



# Knasmüller, S. Krebs und Ernährung



***zum Bestellen hier klicken***

**by naturmed Fachbuchvertrieb**

Aidenbachstr. 78, 81379 München

Tel.: + 49 89 7499-156, Fax: + 49 89 7499-157

Email: [info@naturmed.de](mailto:info@naturmed.de), Web: <http://www.naturmed.de>

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Allgemeine Grundlagen</b>	25
1.1	Historische Notizen	25
1.2	Häufigkeit von Krebserkrankungen und Todesfällen	25
1.3	Auftreten von Krebserkrankungen und Ernährungsfaktoren – globale Zusammenhänge	26
1.3.1	Beeinträchtigung der Krebsinzidenz durch Ernährung	26
1.3.2	Verschiedene Ernährungsformen	27
1.3.3	Änderungen des Ernährungsverhaltens	28
1.4	Entstehung und Eigenschaften von Krebszellen	29
1.5	Grundlagen der Risikoabschätzung kanzerogener Noxen	31
1.5.1	Mehrstuufenkonzept der Kanzerogenese	31
1.5.2	Gentoxische und nicht gentoxische Kanzerogene	32
1.6	Molekulare Mechanismen der Krebsauslösung	33
1.6.1	Metabolische Aktivierung und Detoxifizierung von Kanzerogenen	33
1.6.2	Signaltransduktion: intra- und extrazelluläre Kommunikation	36
1.6.3	DNA-Schädigung und ihre Konsequenzen	38
1.6.4	Epigenetische Faktoren DNA-Methylierung und Transkription von Genen Beeinflussung der DNA-Methylierung durch Nahrungsinhaltsstoffe Histonacetylierung	42 42 42 45
1.6.5	Sauerstoffradikale und oxidative DNA-Schäden Entstehung und biologische Funktionen von Sauerstoffradikalen Inaktivierung von Radikalen durch Antioxidanzien und Enzyme Konsequenzen von oxidativem Stress Oxidative DNA-Schäden und Krebs	45 46 47 48 51
1.7	Immunsystem und Ernährung	51
1.7.1	Unspezifische und spezifische Immunreaktionen	51
1.7.2	Immunsystem und Krebsentstehung	52
1.7.3	Beeinflussung des Immunsystems durch Nahrungsfaktoren	53
1.8	Entwicklung von Tumoren	53
1.8.1	Metastasierung	53
1.8.2	Angiogenese Molekulare Mechanismen	55 55
1.9	Literatur	56
1.10	Weiterführende Literatur	56
<b>2</b>	<b>Methoden und Modelle der Krebsforschung und ihr Einsatz zur Untersuchung von Nahrungsmitteln</b>	58
2.1	Vor- und Nachteile von In-vitro- und In-vivo-Experimenten	58
2.1.1	Versuche mit subzellulären Fraktionen und stabilen Zelllinien	58
2.1.2	Tierversuche	60
2.2	Detektion DNA-schädigender und -protektiver Effekte von Nahrungsmittel-inhaltsstoffen	60
2.2.1	Nachweis von Primärschäden	60
2.2.2	Indikationsverfahren Comet-Assay	61 61
2.2.3	Mutationstests Salmonella/Mikrosomen-Test	62 62

Thioguaninresistenztest und HPRT-Assay .....	64	Langzeitstudien mit Labornagern.....	70
Tests mit transgenen Tieren .....	64	Präneoplastische Läsionen .....	72
Kleinkerntests.....	64	Verwendung von chemischen Kanzerogenen in Präventionsstudien.....	74
Schwesterchromatid-Austauschtest .....	65	Untersuchungen mit genetisch veränderten Tieren.....	75
2.2.4 Aussagekraft der Humanstudien.....	66	Xenograft-Modelle.....	76
<b>2.3 Nachweis antioxidativer Nahrungsinhaltsstoffe.....</b>	66	<b>2.5 Omics-Methoden.....</b>	76
2.3.1 Physikalische und chemische Methoden .....	66	2.5.1 Definitionen und Nomenklatur .....	76
2.3.2 Oxidation von Makromolekülen .....	66	2.5.2 Transkriptomics .....	77
<b>2.4 Nachweis kanzerogener Wirkungen .....</b>	68	2.5.3 Proteomics .....	79
2.4.1 In-vitro-Modelle.....	68	2.5.4 Metabolomics .....	79
2.4.2 In-vivo-Modelle .....	70	<b>2.6 Epidemiologie und Biomonitoring</b>	79
<b>3 Chemie der Nahrungverarbeitung .....</b>	83	<b>2.7 Literatur.....</b>	81
<b>3.1 Kochen .....</b>	83	<b>2.8 Weiterführende Literatur .....</b>	82
3.1.1 Kurze Geschichte des Kochens.....	83	<b>3.4 Schicksal protektiver Substanzen bei der Verarbeitung von Lebensmitteln .....</b>	85
3.1.2 Veränderungen im Kochtopf.....	83	<b>3.5 Literatur.....</b>	85
<b>3.2 Oxidation von Fetten.....</b>	83	<b>3.6 Weiterführende Literatur .....</b>	85
<b>3.3 Maillard-Reaktion .....</b>	84	<b>4 Risikofaktoren.....</b>	86
<b>4.1 Rolle der Hauptbestandteile der Nahrung.....</b>	86	<b>4.3 Alkohol.....</b>	93
4.1.1 Fette .....	86	4.3.1 Verstoffwechslung von Alkohol .....	94
Allgemeines .....	86	4.3.2 Mechanismen der Krebsauslösung durch Alkohol .....	94
Epidemiologische Studien.....	87	4.3.3 Leberschädigung und Auslösung von hepatozellulären Karzinomen durch Alkohol .....	95
4.1.2 Proteine.....	88	4.3.4 Weitere Mechanismen .....	95
4.1.3 Zucker und Polysaccharide .....	89	4.3.5 Tierexperimentelle Befunde .....	97
<b>4.2 Fleischkonsum.....</b>	89	4.3.6 Humanstudien.....	98
4.2.1 Mechanismen der Krebsauslösung durch Fleischkonsum .....	89	<b>4.4 Lebensmittelzusatzstoffe.....</b>	99
4.2.2 Ergebnisse diverser epidemiologischer Studien .....	91	4.4.1 Farbstoffe .....	100
Kolorektalkrebs .....	91	Derzeit verwendete Lebensmittelfarbstoffe .....	102
Weitere Organe .....	92	4.4.2 Süßstoffe.....	102
4.2.3 Empfehlungen zur Reduktion des Risikos .....	93	Cyclamate.....	104
		Saccharin.....	104

Aspartam. ....	105	4.7.7	Ergebnisse von Humanstudien. ....	131
Stevia. ....	107	4.7.8	Bewertung des Gefährdungspotenzials, Risikoabschätzung und Grenzwerte. ....	132
4.4.3 Weitere Lebensmittelzusatzstoffe. ...	108			
4.4.4 Wie gefährlich sind unsere Lebensmittelzusatzstoffe? .....	109			
<b>4.5 Kanzerogene Verbindungen in pflanzlichen Lebensmitteln. ....</b>	<b>109</b>	<b>4.8</b>	<b>Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe .....</b>	<b>133</b>
4.5.1 Vorkommen und Chemismus .....	110	4.8.1	Chemische Strukturen und Bildung ..	133
4.5.2 Verstoffwechslung und Mechanismen der Krebsauslösung .....	110	4.8.2	Metabolische Aktivierung, DNA-Schädigung und Entgiftung. ....	135
4.5.3 Kanzerogene Effekte in Tierexperimenten. ....	112	4.8.3	Mechanismen der Krebsauslösung und Ergebnisse von Tierstudien. ....	136
4.5.4 Effekte beim Menschen/Risikoabschätzung .....	114	4.8.4	Humanstudien. ....	137
4.5.5 Soll man den Konsum von pflanzlichen Lebensmitteln mit kanzerogenen Inhaltsstoffen vermeiden? .....	116	<b>4.9</b>	<b>Nitroaromaten (Nitro-PAK) .....</b>	<b>138</b>
<b>4.6 Mykotoxine .....</b>	<b>116</b>	4.9.1	Chemische Strukturen und Bildung ..	139
4.6.1 Aflatoxine .....	116	4.9.2	Metabolismus und DNA-schädigende Eigenschaften. ....	139
Vorkommen und Nachweis .....	116	4.9.3	Tierexperimente .....	139
Chemische Strukturen, Verstoffwechslung und gentoxische Eigenschaften .....	116	4.9.4	Humanrisiken und Grenzwerte .....	140
Ergebnisse von Tierversuchen. ....	118	<b>4.10</b>	<b>Heterozyklische aromatische Amine .....</b>	<b>140</b>
Gefährdung des Menschen .....	118	4.10.1	Chemische Struktur und Bildung .....	140
Grenzwerte .....	120	4.10.2	Entstehung und Belastung von Lebensmitteln .....	141
4.6.2 Fusarientoxine. ....	120	4.10.3	Verstoffwechslung. ....	142
Fumonisine .....	121	4.10.4	Gentoxische Wirkungen. ....	143
Weitere Fusarientoxine .....	122	4.10.5	Ergebnisse von Tierexperimenten. ....	143
4.6.3 Ochratoxine .....	123	4.10.6	Ergebnisse von Humanstudien. ....	143
Struktur, Bildung und Vorkommen. ....	123	4.10.7	Risikoabschätzung .....	144
Kanzerogene Wirkungen bei Tier und Mensch .....	123	<b>4.11</b>	<b>Acrylamid .....</b>	<b>146</b>
Suche nach den Mechanismen .....	124	4.11.1	Bildung und Vorkommen .....	147
Festlegung von Grenzwerten .....	125	4.11.2	Verstoffwechslung .....	147
4.6.4 Einige weitere Pilzgifte. ....	126	4.11.3	Mechanismen der Krebsauslösung ...	147
<b>4.7 Nitrosamine .....</b>	<b>126</b>	4.11.4	Tierexperimentelle Befunde .....	148
4.7.1 Chemische Strukturen .....	126	4.11.5	Humanstudien. ....	148
4.7.2 Bildung von Nitrosaminen in Lebensmitteln .....	127	4.11.6	Risikoabschätzung und Grenzwerte..	149
4.7.3 Beeinflussung der Bildung von Nitrosaminen durch Nahrungsinhaltsstoffe .....	128	4.11.7	Bewertung der menschlichen Gefährdung und gesetzliche Regelungen .....	150
4.7.4 Belastung einzelner Lebensmittel mit Nitrosaminen. ....	129	4.11.8	Vermeidung von Acrylamidexposition .....	150
4.7.5 Verstoffwechslung, mutagene und kanzerogene Wirkung. ....	130	<b>4.12</b>	<b>Weitere thermische Abbauprodukte: Furan und 5-Hydroxymethylfurfural. ....</b>	<b>150</b>
4.7.6 Kanzerogene Effekte in Tierexperimenten .....	131	4.12.1	Furan .....	151
			Vorkommen .....	151

Aufnahme und Verstoffwechslung.....	151	Ergebnisse von Langzeituntersuchungen mit Labornagern.....	168
Mechanismen der Krebsauslösung.....	151	Krebsentstehung durch Arsen- belastungen beim Menschen .....	168
Tierexperimentelle Befunde .....	151	Risikoabschätzung und Grenzwerte.....	169
Ergebnisse von Humanstudien und Risikoabschätzung .....	152		
4.12.2 5-Hydroxymethylfurfural (HMF)....	152	<b>4.15 Klassifikation von Kanzerogenen und Einschätzung der Gefähr- dung des Menschen durch krebs- auslösende Nahrungsinhaltsstoffe</b>	170
Bildung und Vorkommen.....	152	4.15.1 Klassifikation von Kanzerogenen ....	170
Verstoffwechslung.....	153	4.15.2 „Margin of Exposure“ (MOE)-Konzept	171
Mechanismen der Krebsauslösung und Genotoxizität .....	153	4.15.3 Abschätzung humaner Krebsrisiken..	172
Ergebnisse von Kanzerisierungsstudien...	153		
Risikoabschätzung und gesetzliche Regelungen.....	153	<b>4.16 Übergewicht .....</b>	175
<b>4.13 Dioxine und polychlorierte Biphenyle (PCB).....</b>	154	4.16.1 Begriffsbestimmungen.....	175
4.13.1 Chemische Strukturen und Eigen- schaften.....	155	4.16.2 Übergewicht in Europa und ande- ren Kontinenten – aktuelle Situati- on und Trends .....	175
4.13.2 Bildung und Vorkommen in der Umwelt .....	155	4.16.3 Mechanismen .....	176
4.13.3 Belastung von Nahrungsmitteln und des Menschen .....	156	Insulinresistenz und Störungen des Hormonhaushalts.....	177
4.13.4 Aufnahme, Verstoffwechslung und Ausscheidung.....	157	Der insulinähnliche Wachstumsfaktor 1 (Insulin-like Growth Factor 1, IGF-1).....	177
4.13.5 Mechanismen, die den kanzerogenen Wirkungen zugrunde liegen .....	157	Induktion der Leptinsynthese .....	177
4.13.6 Tierexperimentelle Befunde .....	159	Auslösung von Entzündungen und Änderungen des Immunstatus durch Übergewicht .....	178
4.13.7 Kanzerogene Effekte beim Menschen	159	Abnahme der DNA-Stabilität.....	178
4.13.8 Bewertung des Gefährdungspoten- zials, Risikoabschätzung und Grenz- werte .....	160	Erhöhung der Lebenserwartung durch Sirtuine .....	178
		Kalorienreduktion und Schutzsubstanzen	179
<b>4.14 Schwermetalle .....</b>	162	4.16.4 Ergebnisse von Tierexperimenten....	179
4.14.1 Chrom .....	162	4.16.5 Humanstudien.....	180
4.14.2 Blei .....	163	4.16.6 Nimmt das Krebsrisiko durch Re- duktion der Kalorienzufuhr und des Körpergewichts ab?.....	182
4.14.3 Quecksilber.....	163		
4.14.4 Cadmium.....	164	<b>4.17 Risikofaktoren geringer Relevanz .</b>	183
Vorkommen .....	164	4.17.1 Radionuklide .....	183
Absorption und Verstoffwechslung ....	164	4.17.2 Pestizide und Herbizide .....	184
Kanzerogene Eigenschaften .....	165	4.17.3 Bestrahlung von Lebensmitteln.....	184
4.14.5 Arsen .....	165		
Vorkommen .....	165	<b>4.18 Literatur.....</b>	186
Aufnahme über Nahrungsmittel.....	165	<b>4.19 Weiterführende Literatur .....</b>	192
Verstoffwechslung.....	166		
Mechanismen der Krebsauslösung.....	166		

<b>5</b>	<b>Stabilisierende Faktoren</b> .....	194
<b>5.1</b>	<b>Übersicht</b> .....	194
5.1.1	Bedeutung der Mikronährstoffe .....	194
<b>5.2</b>	<b>Folsäure und die Vitamine B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub> und B<sub>12</sub></b> .....	195
5.2.1	Vorkommen und Forschungsgeschichte .....	195
5.2.2	Bioverfügbarkeit und Verstoffwechslung .....	197
5.2.3	Synthese von DNA-Bausteinen und Beeinflussung des Methylierungs- zustandes .....	198
5.2.4	Studienlage zur Beeinflussung der DNA-Integrität und des Methylie- rungszustandes durch Folsäure und B-Vitamine .....	198
	Uracil-Fehleinbau .....	198
	DNA-Methylierung .....	200
5.2.5	Resultate: Beeinflussung des menschlichen Krebsrisikos durch Folsäure und B-Vitamine .....	200
	Dickdarmkrebs .....	200
	Brustkrebs .....	200
	Weitere Krebsarten .....	201
5.2.6	Untersuchung der Beziehungen zwischen Polymorphismen des Folsäurestoffwechsels und dem Auftreten von Krebserkrankungen ...	202
5.2.7	Erhöhte Krebsinzidenzen durch Folsäuresupplementierung bei Risikogruppen .....	203
5.2.8	Schutzeffekte der Vitamine B <sub>2</sub> , B <sub>6</sub> und B <sub>12</sub> beim Menschen .....	203
5.2.9	Empfohlene Aufnahmemengen .....	204
5.2.10	Auswirkung der Zubereitung von Nahrungsmitteln auf den Vitamingehalt .....	205
5.2.11	Schutz vor Krebs durch Folsäure und Vertreter der Vitamin-B- Familie: Was steckt tatsächlich dahinter? .....	205
<b>5.3</b>	<b>Selen</b> .....	206
5.3.1	Vorkommen .....	206
5.3.2	Verstoffwechslung und biologi- sche Funktionen .....	206
5.3.3	Mechanismen des Schutzes vor Krebserkrankungen .....	207
5.3.4	Ergebnisse von Tierexperimenten .....	208
5.3.5	Ergebnisse epidemiologischer Untersuchungen .....	208
	Gastrointestinaltrakt .....	208
	Prostata .....	209
	Einige weitere Organe .....	210
5.3.6	Versorgungslage und Empfehlungen: Wie viel Selen braucht der Mensch? .....	210
<b>5.4</b>	<b>Eisen</b> .....	211
5.4.1	Eisenaufnahme durch Nahrungs- mittel – ein zweischneidiges Schwert .....	211
5.4.2	Diagnostik und Funktionen im menschlichen Körper .....	212
5.4.3	Mechanismen der Auslösung von Krebserkrankungen .....	212
	Reduktion des Leberkrebsrisikos durch eisenarme Diät .....	214
	Zusammenhänge zwischen Eisenversor- gung und Dickdarmkrebs .....	214
	Brustkrebsrisiko und Eisenstatus .....	214
5.4.4	Tierexperimentelle Befunde .....	214
5.4.5	Ergebnisse epidemiologischer Untersuchungen .....	215
	Eisenstatus und Brustkrebs .....	215
	Eisenversorgung und Erkrankungen des Verdauungstrakts .....	215
5.4.6	Versorgungsstatus und Aufnahmeempfehlungen .....	216
5.4.7	Eisen – Schutz oder Risiko: eine kritische Bestandsaufnahme .....	217
<b>5.5</b>	<b>Zink</b> .....	217
5.5.1	Funktionen im menschlichen Körper .....	217
5.5.2	Vorkommen und Verstoff- wechslung .....	218
5.5.3	Mechanismen des Krebschutzes ....	218
	Antioxidative Effekte .....	218
	Beeinflussung der DNA-Reparatur .....	219
	Beeinflussung des Immunsystems und der Apoptose .....	219
5.5.4	Ergebnisse von Humanstudien .....	220
	Prostata .....	220
	Weitere Organe .....	221
5.5.5	Zinkversorgung und Empfehlungen ..	221

<b>5.6</b>	<b>Vitamin D</b> .....	221		Weitere Organe .....	226
5.6.1	Synthese und Aufnahme über die Nahrung .....	222	5.6.6	Empfehlungen und Versorgungssituation .....	226
5.6.2	Bioverfügbarkeit und Stoffwechselung .....	222	<b>5.7</b>	<b>Kalzium</b> .....	227
5.6.3	Wirkungen .....	223	5.7.1	Vorkommen in Lebensmitteln .....	227
	Regulierung der Zellteilung .....	223	5.7.2	Stoffwechselung und Funktion .....	228
	Auslösung von Apoptose .....	224	5.7.3	Mechanismen der Krebsentstehung .....	228
	Auslösung von Differenzierungsvorgängen .....	224	5.7.4	Ergebnisse von Humanstudien .....	228
	Inhibition der Invasion und Metastasierung .....	224		Dickdarm .....	228
	Schutz vor Entzündungen .....	224		Brust .....	229
5.6.4	Tierexperimentelle Befunde .....	225		Weitere Organe .....	229
5.6.5	Ergebnisse von Humanstudien .....	225	5.7.5	Versorgungssituation und empfohlene Aufnahmemengen .....	229
	Prostata .....	225	<b>5.8</b>	<b>Literatur</b> .....	230
	Dickdarm .....	225	<b>5.9</b>	<b>Weiterführende Literatur</b> .....	233
	Brust .....	226			
<b>6</b>	<b>Schutzfaktoren in der Nahrung</b> .....	234			
<b>6.1</b>	<b>Mechanismen des Krebs- schutzes: eine Übersicht</b> .....	234		Einsatz von Retinoiden in der Therapie .....	249
6.1.1	Einteilungen .....	234		Grenzwerte, gesetzliche Regelungen und Versorgungssituation .....	249
<b>6.2</b>	<b>Schutzvitamine</b> .....	236	<b>6.3</b>	<b>Carotinoide</b> .....	250
6.2.1	Vitamin C .....	237	6.3.1	Chemische Strukturen .....	250
	Struktur und Vorkommen .....	237	6.3.2	Vorkommen .....	250
	Mechanismen des Krebs- schutzes .....	238	6.3.3	Aufnahme und Stoffwechselung .....	251
	Tierexperimentelle Befunde .....	238	6.3.4	Mechanismen des Krebs- schutzes .....	253
	Humanstudien .....	239		Antioxidative Eigenschaften .....	253
	Aufnahmeempfehlungen und Versorgungssituation .....	240		Verbesserung der interzellulären Kommunikation .....	254
6.2.2	Vitamin E (Tocopherole und Tocotrienole) .....	240		Beeinflussung der Signalübertragung durch Wachstumsfaktoren .....	254
	Struktur und Vorkommen .....	240		Arretierung der Zellen im Zellzyklus .....	254
	Aufnahme, Verteilung und Stoffwechselung .....	241		Beeinflussung des Differenzierungs- zustandes .....	254
	Mechanismen des Krebs- schutzes:			Interaktion mit nukleären Rezeptoren .....	255
	Ergebnisse von In-vitro- und In-vivo-Studien .....	242		Interaktion mit Östrogenrezeptoren .....	255
	Tierexperimentelle Befunde .....	244		Interaktionen mit weiteren Transkriptionsfaktoren .....	255
	Humanstudien .....	244	6.3.5	Einige tierexperimentelle Befunde .....	255
	Empfohlene Aufnahmemengen und Versorgungslage .....	245	6.3.6	Humanstudien .....	256
6.2.3	Vitamin A .....	245		Gesamtaufnahme von Carotinoiden .....	256
	Struktur und Vorkommen .....	246		β-Carotin .....	257
	Stoffwechselung .....	246		Lycopin und Tomaten .....	258
	Mechanismen des Krebs- schutzes .....	247		Cryptoxanthin .....	260
	Humanstudien .....	248		Lutein .....	260
				Weitere Carotinoide .....	260

<b>6.4 Chlorophyll und grünes Gemüse</b> . . .	261	<b>6.6.4 Flavonoide</b> . . . . .	281
6.4.1 Einleitung, chemische Struktur und Vorkommen . . . . .	261	Überblick . . . . .	281
6.4.2 In-vitro-Experimente und tier- experimentelle Befunde . . . . .	261	Mechanismen des Krebssschutzes . . . . .	282
6.4.3 Humanstudien . . . . .	262	Flavonoidaufnahme und Krebsrisiken . . . . .	285
<b>6.5 Ballaststoffe</b> . . . . .	262	Quercetin . . . . .	286
6.5.1 Definition und Einteilungen . . . . .	263	Myricetin in Beeren und Nüssen . . . . .	291
6.5.2 Chemische Strukturen und Vorkommen . . . . .	263	Kaempferol in Ginko und roten Trauben . . . . .	292
6.5.3 Versorgungssituation und Empfehlungen . . . . .	265	Luteolin in Sellerie . . . . .	293
6.5.4 Mechanismen des Krebssschutzes . . . . .	266	Xanthohumol und andere Bierinhaltsstoffe . . . . .	294
Auswirkungen auf Stuhlparameter . . . . .	267	Anthocyanidine und Beerenfrüchte . . . . .	297
Bindung und Inaktivierung von Kanzerogenen . . . . .	268	<b>6.6.5 Tannine</b> . . . . .	300
Schutzeffekte kurzkettiger Fettsäuren . . . . .	268	Chemische Strukturen . . . . .	300
Beeinflussung der Bioverfügbarkeit protektiver Phenole . . . . .	269	Vorkommen . . . . .	301
Interaktion zwischen Verzehr von Ballaststoffen und Energiestoffwechsel . . . . .	269	Bioverfügbarkeit und Verstoffwechslung . . . . .	302
Beeinflussung des Hormonstatus . . . . .	269	Allgemeine biologische Effekte . . . . .	302
6.5.5 Tierexperimentelle Befunde . . . . .	270	Mechanismen des Krebssschutzes . . . . .	302
6.5.6 Humanstudien . . . . .	270	Tierexperimentelle Befunde . . . . .	303
Ballaststoffe und Körpergewicht . . . . .	270	Humanstudien . . . . .	303
Auswirkungen auf das Auftreten von Diabetes Typ 2 . . . . .	270	<b>6.7 Tees und ihre Inhaltsstoffe</b> . . . . .	304
Dickdarm . . . . .	270	6.7.1 Grüner Tee . . . . .	304
Magen . . . . .	272	Inhaltsstoffe und ihre Verstoffwechslung . . . . .	304
Brust . . . . .	273	Mechanismen des Krebssschutzes . . . . .	305
Prostata . . . . .	273	Einige Befunde zur Hemmung der Krebs- auslösung in Labornagern . . . . .	307
<b>6.6 Polyphenole</b> . . . . .	274	Humanstudien . . . . .	308
6.6.1 Überblick . . . . .	274	6.7.2 Schwarzer Tee und Oolong . . . . .	310
6.6.2 Phenolsäuren . . . . .	275	Inhaltsstoffe und ihre Verstoffwechslung . . . . .	310
Struktur und Vorkommen . . . . .	275	Schutzmechanismen . . . . .	310
Verstoffwechslung . . . . .	276	Tierexperimentelle Befunde . . . . .	311
Mechanismen des Krebssschutzes und tierexperimentelle Befunde . . . . .	276	Humanstudien . . . . .	311
Inhibition von invasivem Wachstum und Metastasierung . . . . .	277	6.7.3 Rotbusch- und Honigbuschtee . . . . .	313
Negative gesundheitliche Effekte . . . . .	277	Inhaltsstoffe und ihre Verstoffwechslung . . . . .	313
6.6.3 Resveratrol, das Wundermittel aus der Weintraube . . . . .	278	Biologische Effekte . . . . .	313
Vorkommen und Hintergründe . . . . .	278	<b>6.8 Kaffee</b> . . . . .	314
Verstoffwechslung . . . . .	278	6.8.1 Kaffeekonsum . . . . .	314
Mechanismen des Krebssschutzes . . . . .	278	6.8.2 Chemische Zusammensetzung . . . . .	314
Tierexperimentelle Befunde . . . . .	279	6.8.3 Wichtigste Inhaltsstoffe: Gehalt, Verstoffwechslung und physiolo- gische Eigenschaften . . . . .	314
Humanstudien . . . . .	279	6.8.4 Beeinflussung des Krebsrisikos durch Kaffee und seine Inhaltsstoffe . . . . .	316
Effekte von Rotwein beim Menschen . . . . .	280	Molekulare Mechanismen, die Krebs auslösen . . . . .	316
		Mechanismen des Krebssschutzes . . . . .	317
		6.8.5 Beeinflussung anderer Erkrankun- gen durch Kaffee und seine Inhalts- stoffe . . . . .	319
		Schutz vor Leberzirrhose . . . . .	319

	Schutz vor Typ-2-Diabetes. ....	320			
	Beeinflussung des Hormonstatus. ....	320			
6.8.6	<b>Humanstudien zu Kaffee und Krebsrisiko. ....</b>	321		6.10.2	<b>Abbau, Verstoffwechslung und Wirkungen der Abbauprodukte. ....</b>
	Pankreas. ....	321			341
	Brust. ....	321			Enzymatischer Abbau der Glucosinolate ..
	Endometrium. ....	321			341
	Leber. ....	321			Verstoffwechslung im Darmtrakt. ....
	Oberer Verdauungstrakt. ....	322			341
	Dickdarm. ....	323			Interaktionen der Abbauprodukte von Glucosinolaten mit Proteinen und anderen Makromolekülen. ....
	Blase. ....	323			342
	Ovar. ....	323		6.10.3	<b>Mechanismen des Krebschutzes. ....</b>
	Lunge. ....	323			343
	Niere. ....	323			Veränderungen der Aktivitäten fremd- stoffmetabolisierender Enzyme. ....
6.8.7	<b>Welche Kaffeesorte soll man konsumieren und wie soll man das Getränk zubereiten?. ....</b>	323			343
					Interaktion mit dem Ah-Rezeptor und mit Nrf2. ....
					343
					Induktion und Inhibition von Phase-II-Enzymen. ....
<b>6.9</b>	<b>Gewürze. ....</b>	324			344
6.9.1	<b>Definition und Charakteristika. ....</b>	324			Interaktion mit Phase-I-Enzymen. ....
6.9.2	<b>Curcumin in Gelbwurz und Curry. ....</b>	325			345
	Vorkommen. ....	325			Antioxidative Effekte. ....
	Absorption über den Verdauungstrakt. ....	325			345
	Mechanismen des Krebschutzes. ....	326			Beeinflussung der Zellteilung und Auslösung von Apoptose. ....
	Tierexperimentelle Befunde. ....	327			346
	Humanstudien. ....	327			Epigenetische Veränderungen. ....
6.9.3	<b>Ingwer und seine Inhaltsstoffe. ....</b>	328			347
	Strukturen und Eigenschaften der				Rezeptorvermittelte Effekte. ....
	Inhaltsstoffe. ....	328			347
	Mechanismen des Krebschutzes. ....	328			Inhibition von Angiogenese und Metastasierung. ....
	Tierexperimentelle Befunde. ....	329		6.10.4	<b>Tierexperimentelle Befunde: Inhibition von Dickdarmkrebs. ....</b>
	Humanstudien. ....	329			347
6.9.4	<b>Knoblauch, Lauchgemüse und ihre Inhaltsstoffe. ....</b>	329		6.10.5	<b>Humanstudien. ....</b>
	Inhaltsstoffe von Knoblauch und Zwiebel. ....	330			347
	Mechanismen des Krebschutzes. ....	330			Ältere Analysen. ....
	Tierexperimentelle Befunde. ....	332			348
	Humanstudien. ....	332			Dickdarm. ....
	Ergebnisse von Interventionsstudien. ....	334			348
	Auswirkung von Kochprozessen auf die				Lunge. ....
	Eigenschaften von Knoblauch. ....	335			348
6.9.5	<b>Weitere Gewürze. ....</b>	335			Prostata. ....
					348
					Blase. ....
					349
					Brust. ....
					349
					Weitere Organe. ....
					349
				6.10.6	<b>Auswirkungen der Lagerung und Verarbeitung von Kohlgemüsen auf die Glucosinolatkonzentrationen und auf die Myrosinase-Aktivität. ....</b>
					349
					Einfluss von Kochprozessen. ....
					349
					Weitere Einflussgrößen. ....
					350
				<b>6.11</b>	<b>Milch, Milchprodukte und Milchsäurebakterien. ....</b>
					351
				6.11.1	<b>Milchkonsum. ....</b>
					351
				6.11.2	<b>Inhaltsstoffe mit chemoprotektiven und möglichen krebsauslösenden Eigenschaften. ....</b>
					351
				6.11.3	<b>Mechanismen des Krebschutzes. ....</b>
					352
					Veränderungen der intestinalen Mikroflora und deren Eigenschaften. ....
					352
6.10	<b>Glucosinolate in Kreuzblütlern und Kohlgemüse. ....</b>	339			
6.10.1	<b>Vorkommen, Struktur und Forschungsgeschichte. ....</b>	339			
	Cruciferen und ihre Inhaltsstoffe. ....	339			
	Struktur und Vorkommen von Glucosinolaten. ....	339			
	Forschungsgeschichte. ....	341			

Inaktivierung genotoxischer Kanzerogene .	353	Darm .....	370
Antioxidative Effekte .....	353	Lunge .....	370
Reduktion der DNA-schädigenden Akti- vitäten von Fäkalwasser .....	354	6.12.6 Epidemiologische Befunde.....	370
Schutzeffekte in der Leber .....	354	Brust .....	370
Schutzeffekte vor Dickdarmkrebs .....	355	Prostata.....	373
Interaktionen mit dem Immunsystem....	356	Endometrium und Ovar.....	374
Schutzmechanismus der Präbiotika .....	357	Lunge .....	374
6.11.4 Humanstudien.....	358	6.12.7 Kann der Verzehr von Phytoös- trogenen negative Auswirkungen auf den Gesundheitszustand des Menschen haben?.....	374
Dickdarm.....	359	<b>6.13 <math>\omega</math>-3-Fettsäuren und der Konsum von Fischen.....</b>	376
Brust .....	360	6.13.1 Chemische Strukturen und Synthese .....	376
Blase.....	360	6.13.2 Vorkommen und Aufnahmemengen..	376
Leukämie.....	360	6.13.3 Verstoffwechslung und Absorption .	377
Prostata.....	360	6.13.4 Mechanismen der Krebsprävention ..	377
<b>6.12 Phytoöstrogene: Lignane in Getreiden und Isoflavone in Sojaprodukten .....</b>	360	Synthese langkettiger Polyfettsäuren (Eicosanoidsynthese) .....	377
6.12.1 Übersicht.....	360	Veränderungen der Zellmembranen und ihrer Strukturen.....	378
6.12.2 Chemische Struktur und Vorkommen	361	Veränderungen durch intrazellulären oxidativen Stress.....	378
Phytoöstrogene in Soja .....	361	Weitere Prozesse .....	379
Lignane .....	361	6.13.5 Tierexperimentelle Befunde: Schutz vor Dickdarmkrebs.....	380
6.12.3 Absorption, Verstoffwechslung und Exkretion .....	362	6.13.6 Epidemiologische Studien .....	380
Isoflavone .....	362	Dickdarm.....	380
Lignane .....	364	Prostata.....	381
6.12.4 Mechanismen der Krebsprävention ..	364	Brust .....	381
Östrogene und Östrogenrezeptoren .....	364	Weitere Organe .....	382
Beeinflussung hormonaler Effekte durch Phytoöstrogene.....	365	6.13.7 Schützt der Konsum von Fisch vor Krebserkrankungen? .....	382
Weitere Interaktionen mit dem Hormonstatus.....	367	Konsummengen.....	382
Veränderung der Konzentrationen des insulinähnlichen Wachstumsfaktors (IGF-1) .....	368	Ergebnisse epidemiologischer Studien ...	382
Antioxidative Eigenschaften .....	368	<b>6.14 Literatur .....</b>	384
Protektionseffekte auf der Ebene der Sekundärprävention .....	368	<b>6.15 Weiterführende Literatur .....</b>	399
6.12.5 Molekulare Mechanismen der organspezifischen Effekte .....	368		
Brust .....	368		
Prostata.....	370		
<b>7 Schlussbetrachtung: Fragen, Irrtümer und Empfehlungen .....</b>	400		
<b>7.1 Schützt die Mediterrandiät vor Krebs? .....</b>	400	<b>7.2 Lösen genetisch modifizierte Nahrungsmittel Krebs aus?.....</b>	400
7.1.1 Definition .....	400	7.2.1 Studienergebnisse .....	400
7.1.2 Ergebnisse von Humanstudien.....	400		

<b>7.3</b>	<b>Sind biologisch erzeugte Lebensmittel gesünder und schützen vor Krebs?</b> .....	402	<b>7.6</b>	<b>Was bringt der Verzehr von Vollkornnahrung?</b> .....	412
7.3.1	Mögliche Ursachen von Schutzwirkungen .....	402	7.6.1	Definition und Inhaltsstoffe .....	412
7.3.2	Ergebnisse von Untersuchungen mit Säugetieren.....	403	7.6.2	Verzehrdaten .....	412
<b>7.4</b>	<b>Erkranken Vegetarier weniger häufig als Nichtvegetarier?</b> .....	403	7.6.3	Vermeidung von Übergewicht und Diabetes durch Verzehr von Vollwertprodukten .....	413
7.4.1	Ergebnisse epidemiologischer Studien.....	404	7.6.4	Kaum Daten über Krebsrisiken!.....	413
<b>7.5</b>	<b>Schützt der Verzehr von Obst und Gemüse vor Krebserkrankungen?</b> .....	406	<b>7.7</b>	<b>Allgemeine und spezielle Empfehlungen</b> .....	415
7.5.1	Früchte.....	406	7.7.1	Empfehlungen für Risikogruppen ....	415
	Konsum in deutschsprachigen Ländern ...	406	7.7.2	Konzept der „genomischen Gesundheitsklinik“: ein Plädoyer für individuelle Ernährungsstrategien ...	415
	Ergebnisse einschlägiger Studien .....	406	7.7.3	Allgemeine Empfehlungen I: Vermeidung von Risiken.....	417
7.5.2	Gemüse .....	408	7.7.4	Allgemeine Empfehlungen II: Krebschutz durch „richtige“ Ernährung.....	418
	Verzehr in deutschsprachigen Ländern ...	408	<b>7.8</b>	<b>Schlussbetrachtung</b> .....	419
	Ergebnisse einschlägiger Studien .....	408	<b>7.9</b>	<b>Literatur</b> .....	420
7.5.3	Kombinationseffekte (Obst und Gemüse).....	411		<b>Sachverzeichnis</b> .....	425

### Oberer Verdauungstrakt

Die größte Kohortenstudie, die je mit Schwarztee durchgeführt wurde, ist die AARP-Studie (American Association of Retired People) [217]. Sie umfasste 481.563 Teilnehmer im Alter zwischen 51 und 71 Jahre und dauerte 8 Jahre. Man fand eine inverse Assoziation zwischen Teekonsum und Pharyngealkrebs (mehr als eine Tasse pro Tag, Abnahme des Risikos HR 0,37); bei der Inzidenz von Speiseröhrenkrebs war die Abnahme des Risikos nicht signifikant. Auch in einer italienischen Studie sah man eine inverse Assoziation mit dem Auftreten von Mundhöhlenkrebs (OR 0,6, bei einer oder mehr Tassen pro Tag) [316]. In einer weiteren Untersuchung mit Schweizern und Italienern fand man keinen Effekt.

Die Datenlage bei Speiseröhrenkrebs ist widersprüchlich. Von 14 Studien, die weltweit durchgeführt wurden, sah man in 6 Schutzeffekte, die signifikant waren, 4 ergaben jedoch Hinweise auf ein erhöhtes Risiko [348].

Ähnlich widersprüchlich sind die Ergebnisse hinsichtlich der Beeinflussung des Auftretens von Magenkrebs.

### Dickdarm

Eine Metaanalyse von 20 Studien [218] fand keine signifikante Beeinflussung des Erkrankungsrisikos, und zwar weder im Kolon noch im Rektum. In einer weiteren Analyse wurden nur europäische und US-amerikanische Kohortenstudien berücksichtigt. Insgesamt umfasste diese Untersuchung mehr als 700.000 Teilnehmer und mehr als 5.000 Fälle [219].

### Exkurs: Anmerkungen zur Zubereitung von Tees

Die in Tee enthaltenen Polyphenole sind unter sauren und anaeroben Bedingungen relativ stabil, bei Sauerstoffzutritt entstehen oxidierte Kondensationsprodukte mit hohem Molekulargewicht, deren biologische Eigenschaften weitgehend unbekannt sind. Bei hohen Temperaturen entsteht aus EGCG durch Epimerisierung Gallo-catechingallat; man fand diese Verbindung in relativ hohen Mengen in Fertigtees. Noch empfindlicher als die Catechine sind die Theoflavine in Schwarztee, die sehr schnell degradieren, vor allem wenn die Tees über lange Zeit hin erwärmt werden. Welche Konsequenzen diese Verände-

Man fand eine geringfügige (nicht signifikante) Erhöhung des Erkrankungsrisikos.

### Leber und Pankreas

Es liegen nur wenige Studien über hepatozelluläre Karzinome vor, insgesamt wurde in 3 (2 Kohortenstudien aus Japan und eine aus China) und einer Fallstudie keine Beeinflussung des Risikos gefunden.

10 von 11 Studien, die das Pankreaskrebsrisiko betreffen und mit westlichen Bevölkerungsgruppen durchgeführt wurden, ergaben keine klaren Aussagen. Die größte bisher durchgeführte Untersuchung wurde im Rahmen der EPIC-Studie realisiert (424.978 Teilnehmer). Auch in dieser wurden keine Hinweise auf ein verändertes Erkrankungsrisiko gefunden. In einer kleineren prospektiven Studie (MEC, Multiethnic Cohort Study) mit 183.513 Teilnehmern (517 Fälle von Pankreaskrebs) sah man bei Rauchern (nicht aber bei Nicht- und Exrauchern) eine Abnahme der Inzidenz um 41 % [220].

### Lunge

Insgesamt gibt es keine Hinweise (aus 11 Untersuchungen), dass Schwarztee das Erkrankungsrisiko von Lungenkrebs beeinflusst. In einigen Studien wurde der Confounding Effect (Störgröße) durch Tabakrauch nicht berücksichtigt. Dieser könnte jedoch eine Rolle spielen, da Raucher mehr Tee konsumieren als Nichtraucher. In einer tschechischen Studie fand man bei Frauen, die nicht rauchten,

rungen im Hinblick auf die krebsschutzfähigen Eigenschaften der Tees haben, ist nicht bekannt. Daher ist dem Verbraucher zu empfehlen, den Tee auf konventionelle Weise herzustellen und bald nach dem Aufbrühen zu konsumieren.

Eine häufig gestellte Frage betrifft die Auswirkung der Verwendung von Milch auf die Eigenschaften von Schwarztee. Die in der Milch enthaltenen Eiweiße reagieren sehr schnell mit Catechinen und man fand unter In-vitro-Bedingungen eine Abnahme der antioxidativen Eigenschaften, während in In-vivo-Versuchen die Phenolkonzentrationen und die antioxidative Wirkung durch die Verwendung von Milch nicht wesentlich beeinflusst wurden.

einen Hinweis auf einen möglichen Schutzeffekt, nicht jedoch bei Rauchern.

## Brust

Es gibt eine umfangreiche Metaanalyse von Sun und Mitarbeitern [337]: In prospektiven Studien wurde ein geringfügiger Anstieg des Risikos detektiert, in Fallstudien jedoch nicht. In der Zwischenzeit wurden 2 weitere Untersuchungen veröffentlicht, in denen keinerlei Hinweise auf Schutzeffekte gefunden wurden.

## Blase

Auch hier ist die Datenlage extrem widersprüchlich. Einerseits wurden Studien veröffentlicht, in denen ein bis zu 4-facher Anstieg (!) des Risikos detektiert wurde, andererseits ergaben sich in einzelnen Studien Hinweise auf Schutzeffekte, beispielsweise in einer niederländischen Kohortenstudie (30%ige Risikoreduktion).

### 6.7.3 Rotbusch- und Honigbuschtee

Rotbuschtee (Rooibos) wird aus einer Pflanze (*Aspalathus linearis*) hergestellt, die zur Gruppe der Hülsenfrüchte (Fabaceae) zählt. Sie wächst in den Bergregionen der südafrikanischen Provinz Westkap. 1772 berichtete ein Botaniker erstmals über die Verwendung als Heilpflanze und um 1900 begann man in Südafrika und Europa mit der Vermarktung von daraus hergestelltem Tee. Derzeit bauen etwa 200 Farmer diese Pflanze in den Zentralbergen 200 km nördlich von Kapstadt an. Wie bei Schwarztee werden die Blätter einer Fermentation unterzogen.

Auch Honigbuschtee wird aus Hülsenfrüchtlern hergestellt, die in Südafrika angebaut werden, und zwar aus mehreren Vertretern der Gattung *Cyclopia*. Namensgebend ist der Honiggeruch der Blüten; da dieser Tee keine Gerbsäure und kein Koffein enthält, gilt er als besonders schonend.

Seit etwa 2 Jahrzehnten untersuchen südafrikanische Forschergruppen die biologischen Wirkungen ihrer „Nationaltees“; es liegen jedoch bisher keine Ergebnisse von aussagekräftigen Humanstudien vor.

## Inhaltsstoffe und ihre Verstoffwechslung

Zu den wichtigen Inhaltsstoffen von Rooibos-Tee zählen Polyphenole, wie Aspalathin, Nothofagin und Orientin. Über die Verstoffwechslung dieser Verbindungen ist nur wenig bekannt, es liegen jedoch Informationen über ihre organspezifischen Verteilungsmuster vor.

Im Fall von Honigbuschtee wurden als Hauptbestandteile Xanton und Mangiferin sowie die Flavonoide Quercetin und Luteolin identifiziert. Die Letzteren werden im Darm gespalten und die Glykone über den Darm aufgenommen.

## Biologische Effekte

Die antioxidativen Eigenschaften der Tees wurden mit herkömmlichen In-vitro-Verfahren untersucht und mit jenen von Grün- und Schwarztee verglichen. Naturgemäß sind derartige Untersuchungen nicht unbedingt auf den Menschen übertragbar. Fast in allen Verfahren (ATBS, FRAP, DPPH, Bleichung von Carotin) wirkte Grüntee am stärksten; Rooibos lag hinsichtlich mancher antioxidativen Eigenschaften jedoch vor Schwarztee (außer bei der Inhibition der Lipidperoxidation).

Für Rooibos-Tee ist auch nachgewiesen, dass er antimutagene Eigenschaften besitzt und vor DNA-Schädigung durch genotoxische Kanzerogene schützt, beispielsweise vor Benzo(a)pyren, 2-Acetylaminofluoren und PhIP. Allerdings waren die Effekte der einzelnen Inhaltsstoffe schwächer als jene von EGCG.

In Tierexperimenten wurde mit beiden Tees Veränderungen des Verhältnisses von reduziertem zu oxidiertem Glutathion gefunden, also eine Verbesserung des Redoxstatus. Des Weiteren ist im Zusammenhang mit Krebs erwähnenswert, dass die Aktivierung von Aflatoxin B<sub>1</sub> durch Rotbuschtee teilweise verhindert wurde und dass in Hautpinselversuchen eine Hemmung der Tumorpromotion (von TPA) detektiert wurde.

### Zusammenfassung

Die in grünem und schwarzem Tee enthaltenen Catechine beeinflussen eine Vielzahl biologischer Prozesse. Die zur Hemmung der Krebsauslösung durchgeführten Tierexperimente sind meist nicht auf den Menschen übertragbar, da in vielen mit Konzentrationen gearbeitet wurde, die

bei Weitem die Mengen überschreiten, die man durch Teekonsum aufnehmen kann. Mit Grüntee zeigten sich in Humanstudien krebsschutzprotektive Effekte vor Ösophagus- (insbesondere bei Nicht-rauchern) und Magenkrebs, wobei diese deutlich waren, wenn der Tee nicht zu heiß konsumiert wurde. Mit Schwarztee fand man einige Hinweise auf protektive Wirkungen vor Pharynx- und Mundhöhlenkarzinomen. Zu Rotbusch- und Honigbuschtee gibt es bisher keine Ergebnisse von aussagekräftigen Humanstudien.

## 6.8 Kaffee

### 6.8.1 Kaffeekonsum

Kaffee ist das weltweit am häufigsten konsumierte Getränk und neben Erdöl eines der wertvollsten Handelsgüter. Der Legende nach wurde er von äthiopischen Hirten entdeckt und man nimmt an, dass er während der Türkenbelagerung nach Europa gelangte, da die Osmanen nach der erfolglosen Belagerung Wiens Kaffeesäcke vor den Stadttore zurückließen. Während in den 80er Jahren Befürchtungen im Vordergrund standen, dass das Getränk das Krebsrisiko des Menschen erhöhen könnte, vermutet man heute Schutzwirkungen und versucht, die Inhaltsstoffe zu identifizieren, die dafür verantwortlich sind. Durch gezielte Veränderungen der Zusammensetzung des Getränks besteht die Möglichkeit, Produkte zu entwickeln, die „funktionelle“ Nahrungsmittel darstellen und aufgrund des weltweiten Konsums den Gesundheitszustand der Menschen verbessern könnten, so die Hoffnungen einiger Wissenschaftler und Hersteller.

Die Produktion von Kaffee hat in den letzten Jahren erheblich zugenommen, zwischen 1999 und 2009 ist sie in 11 Hauptproduktionsländern von 4,7 auf 6,5 Millionen Tonnen pro Jahr angestiegen. Die durchschnittlichen Konsummengen liegen in Europa pro Kopf bei 3,8 und in Nordamerika bei 4,1 kg/Kopf/Jahr. Spitzenkonsumenten sind in Europa die nördlichen Länder, die durchwegs mehr als 7 kg/Kopf/Jahr konsumieren; die höchsten Werte findet man in Finnland mit 8,5 kg (die angegebenen Mengen beziehen sich auf Grünbohnen-Äquivalente).

### 6.8.2 Chemische Zusammensetzung

Man unterscheidet zwischen einer flüchtigen und einer nicht flüchtigen Fraktion. Die Erstere besteht aus mehr als 700 Einzelsubstanzen. Für uns ist allerdings der nicht flüchtige Anteil von besonderem Interesse, da er zahlreiche bioaktive Substanzen enthält. Die wichtigsten Komponenten, die gesundheitliche Wirkungen auslösen, sind in ► Abb. 6.28 dargestellt.

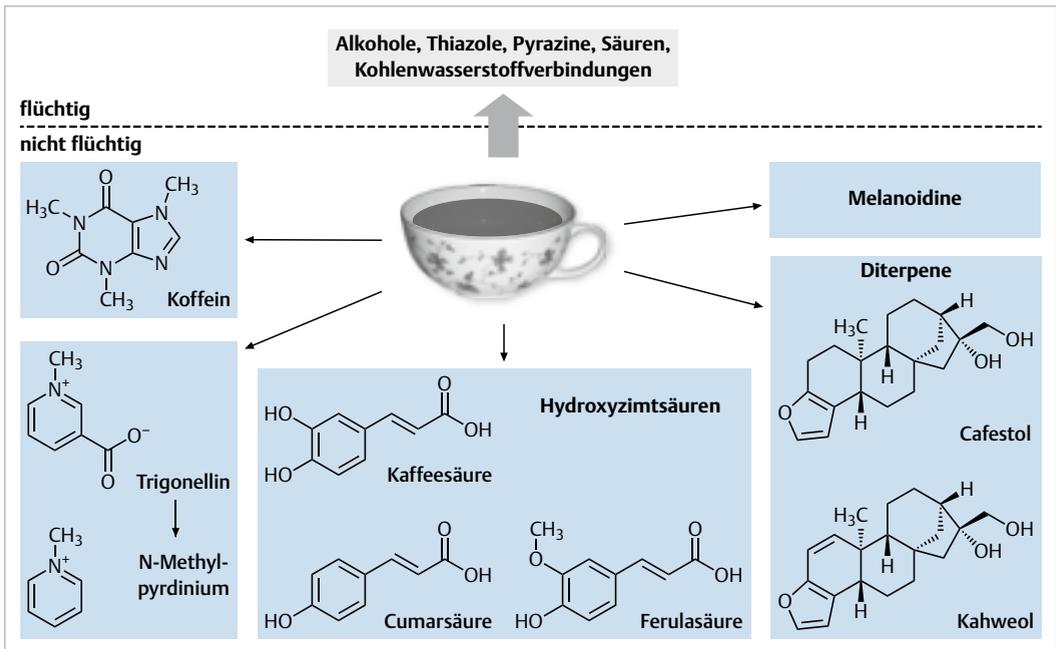
Kaffee wird aus zwei verwandten Spezies hergestellt (*Coffea arabica* und *Coffea canephora*, die Letztere ist bekannter durch den nur noch als Synonym geltenden Namen *C. robusta*), die sich im Hinblick auf ihre chemischen Inhaltsstoffe deutlich unterscheiden. Während der Röstung kommt es zu erheblichen Veränderungen der Konzentrationen einzelner Bestandteile. Je höher die Temperatur bzw. die Röstdauer ist, desto mehr Maillard-Produkte entstehen, während die Konzentrationen der Chlorogensäuren graduell abnehmen (► Tab. 6.14).

### 6.8.3 Wichtigste Inhaltsstoffe: Gehalt, Verstoffwechslung und physiologische Eigenschaften

► **Hydroxycimtsäuren.** Die Eigenschaften dieser Substanzgruppe wurden bereits im Kapitel über Phenole (s. Kapitel 6.6.2) beschrieben, die Zufuhrmengen liegen bei Kaffeetrinkern im Bereich zwischen 500 und 1.000 mg/Tag, bei Nichttrinkern lediglich bei 100 mg. Die Gesamtplasmakonzentrationen nach Konsum einer Tasse (200 ml) liegen im Bereich von 5–7 µmol/l, die Kaffeesäure erreicht Spiegel bis 1,5 µmol/l.

► **Maillard-Produkte.** Während des Röstprozesses entstehen zunächst sog. Amadori-Produkte, sie werden in Melanoidine (nicht enzymatische braune Röstprodukte) umgewandelt, die für die Aromen der verschiedenen Sorten verantwortlich sind. Etwa 25% der Kaffeetrocknenmasse besteht aus Melanoidinen.

► **Trigonellin.** Während der Röstung entsteht aus dieser Verbindung durch Demethylierung Nikotinsäure (auch als Vitamin B<sub>3</sub> bekannt), ein weiteres Reaktionsprodukt ist N-Methylpyridinium. Die tägliche Aufnahmemenge von Trigonellin liegt



**Abb. 6.28** Strukturformeln der wichtigsten bioaktiven Inhaltsstoffe von Kaffee, die in den nachfolgenden Abschnitten erörtert werden (Quelle: [30]).

**Tab. 6.14** Inhaltsstoffe von Kaffee und Auswirkung von Röstprozessen auf den Gehalt (Quellen: [20], [36], [42], [74], [105]).

Komponente	Durchschnittlicher Gehalt in grünen Bohnen (% der Trockenmasse) Arabica	Durchschnittlicher Gehalt in grünen Bohnen (% der Trockenmasse) Robusta	Veränderung durch Röstung	Durchschnittlicher Gehalt in gebrühtem Kaffee (mg/100 ml)
Koffein	1,2	2,2	↔	1–80 <sup>a</sup>
Chlorogensäure	6,5	10	↓↓	25–75
Cafestol und Kahweol	1,3–1,9	0,2–1,5	↓	0,03–17 <sup>b</sup>
Melanoidin	0,0	0,00	↑↑↑	≤ 25 <sup>c</sup>
Trigonellin	1,1	0,65	↓↓	21–30 <sup>d</sup>
Nikotinsäure	≤ 0,0025		↑↑	0,16–0,25 <sup>d</sup>

<sup>a</sup> entkoffeinierter Kaffee (1–2 mg/100 ml), papiergefiltert (50–80 mg/100 ml)

<sup>b</sup> skandinavische Art (10–17 mg/100 ml) > Espresso (0,3–3 mg/100 ml) > papiergefilterter Kaffee (0,03–0,4 mg/100 ml)

<sup>c</sup> die Angaben beziehen sich auf % Trockenmasse des gebrühten Kaffees

<sup>d</sup> Konzentration in papiergefiltertem Kaffee aus verschiedenen Bohnen

bei Kaffeetrinkern (5–6 Tassen pro Tag) bei etwa 700 mg.

► **Kaffeespezifische Diterpene.** Zwei Verbindungen, die im Hinblick auf die krebsschutz Eigenschaften von Kaffee intensiv erforscht wur-

den, sind Cafestol und Kahweol. In metall- und ungefiltertem erkaltetem Kaffee bilden sie an der Oberfläche eine ölige Schicht. Die Substanzen liegen im Kaffee vor allem als Fettsäureester vor (z.B. als Palmitate) und werden durch Papierfiltration fast zur Gänze entfernt. Die höchsten

Mengen finden sich daher in ungefilterten türkischen und skandinavischen Kaffees (10–17 mg pro Liter), gefolgt von „French-Press“ (Metallfiltration) (15–17 mg/l) und Espresso (0,3–3,0 mg/l). Papiergefilterter Kaffee und Instantkaffee weisen die niedrigsten Konzentrationen auf (0,03–0,4 mg/l, bzw. 0,7 mg/l). Die Verbindungen werden gut über den Darmtrakt aufgenommen (etwa zu 70%), nur 1–2% werden über den Harn ausgeschieden.

► **Koffein.** Die Verbindung zählt zu den Methylxanthinen, die tägliche Aufnahme durch Konsum von Getränken liegt in den USA zwischen 2,4 und 3,0 mg/kg, in manchen europäischen Ländern erreicht sie Werte zwischen 4 und 7 mg/kg; etwa 75% sind auf Kaffeekonsum zurückzuführen. Die Zubereitungsart des Kaffees hat einen starken Einfluss auf die Koffeinkonzentration, diese ist bei Filterkaffee und Instantkaffee deutlich höher als bei Espresso.

Koffein wird aus dem Darm schnell aufgenommen (ca. bis 80%), wobei bei Erwachsenen etwa 95% verstoffwechselt werden, u. a. wird die Verbindung durch Zytochrom-Enzyme demethyliert und in andere Methylxanthine (Theobromin, Theophyllin) umgewandelt. Zu den wichtigsten physiologischen Eigenschaften zählt die Interaktion des Alkaloids mit Adenosinrezeptoren, die für die stimulierenden Eigenschaften des Kaffees verantwortlich ist.

### 6.8.4 Beeinflussung des Krebsrisikos durch Kaffee und seine Inhaltsstoffe

Es gibt sowohl Befunde, die auf krebsauslösende Eigenschaften hinweisen, als auch solche, die krebschützende Effekte betreffen. Die Ersteren wurden fast ausschließlich unter In-vitro-Bedingungen gefunden, der Vollständigkeit halber werden sie im nächsten Abschnitt beschrieben.

#### Molekulare Mechanismen, die Krebs auslösen

► **Prooxidative Eigenschaften.** Eine Vielzahl von in-vitro-Untersuchungen zeigte, dass aus Kaffee Wasserstoffperoxid freigesetzt wird und dass die Inkubation mit Säugerzellen und Bakte-

rien Chromosomen- und Genmutationen auslöst [305]. Man nimmt an, dass diese Effekte durch die prooxidativen Eigenschaften der phenolischen Bestandteile verursacht werden. Auch Hydroxycimtsäuren lösen diese Effekte aus. Durch physikalische Messungen und durch Experimente mit Radikalfängern konnte bewiesen werden, dass Radikale bei der Auslösung von DNA-Schäden eine zentrale Rolle spielen. Wie bereits erwähnt, ist für die Freisetzung von ROS die Gegenwart von Übergangsmetallen erforderlich und es wurde postuliert, dass im lebenden Säugetier andere physikochemische Bedingungen vorliegen, sodass reaktive Sauerstoffspezies im menschlichen Körper nicht in nennenswerten Mengen aus Kaffee freigesetzt werden. Tatsächlich gibt es lediglich eine tierexperimentelle Studie, in der ein Anstieg der Ausscheidung von oxidierten DNA-Basen (8-OHdG) nach Verabreichung von Kaffee gefunden wurde [331]. In einer Humanstudie wurde im Harn nach Kaffeekonsum eine mutagene Wirkung gefunden, darüber hinaus ist eine kleine Untersuchung erwähnenswert, in der über eine Erhöhung von Chromosomenschäden durch Kaffee berichtet wird. Die meisten Untersuchungen deuten jedoch auf Schutz vor oxidativen Wirkungen beim Menschen hin.

► **Kaffeesäure.** Kaffeesäure löst, wie erwähnt, im Tiermodell in hohen Dosierungen Krebs aus (s. Kapitel 4.5.3), allerdings wirkt die Verbindung wahrscheinlich als Tumorpromotor und die Aufnahmemengen beim Menschen liegen unter den Schwellenwerten, die zu negativen Effekten in Labornagern führen.

► **Koffein.** Man vermutete, dass Koffein aufgrund seiner Ähnlichkeit mit den DNA-Basen chromosomenschädigend wirken könnte. Tatsächlich fand man mit hohen Konzentrationen Koffein unter In-vitro-Bedingungen in Experimenten mit Zellkulturen Hinweise auf klastogene Effekte. Anfang der 1970er Jahre erschien ein Buch über die Interaktion des Alkaloids mit Chromosomen (B.A. Kihlman „Caffeine & Chromosomes“), in dem die Ergebnisse von mehr als 1.000 Einzelstudien erwähnt werden. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Koffeinkonzentrationen, die erforderlich sind, um DNA-Schäden auszulösen, etwa 2–3 Zehnerpotenzen höher liegen als jene, die im Plasma von Kaffeetrinkern gefunden werden. Im Niedrigdosisbereich wurden hingegen

meist protektive Effekte beobachtet, z.B. Schutz vor Auslösung von DNA-Schäden durch HA in Humanzellen. Diese Effekte werden durch Interaktionen mit der Verstoffwechslung oder durch Beeinflussung von Reparaturprozessen erklärt.

## Mechanismen des Krebschutzes

Wir konzentrieren uns vor allem auf die Beschreibung der Ergebnisse von Tierexperimenten und Humanstudien, da sie zuverlässiger sind als Daten, die unter In-vitro-Bedingungen erhalten wurden.

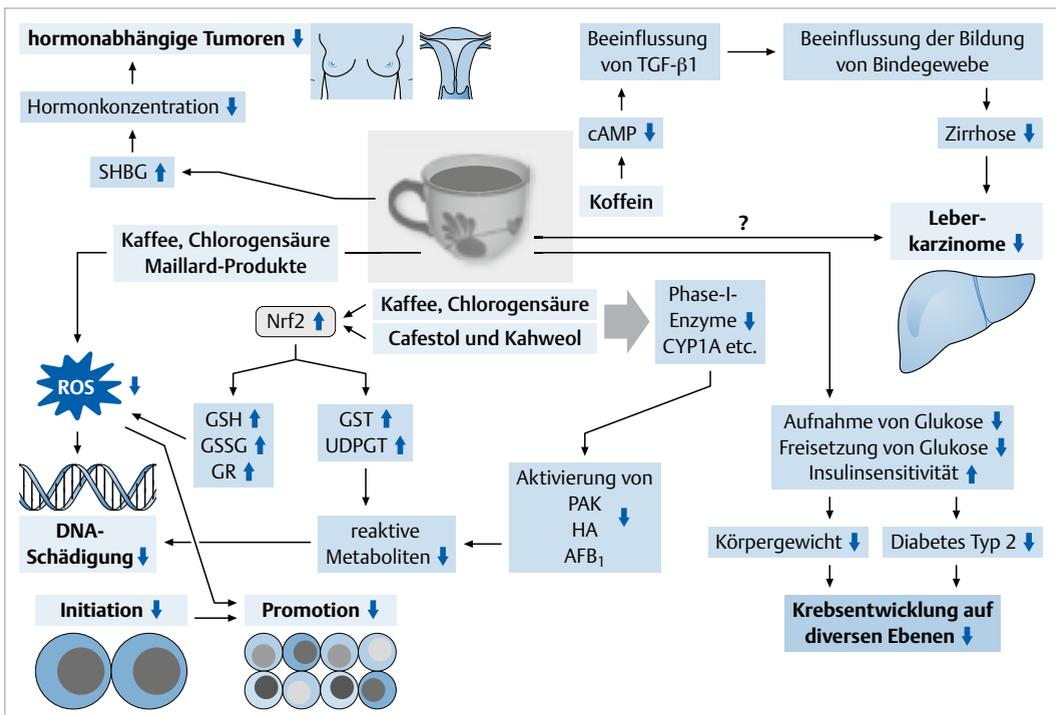
► Abb.6.29 gibt einen schematischen Überblick über die diversen Mechanismen, die eine Rolle spielen; einige davon können mit organspezifischen Wirkungen in Zusammenhang gebracht werden.

## Antioxidative Eigenschaften: In-vitro-Experimente und Tierstudien

Es gibt mehrere Hundert Studien, die die antioxidativen Eigenschaften von Kaffee und seinen Inhaltsstoffen betreffen; mehr als 90% der Untersuchungen wurden unter In-vitro-Bedingungen durchgeführt.

► **Einfluss der Röstung.** Einige Arbeiten gingen der Frage nach, ob sich die antioxidative Aktivität des Getränkes durch die Röstung verändert. Dies ist tatsächlich der Fall: Dunklere Röstungen waren meist (jedoch nicht immer) effektiver, was die Zubereitungsformen betrifft – so liefern die Experimente je nach eingesetztem Testverfahren völlig unterschiedliche Ergebnisse. Durch Zugabe von Milch und Entkoffeinierung wurden die ROS-protaktiven Eigenschaften meist nicht verändert.

► **Tierstudien.** Aus Tierexperimenten liegen derzeit Ergebnisse von etwa einem Dutzend Studien



**Abb. 6.29** Schutz vor Krebs durch Kaffee und seine Inhaltsstoffe. AFB1: Aflatoxin B1, cAMP: zyklisches Adenosinmonophosphat, GR: Glutathionreduktase, GSH: Glutathion, GSSG: oxidiertes Glutathion, GST: Glutathion-S-Transferase, HA: heterozyklische Amine, Nrf2: Nuclear Factor E2-related Factor 2, PAK: polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, SHBG: Sexual Hormon-binding Globulin, ROS: reaktive Sauerstoffspezies, TGF-β1: Transforming Growth Factor β1, UDPGT: Uridindiphosphoglucuronosyl-Transferase, ↑: Erhöhung, ↓: Reduktion.

# Sachverzeichnis

## A

- AARP-Studie 312  
 Abdominalfett 181  
 Aberrant Crypt Foci (ACF) 72, 73, 332  
 Acesulfam K 104  
 Acetaldehyd 94  
 Acetaldehyddehydrogenase 94  
 Acetylierung 45  
 Acetyltransferase 139, 144  
 Acrylamid 83, 84, 146  
 – Grenzwert 149  
 – Krebsauslösung 147  
 – MOE-Wert 172, 173  
 Acrylamidexposition, Vermeidung 150  
 Acrylamidkonzentration 147, 150  
 Adipositas 175, 269  
 Adlerfarn 110  
 Adominalfett 181  
 Advanced Glycation End-products (AGE) 84  
 Aeodigestivtrakt, oberer 406, 408  
 Aflatoxin-Albumin-Addukt 118  
 Aflatoxin B1 34, 116  
 – Grenzwert 120  
 – Inaktivierung 261, 353  
 – MOE-Wert 172, 173  
 – Wirkungsverstärkung 121  
 Aflatoxine 34, 116  
 – Kanzerogenität 118, 119  
 – LD50-Wert 119  
 – Risikobewertung 118  
 – Schutz vor Leberkrebs 119  
 – Virushepatitis-Koinzidenz 119  
 Aflatoxinvergiftung, akute 118  
 Agaritin 113, 114  
 Agent Orange 155  
 Aglykon 108, 298  
 Ah-Rezeptor 136, 158, 292  
 – Glucosinolate 343  
 Ah-Rezeptorprotein 156  
 Aktivator-Protein 1 (AP-1) 37, 39  
 Aktivität, antioxidative 299  
 ALARA-Prinzip 32, 171  
 Albuminaddukt 118, 119  
 Aldehyddehydrogenase 36  
 Alkamide 34  
 Alkohol 34, 93, 94  
 – Aufnahmemenge, tägliche 96, 98  
 Alkoholdehydrogenase 36, 94  
 Alkoholintoleranz 36  
 Alkoholkonsum 44, 212, 416  
 – Effekt, synergistischer 97  
 – Jugendliche 99  
 – Krebsrisiko 98, 173  
 – Mortalität 99  
 – Reduktion 417  
 Alkoholvergiftung 99  
 Alkyladdukt 130  
 Alkylbenzene 110, 112  
 Alkylcyclobutanone 185  
 Allergie 401  
 Allicin 330, 331, 335  
 – Interventionsstudie 334  
 – Schutzeffekt 74  
 Alliin 330, 331  
 Alliinase 85  
 All-trans-Retinol 246  
 All-trans-Retinsäure 249  
 Allurarot 103  
 Allylisothiocyanat 110, 111, 112  
 Allylmercaptan 45  
 Allylsulfid 40, 45, 330, 333  
 – Wirkung 119, 235  
 Amadori-Produkte 84, 314  
 Amaranth 102, 103  
 Amine, aromatische 33, 34, 100  
 – heterozyklische (HA) 25, 35, 140  
 – Acetylierungsstatus 144  
 – Analyseverfahren 143  
 – Aufnahmemenge 144  
 – Chemopräventionsstudie 75  
 – fleischspezifische 93  
 – Inaktivierung 262, 353  
 – Messung 60  
 – Schutz 145  
 – Verstoffwechselung 34, 142  
 4-Aminobiphenyl 101  
 Aminosäure 25, 83, 84  
 Ammoniak 88  
 Anämie 212  
 Aneuploidie 42  
 Angiogenese 55, 235  
 – Glucosinolate 347  
 – In-vitro-Experiment 69  
 – Knoblauch-Inhaltsstoff 332  
 – Quercetin 289  
 – Resveratrol 279  
 – Vitamin D 224  
 – Vitamin E 243  
 Anilin 33  
 Anthocyane 281, 297, 298  
 – Humanstudie 299  
 Anthocyanidine 286, 297  
 Antigen 52  
 – presenting Cells 53  
 – tumorassoziiertes 52  
 Antioxidanzien 47, 50, 253  
 – Nachweis 66  
 Antioxidanzienresponsive Elemente (ARE) 36, 341  
 Anti-Phytoöstrogen 293  
 Apoptose 31, 69, 235  
 – Curcumin 326  
 – Hemmung 158, 379  
 – Kaempferol 292  
 – Knoblauch 332  
 – Quercetin 289, 290  
 – Retinoide 248  
 – Schwarztee 311  
 – Sirtuine 178  
 – Sulforaphan 346  
 – Tocopherol 242  
 – Vitamin D 224  
 – Vitamin E 243  
 – Zink 219  
 –  $\omega$ -3-Fettsäure 379  
 Aprikose 250  
 Arabinoxylan 264  
 Arachidonsäure 67, 377, 379  
 Arbeitsplatzstudie 137  
 Aristolochiasäure 115, 125, 138  
 Aromabildung 84  
 Aromastoff 110, 154  
 Aromatase 303, 364  
 Aromataseaktivität 368, 369  
 Aromataseinhibitor 281  
 Arsen 162, 165  
 – Grenzwert 169  
 – Krebsentstehung 166, 168  
 Arsenit 167, 168  
 Arsenvergiftung 166  
 Arthritis 297  
 Artischocke 55  
 Ascorbat 237  
 – Nitrosaminbildung 128  
 Ascorbat-Radikal 238  
 Asparagin 147  
 Aspartam 104, 105  
 Aspergillus 116, 123, 126  
 Astaxanthin 251, 253, 260  
 – Schutzeffekt 256  
 Asziteszelle 76  
 Ataxia telangiectasia 41  
 Ataxie 146  
 ATBC-Lungenkrebsstudie 245  
 Aufnahmemenge, tägliche, empfohlene 194  
 Auszugsmehl 266, 272, 274  
 Autophagie 289, 290, 326  
 Azetylsalizylsäure 37  
 Azofarbstoff 25, 99, 100  
 – Gentoxizitätstest 103  
 – Leberfocus 73  
 – Textilindustrie 101  
 Azoreduktase 353  
 Azorubin 103  
 Azoxymethan 73, 110, 290

## B

- Balkan-Nephropathie 124  
 Ballaststoffe 234, 262  
 – Brustkrebs 373  
 – Dosis-Wirkungs-Beziehung 272  
 – Empfehlung 266  
 – Energiestoffwechsel 269  
 – Gewichtsabnahme 270  
 – Krebschutz 266, 270, 419  
 – lösliche 263, 270, 273  
 – unlösliche 263, 267, 268  
 Ballaststoffgehalt 265, 266  
 Barrett-Ösophagus 300  
 Basenaddukt 39  
 Basenaustauschmutation 136  
 Basenexzisionsreparatur 40, 62, 199, 219  
 Basilikum 113, 336  
 Bauchspeicheldrüsenkrebs 178, 259, 287  
 – Kaffeekonsum 321  
 – Übergewicht 180  
 – Weinkonsum 281

- Bay-Region-Epoxide 135, 136  
 Bcl-2 326  
 Beerenextrakt 299  
 Beerenfrüchte 55, 275  
 – Anthocyanidine 297, 298  
 – Myricetingehalt 291  
 – Tanningehalt 301  
 Benchmark Dose Limit 171  
 Benzidin 101  
 Benzo(a)anthrazen 136  
 Benzo(a)pyren 34, 90, 135, 137  
 Benzol 34  
 Benzolring 133, 155  
 Benzoxazinoide 41  
 Beschleuniger-Massenspektrometrie 61  
 Bestrahlung 184  
 Bier 94, 294  
 – Gynäkostastie 376  
 – Krebsrisiko 296  
 – Nitrosaminbelastung 129, 133  
 Bifidobakterien 352, 354, 358  
 Bilirubin 48, 344  
 Bio-Antimutagen 236  
 Biokatalysator 47  
 Biomonitoring 81  
 Bionahrung 402  
 Biphenyle, polychlorierte (PCB) 154  
 – Kanzerogenität 160  
 Blasenkrebs 33  
 – Arsenbelastung 169  
 – Gemüseverzehr 411  
 – saccharininduzierter 271  
 Blasenkrebsrisiko 322, 323, 360  
 Blattgemüse 261, 262  
 Blei 162, 163  
 Blutzuckerspiegel  
 – hoher 89, 177  
 – Reduktion 269, 270, 298  
 B-Lymphozyten 52  
 BMDL10-Wert 171  
 Body-Mass-Index (BMI) 175  
 Braten 83  
 Brillantschwarz 103  
 Brokkoli 38, 45, 339  
 – Krebschutz 348  
 – Zubereitung 349, 351  
 Brust, Gewebedichte 370  
 Brustkrebs 43  
 – Acrylamid 148, 149  
 – Alkoholkonsum 96, 98  
 – Ballaststoffe 273  
 – Carotinoide 255  
 – Fettverzehr 87  
 – Grüntee 309  
 – Kalziumversorgung 229  
 – Lutein 260  
 – Lycopin 259  
 – Mortalitätsreduktion 373  
 – Östrogene 364  
 – Phytoöstrogene 368, 370  
 – Rezidiv 372  
 – Rotweinkonsum 281  
 – Studie, epidemiologische 287  
 – Tannine 303  
 – Übergewicht 180  
 – Vitamin A 248  
 – Vitamin D 226  
 – Zinkstatus 221  
 –  $\omega$ -3-Fettsäure 381  
 Brustkrebsrisiko 98, 180, 210  
 – Eisenstatus 214, 215  
 – Folsäurestatus 200  
 – Kaffeekonsum 321  
 Brustkrebszelllinie 69  
 Buttergelb 99  
 Butylhydroxyanisol 108  
 Butylhydroxytoluol 108  
 Butyrat 89, 268, 351
- C**
- Cadmium 162, 164  
 – Halbwertszeit 164  
 Cafestol 315, 318, 319  
 Calciferol 224  
 Calcitriol 224  
 Canthaxanthin 251, 253  
 Capsaicin 112, 113, 114  
 Carbolinderivat 141  
 CARET-Studie 248  
 $\alpha$ -Carotin 252, 253, 254  
 $\beta$ -Carotin 50, 252, 254  
 – Effekt, antioxidativer 247  
 – Lungenkrebs 257  
 – Retinol-Äquivalent 246  
 – Spaltung 253  
 – Studienergebnis 257  
 – Wirkungsmechanismus 235  
 Carotinoide 48, 246, 250  
 – Bioverfügbarkeit 251, 269  
 – Humanstudie 256  
 – Krebschutz 253, 256, 261, 419  
 – Rezeptor-Interaktion 255  
 – Serumkonzentration 253  
 – Tierexperiment 255  
 – Wirkung 54  
 Carotinoidradikal 254  
 $\beta$ -Carotin-Supplementierung 50  
 Carrageen 109  
 Cäsium 183  
 Caspase 69  
 Catechine 40, 48, 274, 304  
 – Konzentrationsabnahme 310  
 – Wirkungsverlust 312  
 Catechol 110, 112, 114  
 Catechol-O-Methyltransferase 305  
 $\beta$ -Catenin 379  
 Chemikalie 75, 170  
 Chemoprävention 234  
 Chili 114  
 Chinesische-Kräuter-Nephropathie 115  
 Chinoline 141  
 Chinoxaline 141  
 Chlorakne 155, 159  
 Chlorogensäure 275, 276, 315  
 – Krebschutz 318, 319  
 – Zuckerstoffwechsel 320  
 Chlorophyll 48, 73, 261  
 – Häm-Eisen-Inaktivierung 93  
 – Wirkungsmechanismus 234  
 Chlorophyllin 74, 261  
 Cholecalciferol 221  
 Cholesterin 67, 322  
 Cholezystokinin 269  
 Chrom 162  
 Chromosom, dizentrisches 65  
 Chromosomenaberration 38, 41  
 – Nachweis 64, 81  
 Chromosomenmutationstest 62  
 Chromosomenschaden 130, 143, 343  
 Chylomikronen 241, 246, 253  
 Citrinin 126  
 Cochenillerot 103  
 Comet-Assay 61, 66, 68, 101  
 Confounding-Faktor 80  
 Coumestane 360  
 CpG-Dinukleotid 42  
 C-reaktives Protein 178  
 Crotonaldehyd 113, 114  
 Cruciferen 35, 339  
 Cryptoxanthin 250, 252, 253, 260  
 – Schutzwirkung 256  
 Cumarin 112, 113, 114, 274  
 Curcumin 68, 325  
 – Angiogenese 55  
 – Aufnahmemenge 327  
 – Krebschutz 44, 46, 326  
 Curry 325  
 Cyanidin 286, 298  
 Cycasin 110, 111, 112  
 Cyclamat 104  
 Cyclin-D-Aktivität 223, 224  
 Cyclooxygenase 2 37, 284, 286  
 – Hemmung 235, 311, 329  
 – Modulation 379  
 Cyclooxygenase-2-Hemmer 37, 379  
 CYP1A2-Aktivität 144  
 CYP-Enzym 33  
 Cytosinbase 42
- D**
- D-A-CH-Referenzwert 194  
 Daidzein 362, 363, 373  
 Dämpfen 83  
 Darmepithel, Schädigung 270  
 Darmerkrankung, entzündliche 225, 268, 327  
 – Präbiotika 357  
 Darmflora 145, 352  
 Darm, Immunreaktion 53  
 Darmpolyp 48, 98, 381, 416  
 – Ballaststoffdiät 272  
 – Cyclooxygenase-Hemmer 379  
 – Flavonoide 287  
 Darmtransitzeit 268  
 Death-Receptor 243  
 Deletion 41  
 Delphinidin 298  
 Deoxyinivalenol 122, 403  
 Desmutagen 236  
 Detoxifizierung 33, 85, 136  
 Diabetes mellitus 178, 298, 320

- Nahrung, ballaststoffreiche 269, 270
  - Übergewicht 269, 413
  - Dialdehyd 151
  - Dialkylnitrosamine 130
  - Diallylsulfid 330, 331, 333
  - Dibenz(a,h)anthracen 137
  - Dibenzodioxine, polychlorierte 155
  - Dibenzofurane, polychlorierte 155
  - 1,3-Dichlor-2-propanol 173
  - Dickdarmadenom 203
  - Dickdarmkrebs 26, 43, 73, 140, 205
    - Alkoholkonsum 98
    - Anthocyane 300
    - Ballaststoffe 266, 270, 271
    - Chlorophyll-Effekt 262
    - Cyclin-D-Aktivität 224
    - Eisenstatus 214
    - Entstehung 30, 268, 329, 379
    - Fettverzehr 86, 87
    - Fischkonsum 383
    - Fleischkonsum 91, 144, 215
    - Folsäure 96, 200
    - Grüntee 309
    - Häm-Aufnahme 216
    - Kaffeeconsum 323
    - Kalziumversorgung 228
    - Knoblauch 333
    - Kohlgemüse 347, 348
    - Kombinationseffekt 411
    - Lutein 260
    - Lycopin 259
    - Milchsäurebakterien 355, 359
    - Obst 407
    - Phytoöstrogene 370
    - Polysaccharide 89
    - Promotor 89, 90
    - Proteinverzehr 88
    - Übergewicht 180, 181, 182
    - Vitamin A 248
    - Vitamin D 225
    - Vollkornnahrung 413
    - $\omega$ -3-Fettsäure 380
  - Dickdarmkrebsinzidenz 203
  - Dickdarmkrebsrisiko 312
    - Fäkalwasser 354
    - Mikroflora 353
    - Stuhlgewicht 267
    - Tannine 304
    - Vitamin E 244
  - Dickdarmpolyp 217
  - Dickdarmzelllinien 69
  - Dickungsmittel 109
  - Diethylnitrosamin 32
  - Diferuloylmethan 325
  - Differenzierung 29
  - Diindolyl-Methan 44
  - Dimethylbenzanthracen 31, 136
  - Dimethylhydrazin 73, 215
  - Dioxinbelastung 155, 160, 161
    - Berechnung 157
    - Minimierung 161
  - Dioxin 32, 154
    - Aufnahmemenge 157
    - Expositionsrückgang 157
    - Gefährdungspotenzial 160
    - Kanzerogenität 157, 159
    - Komutagen 136
    - Krebsinzidenz 159
    - LD50 159
    - Risikobewertung 160, 161
    - Tolerable daily Intake 160
    - Toxizität 158
    - Wirkung, antiöstrogene 159
  - Dioxin-responsives Element 158
  - Dioxinvergiftung 155
  - 2,2-Diphenyl-1-pikrylhydrazyl-Test 66
  - Distickstofftrioxid 127
  - Diterpene 35, 315, 319
    - Enzyminhibition 145
    - Nebenwirkung 60
  - D-Limonen 72, 76
  - DNA-Addukt 60, 83, 94
    - Amine, aromatische, heterozyklische 143
  - DNA-Adduktmessung 137
  - DNA-Basen-Synthese 198, 199
  - DNA-Instabilität 194, 199, 296
  - DNA, komplementäre 77
  - DNA-Methylierung 42, 234
    - Alkoholeffekt 96
    - Arsen 168
    - Folsäure 43, 198, 199, 200
    - Isothiocyanate 347
    - Studienlage 198, 200
  - DNA-Oxidation 48, 67
  - DNA-Reparatur 39
    - Arsen 168
    - Ausfall 41
    - Folsäuremangel 198, 199
    - Vanillin 234, 236
    - Zinkmangel 219
  - DNA-Reparaturaktivität 61
  - DNA-Schaden 32, 38
    - Acrylamid 148
    - Aflatoxin 262
    - Arsen 166
    - Biomonitoring 81
    - Nachweis 60, 65
    - Ochratoxin A 124
    - oxidativer 45, 48, 212, 238
    - primärer 38
    - Quantifizierung 68
  - DNA-Schutz 238, 276
    - Anthocyane 299
    - Flavonoide 283
    - Quercetin 289
  - DNA-Stabilität 202
  - DNA-Strangbruch 42, 61
  - DNA-Synthese 61, 217
  - Docosahexaensäure (DHA) 376, 381
  - Dörrbirne 137
  - Dörrpflaume 154
  - Dosis, maximal tolerierte (MTD) 70
  - Dosis-Wirkungs-Beziehung 60, 80
  - Dünsten 83
- E**
- Eicosanoide 37, 54, 377
  - Eicosapentaensäure (EPA) 376, 381
  - Eierstockkrebs 88, 149, 259, 374
  - Einzelzell-Gelelektrophorese-Test 61, 63, 101
  - Eisen 54, 196, 211, 216
    - Eigenschaft, kanzerogene 214
    - Eisenaufnahme 211, 217
    - Eisenmangel 54, 164, 211
    - Krebsrisiko 212, 217
    - Therapie 216
    - Tierversuch 215
  - Eisenmangelanämie 196
  - Eisenstatus 212, 215
  - Eisenüberschuss 211, 212
  - Eisenverlust 214
  - Eisenversorgung 217
  - Elektronenspinresonanz 66
  - Elektronentransfer 254
  - Ellagitannine 300, 301, 303
  - Ellagsäure 55, 275
    - Krebschutz 234, 277
  - Endonuklease 68
  - Endosperm 412
  - Endothelzelle 55, 84, 356
  - Endotoxin 95
  - Energiestoffwechsel 269
  - Entdifferenzierung 29
  - Entgiftung 33, 34
  - Entlaubungsmittel 155
  - Entzündung 51, 53
    - Auslösung 36, 178
    - Gegenmaßnahme 416
  - Entzündungshemmung 224, 235, 326
  - Flavonoide 283
  - Ingwer 328
  - Quercetin 289
  - Tocopherol 243
  - $\omega$ -3-Fettsäure 379
  - Enzym
    - antioxidativ wirkendes 47, 68
    - bakterielles 353
    - fremdstoffmetabolisierendes 36, 40, 279, 318
    - Transkriptionsaktivität 68
  - Enzymaktivität, Modulation 331
  - Enzyminduktion 59, 279, 280
  - Enzympolymorphismus 81, 94
  - EPIC-Studie 87, 92, 407
  - Epidemiologie 79
    - molekulare 80
  - Epidermal Growth Factor Receptor (EGFR) 39, 43, 305
    - Aktivierung 229
  - Epigallocatechingallat (EGCG) 44, 282, 305
    - Angiogenese 55
    - Effekt, biologischer 305
  - Epigenetik 42
  - Epithelzelle 53, 247, 356
  - Epoxide 117, 135, 147
    - Inaktivierung 277
  - Equol 363, 365, 371
  - Erbrechen 122, 329
  - Erbsubstanzschädigung 39, 42
  - Erdbeerpulver 300
  - ERE = Estrogen Receptor Responsive Element 364

- Erfrischungsgetränk 104  
 ERF-Studie 105  
 Ernährung 26  
 – eisenarme 214  
 – fettarme 88  
 – fleischreiche 90  
 – hyperkalorische 174, 176, 179  
 – Immunsystem 51  
 – kalorienreduzierte 87  
 – laktovegetabile 28  
 – mediterrane 28, 400  
 – ovolaktovegetabile 28  
 – richtige 418  
 – vegane 28  
 – vegetarische 28, 218  
 – westliche 28  
 Ernährungsform 27  
 Ernährungsverhalten 27, 28  
 Erythrosin 102  
 Erythrozyten, polychromatische 65  
 Essigsäure 94  
 Estragol 112, 113, 114  
 Etheno-Addukt 83  
 Ethylcarbammat 173  
 Eugenol 336  
 Exposition 80, 81  
 Expositionsgrenze 171
- F**
- Fäkalwasser 215, 268, 354  
 – Aktivitätsabnahme, mutagene 355  
 Farbstoff 100, 101  
 Fehlernährung 174, 420  
 Feldpilz 120  
 Fermentation 301, 310  
 Ferritin 212, 214  
 Fertilität 42, 365, 374  
 Ferulasäure 275, 276  
 Fett 83, 86, 376  
 – Dioxinbelastung 156  
 – Oxidation 83  
 – ranziges 83  
 Fettgewebe, Östrogenproduktion 177  
 Fettleber 94  
 Fettresorption 241  
 Fettsäure 48  
 – gesättigte 88, 376  
 – Klassifizierungsschema 376  
 – kurzkettige 89, 268  
 – ungesättigte 86, 87, 376  
 ω-3-Fettsäure 28, 54, 376  
 – Aufnahmeempfehlung 382  
 – Dickdarmkrebs 74, 380  
 – Krebschutz 235, 377  
 Fettsäureoxidation 215  
 ω-3-Fettsäure-Supplement 380  
 Fettsäuresynthese 94, 376  
 Fettverteilung 175, 181  
 Fettverzehr 86, 87, 88, 89  
 Fibroblasten-Wachstumsfaktor, basischer 55  
 Filter-Eluierungsmethode 61  
 Fingerprintmutation 117, 118  
 Fisch 383, 418  
 – Arsengehalt 165  
 – Dioxinbelastung 156  
 – geräucherter 129, 138, 142  
 – Nitrosaminbelastung 131  
 – Quecksilberbelastung 164  
 – Vitamin-D-reicher 227  
 – ω-3-Fettsäure 377  
 Fischkonsum 382, 383  
 Fischöl 54, 156, 377  
 Flavone 286  
 Flavonoide 274, 281, 282  
 – Honigbuschtee 313  
 – Interaktion 284, 285  
 – Krebschutz 54, 282, 286  
 – Studie, epidemiologische 287  
 – zitruspezifische 285  
 Flavonole 286  
 Flavonolignan 55  
 Flavonone 286  
 Fleisch 89, 129, 141  
 – Eisengehalt 215  
 – Ersatz 418  
 – gebratenes 140  
 – gepökelt 89, 91, 127  
 – geräuchertes 133, 137, 138  
 – rotes 89, 91, 215, 417  
 – verarbeitetes 93  
 – weißes 91  
 – Zubereitung 93, 142, 146  
 Fleischkonsum 28, 91  
 – Dickdarmkrebs 91, 144, 215, 416  
 – Empfehlung 93  
 – Gewichtszunahme 90  
 – Nitrataufnahme 127, 129  
 – Nitrosaminbildung 213  
 Fluorescein 102  
 Fluorescence activated Cell Sorting 69  
 Flüssigkeitschromatografie 79  
 Focus, präneoplastischer 73  
 Folsäure 43, 44, 96, 195, 196, 197  
 – Aufnahmemenge 204, 205  
 – Krebsrisiko 200  
 – Krebschutz 198, 419  
 – synthetische 201, 205  
 Folsäuregehalt 205  
 Folsäuremangel 43, 194, 195  
 – DNA-Reparatur 198, 199  
 Folsäuresupplementierung 201, 203  
 Formamidopyrimidinglycosylase 68  
 Formononetin 361  
 Fortpflanzung 240  
 Fotosynthese 253  
 Fraktion, subzelluläre 58  
 French Paradox 278  
 Früchte 406, 418  
 – getrocknete 265  
 Fructane 74, 76  
 Fructooligosaccharide 352, 357  
 Fucoxanthin 251, 256  
 Fumonisine 120, 121  
 Fungizid 163  
 Furan 151, 152, 173  
 Furocumarine 34  
 α-2-Furyl-5-nitrofuranylacrylamid (AF-2) 99  
 Fusarientoxin 120, 122  
 Fütterung biologischer Pflanzen 403
- G**
- Gallenblasenkrebs 182  
 Gallengangskarzinom 151  
 Gallensäure 88, 268  
 – Tumorpromotion 90  
 Gallensäureäquivalent 412  
 Gallotannine 300, 301  
 Gallussäure 62, 68, 274, 275  
 – Aufnahme 276  
 – Krebschutz 276, 277  
 Gap Junctions 254  
 Gartechnik 83  
 Gebärmutterhalskrebs 248, 249, 408  
 Gebärmutterkrebs 149, 364, 411  
 – Fettverzehr 88  
 – Kaffeeconsum 321  
 – Kalziumaufnahme 229  
 – Phytoöstrogene 374  
 – Übergewicht 181  
 Gedächtniszelle 52  
 Gefäßerkrankung 166  
 Geflügelfleisch 91  
 Gelatine 83  
 Gelborange 103  
 Gelbwurz 68, 325  
 Gemüse 29, 406, 418  
 – fermentiertes 352  
 – gepickeltes 409  
 – grünes 261  
 – Kombinationseffekt 411  
 – Krebsrisiko 409  
 – Nitratbelastung 128, 133  
 Gemüsekonsum 29, 408  
 – Krebschutz 145, 410  
 Genamplifikation 65  
 Genexpression 36, 76  
 Genistein 44, 46  
 – Angiogenese 55  
 – Krebschutz 369, 373  
 – Lungenkrebs 370  
 – Präventionsstudie 76  
 – Strukturformel 367  
 – Verstoffwechslung 363  
 Gen, krebsassoziiertes 43  
 Genmutation 41  
 Genmutationstest 62  
 Genpolymorphismus 415  
 Genregulation, epigenetische 43  
 Gentoxizitätstest 63, 103  
 Gentranskription 42, 45, 77  
 – Ah-Rezeptor 158  
 – Östrogenrezeptor 365  
 – Retinsäure 247  
 – Vitamin D 223  
 Gerbstoff 94  
 Gerbung 300  
 Geschlechtshormon 150, 177, 402  
 Getränk  
 – alkoholisches 93  
 – gesüßtes 29  
 – heißes 307  
 – tanninreiches 302  
 – xanthhumolhaltiges 296, 297

- Getreide 29, 266, 272  
 – Acrylamid 147  
 – Aflatoxin-Grenzwert 120  
 – Inhaltsstoff 264, 412, 414  
 – Phytoöstrogene 360  
 Getreidekorn 412  
 Getreidesprossen 41  
 Gewichtsreduktion 182  
 – Ballaststoffe 269, 270  
 Gewichtsverlust 159  
 Gewichtszunahme 90  
 Gewürze 139, 324, 335  
 Gewürzinhaltsstoff 114  
 Giftstoff, dioxinähnlicher 155  
 Gingerol 36, 328  
 Ginko 292  
 Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS) 170  
 $\beta$ -Glucan 54, 265  
 Glucobrassicin 339, 340, 342  
 Glucosinolate 111, 339  
 – Krebschutz 119, 343, 345  
 – Toxizität 343  
 – Verstoffwechslung 341  
 – Vorkommen 38, 339  
 Glucosinolatkonzentration 340, 349, 351  
 Glucuronidase 35  
 Glucuronsäurekonjugat 142  
 Glucuronyltransferase 35  
 $\beta$ -Glukose 263  
 Glukosetransport 320  
 Glutathion, Oxidation 67  
 Glutathionperoxidase (GPx) 47, 206  
 Glutathionreduktase 318  
 Glutathion-S-Transferase 34, 35, 344  
 – Knoblauch 331  
 Glutathiontransferase 36, 40, 119, 137  
 Glycidamid 147  
 Glycosylase 48  
 Glyoxal 84  
 Glyphosat 184  
 Granatapfel 301, 302, 303  
 Granulozyten, neutrophile 52  
 GRAS-Status 114  
 Grillen 83, 135  
 Grüntee 55, 304  
 – Krebschutz 307, 310, 418  
 – Zubereitung 308  
 Guanin 60, 130, 238  
 – Oxidationsprodukt 67  
 Gyromitrin 112, 113, 114
- ## H
- Haber-Weiss-Fenton-Reaktion 51  
 Hafer 267  
 – Inhaltsstoff 54, 265, 266, 362, 412  
 – Pilzbefall 120  
 Haferflocken 120, 122, 218, 266  
 Häm 89  
 – Tiernahrung 215  
 Häm-Aufnahme 216  
 Häm-Eisen 92, 93, 212  
 Hämoglobin 215  
 Hämoglobinaddukt 146, 147, 148  
 Harnsäure 48  
 Harntrakttumor 106, 124  
 Harvey-Ras-Gen 30  
 Haupthistokompatibilitätskomplex 52  
 Hautkrebs 133, 168, 169, 227  
 – Arsenexposition 169  
 – Carotinoide 256  
 HbA1c 84  
 Health Claims-Verordnung 58  
 Helicobacter-pylori-Infektion 329, 336  
 Hemizellulose 264  
 Hepatitis 98, 119  
 Hepatitis C 214  
 HepG2 59, 69  
 Herbizide 184  
 Hereditary nonpolyposis colorectal Cancer 41  
 Herzinfarkttrate 278  
 Herz-Kreislauf-Erkrankung 60, 165, 322  
 – Risikomarker 204  
 – Schutz 265, 297, 377  
 Herzmuskelerkrankung 196  
 Hesperidin 256  
 Himbeerpulver 300  
 Histoneacetylierung 43, 45, 331  
 – Isothiocyanat 347  
 – Resveratrol 234  
 Histondeacetylase (HDAC) 45  
 Histondeacetylase-Inhibitor 45, 46  
 Hitzeinwirkung 83  
 Hochdosierungsexperiment 60  
 Hochdruckflüssigkeitschromatografie 61, 67  
 Hodenkrebs 25, 149  
 Homocystein 204  
 Homocysteinkonzentration 60, 199, 201  
 Honigbuschtee 313  
 Hopfen 294, 362, 375  
 Hormonersatztherapie 375  
 Hormonhaushalt 177  
 Hormonrezeptor 243  
 Hormonstatus 235, 320  
 HPRT-Assay 64  
 Hüftumfang 270  
 Hülsenfrüchte 265, 271  
 – Inhaltsstoff 361, 414  
 Humanstudie 66  
 Humulon 296  
 Hybridisierung 77  
 Hydrogen-Atom-Transfer 254  
 Hydroxybenzoesäure 274, 275  
 25-Hydroxycalciferol 222  
 Hydroxyeicosatetraensäure 329  
 3-Hydroxyflavon 55  
 Hydroxylradikal 46, 47, 212, 219, 238  
 5-Hydroxymethylfurfural 84, 152, 153  
 4-Hydroxynonenal 214  
 Hydroxynonenal 89, 90  
 1-Hydroxypyren 137  
 Hydroxytoluen, butyliertes 73  
 Hydroxyzimtsäure 48, 274, 275, 314  
 – In-vitro-Experiment 318  
 – Krebschutz 276  
 – Verstoffwechslung 276  
 Hyperaktivität 100  
 Hyperalimentation 178  
 Hyperglykämie 162  
 Hyperkeratose 166  
 Hypermethylierung 43  
 Hyperplasie 102, 103, 106  
 Hypomethylierung 44  
 Hypoxie 55  
 Hypoxie-induzierter Faktor 347
- IKK = I $\kappa$ B-Kinase 284, 286  
 Immunität, humorale 52  
 Immunmodulator 37  
 Immunreaktion 51, 53  
 Immunstatus 178, 235  
 Immunsuppression 97  
 Immunsystem 51, 53  
 – Eisenüberschuss 213  
 – Präbiotika 357  
 – Probiotika 356  
 – Zinkmangel 219  
 Immuntoleranz 53  
 Indikationsverfahren 61  
 Indol-3-carbinol 44  
 Indole 341, 342, 345  
 Induktor  
 – bifunktionseller 40  
 – monofunktionseller 40  
 Ingwer 75, 328  
 Initiation, indirekte 158  
 Initiations-Promotions-Experiment 31  
 Initiator 73  
 Inositol-Hexaphosphat 414  
 Insertion 41  
 Instantkaffee 316, 318  
 Insulinausschüttung 269  
 Insulinkonzentration 89  
 Insulin-like Growth Factor 1 (IGF-1) 177, 254  
 – Lignane 368  
 – Milch 351  
 Insulinresistenz 177, 273  
 International Agency for Research on Cancer (IARC) 170  
 Interventionsstudie 81, 334, 355  
 – Vitamin C 240  
 – Vitamin E 245  
 Inulin 74, 76, 265  
 – Präbiotika 352  
 – Vorkommen 263  
 Isoflavone 76, 274, 286, 360, 361, 419  
 – Aufnahme 363  
 – Bindungsaffinität 367  
 – Brustkrebs 369, 371, 372  
 – Dickdarmkrebs 370  
 – Verstoffwechslung 362  
 Isoprostane 67  
 Isothiocyanate 339, 341  
 – Eigenschaften, goitrogene 343  
 – Interaktion 342

- Isothiocyane
  - Krebsschutz 234, 346, 347
  - Toxizität 343

**J**

- JAK-STAT3-Pfad 284
- Joghurt 265, 352
  - probiotischer 356
  - Qualitätsmerkmal 358
- Johanniskraut 34

**K**

- Kaempferol 292
- Kaffee 34, 40, 314
  - antioxidanzienreicher 318
  - Enzymaktivität 318
  - Furanbelastung 152
  - gebrühter 315
  - gerösteter 150, 151, 314, 315, 317
  - Hormonstatus 320
  - Inhaltsstoff 314, 315
  - Krebsrisiko 321, 324, 418
  - Krebschutz 61, 62, 317, 318
  - Leberschutz 319
  - Metallfilterung 316
  - Ochratoxin A 125
  - papiergefilterter 316, 319
  - ungefilterter 316
  - Wirkung, mutagene 316
  - Zuckerstoffwechsel 320
- Kaffeensäure 110, 112, 114, 316
  - Aufnahmemenge 275
  - DNA-Schädigung 276
  - Effekt, negativer 277
  - Krebsrisiko 173
  - Tierexperiment 276
- Kaffeesorte 314, 323
- Kahweol 315, 318, 319
- Kakaobohne 303
- Kalorienzufuhr 28, 86, 176
  - Reduktion 178, 179, 182, 269, 270
- Kalzium 196, 227, 351
  - Aufnahmemenge 229
- Kalziumanstieg, intrazellulärer 158
- Kalziummangel 196
- Kalziumrezeptor 228
- Kanzerogen 25
  - Aktivierung, metabolische 33

- Aufnahmehemmung 234
- Ballaststoffe 268
- Bildungshemmung 234
- Detoxifizierung 33, 85
- direkt wirkendes 35
- DNA-Schaden 39
- Dosis-Wirkungs-Beziehung 32, 60
- Effekt, organspezifischer 69
- Elimination 234
- Entstehung 83
- Exposition, erhöhte 416
- gentoxisches 32
- Gesamtdosis 32
- Grenzwert 32
- Klassifikation 170
- nicht gentoxisches 32
- pflanzliches 109, 111
- Präventionsstudie 74
- Resveratrol 279
- Risikoabschätzung 31
- Schwellenwert 32
- Transport-Modifizierung 234
- Untersuchungsmethode 101
- Verstoffwechslung 234
- Wirkungsverstärkung 97
- Kanzerogenitätsstudie 101, 103, 105
- Kapazität, antioxidative, totale 66
- Karamell 152, 153, 154
- Kardamom 336
- Kardiomyopathie 211
- Karmesin 103
- Karotte 250
- Kartoffelchips 147, 150
- Kartoffeln 147
- Karzinom, hepatozelluläres 95, 118
- Käse 129, 156, 196, 359
- Katalase 47
- Katzenkrallen 58
- Kelch-like-ECH-associated Protein 1 (Keap 1) 36, 284
- Kernteilung 65
- Keshan-Krankheit 196, 211
- Kind 99, 100, 169
  - Sojakonsum 372, 374
  - Übergewicht 175
- Kiwi 41, 62, 237
- Kleie 263, 267, 275
- Kleinkern 63, 64, 195

- Kleinkernrest 64, 65, 101
- Knoblauch 45, 329
  - Krebschutz 335, 418
  - Zubereitung 335
- Knoblauchextrakt, gealterter 332, 335
- Kochen 83, 147, 349
- Kochsalz 338
- Koffein 40, 315, 316
  - Chromosomen-Interaktion 316
  - Schwarztee 310
- Kohlenwasserstoff-Bestimmung 67
- Kohlenwasserstoffe, aromatische, polyzyklische (PAK) 34, 133
  - Grenzwert 138
  - Inaktivierung 277
  - Krebsauslösung 136
  - Lebensmittelbelastung 134
  - Messung 60, 137
  - Schutz 137
  - Umweltbelastung 134
  - Verstoffwechslung 34, 135
- Kohlgemüse 34, 36, 347
  - Aufnahmemenge 340
  - Glucosinolatkonzentration 340, 349
  - Inhaltsstoff 339
  - Krebschutz 145, 344, 350, 418
  - Kropfbildung 60
  - Präventionsstudie 74, 75, 76
  - Zubereitung 350
- Kohlsprossen 29, 74, 340, 345
  - Inhaltsstoff, kanzerogener 112
  - Interventionsstudie 346
- Kokkanzerogen 97
- Kollagen 83
- Komatrinken 99
- Kommunikation, interzelluläre 69, 254
- Körperfett 175
- Körpergewicht 270
- K-ras-Onkogen 30
- Kreatin 141
- Krebsart 26
- Krebsauslösung 33, 84, 86
  - Acrylamid 147
  - Alkohol 94, 95
  - Amine, aromatische, heterozyklische 143
  - Arsen 166

- Dioxine 159
- Eisen 212
- Fleischkonsum 89
- Fumonisin 121
- Furan 151
- Insulin-like Growth Factor 1 177
- Nahrungsmittel, genetisch modifizierte 400
- Pflanzeninhaltsstoff 110
- Krebsentstehung 25, 29
  - Angiogenese 55
  - Faktor, äußerer 27
  - Immunsystem 52
  - Inhibition 283, 298
  - Mechanismus 30
  - Mehrstufenkonzept 31
- Krebskrankung
  - Diabetes mellitus 178
  - ernährungsbedingte 26, 174
  - Prädisposition, genetische 27
  - Prävention 40, 50, 196
  - Primärprävention 234, 235
  - Risikofaktor 86, 416
  - geringer Relevanz 183
  - Schutz 45
  - Sekundärprävention 235
  - Tertiärprävention 235
  - Vegetarier 405
- Krebsforschung 25, 58
- Krebsinzidenz 25, 81
  - Chromosomenaberration 66
  - Folsäuresupplementierung 203
  - Vegetarier 404
- Krebsmortalität 25, 27
  - Alkoholiker 98
  - Übergewicht 181
- Krebsrisiko 26, 172, 418
  - Alkoholkonsum 97, 98
  - Bierkonsum 296
  - Biomarker 66
  - Fleischkonsum 93
  - Folsäureaufnahme 200
  - Gegenmaßnahme 416
  - Gemüseverzehr 409
  - Gewichtsreduktion 182
  - Kaffeekonsum 316, 324
  - Obstverzehr 407
  - Phytoöstrogene 368, 371
- Krebschutz
  - Ballaststoffe 266
  - Bierinhaltsstoff 294

- Carotinoide 253, 261
  - Curcumin 326
  - Ernährung, richtige 418
  - Fischkonsum 382
  - Flavonoide 282
  - Glucosinolate 343
  - Grüntee 305
  - Ingwer 328
  - Kaempferol 292
  - Kaffee 317, 321
  - Knoblauch 330, 335
  - Kohlgemüse 350
  - Laktobazillen 358
  - Luteolin 293
  - Mechanismus 234, 368
  - Milchsäurebakterien 352
  - Mittelmeerdiät 400
  - Phenole 276
  - Phytinsäure 414
  - Quercetin 289
  - Resveratrol 278
  - Tannine 302
  - Tee 310
  - Vitamin A 247
  - Vitamin D 225
  - Vollkornnahrung 413
  - Zink 218
  - $\omega$ -3-Fettsäure 377
  - Krebsvorstufe 299
  - Krebszelle 29
    - Apoptose 31
    - Arretierung 242
    - Differenzierung 29, 254
    - Eisenbedarf 213
    - Inaktivierung 52
    - Kolonienbildung 70
    - Migration 53, 368
    - Transplantation 70, 76
  - K-Region-Epoxide 135, 136
  - Kresse 339, 340, 345
  - Kreta-Diät 29
  - Kreuzblütler 339
  - Krotonöl 31
  - Krypte, aberrante 73, 75
  - Kühlflüssigkeit 155
  - Kümmel 337
  - Kupferarsenate 165
  - Kürbis 362
- L**
- Labornager-Erythrozyten 65
  - Labortier 70, 105
  - Laktobazillen 352, 354, 358
  - Krebschutz 353, 357, 358
  - Laktosevergärung 64
  - Landbau, biologischer 403
  - Langzeitstudie 70
  - Larynxkrebs 98
  - Läsion, präneoplastische 72, 153, 299
  - Lauchgemüse 40, 329, 332
  - Lebenserwartung 28, 178
  - Lebensmittelfarbstoff 100, 102
    - Curcumin 325
    - grüner 261
    - pflanzlicher 250
  - Lebensmittelzusatzstoff 99, 100, 108, 109
  - Leberentzündung 95, 354
  - Leberenzymgemisch 59
  - Leberfocus, präneoplastischer 72, 73, 75, 95
  - Leberhomogenat 64
  - Leberkrebs 321, 322
    - Aflatoxinexposition 117, 118, 119
    - Alkoholkonsum 95, 98
  - Leberkrebsrisiko 119, 214, 319
  - Leberschaden 178
  - Leber, Schutz 319, 354
  - Leberzirrhose 95, 319
  - Leinsamen 362, 363
  - Leptin 177
  - Leukämie 38
  - Leukoplakie 72, 309
  - Leukotriene 378, 379
  - Lignane 274, 360, 361
    - Bindungsaffinität 367
    - Brustkrebsinzidenz 373
    - Dickdarmkrebs 370
    - Krebschutz 419
    - Verstoffwechslung 364
  - Lignin 263, 265, 274
  - Linolensäure 49
  - $\alpha$ -Linolensäure (ALA) 376, 381
  - Linolensäure 376
  - Lipidperoxidation 48, 49, 66, 83
    - Anstieg 219
    - Inhibition 279
    - Reaktionsprodukt 89
  - Lipidradikal 49, 326
  - Lipoxygenase 235, 328
  - Luciferase 367
  - Lungenkrebs 43, 169
    - Flavonoide 285, 288
    - Genistein 370
    - Grüntee 308
    - Kaffeekonsum 323
    - Lutein 260
  - nitrosamininduzierter 277
  - Obstverzehr 408
  - Quercetin 291
  - Sojakonsum 374
  - Lungenkrebsinzidenz 26, 248
  - Lungenkrebsrisiko 257, 260
    - Lutein 250, 252, 260
    - Fütterungsstudie 256
  - Luteolin 293
  - Lycopin 85, 250, 252
    - Aufnahmemenge 259
    - Prostatakrebs 258
    - Schutzmechanismus 44, 254, 255
  - Lycopinversorgung 252, 253
  - Lymphom 106, 262, 411
  - Lymphozyten 65
- M**
- Magenentleerung 269
  - Magenkrebs 26, 27, 93
    - Ballaststoffe 272
    - Gemüseverzehr 409
    - Grüntee 309
    - Ingwer 329
    - Interventionsstudie 240
    - Knoblauch 332, 335
    - Obstverzehr 407
    - Selen Supplementierung 208
    - Vitamin-C-Schutzeffekt 239
  - Magenkrebsrisiko 297
  - Magnesium 234
  - Maillard-Produkt 84, 152, 314
  - Maillard-Reaktion 84, 147
  - Mais
    - genetisch modifizierter 401
    - Pilzbefall 119, 120
  - Major Histocompatibility Complex (MHC) 52
  - Makrophagen 51, 52
  - Makuladegeneration, altersbedingte 55, 219
  - Mallory-Körper 95
  - Malondialdehyd 48, 66, 67, 90
    - Wirkung 89
  - Malvinidin 298
  - Malz 294
  - Mangelernährung 182, 194, 220
  - Mango 62
  - MAP-Kinase 284, 311
  - Margin-of-Exposure-Konzept 171
  - Matrixmetalloproteinase 55
  - Maulbeere, indische 58
  - MDA-Test 66
  - Meeresfrüchte 156, 165
  - Mehl, raffiniertes 413
  - Melanoidin 84, 314, 315
  - Menopausenstatus 371
  - Menstruation 217
  - Menstruationszyklus 368
  - Mesenchymzelle 54
  - Mesotheliom 248
  - Metaanalyse 80, 91, 92
  - Metabolomics 79
  - Metallothioneine 164, 218
  - Metastasierung 53, 224, 225
    - Phenole 277
    - Phytoöstrogene 368
    - Schwarztee 311
  - Methoxyysoralene 110
  - Methylazoxymethanol 111
  - Methylentetrahydrofolat-Reduktase (MTHFR) 199, 200, 202
  - Methyleugenol 112, 113, 114
    - MOE-Wert 173
  - Methylierung 42, 43, 44
  - Methylmethansulfonat 33
  - Methylquecksilber-Exposition 164
  - Microarray 77
  - MicroRNA 307
  - Mikroflora, intestinale 352
  - Mikronährstoffe 194
  - Mikronährstofftheorie 194
  - Milch 351
    - Östradiolgehalt 402
  - Milchkonsum 351
  - Milchsäurebakterien 76, 145, 352
    - Humanstudie 358
    - Immunsystem 356
    - probiotische 54
  - Miso 363
  - Mittelmeerdiät 28, 400
  - Modellkanzerogen 180
  - MOE-Wert 171, 172, 173
  - Moniliformin 120, 123
  - Mortalitätsstudie 159, 165
  - Moschus-Ketonverbindung 138

- mRNA 36  
 Multidrug Resistance 329, 332  
 Multiplikationseffekt 97  
 Multivitaminpräparat 236, 417  
 Mundhöhlenkrebs 98, 309, 312  
 – Kaffee konsum 322  
 Mundschleimhautzelle, Kleinkerntest 65  
 Mutagen 38  
 Mutagenitätstest 101  
 Mutation 30, 36  
 – Aflatoxin 117  
 – Amine, aromatische, heterozyklische 143  
 – DNA-Addukt 41  
 – Faktor, epigenetischer 42  
 Mutationstest 62, 64, 65  
 Muttermilch, Dioxinbelastung 157  
 Myelom, multiples 360  
 Myricetin 284, 285, 291  
 Myrosinase 341, 349
- N**
- Na-Butyrat 46  
 N-Acetyltransferase 35  
 Nahrung  
 – ballaststoffarme 145  
 – ballaststoffreiche 263, 267, 271, 272  
 – Empfehlung 415  
 – fettreiche 87, 145  
 – flavonoidreiche 287  
 – Hauptbestandteil 86  
 – Schutzfaktor 25, 234  
 – stärkereiche 89  
 –  $\omega$ -3-Fettsäure-reiche 380  
 Nahrungsergänzungsmittel 58  
 Nahrungsinhaltsstoff 33  
 – Angiogenese 55  
 – antioxidativer 66  
 – Bioverfügbarkeit 85  
 – DNA-Methylierung 42, 44  
 – DNA-schädigender 60  
 – Enzymaktivität 34, 40  
 – Gefährdungseinschätzung 170  
 – Immunmodulation 53  
 – kanzerogener 69, 71, 86, 170  
 – Krebschutz 40, 54, 75, 419  
 – Nebenwirkung 60  
 – Nitrosaminentstehung 128  
 – pflanzlicher 109  
 – Wirkungsdetektion 58, 60  
 – Wirkungsnachweis 69  
 Nahrungskette 156  
 Nahrungsmittel 58  
 – Acrylamidkonzentration 147, 150  
 – aflatoxinbelastete 119  
 – Ballaststoffgehalt 265, 266  
 – Bestrahlung 184  
 – biologisch produzierte 402  
 – Bleibelastung 163  
 – Cadmiumbelastung 164  
 – Carotinoide 250, 252  
 – Dioxinbelastung 155, 156, 157  
 – Eisenanreicherung 216  
 – Eisengehalt 211  
 – Färben 250  
 – folatreiche 201  
 – funktionelle 58  
 – genetisch modifizierte 400  
 – Haltbarmachung 99  
 – Hydroxymethylfurfural-Konzentration 152, 154  
 – japanische 183  
 – kalorienreiche 420  
 – Kontamination, radioaktive 183  
 – Lagerung 119  
 – Nitrosaminbelastung 127, 129  
 – PAK-Belastung 134  
 – pestizidbelastete 410  
 – pflanzliche 109, 127, 274, 406  
 – Phytoöstrogene 363  
 – probiotische 352  
 – quercetinreiche 288  
 – raffinierte 418  
 – Selengehalt 206  
 – Vitamingehalt 196  
 – Zinkgehalt 218  
 Nahrungssupplement 415  
 Nahrungszubereitung 83, 85  
 – Folsäuregehalt 205  
 – Quercetinkonzentration 291  
 – Substanz, protektive 85, 349  
 – thermische 85, 150  
 – Vitamin-B-Gehalt 205  
 – Vitamin-C-Verlust 240  
 Naphthalin 137  
 2-Naphthylamin 101  
 $\beta$ -Naphthylamin 33  
 Nasalkrebs 131  
 NAT2-Polymorphismus 144  
 National Toxicology Program 70, 170  
 Natriumsaccharin 71  
 Natto 363  
 Nelke 337  
 Neoangiogenese 29  
 Neohesperidin 104  
 Nephropathie, balkanendemische 124  
 Neuralrohrdefekt 201  
 Neurotransmitter 37  
 Nicht-Stärke-Polysaccharide 89  
 Nierenerkrankung 115  
 Nierenschädigung 288  
 Nierentumor 72, 124, 291  
 NIH-AARP Diet and Health Study 92  
 Nikotin 34  
 Nikotinsäure 314, 315  
 Nitrat 128, 131  
 – Gesamtaufnahme 127  
 – Gesamtbelastung 128  
 Nitrile 341, 342  
 Nitrit 127, 128, 132  
 Nitroaromaten 138  
 3-Nitrobenzanthron 139  
 6-Nitrochrysen 139  
 2-Nitrofluoren 139  
 1-Nitropyren 139  
 2-Nitropyren 140  
 Nitroreduktase 139, 353  
 Nitrosamide 126, 130  
 Nitrosaminbelastung 129, 131, 132  
 – Reduktion 128, 133  
 Nitrosaminbildung  
 – endogene 127, 128, 133  
 – Inhibition 128, 239  
 Nitrosamine 34, 126  
 – Chemopräventionsstudie 75  
 – flüchtige 127, 129  
 – Hydroxylierung 130  
 – Krebsauslösung 89, 130, 131  
 – Myricetin 291  
 – NOEL-Wert 131, 132  
 – Risikoabschätzung 132  
 – tabakspezifische 97  
 Nitrosoprolin 129  
 Nitrothyrosin 318  
 Nivalenol 120, 123  
 NK-Zelle 52, 54  
 N-Methylpyridinium 314, 319  
 N-Nitrosodimethylamin (NDMA) 126, 129, 132  
 N-Nitrosopyrrolidin 129  
 NOAEL = No observed adverse Effect Level 171  
 NOEL-Wert 33, 132  
 Non-Hodgkin-Lymphom 262  
 Noni 58  
 Non-Starch-Polysaccharide 263  
 Non-steroidal anti-inflammatory Drugs (NSAIDs) 329  
 Noxe, kanzerogene 31  
 Nuclear Factor  
 – E2-related Factor 2 (Nrf2) 36, 39, 343  
 – kappa B (NFkB) 36, 39, 84  
 -- Aktivierung 284  
 -- Carotinoid-Interaktion 255  
 -- Inhibition 224, 243, 283, 286  
 Nukleotidexzisionsreparatur 40  
 Nuss 414  
 Nutrigenetics 76  
 Nutrigenomics 76, 78
- O**
- Obst 29, 406  
 – Kombinationseffekt 411  
 Obstkonsum 406, 410  
 Ochratoxin A 123  
 – Grenzwert 125  
 – Inaktivierung 353  
 Odds-Ratio 80  
 Öl 83  
 Oligosaccharide 263  
 Olivenöl 87  
 Ölsamen 414  
 Ölsäure 376  
 Olitipraz 119  
 Omics-Methode 25, 76  
 Onkogen 30, 38  
 Oolong Tee 310  
 Östradiolkonzentration 367  
 Östrogene 177, 360, 364  
 – Inhibition 366  
 – Interaktion 279  
 – Krebsrisiko 364  
 – Verstoffwechselung 269, 367

- Östrogenrezeptor 292, 364, 365  
 – Interaktion 255, 351  
 – Phytoöstrogen-Bindung 365, 367
- Östrogenspiegel 87, 96, 181
- Ovalzelle 95
- Oxidation 46, 48, 49, 83  
 – Messmethode 66, 67
- P**
- p53 30, 37, 39  
 – Synthese, verstärkte 219, 326
- p53-Genmutation 119, 125
- Papillom 31
- Paradol 328
- Parameter, antioxidativer 299
- Patulin 126, 353
- Pektin 263, 265
- Pelargonidin 298
- Penicillium 123, 126
- Pentamidin 84
- Peonidin 298
- Peroxisome Proliferator-activated Receptor (PPAR) 255
- Peroxyradikal 49, 306
- Pestizide 184  
 – natürliche 343, 361
- Peyer-Plaques 356
- Pfeffer 129
- Pflanzengummi 263
- Pflanzeninhaltsstoff 28  
 – kanzerogener 110  
 – Risikoabschätzung 114
- Phagozytose 51, 357
- Pharynxkrebs 98, 256, 406, 408
- Phase-I-Enzym 33, 36, 40  
 – Glucosinolate 345  
 – Inaktivierung 59  
 – Induktion 311
- Phase-II-Enzym 34, 36, 345  
 – Glucosinolate 344  
 – Kaffee 318  
 – Tee 311
- Phenanthren-1,2,3,4-tetrol 137
- Phenole 48, 274  
 – Bionahrung 403  
 – Bioverfügbarkeit 269  
 – Krebschutz 234, 276  
 – Nitrosamin-Inhibition 133  
 – synthetische 108  
 – Wein 94
- Phenolsäure 275, 277, 412
- Phenylalanin 123
- Philadelphia-Chromosom 38
- PhIP 141, 143, 144  
 – MOE-Wert 173
- Phytinsäure 414
- Phytoalexin 278
- Phytoöstrogene 235, 360  
 – Auswirkung, negative 374  
 – Effekt, hormoneller 365  
 – Krebsprävention 364, 368, 372  
 – Nahrungsmittel 363  
 – Östrogenrezeptor-Bindung 365, 367  
 – Strukturformel 367  
 – Wechseljahre 375  
 – Wirkungsnachweis 366
- PI3K-Akt-Pfad 284
- Piceatannol 278
- Pigmentfleck 166
- Pilzgift 110, 116, 126  
 – Inaktivierung 353  
 – Ochratoxin A 124  
 – Strukturformel 120  
 – Stoffwechselweg 112
- Piment 336
- Pinienextrakt 302
- Plasmazelle 52
- Pökelsalz 127, 132
- Polyacrylamid-Gelelektrophorese 79
- Polymorphismus 35, 81, 144, 415
- Polyphenole 44, 274, 304  
 – Präventionsstudie 74, 76  
 – Rotbuschtee 313  
 – schwarzteetypische 310
- Polyposis, adenomatöse, familiäre 30
- Polysaccharide 89, 263
- Pommes frites 147, 150
- PPAR- $\gamma$  243, 255
- Präbiotika 352, 355, 357
- Präneoplasie 72, 153, 270, 299
- Präventionsforschung 25
- Präventionsstudie 74
- 5- $\alpha$ -Pregnan 351
- 8-Prenylnaringenin 294, 295
- Proanthocyanidine 301, 304
- Probiotika 352, 356
- Progression 235
- Promotor 31, 32, 73, 97
- Promotor-Hypermethylierung 43
- Promyelozytenleukämie, akute 248, 249
- Propionsäure 109
- Prostaglandine 328, 329
- Prostaglandinsynthese 224, 378
- Prostatakarzinom 88
- Prostatakrebs 43, 92  
 – Entstehung 351  
 – Granatapfelextrakt 303  
 – Grüntee 308  
 – Interventionsstudie 209  
 – Kalziumaufnahme 229  
 – Kohlgemüse 348  
 – Lauchgemüse 333  
 – Lycopin 258  
 – Phytoöstrogene 370  
 – Quercetin 291  
 – Selenstatus 209  
 – Sojakonsum 373  
 – Vitamin D 225  
 – Zinkstatus 220
- Prostatakrebsrisiko 258, 416
- Prostatitis 259
- Prostglandinsynthese 379
- Protein, Gerinnung 83
- Proteinkinase 284
- Proteinverzehr 88
- Proteomics 79
- Protoonkogen 30, 38
- Provitamin-A 246, 250
- PSA-Wert 258, 309
- Pseudouridin 296
- PTWI-Wert 163
- Pyridine 141
- Pyridoimidazole 141
- Q**
- Quecksilber 162, 163
- Quecksilbervergiftung 163
- Quellstoff, halbsynthetischer 263
- Quenchen 247, 253
- Quercetin 274, 286  
 – Humanstudie 291  
 – Krebschutz 289, 419  
 – Wirkmechanismus 284
- R**
- Radieschen 275, 339
- Radikal-Addukt-Formation 254
- Radikale, freie 46, 184, 306  
 – Inaktivierung 254, 306  
 – Quantifizierung 66
- Radikalfänger 238, 247, 298  
 – Knoblauch 331
- Radiolyseprodukt 184
- Radionuklide 183
- Raf-MEK1-MAPK-Pfad 284
- RAHC = Reasonably anticipated to be a human Carcinogen 170
- Raltech-Studie 185
- Rauchen 97, 288, 416  
 – Cadmiumbelastung 164  
 – Carotinoid-Studie 257  
 – Vitamin-C-Bedarf 240
- Raucherstudie 50
- RDA-Wert 194
- Reaktorunfall 183
- Real-Time PCR 77
- Redoxzustand 62, 67, 306, 346
- Resveratrol 34, 36, 37, 278  
 – Angiogenese 55, 279  
 – Aufnahmemenge 280  
 – Effekt, antioxidativer 279, 280  
 – Krebschutz 234, 235, 278  
 – Präventionsstudie 75
- Retinoic Acid Receptor 247
- Retinoide 246  
 – Humanstudie 248  
 – Tumorthherapie 249  
 – Wirkungsmechanismus 234, 235
- Retinoidrezeptor 247, 255
- Retinoid X Receptor 247
- Retinol 246
- Retinol-Äquivalent 246
- Retinolsäure 44, 54, 223  
 – Stoffwechselweg 96  
 – Zervixkarzinom 249
- Retinsäure 247
- Retinylester 246
- Retinylpalmitat 248
- Rettich 45, 340
- Rhabarber 62
- Risikofaktor 86, 416  
 – geschlechtsspezifischer 416  
 – Vermeidung 417

Risiko, relatives 80  
 Röntgenstrahlung 195  
 Rosmarin 336  
 Röstprodukt 102  
 Röstung 314  
 Rotbuschtee 313  
 Rotkleeeextrakt 375  
 Rotwein 62, 278, 280  
 – Resveratrolgehalt 280  
 RRR- $\alpha$ -Tocopherol 241  
 RT-PCR-Test 68

**S**

Saccharin 71, 104  
 Safran 336  
 Safrol 112, 114  
 Salmonella/Mikrosomen-  
 Test 62, 63  
 Saponine 54  
 Satsuma-Mandarine 74,  
 256  
 Sauerstoffmangel 243,  
 347  
 Sauerstoff, molekularer  
 46  
 Sauerstoffradikale, freie  
 45  
 – Alkoholkonsum 95  
 – Arsen 167  
 – Carotinoide 253  
 – Eisenreduktion 212  
 – Inaktivierung 47  
 – Kaffeekonsum 316  
 – Krebsrisiko 72  
 – Milchsäurebakterien  
 353  
 – Schwefelverbindung  
 330  
 Sauerstoffspezies, reakti-  
 ve 46, 68, 90  
 – Signaltransduktion 37  
 Säuglingsnahrung 120,  
 138  
 – Nitrat 128, 132  
 Säure, salpetrige 127  
 Schadstoffaufnahme,  
 erhöhte 176  
 Schilddrüsenkrebs 159,  
 180  
 Schilddrüse, Vergröße-  
 rung 343  
 Schimmelpilz 116, 123  
 Schutzvitamin 236  
 Schwarztee 301, 304,  
 310  
 – Krebschutz 310, 418  
 – Studienergebnis 312  
 Schwefelverbindung 330  
 Schwermetalle 162, 173

Schwesterchromatid-  
 Austauschtest 65  
 Secoisolariciresinol 367  
 Selbstbräuner 251  
 SELECT-Studie 209  
 Selen 44, 46, 196, 206  
 – Aufnahmemenge 210  
 – Dosis-Wirkungs-Bezie-  
 hung 51  
 – Funktion 54  
 – Interventionsstudie 334  
 – Krebschutz 207, 208,  
 211, 419  
 Selen-Hefe 208, 211  
 Selenmangel 54, 208, 211  
 Selenomethionin 209  
 Selenoprotein 206  
 Selenplasmakonzentri-  
 on 208  
 Selenstatus 210  
 Selensupplementierung  
 54, 211  
 – Untersuchung, epide-  
 miologische 208  
 Selenvergiftung 211  
 Senf 339, 340  
 Senfölyglykoside 339  
 Séralini-Studie 401  
 SERM = Selective Estrogen  
 Receptor Modulator  
 365  
 Sesamöl 113, 362  
 Sesquiterpene 328  
 Sexual Hormon-binding  
 Globulin (SHBG) 177,  
 281  
 – Kaffeekonsum 320  
 – Synthese 367  
 Signalübertragung 36,  
 217, 279  
 – Carotinoide 254  
 – Dioxine 158  
 Signalweg  
 – Interaktion 285, 311  
 – rezeptorabhängiger 307  
 Silencing 42, 43, 225  
 Silibin 55  
 Single Nucleotide Poly-  
 morphisms 35  
 Singulett-Sauerstoff 247,  
 253  
 Sinigrin 110, 112, 339, 340  
 Sirtuine 178  
 Skorbut 237  
 Soja 76, 360, 418  
 Soja-Isoflavone 44, 361  
 Sojakkonsum  
 – Brustkrebs 371  
 – Kindheit 372, 374  
 – Prostatakrebs 373

Sonnenbaden 227  
 Sonnenbrand 227  
 Sorghumhirse 301  
 Speiseröhrenkrebs 208  
 – Alkoholkonsum 94, 97,  
 98, 281  
 – Anthocyane 299, 300  
 – Fleischkonsum 92  
 – Getränk, heißes 307  
 – Grüntee 308  
 – Kaffeekonsum 322  
 – Pilzgift 121, 122  
 – Rauchen 97  
 – Schwarztee 312  
 – Vitamin C 239  
 – Zinksupplementierung  
 221  
 Spektrometrie 79  
 Spinat 261  
 Sport 182  
 Spurenelement 162, 195,  
 196  
 Stärke 83, 89  
 – resistente 263  
 Stärke-Polysaccharide  
 263  
 STAT-3 243, 284  
 Steinofenpizza 135  
 Steviaextrakt 107  
 Stickoxidradikal 46, 254,  
 318  
 Stickoxidsynthetase  
 235  
 Stoffwechselprodukt 34,  
 79, 81  
 Stout-Bier 297  
 Strahlung, radioaktive 32,  
 47, 183  
 Stress, oxidativer 37,  
 47, 48  
 – Glucosinolate 346  
 – Resveratrol 280  
 – Zinkmangel 219  
 Studie  
 – epidemiologische 87,  
 91, 287  
 – Fehlinterpretation 80,  
 81  
 – prospektive 79  
 – retrospektive 79  
 Stuhlgewicht 267  
 Sucralose 104  
 Sulforaphan 38, 40, 44,  
 341  
 – Enzyminhibition 345  
 – Präventionsstudie 76  
 – Schutzmechanismus  
 46, 346, 347  
 – Wirkung 45

Sulfotransferase 34, 35,  
 154  
 – Hemmung 345  
 5-(Sulfoxymethyl)-2-fur-  
 fural 153  
 Sumach 275, 276  
 Superoxid 212  
 Superoxiddismutase 47,  
 218, 219  
 Superoxidradikal 46, 238,  
 254  
 Survivin 379  
 Süßstoff 102, 104  
 Synbiotika 352  
 SYNCAN-Projekt 355

**T**

T-2-Toxin 122, 123  
 Tabakrauch 47  
 TAC-Wert 66  
 Taillenumfang 175  
 Tannine 94, 274, 300  
 Targeted Arrays 78  
 Tartrazin 103  
 Taubheit 146  
 TEAC-Wert 66, 299  
 Tee 301, 304  
 – halbfermentierter 310  
 – Inhaltsstoff 304  
 – Krebschutz 311, 418  
 Teer 25, 31, 133  
 Teezubereitung 308, 312  
 Telomerinhibition 290  
 Tempeh 363  
 Temperatur, hohe 85  
 Testosteron 321  
 Tetrachlordibenzodioxin  
 (TCDD) 155, 158, 161  
 Textilindustrie 101  
 Th1-Zelle 52, 357  
 Th2-Zelle 52, 357  
 Thaumatin 104  
 Theaflavine 301  
 T-Helferzelle 52, 357  
 Theoflavin 310, 312  
 Theorubigen 310  
 Thiobarbitursäure-reakti-  
 ve Substanz 66, 67  
 Thiocyanat 341, 342  
 Thioguaninresistenztest  
 64  
 Thioredoxinreduktase  
 207  
 Thymidinmangel 198  
 Thymulin 54  
 Tierfutter 40, 116, 250  
 Tier, genetisch verändertes  
 64, 75, 180  
 Tierversuch 60, 70

- Titanoxid 102  
 T-Lymphozyten 52, 54  
   – zytotoxische 52  
 T-Lymphozytenzahl 54  
 Tocopherol 240, 241, 242  
   – Schutzeffekt 242  
   – synthetisches 241  
 $\alpha$ -Tocopherol 241, 242, 244  
 Tocopherylradikal 242  
 Tocotrienol 240, 241  
   – Schutzeffekt 243  
 Tofu 363, 373  
 Toll-like-Rezeptor 357  
 Tomate 258, 418  
 Tomatenverarbeitung 259  
 Topoisomerase 293  
 Torilin 55  
 Toxicogenomics 76  
 Toxizitätsäquivalent( TEQ)  
   156, 157  
 TRAIL-Protein 248  
 TRAIL-Rezeptor 243  
 Transferrin 212  
 trans-Fettsäure 86  
 Transformationstest 70  
 Transforming Growth  
   Factor  $\beta$ 1 317, 320  
 Transkriptionsfaktor 36,  
   37  
   – Funktion 39  
   – Induktion 37, 234  
   – Inhibition 243, 279  
   – metallresponsiver 218  
   – nukleärer 247  
 Transkriptomics 76, 77  
 Transplantationsmodell  
   76  
 Traubenkernextrakt 302,  
   303  
 Traubensaft 93, 278  
 Trigonellin 314, 315  
 Trinkwasser  
   – Arsenbelastung 166,  
   169  
   – formaldehydversetztes  
   107  
   – Nitratbelastung 128  
 Trolox-Äquivalent 66, 299  
 Tromboxan 379  
 Tröpfchennephropathie,  
   hyaline 72  
 Tumorigenität 31, 32,  
   158  
 Tumornekrosefaktor  $\alpha$  95  
 Tumorprogression 235  
 Tumorpromotion 32, 39,  
   235  
   – Adipositas 180  
   – Alkohol 97  
 Tumorsuppression 248  
 Tumorsuppressorgen 30  
 Tumorsuppressorprote-  
   in 37  
 Tumorstadium 213,  
   277, 279, 308  
**U**  
 Übergewicht 90, 175, 416  
   – Krebsmortalität 180  
   – Krebsrisiko 174, 180  
   – Lebenserwartung 179  
   – Tierexperiment 179  
   – Vermeidung 413, 417  
 UDP-Glucuronosyltrans-  
   ferase 331  
 UDS-Messung 61  
 Umweltbelastung 134  
 Umweltfaktor 27  
 Untersuchungsmethode  
   101  
 Uracil-Fehleinbau 198  
 Urokinase-Typ Plasmino-  
   gen-Aktivator 55  
 UV-Filter 102  
 UV-Strahlen 227  
**V**  
 Vanillin 40, 234  
 Vanilloid-Rezeptor 329  
 Vegetarier 28, 416  
   – Erkrankungshäufigkeit  
   403  
 Vegetarier-Studie 405  
 VERA-Studie 240  
 Verbrennung 133, 139,  
   155  
 Vinylchlorid 34  
 Virus, Krebsentstehung  
   30  
 Vitamin 195, 196, 236  
   – antioxidatives 236  
 Vitamin A 48, 245  
   – Aufnahmeempfehlung  
   249  
   – Krebschutz 54, 247,  
   419  
 Vitamin-A-Mangel 96  
 Vitamin-A-Supplementie-  
   rung 50  
 Vitamin-A-Vergiftung  
   246  
 Vitamin B  
   – Nahrungszubereitung  
   205  
   – Schutzeffekt 203  
 Vitamin B<sub>2</sub> 195, 197, 198,  
   204  
 Vitamin B<sub>6</sub> 195, 196, 197,  
   198, 204  
 Vitamin-B<sub>6</sub>-Quelle 204  
 Vitamin B<sub>12</sub> 195, 196, 198,  
   204  
   – Vorkommen 197  
 Vitamin-B<sub>12</sub>-Mangel 198  
 Vitamin C 48, 237  
   – Aufnahmeempfehlung  
   240  
   – Comet-Assay 62  
   – Dosis-Wirkungs-Bezie-  
   hung 51  
   – Interventionsstudie 240  
   – Krebschutz 54, 238,  
   419  
   – Zerstörung 240  
 Vitamin-C-Mangel 54,  
   237  
 Vitamin D 74, 196, 221  
   – Aufnahmeempfehlung  
   226  
   – Kalziumstoffwechsel  
   228  
   – Krebschutz 223, 224,  
   225, 419  
   – Milchgehalt 351  
 Vitamin D<sub>2</sub> 221  
 Vitamin D<sub>3</sub> 222  
 Vitamin-D-Hypervitami-  
   nose 226  
 Vitamin-D-Lieferant 222  
 Vitamin-D-Rezeptor 223,  
   229  
 Vitamin-D-Synthese 222,  
   227  
 Vitamin E 44, 48, 240, 419  
   – Aufnahmeempfehlung  
   245  
   – Eigenschaft, antioxi-  
   dative 242  
   – Nitrosaminbildung 128  
   – Wirkungsmechanismus  
   54, 234, 235, 242  
 Vitamin-E-Supplementie-  
   rung 50  
 Vitamin K2 55  
 Vitamin Q 41  
 Vollkornbrot 272, 275,  
   418  
 Vollkornnahrung 412  
   – Krebschutz 271, 413  
   – Lignane 362  
 Vollkornweizen, Phenol-  
   gehalt 274  
 Vollwertkost 28  
 Vomitoxin 120, 122  
**W**  
 Wachstumsfaktor 402  
   – endothelialer, vaskulä-  
   rer (VEGF) 55, 214, 284  
   – Kaempferol 293  
 Waist to Hip Ratio (WHR)  
   175  
 Walnuss 275, 291  
 Wash-out-Phase 81  
 Wasserstoffperoxid 46,  
   47, 212  
 Wein 301  
 Weintraube 292  
 Weintraubenschale 278  
 Weißwein 278  
 Weizenkleie 266, 267  
 Weizen, Pilzbefall 120  
 Wildfleisch 183  
 Wurzelgemüse 339, 410  
**X**  
 Xanthohumol 94, 294, 295  
 Xenobiotika 33  
 Xenobiotika-responsives  
   Element 158  
 Xenograft-Modell 76, 370  
 Xeroderma pigmento-  
   sum 41  
**Y**  
 Yakult 357, 359  
**Z**  
 Zearalenon 120, 122  
 Zeaxanthin 250, 252, 253  
 Zelldifferenzierung 224  
 Zelle  
   – antigenpräsentieren-  
   de 52  
   – dendritische 52, 357  
   – phagozytierende 52  
 Zelllinie 58, 69  
   – endotheliale 69  
 Zellmembran 377, 378  
 Zellteilung 41, 69  
   – Flavonoide 284  
   – Glucosinolate 346  
   – Grüntee 306  
   – Insulin 177  
   – Kaempferol 292  
   – Knoblauch 332  
   – Leptin 177  
   – Quercetin 289, 290  
   – Resveratrol 279  
   – Schwarztee 311  
   – Vitamin D 223

- Zelltod 69
- Zellulose 263
- Zellvitalität 69
- Zerealien 265, 266, 271
  - Lignan-Konzentration 362
- Zimt 301, 337
- Zimtaldehyd 40, 234
- Zink 54, 196, 217
  - Aufnahmeempfehlung 221
- Krebschutz 218, 219, 220
- Zinkfingerdomäne 217, 219
- Zinkmangel 196, 219
- Zinkstatus 220
- Zinksupplement 220, 221
- Zinktransporter 218, 220
- Zitrusfrucht 55, 72, 237, 406
- Zucker 29, 89, 152
  - Verzicht 418
- Zuckerulör 102, 154
- Zuckerstoffwechsel 320
- Zwiebel 45, 74, 329
  - Inhaltsstoff 330
- Zytochrom C 326
- Zytochrom-P450-Enzym 33
- Zytochrom-P4502E1 94, 96, 97
- Zytokine 53, 178, 180
  - antiinflammatorische 357
  - proinflammatorische 54, 357