

Dr. med. Slavko Ivkovic
Dr. med. Antje Müller-Schubert

Oxidativer Stress

Risikofaktor Nr. 1 für Ihre Gesundheit

Dr. med. Slavko Ivkovic
Dr. med. Antje Müller-Schubert

E-Mail Kontakt zu den Autoren:
oxidativer-stress@oxidativer-stress.info

Oxidativer Stress - Risikofaktor Nr. 1 für Ihre Gesundheit

ISBN: 3-00-013116-7, 1. Auflage, 2004

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funk- sendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlage, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

© ASTRA H&D GmbH, Schlanstedt

Printed in Germany

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zur Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Illustrationen, Umschlaggestaltung, Satz und Layout:
Steffen Hoffmann, quantumscio, Schlanstedt

Druck: Halberstädter Druckhaus GmbH

Warum ich dieses Buch schreibe

In den letzten fünf Jahren wurden die Erkenntnisse über die Freien Radikale, d. h. die freien Ionen des Sauerstoffs oder auch reaktiven Sauerstoffteilchen (ROS, reactive oxygen species), sowie deren Verbindung mit vielen chronischen, für die heutige Medizin unheilbaren Krankheiten in Zusammenhang gebracht. Obwohl diese Entdeckung 100 Jahre alt ist, gab es bislang keine sichere, beweisbare Bestätigung dafür. Und auch in der Praxis war kaum bekannt, dass Sauerstoff einerseits Leben gibt, es aber auch nehmen kann.

Entsteht im Körper ein Überhang an Freien Radikalen (ROS) gegenüber den Antioxidantien und ist gleichzeitig der Körper in dieser Situation nicht mehr in der Lage, dieses Ungleichgewicht auszugleichen, entsteht der Risikofaktor Oxidativer Stress.

Die Beweise gründen sich hauptsächlich auf zahlreiche Experimente, die an verschiedenen Zellkulturen, an großen und kleinen Tieren durchgeführt wurden, wobei wir uns auf die Ähnlichkeit zu unserem Organismus verlassen. Darüber hinaus ist es immer noch sehr schwer, mit exakten Methoden einen Beweis für das Vorkommen Freier Radikale zu erhalten, da diese Substanzen wegen ihrer Reaktivität besonders unbeständig und von kurzer Lebensdauer sind. Zudem treten sie oft nur in geringen Konzentrationen auf.

Wir alle wissen, dass Metalle rosten, wenn sie mit Sauerstoff in Berührung kommen: ein rostendes Auto oder ein Schiff, ein alter, rostiger Zaun. Umso schwerer fällt es uns zu begreifen, dass auch der Mensch der Veränderung durch den Sauerstoff unterliegt und es zu Zerstörungen auf biologischer Ebene kommt, die manche auch als "biologisches Rosten" bezeichnen. Dieses Rosten zu verhindern ist inzwischen zu einem der großen Ziele moderner Forschungsprojekte im Bereich der Prävention und der Altersforschung geworden.

In den letzten Jahren wurden präventive Untersuchungen mit verschiedenen natürlichen Antioxidantien (Vitamin C, Vitamin E, β -Carotin) zur Verhinderung der zerstörerischen Wirkung der Freien Radikale durchgeführt. Diese Antioxidantien minderten zwar das Auftreten einiger Krankheiten, die Forschungsarbeiten blieben aber

insgesamt ohne bedeutende Ergebnisse. In der Folge dieser Studien kamen die verschiedensten Antioxidantien auf den Markt, von denen es heute eine Vielzahl gibt, von natürlichen und synthetischen Vitaminen bis hin zu Substanzen aus Nahrungsmitteln wie Tee, Wein, Tomaten, Obst und Gemüse.

Nach den ersten euphorischen Veröffentlichungen werden mittlerweile jedoch auch die Grenzen ihrer Wirksamkeit beschrieben. Und es wird deutlich, dass eine Selektion notwendig wird, besonders in Bezug auf die Anwendung, der zu erwartenden Wirkung und der Einnahmedauer. Sicher ist auch der Zeitpunkt der Einnahme bedeutsam, und welche Kombinationsmöglichkeiten zu anderen Heilmitteln bestehen, in welchen Fällen sie unabdingbar sind und wann eine Einnahmepause einzulegen ist.

Die Anwendung der bisherigen Antioxidantien hat also bislang zu keinen spektakulären Resultaten geführt, teils wegen ungenügender Wirkungskapazität, teils da deren Wirkung nicht weitreichend war oder die ganze Theorie über die Freien Radikale nicht soviel Beachtung erfährt.

In den vergangenen Jahren habe ich mich intensiv mit der Thematik der Freien Radikale und deren Auswirkungen auf den menschlichen Organismus beschäftigt. Mehr und mehr konzentrierte ich mich dabei auf die Anwendung von Antioxidantien und den daraus resultierenden Möglichkeiten für Körper, Immunsystem, Therapiebegleitung und Gesundheitsvorsorge durch eine entsprechende Prävention. Mein Ziel war und ist es, dieses neue Kapitel der Medizin, sowie meinen eigenen Zugang zu diesem, bis jetzt ungenügend erforschem Gebiet, zu erhellen.

Dr. Slavko Ivkovic
Nephrologe / Facharzt
für Innere Medizin

Bleiben Sie länger jung und dynamisch!

Durch meine jahrelange anästhesiologische Tätigkeit in einer Universitätsklinik bin ich mit sehr viel Leid konfrontiert worden. Ich begegnete jeden Tag Menschen, die sich auf Operationen vorbereiten mussten, vor deren Auswirkungen sie oftmals zu Recht mit einem unguuten Gefühl beseelt waren, deren Ursachen sie aber in der Regel kaum kannten. Als eine Ärztin, die in der Reparaturmedizin arbeitete, war auch mir manchmal der Blick auf die Ursachen nicht gegenwärtig. Oder wenn er doch auf der Hand lag (wie etwa eine Lungenkrebs-Operation bei einem Patienten mit jahrelangem Zigarettenkonsum), so verdrängte ich in der täglichen Arbeit diese Gedanken oft. Erst die Verlagsarbeit als Wissenschaftsjournalistin in den Jahren nach Beendigung meiner medizinischen Tätigkeit brachte mich dem "Gesundheitsbewusstsein" der Menschen näher.

Heute ist es eines meiner Ziele, den Menschen Ideen zu geben, wie sie ihre Gesundheit möglichst lange selbst steuern können. Es gehört nicht einmal viel dazu, sich länger jung zu fühlen und auch in höherem Alter gesund und dynamisch zu bleiben. Die gemeinsame Arbeit mit Slavko Ivkovic an diesem faszinierenden Thema hat mir die Möglichkeit gegeben, innere Berufung mit eigenen Interessen sowie dem Protokollieren von Sachverhalten und Vermitteln in einer verständlichen Sprache zu verbinden.

Ich fühle mich geehrt, mit diesem außergewöhnlichen Mediziner gemeinsam ein Buch zu erstellen, dessen forschersicherischer Inhalt von großer Bedeutung für ein gesundes Leben ist.

Dr. med. Antje Müller-Schubert
Ärztin und Wissenschaftsjournalistin, Berlin

Zum Umgang mit diesem Buch

Grün - **Orange** - oder **Rot** - Sie entscheiden über Ihr Wissen

Das Thema vom Oxidativen Stress scheint mittlerweile in aller Munde zu sein. Bei der Planung zu diesem Buch mussten wir aber immer wieder feststellen, dass das Wissen über die Grundlagen oft nicht ausreichte, um sich wirklich ein umfassendes Bild machen zu können. Wir sprachen mit Menschen, denen die Begriffe Freie Radikale oder Antioxidantien ganz geläufig über die Lippen kamen, die aber dann wieder Lücken in den anatomischen Bereichen des Körpers aufwiesen oder Zusammenhänge nicht erkannten, weil der "entspannte Überblick" über dieses gewaltige uns in Zukunft noch sehr bewegende Thema einfach nicht vorhanden war.

Dieses Buch will Ihnen genau hier zur Hand gehen. Es ist geschrieben für die Menschen, die sich bereits viel mit dem Thema auseinander gesetzt haben und manche Grundlagen einfach beherrschen. Genauso ist es aber auch für denjenigen verfasst, der noch einmal weit vorn beginnen möchte. Die Entscheidung liegt bei ihnen.

Zur Erleichterung Ihres Einstiegs geben wir Ihnen ein Leitsystem an die Hand: Sie wählen selbst aus, was Ihnen wichtig erscheint: Zählen Sie zu den Insidern, so mag Ihnen der Einstieg im rot markierten Bereich ausreichen. Dem Leser, der sich diesem wichtigen Thema zum ersten Mal und nur vorsichtig nähert, raten wir, am Anfang, also bei grün zu starten. Ohnehin finden Sie auch an späterer Stelle immer wieder entsprechende Textverweise.

Am Ende finden Sie im ServiceCenter Tabellen und Daten sowie ein Glossar über die wichtigsten medizinischen oder wissenschaftlichen Begriffe zu diesem Thema.

Anregungen oder Kritik ist uns immer willkommen, zeigen sie uns doch, dass Sie sich mit diesem Thema auseinandersetzen und wir Einzelheiten verbessern können:

- im Internet: www.oxidativer-stress.info
- e-Mail: oxidativer-stress@oxidativer-stress.info

Nicht zuletzt gilt unser Dank...

Danken möchten wir dem Hersteller-Team aus den Reihen der ASTRA H&D GmbH, speziell dem Geschäftsführer Thomas Görner und dem Grafikspezialisten Steffen Hoffmann, den beiden Spitzensportlern Raimund Hecht und Thomas Loosch, die während ihrer heißesten Trainingsphasen Zeit für ein Interview fanden und den vielen ungenannten Freunden, Helfern sowie unseren Familien, die entweder durch eigenes Fachwissen oder Tipps und Ideen sowie Korrekturlesen eine große Hilfe darstellten und manches arbeitsames Wochenende ertragen haben.

Die Verfasser
Schlanstedt - Berlin, Januar 2004

Inhaltsverzeichnis

Warum ich dieses Buch schreibe	3
Bleiben Sie länger jung und dynamisch!	5
Zum Umgang mit diesem Buch	6
Danksagung	7

Kapitel 1: Das Mysterium des Alterns 16

Gesundheit und Alter	19
1) Infektionen, durch Bakterien	19
2) Viruserkrankungen	20
3) Chirurgische Methoden	21
4) Moderne Diagnostik	21
5) Verbesserte Geburtshilfe	21
Warum müssen Zellen altern?	22
Theorien über den Zelltod	24
Was Wissenschaftler in der Altersforschung derzeit diskutieren	28
...über die Telomerase...	28
...über das Gen p21...	30
...über den Mangel an bestimmten Substanzen	30
...über Mitochondrium und Alterungsprozess...	31
...über die Redox-Therapie...	31
...über den Genort 5Kb...	32
...über die Bedeutung der Antioxidantien bei der Prävention...	32
Fazit:	33

Kapitel 2: Miniaturuniversum Zelle 34

Mitochondrien - Kraftwerke der Zellen	36
Die Erbsubstanz DNA - eine erstaunliche Organisation	38
Die DNA - eine Bibliothek des Lebens	39
Kann es unsterbliche Zellen geben?	40
Wachstumsfaktoren	41
In der Zelle fest programmiert: Der eigene Selbstmord	43
Das Programm für Altern und Sterben	44
Zellen, die nicht sterben	44
Betriebssystem außer Kontrolle	45
Familiäre Belastung: Krebsentstehung im Zeitraffer	45

Wie eine Krebszelle entsteht:	45
Fazit: Das Gen der Unsterblichkeit	46

Kapitel 3: Das Immunsystem 48

Ein ausgeklügeltes Schutzsystem unterstützt die Immunabwehr	51
Pausenlos im Einsatz	51
Plan A: Zuerst tritt die unspezifische Immunabwehr in Kraft	53
Plan B: Die spezifische Immunabwehr	53
Ein System mit Datenspeicherung	55
Die Ausbildungsstätten des Immunsystems	56
Der Darm spielt eine zentrale Rolle in der Immunabwehr	57
Lücken in der Abwehr	58
Die Entstehung von Krebs und die Rolle des Immunsystems	59
Vorbeugen - eine Chance für das Immunsystem	60

Kapitel 4: Freie Radikale 62

Freie Radikale - der programmierte Rosenkrieg	64
Wir leben in einer veränderten Welt	65
Umweltgifte machen uns zu schaffen	66
Belastungen des Wassers	66
Fazit:	68
Luftverschmutzung und Strahlung	68
Nikotin: Auslöser eines Flächenbrandes in den Zellen	69
Die Inhaltsstoffe machen den Giftcocktail:	71
Die Ernährung	72
Die Vitaminzufuhr sichern!	72
Psychische Belastungen	74
Stress im Paradies	75
Die Krankheiten von heute sind neu	77
Prävention ist die Medizin der Zukunft	80
Wer atmet, lebt - wer atmet, wird älter und "rostet"...	82
Grundlagen: Oxidativer Stress - zwei Seiten einer Medaille	84
Wunderwaffe "Freie Radikale" - effektiver Teil der körpereigenen Abwehr!	84
Wenn die Balance kippt, wirkt Sauerstoff wie Bleichmittel im Körper	85
Der Risikofaktor Oxidativer Stress begünstigt die Bildung Freier Radikale	87
Theorie der Freien Radikale und ihrer zerstörerischen Wirkung	88
Einige Highlights aus der Geschichte der Freien Radikale	88

Mitochondrien sind der neuralgische Punkt der Zelle . . . . .	.89
Portrait "Freie Radikale" . . . . .	.91
Mechanismen, die zur Entstehung Freier Radikale führen: . . . . .	.93
Schäden, die durch Freie Radikale an Zellen verursacht werden: . . . . .	.94

Kapitel 5: Oxidativer Stress 98

Methoden zur Erfassung der Freien Radikale im Körper . . . . .	.101
FR-Analyse mit dem d-ROMs Test . . . . .	.103
Testprinzip: . . . . .	.103
Messung: . . . . .	.103
Auswertung / Aussage: . . . . .	.104
Zusammenfassung: . . . . .	.107
Wenn Freie Radikale ungeremst wirken können . . . . .	.108
Hohes Risiko für Krebs . . . . .	.109
Erkrankungen am Herz-Kreislauf-System . . . . .	.112
Diabetes mellitus . . . . .	.113
Schäden durch Oxidativen Stress: . . . . .	.116
Nierenerkrankungen . . . . .	.117
Schäden durch Oxidativen Stress . . . . .	.117
Erkrankungen der Atem- und Luftwege . . . . .	.118
Neurologische Erkrankungen . . . . .	.118
Viruserkrankungen . . . . .	.119
Lebererkrankungen . . . . .	.120
Hautkrankheiten . . . . .	.120
Sterilität . . . . .	.120
Autoimmunerkrankungen . . . . .	.120
Oxidativer Stress - Feind Nr. 1 bei Leistungssportlern . . . . .	.122
Bewegung ist nötig . . . . .	.122
Wenn Sport zum Risiko wird . . . . .	.123
Das Verletzungsrisiko steigt . . . . .	.124

Kapitel 6: Antioxidantien 132

Gesundheit kommt von innen . . . . .	.135
Die Ernährung ist wichtig für die Zellen . . . . .	.138
Antioxidantien - Partner für körperliche und geistige Leistung . . . . .	.139
Antioxidantien unterstützen den Körper . . . . .	.141
Der Schutz für die Zelle . . . . .	.142

Antioxidantien machen aggressive Freie Radikale unschädlich	142
Drei Wege im Schutz gegen die Oxidation:	142
Anwendung von Antioxidantien in der Prävention	147
Wann besteht ein erhöhter Bedarf bei Gesunden?	151
Die Messung des Bedarfs	152
Anwendung von Antioxidantien bei Krankheiten	153
1) Krebserkrankungen	153
Zwei Seiten der Medaille	154
Schützenhilfe durch Antioxidantien	154
Platz der antioxidativen Therapie in der Krebsbehandlung	154
2) Diabetes mellitus	156
3) Weitere Anwendungsbereiche für Antioxidantien	157
Frühe Arteriosklerose	157
Neurodegenerative Krankheiten des ZNS	157
AIDS (Acquired Immune Deficiency Syndrome)	157
Antioxidantien im Fokus	158
1) Lycoplen	158
Die Bedeutung von Lycoplen	158
Schutz vor UV Strahlen	158
Gehalt an Lycoplen	160
2) OPC	161
Die Geschichte OPC	161
Die Bedeutung von OPC	163
Nahrungsergänzung mit OPC	164
3) Polyphenole im Tee	164
Grüner oder Schwarzer Tee?	165
Catechine im Grünen Tee	166
Schlussfolgerungen	167
Ein Grundbaustein der Gesundheit kommt aus dem Innern der Erde	170
Silizium und Kieselsäure	172
Aufgaben und Funktionen	172
Die Zellatmung	174
Aufbau und Funktion des Bindegewebes	174
Zeolithe - architektonische Wunderwerke	175
Physikalische und chemische Eigenschaften des Zeolith Klinoptilolith	175
Chemische Zusammensetzung und Struktur	175
Physikalisch-chemische Eigenschaften	176

Die Verwendung von Zeolith	177
Entgiftung	178
Transport durch Austausch	178
Bindung freier Säuren	179
Anwendungsgebiete:	180

ServiceCenter 182

Das kleine Lexikon der wichtigsten Antioxidantien aus der Nahrung	184
Wasser als Lebensspender	189
Ein paar Anmerkungen zur Wasserqualität	189
Viele haben kein sauberes Wasser	190
Weltwasserreport der UNESCO, veröffentlicht am 22.3.2003	190
Die "alte" Ernährungspyramide	192
Beispiele für Freie Radikale	193
Veröffentlichungen zu Zeolithen	193
Glossar	198
Literaturverweise	205
Kapitel 1 - Das Mysterium des Alterns	205
Kapitel 2 - Die Zelle	207
Kapitel 3 - Immunsystem	209
Kapitel 4 - Freie Radikale	214
Kapitel 5 - Oxidativer Stress	219
Kapitel 6 - Antioxidantien	222
Kapitel 6 - Lycopon	226
Kapitel 6 - OPC	227
Kapitel 6 - Polyphenole	227
Index	231

Verzeichnis der Infokästen

Kapitel 1: Das Mysterium des Alterns	16
Fazit: Gesundheit und Alter	.22
Alterungserscheinungen	.23
Extrakopie des Telomerase Gens	.28
Kapitel 2: Miniaturuniversum Zelle	34
Einzeller - Multitalente der Urzeit	.38
Hayflick-Effekt und Qualitätsverlust	.41
Zählwerk und Gedächtnis einer Zelle	.41
Der Sinn von Altern und Sterben	.43
Kapitel 3: Das Immunsystem	48
Hauptsysteme der Abwehr	.52
Die Aufgaben der Immunzellen	.55
Gefahren für die Mikroflora im Darm	.58
Kapitel 4: Freie Radikale	62
Trinkwasserbelastung durch Blei	.68
Luftverschmutzungen	.69
Die Ernährungspyramide für eine ausgewogene Ernährung	.73
Stress birgt Risiken für das Herz	.77
Der "rostende" Apfel	.83
Gesundheit - eine Frage der Balance	.86
Kurzportrait Sauerstoffradikale	.87
Kapitel 5: Oxidativer Stress	98
Direkte und indirekte Messmethoden	.102
Freie Radikale und der d-ROMs Test	.105
Antioxidative Blutbarriere und BAP Test	.106
Folgen von Oxidativem Stress	.108
Faktoren für die Krebsentstehung	.109
Außer Kontrolle geraten	.121
Faktoren der Überproduktion	.125

Definition Oxidativer Stress	126
Aus dem Interview mit Raymond Hecht	128

Kapitel 6: Antioxidantien **132**

Ergänzen was fehlt: Die Wirkung von Nahrungsergänzung	138
Antioxidantien auf einen Blick	140
Das körpereigene Abwehrsystem	145
In der Zytostatikatherapie	155
Die Behandlung mit Vitamin C	156
Aus dem Interview mit Thomas Loosch	168
Der Zeolith Klinoptilolith	177

Verzeichnis der Illustrationen

Kapitel 1: Das Mysterium des Alterns **16**

Verkürzung der Telomere mit zunehmendem Alter	29
---	----

Kapitel 2: Miniaturuniversum Zelle **34**

Schema (eukaryotische) Zelle	37
Das Mitochondrium	38
Ablauf der indirekten Zellteilung (Mitose)	42
Krebsentstehung	46

Kapitel 3: Das Immunsystem **48**

Die Zellen des Immunsystems	52
Makrophage und T-Helfer-Zelle bei Virusinfektionen	54
Ein wichtiger Teil des Immunsystems: Der Darmtrakt	57

Kapitel 4: Freie Radikale **62**

Was Nikotin im Herzen bewirkt	70
Haupttodesursachen in Deutschland	78
Ein Freies Radikal in der Atommodelltheorie	92
Schädigung der DNA durch ROS	95

Kapitel 5: Oxidativer Stress **98**

d-ROMs Test Messwerte bei soliden Tumoren und Leukämie/Lymphomen	111
Die Entstehung arteriosklerotischer Ablagerungen	112

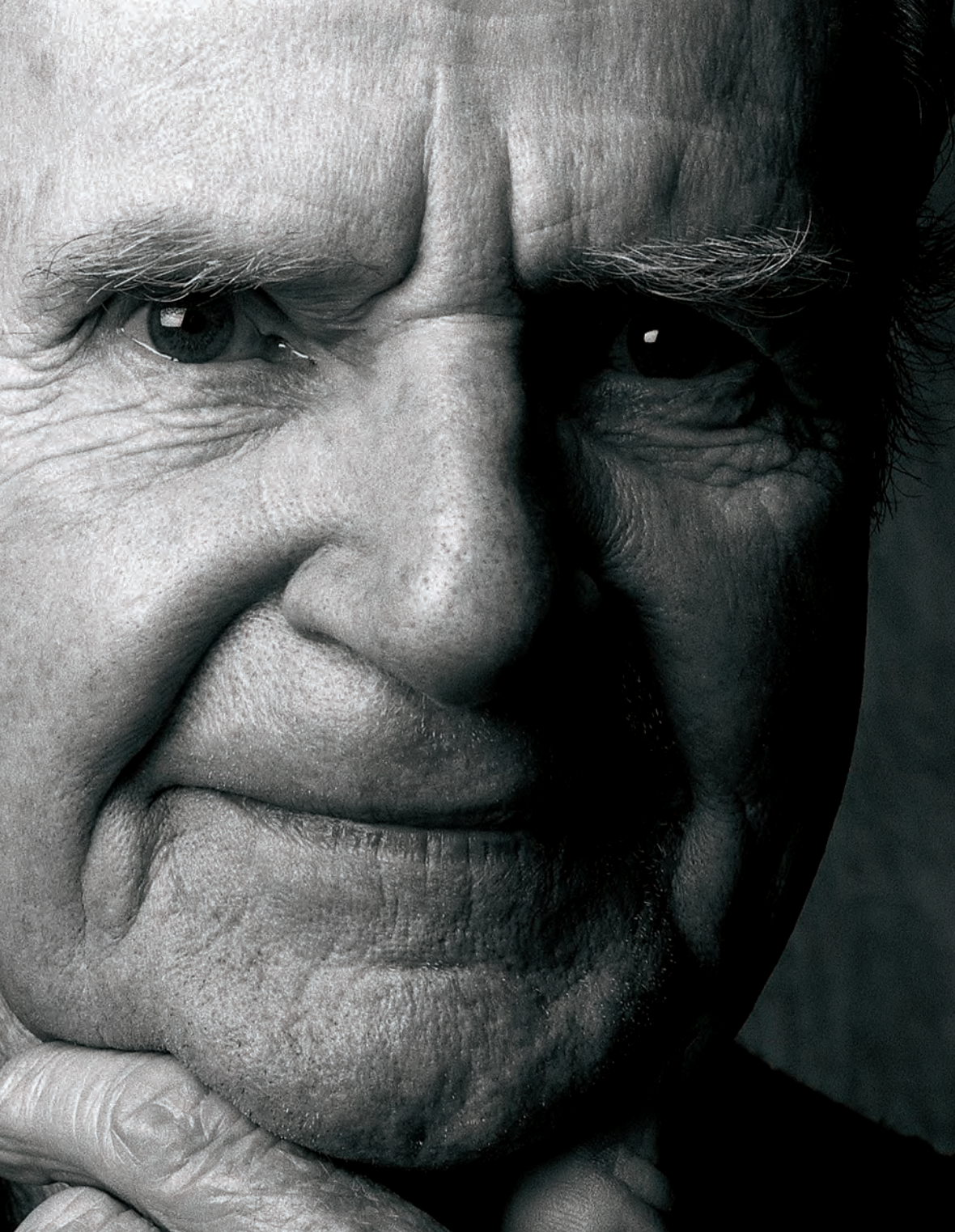
Die Wirkung von Insulin	114
Folgekrankheiten des Diabetes mellitus	116
Belastung durch Freie Radikale bei Radsportlern, 150 km Rad-Rennen	127
d-ROMs Test: Messwerte vor und nach aerobischer Aktivität	127

Kapitel 6: Antioxidantien **132**

Modell der Wirkung von Antioxidantien	139
Oxidative Beschädigungen an Molekülen	144
Balance zwischen Produktion und Abwehr	146
Die Bedeutung der Nahrungsergänzung	168
Der SiO ₄ - Tetraeder	171
Multivalent Kieselsäure	173
Ionenaustauscher Zeolith	179

1

Das Mysterium des Alterns





Bis heute gehen Forscher davon aus, dass ein Alter von 120 Jahren die höchste theoretisch überhaupt erreichbare Lebensspanne darstellt. Einzelne Genetiker (wie z. B. Michael Jazvinski) hingegen behaupten mutig, dass in der Folgezeit auch das heutige Maximum für das natürliche Altern, sprich das Ende der Teilung unserer Zellen, sich wesentlich verlängern könnte: Nicht nur seine Prognosen gehen davon aus, dass wir ein Alter von bis zu 400 Jahren erlangen können. Zu verdanken ist dies der Wissenschaft, die das Verständnis über Zellteilung, die Entschlüsselung des menschlichen Genoms voran gebracht hat sowie Möglichkeiten auf der Spur ist, nachhaltig auf die Funktion der Telomerase ([↑ Glossar](#)) einzuwirken.

Der Traum vom ewigen Leben ist uralt und lebt - mehr oder weniger - in jedem Menschen. Ganz ist dieses Ziel noch nicht erreicht, aber im Verhältnis zu unseren Vorfahren, besitzen wir eine wachsende Lebensspanne. Betrug die durchschnittliche Lebenserwartung zur Zeit der alten Römer 22 Jahre und zu Anfang des 20. Jahrhunderts noch etwa 47, so liegt sie heute, zu Beginn des dritten Millenniums wesentlich darüber: Der durchschnittliche Amerikaner erreicht mittlerweile eine Lebensspanne von 76 Jahren, der Japaner von 77 und der Italiener von 78 Jahren. Jeder vierte, der zwischen 1946 und 1964 geboren ist, hat heutzutage die Chance 100 Jahre alt zu werden. Die Neugeborenen von heute werden es wohl sogar auf 120 Jahre bringen. Doch nicht nur die Zahl der Jahre fasziniert die Menschen seit jeher, auch die Möglichkeit, im Alter jung und dynamisch sein zu können. Wer wollte nicht wie der Pianist Vladimir Horowitz noch mit über 80 Jahren berauschende Klavierkonzerte geben oder fit sein wie der amerikanische Astronaut John Glenn, der 77-jährig noch einmal einen Flug ins Weltall unternahm, um sich für Altersstudien im schwerelosen Raum testen zu lassen.

Das Faszinierende am Alter ist, dass der Mensch eine Fülle an Lebenserfahrungen mit sich bringt. Das Berauschende an der Jugend ist ihre körperliche hohe Belastbarkeit und der rege Geist, mal ganz abgesehen von der Schönheit glatter Haut und wohlgeformter Muskulatur. Das, was sich bislang ausschloss gemeinsam zu genießen, ist der Traum der Menschen. Ganz entscheidend für den Gewinn an Jahren werden für die "jungen und dynamischen Alten" von morgen demnach auch folgende Aspekte sein:

- Worin besteht der Sinn und somit woraus besteht die Lebensqualität des Alters?
- Welche ökonomischen Möglichkeiten bietet die Gesellschaft der Zukunft?

All dies sind natürlich wichtige Themen, die mit Sicherheit nicht auf die Biologie der Zelle zu reduzieren sind. Sie ziehen viel weitere Kreise, umfassen Politik, Gesellschaft, ganze Werteverständnisse.

Entgegen diesen bewegenden Gedanken beharrt die Mehrzahl der Biologen weiterhin auf der Meinung, dass

Altern und Tod unausweichlich sind, denn die Natur hatte kein Motiv dafür, uns unsterblich zu machen. So, als wenn es der Natur nur wichtig war, dass wir unseren genetischen Code weitergeben und so die Art erhalten wird.

Gesundheit und Alter

Auch die alten Römer hätten durchschnittlich 78 Jahre leben können. Einzelne haben diese Zeitspannen auch damals schon erreicht. Die anderen, die Mehrheit, ist an bakteriellen oder viralen Infektionen oder Verblutungen gestorben. Heute werden derartige Erkrankungen standardmäßig entweder chirurgisch zum Stillstand gebracht oder mit entsprechenden Arzneien wie Antibiotika oder Virostatika geheilt.

Bei der Vision vom langen Leben verdrängt jeder diese Gedanken. Aber: Was biologisch in den Zellen programmiert ist, wird nur realisierbar, wenn keine akute oder chronische Krankheit die Lebenserwartung wesentlich mindert oder nach kurzer Zeit bereits zum Tode führt. Zu den bedeutendsten Faktoren, die in positiver oder negativer Hinsicht die durchschnittliche Lebenserwartung beeinflussen, zählen:

1) Infektionen, durch Bakterien

Infektionen waren früher oft ein sicheres Todesurteil. Sie überrollten schlimmer als eine Kriegsarmee die Bevölkerung und ließen ganze Landstriche vereinsamen. Eine große Bedeutung für das Ende dieser Schreckensherrschaft brachte die Entdeckung des Penicillins durch *Alexander Fleming* im Jahre 1928. Zahlreiche todbringende Erkrankungen konnten besiegt werden, wie z. B. Infektionen nach der Geburt, nach operativen Eingriffen, Entzündungen der Lunge und des Herzmuskels.

Einen heftigen Dämpfer ihrer Euphorie erlitten Mediziner und Wissenschaftler dann jedoch zu Beginn des 21. Jahrhunderts: Denn inzwischen sind zahlreiche der bislang beherrschten Erregerarten "intelligent" geworden, d.h., sie haben ihren Schutz gegen Antibiotika verbessert und damit wiederum das eigene Erreger-Überleben gesi-



Die Wahrheit ist:

*Wir leben heute nicht länger,
weil wir anders altern son-
dern weil wir anders leben
bzw. leben können.*

chert - sehr zum Leidwesen der Menschen. Der Grund: Bakterien mutieren nach längerer Antibiotika-Einnahme. Sie werden resistent oder andersherum: Das Antibiotikum verliert seine Wirkung. Ein anderer, mindestens genauso schwerwiegender, wenn nicht sogar noch stärker entscheidender Grund für die steigende Resistenz der Erreger ist der kritiklose Konsum von Antibiotika selbst bei kleinsten Infekten.

Was bedeutet es, wenn Erreger resistent werden? Die Keime können ungehindert ihren Eroberungszug im Organismus durchsetzen. Schlimmer noch, durch die Ausscheidungen werden resistente Keime in das Abwasser und damit in die Umwelt abgegeben. Darin sehen Forscher ein gefährliches Potential, das uns in Zukunft Epidemien größeren Ausmaßes bescheren kann, derer man dann nicht mehr so schnell Herr werden wird. Die gegen Antibiotika resistente Keime stellen bereits heute bei Krankenhaus-Infektionen ein großes Problem dar.

2) Viruserkrankungen

Zahlreiche Viruserkrankungen galten noch im vergangenen Jahrhundert als todbringend. Besonders stark betroffen waren stets die Kleinsten: Die Säuglings- und Kindersterblichkeit war enorm hoch. Nach der Entdeckung der Impfstoffe im vorigen Jahrhundert wurde auch das Wüten dieser Erreger verringert: Pocken, Kinderlähmung und Keuchhusten wären ohne sie niemals besiegt worden.

Heute bedrohen eine Reihe neuer Viruserkrankungen die Menschheit, wie z. B. Hepatitis B und C, HIV, Ebola und in neuester Zeit die Creutzfeld-Jakobs-Krankheit. Bislang sind für diese noch nicht die entsprechenden Therapien und erfolgreichen Impfstoffe entwickelt worden. Aber auch für jede einzelne dieser Geißeln der Menschheit wird es eines Tages eine Lösung geben.

Eines der augenscheinlich großen Probleme der bakteriellen und viralen Infektionen ist das Nord-Süd-Gefälle in Hinblick auf die Finanzkraft und damit auf die realen Behandlungsmöglichkeiten. Wenn wir davon sprechen, dass die durchschnittliche Lebenserwartung auf 78 Jahre angestiegen ist, dann meinen wir damit die reichen Länder, in denen der Gesundheitsschutz hoch entwickelt ist,

Schutzimpfungen zur Verfügung stehen, Antibiotika eingesetzt werden, eine bessere Diagnostik zur Verfügung steht und chirurgische Eingriffe rechtzeitig vorgenommen werden.

3) Chirurgische Methoden

Der Fortschritt bei den chirurgischen Methoden hat die Möglichkeiten zur Heilung von Gefäßerkrankungen, von Entzündungsprozessen und von traumatischen Folgeerkrankungen stark erweitert. Viele Eingriffe, die heute zum Standard jeder chirurgischen Abteilung zählen, waren noch vor wenigen Jahrzehnten unerreichter Traum. Auch die verbesserten Möglichkeiten der anschließenden Versorgung des Operierten minderten das Risiko enorm.

4) Moderne Diagnostik

Eine bessere Diagnostik ermöglicht schließlich einen früheren und zielgerichteten Einsatz von Heilmaßnahmen. Es ist heute möglich, sich ein umfassendes Bild von den Schäden oder Funktionsschwächen eines Organs zu machen, bevor invasive Eingriffe oder medikamentöse Therapien bereits begonnen haben.

5) Verbesserte Geburtshilfe

Einen besonderen Beitrag zur Verlängerung der durchschnittlichen Lebensdauer und zum Anheben der Lebensqualität wurde durch die verbesserte Geburtshilfe und pränatale Diagnostik (Kontrolle der Entwicklung des Kindes schon in der Gebärmutter) erreicht. Die Möglichkeit der Ultraschallkontrolle des Ungeborenen und verbesserte hygienische Bedingungen sowie medizinische Ausbildungen für normale oder operativ durchgeführte Geburten haben die Säuglings- und Müttersterblichkeit erheblich gemindert. Infektionen wie das gefürchtete Kindbettfieber konnten eingedämmt oder schnell durch die entsprechende Antibiotikabehandlung unter Kontrolle gebracht werden.

Kasten 1.1

Fazit: Gesundheit und Alter

Dank den Errungenschaften der Forschung ist es bis heute gelungen, die durchschnittliche Lebenserwartung zu vervierfachen. Dennoch ist nicht zu bestreiten, dass uns eine Reihe bislang unheilbarer Krankheiten vor weiterführende Aufgaben stellen. Diese Krankheiten, die früher wenig bekannt waren (manche sind lediglich überliefert auf Gemälden alter Meister oder beschrieben in alten Schriften), beeinträchtigen ganz erheblich die Lebenserwartung und die Lebensqualität. Hierzu zählen Krebs, chronische Herz-, Autoimmun-, degenerative und psychische Erkrankungen. Zahlreiche dieser Leiden waren früher unbekannt, weil die Menschen vor Manifestation der Symptome an Infektionen verstorben waren. Erst die gestiegene Lebenserwartung und das gestiegene Durchschnittsalter der Menschen gibt diesen Krankheiten Raum zur Entfaltung.

Außer viralen oder bakteriellen Infektionen, welche in der Regel nur unbehandelt zum Tode führen, stellen heute Karzinome und chronische Herzleiden 50 % Todesursachen dar. Die übrigen chronischen Krankheiten sind anzufinden im Bereich des zentralen Nervensystems wie Multiple Sklerose, Alzheimer und andere autoimmune oder degenerative Erkrankungen des zentralen Nervensystems.



Die Zelle bildet eine eigene, komplexe Welt. Im 2. Kapitel ab Seite 36 erfahren Sie mehr dazu.

Warum müssen Zellen altern?

Ein Mensch ist so alt, wie er sich fühlt. Darin steckt sehr viel Wahrheit. Körperliche und geistige Gesundheit sowie Einfühlungsvermögen vermitteln ein gutes Lebensgefühl. Und: Der Mensch sehnt sich nach ewiger Jugend. Dass bis heute ein Zurückdrehen der Uhr oder gar ein dauerhaftes Stoppen des programmierten Alterungsprozesses nicht möglich ist, beschert vielen Menschen sogar psychische Probleme: Obwohl das Altern sprichwörtlich so alt wie das Leben ist, wehren sich viele vehement gegen diese Tatsache.

Erschwerend kommt hinzu, dass der Begriff "Alter" nicht einheitlich gebraucht wird. Wenn wir an den Alterungsprozess denken, dann sprechen wir über das natürliche Absterben der Zellen oder das Ende ihrer Fähigkeit zur Teilung bzw. die Erneuerung der Zelle. Im Laufe der Jahre häufen sich zufällige Defekte an den Bausteinen

des Lebens. Besonders betroffen davon sind die Erbsubstanz, Proteine, Kohlenhydrate und Lipide. Dieser Prozess setzt nicht erst ab einem gewissen Alter ein. Er geschieht von Jugend an, doch irgendwann werden die Selbstreparaturmechanismen des Körpers mit den Defekten nicht mehr fertig. Nach und nach beeinträchtigt dies schließlich Funktionen von Zellen, Geweben, Organen und ganzen Organsystemen. Die Folge: Der Organismus wird einerseits anfälliger für Krankheiten, zum anderen mehrten sich die typischen Alterserscheinungen und es kommt zu Leistungseinbußen.

Die Ursachen für die Defekte an den biologischen Molekülen sind vielfältig. Unglücklicherweise sind gerade die Prozesse, die für uns lebenserhaltend sind, auch ausgerechnet jene, die uns schaden. So entstehen bei der regulären Zellatmung in den Mitochondrien (das sind die Kraftwerke der Zellen) höchst aggressive Sauerstoffradikale. Diese Freien Radikale produzieren enorme Strukturschäden, die jedoch größtenteils von den Zellen selbst repariert werden können - allerdings nicht immer.

Altern bedeutet für viele Menschen, dass sie anfälliger werden für heute typische Krankheiten wie Krebs, Diabetes, Alzheimer, Herzleiden und so weiter. Allerdings sind diese Erkrankungen nur die heute auftretenden Begleiterscheinungen des Alterns und sind nicht zwingend damit verbunden. Man sollte sie also mit den Alterungsprozessen der Zellen nicht gleichsetzen. Diesen Erkrankungen wird die Wissenschaft und die Medizin über kurz oder lang Herr werden, wie sie schon viele früher todbringende Ursachen behoben hat (siehe oben). Doch davon wäre der Prozess des Alterns nicht ebenfalls aus der Welt geschaffen. An die Stelle der jetzigen Krankheiten betagter Menschen würden mit großer Wahrscheinlichkeit andere treten. Und irgendwann einmal werden es die natürlichen physiologischen Funktionsgrenzen sein, also z. B. ein Zusammenbruch des Kreislaufs, die das Leben beenden. Bis heute gilt die biologische Wahrheit, dass mit dem Anzünden der Lebensma-

Kasten 1.2**Alterungserscheinungen**

- Verlust von Muskel- und Knochenmasse
- Rückgang der Reaktionsschnelligkeit
- Minderung des Seh- und Hörvermögens
- Verminderte Hautelastizität



Forscher gehen davon aus, dass die Sauerstoffradikale allmählich und irreparabel das Erbgut der Mitochondrien und damit die Zellatmung beschädigen. Im Laufe der Zeit gelingt es den Zellen immer weniger, das reguläre Zusammenspiel von Molekülen für wichtige Körperfunktionen noch aufrechtzuerhalten. Freie Radikale entfalten ihre schädigende Wirkung nicht nur in den Mitochondrien sondern auch an anderen Orten in den Zellen. Lesen Sie mehr dazu in Kapitel 4 ab Seite 64.

schine zugleich auch die Zündschnur für ihre Vernichtung entfacht wurde. Das heißt, obwohl das Altern unausweichlich geschieht, existiert dafür kein genetisches Programm. Die Mechanismen der Evolution würden eine Auslese spezieller Gene für einen physiologischen Abbau nach festgelegtem Zeitplan auch gar nicht zulassen. Gene sind dafür verantwortlich, dass es zu einer Informationsweitergabe an die nächste Generation kommt, dass sich z. B. aus einer befruchteten Eizelle ein seinerseits fortpflanzungsfähiges Lebewesen entwickelt. Wäre dies nicht so, würde ein Fortbestand der Art genetisch verankert nicht möglich sein. Ist die fruchtbare Phase der Lebenszeit allerdings überschritten, sind die Evolutionsmechanismen geradezu blind gegenüber ebenfalls genetisch verankerten Wirkungen, egal ob diese dem Organismus nützen oder ihm schaden oder einfach nur belanglos sind. So findet man regelmäßig bei schweren Krankheiten z. B. eine Beteiligung von Hormonen, die in der Jugend bei Wachstums- und Entwicklungsprozessen wichtig sind. Bei der Erkrankung hingegen fördern sie die zerstörerischen Prozesse. Wenn es auch keine direkten Geneinwirkungen auf das Alter gibt, so beeinflussen doch zahlreiche Erbanlagen verschiedene Prozesse des Alterns. Das Altern ist gewissermaßen Randerscheinung von Wachstum und Entwicklung. Das ist auch der Grund, warum es bislang keine klaren Angriffsflächen gibt, um gegen Alterungsprozesse oder z. B. verschiedene spezielle Krankheiten vorgehen zu können. Zu viele Gene, zu viele biologische Vorgänge spielen große und kleine Rollen beim Alterungsprozess und bei Krankheiten. Weil alles so außergewöhnlich komplex ist, existieren heute zahlreiche Definitionen, die sich um eine Annäherung an das Mysterium Alter bemühen.

Theorien über den Zelltod

1) Theorie 1 handelt vom *programmierten Zelltod*: Zellen, die in einer Nährkultur wachsen, verdoppeln sich nach einer scheinbar festgelegten Anzahl. Das bedeutet, in den Zellen existiert ein Programm, das eine bestimmte Anzahl an Teilungen vorschreibt. Im Anschluss daran

Index

A

Abeta 119
 Adsorption 102, 164, 176-177, 195, 228
 Adsorption 176, 196
 Alkoholismus 75
 Aluminium 171, 175
 Alzheimer 22-23, 30-31, 119, 141, 143, 157, 187, 205, 217, 220
 Ammoniak 177-178, 180, 196-197
 Amyloid Beta-Peptid 119
 Antibiotika 19-21, 58, 67
 Antikörper 52, 54-57, 76, 117, 121, 197-198
 Antimetabolite 155
 Antioxidantien 3-4, 6, 32, 71-72, 83, 105-106, 113, 120-121, 124-128, 134, 139-142, 144-158, 163-164, 166-167, 169-170, 184-185, 219
Primäre 142
Sekundäre 139
Tertiäre 142
 Apfel 83
 Apoptose 29-31, 36, 138, 154-155, 166, 198, 202
 Arteriosklerose 95, 112-113, 117-118, 137, 141, 143, 145, 150, 157
 Asthma bronchiale 118
 Atommodell 92
 ATP 64, 89-90, 95, 108, 199, 202
 Autoimmunerkrankung 58, 114
 Autoimmunologische Theorie 27
 Autooxidationsreaktionen 140

B

b-Carotin 3, 126, 140, 142, 144, 146, 158, 160, 166
 Blei 68-69, 136, 177-178, 189, 196
 B-Lymphozyten 52, 55
 Borderline 75

Burn out Syndrom 75
 B-Zellen 55-56, 76, 114-115

C

Cadmium 136, 177-178
 Carotinoide 113, 141-142
 Carr 103-105, 107, 111, 127
 Cäsium 177, 180
 Catechin 166, 228-230
 Ceruloplasmin 142, 218
 Chelat-Bildung 147
 Chemolumineszenz-Verfahren 101
 Chrom 137, 176-177
 Chromosom 199-200
 Chromosomen 28-30, 38-39, 42, 199-201, 203
 Crash-Diät 137
 Curcumin 166

D

Darm 56-58, 124, 137, 160, 173, 178-179, 185, 187
 Darmflora 57-59
 Depression 217
 Diabetes mellitus 71, 113-114, 116, 137-138, 150, 156, 188, 195, 218, 224-225
Typ-1 114
Typ-2 115
 Dialyse 117, 180
 DNA 25, 28, 30-31, 36, 38-39, 43, 46, 60, 64, 71, 83, 86, 88-90, 93-95, 101-102, 108-110, 116-117, 153, 166, 199-201, 203-205, 218, 222-223, 228
 Drogenabhängigkeit 75
 d-ROMs Test 77, 101, 103, 105-107, 111, 125-127, 129, 149, 152, 157, 167, 169

E

EC 166
 ECG 166
 EGC 166
 EGCG 166
 Elektronen-Spin-Resonanz-Spektroskopie
 101-102
 Embryonale Zellen 25
 Emphysem 118
 Entgiftung 178, 185
 Epicatechin 166
 Epicatechingallat 166
 Epigallocatechin 166
 Epigallocatechingallat 166
 Ernährungspyramide 73, 192
 ESR 101-102
 Exspiriumprobe 101-102

F

Flavonoide 142, 147, 185, 217
 FR-Analyse 101, 103, 107
 Free radical diseases 109
 Freie Radikale 6, 23, 50, 64, 82-84, 84-85, 88-89-
 91, 93-94, 96, 100-101, 105, 121, 127-128-129,
 136, 138, 140, 142, 146, 150-151-152, 153, 186-
 188, 193, 214-230
 Fresszellen 53, 55, 84-85, 118, 121, 201

G

Gedächtniszellen 54, 56
 Genort 5Kb 32
 Gewebeschäden 112
 Giardia lamblia 67
 Glattes endoplasmatisches Retikulum 37
 Glutathionperoxidase 26, 126, 142, 145-146
 Golgi-Apparat 37
 Granulozyten 140

GSH 26, 106, 144
 GSHP 142, 145, 154

H

Hämodialyse 118, 180, 196
 Hayflick-Effekt 41
 HDL 96, 113
 Hepatitis 20, 119, 211
 Herpes 119
 Herzinfarkt 71, 112-113, 141, 156, 164
 Heulandite 176
 Histamine 161
 HIV 20, 58, 108, 119, 206, 209-210
 Hormone 26, 74, 125, 189, 198, 202
 Hydroxylperoxid 64
 Hyperoxie 118
 Hypothalamus 27

I

Immunabwehr 51, 53, 57, 60, 66, 69, 87, 137,
 140, 178, 187
 Immunmangelsyndrom 157
 Immunreaktion 50, 52, 55
 Immunsystem 4, 27, 32, 50-53, 56, 58-60, 64-66,
 79-80, 83, 119, 121, 135-136, 141, 173, 186,
 194, 198, 202, 209-210
 Initiation 46, 110, 222
 Ionenaustauscher 176, 179, 196

K

Kanzerogene 79
 Katalase 26, 126, 145-146, 154
 Kationen 92, 175, 177
 Kieselsäure 171-174
 Klinoptilolith 80, 140, 146, 156, 169-170, 175-
 177, 194-197, 202

Knochenmark 52, 55-56
 Kochstein 176
 Kollagen­theorie 27
 Kontakt­dermatitis 120
 körpereigenen 55, 59, 84, 124, 134, 145, 154
 körperfremde 50, 202
 Krebs 22-23, 31-32, 44-46, 50, 58-60, 69-71, 78-80, 83, 89, 95-96, 109-110, 118, 137, 149, 186-187
 Kupfer 113, 119, 140, 142, 176-177, 184, 189

L

LDL 95-96, 108, 112-113, 158, 163, 184, 215, 229
 Leistungssport 76, 87, 185
Leistungssportler 168
 Lexikon 158, 184
 Lipasen 142
 Lipide peroxidation 94
 Lipidperoxid 25
 Lipidperoxidation 94
 Lipidperoxyradikal 143
 Lipoproteine 96, 112, 143
 Luftverschmutzung 68-69
 Lupus erythematoses 108, 120
 Lycopene 140, 158-161, 184, 226
 Lymphe 56
 Lymphknoten 56, 80
 Lymphozyten 50, 52-55, 117, 120
 Lysosomen 37

M

Makrophagen 52-53, 55, 115, 140
 mehrfach ungesättigte Fettsäuren 94
Mufs 94
 metabolisches Syndrom 115
 Methämoglobinbildung 71
 Methionin 142, 156, 185
 Mikroflora 58

Mikrotubuli 37, 200
 Mineralien 79, 121, 126, 136-138, 141, 171, 175
 Mineralstoffe 140, 143, 146, 189
 Mitochondrium 29, 31, 38, 89-90, 145, 202
Mitochondrien 23, 31, 36-37, 64, 86, 89, 108, 140, 174, 202
 Mobbing 75
 Mononukleose 119
 Monozyten 52
 Morbus Crohn 121
 mtDNA 89-90
 Muskelenzyme 125
 Mutagene 30, 79

N

Nieren 75, 116-117, 153, 162, 174, 181, 194
 Nikotin 69-71
 Nitrate 189
 Nukleolus 37
 Nutritive Theorie 26

O

OPC 161, 163-164, 185-186, 227
Oligomere Proanthocyanidine 161, 185
 orgasmusunfähig 71
 Oxidase 165
 Definition Oxidativer Stress 126

P

P53 108, 110, 223
 Parkinson 119, 141, 157, 217-218, 220
 Perhydroxyradikal 91
 Peroxid 84
 Peroxidase 116, 207, 225
 Peroxiddismutase 126
 Pestizide 67, 189

- Pfeiffersches Drüsenfieber 119
 Phagozyten 84
 pH-Wert 51, 105, 179
 Plasmamembran 37
 Plasmazellen 52, 54
 Polymerase 28, 95
 Polyphenole 126, 147, 164-166, 227
 Präeklampsie 118
 Prävention 3-4, 32, 80, 106, 128, 147, 155, 158, 184, 219
 Progression 46, 110, 222
 Promotion 46, 110, 221-223
 Proteasen 125, 142
 Psychische Belastungen 74, 151

R

- Radioaktive Stoffe 67
 Rauchen 60, 70-71, 80, 87, 107
 Rauhes endoplasmatisches Retikulum 37
 Reduktase 142
 Replikation 25, 120
 Rheumatoide Arthritis 107, 121
 Ribosomen 37
 Röntgenstrahlung 140

S

- Säureschutzmantel 51
 Schilddrüsendysfunktion 71
 Schutzimpfung 56
 Selbstmordprogramm 28, 40, 45, 155, 198
 Selen 83, 124, 137, 140-142, 145-146, 156, 186, 221
 Siedestein 176
 Silikat 170, 175, 194
 Siliziumtetraeder 171
 Sjögren Syndrom 120
 SOD 26, 140, 142, 145, 153-154
 Spermatogenese 120

- Spin-Trap-Technik 101-102
 Sport 87, 100, 104, 123, 151, 168-169
 Ausdauersportarten 123
 Kampfsportarten 123
 Kraftsportarten 124
 Schnellkraftsportarten 124
 Spielsportarten 123
 Spurenelement 177, 188
 Spurenelemente 126, 140-141, 178-179
 Sulfoxid 142
 Superoxid 25-26, 84, 145, 198, 201
 Superoxidanion 64, 91, 193
 Superoxiddismutase 26, 142, 145-146, 153
 Suppressorzellen 55

T

- TAS 101, 117, 149
 Tee 4, 162, 164-166, 185, 189
 grüner 164-166
 schwarzer 164-166, 189
 Telomerase 18, 28-30, 167, 203
 Telomerasetheorie 27
 Telomere 27-29, 203
 Thalamus 27
 Theaflavin 165
 Theanin 165-166
 Theorie der freien Radikale 25, 87-88, 148
 Theorie vom Neuroaltern 27
 Thymus 52, 56

U

- Umweltgifte 43, 66, 136
 Unterdrückerzellen 55
 Uracil 30, 155, 199, 203
 Urämie 117-118
 UV-Strahlung 69, 87, 93, 140, 144

V

- Vakuole 37
- Verletzungsrisiko 124
- Vesikel 37
- Vitamine 59, 76, 108, 121, 126, 136-138, 140-141, 143, 161, 186
- Vitamin C* 3, 32, 65, 76, 83, 106, 109, 113, 115, 118, 136-137, 141-144, 156, 158, 161-162, 166, 184, 186-187, 215, 219-220
- Vitamin E* 3, 26, 32, 106, 113, 115, 137, 140, 142-144, 161, 166, 186-187, 217, 219-222, 224-225

W

- Wasserstoffperoxid 64, 85, 91, 94-96, 103, 124, 193, 201
- Weißer Blutkörperchen 52, 201-202

Z

- Zellentheorie 25
- Zelltod 24-25, 28-29, 31, 36, 47, 79, 93, 138, 155
- programmierter Zelltod* 138
- Zeolith 80, 140, 146, 156, 171, 175-179, 193-197, 202
- Zigaretten 69-71, 95, 107
- Zink 59, 124, 140, 146, 176-177, 188
- Zytoplasma 37, 110