, falls die Arbeit mein Unternehmen betrifft, meinen Arbeitgeber über Titel, Form und Inhalt der Diplomarbeit unterrichtet und sein Einverständnis eingeholt habe.

Wien, 09. Mai 2012

Susanne Lindenthal

Danksagung und Widmung

Mein Dank gilt den vielen Lektoren, die meine Studienzeit durch spannende und mitreißende Vorträge interessant gemacht und dadurch meine Entscheidung für dieses Studium bestärkt haben. Ganz besonders bedanken möchte ich mich bei Frau Prof. Mag. Dr. Susanne Till, die mich schon zu Beginn des Studiums inspiriert und in mir die Affinität zur Botanik geweckt hat. Sie hat mich immer mit offenen Armen empfangen und mich als Diplomarbeitbetreuerin mit wertvollen Anregungen und Verbesserungen fachlich und moralisch gefördert und geleitet.

Besonders bedanken möchte ich mich ...

... bei den vielen „Helferleins“, die mich mit Originalartikeln, Fotos und fachlicher Hilfestellung bei der Entstehung dieser Diplomarbeit unterstützt haben und ohne deren Hilfe diese Arbeit nicht in dem Ausmaß hätte zustande kommen können.

... bei Johann Kopetzky, der meine mitunter schwankenden Gemütsverfassungen besonders während des Schreibens der Diplomarbeit, aber auch während der gesamten Studiendauer standhaft ertragen und mir durch seinen Zuspruch immer wieder Ausdauer, Kraft und Mut gegeben hat.

... bei den vielen lieben Freunden und StudienkollegInnen, insbesondere Claudia Alfons, Barbara Berger, Simone Blassnigg, Andrea Graf, Susanne Mark, Sylvia Prandl und Birgit Zinöcker sowie den vielen anderen FreundInnen und KollegInnen, die mich während der gesamten Studienzeit begleitet haben.

Ein ganz besonderer Dank ergeht an meine Eltern, die mir mein Leben geschenkt und mich mit Selbstvertrauen, Mut und Kraft in die Welt geschickt haben. Danke für das mir entgegengebrachte Vertrauen und den Glauben an mich und mein Können.

Ich widme diese Arbeit meinen Kindern, Simon und Sophie, die ich über alles liebe und die trotz der räumlichen Distanz immer in meinem Herzen wohnen.

I Inhaltsverzeichnis

I	Inhaltsverzeichnis	I
II	Abbildungsverzeichnis	III
III	Tabellenverzeichnis	V
IV	Abkürzungsverzeichnis	VI
1	Einführung	1
1.1	Einleitung	1
1.2	Fragestellungen	2
2	Botanik der Zingiberaceae	3
2.1	Systematik und Verbreitung	3
2.1.1	Systematik	3
2.1.2	Verbreitung	6
2.2	Morphologische Charakteristika	7
2.3	Chemische Charakteristika	9
3	Wirtschaftlich bedeutende Gewürzpflanzen der Zingiberaceae	12
3.1	Ingwer – <i>Zingiber officinale</i> Rosc.	14
3.1.1	Vorkommen	14
3.1.2	Morphologie	14
3.1.3	Ernte und Verarbeitung	16
3.1.4	Inhaltsstoffe	19
3.1.4.1	Scharfstoffe	19
3.1.4.2	Ätherisches Öl	21
3.1.4.3	Sonstige Inhaltsstoffe	23
3.1.5	Verwendung in der Humanernährung	23
3.1.5.1	Verwendung als Gewürz	24
3.1.5.2	Verwendung als Aromastoff	25
3.1.6	Ausgewählte Wirkungen	25
3.1.6.1	Übelkeit und Erbrechen	28
3.1.6.2	Effekte auf das Verdauungssystem	35
3.1.6.3	Effekte auf Blutlipide und Blutglucose	36
3.1.6.4	Entzündungshemmende und antioxidative Wirkungen	39
3.1.6.5	Nebenwirkungen bzw. Toxizität von Ingwer	43
3.2	Kurkuma – <i>Curcuma longa</i> L.	46
3.2.1	Vorkommen	46
3.2.2	Morphologie	46
3.2.3	Ernte und Verarbeitung	48
3.2.4	Inhaltsstoffe	50
3.2.4.1	Farbstoffe	50
3.2.4.2	Ätherisches Öl	51
3.2.4.3	Sonstige Inhaltsstoffe	53
3.2.5	Verwendung in der Humanernährung	53
3.2.5.1	Verwendung als Gewürz	54
3.2.5.2	Verwendung als Aromastoff	55
3.2.6	Ausgewählte Wirkungen	55
3.2.6.1	Entzündungshemmende und antioxidative Wirkungen (Verdauungstrakt)	57
3.2.6.2	Gallenwirksamkeit	60

3.2.6.3	Kardiovaskuläre Effekte und Cholesterinwirkung.....	61
3.2.6.4	Neurodegenerative Erkrankungen	65
3.2.6.5	Nebenwirkungen bzw. Toxizität von Kurkuma	69
4	Gewürzpflanzen mit geringer wirtschaftlicher Bedeutung	72
4.1	Die Gattung <i>Alpinia</i> Roxb.	72
4.1.1	Galgant – <i>Alpinia officinarum</i> Hance	73
4.1.2	Thai-Ingwer – <i>Alpinia galanga</i> (L.) Willd.	75
4.2	Chinesischer Ingwer – <i>Boesenbergia rotunda</i> (L.) Mansf.	77
4.3	Zitwer – <i>Curcuma zedoaria</i> (Christm.) Rosc.	79
4.4	Gewürzlilie – <i>Kaempferia galanga</i> L.	81
5	Schlussbetrachtung	83
6	Zusammenfassung	89
7	Summary	90
8	Literaturverzeichnis	91
9	Lebenslauf.....	107

II **Abbildungsverzeichnis**

Abb. 1: Unterfamilien und Gattungen der Zingiberaceae mod. nach KRESS et al. [2002]	3
Abb. 2: Verbreitung der Zingiberaceae [Stevens, 2001 onwards]	6
Abb. 3: Ebene der Distichie in Bezug zum Rhizom. A Parallel bei Zingiberoideae, B Querständig bei Alpinioideae. [Kubitzki, 1998].....	7
Abb. 4: Blüte <i>Curcuma australasica</i> [Frohne und Jensen, 1998].....	8
Abb. 5: Speicherparenchymzellen von <i>Curcuma longa</i> L. mit Idioblasten [Winter, 2006].....	10
Abb. 6: Produktionsländer Ingwer 2009 [FAO, 2012]	12
Abb. 7: Echter Ingwer. A Pflanze in natürl. Grösse; 1 Blütenknospe, desgl.; 2 Blüthe, desgl.; 3 äusseres Perigon, auseinandergebreitet, desgl.; 4 Blüthenlängsschnitt, mit dem kleinen, zahnförmigen, unfruchtbaren äusseren und dem fruchtbaren inneren Staubgefäss, vergrössert; 5 Honiglippe mit den kleinen zahnförmigen, unfruchtbaren äusseren Staubgefässen, desgl.; 6 Stempel mit den kleinen, auf dem Fruchtknoten stehenden, unfruchtbaren Staubgefässen, desgl.; 7 oberer Theil des Griffels mit der Narbe, desgl. ; 8 und 9 Fruchtknoten im Längs- und Querschnitt, desgl. [Köhler, 1883-1914]	15
Abb. 8: Blütenstand mit Blüte <i>Zingiber officinale</i> Rosc. [Oginiw, 2011]	16
Abb. 9: Stärkekörner im Speicherparenchym <i>Zingiber officinale</i> Rosc. [Winter, 2006].....	19
Abb. 10: Gingerole [Teuscher, 2003]	19
Abb. 11: Entstehung von Shogaol und Zingeron aus Gingerol [Hänsel und Sticher, 2010].....	20
Abb. 12: Sesquiterpenkohlenwasserstoffe und Sesquiterpenalkohole [Teuscher, 2003].....	22
Abb. 13: Monoterpene 1 [Teuscher, 2003]	22
Abb. 14: Rhizom <i>Zingiber officinale</i> Rosc. frisch [Winter, 2006]	23
Abb. 15: Rhizom <i>Zingiber officinale</i> Rosc. frisch, Querschnitt [Winter, 2006]...	24

Abb. 16: Wirkung von Ingwer auf chemopräventive Radikalfänger, Antioxidantien und Apoptose; (Symbolerklärung: ↑ erhöhende Wirkung, ↓ senkende Wirkung, → hemmende Wirkung). [Baliga et al., 2011].....	41
Abb. 17: Rhizom <i>Curcuma longa</i> L. [Yosri, 2007].....	46
Abb. 18: Kurkuma. A Pflanze, verkleinert; B Blatt, nat. Grösse; C Blütenähre, desgl.; 1 Blüte, etwas vergrössert; 2 dieselbe im Längsschnitt, desgl.; 3 inneres Perigon der <i>C. aromatica</i> von den Lappen und Staminodien befreit, mit dem fruchtigen Staubgefäss, vergrössert; 4 Staubgefäss derselben Pflanze, von der Seite, desgl.; 4a Staubbeutel der <i>C. longa</i> von verschiedenen Seiten, desgl.; 5 Fruchtknoten im Längsschnitt mit den unfruchtbaren untersten Staubgefässen (Staminodien), desgl.; 6 Fruchtknoten im Querschnitt, desgl. [Köhler, 1883-1914]	47
Abb. 19: Blüten <i>Curcuma longa</i> L. [Katzner, 2007].....	48
Abb. 20: Curcumin [Hänsel und Sticher, 2010].....	51
Abb. 21: Sesquiterpenketone Kurkuma [Teuscher, 2003]	52
Abb. 22: Monoterpene 2 [Teuscher, 2003]	52
Abb. 23: Kurkuma-Pulver [Sanjay, 2007].....	53
Abb. 24: Beispiele molekularer Angriffspunkte und Effekte von Curcumin [Hänsel und Sticher, 2010]	56
Abb. 25: Blüte <i>Alpinia purpurata</i> [Fabhawk, 2007] (Zierpflanze)	72
Abb. 26: Rhizom von <i>Alpinia officinarum</i> Hance [Stöger, 2006]	73
Abb. 27: Rhizome von <i>Boesenberbergia rotunda</i> (L.) Mansf. [Kembangraps, 2008].....	77
Abb. 28: Panduratin A [Rukayadi et al., 2010].....	78

III Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Deutsche Trivialnamen und Namensgleichheiten ausgewählter Rhizomgewürze der Zingiberaceae [Seidemann, 2005].....	4
Tab. 2: Englische Trivialnamen und Namensgleichheiten ausgewählter Rhizomgewürze der Zingiberaceae [Seidemann, 2005].....	5
Tab. 3: Jahresvergleich weltweiter Ingwer-Importe nach Österreich bzw. Europa [FAO, 2012].....	13
Tab. 4: Charakteristika der Studien, in denen Ingwer gegen Kinetose eingesetzt wurde [Betz et al., 2005]	32

IV Abkürzungsverzeichnis

5-HT ₃	5-Hydroxytryptamin-3 (Serotonin) (-Rezeptor)
ALT	<i>Alanin-Transaminase</i>
AST	<i>Aspartat-Aminotransferase</i>
A β	Beta-Amyloid-Peptid
c	Krone (in Abb. 4)
ca.	circa
CCl ₄	Tetrachlormethan
EGR-1	early growth response-1 Transkriptionsfaktor
f, ff	folgende
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FDA	Food and Drug Administration
g	Gramm
GPx-1	<i>Glutathionperoxidase-1</i>
GRAS	generally recognized as safe
GSH	Glutathion
HDL	high density lipoprotein
HMG-CoA	<i>3-Hydroxy-3-Methylglutaryl-Coenzym-A-Reduktase</i>
IBD	inflammatory bowel disease
IFN- γ	Interferon- γ
IL-1 β	Interleukin-1 β
iNOS	<i>Stickoxid-Synthase</i>
IU	international unit
I	staminodiales Labellum (in Abb. 4)
LD ₅₀	Letale Dosis (50 % der beobachteten Population)
LDL	low density lipoprotein
LPS	Lipopolyssaccharid
MDA	Malondialdehyd
Mio.	Million
mRNA	messengerRNA
MT	Metric Tonne (1000 kg) (in Abb. 6)

NF- κ B	nuclear factor kappa B
NK1	Neurokinin-1 (-Rezeptor)
NO	Stickstoffmonoxid
NOAEL	No Observed Adverse Effect Level
NPC1L1	Niemann Pick CI-like 1 Protein
ODC	Ornithin-Decarboxylase
PGE ₂	Prostaglandin 2
PUFA	polyunsaturated fatty acids
SHU	Scoville Heat Units
SOD	<i>Superoxiddismutase</i>
sst	seitliche Staminodien (in Abb. 4)
stb	einziges fertile Staubblatt (in Abb. 4)
T	Tonne (1000 kg)
TCM	Traditionelle Chinesische Medizin
TNF- α	Tumornekrosefaktor α
u.a.	unter anderem
VLDL	very low density lipoprotein
WHO	World Health Organization
z.B.	zum Beispiel
μ M	μ Mol

1 Einführung

1.1 Einleitung

Seit Jahrtausenden spielen Gewürze in vielen Bereichen des Lebens eine große Rolle. Sie wurden und werden nicht nur in der Küche eingesetzt, sondern finden auch in der Medizin und selbst als Farbstoff Verwendung [Habsah et al., 2000]. Asiatische Gewürze haben eine lange Tradition in der Geschichte Europas. Das zeigen schon die Seefahrer Columbus, Vasco da Gama und Magellan, die ihre Reisen von Europa aus auf der Suche nach diesen Geschmacksverbesserern unternahmen. Historisch wurden viele Gewürze für Heilzwecke eingesetzt. Moderne molekulare Forschungsmöglichkeiten haben gezeigt, dass Würzmittel eine Reihe von Inhaltsstoffen besitzen, die ein breites Wirkungsspektrum aufweisen [Dog, 2006, Kannappan et al., 2011]. Gewürze können den Charakter einer Speise komplett verändern. Ohne sie wäre das Essen eintönig und geschmacklos. Manche Aromen geben den Speisen eine besondere Farbe. Sie machen das Essen also nicht nur zu einem sinnlichen [Till, 2004] und kulinarischen Erlebnis sondern können auch gezielt zur Verbesserung der gesundheitlichen Situation eingesetzt werden.

Laut Österreichischem Lebensmittelcodex sind Gewürze „Pflanzenteile, die wegen ihres Gehaltes an besonderen Inhaltsstoffen geeignet sind, Geruch und Geschmack von Lebensmitteln zu beeinflussen. Die Gewürze kommen meist in getrockneter Form, sowohl ganz als auch mechanisch zerkleinert, in den Handel.“ Die Rhizomgewürze Ingwer und Kurkuma zählen zu den Gewürzen aus unterirdischen Pflanzenteilen. [Codexkommission, 2009]

Aufgrund meiner Zusatzqualifikation „Ernährungsberatung nach der Traditionellen Chinesischen Medizin (TCM)“ und der Vorliebe für die asiatische Küche besteht ein besonderer Bezug zu asiatischen Gewürzen, insbesondere zu Ingwer und Kurkuma. Daher sind diese beiden Gewürze Gegenstand dieser Arbeit. Außerdem wurde Ingwer in Europa in den letzten 20 Jahren wirtschaftlich zu-

nehmend bedeutender (siehe Seite 12) und auch Kurkuma (einer der Hauptbestandteile in Curry-Gewürzmischungen) wird als Einzelgewürz immer bekannter.

Diese Arbeit beschäftigt sich also mit nachfolgend angeführten Fragestellungen.

1.2 Fragestellungen

- Was ist ein Rhizom und welche Besonderheiten weisen die Rhizomgewürze der Zingiberaceae auf?
- Welche sind ihre bekanntesten und für Europa wichtigsten Vertreter?
- Was sind ihre morphologischen und chemischen Besonderheiten?
- Wie werden sie in der Humanernährung eingesetzt?
- Welche speziellen Wirkungen konnten bisher nachgewiesen werden bzw. welche Wirkungen werden ihnen traditionell nachgesagt?
- Welche weiteren Rhizomgewürze der Zingiberaceae sind in den Herkunftsländern wichtig, für die westeuropäische Ernährung allerdings unbedeutend?

2 Botanik der Zingiberaceae

2.1 Systematik und Verbreitung

2.1.1 Systematik

Die Familie der Zingiberaceae (Ingwergewächse) zählt nach neuester Klassifikation der Angiosperm Phylogeny Group zur Ordnung der Zingiberales (Ingwerartigen) [Bremer et al., 2009, Chase und Reveal, 2009]. Die Zingiberaceae umfassen 53 Gattungen und über 1200 Arten und sind somit die größte Familie innerhalb der Zingiberales [Kress et al., 2002]. Sie werden in die vier Unterfamilien Zingiberoideae, Alpinioideae, Tamijoideae und Siphonochiloideae eingeteilt. Dies konnte durch die DNA-Analysen von Kress und Mitarbeitern, die im Zuge ihrer Arbeit 104 Arten aus 41 Gattungen der Zingiberaceae qualitativ erfasst haben, bestätigt werden [Kress et al., 2002]. Die hier relevanten Gattungen gehören zu den beiden Unterfamilien Alpinioideae und Zingiberoideae (Abb. 1).

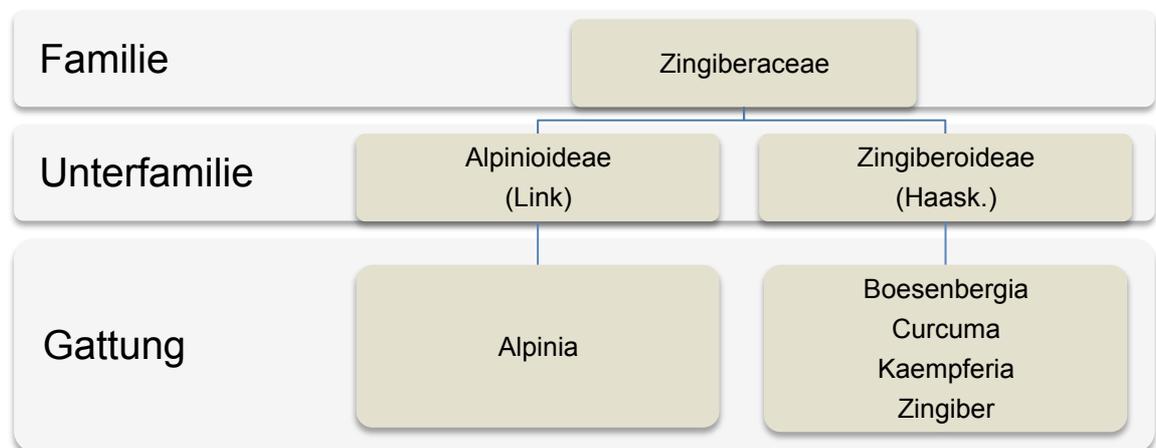


Abb. 1: Unterfamilien und Gattungen der Zingiberaceae mod. nach KRESS et al. [2002]

Aus der Unterfamilie der Zingiberoideae werden die Arten *Zingiber officinale* Rosc. und *Curcuma longa* L. genauer behandelt (Kap. 3, Seite 12 ff). Im Kapitel „Gewürzpflanzen mit geringer wirtschaftlicher Bedeutung“ (Kap. 4, Seite 72 ff) wird auf die Arten *Alpinia officinarum* Hance und *Alpinia galanga* (L.) Willd. (Al-

pinioideae) sowie auf *Boesenbergia rotunda* (L.) Mansf., *Curcuma zedoaria* (Christm.) Rosc. und *Kaempferia galanga* L. (Zingiberoideae) eingegangen. Zur besseren Übersicht aufgrund von Namensgleichheiten sind in den folgenden Tabellen die deutschen und englischen Trivialnamen gegenübergestellt.

Trivialnamen	<i>A. officinarum</i> Hance	<i>A. galanga</i> (L.) Willd.	<i>B. rotunda</i> (L.) Mansf.	<i>C. longa</i> L.	<i>C. zedoaria</i> (Christm.) Rosc.	<i>K. galanga</i> L.	<i>Z. officinale</i> Rosc.
Chinesischer Galgant						x	
Chinesischer Ingwer			x				
Echter Galgant	x	x					
Echter Ingwer							x
Fingerwurzel			x				
Gelber Ingwer				x			
Gelbwurzel				x			
Gewürzllilie						x	
Gilbwurzel				x			
Großer Galgant		x					
Ingwer							x
Javanische Gelbwurz(el)					x		
Kentjur						x	
Kleiner Galgant	x						
Kurkuma(wurzel)				x			
Runde Gewürzllilie			x				
Safranwurzel(el)				x			
Siam-Galgant		x					
Siam-Ingwer	x	x					
Thai-Ingwer	x	x				x	
Zitwer(wurzel)					x		

Tab. 1: Deutsche Trivialnamen und Namensgleichheiten ausgewählter Rhizomgewürze der Zingiberaceae [Seidemann, 2005]

Trivialnamen	<i>A. officinarum</i> Hance	<i>A. galanga</i> (L.) Willd.	<i>B. rotunda</i> (L.) Mansf.	<i>C. longa</i> L.	<i>C. zedoaria</i> (Christm.) Rosc.	<i>K. galanga</i> L.	<i>Z. officinale</i> Rosc.
Chinese ginger	x						
Chinese key			x				
cochin-turmer					x		
common ginger							
curcuma rhizome				x			
East Indian galan(gal)						x	
East Indian root	x						
galanga		x				x	
galangal		x					
galingale			x				
ginger							x
Indian saffron				x			
Japanese turmeric					x		
Java galangal		x					
Javanese turmeric "setwall"					x		
lesser galangal	x	x	x				
lesser galingale	x						
lesser ginger			x				
long zedoary					x		
mango gingerround zedoary					x		
resurrection lily						x	
Siamese ginger		x	x				
small galangal	x						
spice lily						x	
the greater galangal		x					
tropical crocus			x				
turmeric				x			
yellow ginger				x			
yellow turmeric					x		

Tab. 2: Englische Trivialnamen und Namensgleichheiten ausgewählter Rhizomgewürze der Zingiberaceae [Seidemann, 2005]

2.1.2 Verbreitung

Die Zingiberaceae kommen in allen tropischen und subtropischen Gebieten der Erde, in Afrika, Asien, Australien und Amerika vor (Abb. 2) [Kress et al., 2002]. Die größte Diversität findet man in Südostasien und auf den Pazifischen Inseln. Alleine auf der Halbinsel Malaysia finden sich geschätzte 23 Gattungen und 150 Arten. Die Zingiberaceae wachsen entweder im Dickicht des Regenwaldes oder vereinzelt in feuchtem und schattigem Klima in Niederungen oder auf Berghängen. [Habsah et al., 2000]



Abb. 2: Verbreitung der Zingiberaceae [Stevens, 2001 onwards]

Einige Gattungen der Zingiberoideae finden sich, wegen ihrer Fähigkeit, Trockenperioden in einem Vegetationsruhestand zu überdauern, auch in Monsunklimazonen. Beim ersten Anzeichen der beginnenden Regenzeit unterbrechen sie ihre Vegetationsruhe und entwickeln neue, vegetative oder auch generative Luftsprosse (z.B. viele *Curcuma*-Arten) [Kress et al., 2002]. Dies ist ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal zwischen den beiden Subfamilien Alpinioideae und Zingiberoideae, da die Gattungen der Alpinioideae dazu nicht in der Lage sind. Diese haben eher harte, faserige statt fleischige Rhizome und sind in ihrem natürlichen Lebensraum immergrüne Pflanzen. Dessen ungeachtet kommen manche Gattungen der Zingiberoideae (z.B. einige *Zingiber*-Arten) auch in den immergrünen Regenwäldern vor, können aber in Stresssituationen oder im Glashausmilieu ebenfalls zu einer Vegetationsruhe gezwungen werden.

[Kubitzki, 1998, Kress et al., 2002]. Dieses morphologische Merkmal hat somit für die heutige Verbreitung der Pflanzen Bedeutung.

2.2 Morphologische Charakteristika

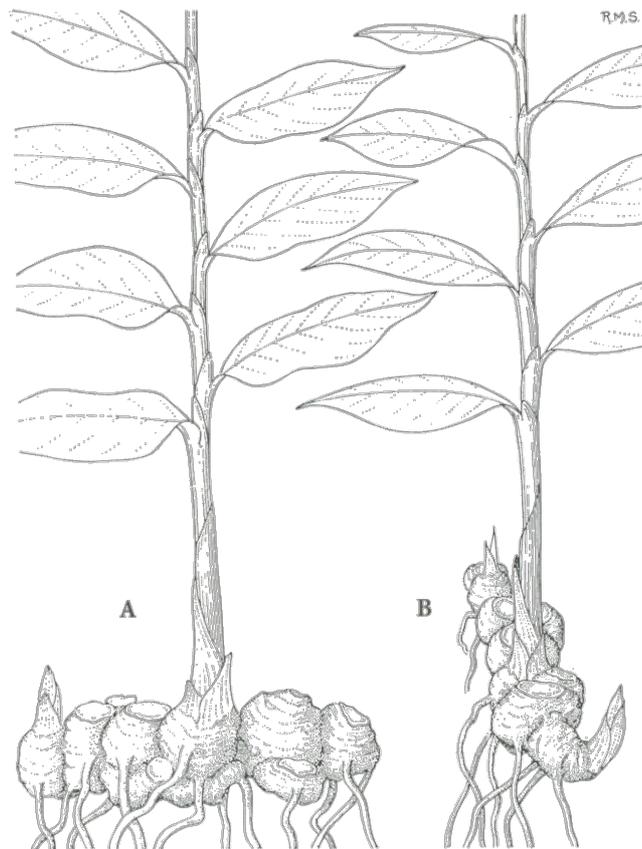


Abb. 3: Ebene der Distichie in Bezug zum Rhizom. **A** Parallel bei Zingiberoideae, **B** Querständig bei Alpinioideae. [Kubitzki, 1998]

Die Zingiberaceae sind krautige, ausdauernde Pflanzen, wobei die Blätter distich angeordnet sind. Neben dem oben erwähnten Unterscheidungsmerkmal der fleischigen und faserigen Rhizome, ist die Ebene der Distichie ein weiterer charakteristischer Unterschied zwischen Zingiberoideae und Alpinioideae.

Bei erst genannter Subfamilie wächst der Luftspross so aus dem Rhizom, dass die Blätter parallel zum Rhizom stehen, bei den Alpinioideae sind die Blätter querständig zum Rhizom (Abb. 3).

Die Blüten sind zygomorph, mittelgroß, oft auffällig gefärbt und haben meist nur ein fertiles Staubblatt. Eine Besonderheit der Zingiberaceae sind Staminodien. Das sind unfruchtbare Staubblätter die keinen Pollen erzeugen. Sie tragen keine oder nur verkümmerte Staubbeutel. Staminodien können fadenförmig, linealisch, schuppenförmig oder kronblattartig (petaloid) sein [Rothmaler et al., 2005]. Die petaloiden Staminodien sind fallweise miteinander verwachsen und bilden das Labellum (die Lippe) der Blüte (Abb. 4: **c** Krone, **l** staminodiales Labellum, **stb** einziges fertiles Staubblatt, **sst** seitliche Staminodien). [Kubitzki, 1998, Kress et al., 2002, Bresinsky et al., 2008]

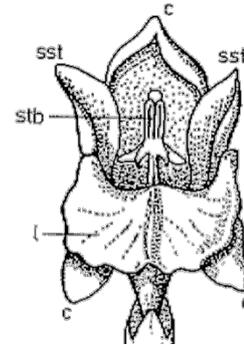


Abb. 4: Blüte *Curcuma australasica* [Frohne und Jensen, 1998]

Typisch für die Zingiberaceae ist die Ausbildung von Rhizomen. Diese werden im Deutschen irreführend meist Wurzelstock genannt. Eine bessere Bezeichnung ist „Erdspross“, da das Rhizom eine Metamorphose der Sprossachse ist. Das Rhizom wächst meist unterirdisch, horizontal und dient der Pflanze sowohl als Speicherorgan als auch zur vegetativen Vermehrung. Rhizome weisen gestauchte Internodien auf und bilden oft nur schuppenförmige Blätter aus. Rhizome können sich verzweigen, indem sie bei einer Blattknospe horizontal austreiben. Sie haben die Eigenheit, dass sie an der Spitze ständig weiterwachsen und sich somit verjüngen. Sie sterben aber auch von hinten nach und nach ab. Wenn dies vor einer Blattansatzstelle geschieht, dann kommt es zu einer vegetativen Vermehrung, da die beiden Seitenachsen getrennt weiterwachsen. [Franke, 1997, Bresinsky et al., 2008, Weiler et al., 2008]. Dies hat für die Kultivierung der Rhizome insofern Bedeutung, da die Vermehrung meist vegetativ über die Teilung der Rhizome erfolgt [Teuscher, 2003]. Aus dem Rhizom wächst in der nächsten Vegetationsperiode ein Luftspross, der oberirdisch Blät-

ter und Blüten ausbildet und der Pflanze zur sexuellen Vermehrung dient. Der Luftspross stirbt nach dieser Vegetationsperiode ab, während das Rhizom unterirdisch weiterwächst. [Weiler et al., 2008]

Es wird zwischen monopodialen und sympodialen Rhizomen unterschieden. Monopodiale Rhizome wachsen an ihrem terminalen Spross ständig horizontal weiter, während sympodiale Rhizome sich mit ihrer terminalen Knospe zum Luftspross aufrichten und an den Seitenachsen unterirdisch weiterwachsen. Umgekehrt wachsen die Luftsprosse der monopodialen Rhizome aus den Achseln ihrer Schuppenblätter. Bei den Zingiberaceae handelt es sich um sympodiale Rhizome [Kubitzki, 1998]. Für die Nährstoffversorgung bilden Rhizome vor allem unterseitig sprossbürtige Wurzeln aus. [Weiler et al., 2008]

Da ein Rhizom vorwiegend als Überdauerungsorgan dient, ist dieses häufig mit einem Speicherparenchym ausgestattet, welches Stärkekörner speichert (siehe Abb. 9 Seite 19). Einige Arten (z.B. Zitwer, Seite 79) dienen demzufolge der Stärkegewinnung, auf die in dieser Arbeit allerdings nicht gesondert eingegangen wird. Ebenso typisch für die Zingiberaceae sind Idioblasten, die neben ätherischem Öl auch noch gerbstoffartige Substanzen enthalten können. Auf letztere wird im folgenden Kapitel genauer eingegangen. [Franke, 1997, Bresinsky et al., 2008, Weiler et al., 2008]

2.3 Chemische Charakteristika

Die Zingiberaceae enthalten charakteristische Scharfstoffe, die Gingerole und deren Derivate. Scharfstoffe werden nicht wie Geschmacksstoffe (süß, sauer, salzig, bitter, umami) von den Geschmackssinneszellen der Zunge wahrgenommen, sondern reizen freie Nervenenden, wie z.B. die des Nervus trigeminus und lösen dadurch ein Schmerz- oder Wärmeempfinden aus. Daher wird „scharf“ auch als trigeminale Empfindung bezeichnet [Teuscher, 2003, Steiner, 2009]. Gingerole sind Derivate von Phenylethyl-n-alkyl-ketonen (Phenylalkano- ne) und werden bei Trocknung und Lagerung zu den sehr scharfen Shogaolen

abgebaut [Teuscher, 2003]. Gespeichert werden die Scharfstoffe in den Idioblasten (Abb. 5).

Neben den Scharfstoffen enthalten die Rhizome der Zingiberaceae ätherisches Öl. Dieses wird ebenfalls in den Idioblasten gebildet und dort gespeichert. Im Gegensatz zu den nichtflüchtigen Gingerolen handelt es sich bei ätherischen Ölen um flüchtige Substanzen. Diese sind meist sehr komplex und aus vielen Einzelkomponenten zusammengesetzt. Die Mehrzahl dieser Verbindungen sind acyclische und cyclische Monoterpenkohlenwasserstoffe (z.B. Camphen), Monoterpenketone (z.B. Campher) aber auch Sesquiterpenkohlenwasserstoffe wie z.B. Zingiberen und α -Curcumen. [Teuscher, 2003].

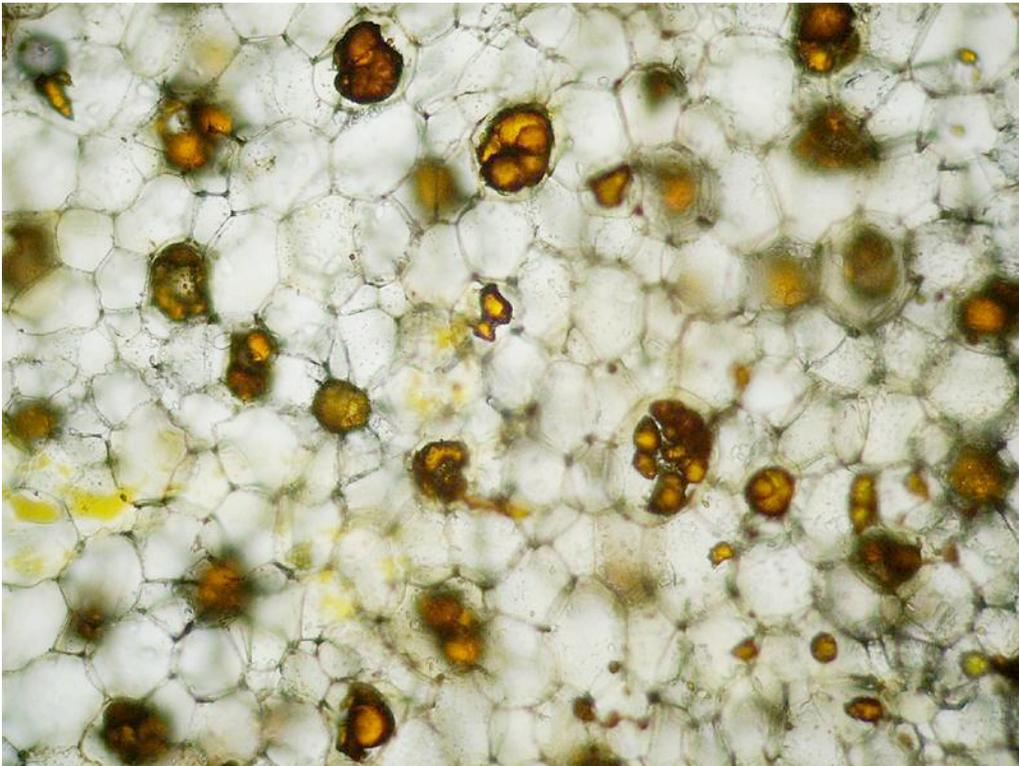


Abb. 5: Speicherparenchymzellen von *Curcuma longa* L. mit Idioblasten [Winter, 2006]

Außerdem wurden auch organische Säuren, Flavonoide, Proanthocyane, Tannine und die mit den Phenylpropanoiden verwandten Curcumine aus diversen Zingiberaceae isoliert. Curcumine findet man vorwiegend in den Gattungen

Curcuma, *Alpinia* und *Zingiber* [Kubitzki, 1998]. Weitere, für die Zingiberaceae charakteristisch Inhaltsstoffe sind Calciumoxalate und Kieselsäureablagerungen. Calciumoxalate sind in der gesamten Pflanzengruppe zu finden, allerdings selten in Form von Raphiden (nadelförmige Calciumoxalatkristalle). [Frohne und Jensen, 1998, Teuscher, 2003]

Auf die genaue chemische Zusammensetzung samt dazugehörigen Formelbildern wird in den Kapiteln 3.1.4 und 3.2.4 genauer eingegangen (Seite 16 und 50).

Die Inhaltsstoffe der Rhizome können zu den bioaktiven Substanzen gezählt werden und haben vielseitig positive Wirkungen auf die Erhaltung und Förderung von Gesundheit im menschlichen Körper. Traditionell wurde dieses Wissen in den asiatischen Heilmethoden genutzt, wie etwa in der Traditionellen Chinesischen Medizin (TCM), die auf 5000 Jahre Erfahrungsmedizin zurückgreift. Untersuchungen von pflanzlichen Arzneimitteln, die seit Mitte des letzten Jahrhunderts in Japan, der Sowjetunion, in China, aber auch in Taiwan und Singapur mit staatlichen, aber auch mit universitären Mitteln durchgeführt wurden, bestätigen diese Wirkungen. Allerdings handelt es sich bei diesen Forschungen vorwiegend um Tierstudien und um Mikrokulturstudien. Die Studien wurden teilweise noch nicht *in vivo* vorgenommen, daher ist eine Übertragung dieser Ergebnisse auf den Menschen nur bedingt möglich. [Focks und Hillebrand, 2006]

3 Wirtschaftlich bedeutende Gewürzpflanzen der Zingiberaceae

Heute ist das frische Ingwer-Rhizom in beinahe jedem Einzelhandel in Österreich erhältlich. Noch vor 10 Jahren konnte man Gemüse-Ingwer nur in ausgewählten Fachgeschäften oder in Asia-Shops kaufen. Die Gewürze Ingwer und Kurkuma sind in den letzten Jahren immer bekannter und beliebter geworden. Dies ist mitunter auch darauf zurückzuführen, dass die asiatische Küche im europäischen Raum an Bedeutung gewonnen hat und zunehmend Pflanzen aus dem asiatischen Raum als „Novel Food“ [Jürges et al., 2009] den europäischen Markt erobern (siehe auch Verwendung in der Humanernährung Kap. 3.1.5, Seite 23 ff sowie Kap. 3.2.5, Seite 53 ff). Zur Veranschaulichung der wirtschaftlichen Bedeutung von Ingwer wurden die weltweiten Produktionsdaten sowie die Importzahlen für Österreich bzw. für Europa von der FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) herangezogen und verglichen.

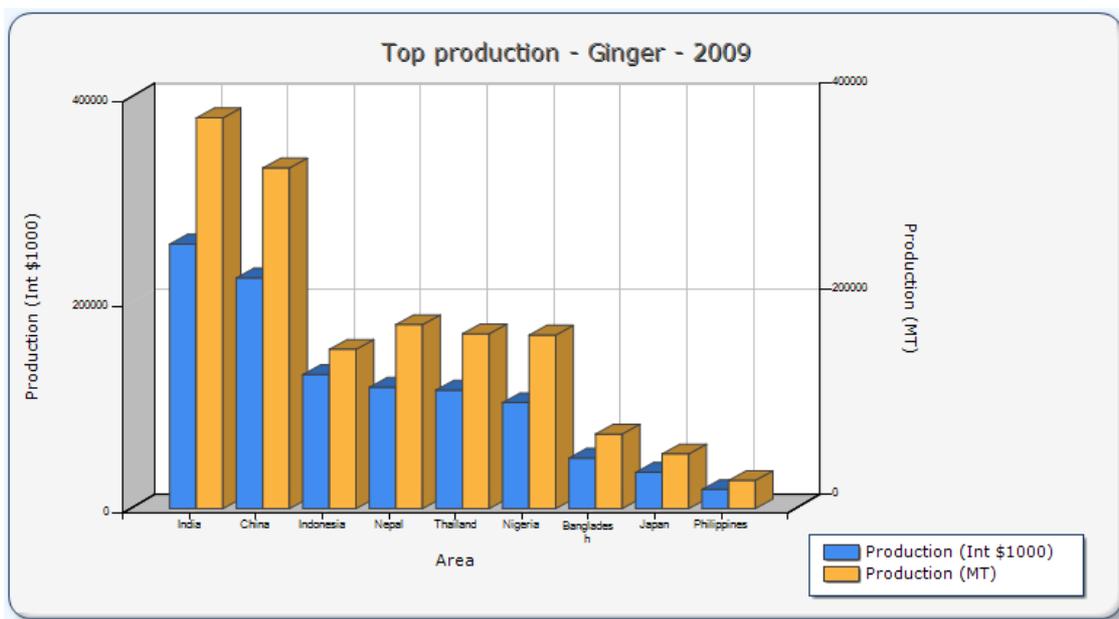


Abb. 6: Produktionsländer Ingwer 2009 [FAO, 2012]

Weltweit wurden im Jahr 2009 1,6 Mio. Tonnen Ingwer erzeugt, davon in Indien 380100 Tonnen und in China 331393 Tonnen. Nepal liegt mit 178987 Tonnen

an dritter und Indonesien mit 154964 Tonnen an vierter Stelle der Hauptproduktionsländer. Die Grafik in Abb. 6 zeigt die Reihung der Erzeugerländer nach den Produktionswerten in \$ 1000 (blaue Balken). Vor zehn Jahren lag die Produktion weltweit noch bei knapp über 1 Mio. Tonnen. [FAO, 2012].

Wie aus Tab. 3 hervorgeht, wurde in den zehn Jahren von 1989 bis 1999 dreimal so viel Ingwer nach Österreich importiert. Im gleichen Zeitraum hat sich der Gesamtimport nach Europa mehr als verdoppelt. Eine weitere Steigerung der Importzahlen war in den darauffolgenden 10 Jahren zu verzeichnen. Bis ins Jahr 2009 importierte Österreich 4,5 mal so viel Ingwer und in Europa hat sich der Wert verdreifacht. [FAO, 2012].

Diese Zahlen zeigen einen deutlichen Anstieg der wirtschaftlichen Bedeutung von Ingwer in Europa.

Country	Item	Element	Year		
			1989	1999	2009
Austria	Ginger	Import Quantity (tonnes)	66	212	957
Austria	Ginger	Import Value (1000 \$)	115	519	2048
Europe total	Ginger	Import Quantity (tonnes)	9775	21936	66464
Europe total	Ginger	Import Value (1000 \$)	13146	31250	99148

Figures may include official, semi-official or estimated data
© FAO Statistics Division 2012

Tab. 3: Jahresvergleich weltweiter Ingwer-Importe nach Österreich bzw. Europa [FAO, 2012]

Für Kurkuma und andere Rhizomgewürze der Zingiberaceae sind bei der FAO keine gleichwertigen Daten vorhanden. Kurkuma ist allerdings einer der Hauptbestandteile der Gewürzzubereitung Curry Powder [Codexkommission, 2009] und wird aus diesem Grund in dieser Arbeit zu den wirtschaftlich bedeutenden Rhizomgewürzen gezählt (siehe Kap 3.2.5, Seite 53).

3.1 Ingwer – *Zingiber officinale* Rosc.

Zingiber officinale Rosc. ist auch unter den Synonymen *Amomum angustifolium* Salisb., *Amomum zingiber* L., *Zingiber aromatum* Noronha und *Zingiber zingiber* Karst. bekannt. Im Deutschen wird er Echter Ingwer bzw. Ingwer genannt (siehe auch Tab. 1, Seite 4). Im Englischen (Tab. 2, Seite 5) kennt man ihn unter den Trivialnamen ginger und common ginger und die chinesischen Bezeichnungen lauten jiang oder chiang. [Seidemann, 2005]

3.1.1 Vorkommen

Kultiviert wird Ingwer in den Tropen, vorwiegend im tropischen Asien, in den Ländern China, Indien und Indonesien, aber auch in Taiwan, Japan, Sri Lanka und Vietnam (Hauptproduzenten siehe Abb. 6). Außerdem wird Ingwer in Australien und Westafrika angebaut. Weitere Anbauggebiete sind Hawaii, Jamaika und Brasilien. Seine ursprüngliche Heimat dürfte Indien sein. Wild wachsend ist Ingwer nicht bekannt. Das Gewürz wird hauptsächlich von China und Brasilien, aber auch aus Nigeria, Indonesien, Singapur und West-Malaysia in die ganze Welt exportiert. [Teuscher, 2003]

3.1.2 Morphologie

Ingwer ist eine ausdauernde, krautige Rhizomstaude (Abb. 7). Das Rhizom ist häufig geweihartig verzweigt, knollig, hat Niederblätter und sprossbürtige Wurzeln. Es handelt sich um ein sympodiales Rhizom [Kubitzki, 1998], dessen blütenlose Scheinstängel bis zu einem Meter hoch austreiben können. Die Blätter der Scheinstängel sind schilfähnlich, die Blattspreite länglich-lanzettlich und ganzrandig [Teuscher, 2003]. Die Blütenschäfte werden bis zu 30 cm hoch und sind dicht mit scheidenförmigen Blättern besetzt.



Abb. 7: Echter Ingwer. A Pflanze in natürl. Grösse; 1 Blütenknospe, desgl.; 2 Blüthe, desgl.; 3 äusseres Perigon, auseinandergebreitet, desgl.; 4 Blütenlängsschnitt, mit dem kleinen, zahnförmigen, unfruchtbaren äusseren und dem fruchtbaren inneren Staubgefäss, vergrössert; 5 Honiglippe mit den kleinen zahnförmigen, unfruchtbaren äusseren Staubgefässen, desgl.; 6 Stempel mit den kleinen, auf dem Fruchtknoten stehenden, unfruchtbaren Staubgefässen, desgl.; 7 oberer Theil des Griffels mit der Narbe, desgl. ; 8 und 9 Fruchtknoten im Längs- und Querschnitt, desgl. [Köhler, 1883-1914]

Die ca. 5 cm langen Blüten (Abb. 8) sind einzeln in den Achseln der Deckblätter des ährenförmigen Blütenstandes angeordnet. Der Kelch ist weißlich, die Krone gelb und dreispaltig. Neben dem fertilen Staubblatt bilden die drei sterilen Staubblätter (Staminodien, siehe auch Kap. 2.2 Morphologische Charakteristika, Seite 7 f) des äußeren Kreises das Labellum. Dieses ist meist purpurn gefärbt und gelb punktiert. Die drei Fruchtblätter sind zu einem unterständigen Gynoeceum verwachsen. Die Vermehrung der Pflanze erfolgt meist vegetativ über das Rhizom, da die Pflanze nur selten blüht und kaum Samen ausbildet. [Teuscher, 2003]



Abb. 8: Blütenstand mit Blüte *Zingiber officinale* Rosc. [Ogniwi, 2011]

3.1.3 Ernte und Verarbeitung

Frischer Ingwer wird 5 bis 6 Monate nach dem Pflanzen geerntet, gewaschen, von Wurzeln und Kork befreit und anschließend in den Handel gebracht. Durch die frühere Ernte erhält man weniger holzige Rhizome die dann als Gemüseingwer gehandelt werden. So vorverarbeiteter Ingwer wird außerdem zur Herstellung von kandiertem Ingwer verwendet. Dazu werden die gewaschenen Rhizome weich gekocht und mit Zuckersirup in mehreren Durchgängen kandiert. Für die Erzeugung von getrocknetem Ingwer wird erst nach dem Abwelken der oberirdischen Pflanzenteile nach 8 bis 10 Monaten geerntet. Die Rhizome kommen sowohl geschält als auch ungeschält in den Handel. Die Herstellung von gemahlenem Ingwer ist aus geschälter (hochwertigere Qualität) und ungeschälter Ware (schlechtere Qualität) zulässig [Codexkommission, 2009]. Das Einlegen in Kalkwasser bei gekalktem Ingwer dient zum einen der Bleiche und zum anderen als Schutz vor Insektenfraß und dem Befall von Mikroorganismen. Diese Behandlungsmethode wird besonders in einigen Gebieten Indiens (Kerala) durchgeführt [Teuscher, 2003]. Das Bleichen mit Schwefeldioxid ist

nicht üblich [Codexkommission, 2009], wird aber in manchen Ländern zusätzlich durchgeführt [Teuscher, 2003]. Eingelegter Ingwer wird durch Einlegen geschälter Stücke oder fein geschnittener Scheiben in Salzlake, Reiswein oder Reissessig hergestellt. Durch Extraktion erhält man ätherisches Ingweröl oder Ingwer-Oleoresin (goldbraunes, hochvisköses Öl). [Teuscher, 2003, Till, 2004, Codexkommission, 2009]

Laut Österreichischem Lebensmittelbuch gilt Jamaika-Ingwer als beste Handelsqualität. Er ist allseitig geschält, nicht gekalkt oder gebleicht. Malabar-Ingwer (Cochin, Calicut) zählt noch zur guten Qualität, ist allseitig geschält bzw. manchmal nur von der äußeren Korkschiicht befreit. Westafrikanischer Ingwer gilt als geringste Handelsqualität. Er ist dunkelfarbig, ungeschält und ungekalkt, besitzt die größte Schärfe und einen kampferartigen Geruch. [Codexkommission, 2009]

Die chemische Zusammensetzung der Inhaltsstoffe, auf die im folgenden Kapitel genauer eingegangen wird, ist neben dem Herkunftsland (Bodenbeschaffenheit) auch sehr stark von der Verarbeitung abhängig. Bei der Herstellung von getrocknetem Ingwer können die verschiedenen Trocknungstechnologien unterschiedliche biochemische Veränderungen bewirken. Die Forschergruppe um Ding [2011] hat dazu die ätherischen Ölkomponenten im Ingwer nach Lufttrocknung (bei 50, 60 und 70 °C), Mikrowellentrocknung (60 Watt), Vakuumtrocknung (60 °C, 13,3 kPa) und Gefriertrocknung (0,203 kPa, - 55 °C) miteinander verglichen. Die Analyse erfolgte mittels Gaschromatographie und nachgeschalteter Massenspektrometrie. Zusätzlich wurde das frische Rhizom analysiert, um die grundsätzlichen biochemischen Veränderungen des Trocknungsprozesses aufzuzeigen. Die Hauptkomponenten im getrockneten Ingwer sind Alkene und Aldehyde. Verglichen mit den flüchtigen Substanzen im frischen Ingwer konnte beispielsweise ein Anstieg von 1,3-Cyclohexadien und von α -Farnesen festgestellt werden. Dies führen die Autoren auf die Synthese von kurzkettigen Alkenen und auf die Isomerisierung von ähnlichen Komponenten zurück. Gesunken sind hingegen u.a. die Anteile an β -Phellandren und

Camphen. Bei der 60 °C Lufttrocknung konnten immerhin noch 1,477 % β -Phellandren nachgewiesen werden (frisches Rhizom: 7,532 %), bei 70 °C nur mehr 0,84 % und bei Gefriertrocknung konnte nichts mehr dedektiert werden. Die Mikrowellentrocknung ergab einen Anteil von 0,713 % und mittels Vakuum konnten 0,652 % nachgewiesen werden. Bei Camphen lagen die Werte nach der Mikrowellen- und auch nach der Vakuumtrocknung unterhalb der Nachweisgrenze. Bei frischem Ingwer konnten immerhin 6,675 % dokumentiert werden. Die Lufttrocknung ergab Anteile von 0,559 bis 0,275 %. [Ding et al., 2011]

Dieser Auszug aus der sehr umfangreichen Untersuchung soll ansatzweise zeigen, wie stark die biochemischen Veränderungen durch die Verarbeitungsprozesse sein können. Hinzu kommen noch weitere Abweichungen, die durch den Mahlvorgang und durch die Lagerung (siehe folgendes Kapitel) des Gewürzes entstehen. Schweiggert und Mitarbeiter [2005] haben herausgefunden, dass eine Zerkleinerung vor dem Trocknungsprozess höhere Verluste an ätherischem Öl mit sich bringt. Überraschenderweise zeigten nicht oder nur moderat erhitzte Proben des vorher zerkleinerten und gemahlten Ingwers die höchsten Verluste (bis zu 75 %). Dies wird auf die mechanische Zerstörung der Idioblasten zurückgeführt. Demgegenüber war der Anteil am ätherischen Öl bei vorheriger Erhitzung und anschließender Zerkleinerung teilweise sogar höher als im frischen Rhizom. Die Autoren gehen davon aus, dass bei höheren Temperaturen die ätherischen Ölkomponenten als lösliche Lipide wirken und so eine Fixierung stattfindet, die nach der Vakuum-Gefriertrocknung höhere Werte ergab als im frischen Ingwer. [Schweiggert et al., 2005]

3.1.4 Inhaltsstoffe

Das Rhizom des Ingwers besteht zu etwa 50 % aus Stärke. Diese ist in Form von Stärkekörnern (Abb. 9) im Speicherparenchym angereichert.

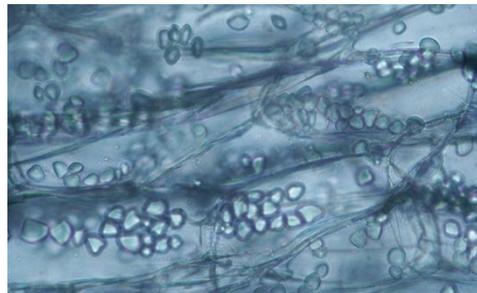


Abb. 9: Stärkekörner im Speicherparenchym *Zingiber officinale* Rosc. [Winter, 2006]

3.1.4.1 Scharfstoffe

Typisch für Ingwer ist der hohe Anteil an Gingerolen (ca. 25 % Anteil am Oleoresin) und ihrer Derivate. Diese zählen zur Gruppe der Arylalkane und sind lipophil und nichtwasserdampfflüchtig [Hänsel und Sticher, 2010]. Bei der Biogenese von Gingerolen werden Fettsäurereste mit einem Zimtsäure-Derivat verknüpft.

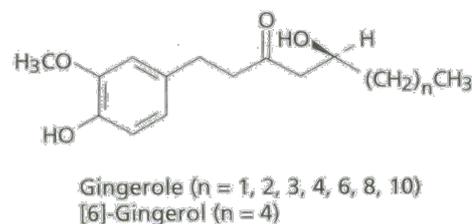


Abb. 10: Gingerole [Teuscher, 2003]

Die Gingerole (Abb. 10) werden nach der Anzahl der C-Atome der Fettsäurereste unterschieden. Hauptkomponente im Ingwer ist das [6]-Gingerol. Das zeigen auch neueste Analysen von Salmon et al. [2012]. Weiters wurden [3]-, [4]-, [5]-, [8]-, [10]- und [12]-Gingerole aus Ingwer-Rhizomen isoliert. Methylgingerole entstehen durch Methylierung am asymmetrischen C-Atom oder an der phenolischen OH-Gruppe [Teuscher, 2003, Singletary, 2010a]. Gingerole und ihre Derivate sind hauptsächlich für den scharfen Geschmack verantwortlich. Die höchste Scharfwirkung innerhalb der homologen Reihe hat dabei das [6]-Gingerol. Im Vergleich zu Capsaicin (1 mg Capsaicin/kg = 16 SHU) ist die Schärfe aber eher moderat [Hänsel und Sticher, 2010]. In Scoville-Einheiten (SHU) liegt der berechnete Scharfwert von Ingwer zwischen 23.400 und 36.300 SHU, je nach Herkunft und Verarbeitungsgrad [Govindarajan et al., 1980]. Chilipulver hat beispielsweise einen Gesamtcapsaicinhalt von 1000 bis 3000 mg/kg und liegt daher auf der Scoville-Skala zwischen 30.000 und

50.000 SHU). In frischen Chilifrüchten wurden Capsaicinergehalte von über 8000 mg/kg nachgewiesen [BfR, 2011].

Während der Lagerung entstehen temperaturabhängig sehr leicht die noch schärfer schmeckenden Shogaole aus den Gingerolen (Abb. 11). Dies geschieht durch Dehydratisierung. Die Hauptverbindung ist, analog zu den Gingerolen, das [6]-Shogaol und es gibt ebenfalls eine homologe Reihe, abhängig von den Kettenlängen der Fettsäurereste. Im frischen Gemüse-Ingwer oder in frisch hergestellten Oleoresinen sind Shogaole nur in geringen Mengen zu finden [Hänsel und Sticher, 2010]. Ein hoher Anteil an Shogaolen deutet darauf hin, dass die Ware einer eventuell zu langen Trocknung unterzogen bzw. zu lange gelagert wurde. Dies bedeutet, dass der Geschmack durch Lagerung deutlich schärfer wird. [Teuscher, 2003, Singletary, 2010a]. Der Anteil der Shogaole im getrockneten und gelagerten Ingwer ist demnach auch ein Qualitätsmerkmal, da dieser mit zunehmender Lagerdauer ansteigt. Ein weiteres Abbauprodukt aus den Gingerolen ist Zingeron. Dies entsteht durch eine Retroaldolreaktion ebenfalls bei zu langer Lagerung.

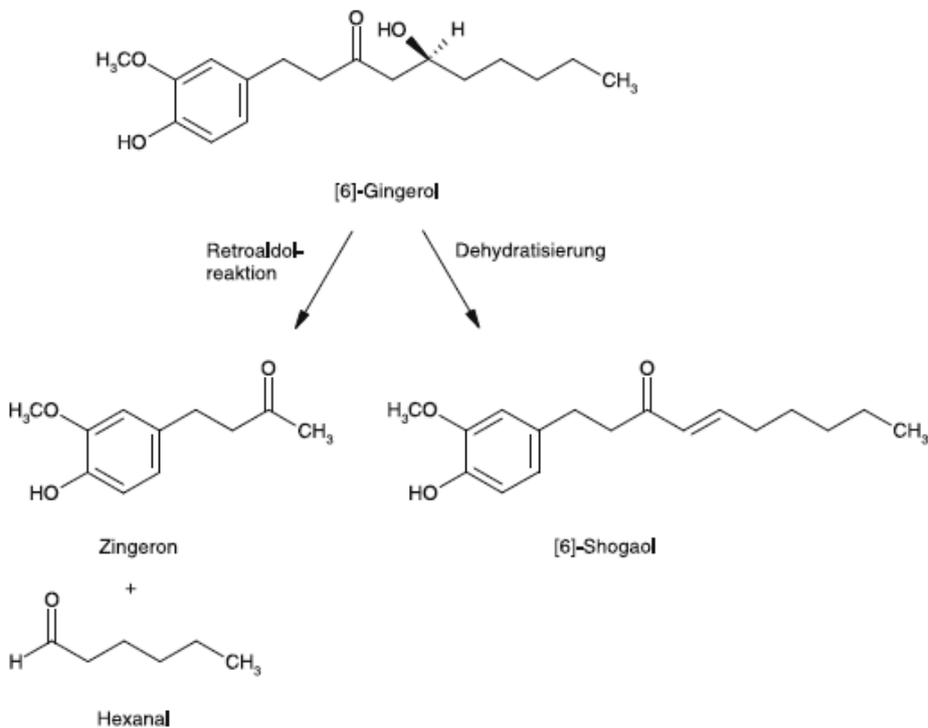


Abb. 11: Entstehung von Shogaol und Zingeron aus Gingerol [Hänsel und Sticher, 2010]

3.1.4.2 Ätherisches Öl

Neben den Scharfstoffen enthält Ingwer 1 bis 4 % ätherisches Öl, welches aus über 160 Einzelkomponenten besteht. Laut Österreichischem Lebensmittelbuch muss der ätherische Öl-Anteil bei ganzer Ware mindestens 1,5 % betragen [Codexkommission, 2009]. Die Zusammensetzung ist stark von der Herkunft des Rhizoms abhängig und davon, ob es sich um frischen oder getrockneten Ingwer handelt. Das ätherische Öl des Ingwers ist hellgelb und besteht aus einem Gemisch aus Monoterpenen und Sesquiterpenen. [Teuscher, 2003, El-Ghorab et al., 2010]

Die Hauptkomponenten sind [Teuscher, 2003]:

Sesquiterpenkohlenwasserstoffe (Abb. 12)

- Zingiberen, mit einem Anteil von 7 bis 50 %
- β -Sesquiphellandren, mit 2 bis 12 %
- *ar*-Curcumen, mit 0,2 bis 19 %
- β -Bisabolen
- α -Farnesen

Der Gehalt an Zingiberen und β -Sesquiphellandren nimmt mit der Lagerung ab, während der Gehalt an *ar*-Curcumen mit der Lagerung zunimmt.

Sesquiterpenalkohole (Abb. 12)

- Sesquiphellandrol
- Zingiberol
- das Isomerengemisch aus *cis*- und *trans*- β -Eudesmol gilt als wesentliche Geruchskomponente

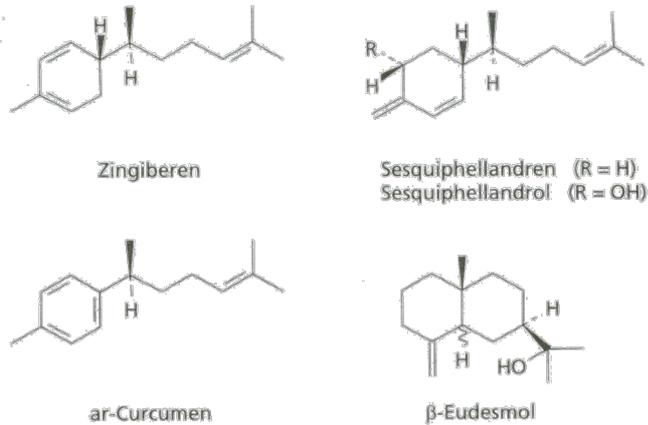


Abb. 12: Sesquiterpenkohlenwasserstoffe und Sesquiterpenalkohole [Teuscher, 2003]

Monoterpene u.a.

(Abb. 13, Abb. 22)

- 1,8-Cineol, Spuren bis 13 %
- *p*-Cymen, 0,2 bis 11 %
- Nerolidol, Spuren bis 9 %
- α -Pinen, 1,4 bis 4,2 %
- Linalool, 1,0 bis 5,5 %
- Citral (Gemisch aus der *trans*-Form Geranial und der *cis*-Form Neral)
- außerdem: Borneol, β -Pinen, Camphen, Geraniol und andere

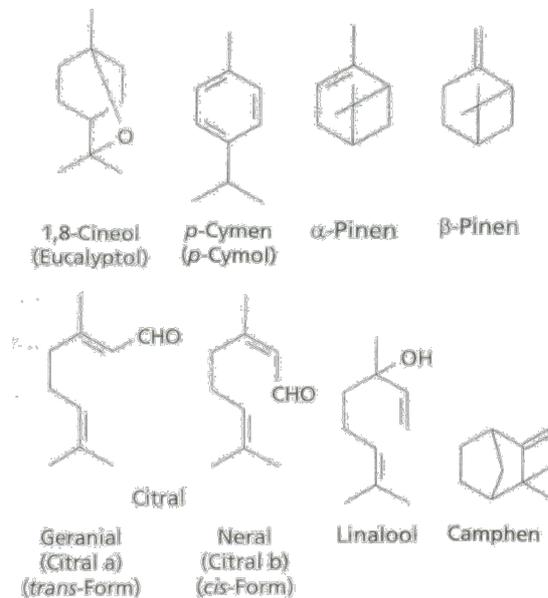


Abb. 13: Monoterpene 1 [Teuscher, 2003]

Ein hoher Gehalt an Citral ist für das typische, zitronenartige Aroma verantwortlich. Besonders im australischen Ingwer liegt der Gesamtanteil an Geranial und Neral bei ca. 9 % und im Ingwer von Madagaskar wurden Geranial-Werte bis ca. 10 % nachgewiesen. [Teuscher, 2003]

3.1.4.3 Sonstige Inhaltsstoffe

Weitere im Ingwer vorhandene Verbindungen sind Aliphate (u.a. Nonanol und Propanal), Monoterpenglykoside, Paradole, Gingerdione und 1- und 5-Dehydro-Gingerdione, Gingerdirole, Curcuminoide (= 1,7-Diarylheptanoide), Diterpene und Ingwerglykolipide. Wie bereits erwähnt deutet ein hoher Anteil an Zingeron (zählt zu den Gingerdionen) auf eine minderwertige Qualität hin, da dieses bei zu langer Lagerung aus den Gingerolen abgebaut wird (siehe Abb. 11, Seite 20). [Teuscher, 2003]

Gingerole und ihre Derivate sowie die ätherischen Ölkomponenten im Ingwer-Rhizom sind verantwortlich für den aromatischen, mehr oder weniger scharfen, zitronenartigen Geschmack und werden häufig in der Humanernährung genutzt, worauf im folgenden Kapitel genauer eingegangen wird.

3.1.5 Verwendung in der Humanernährung

Ingwer ist in den Herkunfts- und Anbauländern ein traditionell genutztes Gewürz [Katzer, 2007]. In Europa war Ingwer im Rom des 7. Jahrhunderts als Gewürz für Speisen und Getränke sehr beliebt und im Mittelalter wurde das Rhizom vorwiegend zur Verfeinerung von Saucen genutzt [Till, 2004]. Über Jahrhunderte in Vergessenheit geraten erlebt das Gewürz in Westeuropa seit den letzten 10 bis 20 Jahren eine Renaissance, die auch an den Importzahlen erkennbar ist (siehe Tab. 3, Seite 13).



Abb. 14: Rhizom *Zingiber officinale* Rosc. frisch [Winter, 2006]

3.1.5.1 Verwendung als Gewürz

Frischer Ingwer (Abb. 14 und Abb. 15) wird im asiatischen Raum je nach Region zum Würzen von Fisch-, Fleisch-, Geflügel- und Gemüsegerichten verwendet. In der chinesischen Küche wird er vorwiegend für Wokgerichte eingesetzt. [Teuscher, 2003, Katzer, 2007]

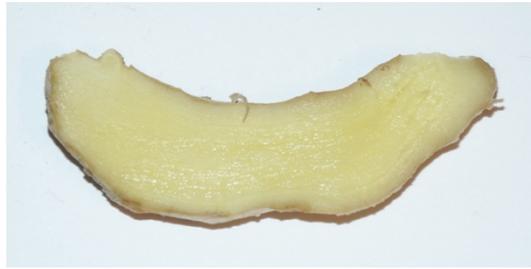


Abb. 15: Rhizom *Zingiber officinale* Rosc. frisch, Querschnitt [Winter, 2006]

Er kann frisch gerieben oder fein gehackt den Speisen zugesetzt werden. Soll das zitronenartige Aroma (Citral-Anteil im ätherischen Öl) erhalten bleiben, so muss frischer Ingwer erst kurz vor Ende der Garzeit dem Gericht beigefügt werden. Je länger die Kochdauer, umso schärfer wird der Geschmack des Ingwers und das frische Aroma geht zurück [Katzer, 2007]. Getrockneter und gemahlener Ingwer wird vorwiegend in der süßen Küche für Ingwerbiskuit, Ingwerkuchen und ähnliches eingesetzt [Teuscher, 2003] und ist Bestandteil vieler Curymischungen. Neben weißem Pfeffer, Muskatnuss und Gewürznelken ist getrockneter, gemahlener Ingwer einer der Bestandteile der traditionellen französischen Gewürzmischung *Quatre-épices* (Viergewürz) [Kotányi, 2012]. In süß-saurer Lake eingelegter, feinblättrig geschnittener Ingwer wird als Beilage zu Sushi gereicht [Katzer, 2007].

Historisch betrachtet wurde gemahlener Ingwer in Europa wohl bei der Herstellung von Lebkuchen (englisch gingerbread) am häufigsten eingesetzt. Es entstand eine eigene Zunft, die der Lebzelter oder Lebküchner [Wende, 2007]. Ein aus dem 16. Jahrhundert überliefertes Rezept lautet wie folgt:

„1 Pfd. Zucker, $\frac{1}{2}$ Seidlein oder $\frac{1}{8}$ erlein Honig, 4 Loth Zimet, 1 $\frac{1}{2}$ Muskatrumpf, 2 Loth Ingwer, 1 Loth Caramumlein, $\frac{1}{2}$ Quentlein Pfeffer, 1 Diethäuflein Mehl – ergibt 5 Loth schwer.“ [Wende, 2007]

Das Rezept scheint die älteste schriftliche Überlieferung eines deutschen Lebkuchens zu sein, und wird im Germanischen Nationalmuseum in Nürnberg aufbewahrt. Dieser Lebkuchen ist nicht mit dem heutigen zu vergleichen. Der damalige Lebkuchen war eine sehr „würzige“ Kost, wie das Verhältnis von Gewürzen zu Mehl zeigt [Wende, 2007]. Gemahlener Ingwer ist auch heute noch neben Zimt, Muskatnuss, Koriander, Fenchel, Gewürznelken, Piment, Anis, Sternanis, Pfeffer und Kardamom in den gängigen Gewürzmischungen für Lebkuchen enthalten [Kotányi, 2012].

3.1.5.2 Verwendung als Aromastoff

Neben der Verwendung als Speisegewürz wird Ingwer, aber auch Ingwer-Oleoresin und Ingweröl zum Aromatisieren von Getränken eingesetzt. Das bekannteste Getränk ist das alkoholfreie Ginger Ale. In England ist auch das schwach alkoholhaltige Ginger Beer (2 % Alkohol) sehr geschätzt [Till, 2004]. Im russischen Heißgetränk Sbiten kommt neben anderen Gewürzen und Honig auch Ingwer zum Einsatz [Teuscher, 2003]. Ebenso als wärmender Tee in der kalten Jahreszeit ist Ingwer mittlerweile beliebt. Dazu wird frischer Ingwer in Scheiben geschnitten und mit kochendem Wasser überbrüht bzw. kurz gekocht und eventuell mit Honig gesüßt.

3.1.6 Ausgewählte Wirkungen

Die Inhaltsstoffe des Ingwer-Rhizoms lassen aufgrund des aromatischen, scharfen Geschmacks auf eine Anregung der Verdauungssäfte und somit auf eine verdauungsfördernde und appetitanregende Wirkung schließen. In Tierversuchen, aber auch in Humanstudien wurde nachgewiesen, dass Ingwer u.a. antiulzerogen, antiemetisch, antilipämisch, antiatherosklerotisch, antitumoral und antioxidativ wirkt. [Teuscher, 2003]

Während die westliche Medizin nicht zwischen frischem und getrocknetem Ingwer unterscheidet, gibt es im traditionellen Gebrauch der chinesischen Medizin

unterschiedliche Verwendungen dieser beiden Formen [Abascal und Yarnell, 2009]. In der TCM wird frischer Ingwer (sheng jiang) zu den warmen, scharfen Arzneien gezählt, die die Oberfläche öffnen. Er wirkt fiebersenkend, analgetisch, beruhigend, antiallergisch sowie förderlich auf das Herz, cholezystokinetisch, und blutdrucksenkend. Er lindert Schockzustände, mindert Ulzerationen, lindert Erbrechen, wirkt hepatoprotektiv und senkt die Thrombozytenaggregation. Getrockneter Ingwer (gan jiang) dagegen zählt zu den Kälte vertreibenden Arzneien, die das Innere wärmen. Er vermindert die Peristaltik, fördert die Inkretion von Verdauungssäften, lindert Diarrhö, wirkt kardiotonisch und Gefäß erweiternd, analgetisch, antibakteriell, antiparasitisch, antithrombotisch, antiemetisch, antiischämisch, antiphlogistisch, antiulzerativ und fiebersenkend. [Focks und Hillebrand, 2006]

Die unterschiedliche Wirkung von getrocknetem und frischem Ingwer konnte durch gängige wissenschaftliche Methoden bis dato nicht nachgewiesen werden. Dies wurde anhand der antioxidativen Kapazität mehrfach untersucht und ergab keinen signifikanten Unterschied [Henning et al., 2011, Rajnarayana et al., 2011]. Allerdings ist zur chinesischen Arzneimittelwirkung zu sagen, dass diese nach dem Prinzip „trial and error“ gefunden wurde. Dabei ist die lange Zeitperiode bedeutend, in der die chinesischen Pharmazeutika getestet wurden. Diese Tests entsprechen zwar nicht den westlichen Forschungskriterien, können jedoch auf klinisch dokumentiertes Erfahrungsmaterial von mehr als zwei Jahrtausenden zurückgreifen. Basis für die Wirkungsfindung sind dabei genaue Naturbeobachtungen, die sich teilweise in den Namen der Arzneidroge widerspiegeln (z.B. *baibucao* = „100-Schritte-Kraut“, weiter kommt man nach der Einnahme nicht; Synonym für *Aconiti radix*, stark toxische Pflanze). Die Anwendung über Jahrhunderte führte aber auch zu einem hohen Wissensstand über unerwünschte Nebenwirkungen und Wechselwirkungen zwischen einzelnen Kräuterarzneien [Hänsel und Sticher, 2010]. So wird beispielsweise *Zingiber officinale* Rosc. in Arzneimittelkombinationen dazu verwendet, die Toxizität anderer Kräuter wie *Aconitum* spp. (Eisenhut, Ranunculaceae, *fu zi*) oder *Pinellia ternata* (Pinellie, Araceae, *ban xia*) herabzusetzen [Abascal und Yarnell, 2009].

In den letzten 50 Jahren konnte durch staatliche Förderungen der chinesische Arzneimittelschatz nach wissenschaftlichen Kriterien weitestgehend systematisiert werden. Seit 2008 ist die Europäische Arzneibuchkommission dabei, die Monographien chinesischer Arzneidroge zu überprüfen, zu validieren und zu überarbeiten. [Hänsel und Sticher, 2010]

Trotz der Vielzahl von Studien über die biologische Aktivität der Inhaltsstoffe von Ingwer sind die Informationen über die Bioverfügbarkeit der Komponenten für den Menschen noch sehr gering. Die Bioaktivität ist nicht nur vom chemischen Profil des spezifischen Ingwerproduktes (frisch, getrocknet, ätherisches Öl-Extrakt, Oleoresin) abhängig, auch die Art der Einnahme und der Verbleib der Metaboliten im Körper spielen eine Rolle. Je nachdem ob die Verabreichung oral oder intravenös erfolgt und ob [6]-Gingerol oder das Oleoresin in Tierversuchen verwendet wird, können unterschiedliche Metaboliten im Blut bzw. im Urin und in den verschiedenen Organen nachgewiesen werden. Intravenös verabreichter Ingwer (3 mg/kg Körpergewicht) wurde von Ratten rapide in der Leber metabolisiert und konnten im Blut nicht mehr nachgewiesen werden [Singletary, 2010a]. Bei einem weiteren Versuch mit Ratten wurden nach der oralen Verabreichung von [6]-Gingerol in der Galle beträchtliche Mengen an Glucuronsäurekonjugaten gefunden. Außerdem konnte eine spätere Exkretion der Gallenflüssigkeit festgestellt werden sowie geringere Mengen an polaren Metaboliten (z.B. Vanillinsäure, Ferulasäure) im Urin der Tiere [Nakazawa und Ohsawa, 2002]. Ähnliche Ergebnisse fand man bei der oralen Gabe von Ingwer-Oleoresin [Wang et al., 2009]. Die intraperitoneale Injektion von [6]-Gingerol führte bei Ratten ebenfalls zu ähnlichen Resultaten [Gauthier et al., 2011]. In vielen Untersuchungen wurde festgestellt, dass der Metabolismus von den Gingerolen mit sehr hoher Geschwindigkeit abläuft [Singletary, 2010a]. In einer klinischen Studie erhielten gesunde Probanden Ingwer in Dosen von 100 mg bis 2 g. Bei keinem der Probanden konnten freie Formen von [6]-, [8]-, [10]-Gingerol oder [6]-Shogaol im Serum nachgewiesen werden (erste Blutabnahme nach 15 min). Lediglich Glucuronsäurekonjugate und Sulfatkonjugate (erst ab einer Dosierung von 1 g) wurden gefunden [Zick et al., 2008]. Das Fehlen freier

Gingerole im Serum lässt vermuten, dass *in vitro* Experimente und Tierversuche, die unkonjugierte Ingwer-Komponenten verwenden, nur bedingt eine klinische Relevanz haben.

Dessen ungeachtet zeigen die bis dato durchgeführten Forschungen, dass Ingwer eine Vielzahl an gesundheitlichen Vorteilen bringt. Auf die einzelnen Wirkungen, die vor allem für die Humanernährung von Interesse sind, wird nun in nachfolgenden Kapiteln im Detail eingegangen.

3.1.6.1 Übelkeit und Erbrechen

Ingwer wird häufig als Mittel gegen Übelkeit und Erbrechen eingesetzt. Allerdings gibt es divergierende Ergebnisse seitens der Forschung. Beim Einsatz von Ingwer gegen Übelkeit ist ausschlaggebend, wodurch die Übelkeit verursacht wird. Es bestehen unterschiedliche Evidenzen für Schwangerschaftsübelkeit, Reisekrankheit und medikamentös verursachte Übelkeit (sowohl postoperativ als auch bei Chemotherapie). Weiters kann Ingwer bei Übelkeit aufgrund von Lebensmittelunverträglichkeiten, Infektionen oder Lebensstilproblemen (exzessiver Alkoholkonsum, Völlerei, etc.) eingesetzt werden. [Abascal und Yarnell, 2009, Singletary, 2010a]

Einsatz bei Schwangerschaftsübelkeit

Sehr ausführlich wurde bisher untersucht, ob Ingwer bei Schwangerschaftsübelkeit eingesetzt werden kann. Dennoch ist der chemische Mechanismus noch nicht eindeutig geklärt [Tiran, 2012]. Die antiemetische Wirkung wird größtenteils den Gingerolen und den Shogaolen zugeschrieben, aber auch die Zingiberene könnten einen Anteil daran haben. Es wird angenommen, dass die Scharfstoffe als Serotonin-Antagonisten fungieren und daher über eine indirekte Signalkaskade eine antiemetische Wirkung zeigen [Abdel-Aziz et al., 2005]. In einer Zellstudie wurden die Substanzen [6]-, [8]- [10]-Gingerol und [6]-Shogaol auf ihre inhibierende Wirkung auf den 5-HT₃-Rezeptor (Serotonin-Rezeptor) untersucht. [6]-Gingerol zeigte nur einen sehr geringen hemmenden Effekt, der

mit steigender Anzahl der C-Atome der Fettsäurereste stärker wurde. Die beste Wirkung konnte bei [6]-Shogaol nachgewiesen werden. Die Wirkungen waren dosisabhängig und alle Substanzen zeigten außerdem eine anticholinerge Wirkung sowie einen hemmenden Effekt auf den Neurokinin-Rezeptor (NK1). [Abdel-Aziz et al., 2005, Abdel-Aziz et al., 2006]

Systematische Übersichtsarbeiten zu therapeutischen Fragenstellungen, die sich durch einen besonders hohen Grad der Standardisierung auszeichnen, sind die im medizinischen Bereich üblichen Cochrane-Reviews. Diesen Reviews kann aufgrund der qualitativ hochwertigen, systematischen Aufarbeitung von Forschungsdaten eine besondere Bedeutung beigemessen werden. In einem Cochrane-Review von Matthews et al. [2011] wurden 27 Interventionsstudien mit insgesamt 4041 Frauen miteinander verglichen. Das Ergebnis in Bezug auf die Behandlung von Übelkeit und Erbrechen in der frühen Schwangerschaft hat ergeben, dass Ingwer zwar sehr vielen Frauen hilft, allerdings konnte keine eindeutige Evidenz festgestellt werden. Die Autoren nehmen an, dass dies an den unterschiedlichen Studiendesigns liegt [Matthews et al., 2011]. In anderen Reviews wird postuliert, dass Ingwer gerade bei Übelkeit in der Schwangerschaft ein ebenso effektives, wenn nicht sogar stärkeres Antiemetikum ist wie Vitamin B₆ bzw. Vitamin B₁₂ [Chrubasik et al., 2005, Singletary, 2010a, Tiran, 2012].

Ozgoli und Mitarbeiter zeigten in einer 2009 veröffentlichten Studie an 67 schwangeren Frauen eine signifikante Verbesserung der Schwangerschaftsübelkeit durch die Gabe von Ingwer. Es wurden 4 Kapseln täglich mit je 250 mg Ingwer für die Dauer von 4 Tagen verabreicht. Die Kontrollgruppe erhielt ein Placebo. Mittels Fragebogen sowie Interview wurde die Intensität der Übelkeit erfasst. Die Probanden mit der Intervention zeigten durchwegs eine Verminderung des Übelkeitsgefühls und einen Rückgang der Erbrechenrate im Vergleich mit den Placebo-Probanden [Ozgoli et al., 2009]. In einer weiteren Untersuchung wurde Ingwer mit Vitamin B₆ als Antiemetikum verglichen. Hierzu erhielten 126 schwangere Frauen entweder 650 mg Ingwer oder 25 mg Vita-

min B₆ in einer randomisierten kontrollierten Doppelblindstudie. Diese Dosis wurde 3 mal täglich für 4 Tage verabreicht. Der Grad der Übelkeit wurde mit dem Rhode's Score ermittelt. Der Rhode's Score erfasst den Ablauf der Schwangerschaftsübelkeit sowie die Dauer und die Häufigkeit des Erbrechens. Beide Interventionen waren erfolgreich, jedoch war die Behandlung mit Ingwer noch effektiver als die mit Vitamin B₆. [Chittumma et al., 2007]

Vorsicht ist geboten bei Tagesdosen mehr als 1 g, da klinische Studien in der Regel nur die Auswirkungen auf die Übelkeit in der Schwangerschaft untersuchen, nicht jedoch die Auswirkungen auf den Fötus [Singletary, 2010a]. Die Gingerole und ihre Derivate fungieren als Thrombozytenaggregationshemmer. Als effizientester Wirkstoff wurde [8]-Paradol identifiziert, gefolgt von [8]-Gingerol und [8]-Shogaol. Verglichen mit Aspirin, einem bekannten Thrombozytenaggregationshemmer, sind Gingerole und ihre Derivate wirkungsvoller. Diese Effekte sind dosisabhängig. Eine Teratogenität konnte im Tierversuch nicht festgestellt werden. [Chrubasik et al., 2005]. Dessen ungeachtet empfehlen Betz und Mitarbeiter den Einsatz von Ingwer bei Schwangerschaftsübelkeit nur im Rahmen klinischer Studien [Betz et al., 2005]. Um eine Evidenz für den breiten Einsatz von Ingwer zu erlangen, sind weiterführende Forschungsarbeiten mit höherer Dosierung und den Auswirkungen auf den Fötus erforderlich. Auch ein Ausschluss einer etwaigen Teratogenität und die Sicherheit einer längerfristigen Konsumation muss noch weiter untersucht werden.

Die TCM setzt getrockneten Ingwer wesentlich vorsichtiger ein als frischen. Während das British Herbal Compendium Ingwer gegen Schwangerschaftsübelkeit nennt, empfiehlt ihn weder die Deutsche noch die Europäische Gesellschaft für Phytotherapie für diese Zwecke. Basierend auf der langen historischen Verwendung von Ingwer bei schwangeren Frauen gehen die Autoren Abascal und Yarnell [2009] davon aus, dass frischer Ingwer in Form von Tee, Sirup oder Tinktur als gute erste Wahl gegen Übelkeit verabreicht werden kann. Sie vertrauen in diesem Fall auf den langjährigen Erfahrungsschatz der TCM und verwenden getrockneten Ingwer eher zurückhaltend. Dennoch ist eine völ-

lige Vermeidung nicht erforderlich, da in den durchgeführten Untersuchungen keine negativen Effekte – weder auf die Mutter noch auf das ungeborene Kind – festgestellt werden konnten. [Abascal und Yarnell, 2009]

Die hohe Prävalenz von Übelkeit und Erbrechen, vor allem im ersten Trimester der Schwangerschaft macht weiterführende Studien mit adäquatem Design notwendig, um so eine eindeutige Evidenz für den Einsatz von Ingwer zu gewährleisten. Ebenso müssen die längerfristigen Auswirkungen auf den Fötus untersucht werden. [6]-Shogaol zeigte *in vitro* eine höhere antiemetische Wirkung als die Gingerole [Abdel-Aziz et al., 2006]. Wie im Kapitel 3.1.4.1 Scharfstoffe (Seite 19 ff) erläutert, werden durch den Trocknungsprozess die Gingerole in Shogaole abgebaut. Das lässt die Schlussfolgerung zu, dass der Einsatz von getrocknetem Ingwer bei Schwangerschaftsübelkeit eine schnellere Wirkung erzielen könnte.

Einsatz bei Reisekrankheit

Kinetose (Reisekrankheit) ist ein Symptomkomplex aus Übelkeit, Erbrechen, Kaltschweißigkeit, Schwindel, Abgeschlagenheit und Tachykardie, der als physiologische Reaktion auf Beschleunigungsreize entsteht. Es ist anzunehmen, dass emotionale und psychische Aspekte ebenfalls eine Rolle spielen. Für Übelkeit durch Kinetose gibt es noch keine ausreichende Evidenz für die Gabe von Ingwer.

Betz und Mitarbeiter [2005] kommen in ihrer systematischen Übersichtsarbeit zu dem Schluss, dass es keine überzeugenden Fakten für die Prophylaxe und die Therapie von Kinetose gibt. In drei von insgesamt sechs klinischen Studien hatte die Einnahme von Ingwer positive Effekte (Tab. 4). Zwei Untersuchungen waren Feldstudien, das heißt, der Einsatz von Ingwer erfolgte bei natürlichem Erbrechen. In den übrigen Studien wurden die Symptome unter standardisierten Laborbedingungen ausgelöst. Darunter waren auch Studien von hoher methodischer Qualität, aber auch sie lieferten keine überzeugenden Daten. Lediglich die Studie von Mowrey und Clayson [1982] zeigte eine signifikant stärkere

Wirkung von Ingwer bei gastrointestinalen Symptomen, verglichen mit Dimenhydrinat (gängiges Antiemetikum bei Reisekrankheit) und dem Placebo. Betz und Mitarbeiter interpretieren allerdings die Ergebnisse der Studie vorsichtig. Der Grund dafür ist der niedrige Punktwert des Jadad-Scores, eines Qualitäts-Index für klinische Interventionsstudien. [Betz et al., 2005]

Autor	Dosierung, g	Anzahl der mit Ingwer/Placebo bzw. aktiver Kontrolle behandelten Probanden	Nebenwirkungen	Jadad-Score [18]	Voting	Kinetosen-Modell
Mowrey und Clayson, 1982 [29]	1	12/24/0	–	1	positiv	rotierender Stuhl, 17 Umdrehungen/min in Verbindung mit einer vertikalen Komponente
Stott et al., 1983 [32] ^a	1	16/16/0	–	5	negativ	horizontaler drehbarer Tisch 90°/s und Kopfbewegungen
Wood et al., 1988 [33]	1	24/32/0	–	4	negativ	Kopfbewegungen auf einem rotierenden Stuhl
Grontved et al., 1988 [28]	1	40/40/0	0	5	positiv	Feldstudie: Segelschiff bei hohem Seegang
Stewart et al., 1991 [31] ^a	0,5–1	28/28/0	3	1	negativ	Kopfbewegungen auf einem rotierenden Stuhl
Schmid et al., 1994 [30]	0,25	203/0/0	0	5	positiv	Feldstudie: Walsafari auf offener See

^a Cross-over-Studiendesign.

Tab. 4: Charakteristika der Studien, in denen Ingwer gegen Kinetose eingesetzt wurde [Betz et al., 2005]

Singletary [2010a] stellt in seinem Review 11 experimentelle und klinische Studien gegenüber, wobei 7 Studien eine Verbesserung der Symptome zeigten. Allerdings konnte ebenfalls keine statistische Signifikanz erreicht werden. Die Ursache dafür liegt nicht nur an den unterschiedlichen Studiendesigns, sondern auch an den verschiedenen verabreichten Dosen. So wurde beispielsweise getrockneter Ingwer meist niedriger dosiert als frischer. Der Mechanismus ist auch hier noch nicht ausreichend geklärt. Man nimmt aber an, dass Ingwer direkt im Gastrointestinaltrakt und nicht auf das zentrale Nervensystem wirkt. [Chrubasik et al., 2005, Singletary, 2010a]

Einsatz bei medikamentös verursachter Übelkeit – Chemotherapie

Eine geringe, aber dennoch vorhandene Evidenz bei Übelkeit und Erbrechen durch Chemotherapie bzw. medikamentös verursachter Übelkeit zeigten bereits Tierversuche. Bei den Humanstudien differieren die Ergebnisse sowohl bei Chemotherapie-Patienten als auch bei Patienten mit postoperativer Übelkeit. Einige Studien kommen zu dem Ergebnis, dass Ingwer den Schweregrad und

die Dauer der Übelkeit reduziert, andere Studien zeigen dagegen keinen signifikanten Effekt. [Abascal und Yarnell, 2009, Singletary, 2010a].

Navari kommt in seinem jüngsten Review [2012] aufgrund der derzeit vorliegenden Forschungsergebnisse zu dem Schluss, dass Ingwer nicht als effektives Mittel gegen Übelkeit durch Chemotherapie empfohlen werden kann. In diesem Zusammenhang wurde 2009 eine Studie veröffentlicht, die 162 Krebspatienten in einer randomisierten, Placebo-kontrollierten Doppelblindstudie untersuchte. Die Patienten erhielten neben der Chemotherapie 1,0 g Ingwer, 2,0 g Ingwer oder ein entsprechendes Placebo für die Dauer von 3 Tagen. Alle Patienten erhielten zusätzlich eine 5-HT₃-Rezeptor-Blocker bzw. einen NK1-Rezeptor-Antagonisten. Es konnte kein Unterschied zwischen den Interventionsgruppen in Bezug auf Übelkeit und Erbrechen festgestellt werden. Das Ergebnis der Studie zeigte keinerlei zusätzlichen Nutzen durch die Gabe von Ingwer, wenn 5-HT₃- und/oder NK1-Rezeptor-Blocker verabreicht wurden [Zick et al., 2009]. Hier stellt sich die Frage, ob durch eine alleinige Ingwer-Verabreichung ein positives Ergebnis hätte erreicht werden können. Wie bereits bei der Schwangerschaftsübelkeit erwähnt (Seite 28 ff), geht man davon aus, dass die Gingerole im Ingwer ebenfalls als 5-HT₃-Rezeptor-Blocker fungieren. Weiterführende Humanstudien sind daher unumgänglich. Nur so lässt sich feststellen, ob Ingwer geeignet ist, die medikamentöse Gabe von 5-HT₃-Rezeptor-Antagonisten zu ersetzen.

Einsatz bei medikamentös verursachter Übelkeit – postoperativer Einsatz

Ernst und Pittler haben in ihrem Review [2000] sechs Studien miteinander verglichen. Drei Studien untersuchten die Auswirkung von Ingwer bei postoperativer Übelkeit. Die Studienpopulation betrug zwischen 60 und 120 Frauen nach gynäkologischen Eingriffen. Es handelte sich jeweils um randomisierte, Placebo-kontrollierte Studien mit einer Ingwerdosierung von 0,5 g bis 1 g als Einzeldosis vor dem operativen Eingriff. In zwei Studien schnitt Ingwer im Vergleich zu Metoclopramid (zugelassenes Antiemetikum; derzeit Risikoverfahren in Deutschland [BfArM, 2012]) positiv ab. Er konnte zumindest als gleichwertiges,

effektives Mittel gegen postoperative Übelkeit empfohlen werden. Gesamt gesehen wurde festgestellt, dass Ingwer ein vielversprechendes pflanzliches Arzneimittel im Einsatz gegen Übelkeit und Erbrechen nach Operationen darstellt. Aufgrund der unzureichenden klinischen Datenlage können aber derzeit keine eindeutigen Schlüsse gezogen werden. [Ernst und Pittler, 2000]

Positive Ergebnisse zeigte auch eine randomisierte, kontrollierte Doppelblindstudie aus Thailand. Diese wurde an 120 Patienten nach einer gynäkologischen Operation durchgeführt. Die Intervention mit Ingwerkapseln (2 Kapseln á 0,5 g Ingwerpulver) erfolgte eine Stunde vor dem Eingriff. Die Kontrollgruppe erhielt 2 Kapseln mit 0,5 g Laktose. Die Evaluierungen erfolgten 0, 2, 6, 12 und 24 Stunden nach der Operation. Übelkeit und Erbrechen trat in der Interventionsgruppe signifikant geringer auf als in der Placebogruppe. Der größte Effekt wurde zwischen 2 und 6 Stunden nach dem Eingriff festgestellt. Außerdem konnten keine negativen Auswirkungen erfasst werden. Die Wirksamkeit von Ingwer gegen Übelkeit und Erbrechen ist demzufolge bei postoperativem Einsatz insbesondere nach gynäkologischen Eingriffen gegeben. [Nanthakomon und Pongrojpraw, 2006]

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass weiterführende Studien für die Verwendung von Ingwer bei medikamentös verursachter Übelkeit (Chemotherapie, postoperativ) erforderlich sind. Nur so ist eine sinnvolle Empfehlung für die Einnahme von Ingwer möglich. Positiv fällt auf, dass so gut wie keine Nebenwirkungen durch die Gabe von Ingwer aufgetreten sind. Lediglich bei täglichen Dosen von über 6 g konnten geringfügige Nebenwirkungen in Form von leichten gastrointestinalen Verstimmungen und Schläfrigkeit [Betz et al., 2005] festgestellt werden. Keines der Symptome erforderte eine gesonderte Behandlung. Demzufolge und aufgrund der derzeitigen Forschungsergebnisse kann Ingwer als Antiemetikum, wenngleich nicht immer wirksam, als relativ sicher eingestuft werden.

3.1.6.2 Effekte auf das Verdauungssystem

Wissenschaftliche Untersuchungen zur Wirkung von Ingwer auf den Verdauungstrakt kommen zu unterschiedlichen Ergebnissen. Dies konnte sowohl im Tierversuch als auch bei Humanstudien festgestellt werden. Als aktive Substanzen wurden in erster Linie die Gingerole und Shogaole untersucht [Betz et al., 2005]. Diese sind in der Lage, das Verdauungssystem zu stimulieren, die Absorption zu fördern und Obstipation und Flatulenz zu lindern, indem sie die Muskelaktivität erhöhen [Ghosh et al., 2011]. In Tierversuchen mit Nagern konnten cholinerge Wirkungen und antagonistische Effekte auf Muscarin- und Serotonin-Rezeptoren festgestellt werden. Ebenso scheint Ingwer auf den 5-HT₃-Rezeptor-Ionenkanal-Komplex im Gastrointestinaltrakt zu wirken, wodurch auch schon die antiemetische Wirkung zu erklären ist (siehe 3.1.6.1). [Singletary, 2010a]

Neben dem antagonistischen Effekt auf den 5-HT₃-Rezeptor scheint Ingwer laut einiger Humanstudien nicht in der Lage zu sein, die Magenentleerung zu beschleunigen. Allerdings konnte ein Effekt auf die Magenmotilität [Chrubasik et al., 2005] festgestellt werden, was wiederum eine positive Auswirkung auf das gesamte Verdauungssystem hat.

Obwohl eine große Anzahl der durchgeführten klinischen und experimentellen Studien eine positive Wirkung auf das Verdauungssystem durch Ingwereinnahme bestätigt, zeigen einige Untersuchungen nur geringe oder gar keine positiven Ergebnisse. Eine aktuelle Untersuchung von Chuah und Mitarbeitern [2011] zeigte keinerlei Auswirkung auf gastrointestinale Symptome (Blähungen, Völlegefühl, Übelkeit und Hunger). Ingwer wird gegen eine Vielzahl an Erkrankungen des Verdauungstraktes eingesetzt. Das Ziel dieser randomisierten Doppelblindstudie war, die Effekte von Ingwer auf das Gallenblasenvolumen und auf die gastrointestinalen Empfindungen gesunder Männer zu untersuchen. Dazu erhielten die Probanden insgesamt 1200 mg pulverisierten Ingwer in 3 Kapseln, bzw. ein entsprechendes Placebo und eine standardisierte Mahlzeit. Das Gallenblasenvolumen und die -entleerung wurden mittels abdominalem

Ultraschall gemessen. Die gastrointestinalen Symptome wurden ebenfalls erfasst. Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen der Interventionsgruppe und der Placebogruppe festgestellt werden. [Chuah et al., 2011]

3.1.6.3 Effekte auf Blutlipide und Blutglucose

Krankheitsbilder wie Adipositas haben in den letzten Jahren alarmierende Ausmaße erreicht. Laut WHO hat sich die weltweite Adipositas seit 1980 verdoppelt und 2010 waren bereits 43 Millionen Kinder unter 5 Jahren übergewichtig. 2008 waren 1,5 Milliarden Erwachsene über 20 Jahren übergewichtig, wobei davon über 200 Millionen Männer und beinahe 300 Millionen Frauen als adipös eingestuft wurden [Nammi et al., 2009, WHO, 2011]. Gerade der moderne Lebensstil, den Bewegungsarmut und hochkalorische Ernährung charakterisieren, erfordert daher besondere Maßnahmen.

Ein weiteres Krankheitsbild der modernen Gesellschaft ist das Metabolische Syndrom, welches Adipositas als eines der Hauptsymptome aufweist. Weitere Symptome des Metabolischen Syndroms sind Dyslipidämie, Hyperglykämie und Insulinresistenz bzw. Prädisposition für Diabetes mellitus Typ 2. In diesem Zusammenhang wurde eine Studie an Ratten durchgeführt. Den Ratten wurde neben einer fettreichen Diät methanolischer Ingwerextrakt in täglichen Dosen von 100, 200 und 400 mg/kg Körpergewicht verabreicht. Eine weitere Gruppe erhielt stattdessen ein Antidiabetikum (Rosiglitazon 3 mg/kg Körpergewicht) und eine Kontrollgruppe bekam ausschließlich eine fettreiche Diät. Die Intervention wurde für die Dauer von 6 Wochen durchgeführt. Gemessen wurden Körpergewicht sowie Glucose, Insulin, Gesamtcholesterin, LDL- und HDL-Cholesterin, Triglyceride, freie Fettsäuren und Phospholipide im Serum. In den ersten beiden Wochen blieb das Körpergewicht annähernd unverändert. Nach 3-4 Wochen bewirkte die Behandlung mit Ingwer eine signifikante Gewichtsreduktion um 17 bis 23 % und nach 6 Wochen 27 bis 34 %. Die Kontrollgruppe zeigte dem gegenüber einen signifikanten Anstieg des Körpergewichts. Ähnliche positive Werte konnten bei den Serumkonzentrationen von Glucose, Insulin, Ge-

samtcholesterin, LDL-Cholesterin, Triglyceride, freien Fettsäuren und Phospholipiden erreicht werden. Lediglich bei HDL-Cholesterin konnten keine signifikanten Veränderungen im Serum festgestellt werden. [Nammi et al., 2009]

In einer weiteren Studie an fettreich ernährten Mäusen war durch die Behandlung mit [6]-Gingerol keine Senkung des Plasmacholesterins erkennbar. Bei dieser Untersuchung wurde [6]-Gingerol aus dem Rhizom der mit Ingwer verwandten Pflanze *Alpinia officinarum* Hance gewonnen. Da die gewonnene Substanz chemisch vollkommen ident ist, kann diese Studie mit Forschungsarbeiten verglichen werden, bei denen [6]-Gingerol aus *Zingiber officinale* Rosc. gewonnen wurde. Die Dosierung entsprach in etwa 25 g frischem Ingwer pro kg Nahrungszufuhr. Die Tiere bekamen zudem eine fettreiche Diät mit einem hohen Anteil an gesättigten Fettsäuren. Interessant ist, dass trotz signifikanter Erhöhung des Plasmacholesterins eine Senkung der hepatischen Farnesyldiphosphatsynthetase erzielt werden konnte. Diese ist maßgeblich an der Biosynthese des Cholesterins beteiligt. Ebenso wurde beobachtet, dass Enzyme, die an der β -Oxidation von Fettsäuren beteiligt sind, signifikant anstiegen. Das Körpergewicht der Tiere konnte mit dem Zusatz von [6]-Gingerol im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant reduziert werden. Aufgrund dieses scheinbaren Widerspruchs leiten die Autoren ab, dass [6]-Gingerol zwar keine unmittelbar positive Wirkung auf den Cholesterinstoffwechsel hat, jedoch aufgrund der gesteigerten β -Oxidation einen positiven Effekt auf das Körpergewicht bewirkt. Die Konsequenz wäre eine Hypercholesterinämie trotz verminderter Adipositas. [Beattie et al., 2011]

Al-Amin und Mitarbeiter untersuchten 2006 Ingwer und seine Wirkungen bei diabetischen Ratten mit Hyperlipidämie. Den Nagern wurde für die Dauer von 7 Wochen die Dosis von 500 mg/kg Körpergewicht eines rohen, wässrigen Ingwerextraktes intravenös verabreicht. Untersucht wurden Serumglucose, Cholesterin und der Triacylglycerinspiegel im Blut. Die Proteinausscheidung im Urin wurde ebenfalls gemessen. Die mit Ingwer behandelten Ratten zeigten eine signifikante Reduktion des Blutglucosespiegels sowie eine um 44 % signifikante

Reduktion des Serumcholesterinspiegels im Vergleich zur Kontrollgruppe. Beim Triacylglycerin konnte eine Reduktion um 41 % erreicht werden. Auch die Proteinausscheidung im Urin wurde durch die Ingwerbehandlung reduziert. [Al-Amin et al., 2006]

Singletary zeigt in seiner systematischen Übersichtsstudie [2010a] weitere ähnliche Ergebnisse in Tierversuchen mit Nagern. [6]-Gingerol bewirkte in allen Studien positive Effekte auf Hyperglykämie, Hyperlipidämie und Hyperinsulinämie. Neben den Gingerolen konnten auch den Zingiberenen positive Effekte auf den Blutglucosespiegel und auf das Fettgewebe nachgewiesen werden. Gingeole haben in *in vitro* Studien einen insulinsensibilisierenden und die Glucoseaufnahme fördernden Effekt gezeigt. [Singletary, 2010a]

Im Vergleich zu den Tierversuchen und *in vitro* Studien verweist Singletary auf eine im Jahr 1997 veröffentlichte Humanstudie [Bordia et al.] an herzkranken Patienten. Bei einer täglichen Gabe von 4 g Ingwerpulver über 3 Monate waren keinerlei Veränderungen – weder bei den Blutlipiden noch bei der Blutglucose – nachweisbar. Diese Studie beobachtete auch die Fibrinolyse und die Fibrinogenlevel bei einer induzierten Thrombozytenaggregation. Hier konnte erst bei einer Dosis von 10 g Ingwerpulver eine signifikante Reduktion der Thrombozytenaggregation festgestellt werden (siehe auch Kap. 3.1.6.5). [Bordia et al., 1997, Singletary, 2010a]

Eine 2008 durchgeführte, kontrollierte klinische Doppelblind-Studie mit Hyperlipidämie-Patienten ergab jedoch eine signifikante Senkung der Serumlipide im Vergleich zur Placebogruppe. Dazu erhielten die Probanden der Interventionsgruppe 45 Tage lang Kapseln mit 3 g Ingwerpulver pro Tag, die Placebogruppe entsprechende Laktosekapseln. Triglyceride, Cholesterin, LDL- und VLDL-Cholesterin wurden vor und nach der Intervention verglichen. Neben dem signifikanten Rückgang von LDL-Cholesterin und Triglyceriden konnte auch ein Anstieg des HDL-Cholesterins gemessen werden. [Alizadeh-Navaei et al., 2008]

Aufgrund der inhomogenen Ergebnisse der bislang durchgeführten Untersuchungen kann derzeit noch keine klare Aussage für den Einsatz von Ingwer bei Hypercholesterinämie, Hyperlipidämie, Hyperglykämie und den damit verbundenen Erkrankungen getroffen werden. Es sind noch weitere Studien- und Forschungsarbeiten nötig – vor allem im Humanbereich. Nur deren hohe methodische Qualität kann klären, ob eine längerfristige Einnahme von Ingwer Auswirkungen auf Blutlipide und Blutglucose hat.

3.1.6.4 Entzündungshemmende und antioxidative Wirkungen

Eukaryotische Zellen sind unter natürlichen Bedingungen ständig freien Radikalen ausgesetzt, vor denen sie sich schützen müssen. Dafür sind sie mit natürlichen Antioxidantien und antioxidativen Enzymen ausgestattet. Entsteht jedoch ein Ungleichgewicht im Zellsystem, sei es durch Stress oder Ernährungsfehler, so kann dieses für die Anfälligkeit unterschiedlichster Krankheiten verantwortlich sein [Baliga et al., 2011]. Obwohl viele Mechanismen noch nicht geklärt sind, zeigen zahlreiche Studien, dass Krankheitsbilder wie Atherosklerose, neurodegenerative Erkrankungen, Rheumatoide Arthritis oder auch Krebserkrankungen mitunter auf oxidativen Stress zurückzuführen sind (Abb. 16).

Antioxidative Wirkung

Freie Radikale greifen in erster Linie die Membranstruktur eukaryotischer Zellen an, indem sie deren Fettsäuren oxidieren (Lipidperoxidation). Dabei sind die mehrfach ungesättigten Fettsäuren (PUFA = polyunsaturated fatty acids) am stärksten betroffen. Die Folgen sind der Verlust der Fluidität der Zellmembran, ein Absinken des Membranpotentials, eine Erhöhung der Durchlässigkeit für Protonen und Calciumionen und letztendlich die Zerstörung der Zellmembran. Die Metaboliten der Lipidperoxidation können die Signaltransduktion der Zellen stören bzw. beeinflussen und Auswirkungen auf die Zellproliferation, Zelldifferenzierung, die Zellreife und die Apoptose haben. Daraus resultieren wiederum pathologische und toxikologische Prozesse für die Zelle. [Baliga et al., 2011]

Bereits in den 90iger-Jahren durchgeführte Zellkulturstudien konnten dem Ingwer eine antioxidative Wirkung nachweisen [Singletary, 2010a]. *In vitro* Untersuchungen haben gezeigt, dass Ingwer außerdem in der Lage ist, die enzymatische Lipidperoxidation zu verhindern [Baliga et al., 2011]. Weiterführende Tierversuche zeigten, dass die Gingerole – insbesondere [6]-Gingerol – in der Lage sind, verschiedene Zellgewebe und Organe gegen eine Schädigung durch oxidative Stressoren zu schützen [Singletary, 2010a]. Zusätzlich verursachten sie eine dosisabhängige Hemmung der Stickstoffmonoxid-Produktion (NO). Neben den Sauerstoffradikalen können Stickstoffmonoxide Schäden an der Zellstruktur und der Zellmembran verursachen sowie Schäden an der DNA und an Proteinen bewirken. Die Zingerone konnten ebenfalls als effektive Radikalfänger identifiziert werden. [Baliga et al., 2011]

Manju und Nalini [2005] fanden heraus, dass Ingwer die Plasmakonzentrationen von anderen Antioxidantien wie Vitamin C, Vitamin E und β -Carotine erhöht. Vitamin C wirkt dabei im wässrigen Milieu, Vitamin E und β -Carotin schützen vorwiegend die Zellmembran. Eine ebensolche Wirkung scheint Ingwer auf Glutathion (GSH), eines der wichtigsten zelleigenen Antioxidantien, zu haben [Manju und Nalini, 2005]. Zusätzlich zur direkten Wirkung auf radikale Moleküle wurde nachgewiesen, dass Ingwer die Aktivität der Enzyme *Glutathionperoxidase-1* (GPx-1), *Superoxiddismutase* (SOD) und *Katalase* reguliert. Herrscht eine entsprechende Balance zwischen diesen drei Enzymen in der Zelle vor, dann wird der oxidative Stress reduziert und die Zelle vor den zelltoxischen und mutagenen Effekten der freien Radikale geschützt [Baliga et al., 2011].

Abb. 16 zeigt, wie Ingwer diese Wirkung auf molekularer Ebene vermittelt: Ingwer wirkt als Fänger freier Radikale, indem er die Serumkonzentration von Vitamin C, Vitamin E, β -Carotine und GSH erhöht. Wasserlösliche Mutagene und Karzinogene werden durch die erhöhten Serumkonzentrationen von Vitamin C, E und durch die GSH gehemmt. Ingwer senkt antioxidative Stressoren und freie Radikale und inhibiert dadurch in weitere Folge DNA-Schäden. Durch die erhöhte Aktivität der Enzyme *SOD*, *Katalase* und *GPx-1* werden reaktive Stoff-

wechselprodukte von fettlöslichen Mutagenen und Karzinogenen inaktiviert und ebenfalls DNA-Schäden verhindert. Parallel dazu induziert Ingwer bei Zell- und DNA-Schäden die Apoptose und kann auf diese Weise ebenfalls die Krebsentstehung verhindern. Ingwer greift somit auf sehr vielen Ebenen regulativ in den Zellstoffwechsel ein. Daraus ergibt sich das hohe antioxidative Potential. [Baliga et al., 2011]

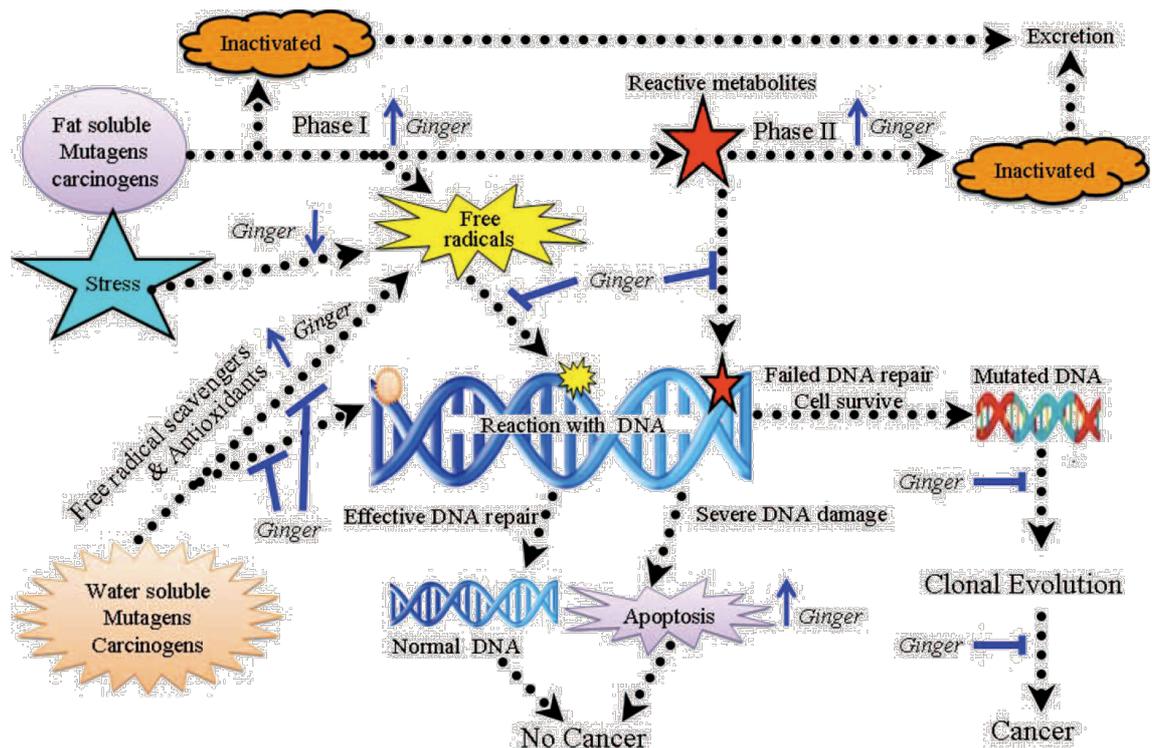


Abb. 16: Wirkung von Ingwer auf chemopräventive Radikalfänger, Antioxidantien und Apoptose; (Symbolerklärung: ↑ erhöhende Wirkung, ↓ senkende Wirkung, → hemmende Wirkung). [Baliga et al., 2011]

2011 wurden an Ratten mit CCl_4 -induzierter Leberfibrose verschiedene Ingwerextrakte auf ihre Wirkung gegen Leberfibrose getestet. Der Ethanolextrakt zeigte vor Chloroform und Petroleum dabei die beste Wirkung. Ergebnis der Studie war, dass Ingwer in der Lage ist, den Anstieg freier Radikale im Lebergewebe zu senken, die Biomarker für Leber und Galle zu verbessern, Kollagenablagerungen zu reduzieren und somit den Schweregrad der Fibrose zu mindern und die hepatische Zellarchitektur zu normalisieren. [Motawi et al., 2011]

Entzündungshemmende Wirkung

Jung und Mitarbeiter konnten die entzündungshemmende Wirkung bereits 2009 an Mikrogliazellen von Mäusen (BV2-Zellen) nachweisen. Um einen Entzündungsvorgang zu induzieren, wurden die BV2-Zellen mit Lipopolysacchariden (LPS) stimuliert. Das sind thermostabile Verbindungen an der Zellmembran gramnegativer Bakterien, die im menschlichen Organismus Entzündungen und Fieber auslösen können. Ingwer verminderte die exzessive Produktion von den Entzündungsmediatoren NO, PGE₂, TNF- α und IL-1 β in den LPS-stimulierten BV2-Zellen in signifikantem Ausmaß. Außerdem war Ingwer in der Lage, die Expression der mRNA und damit die Proteinbiosynthese der *Stickoxid-Synthase (iNOS)* in diesen Zellen zu unterdrücken. [Jung et al., 2009]. Eine Reduktion der *iNOS* vermindert somit die Produktion der zelltoxischen Stickoxide.

Ebenfalls 2009 verglichen Sang et al. die entzündungshemmende Wirkung der Gingerole und ihrer Abbauprodukte. Sie stellten fest, dass Shogaole ([6]-, [8]- und [10]-) im Vergleich zu [6]-Gingerol eine noch stärkere entzündungshemmende Wirkung haben. Shogaole verminderten das Wachstum von humanen Lungenkrebs- und Colonkrebszellen. Ebenso konnte ein hemmender Effekt auf die Arachidonsäureabgabe und die NO-Synthese festgestellt werden [Sang et al., 2009]. Arachidonsäure gilt als Ausgangsprodukt der Serie-2-Prostaglandine (PGE₂), die als exzessive Entzündungsmediatoren gelten.

Chronische Entzündungen verursachen ebenfalls oxidativen Stress und können so die Krebsentstehung fördern. Entzündliche Prozesse sind durch eine Überproduktion von Enzymen wie *Ornithin-Decarboxylase (ODC)*, Entzündungsmediatoren wie *iNOS* und entzündungsfördernden Cytokinen gekennzeichnet. Insbesondere die Cytokine TNF- α und IL-1 β konnten als Auslöser für Entzündungskrankheiten identifiziert werden. In den letzten beiden Jahrzehnten wurde die entzündungshemmende Wirkung von Ingwer mehrfach bestätigt und durch Studien abgesichert [Baliga et al., 2011]. Ingwer ist in der Lage, die Prostaglandinsynthese zu hemmen, die Biosynthese der Leukotriene zu vermindern und

verschiedene Gene, die im Entzündungsprozess involviert sind, zu inhibieren. Die NO-Produktion wird durch die partielle Inaktivierung der *iNOS* Enzymaktivität herabgesetzt. [6]-Gingerol verhindert auf Signaltransduktionsebene die Phosphorylierung von drei *MAP-Kinasen* und unterbindet so die Signalweiterleitung in den Extrazellulärraum und zu den dortigen Enzymen. [Baliga et al., 2011].

Da sich die bisherigen Untersuchungen auf Zellstudien und Tierversuche beschränken, sind deren Aussagen nur bedingt auf den Menschen übertragbar. Daher sind weiterführende Studien in diesem Bereich unabdingbar. Dennoch kann man aus den vorangegangenen Studien schließen, dass die polyphenolischen Komponenten im Ingwer, allen voran [6]-Gingerol und [6]-Shogaol ein hohes antioxidatives Potential im lebenden Organismus haben.

3.1.6.5 Nebenwirkungen bzw. Toxizität von Ingwer

Die US-Amerikanische Lebensmittelüberwachung und Arzneimittelzulassungsbehörde FDA (Food and Drug Administration) hat Ingwer als GRAS (generally recognized as safe) eingestuft. [Singletary, 2010a]

Das Hauptargument gegen einen breiten Einsatz von Ingwer, vor allem bei Patienten mit operativen Eingriffen, ist eine *in vitro* Beobachtung von Backon aus dem Jahr 1986 [Backon, 1986, Betz et al., 2005]. Ingwer soll die *Thromboxan-synthetase* hemmen. Dies bewirkt eine Verlängerung der Blutungszeit durch den Einfluss auf die Thrombozytenfunktion. Auf diese Thrombozytenfunktionsstörung wurden insgesamt 60 Patienten in vier unabhängigen Studien nach der Einnahme von 2 g bis 10 g Ingwer untersucht. Bei der Gabe von 10 g Ingwer konnte eine signifikante Reduktion der Thrombozytenfunktion nachgewiesen werden, allerdings zeigte die gleiche Studie bei einer Einnahme von 4 g täglich über 3 Monate keine Auswirkung auf die Thrombozytenfunktion. In einer weiteren Studie konnte eine experimentell hervorgerufene, erhöhte Thrombozytenaggregation durch die Intervention von 5 g Ingwer sogar reduziert werden.

Eine verstärkte Blutungsneigung konnte in keiner Studie festgestellt werden. Wie schon erwähnt, zeigen Gaben von bis zu 6 g täglich keine klinisch relevanten Auswirkungen auf die Thrombozytenfunktion bzw. auf die Blutungsneigung. [Betz et al., 2005]

Abgesehen von der vermeintlich erhöhten Blutungsneigung sind bei der Gabe von Ingwer so gut wie keine Nebenwirkungen bekannt. Diese beschränken sich auf milde gastrointestinale Sensationen und Sodbrennen. Ziel der systematischen Literaturübersicht von Betz und Mitarbeitern [2005] war es, neben der Bewertung von Ingwer als Antiemetikum, das Nebenwirkungsprofil von Ingwer zu analysieren. Dafür wurden insgesamt 15 Studien mit 777 Probanden herangezogen. Diese erhielten zwischen 40 mg und 175 mg Ingwer pro Tag. Nebenwirkungen wurden bei lediglich 26 Testpersonen (3,3 %) beobachtet. Diese äußerten sich in Form von gastrointestinalen Symptomen (Sodbrennen, Magensensationen wie z.B. Druck und Wärme, Blähungen, Übelkeit und Aufstoßen). Dokumentiert wurde in diesen Studien ein einziges schwerwiegendes von insgesamt 39 Ereignissen: eine Fehlgeburt in der 12. Schwangerschaftswoche. Die Patientin erhielt Ingwer gegen Schwangerschaftserbrechen. Es erscheint allerdings unwahrscheinlich, dass der Abort in direktem Zusammenhang mit der Ingwerintervention steht. Dennoch empfehlen die Autoren Ingwer bei Schwangeren nur im Rahmen von klinischen, kontrollierten Studien einzusetzen. Betz und Mitarbeiter berichten in ihrem Review noch von weiteren Symptomen wie Schläfrigkeit, Fieber, postoperativen kardiovaskulären Symptomen, postnarkotischen respiratorischen Symptomen sowie von postoperativ aufgetretenen Infektionen. Ein Nebenwirkungsprofil und seltene substanzspezifische Nebenwirkungen zu erfassen, stellte sich für die Autoren jedoch als schwer heraus. Der Fokus vieler Ingwerstudien liegt primär auf dem Wirkungsprofil von Ingwer und seinen bioaktiven Substanzen und daher werden Nebenwirkungen, wenn nicht explizit schwerwiegend, meist gar nicht erwähnt. Als Fazit für die klinische Praxis stellt sich Ingwer für die Autoren als nebenwirkungsarmes Phytotherapeutikum dar. Das schließt jedoch weiterführende Studien nicht aus [Betz et al., 2005]. Singletary kommt in seinem Review [2010a] ebenfalls zu dem Schluss,

dass es unabdingbar ist, langfristige Einnahmen und deren Auswirkungen in weiteren Studien abzusichern.

3.2 Kurkuma – *Curcuma longa* L.

Curcuma longa L. ist unter den Synonymen *Amomum curcuma* Jacq., *Curcuma domestica* Valetton und *Curcuma purpurescens* Bl. bekannt. Kurkuma hat im Deutschen viele Trivialnamen (siehe auch Tab. 1, Seite 4): Kurkuma(wurzel), Gelbwurzel, Gilbwurzel, Safranwurz(el) und auch Gelber Ingwer wird das Rhizom genannt. Auch im Englischen (Tab. 2, Seite 5) hat Kurkuma einige Namen: turmeric, Indian saffron, curcuma rhizome, yellow ginger. Im Chinesischen trägt Kurkuma die Bezeichnungen jiang huang und yu-chin. [Seidemann, 2005]

3.2.1 Vorkommen

Kurkuma wird im tropischen Südostasien angebaut. Die ursprüngliche Heimat ist vermutlich Indien. Kultiviert wird Kurkuma heute in Indien, Pakistan, Sri Lanka, Thailand, Süd-China, Japan, Indonesien, Philippinen, Madagaskar, Réunion und in der Karibik, vor allem auf Jamaika und Haiti. Das Hauptlieferland für das Gewürz ist Indien, kleinere Mengen kommen aus China, Thailand, Indonesien und Haiti. [Teuscher, 2003]

3.2.2 Morphologie

Kurkuma ist eine ausdauernde, krautige Rhizomstaude (Abb. 18). Die Hauptrhizome sind knollig mit zahlreichen Wurzeln und verdicken am Ende zum Teil zu elliptischen Knollen [Teuscher, 2003]. Die Nebenrhizome sind fingerförmig (Abb. 17). Verglichen mit Ingwer sind die Rhizome kleiner und zarter. Außen sind sie braunorange, innen tief orangerot gefärbt [Till, 2004].



Abb. 17: Rhizom *Curcuma longa* L. [Yosri, 2007]



Abb. 18: Kurkuma. A Pflanze, verkleinert; B Blatt, nat. Grösse; C Blütenähre, desgl.; 1 Blüte, etwas vergrössert; 2 dieselbe im Längsschnitt, desgl.; 3 inneres Perigon der *C. aromatica* von den Lappen und Staminodien befreit, mit dem fruchtbigen Staubgefäss, vergrössert; 4 Staubgefäss derselben Pflanze, von der Seite, desgl.; 4a Staubbeutel der *C. longa* von verschiedenen Seiten, desgl.; 5 Fruchtknoten im Längsschnitt mit den unfruchtbaren untersten Staubgefässen (Staminodien), desgl.; 6 Fruchtknoten im Querschnitt, desgl. [Köhler, 1883-1914]

Die Rhizome bilden Niederblätter aus, die absterben. Dadurch erscheinen die Rhizome geringelt. Die Laubblätter sind grundständig mit eiförmig-lanzettlicher Spreite und werden bis zu 1,2 m lang. Sie verschmälern sich zu einem scheidenartigen Blattstiel. [Teuscher, 2003]

Auf einem ca. 15 bis 20 cm langen Stängel befindet sich der Blütenstand (Abb. 19). Dieser hat die Form einer zapfenartigen Ähre, mit 5 bis 6 cm langen, blassgrünen Hochblättern und weißen oder oft rot getönten Deckblättern. In den Achseln der Hochblätter befinden sich die Einzelblüten mit einem röhrenförmigen, dreilappigen äußeren Kelch und einer großen trichterförmigen, dreizipfeligen Krone. Wie für die Zingiberaceae typisch hat auch die Blüte von Kurkuma nur ein fertiles Staubblatt. Die beiden übrigen sterilen Staubblätter des inneren Kreises bilden das gelb gefärbte Labellum. Die seitlichen staminoidalen Staubblätter des äußeren Kreises sind ebenfalls gelb, kronblattartig und eher länglich bis eiförmig. Das Gynoeceum ist unterständig. Die Vermehrung der Pflanze erfolgt meist vegetativ durch Stücke der Hauptrhizome. [Teuscher, 2003]



Abb. 19: Blüten *Curcuma longa* L. [Katzer, 2007]

3.2.3 Ernte und Verarbeitung

Die Rhizome werden 8 bis 10 Monate nach dem Anbau und nach dem Abwelken der oberirdischen Teile geerntet, von den Wurzeln befreit und gewaschen. Die Nebenrhizome werden von den Hauptrhizomen getrennt und meist 5 bis 45 Minuten gekocht. Durch das Kochen wird die Stärke verkleistert und eine einheitliche Färbung der Rhizome erreicht. Es soll außerdem ein etwaiges Austreiben während der Trocknung verhindern. Im Anschluss wird die Korksicht entfernt und etwa 5 bis 10 Tage auf Trockengestellen getrocknet. Die Rhizome

kommen sowohl als ganze Ware, frisch oder getrocknet, wie auch als Pulver in den Handel. Ebenso erhältlich sind das ätherische Öl und ein durch Ethanol-Extraktion gewonnenes Kurkuma-Oleoresin (enthält 30 bis 40 % Curcumin) [Teuscher, 2003]. Das Österreichische Lebensmittelbuch unterscheidet zwischen folgenden Handelsqualitäten: chinesischer, Madras-, Cochin-, Bengal- und Javakurkuma. Von diesen gilt chinesischer Kurkuma als qualitativ beste Sorte. [Codexkommission, 2009]

Wie bereits beim Ingwer erwähnt, ist auch die chemische Zusammensetzung der Inhaltsstoffe der Kurkumarhizome stark von der Verarbeitung nach der Ernte abhängig. In einer aktuellen Studie wurden die chemischen Charakteristika und die Menge des ätherischen Öls von frischen, getrockneten und luftgetrockneten Rhizomen miteinander verglichen. Für die Lufttrocknung wurde dabei die konventionelle Methode angewandt. Die Rhizome wurden gewaschen, etwa eine Stunde gekocht und anschließend unter Lichtschutz eine Woche luftgetrocknet. Bei den frischen und getrockneten Proben wurde auf den Kochvorgang verzichtet. Man fand heraus, dass die Trocknungsmethode signifikante Auswirkungen auf die Menge und Qualität der Inhaltsstoffe, insbesondere des ätherischen Öls hat. Der ätherische Öl-Anteil der luftgetrockneten Rhizome war wesentlich höher als der Anteil der frischen (26 %) und der getrockneten (46 %). Die Autoren erklären den hohen Anteil bei den luftgetrockneten Rhizomen durch den vorangegangenen Kochprozess. Dieser bewirkte durch die Verkleisterung der Stärkekörner eine einheitliche Struktur und eine Volumensvergrößerung der Rhizome und dadurch eine gleichmäßigere Trocknung. Die Rhizome waren nicht so faserig und hart und waren daher leichter zu mahlen. Außerdem ließ sich das ätherische Öl leichter extrahieren. Insgesamt wurden 28 verschiedene Komponenten im ätherischen Öl frischer Rhizome identifiziert. Dies waren vorwiegend Sesquiterpene wie z.B. α -Turmeron, *ar*-Turmeron und β -Turmeron und Monoterpene wie z.B. α -Pinen und α -Phellandren (siehe Kap. 3.2.4.2, Seite 51 f). Die meisten der stark flüchtigen Monoterpene konnten im getrockneten Rhizom nicht mehr nachgewiesen werden. Dies führen die Autoren auf den gesamten Verarbeitungsprozess zurück. Dagegen ist beispielsweise der Anteil an

ar-Turmeron im getrockneten Rhizom um 25 % gestiegen. Dies beruht wahrscheinlich auf Isomerisierungsprozessen und auf der Oxidation des relativ instabilen α -Turmeron zum sehr stabilen *ar*-Turmeron. In den luftgetrockneten Proben stieg der Anteil an *ar*-Turmeron aus den gleichen Gründen sogar um rund 70 %, β -Turmeron um 41 %. [Kutti Gounder und Lingamallu, 2012]

Die Ergebnisse dieser Studie demonstrieren den Einfluss der Verarbeitung auf die Inhaltsstoffe, auf welche im Anschluss genauer eingegangen wird.

3.2.4 Inhaltsstoffe

Das Kurkuma-Rhizom besteht zu etwa 30 bis 40 % aus Stärke. Diese ist wie bei Ingwer in Form von Stärkekörnern im Speicherparenchym angereichert (siehe auch Abb. 9, Seite 19). [Teuscher, 2003]

3.2.4.1 Farbstoffe

Typisch für Kurkuma sind die Curcuminoide, die einen Anteil von 3 bis 6 % ausmachen. Diese zählen zur Gruppe der Dicinnamoylmethan-Derivate (DAC) bzw. zu den phenolischen Diarylheptanoiden, die in einer Diketo- oder in einer Keto-Enol-Form vorliegen können (Abb. 20). Sie liegen überwiegend in der durch eine Wasserstoffbrücke stabilisierten Keto-Enol-Form vor. [Teuscher, 2003, Hänsel und Sticher, 2010].

Curcuminoide sind gelbe bis rotorange Farbstoffe, die in Wasser nur schwer, in Ether, Ethylacetat und fetten Ölen leicht löslich sind. Sie sind wasserdampf- flüchtig, hitzestabil, aber empfindlich gegenüber Licht. Hauptvertreter der Curcuminoide ist vor allem Curcumin (Diferuloylmethan). *Curcuma longa* L. hat verglichen mit anderen *Curcuma*-Arten den höchsten Anteil an Idioblasten mit Curcumin. Teilweise wurden bis zu 7 % Curcumin isoliert. [Sasikumar, 2005]. Es kommen aber auch Monodesmethoxycurcumin, Bisdesmethoxycurcumin und Feruloylcaffeoylmethan in den Rhizomen vor [Teuscher, 2003, Hänsel und

Sticher, 2010]. Aus dem hohen Anteil der farbgebenden Inhaltsstoffe lässt sich die intensive Färbung der Rhizome und deren Verwendung als Farbstoff erklären, auf die im Kapitel 3.2.5 genauer eingegangen wird.

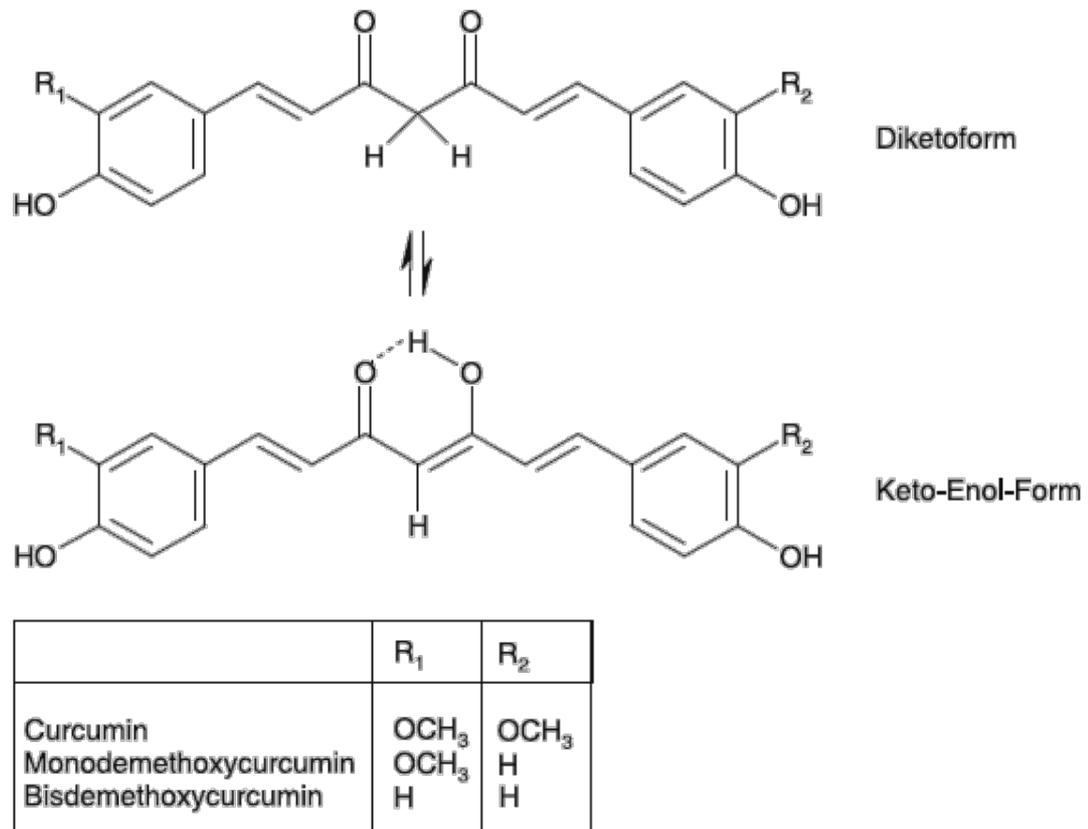


Abb. 20: Curcumin [Hänsel und Sticher, 2010]

3.2.4.2 Ätherisches Öl

Der Anteil an ätherischem Öl beträgt zwischen 2 und 5 %, oft auch bis zu 7 %. [Teuscher, 2003, Sasikumar, 2005]. Laut Österreichischem Lebensmittelbuch muss der ätherische Öl-Anteil bei ganzer Ware mindestens 2 % betragen [Codexkommission, 2009]. Dieses besteht wiederum aus vielen Einzelkomponenten, wobei die Hauptkomponenten Sesquiterpenketone sind. Verglichen mit Ingwer sind in Kurkuma eher geringere Mengen an Monoterpenen enthalten. [Teuscher, 2003]

Sesquiterpenketone (Anteil ca. 65 %, Abb. 21)

- α -Turmeron, mit einem Anteil von 30 bis 70 %
- *ar*-Turmeron, mit 17 bis 26 %
- Curlon (β -Turmeron), mit 14 bis 18 %
- außerdem u.a. Germacron, Germacron-4,5-epoxid, Germacron-13-al, 4-Hydroxybisabola-2,10-dien-3-on und Dehydrozingeron

Die Turmerone sind für den typischen Geruch, der schwach an Ingwer erinnert, verantwortlich [Hänsel und Sticher, 2010].

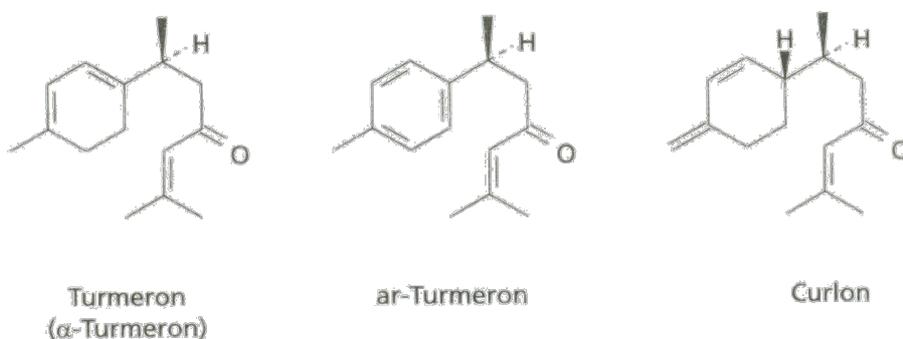


Abb. 21: Sesquiterpenketone Kurkuma [Teuscher, 2003]

Sesquiterpenkohlenwasserstoffe

(Abb. 12, Seite 22)

- Zingiberen, bis zu 25 %
- Außerdem u.a. β -Sesquiphellandren, β -Curcumen, *ar*-Curcumen (α -Curcumen), β -Bisabolen, Curcumenol, Procurcumadiol und β -Caryophyllen

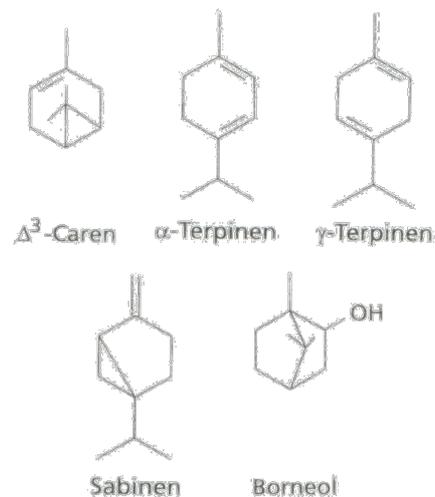


Abb. 22: Monoterpene 2 [Teuscher, 2003]

Monoterpene, nur in geringen Mengen, je nach Herkunft (Abb. 13, Seite 22 und Abb. 22)

- z.B. Linalool (bei Rhizomen aus Malaysia ca. 15 %), Δ^3 -Caren, α -Terpinen, γ -Terpinen, Terpinolen, Cineol, α -Phellandren, Sabinen und Borneol

3.2.4.3 Sonstige Inhaltsstoffe

Weitere Inhaltsstoffe sind 1,5-Diaryl-pentan-Derivate, die mit den Curcuminoiden biogenetisch verwandt sind und Diterpenaldehyde. Turmerin, ein antioxidativ wirkendes Peptid, konnte ebenfalls aus Rhizomen isoliert werden [Itokawa et al., 2008, Sharma et al., 2011]. Kurkuma enthält außerdem Monosaccharide wie Glucose, Fructose und Arabinose sowie wasserlösliche, immunstimulierend wirksame Polysaccharide wie Ukonan A (komplexes saures Arabinogalaktan). [Teuscher, 2003]

3.2.5 Verwendung in der Humanernährung

In Indochina und Indien wird Kurkuma bereits seit ca. 3000 Jahren sowohl als Gewürz als auch als Farbstoff für Textilien und als Arzneimittel verwendet und hat als „Indischer Safran“ oft die teure, echte Variante als Lebensmittelfarbstoff ersetzt [Teuscher, 2003]. Traditionell wurden und werden in Indien sowohl die Rhizome als auch die Blätter der Kurkumapflanze genutzt. Bei hinduistischen Festmahlen wird eine Süßspeise aus gedämpftem Reis in frischen Kurkumablättern serviert. Das Rhizom wird als Pickles eingelegt und für Chutneys aber auch als Gewürz für traditionelle Reis- und Gemüsegerichte verwendet. [Sasikumar, 2005]



Abb. 23: Kurkuma-Pulver [Sanjay, 2007]

3.2.5.1 Verwendung als Gewürz

Kurkuma ist aufgrund seiner färbenden Eigenschaften, des Aromas und des brennend scharfen, an Ingwer erinnernden Geschmacks [Codexkommission, 2009] der Hauptbestandteil in den verschiedensten Currypulvern. Currypulver ist bei uns seit der britischen Kolonialzeit in Indien bekannt. Dort wird diese Gewürzmischung als „Masala“ bezeichnet und besteht aus regional unterschiedlich zusammengestellten Gewürzen. Die typisch gelbe Farbe des Currypulvers ist dem im Kurkuma enthaltenen Curcumin zuzuschreiben.

Laut Österreichischem Lebensmittelkodex ist CURRY POWDER eine Mischung von Kurkuma mit anderen Gewürzen, wobei auch Kochsalz, Stärke, Zucker, Zuckerarten und Hülsenfruchtmehl zugesetzt werden können; der Gehalt an Kochsalz darf jedoch nicht 5 % und der von Stärke, Zucker, Zuckerarten und Hülsenfruchtmehl zusammen nicht 10 % übersteigen [Codexkommission, 2009]. Neben den bei uns bekannten Curry-Gewürzmischungen ist Kurkuma ein wichtiger Bestandteil von thailändischen Currypasten. Außerdem ist es in der marokkanischen Gewürzmischung Ras el-Hanout enthalten, was so viel wie „Kopf des Ladens“ heißt. Die komplizierte Gewürzmischung aus ca. 25 verschiedenen Gewürzen wurde traditionell nur vom Chef des Gewürzladens persönlich hergestellt und enthält neben Zimt, Anis, Chili, Ingwer, Gewürznelken, Piment, Kardamom und Galgant – um nur einige zu nennen – auch einen großen Anteil an Kurkuma. [Kotányi, 2012]

In Indien ist Kurkuma ein sehr wichtiges Gewürz mit beinahe 4000 Jahre langer Geschichte, da es in der vedischen Kultur Indiens als heilig galt. In vielen Hindu-Ritualen wird Kurkuma heute noch verwendet, weil die gelbe Farbe die Sonne symbolisiert [Katzer, 2007]. Mit Zunahme der asiatischen Kochtrends in Europa wird Kurkuma auch verstärkt als Einzelgewürz, in Form von Kurkumapulver (gemahlene Rhizom) verwendet. In den Anbauländern nutzt man sowohl das frische Rhizom also auch das getrocknete Pulver. Da es sich um ein sehr intensives Gewürz handelt, sollte es sparsam verwendet und erst 3 bis 5 Minuten vor Ende der Garzeit den Speisen zugesetzt werden. [Teuscher, 2003]

3.2.5.2 Verwendung als Aromastoff

Ätherisches Kurkumaöl wird von Getränkeherstellern für Magenbitter verwendet und das Oleoresin wird in der Lebensmittelindustrie für Soßen und Suppen, aber auch für Convenience Food eingesetzt. Besser bekannt unter dem Lebensmittelzusatzstoff E 100 wird Curcumin als Lebensmittelfarbstoff für Butter, Margarine und Käse eingesetzt. [Teuscher, 2003]

3.2.6 Ausgewählte Wirkungen

Kurkuma hat aufgrund seiner Inhaltsstoffe – ähnlich wie Ingwer – einen anregenden Effekt auf die Verdauungssäfte. Sein leicht aromatischer Geruch und der leicht scharfe Geschmack lassen auf eine appetitanregende und verdauungsfördernde Wirkung schließen. Es konnte außerdem eine vermehrte Bildung von Gallensaft und eine Erhöhung der Gallenblasenkontraktion festgestellt werden. Kurkuma wird traditionell für eine verbesserte Wundheilung, bei rheumatischen Beschwerden und gastrointestinalen Verstimmungen eingesetzt und wirkt u.a. antioxidativ und damit cytoprotektiv sowie antiphlogistisch. Weiters konnten antihyperlipidämische, antithrombotische und den Fibrinspiegel senkende und somit antiatherosklerotische Wirkungen festgestellt werden [Teuscher, 2003]. Außerdem wurde beobachtet, dass Kurkuma in der Lage ist, enzymatische DNA-Schäden zu vermeiden und die DNA-Reparaturen zu verbessern und somit das Risiko für Mutationen und Tumorbildung zu senken. [Krishnaswamy, 2008]

Die therapeutischen Eigenschaften sind weitestgehend auf die polyphenolischen Curcuminoide, insbesondere auf die Curcumine zurückzuführen. So ist beispielsweise Curcumin auf molekularer Ebene in der Lage, eine Vielzahl von Enzymen zu aktivieren bzw. zu deaktivieren, Transkriptions- und Wachstumsfaktoren zu modulieren und regulierend in die Immunabwehr einzugreifen. Des Weiteren kann Curcumin das Zellwachstum hemmen bzw. unterdrücken und die Apoptose induzieren. Somit wird die Krebsentstehung verhindert bzw. eingedämmt (Abb. 24). Curcumin hat demzufolge ein proliferationshemmendes, an-

tioxidatives, blutlipidsenkendes, die Gallenmotilität beeinflussendes sowie ein kardioprotektives Potential. Daneben gibt es Forschungen zum Einfluss der Curcumine auf neurodegenerative Erkrankungen, wie z.B. Alzheimer und zur Schmerzlinderung bei rheumatoider Arthritis. [Aggarwal et al., 2007, Singletary, 2010b, Haddad et al., 2011]

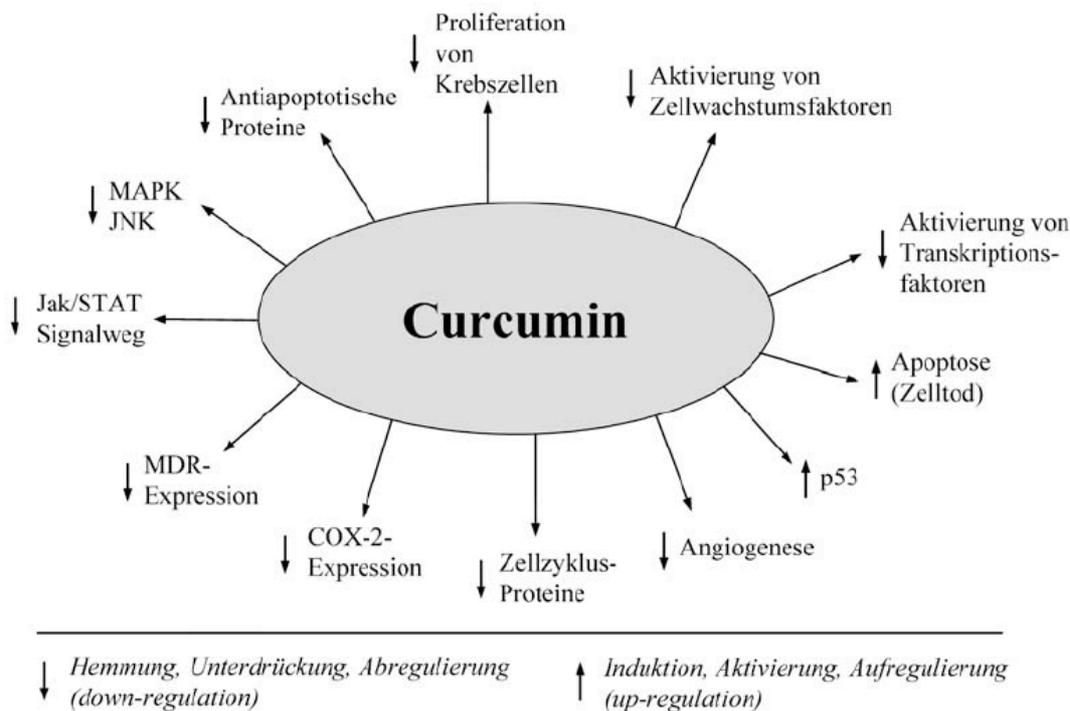


Abb. 24: Beispiele molekularer Angriffspunkte und Effekte von Curcumin [Hänsel und Sticher, 2010]

In der Traditionellen Chinesischen Medizin zählt Kurkuma zu den blutbelebenden Arzneien und wirkt antihypertonisch, blutfettsenkend, antithrombotisch, steigernd auf den Tonus der Uterusmuskeln und analgetisch. Kurkuma senkt die Tumorbildung, wirkt antibiotisch, antiatherosklerotisch, abortiv, hepatoprotektiv und virustatisch [Focks und Hillebrand, 2006]. Wie bereits beim Ingwer besprochen (Kap. 3.1.6, Seite 25 ff), sind die klinischen Wirkungen chinesischer Arzneimittel nach westlichen Kriterien nur begrenzt beweisbar. Für einen kleinen Teil der chinesischen Arzneidrogen wurden bereits Monographien in westlichen Sprachen erstellt. Der in den letzten Jahren zunehmende wissenschaftliche Austausch zwischen China und dem Westen hat den Einsatz dieser Arz-

neimittel im Rahmen der westlichen Schulmedizin ermöglicht. [Hänsel und Sticher, 2010]

Die Bioverfügbarkeit von Curcumin nach oraler Verabreichung ist sehr gering. Curcumin wird größtenteils mit den Fäzes wieder ausgeschieden. Intravenös verabreicht wird Curcumin in die Galle abgesondert [Irving et al., 2011]. Abgebaut wird die Substanz über ein endogenes Reduktasesystem (Alkoholdehydrogenase). Dabei wird sie schrittweise reduziert und anschließend konjugiert (Glucuronide und Sulfate), ähnlich wie die Gingerole beim Ingwer. Die Hauptmetaboliten *in vivo* sind Curcumin-, Dihydrocurcumin- und Tetrahydrocurcuminglucuronid sowie Tetrahydrocurcumin. [Hänsel und Sticher, 2010]

Trotz der geringen Bioverfügbarkeit zeigen klinische Studien positive Ergebnisse, wenngleich es noch keine einheitlichen Aussagen über die wirksame Dosis beim Menschen gibt. Hänsel und Sticher [2010] geben 1,6 g Curcumin an, um eine Auslösung einer Wirkung zu erreichen – Irving und Mitarbeiter sind der Meinung, dass bis dato noch keine genaue Dosis bestimmt werden konnte [Irving et al., 2011].

Diese Vielzahl an biologischer Aktivität von Curcumin und dessen Derivaten lässt auf ein sehr breites Wirkungsspektrum und mannigfaltige Einsatzmöglichkeiten schließen. Eine Auswahl einzelner Wirkungen wird im folgenden präsentiert.

3.2.6.1 Entzündungshemmende und antioxidative Wirkungen (Verdauungstrakt)

Einsatz bei chronisch entzündlichen Darmerkrankungen

Wie im Kap. 3.1.6.4 „Entzündungshemmende und antioxidative Wirkungen von Ingwer“ erwähnt, sind viele chronische Erkrankungen auf entzündliche Prozesse im Körper zurückzuführen. Verursacht werden diese entzündlichen Prozesse sehr häufig durch oxidativen Stress, Stickoxid-Verbindungen und durch Stimu-

lierung verschiedener proinflammatorischer Cytokine. Viele Therapien bei chronisch entzündliche Darmerkrankungen (IBD = inflammatory bowel disease) mit ihren beiden Hauptvertretern Colitis ulcerosa und Morbus Crohn zielen daher auf die Regulation des Transkriptionsfaktors NF- κ B (nuclear factor κ B) ab. Dieser steuert die Produktion von Cytokinen und Chemokinen bei Entzündungen. Daher haben Wirkstoffe, die den NF- κ B und dessen Genprodukte nach unten regulieren, potentielle Effekte gegen diese chronischen Erkrankungen [Aggarwal und Harikumar, 2009]. Eine Vielzahl präklinischer Studien bestätigt diese Wirkung. In einer Untersuchung an Mäusen konnte eine Linderung der Symptome von Colitis durch die Gabe von Curcumin erreicht werden. Durch die Suppression des NF- κ B und der proinflammatorischen Cytokine, sowie durch die Reduktion von Sauerstoff- und Stickstoffradikalen, konnte der Entzündungsprozess gehemmt werden [Salh et al., 2003]. Des weiteren konnte nachgewiesen werden, dass Curcumin einen inhibierenden Effekt auf die Expression der proinflammatorischen Cytokine TNF- α , IL-1 β , IL-6, IL-12 und IFN- γ bei LPS- oder PMA-stimulierten Lymphozyten der Milz, Monozyten, Makrophagen und dendritischen Zellen hat. [Aggarwal und Harikumar, 2009, Bisht et al., 2010, Singletary, 2010b]

Basierend auf Tierstudien mit Nagern wurde eine klinische Pilotstudie mit insgesamt 10 IBD-Patienten durchgeführt. Fünf Probanden hatten ulzerative Proktitis bzw. Proktosigmoiditis. Bei der Proktitis ist nur der Mastdarm betroffen, bei der Proktosigmoiditis ist sowohl der Mastdarm als auch der letzte Teil des Dickdarms, das Sigma, betroffen. Die Patienten erhielten 2 mal täglich 550 mg Curcumin für die Dauer von einem Monat. Es wurden Blutanalysen sowie Biopsien zu Beginn und am Ende der Studie durchgeführt. Ebenso wurden Fragebögen und ein Symptomtagebuch zur Evaluierung herangezogen. Weitere 5 Probanden mit Morbus Crohn erhielten dreimal täglich 360 mg Curcumin (1 Kapsel) für die Dauer von einem Monat und anschließend viermal täglich 360 mg (4 Kapseln) für weitere 2 Monate. Hier wurden die Blut- und Leberwerte sowie die Nierenfunktion erfasst. Die Ergebnisse zeigten insgesamt eine Verbesserung der Symptome. Die größte Veränderung konnte in der Stuhlqualität und der Fre-

quenz festgestellt werden. Zwei Patienten konnten die Medikamente, die vor der Studie notwendig waren, weglassen; zwei weitere Patienten konnten diese reduzieren. Bei den Morbus Crohn-Patienten konnte ebenfalls eine Verbesserung der Symptomatik (überwiegend geformter Stuhl, Rückgang der Frequenz, weniger abdominale Schmerzen und Krämpfe) erreicht werden. Keine Veränderung gab es bei Leber- und Nierenfunktion. Zurückzuführen sind die Ergebnisse auf die immunsuppressiven Effekte des Curcumins, insbesondere auf die Hemmung des Transkriptionsfaktors NF- κ B. [Holt et al., 2005]

In einer darauffolgenden randomisierten, doppelblinden, Placebo-kontrollierten Multicenter-Studie wurde die Wirkung von Curcumin bei Patienten mit ruhender Colitis ulcerosa untersucht. Ziel der Studie war es, einen Wiederausbruch der Krankheit durch die Gabe von Curcumin zu vermeiden. Es wurden insgesamt 89 Probanden für die Studie ausgewählt, 45 Probanden für die Intervention und 44 wurden der Placebogruppe zugeteilt. Die Interventionsgruppe erhielt jeweils nach dem Frühstück und nach dem Abendessen 1 g Curcumin in Kombination mit Sulfasalazin oder Mesalamin (entzündungshemmende Arzneien bei IBD). Die Interventionsdauer wurde für einen Zeitraum von 6 Monaten angesetzt. Die Probanden der Placebo-Gruppe erhielten ein entsprechendes Placebo und Sulfasalazin oder Mesalamin. Nach 6 Monaten war die Rückfallrate in der Placebo-Gruppe signifikant höher (20,5 %, 8 von 39 Probanden) als die der Interventionsgruppe (4,7 %, 2 von 43 Probanden). Nach weiteren 6 Monaten erkrankten in der Interventionsgruppe zusätzlich 8 Patienten, in der Placebogruppe weitere 6 Probanden. In diesen weiteren 6 Monaten nahmen beide Gruppen nur mehr Sulfasalazin bzw. Mesalamin ein. Die Autoren schließen daraus, dass Curcumin in der Lage ist, die mit der Krankheit assoziierte Morbidität unterdrücken. [Hanai et al., 2006, Goel et al., 2008]

Einsatz bei Reizdarmsyndrom

Das Reizdarmsyndrom ist eines der meist verbreiteten gastrointestinalen Störungen. Charakteristische Symptome sind abdominale Schmerzen mit erhöhter Schmerzempfindlichkeit des Darms und wechselnde Stuhlkonsistenz und Stuhl-

frequenz. Die Ursachen für das Reizdarmsyndrom sind weitestgehend ungeklärt. Als Auslöser könnten sowohl Infektionen als auch Antibiotikatherapien in Frage kommen. Ebenfalls diskutiert wird eine niedriggradige Entzündung der Darmmukosa. Eine randomisierte, teilblinde Pilotstudie untersuchte den Effekt von Kurkumaextrakt auf das Reizdarmsyndrom bei ansonsten gesunden Erwachsenen. Dabei wurden aus 500 Freiwilligen 207 Probanden ausgewählt, die täglich entweder 72 mg (1 Tablette) oder 144 mg (2 Tabletten) eines standardisierten Kurkumaextraktes für die Dauer von 8 Wochen erhielten. Die Auswertung wurde mit Hilfe von Fragebögen zu Beginn und am Ende der Studie durchgeführt. Das Ergebnis war eine signifikante Verbesserung der Symptome nach der Intervention in beiden Gruppen. Die Autoren sind der Ansicht, dass weiterführende klinische Studien mit adäquatem Design zur Absicherung der Ergebnisse durchgeführt werden sollten. [Bundy et al., 2004]

Die Ergebnisse dieser Forschungsarbeiten im Humanbereich sind vielversprechend und weiterführende Studien damit überaus wünschenswert. Vor allem doppelblind durchgeführte, Placebo-kontrollierte Studien mit größeren Probandenzahlen und von längerer Studiendauer könnten aufschlussreiche Ergebnisse über die Verwendung von Curcumin bei chronischen Darmerkrankungen und dem Reizdarmsyndrom geben.

3.2.6.2 Gallenwirksamkeit

Traditionell wurde Kurkuma in Indonesien zur Behandlung von Ikterus, vor allem in der Schwangerschaft, eingesetzt. Dies gab den Ausschlag für diverse präklinische Studien, in denen positive cholekinetische Effekte festgestellt werden konnten. [Rasyid et al., 2002]. Eine höhere Frequenz der Gallenblasenentleerung soll die Prävalenz für Gallensteine reduzieren und somit das potentielle Risiko für Gallenblasenkrebs senken. Wirkstoffe, die fördernd auf die Gallenblasenkontraktion wirken (z.B. Erythromycin, fettreiche Speisen und Aminosäuren), haben bereits gezeigt, dass sie die Bildung von Gallensteinen herabsetzen. [Goel et al., 2008].

Die cholekinetischen Effekte wurden durch eine einfach-blinde, randomisierte Humanstudie bestätigt. Die Probanden waren 12 gesunde Freiwillige, die 20 mg, 40 mg und 80 mg Curcumin jeweils als Einzelgabe erhielten. In einem Beobachtungszeitraum von insgesamt 2 Stunden wurde halbstündlich die Gallenblasenkontraktion mittels Ultraschall vermessen. Die Studie zeigte, dass eine Einzeldosis von Curcumin in der Lage ist, die Kontraktion der Gallenblase zu stimulieren und dadurch die Entleerung der Gallenblase zu fördern. Eine Reduktion des Gallenblasenvolumens konnte in diesem 2-Stunden-Intervall erreicht werden. Eine Menge von 20 mg Curcumin indizierte die Kontraktion der Gallenblase um $34,10 \pm 10,16$ % nach 2 Stunden. Bei der Einzeldosis von 40 mg Curcumin konnte nach demselben Zeitraum eine Kontraktion von $51,15 \pm 8,08$ % gemessen werden. Eine Einzeldosis von 80 mg Curcumin hingegen indizierte eine Kontraktion im Ausmaß von $72,25 \pm 8,22$ % nach 2 Stunden. In der ersten halben Stunde konnte kein dosisabhängiger signifikanter Unterschied festgestellt werden. Dieser konnte erst eine Stunde nach der Curcumin-Gabe nachgewiesen werden. Es war kein linearer Zusammenhang zwischen der Verdoppelung der Curcumin-Dosis und der Gallenblasenkontraktion erkennbar. 40 mg Curcumin konnte eine 50 %ige Kontraktion bewirken, 80 mg hingegen nur mehr 72 %. Den Grund dafür vermuten die Forscher in der physiologischen Eigenschaft der Gallenblase, da diese periodisch kontrahiert und entspannt. Als cholekinetisch wirksame Dosis wurde demnach 40 mg Curcumin als Einzelgabe postuliert. Bemerkenswert ist, dass seitens der Probanden von keinen Nebenwirkungen durch die Curcumingaben berichtet wurde. Die Autoren empfehlen weiterführende Studien in Bezug auf Mehrfachdosen. [Rasyid et al., 2002]

3.2.6.3 Kardiovaskuläre Effekte und Cholesterinwirkung

Viele experimentelle Tier- und Zellstudien weisen darauf hin, dass Curcumin eine große Anzahl von kardioprotektiven Eigenschaften aufweist. Aufgrund der bereits beschriebenen anti-inflammatorischen Effekte kann Curcumin vor Herzkrankungen schützen. Es ist in der Lage, die Produktion von Sauerstoffradikalen zu unterdrücken und die Lipidperoxidation zu reduzieren. Durch die

Hemmung der Synthese von proinflammatorischen Cytokinen kann ebenfalls eine Schutzwirkung für das Herz erreicht werden. [Singletary, 2010b]

Kardioprotektive Wirkung

Eine 2011 veröffentlichte Studie an Ratten evaluierte den kardioprotektiven Effekt von Curcumin auf die natriumfluorid-induzierte Toxizität. Zu diesem Zweck wurden 50 Ratten in 5 Gruppen aufgeteilt. Gruppe I erhielt als Normalgruppe Wasser und Nahrung. Die Gruppen II und III wurden mit Curcumin (10 und 20 mg/kg Körpergewicht) intraperitoneal für die Dauer von 7 Tagen vor der ebenfalls 7-tägigen Intoxikation mit Natriumfluorid vorbehandelt. Gruppe IV erhielt vor der Intoxikation ebenfalls 7 Tage lang Vitamin C als standardisiertes Antioxidans und galt als positive Kontrollgruppe. Gruppe V als Kontrollgruppe erhielt nur die 7-tägige Intoxikation mit Natriumfluorid. Die gemessenen biochemischen Parameter zeigten durchgängig eine Normalisierung der Werte durch die Vorbehandlung mit Curcumin, wobei bessere Werte bei der höheren Curcumin-dosis erzielt werden konnten. Gemessen wurden die MDA- (Malondialdehyd), SOD-, Katalase- und Glutathionspiegel im Herzgewebe der Tiere. Die mit Vitamin C und mit 20 mg Curcumin vorbehandelten Tiere erreichten trotz Intoxikation annähernd die Werte der Normalgruppe. [Nabavi et al., 2011]

Curcumin kann durch die Suppression von atherosklerotischen Läsionen ebenfalls kardioprotektiv wirken. Dies erfolgt auf mehreren Wegen. Curcumin verhindert die Oxidation der LDL-Partikel (low density lipoprotein), hält die Proliferation der glatten Gefäßmuskelzellen niedrig, senkt Thrombosen, reduziert atherosklerotische Schaumzellen und blockiert die durch Homocystein hervorgerufene endotheliale Dysfunktion. Ebenfalls diskutiert wird die Wirkung von Curcumin gegen supraventrikuläre und ventrikuläre Arrhythmien aufgrund der antiinflammatorischen Effekte und weitere Studien weisen auf einen vorbeugenden Effekt gegen Schlaganfall hin. [Singletary, 2010b, Aggarwal und Harikumar, 2009]

Neben den regulierenden Effekten auf die Lipoproteine scheint Curcumin auch eine regulierende Wirkung auf den Fibrinogenspiegel im Plasma zu haben. Es wurde schon in früheren Studien festgestellt, dass bei bereits vorhandenen Plaques und Schaumzellen in den Blutgefäßen erhöhte Fibrinogenspiegel im Plasma vorhanden sein können. Diese erhöhten Spiegel steigern das Risiko für die Bildung von weiteren atherosklerotischen Geweben. Daher wurde in einer Studie das Blut von 30 gesunden Probanden auf ihre Fibrinogenspiegel hin untersucht. Acht Probanden mit abnorm hohen Werten (> 350 mg/dL) wurden für die Studie ausgewählt und einer Behandlung mit 2 mal 10 mg Curcumin täglich (2 Tabletten) für die Dauer von 15 Tagen unterzogen. Es konnte eine signifikante Senkung der Fibrinogenspiegel im Plasma um durchschnittlich $271,1 \pm 31,0$ mg/dL festgestellt werden. Die Behandlung zeigte keinerlei Nebenwirkungen und es gab keine signifikanten Veränderungen in den Schlüsselparametern der Blutgerinnung. [Ramirez Boscá et al., 2000]

Wirkung auf die Blutlipide

Die positiven Effekte von Curcumin auf die Serumlipide sind schon in etlichen experimentellen Zell- und Tierstudien untersucht und bestätigt worden. So konnte beispielsweise in einer Zellkulturstudie an Adipozyten eine signifikante Senkung der intrazellulären Triglyceride (37,9 %) erreicht werden. Außerdem wurde die intrazelluläre Einlagerung von Fetttröpfchen durch 20 µg/mL methanolischen Kurkuma-Extrakt um 46,6 % reduziert [Lee et al., 2010]. Bis dato wurden nur wenige Humanstudien in diesem Bereich durchgeführt. In einer der ersten Studien [Soni und Kuttan, 1992] wurden 10 freiwilligen Probanden täglich 500 mg Curcumin für die Dauer von 7 Tagen verabreicht. Es konnte eine signifikante Abnahme der Lipidperoxide im Serum (33 %), ein Anstieg des HDL-Cholesterins um 29 % und ein Abfall des Gesamtcholesterins um 11,6 % festgestellt werden. [Houston et al., 2009]

Eine weitere randomisierte Studie untersuchte die antioxidative Kapazität von Curcumin und dessen Auswirkung auf den Cholesterinspiegel von 24 gesunden Erwachsenen. Den Probanden wurde täglich Curcumin in einer Dosis von

500 mg (Gruppe A) bzw. 6 g (Gruppe B) verabreicht. Neben den beiden Curcumingruppen erhielt eine dritte Gruppe (C) Vitamin E in einer Dosis von 200 IU pro Tag. Vor der Intervention, am Tag 1 und am Tag 7 der Intervention sowie 3, 6, 8, 10 und 12 Stunden nach der Curcumineinnahme wurden Nüchternblutabnahmen durchgeführt. Die letzten Blutproben wurden in der Früh nach der Intervention genommen, um Cholesterinwerte, Triglyceride, α -Tocopherol und die antioxidative Kapazität im Plasma zu erfassen. Lediglich bei Gruppe B (hohe Curcumindosis) wurden die Leberfunktionen anhand der Enzymwerte der *Aspartat-Aminotransferase (AST)* und der *Alanin-Transaminase (ALT)* überprüft. Durch die Curcumin-Intervention konnte in beiden Gruppen ein klarer Effekt auf die gesamte antioxidative Kapazität im Plasma festgestellt werden. Eine tägliche Dosis von 500 mg zeigte einen Anstieg von 13 % auf 24 %, in Gruppe B hingegen sank die Kapazität. Die Autoren schließen daraus, dass eine zu hohe Dosis in gesunden Testpersonen oxidativen Stress induzieren kann, bzw. könnte auch die kurze Studiendauer eine Rolle gespielt haben. Ein sehr positives Ergebnis lieferte allerdings die Auswertung der Blutlipide. Es wurde eine signifikante Senkung der Cholesterinwerte und der Triglyceride im Plasma festgestellt. Bei der niedrigen Curcumindosierung sank das Cholesterin um 17 % und die Triglyceride sogar um 47 %. Die 6-g-Dosierung ergab lediglich eine Senkung um 4,9 % bei Cholesterin und 15 % bei den Triglyceriden. Die eher schwachen Ergebnisse der hohen Dosierung führen die Forscher auch hier auf die oben erwähnten Gründe zurück. Auch wenn hohe Dosen von Curcumin als nicht-toxisch gelten, sind das pro-oxidative Potential und das Profil der Blutlipide Grund genug für weiterführende Forschungen. [Pungcharoenkul und Thongnopnua, 2011]

Eine neuere Zellstudie an CaCo2-Zellen (kultivierte Zell-Linie eines Dickdarm-Karzinoms mit ähnlichem Verhalten wie Mucosazellen) zeigt, dass Curcumin nicht nur cholesterinsenkend wirkt, sondern auch die Cholesterinaufnahme vermindert. Das Transportprotein NPC1L1 (Niemann-Pick CI-like 1 Protein), welches die Cholesterinaufnahme im Darm kontrolliert, wird gehemmt. Dazu wurden einige Zellen zuerst mit dem spezifischen NPC1L1-Hemmer Ezetimib

behandelt und die Cholesterinaufnahme beobachtet. Wie erwartet wurde die Cholesterinaufnahme dosisabhängig durch Ezetimib inhibiert. Weitere Zellen wurden mit verschiedenen konzentriertem Curcumin behandelt und ebenfalls die Cholesterinaufnahme festgehalten. Das Ergebnis war wieder eine dosisabhängige Hemmung der Aufnahme von Cholesterin in CaCo2-Zellen. Es wurde eine signifikante Senkung der Expression des Transportproteins NPC1L1 nachgewiesen. [Feng et al., 2010]

In seinem aktuellen Review [2012] vergleicht Houston verschiedene Nahrungsmittel und Nahrungsergänzungen (u.a. Curcumin, Resveratrol, Knoblauch etc.) in Bezug auf Dyslipidämien. Curcumin zählt dabei als eines der funktionellen Nahrungsergänzungen zur Bekämpfung dieses Krankheitsbildes. Jüngste Forschungen bestätigen, dass Curcumin in der Lage ist, Änderungen in der Genexpression der Cholesterinbiosynthese zu induzieren. Es greift beispielsweise in die mRNA des LDL-Rezeptors ein und beeinflusst unter anderem die *HMG-CoA Reduktase*, ein Schlüsselenzym der Cholesterinbiosynthese. [Houston, 2012]

Aufgrund zahlreicher experimenteller Studien kann davon ausgegangen werden, dass Curcumin zum einen ein hohes antioxidatives Potential hat, zum anderen wegen seiner Effekte auf die Blutlipide kardioprotektiv wirkt. Nicht geklärt ist bisher die Dosierung für effektive Aussagen, wie aus der genannten thailändischen Studie [Pungcharoenkul und Thongnopnua, 2011] ersichtlich. Um Kurkuma, respektive Curcumin, im medizinischen Alltag gezielt einsetzen zu können, bedarf es noch weiterer klinischer Studien, die dessen Wirkungen im menschlichen Körper belegen.

3.2.6.4 Neurodegenerative Erkrankungen

Zahlreiche Studien deuten darauf hin, dass chronische Entzündungen eine Hauptrolle in der Entstehung neurodegenerativer Erkrankungen spielen. Als Verursacher kommen viele Faktoren in Frage. Am häufigsten werden aber Dys-

regulationen von Entzündungsprozessen und oxidatives Ungleichgewicht im Zellsystem genannt. Zu diesen Erkrankungen zählen in erster Linie Morbus Alzheimer, Morbus Parkinson aber auch Multiple Sklerose, Gehirntumore, Schlaganfall, Epilepsie, Schizophrenie, Meningitis und auch Depressionen werden dazugerechnet. Noch nicht vollständig geklärt ist, warum diese Krankheiten in manchen Ländern häufiger auftreten als in anderen. Es scheint, dass dies eng mit Lebensstilfaktoren verknüpft ist. Beispielsweise treten bestimmte neurodegenerative Erkrankungen im asiatischen Subkontinent, wo regelmäßig Gewürze konsumiert werden, weniger stark auf als in der westlichen Welt. In diesem Zusammenhang wurden in den letzten 10 Jahren intensive Forschungen an Gewürzen wie Kurkuma, Ingwer, schwarzem Pfeffer, Knoblauch, Koriander und Zimt – um nur einige zu nennen – betrieben. Das anti-inflammatorische und antioxidative Potential dieser Gewürze soll in der Lage sein, neurodegenerative Erkrankungen zu verhindern. [Kannappan et al., 2011]

Morbus Alzheimer

Alzheimer ist eine schrittweise fortschreitende, neurodegenerative Erkrankung, die durch eine irreversible Verschlechterung der kognitiven Leistungsfähigkeit charakterisiert ist. Sie tritt mit einer Prävalenz von ca. 0,6 % bei Personen im Alter von 65 bis 69 Jahren, 1,0 % bei 70 bis 74-jährigen, 2,0 % bei 75 bis 79-jährigen, 3,3 % bei 80 bis 84-jährigen und 8,4 % bei Personen über 85 Jahren auf. Im Gehirn von Alzheimerpatienten bilden sich senile Plaques und fibrilläre Ablagerungen. Diese bestehen vorwiegend aus Beta-Amyloid-Peptid ($A\beta$), einem Proteinfragment aus dem Vorläuferprotein Amyloid. Das bewirkt ein sukzessives Absterben von Neuronen, wodurch Acetylcholin nicht mehr ausreichend produziert werden kann. Ziel der Alzheimer-Forschung ist es, die Bildung dieser Plaques zu verhindern. Gerade Curcumin scheint hier durch sein antioxidatives und anti-inflammatorisches Potential eine signifikant schützende Wirkung gegen neurotoxische und genotoxische Ursachen zu haben. Dabei greift Curcumin über verschiedene Mechanismen ein. In den Neuronen wurde ein 75 kDA Neurotrophin Rezeptor (p75NTR) als $A\beta$ -Rezeptor beschrieben. $A\beta$ bindet an den p75NTR und aktiviert den Transkriptionsfaktor NF- κ B, der wiederum den

Zelltod der Neuronen induziert. Wie bereits erwähnt, bewirkt Curcumin die Suppression des NF- κ B und kann somit den A β -induzierten Zelltod verhindern. Dies konnte bereits 1998 in einer Zellstudie an humanen Neuroblastomzellen nachgewiesen werden. Außerdem lässt die molekulare Struktur von Curcumin eine Bindungspotential an A β vermuten. [Kannappan et al., 2011]

Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Ono und Mitarbeiter [2004] in ihrer *in vitro* Studie. Curcumin verhinderte dosisabhängig die Bildung von A β und deren fibrillären Ablagerungen. Zusätzlich war es in der Lage, ebenso dosisabhängig, bereits gebildete Ablagerungen zu destabilisieren. Die wirksamen Konzentrationen lagen bei 0,1 bis 1 μ M. Den Mechanismus, wie Curcumin die bereits gebildeten Ablagerungen destabilisierte, konnte in dieser Studie nicht geklärt werden [Ono et al., 2004]. In späteren Forschungen fand man heraus, dass A β bzw. die bereits bestehenden fibrillären Ablagerungen EGR-1 (early growth response-1), einen nuklearen Transkriptionsfaktor, aktiviert. Dieser führt zu einer erhöhten Expression der Cytokine TNF- α und IL-1 β und spezifischer Chemokine in Monozyten. Curcumin (12,5 – 25 μ M) unterdrückt die Aktivierung des EGR-1 und damit die A β -induzierte Expression der Cytokine und Chemokine. [Giri et al., 2004, Kannappan et al., 2011]

In einer *in vivo* Studie mit Mäusen zeigten Garcia-Alloza und Mitarbeiter, dass Curcumin die Blut-Hirn-Schranke passiert und dort durch Akkumulation in der näheren Umgebung die senilen Plaques markiert. Curcumin bindet dabei an das Beta-Amyloid-Peptid. Die für die Intervention verwendete Dosis dafür war mit 7 mg/kg KG sehr gering. Außerdem konnte durch die 7-tägige Behandlung der Mäuse eine Reduktion der bestehenden Plaques erreicht werden. Curcumin führte in weiterer Folge zu geringer, aber dennoch signifikanter Aufhebung der strukturellen Veränderungen an den zerstörten Nervenzellen. Die Ergebnisse dieser Untersuchung bestätigen die Daten früherer *in vitro* Studien. Die Kapazität von Curcumin beschränkt sich aber nicht nur auf die Verhinderung der Bildung von senilen Plaques [Garcia-Alloza et al., 2007]. Die medikamentöse Behandlung von neurodegenerativen Erkrankungen scheitert mitunter oft an der

Schutzfunktion des Gehirns, der Blut-Hirn-Schranke. Aufgrund der Fähigkeit diese zu überwinden, hat Curcumin einen entscheidenden Vorteil gegenüber Medikamenten, die dazu nicht in der Lage sind.

Singletary erwähnt in seinem Review [2010b] einige wenige Humanstudien zu diesem Thema. Ältere Personen, die Curry mit Kurkuma aßen, hatten bessere kognitive Fähigkeiten als jene, die keinen Curry konsumierten. Zu diesem Ergebnis kam eine epidemiologische Studie in Singapur. Eine randomisierte Placebo-kontrollierte Doppelblindstudie an Alzheimer-Patienten berichtete über keine protektiven Effekte. Die Patienten erhielten für die Dauer von 6 Monaten 4 g Curcumin pro Tag. Das Fehlen der positiven Effekte wurde allerdings auf die kurze Dauer der Intervention zurückgeführt. [Singletary, 2010b] Die positiven Wirkungen der präklinischen Studien sind jedoch vielversprechend.

Morbus Parkinson

Parkinson ist eine langsam fortschreitende, neurodegenerative Erkrankung, die durch das Absterben von Dopamin-produzierenden Nervenzellen in der Substantia nigra im Mittelhirn gekennzeichnet ist. Sie tritt mit einer Prävalenz von 1 % ab einem Alter von 65 Jahren auf. Dopamin ist ein Neurotransmitter, der die Kommunikation zwischen Muskel und Gehirn aufrecht erhält. Das Fehlen dieses Botenstoffes macht sich daher bei allen Muskelbewegungen bemerkbar. Bei Fortschreiten der Krankheit kommen Symptome wie Dysphagie, leise, monotone Sprache, verschlechterte Darmperistaltik, Depressionen und kognitive Beeinträchtigungen dazu. Verschiedene biochemische Faktoren inklusive freie Radikale und Entzündungsmediatoren sind für das Fortschreiten der Krankheit verantwortlich. Im letzten Jahrzehnt haben viele Studien gezeigt, dass die Inhaltsstoffe von Gewürzen das Risiko, an Parkinson zu erkranken, senken können. Curcumin ist dabei eine der am häufigsten untersuchten Verbindungen. [Kannappan et al., 2011]

In einer neueren Zellstudie fand man heraus, dass Curcumin die α -Synuclein-induzierte Zelltoxizität bei Parkinson reduziert. α -Synuclein ist ein Protein, das

die Dopamin-Ausschüttung reguliert. Eine Überexpression bzw. eine abnorme Akkumulation von diesem Protein wurde mit Parkinson in Verbindung gebracht. Früheren Studien zufolge wirken Mutationen des Proteins zytotoxisch auf die Dopamin-produzierenden Nervenzellen in der Substantia nigra. Hinzu kommen Sauerstoffradikale, die intrazellulär ebenfalls toxisch wirken. Diese Studie an Neuroblastomzellen zeigte eine signifikante Reduktion der α -Synuclein-induzierte Toxizität durch Curcumin. Daneben reduzierte Curcumin die Sauerstoffradikale in der Zelle und schützte diese gegen Apoptose. Die Autoren schließen daraus, dass Curcumin einen potentiellen therapeutischen Wert für den Einsatz gegen Parkinson und andere neurodegenerative Erkrankungen besitzt. [Wang et al., 2010]

Die Wirkung von Curcumin auf neurodegenerative Erkrankungen ist klinisch leider noch nicht bewiesen. Dessen ungeachtet lassen die Ergebnisse aus Zellstudien und Tierversuchen ein hohes therapeutisches Potential erkennen. Dieses ist vor allem dadurch gekennzeichnet, dass Curcumin die hochselektive Blut-Hirn-Schranke überwinden kann.

3.2.6.5 Nebenwirkungen bzw. Toxizität von Kurkuma

Die Sicherheit von Curcumin ist in zahlreichen Studien nicht explizit jedoch mit- evaluiert worden. Daher gilt Kurkuma als erprobter Lebensmittelzusatz. Dabei konnte im Tierversuch sowohl bei geringeren Dosen als auch bei solchen von bis zu 5 g/kg Körpergewicht keine Toxizität festgestellt werden. Auch längerfristige klinische Studien und oralen Dosen von bis zu 8 g täglich zeigten keine signifikanten Nebenwirkungen. Es wird lediglich von geringfügigen gastrointestinalen Verstimmungen wie Durchfall und kurzzeitiger Übelkeit berichtet [Singletary, 2010b].

Keine Nebenwirkungen ergab auch die in Kap. 3.2.6.2 (Seite 60) erwähnte Humanstudie mit Einzelgaben von bis zu 80 mg Curcumin [Rasyid et al., 2002]. Die Forschergruppe um Ramirez Boscá konnte 2000 ebenfalls keine Nebenwir-

kungen wie Übelkeit, Durchfall oder Obstipation und auch keine offenkundige Leber- oder Nierentoxizität durch 20 mg Curcumin pro Tag (Dauer der Intervention 15 Tage) feststellen [Ramirez Boscá et al., 2000].

Allerdings berichten Tang und Mitarbeiter in ihrer Arbeit [2008] über signifikant erhöhte Oxalat-Ausscheidungen im Urin und ein damit verbundenes erhöhtes Risiko für Nierensteine. Dieses Ergebnis wurde durch eine 4-wöchige Intervention mit 2,8 g Kurkuma (in 7 Kapseln) erreicht. Die Autoren sehen daher bei der Supplementierung von Kurkuma ein erhöhtes Nierensteinrisiko für anfällige Personen. [Tang et al., 2008]

In der bereits erwähnten Zellstudie an Adipozyten wurde neben den lipolytischen Effekten die Zelltoxizität von methanolischem Kurkuma-Extrakt getestet. Die Lebensfähigkeit der Zellen wurde bis zu einer Dosis von 20 µg/mL nicht beeinträchtigt [Lee et al., 2010].

Eine jüngere Studie verwendet besonders aufbereitetes Curcumin und bewertet dessen akute und subchronische Toxizität. Dieses wird mit einer speziellen Technologie hergestellt (SLCP™ Technologie: Solid-Lipid Curcumin Partikel, Markenname Longvida® [www.verduresciences.com, 2012]), wobei Curcumin mit Sojalecithin und/oder anderen pflanzlichen Stearinsäuren vermischt wird. Das daraus erzeugte, gelb-orange, trockene Granulat enthält ca. 30 % Curcumin. Die besondere Herstellung soll eine bessere Aufnahme im Körper bewirken. Die Herstellerfirma wirbt mit einer 65-fach erhöhten Bioverfügbarkeit. Die Studie wurde an Ratten und Mäusen nach standardisierten Richtlinien für die LD₅₀ Toxizitätsbestimmung durchgeführt. Es konnte ein oraler LD₅₀ Wert für akute Toxizität sowohl bei Ratten als auch bei Mäusen von mehr als 2000 mg/kg Körpergewicht festgestellt werden. Für die subchronische Toxizität wurden Dosen von bis zu 720 mg/kg Körpergewicht täglich für die Dauer von 90 Tagen verabreicht. Es konnten keine signifikanten toxikologischen Veränderungen durch die Intervention, weder im Verhalten der Tiere noch physisch festgestellt werden. Bei den Untersuchungen des Urinstatus, der Serum-Parameter

und den Analysen im hämatologischen Bereich konnten ebenfalls keine Abweichungen festgestellt werden. Auch die histologischen Befunde zeigten keine behandlungsrelevanten negativen Ergebnisse. Daher wurde der NOAEL (No Observed-Adverse-Effect Level) für dieses standardisierte Nahrungsergänzungsmittel mit 720 mg/kg Körpergewicht pro Tag als höchst getestete Dosis festgesetzt. [Dadhaniya et al., 2011]

Zusammenfassend kann man daraus folgern, dass die positiven Effekte von Curcumin eindeutig überwiegen, wenngleich diese noch nicht hinreichend durch Humanstudien bestätigt werden konnten. Die sehr geringen Nebenwirkungen, so welche festgestellt werden konnten, lassen ebenfalls daraus schließen, dass Curcumin nicht toxisch ist. Dies kann allerdings auch an der eher geringen Bioverfügbarkeit [Singletary, 2010b] liegen. Dessen ungeachtet sind weiterführende Studien zur Absicherung der bereits bekannten Datenlage notwendig.

4 Gewürzpflanzen mit geringer wirtschaftlicher Bedeutung

Im folgenden werden einige ausgewählten Rhizomgewürze behandelt, die heute fast ausschließlich in der asiatischen Küche Verwendung finden. In Europa werden sie nur selten genutzt. Nicht so vor einigen hundert Jahren: Hildegard von Bingen setzte sie teilweise als Heilmittel ein und im Mittelalter waren diese Gewürze durchaus beliebt, jedoch meist nur für die wohlhabendere Gesellschaftsschicht erschwinglich. [Teuscher, 2003, Katzer, 2007]

4.1 Die Gattung *Alpinia* Roxb.

Die Gattung *Alpinia* ist mit 230 Arten die größte und am weitesten verbreitete Gattung der Familie der Zingiberaceae. *Alpinia*-Arten findet man von Sri Lanka und den westindischen Gebirgsketten bis nach China, Japan, im gesamten südostasiatischen Raum, im Pazifik ebenso wie auf den Fiji-Inseln, Samoa, den Caroline Islands und in Australien [Kress et al., 2005].

Wie alle Zingiberaceae sind auch *Alpinia*-Arten ausdauernde, krautige Rhizompflanzen. Bemerkenswert bei dieser Gattung ist der auffallend schöne Blütenstand. Daher werden viele Arten häufig für gärtnerische Zwecke kultiviert. Bei den ätherischen Ölkomponenten sind Monoterpene vorherrschend [Victório, 2011]. Dies unterscheidet *Alpinia* von *Zingiber officinale* und *Curcuma longa*, wo Sesquiterpene die Hauptkomponenten im ätherischen Öl sind. Als Gewürzpflanze wird vor allem *Alpinia officinarum* Hance (siehe Kap. 4.1.1) mit seinem aromatischen und scharfen Rhizom in Vietnam und im südlichen China kultiviert.



Abb. 25: Blüte *Alpinia purpurata* [Fabhawk, 2007] (Zierpflanze)

Dort verwendet man das Rhizom sowohl in der Humanernährung als auch in der traditionellen Medizin [Ly et al., 2003].

4.1.1 Galgant – *Alpinia officinarum* Hance

Alpinia officinarum Hance ist unter dem Synonym *Languas officinarum* (Hance) Farw. bekannt. Die Trivialnamen sind Echter Galgant, Kleiner Galgant, Siam-Ingwer und Thai-Ingwer. Diese sind leicht irreführend, da es einige Namensgleichheiten gibt (siehe Tab. 1 und Tab. 2, Seite 4 f). So wird auch *Alpinia galanga* (L.) Willd. (siehe

Kap. 4.1.2) ebenfalls Siam-Ingwer und Thai-Ingwer genannt. Auch im Englischen gibt es unter der Bezeichnung lesser galangal eine Namensgleichheit. Weitere englische Trivialnamen sind Chinese ginger, lesser galingale, small galangal und East Indian root. Die chinesischen Namen lauten hua ha und gao liang jiang. [Seidemann, 2005]

Die Hauptanbaugebiete sind Süd-China, Hainan und Japan. Außerdem wird der Echte Galgant in Thailand, Indien, Vietnam, Indonesien (vor allem auf Sumatra, Java und den Molukken), Sri Lanka, Malaysia und den Antillen kultiviert. [Seidemann, 2005]

Das Rhizom des Galgants beinhaltet ca. 20 bis 25 % Stärke. Galgant enthält je nach Herkunft und Bodenbeschaffenheit 0,5 bis 1,5 % ätherisches Öl. Laut Österreichischem Lebensmittelbuch muss der ätherische Öl-Anteil bei ganzer Ware mindestens 0,4 % betragen [Codexkommission, 2009]. Dieser besteht bis zu 50 % aus 1,8-Cineol (Abb. 13, Seite 22) sowie aus β -Pinen, Myrcen und Sabinen (Abb. 22, Seite 52). Weiters sind geringe Mengen an Phenylpropanderiva-



Abb. 26: Rhizom von *Alpinia officinarum* Hance [Stöger, 2006]

ten, wie z.B. Eugenol und Chavicol enthalten. Neben dem ätherischen Öl enthält Galgant ebenso wie Ingwer scharf schmeckende Gingerole (Abb. 10, Seite 19). Diarylheptanoide tragen ebenfalls zum scharfen Geschmack bei. [Teuscher, 2003]

Der Geschmack des Galgants ist würzig, brennend und leicht bitter, erinnert an Ingwer, ist aber milder als dieser. Als Gewürz wird Galgant sehr häufig wie Ingwer vor allem in der indonesischen, malaiischen, thailändischen und chinesischen Küche verwendet. Reisgerichte werden damit ebenso gewürzt wie Fleisch-, Fisch- und Gemüsegerichte. Auch für Süßspeisen wird er eingesetzt. Galgant-Extrakte werden in der Getränkeindustrie für die Herstellung von Likören, besonders von Magenbittern, verwendet. In Skandinavien und Russland wird er teilweise auch dem Bier beigemischt. [Teuscher, 2003]

Alpinia officinarum hat entzündungshemmende, antioxidative, schmerzstillende und verdauungsfördernde Wirkungen. Außerdem wird dem Galgant ein blutlipidsenkender Effekt und eine Wirkung als Antiemetikum nachgesagt. Die Forschergruppe um Lee hat die entzündungshemmenden Effekte von *Alpinia officinarum* bei akuter und chronischer rheumatoider Arthritis an Ratten untersucht. Das Ergebnis zeigt, dass Galgant möglicherweise für die Behandlung von Arthritis eingesetzt werden kann [Ly et al., 2003, Teuscher, 2003, Lee et al., 2006, Lee et al., 2009].

In der TCM zählt Galgant zu den Arzneien, die das Innere wärmen und Kälte vertreiben. Er erhöht die Peristaltik, fördert die Inkretion von Verdauungssäften, lindert Diarrhö, wirkt analgetisch und antibakteriell. Außerdem wirkt Galgant antithrombotisch, antiischämisch, beruhigend, antikoagulativ und er kann die Thrombozytenaggregation senken. [Focks und Hillebrand, 2006]

4.1.2 Thai-Ingwer – *Alpinia galanga* (L.) Willd.

Alpinia galanga ist unter den Synonymen *Amomum galanga* L. *Galanga major* Rumph, *Languas galanga* (L.) Stunz., *Languas vulgare* Koenig und *Maranta galanga* L. bekannt. Wie bereits erwähnt, sind sowohl im Deutschen als auch im Englischen Namensgleichheiten zu finden (siehe Tab. 1 und Tab. 2, Seite 4 f). Thai-Ingwer wird also auch Echter Galgant, Großer Galgant, Siam-Ingwer oder Siam-Galgant genannt. Im Englischen findet man die Bezeichnungen galanga, galangal, the greater galangal, Java galangal, lesser galangal und Siamese ginger. Die chinesische Pinyin-Bezeichnung ist gao liang jiang. [Seidemann, 2005]

Die Hauptanbaugebiete des Thai-Ingwer sind vor allem Thailand, aber auch Indien, China, Südostasien, Java und die Philippinen [Teuscher, 2003, Seidemann, 2005, Katzer, 2007]. Im Gegensatz zu *Alpinia officinarum* Hance wird bei *Alpinia galanga* (L.) Willd. nicht nur das Rhizom sondern auch die Samen als Gewürz genutzt [Seidemann, 2005].

Das ätherische Öl des frischen Rhizoms enthält hauptsächlich β -Santalen, 1,8-Cineol, β -Bisabolen, *trans*- β -Farnesen, α -Bergamotten, Terpinenol-4 und α -Pinen. Weitere Inhaltsstoffe sind u.a. das scharf schmeckende Galangalacetat, Chavicolacetat, Chavicol, Linalool, Geranylacetat, Eugenol, Bornylacetat [Teuscher, 2003]. Das frische Rhizom enthält bis zu 1,5 % ätherisches Öl. Der Anteil im getrockneten Rhizom ist wesentlich geringer und dieses ist auch anders zusammengesetzt. Es besteht vor allem aus Cineol und Farnesen. [Katzer, 2007]

Thai-Ingwer war in westlichen Ländern im Mittelalter sehr beliebt. Heute wird er in der europäischen Küche nur mehr selten verwendet. In thailändischen Gerichten wird *Alpinia galanga* häufig frisch verwendet, da das getrocknete Rhizom einen völlig anderen Geschmack aufweist. Dies ist durch die unterschiedlichen ätherischen Ölkomponenten zu erklären. Frischer Thai-Ingwer ist warm, süßlich und gewürzhaft und erinnert an Tannennadeln, getrockneter riecht eher

süßlich und erinnert an Zimt. In dünne Scheiben geschnitten wird er gern für Suppen verwendet oder fein gehackt im Wok und für Gebratenes. Frisch gerieben ist das Rhizom eines der Hauptbestandteile von thailändischen Currypasten. Getrockneter Thai-Ingwer wird oft in Scheiben gehandelt, die vor der Verwendung in warmes Wasser eingeweicht werden. Dadurch wird der ansonsten scharf-würzige Geschmack dem frischen, milden ähnlicher. [Katzner, 2007]

Alpinia galanga wird im asiatischen Raum zur Behandlung von Koliken, Verdauungsstörungen, Durchfallerkrankungen, Magenkrebs, Diabetes mellitus, Inkontinenz und Fieber eingesetzt. Eine entzündungshemmende Wirkung wird ihm ebenfalls attestiert [Victório, 2011]. Auch bei Rheumatismus und Bronchialkatarrh wird *A. galanga* verwendet [Sharma et al., 2011]. Jüngste Forschungen an Mäusen zeigen positive Effekte bei neurodegenerativen Erkrankungen wie Morbus Alzheimer [Hanish Singh et al., 2011].

4.2 Chinesischer Ingwer – *Boesenbergia rotunda* (L.) Mansf.

Boesenbergia rotunda (L.) Mansf. ist unter den Synonymen *Boesenbergia pandurata* (Roxb.) Schlechter, *Curcuma rotunda* L., *Kaempferia ovata* Rosc., *Kaempferia pandurata* Roxb., *Zingiber xanthorrhizum* Moon und *Gastrochilus pandurata* (Roxb.) Ridley zu finden. Chinesische Ingwer, auch Runde Gewürzlilie und Fingerwurzel genannt, ist ebenfalls unter dem Trivialnamen lesser ginger bekannt (Namensgleichheiten siehe Tab. 1 und Tab. 2, Seite 4 f). Aber auch die Namen galingale, Chinese key und tropical crocus sind gebräuchlich. Die chinesische Pinyin-Bezeichnung ist soh shi. [Seidemann, 2005]

Kultiviert wird der Chinesische Ingwer in Indien, Sri Lanka und Südostasien. Genutzt werden die Rhizome, aber oft auch Blätter und Sprosse. Sein Geschmack ist mild wie der von *Alpinia officinarum*. [Seidemann, 2005]



Abb. 27: Rhizome von *Boesenbergia rotunda* (L.) Mansf. [Kembangraps, 2008]

Das Rhizom von *Boesenbergia rotunda* enthält 1 bis 3 % ätherisches Öl. Es wurden bereits die Monoterpene 1,8 Cineol, Campher, Geraniol und Nerol sowie Zimtsäuremethylester identifiziert. *B. rotunda* enthält außerdem Spuren von d-Pinen, Zingiberen, Zingiberon, Curcumin und Zedoarin. [Katzner, 2007]

In China wird das Rhizom eher für medizinische Zwecke genutzt. In Vietnam und Indonesien kennt man es zwar als Gewürz, es hat jedoch geringe Bedeu-

tung. In der Thai-Küche wird der Chinesische Ingwer besonders für Fischcurries, für Gemüseintöpfe oder Fischsuppen verwendet. Meist wird er zu einer Paste zerrieben oder in dünnen Scheiben geschnitten. Getrocknet wird er selten verwendet, weil der Geschmack durch das Trocknen strenger wird. Hier ist durch Einweichen in warmes Wasser und anschließendes Pürieren eine Angleichung des Geschmacks an den des frischen Rhizoms möglich. [Katzner, 2007]

Eine bioaktive Substanz, die aus dem Rhizom des Chinesischen Ingwers isoliert werden konnte, hat in den letzten Jahren besondere Aufmerksamkeit auf sich gezogen: Panduratin A (CAS Registry Number: 89837-52-5), ein natürlich vorkommendes Flavonoid. 2010 hat die Forschergruppe um Rukayadi die antibakterielle Aktivität von Panduratin A gegen Enterokokken mit den üblichen Antibiotika verglichen.

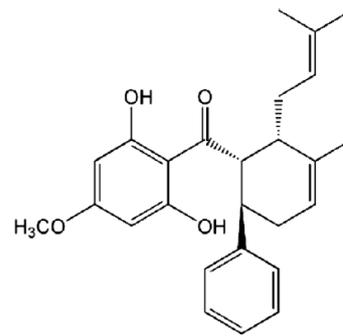


Abb. 28: Panduratin A [Rukayadi et al., 2010]

Enterococcus faecalis und *E. faecium* wurden als die gängigen Erreger für Harnwegsinfektionen identifiziert. Das Ergebnis der *in vitro* Studie zeigt ein wesentlich höheres antibakterielles Potential von Panduratin A gegen Enterokokken als die herkömmlichen Antibiotika. In früheren Studien konnten *in vitro* bereits antibakterielle Wirkungen gegenüber *Prevotella intermedia*, *P. loescheii*, *Porphyromonas gingivalis*, *Propionibacterium acnes* und *Streptococcus mutans* nachgewiesen werden [Rukayadi et al., 2010]. Positive Ergebnisse lieferte auch die Krebsforschung. Das aus *Boesenbergia rotunda* gewonnene Panduratin A konnte in Zellstudien (Zelllinie A549: human non-small cell lung cancer cells) das Zellwachstum unterdrücken und die Apoptose induzieren. Weiters wurde ein bemerkenswertes therapeutisches Potential als Hemmstoff von NK- κ B festgestellt [Cheah et al., 2011]. Daraus kann neben der antibiotischen Wirkung auch eine antioxidative abgeleitet werden.

4.3 Zitwer – *Curcuma zedoaria* (Christm.) Rosc.

Curcuma zedoaria ist unter den Synonymen *Amomum zedoaria* Christm., *Curcuma mangga* Valetton et Zijp, *Curcuma pallida* Lour., *Curcuma xanthorrhiza* Roxb. und *Curcuma zerumbet* Roxb. bekannt. Die deutschen Trivialnamen sind Zitwer(wurzel) oder auch Javanische Gelbwurz(el). Die Englischen Bezeichnungen sind cochin-tumer, long zedoary, mango gingerround zedoary, Japanese turmeric, Javanese turmeric „setwall“ und yellow turmeric (siehe auch Tab. 1 und Tab. 2, Seite 4 f). Die chinesische Pinyin-Bezeichnung lautet peng e zhu. [Seidemann, 2005]

Natürlich kommt der Zitwer in ganz Südostasien vor, kultiviert wird er in Indien, China, Sri Lanka und Madagaskar. Das große, fleischige Rhizom wird als Gewürz genutzt. Aufgrund des hohen Stärkeanteiles findet es aber auch als Ersatz für Pfeilwurzelmehl Verwendung. [Seidemann, 2005, Ahmad et al., 2009]

Wie bei *Curcuma longa* besteht das ätherische Öl des Zitwers auch vorwiegend aus spezifischen Sesquiterpenen. Bisher wurden vor allem folgende Komponenten identifiziert: Germacron-4,5-epoxid, Germanon, Furodienon, Curzerenon, Zederon, Dehydrocurdion, Curcumenol, Isocurcumenol, Curcumenon, Curmanolid A und B. [Katzer, 2007]

In China und Japan wird Zitwer als Arznei genutzt, als Gewürz spielt er hier nur eine untergeordnete Rolle. In Thailand werden die jungen Rhizome als Gemüse genossen und in Indien wird er zum Würzen von eingelegtem Gemüse und Obst verwendet. Zitwer hat einen aromatischen, kampferähnlichen [Codexkommission, 2009] und bitteren Geschmack, weshalb die getrockneten Rhizome in den Herkunftsländern kaum verwendet werden. Das Rhizom wurde in Europa im Mittelalter als Gewürz genutzt [Katzer, 2007]. Interessant ist, dass Zitwer nach wie vor im Österreichischen Lebensmittelbuch als Gewürz geführt wird [Codexkommission, 2009].

Zitwer ist wie die anderen Vertreter der Gattung *Curcuma* aufgrund seines antioxidativen und antimikrobiellen Potentials interessant. Dies wurde in einer taiwanesischen Studie über Rhizomen der Familie der Zingiberaceae bestätigt. Hier rangiert die Gattung *Curcuma* im oberen Mittelfeld bei der methanolischen Extraktion der phenolischen Komponenten mit rund 30 mg/g. Die antioxidative Kapazität von *Curcuma zedoaria* liegt bei $76,1 \pm 5,1$ % und in den Wachstumstests gegen *Escherichia coli*, *Salmonella enterica* und *Staphylococcus aureus* zeigt *C. zedoaria* eine starke inhibierende Wirkung, allerdings keine gegen *Vibrio parahaemolyticus*. [Chen et al., 2008]

Curcuma zedoaria ist die Hauptquelle für „ezhu“, eine Arzneidroge in der TCM. Zitwer zählt zu den Blut belebenden Arzneien und verbessert die Mikrozirkulation. Er ist entzündungshemmend und antiulzerativ, senkt die Tumorbildung und wirkt antibiotisch, virustatisch und kontrazeptiv. [Sasikumar, 2005, Focks und Hillebrand, 2006]

4.4 Gewürzlilie – *Kaempferia galanga* L.

Kaempferia galanga ist unter den Synonymen *Kaempferia humilis* Salisb. und *Kaempferia sessilis* Koenig in der Literatur zu finden. Die deutschen Trivialnamen sind Gewürzlilie, Chinesischer Galgant, Kentjur oder auch Thai-Ingwer. Im Englischen trägt sie die Namen East Indian galan(gal), galanga, spice lily und resurrection lily (siehe auch Tab. 1 und Tab. 2, Seite 4 f). [Seidemann, 2005]

Natürliche Vorkommen findet man in Indien, China und in Sri Lanka, aber auch auf Java, den Philippinen, in Malaysia und in Neu Guinea. Kultiviert wird sie im Sudan. Neben den Rhizomen (in Scheiben geschnitten oder zerrieben) werden auch die Blätter zum Würzen genutzt. [Seidemann, 2005, Sharma et al., 2011]

Das Rhizom der Gewürzlilie enthält 2,4 bis 4 % ätherisches Öl. Dieses besteht hauptsächlich aus Zimtsäureethylester (ca. 25 %) und p-Methoxyzimtsäuremethylester (ca. 30 %). Weitere Inhaltsstoffe sind u.a. Borneol, Campher und Δ^3 -Caren. [Teuscher, 2003]

Der Geschmack der Gewürzlilie ist stark aromatisch. Sowohl das Rhizom als auch die Blätter werden zum Würzen von ungesüßten Reisspeisen, Geflügel- und Fleischgerichten, oft auch in Verbindung mit Erdnusssauce verwendet. [Teuscher, 2003, Katzer, 2007]

Traditionell wird das Rhizom der Gewürzlilie als Mittel gegen Zahnschmerzen eingesetzt und hat eine karminative Wirkung. Äußerlich angewendet wirkt ein Extrakt des Rhizoms gegen Schuppen auf der Kopfhaut, bei Bauchschmerzen, Schwellungen sowie bei Rheumatismus. Dem ätherischen Öl kann antioxidative Aktivität und antibakterielles Potential nachgewiesen werden. Letzteres ist in zahlreichen Studien belegt. Die Wirksamkeit richtet sich gegen *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* sowie einer Reihe weiterer Mikroorganismen und überdies gegen Tumor-Promotoren. In Tierversuchen wurde eine blutdrucksenkende Wirkung postuliert. Verantwortlich für die pharmakologisch nützlichen Eigenschaften sind die aus der *K. galanga* isolierten Derivate der Zimtsäure und ihre

Methyl- und Ethylester sowie diverse Monoterpene. [Sharma et al., 2011, Umar et al., 2011]

5 Schlussbetrachtung

Für die Familie der Zingiberaceae ist die Ausbildung von Rhizomen typisch, welche im Deutschen irreführenderweise die Bezeichnung „Wurzelstock“ tragen. Auch im herkömmlichen Sprachgebrauch wird für Rhizome fälschlicherweise oft die Bezeichnung „Wurzel“ gebraucht. Der Erdspross [Weiler et al., 2008] dient der Pflanze als Speicherorgan und kann aufgrund seiner Inhaltsstoffe vielseitig genutzt werden. Im Speicherparenchym befinden sich Idioblasten, die neben dem ätherischen Öl auch Scharfstoffe und Farbstoffe speichern. Die Pflanzen wachsen vorwiegend im tropischen Klima, welches hohe Luftfeuchtigkeit und geringe Temperaturschwankungen kennzeichnet. Die Gattungen der Zingiberoideae haben die Fähigkeit entwickelt, Trockenperioden zu überdauern und finden sich daher auch in Monsunklimazonen. Die Gattungen der Alpinioideae sind dazu nicht in der Lage. Dies zeigt sich auch an der Konsistenz der Rhizome. Diese sind bei den Zingiberoideae fleischig, bei den Alpinioideae jedoch hart und faserig [Kress et al., 2002, Bresinsky et al., 2008, Weiler et al., 2008]. Daher können beispielsweise die jungen Rhizome von *Curcuma zedoaria* (Zingiberoideae) als geschmackvolles Gemüse verwendet werden [Katzer, 2007].

Zingiber officinale und *Curcuma longa* gewinnen in Europa zunehmend an Bedeutung. Der Grund dafür sind die immer größer werdenden Beliebtheit in der westeuropäischen Küche und der Trend zu asiatischen Speisen. Die Einsatzmöglichkeiten der beiden Gewürze sind sehr vielseitig. Sie reichen von chinesischen Wokgerichten, indonesischen Fischgerichten, asiatischen Gemüse-, Geflügel- und Fleischspeisen, Tofu- und Reisgerichten über süß-sauer eingelegte Salate und Pickles, Soßen und Chutneys, eingeweckte Kompotte bis hin zu süßem Gebäck, Biskuits und fruchtigen Desserts. Außerdem sind sie wichtige Bestandteile von Gewürzmischungen und speziell Ingwer liefert Oleoresin zum Aromatisieren von Getränken. Das aus Kurkuma gewonnene Curcumin wird in der Lebensmittelindustrie als Farbstoff eingesetzt und ist als Lebensmittelzu-

satzstoff E100 bekannt. [Teuscher, 2003, Till, 2004, Sasikumar, 2005, Katzer, 2007]

Die Komponenten, die für den Gewürzcharakter der Rhizome verantwortlich zeichnen, sind ätherisches Öl, Scharfstoffe und Farbstoffe. Während das ätherische Ingweröl aus Mono- und Sesquiterpenen besteht, kennzeichnen Sesquiterpenketonen (65 %) das ätherische Kurkumaöl. Die Scharfstoffe im Ingwer sind vorwiegend [6]-, [8]-, [10]- und [12]-Gingerol sowie [6]-Shogaol, wenngleich auch Gingerole und Shogaole mit niedrigerer bzw. höherer C-Atom-Anzahl im Fettsäurerest vorkommen. Die Farbstoffe im Kurkuma sind lipophile, hitzestabile aber lichtempfindliche, gelb-orange phenolische Verbindungen, die Curcuminnoide. Curcumin macht dabei den Hauptbestandteil aus. [Teuscher, 2003, Singletary, 2010a, Salmon et al., 2012]

Abgesehen von der sensorischen Bereicherung durch die Verwendung dieser Gewürze in der Humanernährung haben sowohl Ingwer als auch Kurkuma vielseitige positive Eigenschaften auf den humanen Stoffwechsel. Die bioaktiven Substanzen sind beim Ingwer die Gingerole, allen voran [6]-Gingerol und bei Kurkuma das Curcumin. Diverse Studien haben gezeigt, dass die Rhizome bzw. daraus gewonnene Extrakte karminativ wirken und teilweise vorbeugend, aber auch unterstützend bei bestimmten Zivilisationserkrankungen wie Dyslipidämien, Diabetes mellitus Typ 2, Atherosklerose, Bluthochdruck, Adipositas, Metabolisches Syndrom, aber auch bei Krebserkrankungen eingesetzt werden können. Ebenso wurde der Einsatz bei gastrointestinalen Beschwerden schon intensiv erforscht. Ferner wurde von positiver Wirkung bei neurodegenerativen Erkrankungen berichtet. [Teuscher, 2003, Hänsel und Sticher, 2010, Singletary, 2010a, Singletary, 2010b]

Die Traditionelle Chinesische Medizin nutzt die beiden Gewürze schon sehr lange und wendet speziell Ingwer vollkommen verschieden an. Das frische Rhizom wird eher bei akuten Krankheiten eingesetzt, getrockneter Ingwer hingegen bei chronischen. Überdies ist Ingwer in der Lage, als Trägersubstanz für

andere Kräuter zu fungieren, indem er diese in den Verdauungstrakt leitet [Ross, 2009]. Es ist anzunehmen, dass die Gingerole diesen Effekt verursachen. Der Wirkungsunterschied zwischen getrocknetem und frischem Ingwer konnte durch gängige wissenschaftliche Methoden noch nicht nachgewiesen werden [Henning et al., 2011, Rajnarayana et al., 2011]. Die TCM greift allerdings auf ein sehr umfangreiches, klinisch dokumentiertes Erfahrungswissen zurück, welches durchaus als Basis für weiterführende Forschungen dienen kann [Hänsel und Sticher, 2010]. Kurkuma ist in der TCM wie auch in der westlichen Medizin als Chologogum bekannt und wird für abdominelle Beschwerdebilder eingesetzt [Ross, 2009].

Ingwer

Der Einsatz von Ingwer bei Übelkeit und Erbrechen ist schon lange Thema in der Forschung, die aber zu voneinander abweichenden Ergebnissen kommt. Die beste Evidenz zeigt der Einsatz von Ingwer bei Schwangerschaftsübelkeit [Singletary, 2010a]. In diversen Vergleichsstudien mit Vitamin B₆ und B₁₂, die als antiemetisch wirksam gelten, konnten gleiche, wenn nicht sogar bessere Ergebnisse mit Ingwer erzielt werden [Chrubasik et al., 2005, Tiran, 2012]. Zurückzuführen ist die antiemetische Wirkung auf eine Hemmung des 5-HT₃-Rezeptors sowie des 5-HT₃-Rezeptor-Ionen-Komplexes im Gastrointestinaltrakt. Dadurch wird eine indirekte Signalkaskade ausgelöst, die Übelkeit und Erbrechen unterbindet. In erster Linie dürfte [6]-Gingerol als 5-HT₃-Antagonist wirken, wobei in einer Zellstudie [6]-Shogaol noch besser abgeschnitten hat [Abdel-Aziz et al., 2005, Abdel-Aziz et al., 2006]. Der Einsatz von Ingwer bei Übelkeit durch Kinetose ergab noch keine ausreichende Evidenz, da hierbei psychische und emotionale Aspekte eine gewisse Rolle spielen. Diesbezügliche klinische Studien fehlen [Betz et al., 2005]. Bei medikamentös verursachter Übelkeit, sei es durch Chemotherapie oder postoperativ, divergieren die Ergebnisse ebenfalls. Es fällt auf, dass in sehr vielen Studien von so gut wie keinen Nebenwirkungen durch die Ingwergabe berichtet wurde. Lediglich eine Dosis von über 6 g täglich rief leichte gastrointestinale Störungen hervor. Diese mussten nicht gesondert behandelt werden [Betz et al., 2005].

Ghosh und Mitarbeiter führen in ihrem Review [2011] aus, dass Ingwer in der Lage ist, das Verdauungssystem positiv zu beeinflussen und gastrointestinale Beschwerden wie Flatulenz, Obstipation und Diarrhö zu lindern. In diesem Fall scheint ebenfalls eine Wirkung auf den 5-HT₃-Rezeptor eine Rolle zu spielen. Insgesamt gibt es auch hier eine Reihe von Studien mit positiven Ergebnissen, aber auch zahlreiche Untersuchungen, die keine signifikanten Effekte zeigen [Chuah et al., 2011].

Die steigende Prävalenz von Adipositas, Diabetes mellitus Typ 2 und Metabolisches Syndrom macht blutlipidsenkende Nahrungsergänzungsmittel interessant. Diese Mechanismen und die Auswirkungen von Ingwer auf die Blutglucose wurden untersucht [Al-Amin et al., 2006, Alizadeh-Navaei et al., 2008, Nammi et al., 2009, Singletary, 2010a, Beattie et al., 2011]. Auch hier sind die Ergebnisse inhomogen und lassen noch keine definitiven Aussagen zur cholesterinsenkenden Wirkung von Ingwer zu. Allerdings zeigen einige Studien auch sehr gute Resultate und sollten zu weiteren klinischen Untersuchungen führen.

In Bezug auf die entzündungshemmende und antioxidative Wirkung von Ingwer zeigen vor allem [6]-Gingerol und [6]-Shogaol hohe antioxidative Potentiale. Es gibt zahlreiche Hinweise darauf, dass Ingwer als Radikalfänger wirkt und zudem die Plasmakonzentrationen anderer Antioxidantien erhöhen kann. Außerdem scheint Ingwer einen inhibierenden Effekt auf die Lipidperoxidation zu haben und regulierend auf die Genexpression von verschiedensten Entzündungsmediatoren zu wirken. [Sang et al., 2009, Singletary, 2010a, Baliga et al., 2011, Motawi et al., 2011]

Die Auswirkung von Ingwer auf die *Thromboxansynthetase* stellt noch immer das Hauptargument gegen einen breiten Einsatz dar. Allerdings konnte in keiner Studie eine verstärkte Blutungsneigung festgestellt werden. Aufgrund der Einstufung als GRAS seitens der FDA gilt Ingwer als sicher [Betz et al., 2005, Singletary, 2010a]. Dessen ungeachtet sollten in weiterführenden Humanstudien mit adäquatem Design die bereits bekannten Ergebnisse abgesichert wer-

den, um eine etwaige negative Wirkung auf die Blutgerinnung mit Sicherheit ausschließen zu können.

Kurkuma

In Bezug auf die antioxidative Wirkung von Curcumin kann festgehalten werden, dass dieses regulierend auf den Transkriptionsfaktor NF- κ B wirkt und einen inhibierenden Effekt auf die proinflammatorischen Cytokine und Chemokine zeigt. Diese Erkenntnisse konnten an Patienten mit chronisch entzündlichen Darmerkrankungen größtenteils erfolgreich eingesetzt werden [Aggarwal und Harikumar, 2009, Bisht et al., 2010, Singletary, 2010b]. Auch in einer Studie mit Patienten des Reizdarmsyndroms konnten signifikante Verbesserungen erzielt werden [Bundy et al., 2004]. Dessen ungeachtet sind weiterführende klinische Studien notwendig, um die Verwendung von Curcumin bei chronischen Darmerkrankungen zu rechtfertigen.

Die Gallenwirksamkeit von Curcumin konnte in einer sehr aussagekräftigen Studie [Rasyid et al., 2002] bestätigt werden. Curcumin ist in der Lage, die Kontraktion und somit die Entleerung der Gallenblase signifikant zu stimulieren. Dies senkt das Risiko für Gallensteine und damit in weiterer Folge das potentielle Risiko für Gallenblasenkrebs.

Die kardioprotektive Wirkung von Curcumin wurde ebenfalls in zahlreichen experimentellen Studien untersucht. Durch die bereits erwähnten antioxidativen Effekte scheint Curcumin in der Lage zu sein, eine Schutzwirkung auf das Herz zu induzieren. Daneben wirkt es atherosklerotisch und regulierend auf die Blutlipide [Aggarwal und Harikumar, 2009, Singletary, 2010b, Nabavi et al., 2011]. Außerdem scheint Curcumin auch eine normalisierende Wirkung auf die Fibrinogenspiegel im Plasma zu haben [Ramirez Boscá et al., 2000]. Daher kann von einem hohen kardioprotektiven Potential gesprochen werden, welches ebenfalls durch weiterführende Untersuchungen abgesichert werden sollte.

Im Bereich der neurodegenerativen Erkrankungen zeigt Curcumin ein hohes therapeutisches Leistungsvermögen. Es kann wegen seiner antioxidativen und anti-inflammatorischen Wirkung (*in vitro* und *in vivo*), die degenerativen Effekte bei Morbus Alzheimer eindämmen und teilweise regenerieren. Auch bei Morbus Parkinson konnten ähnliche Ergebnisse erreicht werden. [Kannappan et al., 2011]

Bei Kurkuma konnten lediglich geringfügige Nebenwirkungen durch die Interventionen festgestellt und keine Toxizität nachgewiesen werden. [Singletary, 2010b]

Gewürzpflanzen mit geringer wirtschaftlicher Bedeutung

In Europa werden *Alpinia officinarum* (Galgant), *Alpinia galanga* (Thai-Ingwer), *Boesenbergia rotunda* (Chinesischer Ingwer), *Curcuma zedoaria* (Zitwer) und *Kaempferia galanga* (Gewürzlilie) nur selten als Gewürz genutzt. Wie ihre Artverwandten Ingwer und Kurkuma haben auch sie ein hohes therapeutisches Potential, welches noch weitgehend unerforscht ist. In den Herkunftsländern werden sie sowohl in der traditionellen Medizin als auch in der Humanernährung eingesetzt.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die bis dato erhaltenen Erkenntnisse in weiterführenden Studien abgesichert werden müssen, um einen risikofreien, breiten Einsatz der besprochenen Rhizomgewürze im medizinischen Bereich zu gewährleisten. Die therapeutischen Auswirkungen der Verwendung von Ingwer und Kurkuma im Zusammenhang mit der gesamten Nahrungsaufnahme wurde noch fast gar nicht erforscht. Ob der Einsatz als Gewürz im Alltag von therapeutischem Nutzen ist kann nur durch sehr langfristige, prospektive Kohortenstudien evaluiert werden.

6 Zusammenfassung

Die Familie der Zingiberaceae ist in allen tropischen und subtropischen Gebieten der Erde zu finden. In Europa haben die beiden Vertreter *Zingiber officinale* (Ingwer) und *Curcuma longa* (Kurkuma) wirtschaftlich an Bedeutung gewonnen. Sie sind vor allem aufgrund ihrer Rhizome interessant. Diese dienen der Pflanze als Speicherorgan und zeichnen sich durch besondere Inhaltsstoffe aus, die in den Idioblasten gespeichert werden. Die Hauptkomponente der Scharfstoffe im Ingwer ist [6]-Gingerol und der polyphenolische Farbstoff Curcumin ist typisch für Kurkuma. Die Verwendung der Gewürze in der Humanernährung ist sehr vielseitig.

Abgesehen von der kulinarischen Bedeutung zeigen beide Gewürze zahlreiche physiologische Wirkungen die therapeutisch interessant sind. Ingwer wirkt karminativ, antiemetisch, antioxidativ, antiatherosklerotisch sowie entzündungshemmend und fiebersenkend. Außerdem zeigt sich eine positive Wirkung auf Blutlipide und Blutglucose. Seitens der FDA wird Ingwer als sicher eingestuft und auch in zahlreichen präklinischen und klinischen Studien konnte keine Toxizität und nur unbedeutende Nebenwirkungen festgestellt werden. Kurkuma hat ebenfalls ein sehr breites Wirkungsspektrum, ohne nachweisbare Toxizität. Curcumin ist bekannt als Cholagogum und wirkt antioxidativ, antiinflammatorisch, kardioprotektiv, cytoprotektiv und regulierend auf die Blutlipide. Ferner wurden positive Effekte bei Krebs und neurodegenerativen Erkrankungen nachgewiesen.

Alpinia officinarum (Galgant), *Alpinia galanga* (Thai-Ingwer), *Boesenbergia rotunda* (Chinesischer Ingwer), *Curcuma zedoaria* (Zitwer) und *Kaempferia galanga* (Gewürzlilie) haben in Europa als Gewürz nur geringe Bedeutung.

Die mitunter divergierenden Ergebnisse der bisherigen Forschungsarbeit berechtigen zur Forderung nach weiterführenden Studien mit adäquatem Design, um den therapeutischen Einsatz der genannten Gewürze zu rechtfertigen.

7 Summary

The family of Zingiberaceae is originated in all tropical and subtropical areas of the world. In Europe, the two representatives *Zingiber officinale* (ginger) and *Curcuma longa* (turmeric) have gained economic importance. They are of special interest because of its rhizomes. These serve as storage organs of plants and are characterized by particular substances that are accumulated in idioblasts. The main components of pungent flavors in ginger and turmeric are [6]-gingerol in the former and polyphenolic pigment curcumin in the latter. The use of spices in human nutrition is very versatile.

Apart from the culinary importance of spices both show numerous physiological effects that are therapeutically interesting. Ginger has carminative, antiemetic, antioxidant, antiaterosclerotic, anti-inflammatory and antipyretic effects. In addition positive effects on blood lipids and blood glucose are shown. Ginger is classified as safe by FDA and in numerous of preclinical and clinical studies no toxicity and only minor side effects are noted. Turmeric has also a wide diversified spectrum of activity without detectable toxicity. Curcumin is known as cholagogic and has antioxidative, anti-inflammatory, cardioprotective, cytoprotective properties and regulative effects on blood lipids. Furthermore, positive properties on cancer and neurodegenerative diseases have been detected.

Alpinia officinarum (galangal), *Alpinia galanga* (greater galangal), *Boesenbergia rotunda* (Chinese key), *Curcuma zedoaria* (long zedoary) and *Kaempferia galanga* (spice lily) are of minor importance in Europe.

The findings of previous research are sometimes divergent and entitle the demand for further studies with adequate design to justify the therapeutic use of these spices.

8 Literaturverzeichnis

ABASCAL, K., YARNELL, E. (2009) Clinical uses of *Zingiber officinale* (Ginger). *Alternative and Complementary Therapies*, 15, 231-237.

ABDEL-AZIZ, H., NAHRSTEDT, A., PETEREIT, F., WINDECK, T., PLOCH, M., VERSPOHL, E. J. (2005) 5-HT₃ receptor blocking activity of arylalkanes isolated from the rhizome of *Zingiber officinale*. *Planta Medica*, 71, 609-616.

ABDEL-AZIZ, H., WINDECK, T., PLOCH, M., VERSPOHL, E. J. (2006) Mode of action of gingerols and shogaols on 5-HT₃ receptors: Binding studies, cation uptake by the receptor channel and contraction of isolated guinea-pig ileum. *European Journal of Pharmacology*, 530, 136-143.

AGGARWAL, B., BHATT, I. D., ICHIKAWA, H., AHN, K. S., SETHI, G., SANDUR, S. K., NATARAJAN, C., SEERAM, N., SHISHODIA, S. (2007). Curcumin - Biological and Medicinal Properties. In: RAVINDRAN, P. N. (ed.) *Turmeric: The Genus Curcuma, Medicinal and aromatic plants - industrial profiles*. Boca Raton, Fla. [u.a.]: CRC Press, 45, 297-368.

AGGARWAL, B. B., HARIKUMAR, K. B. (2009) Potential therapeutic effects of curcumin, the anti-inflammatory agent, against neurodegenerative, cardiovascular, pulmonary, metabolic, autoimmune and neoplastic diseases. *The international journal of biochemistry & cell biology*, 41, 40-59.

AHMAD, D., KIKUCHI, A., JATOI, S. A., MIMURA, M., WATANABE, K. N. (2009) Genetic variation of chloroplast DNA in Zingiberaceae taxa from Myanmar assessed by PCR-restriction fragment length polymorphism analysis. *Annals of Applied Biology*, 155, 91-101.

AL-AMIN, Z. M., THOMSON, M., AL-QATTAN, K. K., ALI, M. (2006) Anti-diabetic and hypolipidaemic properties of ginger (*Zingiber officinale*) in streptozotocin-induced diabetic rats. *British Journal of Nutrition*, 96, 660-666.

ALIZADEH-NAVAEI, R., ROOZBEH, F., SARAVI, M., POURAMIR, M., JALALI, F., MOGHADAMNIA, A. A. (2008) Investigation of the effect of ginger on the lipid levels: A double blind controlled clinical trial. *Saudi Medical Journal*, 29, 1280-1284.

BACKON, J. (1986) Ginger: Inhibition of thromboxane synthetase and stimulation of prostacyclin: Relevance for medicine and psychiatry. *Medical Hypotheses*, 20, 271-278.

BALIGA, M. S., HANIADKA, R., PEREIRA, M. M., D'SOUZA, J. J., PALLATY, P. L., BHAT, H. P., POPURI, S. (2011) Update on the chemopreventive effects of ginger and its phytochemicals. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51, 499-523.

BEATTIE, J. H., NICOL, F., GORDON, M. J., REID, M. D., CANTLAY, L., HORGAN, G. W., KWUN, I. S., AHN, J. Y., HA, T. Y. (2011) Ginger phytochemicals mitigate the obesogenic effects of a high-fat diet in mice: A proteomic and biomarker network analysis. *Molecular Nutrition and Food Research*, 55, S203-S213.

BETZ, O., KRANKE, P., GELDNER, G., WULF, H., EBERHART, L. H. J. (2005) Ist Ingwer ein klinisch relevantes Antiemetikum? Eine systematische Übersicht randomisierter kontrollierter Studien. *Forsch Komplementärmed Klass Naturheilkd*, 12, 14-23.

BFARM. (2012) *Metoclopramid: Risikoverfahren nach Art. 31 der RL 2001/83/EG* [Online]. Bonn: Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte. Bundesinstitut im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Gesundheit, Deutschland. Available: <http://www.bfarm.de/DE/Pharmakovigilanz/stufenplanverf/Liste/stp-metoclopramid.html> [Accessed 20.03.2012].

BFR, B. F. R. (2011) *Zu scharf ist nicht gesund - Lebensmittel mit sehr hohen Capsaicingehalten können der Gesundheit schaden* [Online]. Berlin. Available: <http://www.bfr.bund.de/cm/343/zu-scharf-ist-nicht-gesund-lebensmittel-mit-sehr->

[hohen-capsaicingehalten-koennen-der-gesundheit-schaden.pdf](#) [Accessed 15.04.2012].

BISHT, K., WAGNER, K. H., BULMER, A. C. (2010) Curcumin, resveratrol and flavonoids as anti-inflammatory, cyto- and DNA-protective dietary compounds. *Toxicology*, 278, 88-100.

BORDIA, A., VERMA, S. K., SRIVASTAVA, K. C. (1997) Effect of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) and fenugreek (*Trigonella foenumgraecum* L.) on blood lipids, blood sugar and platelet aggregation in patients with coronary artery disease. *Prostaglandins Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 56, 379-384.

BREMER, B., BREMER, K., CHASE, M. W., FAY, M. F., REVEAL, J. L., BAILEY, L. H., SOLTIS, D. E., SOLTIS, P. S., STEVENS, P. F. (2009) An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161, 105-121.

BRESINSKY, A., KÖRNER, C., KADEREIT, J. W., NEUHAUS, G., SONNEWALD, U. (2008) *STRASBURGER LEHRBUCH DER BOTANIK*, Heidelberg, Spektrum Akademischer Verlag.

BUNDY, R., WALKER, A. F., MIDDLETON, R. W., BOOTH, J. (2004) Turmeric extract may improve irritable bowel syndrome symptomology in otherwise healthy adults: A pilot study. *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 10, 1015-1018.

CHASE, M. W., REVEAL, J. L. (2009) A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161, 122-127.

CHEAH, S. C., APPLETON, D. R., LEE, S. T., LAM, M. L., HADI, A. H. A., MUSTAFA, M. R. (2011) Panduratinin inhibits the growth of A549 cells through

induction of apoptosis and inhibition of NF-KappaB translocation. *Molecules*, 16, 2583-2598.

CHEN, I. N., CHANG, C. C., NG, C. C., WANG, C. Y., SHYU, Y. T., CHANG, T. L. (2008) Antioxidant and antimicrobial activity of Zingiberaceae plants in Taiwan. *Plant Foods for Human Nutrition*, 63, 15-20.

CHITTUMMA, P., KAEWKIATTIKUN, K., WIRIYASIRIWACH, B. (2007) Comparison of the effectiveness of ginger and vitamin B6 for treatment of nausea and vomiting in early pregnancy: A randomized double-blind controlled trial. *Journal of the Medical Association of Thailand*, 90, 15-20.

CHRUBASIK, S., PITTLER, M. H., ROUFOGALIS, B. D. (2005) Zingiberis rhizoma: A comprehensive review on the ginger effect and efficacy profiles. *Phytomedicine : international journal of phytotherapy and phytopharmacology*, 12, 684-701.

CHUAH, S. K., WU, K. L., TAI, W. C., CHANGCHIEN, C. S. (2011) The effects of ginger on gallbladder motility in healthy male humans. *Journal of Neurogastroenterology and Motility*, 17, 411-415.

CODEXKOMMISSION, C. A. A. (2009) *Codex Alimentarius Austriacus - Das Österreichische Lebensmittelbuch Kapitel B 28 - Gewürze und Gewürzextrakte* [Online]. Available: http://portal.wko.at/wk/format_detail.wk?angid=1&stid=154903&dstid=323 - [Einzelne Kapiteln](#) [Accessed 10.01.2012].

DADHANIYA, P., PATEL, C., MUCHHARA, J., BHADJA, N., MATHURIA, N., VACHHANI, K., SONI, M. G. (2011) Safety assessment of a solid lipid curcumin particle preparation: acute and subchronic toxicity studies. *Food and chemical toxicology : an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 49, 1834-42.

DING, S. H., AN, K. J., ZHAO, C. P., LI, Y., GUO, Y. H., WANG, Z. F. (2011) Effect of drying methods on volatiles of Chinese ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Food and Bioproducts Processing*, doi: 10.1016/j.fbp.2011.10.003.

DOG, T. L. (2006) A Reason to Season: The Therapeutic Benefits of Spices and Culinary Herbs. *Explore: The Journal of Science and Healing*, 2, 446-449.

EL-GHORAB, A. H., NAUMAN, M., ANJUM, F. M., HUSSAIN, S., NADEEM, M. (2010) A comparative study on chemical composition and antioxidant activity of ginger (*Zingiber officinale*) and cumin (*Cuminum cyminum*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 8231-7.

ERNST, E., PITTLER, M. H. (2000) Efficacy of ginger for nausea and vomiting: A systematic review of randomized clinical trials. *British Journal of Anaesthesia*, 84, 367-371.

FABHAWK. (2007) *Alpinia purpurata*, *Flora of Guadeloupe* [Online]. Available: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Guadeloupe_Alpinia.jpg [Accessed 15.04.2012].

FAO. (2012) *FAOSTAT* [Online]. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available: <http://www.fao.org> [Accessed 16.02.2012].

FENG, D., OHLSSON, L., DUAN, R. D. (2010) Curcumin inhibits cholesterol uptake in Caco-2 cells by down-regulation of NPC1L1 expression. *Lipids in health and disease*, 9, 40.

FOCKS, C., HILLEBRAND, N. (2006) *Leitfaden chinesische Medizin*, München, Elsevier, Urban & Fischer.

FRANKE, W. (1997) *Nutzpflanzenkunde: nutzbare Gewächse der gemäßigten Breiten, Subtropen und Tropen*, Stuttgart, Thieme.

FROHNE, D., JENSEN, U. (1998) *Systematik des Pflanzenreichs: unter besonderer Berücksichtigung chemischer Merkmale und pflanzlicher Drogen*, Stuttgart, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 320-324.

GARCIA-ALLOZA, M., BORRELLI, L. A., ROZKALNE, A., HYMAN, B. T., BACSKAI, B. J. (2007) Curcumin labels amyloid pathology in vivo, disrupts existing plaques, and partially restores distorted neurites in an Alzheimer mouse model. *Journal of neurochemistry*, 102, 1095-104.

GAUTHIER, M. L., DOUAT, J., VACHON, P., BEAUDRY, F. (2011) Characterization of [6]-gingerol metabolism in rat by liquid chromatography electrospray tandem mass spectrometry. *Biomedical chromatography : BMC*, 25, 1150-8.

GHOSH, A. K., BANERJEE, S., MULLICK, H. I., BANERJEE, J. (2011) Zingiber officinale: A natural gold. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 2, 283-294.

GIRI, R. K., RAJAGOPAL, V., KALRA, V. K. (2004) Curcumin, the active constituent of turmeric, inhibits amyloid peptide-induced cytochemokine gene expression and CCR5-mediated chemotaxis of THP-1 monocytes by modulating early growth response-1 transcription factor. *Journal of neurochemistry*, 91, 1199-210.

GOEL, A., KUNNUMAKKARA, A. B., AGGARWAL, B. B. (2008) Curcumin as "Curecumin": from kitchen to clinic. *Biochemical pharmacology*, 75, 787-809.

GOVINDARAJAN, V. S., NARASIMHAN, S., RAJALAKSHMI, B., RAJALAKSHMI, D. (1980) Evaluation of spices and oleoresins - IX. Correlation of pungency stimuli and pungency in ginger - IX. Zusammenhang zwischen dem scharfen Prinzip und dem scharfen Geschmack von Ingwer. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung*, 170, 200-203.

HABSAH, M., AMRAN, M., MACKEN, M. M., LAJIS, N. H., KIKUZAKI, H., NAKATANI, N., RAHMAN, A. A., GHAFAR, ALI, A. M. (2000) Screening of Zingiberaceae extracts for antimicrobial and antioxidant activities. *Journal of Ethnopharmacology*, 72, 403-410.

HADDAD, M., SAUVAIN, M., DEHARO, E. (2011) Curcuma as a parasitocidal agent: A review. *Planta Medica*, 77, 672-678.

HANAI, H., IIDA, T., TAKEUCHI, K., WATANABE, F., MARUYAMA, Y., ANDOH, A., TSUJIKAWA, T., FUJIYAMA, Y., MITSUYAMA, K., SATA, M., YAMADA, M., IWAOKA, Y., KANKE, K., HIRAISHI, H., HIRAYAMA, K., ARAI, H., YOSHII, S., UCHIJIMA, M., NAGATA, T., KOIDE, Y. (2006) Curcumin Maintenance Therapy for Ulcerative Colitis: Randomized, Multicenter, Double-Blind, Placebo-Controlled Trial. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*, 4, 1502-1506.

HANISH SINGH, J. C., ALAGARSAMY, V., DIWAN, P. V., SATHESH KUMAR, S., NISHA, J. C., NARSIMHA REDDY, Y. (2011) Neuroprotective effect of *Alpinia galanga* (L.) fractions on Abeta((25-35)) induced amnesia in mice. *Journal of Ethnopharmacology*, 138, 85-91.

HÄNSEL, R., STICHER, O. (2010) *Pharmakognosie - Phytopharmazie 9., überarbeitete und aktualisierte Auflage*, Heidelberg, Springer Medizin Verlag, 395-414, 962-966, 987-991.

HENNING, S. M., ZHANG, Y., SEERAM, N. P., LEE, R. P., WANG, P., BOWERMAN, S., HEBER, D. (2011) Antioxidant capacity and phytochemical content of herbs and spices in dry, fresh and blended herb paste form. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 62, 219-225.

HOLT, P. R., KATZ, S., KIRSHOFF, R. (2005) Curcumin therapy in inflammatory bowel disease: a pilot study. *Digestive diseases and sciences*, 50, 2191-3.

HOUSTON, M. (2012) The role of nutraceutical supplements in the treatment of dyslipidemia. *Journal of clinical hypertension*, 14, 121-32.

HOUSTON, M. C., FAZIO, S., CHILTON, F. H., WISE, D. E., JONES, K. B., BARRINGER, T. A., BRAMLET, D. A. (2009) Nonpharmacologic treatment of dyslipidemia. *Progress in cardiovascular diseases*, 52, 61-94.

IRVING, G. R. B., KARMOKAR, A., BERRY, D. P., BROWN, K., STEWARD, W. P. (2011) Curcumin: The potential for efficacy in gastrointestinal diseases. *Best Practice and Research: Clinical Gastroenterology*, 25, 519-534.

ITOKAWA, H., SHI, Q., AKIYAMA, T., MORRIS-NATSCHKE, S. L., LEE, K. H. (2008) Recent advances in the investigation of curcuminoids. *Chinese Medicine*, 3.

JUNG, H. W., YOON, C. H., PARK, K. M., HAN, H. S., PARK, Y. K. (2009) Hexane fraction of Zingiberis Rhizoma Crudus extract inhibits the production of nitric oxide and proinflammatory cytokines in LPS-stimulated BV2 microglial cells via the NF-kappaB pathway. *Food and Chemical Toxicology*, 47, 1190-1197.

JÜRGES, G., BEYERLE, K., TOSSENBERGER, M., HÄSER, A., NICK, P. (2009) Development and validation of microscopical diagnostics for 'Tulsi' (*Ocimum tenuiflorum* L.) in ayurvedic preparations. *European Food Research and Technology*, 229, 99-106.

KANNAPPAN, R., GUPTA, S. C., KIM, J. H., REUTER, S., AGGARWAL, B. B. (2011) Neuroprotection by spice-derived nutraceuticals: you are what you eat! *Molecular neurobiology*, 44, 142-59.

KATZER, G. (2007) *Gernot Katzers Gewürzseiten* [Online]. Available: <http://www.uni-graz.at/~katzer/germ/index.html> [Accessed 18.02.2012].

KEMBANGRAPAS. (2008) *Boesenbergia rotunda rhizomes* [Online]. Available: http://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ATemu_kunci.png [Accessed 15.04.2012].

KÖHLER, F. E. (1883-1914) *Köhler's Medizinal-Pflanzen in naturgetreuen Abbildungen und kurz erläuterndem Texte* [Online]. Available: http://commons.wikimedia.org/wiki/Main_Page [Accessed 21.02.2012].

KOTÁNYI. (2012) *Gewürzwelt, Gewürz-ABC* [Online]. Available: <http://www.kotanyi.at/gewuerzwelt/> [Accessed 07.04.2012].

KRESS, W. J., LIU, A. Z., NEWMAN, M., QING-JUN, L. I. (2005) The molecular phylogeny of *Alpinia* (Zingiberaceae): A complex and polyphyletic genus of gingers. *American Journal of Botany*, 92, 167-178.

KRESS, W. J., PRINCE, L. M., WILLIAMS, K. J. (2002) The phylogeny and a new classification of the gingers (Zingiberaceae): Evidence from molecular data. *American Journal of Botany*, 89, 1682-1696.

KRISHNASWAMY, K. (2008) Traditional Indian spices and their health significance. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 17, 265-268.

KUBITZKI, K. (1998) *Alismatanae and Commelinanae (except Gramineae)* *The families and genera of vascular plants*, Berlin [u.a.], Springer.

KUTTI GOUNDER, D., LINGAMALLU, J. (2012) Comparison of chemical composition and antioxidant potential of volatile oil from fresh, dried and cured turmeric (*Curcuma longa*) rhizomes. *Industrial Crops and Products*, 38, 124-131.

LEE, H. J., KIM, J. S., RYU, J. H. (2006) Suppression of inducible nitric oxide synthase expression by diarylheptanoids from *Alpinia officinarum*. *Planta Medica*, 72, 68-71.

LEE, J., KIM, K. A., JEONG, S., LEE, S., PARK, H. J., KIM, N. J., LIM, S. (2009) Anti-inflammatory, anti-nociceptive, and anti-psychiatric effects by the rhizomes of *Alpinia officinarum* on complete Freund's adjuvant-induced arthritis in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 126, 258-64.

LEE, J., YOON, H. G., LEE, Y. H., PARK, J., YOU, Y., KIM, K., JANG, J. Y., YANG, J. W., JUN, W. (2010) The potential effects of ethyl acetate fraction from *Curcuma longa* L. on lipolysis in differentiated 3T3-L1 adipocytes. *Journal of Medicinal Food*, 13, 364-370.

LY, T. N., SHIMOYAMADA, M., KATO, K., YAMAUCHI, R. (2003) Isolation and characterization of some antioxidative compounds from the rhizomes of smaller

galanga (*Alpinia officinarum* Hance). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 4924-4929.

MANJU, V., NALINI, N. (2005) Chemopreventive efficacy of ginger, a naturally occurring anticarcinogen during the initiation, post-initiation stages of 1,2 dimethylhydrazine-induced colon cancer. *Clinica chimica acta; international journal of clinical chemistry*, 358, 60-7.

MATTHEWS, A., DOWSWELL, T., HAAS, D. M., DOYLE, M., O'MATHÚNA, D. P. (2011) Interventions for nausea and vomiting in early pregnancy. *Sao Paulo Medical Journal*, 129, 55.

MOTAWI, T. K., HAMED, M. A., SHABANA, M. H., HASHEM, R. M., ABOULNASER, A. F. (2011) Zingiber officinale acts as a nutraceutical agent against liver fibrosis. *Nutrition and Metabolism*, 8.

MOWREY, D. B., CLAYSON, D. E. (1982) Motion sickness, ginger, and psychophysics. *Lancet*, 1, 655-657.

NABAVI, S. F., NABAVI, S. M., EBRAHIMZADEH, M. A., ESLAMI, S., JAFARI, N., HAJIZADEH MOGHADDAM, A. (2011) The protective effect of curcumin against sodium fluoride-induced oxidative stress in rat heart. *Archives of Biological Sciences*, 63, 563-569.

NAKAZAWA, T., OHSAWA, K. (2002) Metabolism of [6]-gingerol in rats. *Life Sciences*, 70, 2165-2175.

NAMMI, S., SREEMANTULA, S., ROUFOGALIS, B. D. (2009) Protective effects of ethanolic extract of zingiber officinale rhizome on the development of metabolic syndrome in high-fat diet-fed rats. *Basic and Clinical Pharmacology and Toxicology*, 104, 366-373.

NANTHAKOMON, T., PONGROJPAW, D. (2006) The efficacy of ginger in prevention of postoperative nausea and vomiting after major gynecologic surgery. *Journal of the Medical Association of Thailand = Chotmaihet thangphaet*, 89 Suppl 4, S130-136.

NAVARI, R. M. (2012) Treatment of chemotherapy-induced nausea. *Community Oncology*, 9, 20-26.

OGNIW. (2011) *Blütenstand von Zingiber officinale Rosc.* [Online]. Available: http://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AZingiber_officinale_flower.jpg [Accessed 22.02.2012].

ONO, K., HASEGAWA, K., NAIKI, H., YAMADA, M. (2004) Curcumin Has Potent Anti-Amyloidogenic Effects for Alzheimer's β -Amyloid Fibrils In Vitro. *Journal of Neuroscience Research*, 75, 742-750.

OZGOLI, G., GOLI, M., SIMBAR, M. (2009) Effects of ginger capsules on pregnancy, nausea, and vomiting. *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 15, 243-246.

PUNGCHAROENKUL, K., THONGNOPNUA, P. (2011) Effect of different curcuminoid supplement dosages on total in vivo antioxidant capacity and cholesterol levels of healthy human subjects. *Phytotherapy research : PTR*, 25, 1721-6.

RAJNARAYANA, K., AJITHA, M., GOPIREDDY, G., GIRIPRASAD, V. S. (2011) Comparative antioxidant potential of some fruits and vegetables using DPPH method. *International Journal of Pharmacy and Technology*, 3, 1952-1957.

RAMIREZ BOSCÁ, A., SOLER, A., CARRIÓN-GUTIÉRREZ, M. A., PAMIES MIRA, D., PARDO ZAPATA, J., DIAZ-ALPERI, J., BERND, A., QUINTANILLA ALMAGRO, E., MIQUEL, J. (2000) An hydroalcoholic extract of *Curcuma longa* lowers the abnormally high values of human-plasma fibrinogen. *Mechanisms of Ageing and Development*, 114, 207-210.

RASYID, A., RAHMAN, A. R. A., JAALAM, K., LELO, A. (2002) Effect of different curcumin dosages on human gall bladder. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 11, 314-318.

ROSS, J. (2009) *Westliche Heilpflanzen und Chinesische Medizin. Eine klinische Materia Medica*, Bad Kötzing / Bayer. Wald, Verlag für Ganzheitliche Medizin Dr. Erich Wühr GmbH, 78-79, 286-289.

ROTHMALER, W., JÄGER, E. J., WERNER, K. (2005) *Exkursionsflora von Deutschland: Gefäßpflanzen: Kritischer Band*, München, Spektrum Akad. Verlag, 34.

RUKAYADI, Y., HAN, S., YONG, D., HWANG, J. K. (2010) In Vitro antibacterial activity of panduratin a against enterococci clinical isolates. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 33, 1489-1493.

SALH, B., ASSI, K., TEMPLEMAN, V., PARHAR, K., OWEN, D., GOMEZ-MUNOZ, A., JACOBSON, K. (2003) Curcumin attenuates DNB-induced murine colitis. *American journal of physiology. Gastrointestinal and liver physiology*, 285, G235-43.

SALMON, C. N. A., BAILEY-SHAW, Y. A., HIBBERT, S., GREEN, C., SMITH, A. M., WILLIAMS, L. A. D. (2012) Characterisation of cultivars of Jamaican ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) by HPTLC and HPLC. *Food Chemistry*, 131, 1517-1522.

SANG, S., HONG, J., WU, H., LIU, J., YANG, C. S., PAN, M. H., BADMAEV, V., HO, C. T. (2009) Increased growth inhibitory effects on human cancer cells and anti-inflammatory potency of shogaols from *Zingiber officinale* relative to gingerols. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 10645-50.

SANJAY, A. (2007) *Turmeric powder* [Online]. Available: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ATurmeric-powder.jpg> [Accessed 15.04.2012].

SASIKUMAR, B. (2005) Genetic resources of Curcuma: Diversity, characterization and utilization. *Plant Genetic Resources: Characterisation and Utilisation*, 3, 230-251.

SCHWEIGGERT, U., MIX, K., SCHIEBER, A., CARLE, R. (2005) An innovative process for the production of spices through immediate thermal treatment of the plant material. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 6, 143-153.

SEIDEMANN, J. (2005) *World spice plants*, Berlin [u.a.], Springer.

SHARMA, G. J., CHIRANGINI, P., KISHOR, R. (2011) Gingers of Manipur: Diversity and potentials as bioresources. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 58, 753-767.

SINGLETARY, K. (2010a) Ginger: An overview of health benefits. *Nutrition Today*, 45, 171-183.

SINGLETARY, K. (2010b) Turmeric. An Overview of Potential Health Benefits. *Nutr Today*, 45, 216-225.

SONI, K. B., KUTTAN, R. (1992) Effect of oral curcumin administration on serum peroxides and cholesterol levels in human volunteers. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*, 36, 273-275.

STEINER, S. (2009) *Capsaicinschwellentest - eine neue Methode zur Bestimmung der intraoralen trigeminalen Sensibilität*. Inauguraldisseration, Medizinische Fakultät der Universität Rostock.

STEVENS, P. F. (2001 onwards) *Angiosperm Phylogeny Website* [Online]. Available: <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/> [Accessed 10.01.2012].

STÖGER, E. 2006. *RE: Rhizom Alpinia officinarum Hance, Kalender Plantasia 2006 Chinesische Heilkräuter, Originalaufnahmen vom Autor zur Verfügung gestellt.*

TANG, M., LARSON-MEYER, D. E., LIEBMAN, M. (2008) Effect of cinnamon and turmeric on urinary oxalate excretion, plasma lipids, and plasma glucose in healthy subjects. *American Journal of Clinical Nutrition*, 87, 1262-1267.

TEUSCHER, E. (2003) *Gewürzdrogen: ein Handbuch der Gewürze, Gewürzkräuter, Gewürzmischungen und ihrer ätherischen Öle*, Stuttgart, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 5-25, 130-133, 158-164, 206-212.

TILL, S. (2004) *Die sinnliche Welt der Gewürze: Vom Abenteuer des guten Geschmacks*, Wien, Kremayr, Orac und Scheriau, 9-24, 60-64, 88-91.

TIRAN, D. (2012) Ginger to reduce nausea and vomiting during pregnancy: Evidence of effectiveness is not the same as proof of safety. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 18, 22-25.

UMAR, M. I., ASMAWI, M. Z. B., SADIKUN, A., ALTAF, R., IQBAL, M. A. (2011) Phytochemistry and medicinal properties of kaempferia galanga L. (Zingiberaceae) extracts. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 5, 1638-1647.

VICTÓRIO, C. P. (2011) Therapeutic value of the genus Alpinia, Zingiberaceae. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, 21, 194-201.

WANG, M. S., BODDAPATI, S., EMADI, S., SIERKS, M. R. (2010) Curcumin reduces alpha-synuclein induced cytotoxicity in Parkinson's disease cell model. *BMC neuroscience*, 11, 57.

WANG, W., LI, C. Y., WEN, X. D., LI, P., QI, L. W. (2009) Simultaneous determination of 6-gingerol, 8-gingerol, 10-gingerol and 6-shogaol in rat plasma by liquid chromatography-mass spectrometry: Application to pharmacokinetics. *Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences*, 877, 671-679.

WEILER, E. W., NOVER, L., NULTSCH, W. (2008) *Allgemeine und molekulare Botanik*, Stuttgart, G. Thieme.

WENDE, B. (2007) *Der Lebkuchen - Würziges Gebäck mit reicher Vergangenheit* [Online]. Available: <http://goccus.com/magazin.php?id=192> [Accessed 07.04.2012].

WHO. (2011) *Obesity and overweight Fact sheet N°311* [Online]. World Health Organization. Available: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/> [Accessed 12.03.2012 2012].

WINTER, C. (2006) *Biowin Mag. Christian Winter, Originalaufnahmen vom Autor zur Verfügung gestellt* [Online]. Mag. Christian Winter. Available: <http://www.biowin.at> [Accessed 10.01.2012].

<http://WWW.VERDURESCIENCES.COM>. (2012) *Longvida Optimized Cucumin* [Online]. Verdure Sciences Inc. Available: <http://www.longvida.com> [Accessed 19.03.2012].

YOSRI. (2007) *Turmeric rhizom* [Online]. Available: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AYosriKunyitHidup.jpg> [Accessed 22.02.2012].

ZICK, S. M., DJURIC, Z., RUFFIN, M. T., LITZINGER, A. J., NORMOLLE, D. P., ALRAWI, S., FENG, M. R., BRENNER, D. E. (2008) Pharmacokinetics of 6-gingerol, 8-gingerol, 10-gingerol, and 6-shogaol and conjugate metabolites in healthy human subjects. *Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention*, 17, 1930-1936.

ZICK, S. M., RUFFIN, M. T., LEE, J., NORMOLLE, D. P., SIDEN, R., ALRAWI, S., BRENNER, D. E. (2009) Phase II trial of encapsulated ginger as a treatment for chemotherapy-induced nausea and vomiting. *Supportive Care in Cancer*, 17, 563-572.

9 Lebenslauf

Name	Susanne LINDENTHAL, geb. BECK
Geburtsdatum	19.06.1973 in Salzburg
Staatsangehörigkeit	Österreich
Familienstand	geschieden 2 Kinder (2001, 2002)

Schulbildung und Berufsausbildung

seit 2005	Diplomstudium Ernährungswissenschaften
2009 bis 2012	Ausbildung zur Ernährungsberatung nach der Traditionellen Chinesischen Medizin, Schlossberginstitut GmbH Schule für neue Gesundheitsberufe, Baden
1999 bis 2001	FH-Studium Europäische Wirtschafts- und Unternehmensführung, 4 Semester, Fachhochschul-Studiengang Euroteam, Wien
1994 bis 1996	Erfolgreich abgeschlossene kaufmännische Ausbildung, Kolleg für Berufstätige, Bundeshandelsakademie Hetzendorf, Wien
1992 bis 1993	Studium Rechtswissenschaften, 2 Semester, Universität Salzburg, Salzburg
1987 bis 1992	Erfolgreich abgeschlossene Ausbildung zum Damen- und Herrenkleidermacher sowie Industriekaufmann, Höhere Lehranstalt für Mode und Bekleidungstechnik, Hallein

Beruflicher Werdegang

seit 2011	Praktikum Schubertapotheke, Wien
seit 2009	Selbständige PartyLite Beraterin PartyLite Handelsgesellschaft m.b.H., Wien
2003 bis 2009	Kaufmännische Projektleitung (Bau- und Bauneben-gewerbe), SGS Siemens Gebäudemanagement & -Services GmbH, Wien

2003 bis 2007	Leitung Accounting und Kommanditist des Familienunternehmens (Teilzeit), SoftConnect Ing. Christian Lindenthal KEG, Baden
2001 bis 2002	Kaufmännische Projektleitung (Baugewerbe), SBT Siemens Building Technologies GmbH & Co OHG, Wien
1998 bis 2001	Assistenz der Geschäftsführung und Teamassistenz, SITEC Bau- und Anlagenerichtungsgesellschaft, Wien
1996 bis 1998	Assistenz des Vorstandes, WED Wiener Entwicklungsgesellschaft für den Donauraum AG, Wien
1995	Diverse Praktika Steuerberatungskanzlei Kurz Haber GmbH, Wien Berthold & Stempel GmbH, Wien
1994 bis 1995	Sekretärin (Obst- und Gemüsegroßhandel), Hilti & Hilti HandelsgesmbH, Wien
1993 bis 1994	Selbständiger Versicherungsagent, Mittel GesmbH Versicherungsmakler, Salzburg

Inner- und außerbetriebliche Weiterbildung

Business English Berlitz, Schulung LoA-Prozess („Limits of Authority-Process“), Exportcontrol & Customs Grundlagenschulung, Vertragsrecht im Rahmen des Projektmanagements

Weitere Qualifikationen

Sprachkenntnisse
Englisch in Wort und Schrift
Französisch Grundkenntnisse
Spanisch Grundkenntnisse

EDV-Kenntnisse
umfangreiche SAP-Anwenderkenntnisse (SAP R/3: CO, FI, PM, SD)

umfangreiche MS-Office-Kenntnisse (Word, Excel,
Powerpoint) PC und MAC
Grundkenntnisse HTML-Programmierung

Sonstige Kenntnisse

REFA Grundausbildung
ISO-Zertifizierung

Führerschein B

Wien, Mai 2012