



Prof. Dr. Friedrich-Karl Lücke  
Hochschule Fulda  
FB Oecotrophologie  
Marquardstr. 35  
36039 Fulda  
E-Mail: friedrich-karl.luecke@he.hs-fulda.de

## Nr. 3 März 2009

Die Salmonellose ist durch spektakuläre Ausbrüche in Krankenhäusern wieder in den Mittelpunkt des Interesses gerückt. Dieser Artikel fasst neuere Erkenntnisse über die Krankheit und ihre Erreger zusammen und leitet vorbeugende Maßnahmen „vom Stall bis zum Teller“ daraus ab. Unter ungünstigen Bedingungen kann schon die Aufnahme weniger Salmonellen eine Salmonellose auslösen. Die „Basishygiene“ in der Küche (v. a. Personalhygiene und die Trennung „reiner“ und „unreiner“ Arbeitsgänge) hat daher besondere Bedeutung.

# Salmonellen und Salmonellose (Teil 1)

Die Salmonellose ist die bekannteste, wenn auch nicht die häufigste Durchfallerkrankung. Sie bricht aus, wenn Bakterien der Gattung *Salmonella* in ausreichender Zahl den Dünndarm erreichen, sich dort vermehren und die Zellen des Darmepithels schädigen. Das Infektionsgeschehen bleibt normalerweise auf den Darm begrenzt.

Die Salmonellose wird fast ausschließlich über den Verzehr kontaminierter Lebensmittel übertragen. Vorbeugende Maßnahmen gegen Salmonellose müssen daher auf den verschiedenen Stufen der Wertschöpfungskette „vom Acker (bzw. Stall) zum Teller“ ergriffen werden. Der Darminhalt von Nutztieren ist ein „Reservoir“ für Salmonellen. Dabei sind die kontaminierten Tiere normalerweise nicht sichtbar erkrankt, sodass die Salmonellose ohne den Einsatz spezieller Labormethoden weder bei der Bestands- noch bei der Fleischuntersuchung sicher erkannt werden kann. Die Salmonellose ist eine Zoonose, d. h. sie kann vom Tier auf den Menschen und vom Menschen auf das Tier übertragen werden.

### Taxonomisch und diagnostisch wichtige Eigenschaften der Salmonellen [1, 2]

Bakterien der Gattung *Salmonella* gehören zu der Familie *Enterobacteriaceae*, d. h. sie sind Stäbchen, die mit und

ohne Luftsauerstoff vermehrungsfähig sind und im Gram-Test negativ reagieren. Gram-negative Bakterien haben eine äußere Zellwandschicht aus Lipopolysaccharid, wobei die Zusammensetzung der Oligosaccharide auf der Zelloberfläche sehr verschieden sein kann. Diese und andere Oberflächenstrukturen können von spezifischen Antikörpern gebunden werden. Somit kann man Salmonellen mit serologischen Verfahren nicht nur von anderen Arten unterscheiden, sondern auch in verschiedene Serovare einteilen. Man hat etwa 2 500 solcher Serovare beschrieben. Die Unterscheidung der Serovare ist wichtig, wenn man den Weg eines z. B. in einer Stuhlprobe gefundenen Salmonellen-Typs zurückverfolgen will. Sie erfolgt mit Antiseren gegen Strukturen auf dem Lipopolysaccharid (O-Antigene), auf den Geißeln (H-Antigene), den Kapseln (K- oder Vi-Antigene) oder anhand der Empfindlichkeit gegenüber bestimmten Bacteriophagen (Bakterienviren). Zur Feindifferenzierung werden auch Unterschiede im Genom herangezogen, die man z. B. durch Ribotypisierung oder in der Pulsfeld-Gelelektrophorese (PFGE) erfassen kann. Taxonomisch lassen sich nahezu alle lebensmittelhygienisch bedeutsamen Salmonellen der Art *Salmonella enteritica ssp. enteritica* zuordnen. Die im folgenden wie üblich z. B. als *Salmonella* Enteritidis bezeichneten Stämme würden also taxonomisch korrekt

*S. enterica ssp. enteritica serovar enteritidis* genannt werden.

Aus hygienischer Sicht lassen sich unterscheiden

- **wirtsadaptierte** Serovare, beim Menschen vor allem *Salmonella* Typhi und *S. Paratyphi*, bei Legehennen *S. Gallinarum*, *S. Pullorum*, *S. Typhi* und *S. Paratyphi*; verursachen schwere, meist über fäkal kontaminiertes Wasser übertragene Allgemeinfektionen, die aber in Deutschland relativ selten sind.
- **nicht wirtsadaptierte**, sporadisch vorkommende, meist über importierte Futtermittel und Gewürze eingetragene Serovare
- nicht wirtsadaptierte, bei Nutztier und Mensch endemische Serovare, insbesondere *Salmonella* Enteritidis (vorwiegend beim Huhn) und *Salmonella* Typhimurium (vorwiegend beim Schwein).

### Reservoir; Belastung der Rohstoffe

Salmonellen kommen häufig im Darm von Nutztieren vor. Die Bakterien können von dort in bzw. auf Fleisch, Eier und Milch gelangen. Bei erheblichem Stress beim Transport und vor der

#### Glossar:

**Serovare** = Serotyp oder Serovar (Kurzform von Serovarietas) bezeichnet unterscheidbare Variationen innerhalb der Subspezies von Bakterien oder Viren.

Schlachtung besteht auch die Möglichkeit, dass Salmonellen aus dem Darm des lebenden Tiers in die Lymphbahnen gelangen und von dort aus die Muskulatur infizieren [1]. Beim Transport oder bei der Schlachtung können die Bakterien von einem Tier auf andere Tiere übertragen werden. In Erhebungen, die deutschlandweit im Zeitraum zwischen Oktober 2006 und September 2007 durchgeführt wurden, erwiesen sich 12,7 % der untersuchten Schlachtschweine als Träger von Salmonellen (überwiegend *S. Typhimurium*) und 32,3 % als Träger von Antikörpern gegen Salmonellen [3]. Bei Mastputen waren 7,2 % der Tiere und 10,3 % der Herden salmonellen-positiv (überwiegend *S. Typhimurium*, *S. Saintpaul*, *S. Hadar* [4]). In Deutschland sind etwa 30 % der Legehennenbestände kontaminiert, überwiegend mit *S. Enteritidis* [5].

Bei Mängeln in der Schlachthygiene, z. B. durch Fehler beim Ausweiden der Schlachtkörper oder durch Übertragung zwischen den Schlachtkörpern, gelangen Salmonellen auf das Fleisch. Besonders belastet ist Geflügel: Im Jahr 2006 fand man Salmonellen auf 11,5 % der Geflügelfleischproben [6]. „Rotes Fleisch“ (Schwein, Rind, Lamm) erwies sich zwar mit etwa 3 % (Schweinefleisch) bzw. 0,3 % (Rindfleisch) positiver Proben als seltener mit Salmonellen behaftet als Geflügelfleisch, wird aber im Gegensatz zu diesem als Hackfleisch auch roh verzehrt.

Eier waren auf der Schale zu 0,4 %, im Dotter zu 0,06 % mit Salmonellen be-

lastet [6]; sie werden öfter im rohen oder nicht durchgegartem Zustand verzehrt und stellen eine wesentliche Infektionsquelle dar. Bei Eiern überwiegt *S. Enteritidis*, offenbar weil einige Stämme dieses Serovars besonders gut dazu befähigt sind, Legehennen zu besiedeln. Hier kann es in seltenen Fällen auch zu einer primären Kontamination des Ei-Inneren bei der Ei-Bildung kommen.

Salmonellen können über tierische oder menschliche Ausscheidungen auch auf pflanzliche Rohstoffe gelangen. In Monitoring-Programmen der EU erwiesen sich bis zu 7 % der untersuchten Proben von Gewürzen und Kräutern als salmonellenhaltig [7], bei Routineproben von Gewürzen in Deutschland lag dieser Anteil bei etwa 0,7 % [6]. Über Gewürze können somit Salmonellen auch in verzehrfertige Lebensmittel gelangen.

### Grenzwerte für Überleben und Vermehrung

◆ Tabelle 1 lässt erkennen, dass Salmonellen bei den üblichen Garverfahren sowie bei der sachgerechten Pasteurisierung der Milch abgetötet werden und in sachgerecht (unter 7 °C) temperierten Kühlschränken nicht wachsen können, ebenso wenig wie in sauren oder relativ trockenen Lebensmitteln.

Salmonellen können allerdings trotz ungünstiger Bedingungen, wie sie in trockenen Lebensmitteln herrschen,

längere Zeit überleben. Dies zeigen auch eindeutig die Salmonellose-Ausbrüche, die auf den Verzehr trockener Lebensmittel wie Schokolade oder Paprikachips zurückgeführt werden können. Auf bzw. in trockenen Lebensmitteln sind die Salmonellen auch erheblich widerstandsfähiger gegenüber Hitze. In kontaminiertem Milchpulver lassen sich daher Salmonellen kaum durch Hitze inaktivieren, aus Eipulver nur durch sehr lange Lagerzeiten im „Heißbraun“ bei über 55 °C.

In den letzten Jahren hat sich auch herausgestellt, dass durch bestimmte Stress-Situationen Gene aktiviert werden, die das Überleben von Salmonellen unter widrigen Bedingungen (Exposition gegenüber Säure, subletaler Hitze) fördern [8].

### Belastung verzehrfertiger Produkte

Gegarte bzw. pasteurisierte Lebensmittel können dann mit Salmonellen belastet sein, wenn sie bei der anschließenden Abkühlung und Weiterverarbeitung rekontaminiert werden, z. B. durch mangelhafte persönliche Hygiene nach dem Toilettengang oder durch Kontakt zu kontaminierter Rohware (direkt oder indirekt über Küchengeräte und Arbeitsflächen). Diese Gefahr besteht insbesondere bei küchenmäßig zubereiteten Salaten, Desserts und Konditoreiwaren. Bei Rohwurst und Rohmilchkäse hängt das Risiko des Überlebens von Salmonellen von der Reifung ab, wobei sowohl die mikrobielle Säuerung als auch die Zeit eine Rolle spielen. Dies wird veranschaulicht durch Ausbrüche von Salmonellosen durch den Verzehr kurzge-reifter Rohwurst (Zwiebelmettwurst). Hier ist die Reifezeit so kurz, dass die Salmonellenbelastung gegenüber dem Ausgangsmaterial kaum vermindert wird. Bei einem gemeldeten Ausbruch durch Verzehr von Minisalami war offenbar die Herstellung mit Oberflächenschimmel in Verbindung mit der kurzen Trocknungszeit ein zusätzlicher Risikofaktor, da dies zu einem höheren pH-Wert auf der Oberfläche und besseren Bedingungen für das Überleben der Salmonellen führte [9]. Bei sach-

Parameter	Ausprägung	
Hitzeresistenz (bei hoher Wasseraktivität) (Erläuterung der Begriffe am Ende des 2. Teils)	Dezimale Reduktionszeiten: bei 65 °C maximal 0,25 Minuten, bei 70 °C maximal 0,08 Minuten bei z = 10 °C bzw. 0,025 Minuten bei z = 5 °C.	
Minimaltemperatur für Vermehrung in Lebensmitteln	ca. 7 °C	
Minimaler pH-Wert für die Vermehrung*, eingestellt mit	Milchsäure	4.0–4.5
	Essigsäure	4.5–5.0
Minimaler a <sub>w</sub> -Wert für die Vermehrung, eingestellt mit NaCl	0,95	

\*Anhaltswerte; genauer Wert hängt von der Konzentration der undissoziierten Säure ab

Tab. 1: Grenzbedingungen für Vermehrung und Abtötung von Salmonellen

gemäß gereiften schnittfesten Rohwürsten kann man von einer Verringerung der Salmonellenbelastung gegenüber dem Brät um etwa 2 Zehnerpotenzen ausgehen [10].

## Minimale Infektionsdosis

Oft haben sich Salmonellen im Lebensmittel vermehrt, bevor es zu einer Salmonelleninfektion kommt. Bei kurzer Verweildauer im Magen, hohem Magen-pH oder entsprechender Empfindlichkeit des Verbrauchers kann die minimale Infektionsdosis aber unter 100 Salmonellen liegen. Daher haben auch Schokolade, Paprikachips und unsachgemäß (d. h. nicht mit sprudelnd kochendem Wasser) aufgebrühter Kräutertee mit Anis schon Salmonellosen verursacht, wobei besonders Kinder betroffen waren [11, 12, 13].

## Inkubationszeit und Symptome

Symptome treten meist 12 bis 36 Stunden nach Verzehr des salmonellenhaltigen Lebensmittels auf, wobei je nach aufgenommener Salmonellenzahl Inkubationszeiten zwischen ca. 5 und 72 Stunden liegen können. Symptome sind wässriger Durchfall, Bauchschmerzen, oft verbunden mit leichtem Fieber, Übelkeit und Kopfschmerzen. Die Krankheit klingt normalerweise nach zwei Tagen ab, sofern es nicht – vor allem bei Risikogruppen wie älteren Personen – zu Komplikationen kommt, die bis zu einer Infektion verschiedener Organe außerhalb des Darms gehen können. Die Sterblichkeit an Salmonellose liegt bei etwa 0,1 % der Salmonellose-Erkrankungen, sie kann aber in der Gruppe der über 65-Jährigen deutlich ansteigen. Die Therapie erfolgt symptomatisch durch Ausgleich des Flüssigkeits- und Elektrolytverlustes; eine Chemotherapie ist nur bei sich abzeichnendem systemischen Verlauf der Krankheit (Ausbreitung der Salmonellen im Gesamt-Organismus) indiziert.

## Pathogenitätsfaktoren

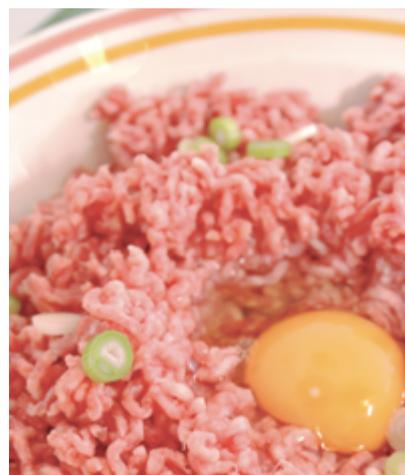
Wenn sie die Magenpassage in ausreichender Zahl überleben, vermehren sich Salmonellen im Dünndarm, lumen,

heften sich an die M-Zellen des Darmepithels und besiedeln von dort andere Enterozyten. Die Symptome kommen dadurch zustande, dass sich die Salmonellen in den Enterozyten vermehren und Enterotoxin freisetzen. Dieses wiederum stimuliert die Adenylat-Cyclase und der dadurch steigende Spiegel von cyclischem Adenosinmonophosphat (cAMP) führt zu einer verstärkten Chlorid-Sekretion im Kryptenbereich und sinkender Natriumionen-Absorption im Zottenbereich und somit zu Durchfall. Normalerweise (in mehr als 95 % der Fälle) werden die Salmonellen nach Freisetzung in die *Lamina propria* durch Phagozyten aufgenommen und inaktiviert, sodass es bei einer lokalen Entzündung bleibt, die ebenso wie der Durchfall nach etwa zwei Tagen vorüber ist. In einigen Fällen ist rheumähnliche Arthritis (REITER-Syndrom) als Spätfolge einer Salmonelleninfektion beschrieben worden [1].

Pathogenitätsfaktoren der Salmonellen sind somit das Enterotoxin, ein weiteres hitzelabiles Toxin (Cytotoxin), Adhäsionsfaktoren (Oberflächenstrukturen, mit denen sie sich an die Wirtszelle anheften, z. B. Fimbrien), Invasionsfaktoren, Siderophore (zur besseren Eisen-Absorption) sowie Lipopolysaccharid („Endotoxin“). Die Gene für die meisten Virulenzfaktoren sind auf sog. „Pathogenitätsinseln“ lokalisiert [14], d. h. sie sind in bestimmten Bereichen des Bakterienchromosoms zusammengefasst.

Man muss damit rechnen, dass infizierte Personen noch drei bis sechs Wochen nach Abklingen der Symptome Salmonellen ausscheiden und daher gemäß Infektionsschutzgesetz erst anschließend bzw. nach drei aufeinander folgenden negativen Stuhlproben wieder mit verderblichen Lebensmitteln umgehen dürfen.

In jüngerer Zeit werden zunehmend auch *S. Typhimurium*-Stämme gefunden, die gegen mehrere Antibiotika resistent sind [vgl. 15]. Vor diesem Hintergrund hat u. a. das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) wiederholt gefordert, Antibiotika bei der Tierhaltung nur zur Behandlung kranker Tiere,



Besonders durch Salmonellen belastet sind rohes Hackfleisch und Eier.

nicht aber für die sogenannte „Metaphylaxe“ einzusetzen [16]. Die EFSA [17] hat sich klar gegen eine weitere Verwendung von Antibiotika zur „Metaphylaxe“ gegen Salmonellen in Geflügelbeständen ausgesprochen.

## Salmonellose in Deutschland: Epidemiologische Daten

In Deutschland schwankt die Zahl der gemeldeten Fälle von Salmonellose seit 2004 etwa zwischen 52 000 und 56 000 (2007: 55 400), was etwa 65 Fällen pro 100 000 Einwohnern entspricht [18]. Für Deutschland nimmt man an, dass die Zahl der tatsächlichen Fälle etwa zehnfach höher liegt. Auf der Basis des Nachweises von Antikörpern in Humanblutproben wurde für Dänemark abgeschätzt, dass dieser Wert nochmals mit dem Faktor 15–30 zu multiplizieren ist, um die Zahl derjenigen zu ermitteln, deren Immunsystem sich jemals mit Salmonellen auseinandergesetzt hat [19].

◆ Tabelle 2 gibt eine Übersicht über Lebensmittel, deren Verzehr häufig Salmonellose ausgelöst hat und über die risikoerhöhenden Faktoren. Dabei darf allerdings das Risiko durch bestimmte trockene Lebensmittel, auf denen Salmonellen gelegentlich überleben können (z. B. Kräuter, Gewürze, Schokolade) nicht außer Acht gelassen werden.

Risikoprodukte	Faktoren, die das Risiko erhöhen	
Speisen, die rohe/nicht durchgegartes Eier enthalten	Häufiges Vorkommen von <i>S. Enteritidis</i> in Legehennenbeständen; Verzehr oft roh oder halbroh	
nicht durchgegartes zerkleinertes Fleischwaren wie Bratwurst, Frikadellen	Vorkommen von Salmonellen (vor allem in Schweinefleisch)	Salmonellen gelangen beim Zerkleinern des Fleisches ins Produktinnere
roh verzehrtes Hackfleisch		Vermehrung der Salmonellen bei unzureichender Kühlung
schwach gesäuerte, frische Rohwürste vom Typ „Zwiebelmettwurst“		Vermehrung der Salmonellen bei unsachgemäßer Reifung; auch bei korrekter Reifung keine wesentliche Verminderung der Salmonellenbelastung
nicht durchgegartes Geflügelfleisch	Häufiges Vorkommen von <i>S. Enteritidis</i>	
Salate (insbesondere Nudelsalate u. ä.)	Handhabung (Personalhygiene!), Kreuzkontamination; häufig zu hohe Temperaturen bei der Zubereitung und Lagerung von Salaten aus vorgegarten Zutaten	
Desserts	Gefahr der Rekontamination, oft mangelhafte Kühlung	

Tab. 2: Klassische „Risiko-Lebensmittel“ bezüglich Salmonellen

Literatur

- Kleer J. *Salmonella*. In: Sinell H-J (Hg): Einführung in die Lebensmittelhygiene, 4. Auflage. Parey, Stuttgart (2004)
- Tschäpe H, Bockemühl J (2002) Lebensmittelübertragene Salmonellose in Deutschland. Bundesgesundheitsbl 45: 491–496
- BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung) (2008a): Grundlagenstudie zur Erhebung der Prävalenz von Salmonellen in Mastschweinen. [http://www.bfr.bund.de/cm/208/grundlagenstudie\\_zur\\_erhebung\\_der\\_praevalenz\\_von\\_salmonellen\\_in\\_mastschweinen.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/208/grundlagenstudie_zur_erhebung_der_praevalenz_von_salmonellen_in_mastschweinen.pdf). Zugriff 15.05.2008
- BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung) (2008b): Grundlagenstudie zur Erhebung der Prävalenz von Salmonellen in Truthühnerbeständen. URL: [http://www.bfr.bund.de/cm/208/grundlagenstudie\\_zur\\_erhebung\\_der\\_praevalenz\\_von\\_salmonellen\\_in\\_truthuehnerbestaenden.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/208/grundlagenstudie_zur_erhebung_der_praevalenz_von_salmonellen_in_truthuehnerbestaenden.pdf). Zugriff 15.05.2008
- EFSA (European Food Safety Authority) (2007) Report of the Task Force on Zoonoses Data Collection on the Analysis of the baseline study on the prevalence of *Salmonella* in holdings of laying hen flocks of *Gallus gallus*. The EFSA Journal (2007) 97
- Hartung M (Hg) (2007) Epidemiologische Situation der Zoonosen in Deutschland im Jahr 2005. Bundesinstitut für Risikobewertung, Berlin, 306 S. URL: [http://www.bfr.bund.de/cm/238/epidemiologische\\_situation\\_der\\_zoonosen\\_in\\_deutschland\\_im\\_jahr\\_2005.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/238/epidemiologische_situation_der_zoonosen_in_deutschland_im_jahr_2005.pdf). Zugriff 15.05.2008
- EFSA (European Food Safety Authority) (2006) The Community Summary Report on Trends and Sources of Zoonoses, Zoonotic Agents, Antimicrobial resistance and Foodborne outbreaks in the European Union in 2005. The EFSA Journal 94: 3–288.
- Humphreys S, Stevenson A, Bacon A, Weinhardt AB, Roberts M (1999) The alternative sigma factor, sigmaE, is critically important for the virulence of *Salmonella typhimurium*. Infect Immun 67: 1560–1568
- RKI (Robert Koch-Institut) (2008b) *Salmonella*-Panama-Erkrankungen: Zu einem überregionalen Ausbruch bei Kindern durch Minisalami-Sticks. Epidem Bull 5: 35–38
- Lücke FK (2000) Fermented meats. In: The microbiology safety and quality of food (Lund BM, Baird-Parker AC, Gould GW, eds.) Chapter 19, pp. 420–444. Aspen Publ., Gaithersburg, Md., USA.
- Lehmacher A, Bockemühl J, Aleksi S (1995) Nationwide outbreak of human salmonellosis in Germany due to contaminated paprika and paprika-powdered potato chips. Epidemiol Infect 115: 501–511
- RKI (Robert Koch-Institut) (2002) *Salmonella Oranienburg* in Schokolade: Internationaler Ausbruch von Oktober bis Dezember 2001. Epidem Bull 3: 17–20
- Koch J, Schrauder A, Alpers K, Werber D, Frank C, Rabsch W, Broll S, Feil F, Roggentin P, Bockemühl J, Tschäpe H, Ammon A, Stark K (2005) *Salmonella Agona* outbreak from contaminated aniseed, Germany. Emerg Infect Dis 11: 1124–1127
- Haraga A, Ohlson MB, Miller SI (2008) *Salmonellae* interplay with host cells. Nature Rev Microbiol 6: 53–66
- Humphrey T (2001) *Salmonella Typhimurium* Definite Type (DT) 104: a multi-resistant *Salmonella*. Int J Food Microbiol 67: 173–186 <http://europe.ilsa.org/publications/Report+Series/SalmonellaTyphimuriumDT.htm>
- BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung) (2004) Weniger Antibiotika, mehr Hygiene. URL: <http://www.bfr.bund.de/cd/5705>. Zugriff: 15.05.2008
- EFSA (European Food Safety Authority) (2004) Opinion of the Scientific Panel on Biological Hazards on a request from the Commission related to the use of antimicrobials for the control of *Salmonella* in poultry. The EFSA Journal 115: 1–76
- RKI (Robert Koch-Institut) (2008a) Jahresstatistik meldepflichtiger Infektionskrankheiten 2007. Epidem Bull 16: 126–132
- EFSA (European Food Safety Authority) (2008) Scientific opinion of the Panel on Biological Hazards on a request from the Commission on a quantitative microbiological risk assessment on *Salmonella* in meat: Source attribution for human salmonellosis from meat. The EFSA Journal 625: 1–32

„Ernährungslehre und -praxis“, ein Bestandteil der „Ernährungs Umschau“. Verlag: UMSCHAU ZEITSCHRIFTENVERLAG GmbH, Sulzbach/Ts. Zusammenstellung und Bearbeitung: Dr. Eva Leschik-Bonnet, Deutsche Gesellschaft für Ernährung, Dr. Udo Maid-Kohnert, mpm Fachmedien (verantwortlich).