

Erwin Märtlbauer  
Heinz Becker (Hg.)

# Milchkunde und Milchhygiene



utb 8664



### **Eine Arbeitsgemeinschaft der Verlage**

Böhlau Verlag · Wien · Köln · Weimar

Verlag Barbara Budrich · Opladen · Toronto

facultas · Wien

Wilhelm Fink · Paderborn

A. Francke Verlag · Tübingen

Haupt Verlag · Bern

Verlag Julius Klinkhardt · Bad Heilbrunn

Mohr Siebeck · Tübingen

Nomos Verlagsgesellschaft · Baden-Baden

Ernst Reinhardt Verlag · München · Basel

Ferdinand Schöningh · Paderborn

Eugen Ulmer Verlag · Stuttgart

UVK Verlagsgesellschaft · Konstanz, mit UVK/Lucius · München

Vandenhoeck & Ruprecht · Göttingen · Bristol

Waxmann · Münster · New York



Erwin Märtlbauer  
Heinz Becker (Hg.)

# Milchkunde und Milchhygiene

131 Abbildungen  
96 Tabellen

Verlag Eugen Ulmer Stuttgart

**Dr. Heinz Becker**, Fachtierarzt für Milchhygiene, Zusatzbezeichnung „Qualitäts- und Umweltmanagement im Lebensmittelbereich“; Approbation 1979. Von September 1979 bis September 2013 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Hygiene und Technologie der Milch der Ludwig-Maximilians-Universität München, ab 1980 Leitung der Mikrobiologischen Abteilung des Lehrstuhls mit Schwerpunkt Nachweis pathogener und saprophytärer Mikroorganismen in Milch und Milcherzeugnissen; 1981 Promotion. Seit 1983 Tätigkeit teils als Mitglied, teils als Obmann in verschiedenen lebensmittelmikrobiologisch ausgerichteten Gremien des Internationalen Milchwirtschaftsverbandes (IDF), des Deutschen Instituts für Normung (DIN), der International Organization for Standardization (ISO) und des Europäischen Komitees für Normung (CEN). Seit Oktober 2013 im Ruhestand.

**Prof. Dr. Dr. h. c. Erwin Peter Märtlbauer**, Fachtierarzt für Milchhygiene. Studium der Tiermedizin, Ludwig-Maximilians-Universität München, Tierärztliche Fakultät. Staatsexamen und Approbation 1982, Promotion 1988 und Habilitation 1992. Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Hygiene und Technologie der Milch von 1983 bis 1991 und von 1992 bis 1993 bei der r-Biopharm AG in Darmstadt im Bereich Forschung. Seit Oktober 1993 Universitätsprofessor und Inhaber des Lehrstuhls für Hygiene und Technologie der Milch der Ludwig-Maximilians-Universität München. Leiter der Fachgruppe Milchhygiene des Arbeitsgebietes Lebensmittelhygiene der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft. Forschungsschwerpunkte: Lebensmittelmikrobiologie, Lebensmittelinfektionen und -intoxikationen, Immunchemie.

**Wichtiger Hinweis:** Wie jede Wissenschaft ist die Veterinärmedizin ständigen Entwicklungen unterworfen. Neue Forschungsergebnisse erweitern unsere Kenntnisse, insbesondere auch im Bereich der Milchwissenschaft. Bei den Daten in diesem Werk darf der Leser zwar darauf vertrauen, dass Autoren, Herausgeber und Verlag große Sorgfalt darauf verwendet haben, dass diese dem Wissensstand bei Fertigstellung des Werkes entsprechen. Für die Richtigkeit und die Aktualität einzelner Angaben kann vom Verlag

jedoch keine Gewähr übernommen werden. Autoren und Verlag fordern jeden Benutzer auf, ihm etwa auffallende Ungenauigkeiten im allgemeinen Interesse dem Verlag mitzuteilen.

Geschützte Warennamen (eingetragene Warenkennzeichen) werden nicht immer besonders kenntlich gemacht. Aus dem Fehlen eines solchen Hinweises kann also nicht geschlossen werden, dass es sich um einen freien Warennamen handelt.

### **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

© 2016 Eugen Ulmer KG  
 Wollgrasweg 41, 70599 Stuttgart (Hohenheim)  
 E-Mail: [info@ulmer.de](mailto:info@ulmer.de)  
 Internet: [www.ulmer.de](http://www.ulmer.de)  
 Lektorat: Sabine Mann, Sabine Bartsch  
 Herstellung: Jürgen Sprenzel  
 Umschlaggestaltung: Atelier Reichert, Stuttgart  
 Umschlagbild: © BillionPhotos.com / fotolia.com  
 Satz: Bernd Burkart; [www.form-und-produktion.de](http://www.form-und-produktion.de)  
 Druck und Bindung: Neografin, Martin, Slowakei  
 Printed in Slovakia

UTB-Band-Nr. 8664

ISBN 978-3-8252-8664-4 (Print)

ISBN 978-3-8385-8664-9 (E-Book)

# Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	10
----------------------	----

## 1 Geschichte und wirtschaftliche Bedeutung der Milch und Milchprodukte

SUSANNE NÜSSEL UND ERWIN MÄRTLBAUER

<b>1.1 Geschichte</b> .....	11	1.2.3 Der Weltmarkt Milch .....	16
<b>1.2 Wirtschaftliche Bedeutung</b> ...	13	1.2.4 Milcherzeugerpreise hängen von vielen Faktoren ab .....	17
1.2.1 Die Entwicklung der Milchproduktion in Deutschland .....	13	1.2.5 Der Verbrauch an Milch und Milchprodukten aus Deutschland .	19
1.2.2 Die Milch – ein wichtiger Wirtschaftsfaktor in Deutschland und der EU .....	14	<b>1.3 Literatur</b> .....	19

## 2 Anatomische, physiologische und biochemische Grundlagen der Laktation

CORNELIA DEEG UND JOHANN MAIERL

<b>2.1 Einleitung</b> .....	21	2.5.1 Drüsenkomplexe .....	32
<b>2.2 Bau der Milchdrüse</b> .....	22	2.5.2 Drüsenepithel .....	34
2.2.1 Drüsenkörper und Hohlraum-system .....	22	2.5.3 Myoepithelien (Korbzellen) .....	35
2.2.2 Zitze .....	23	2.5.4 Ausführungsgangsystem (Zellen, Verzweigung) .....	36
2.2.3 Aufhängung der Milchdrüse .....	24	<b>2.6 Beginn der Milchproduktion (Laktogenese)</b> .....	36
<b>2.3 Versorgung der Milchdrüse</b> ...	26	2.6.1 Einführung .....	36
2.3.1 Blutgefäßversorgung .....	26	2.6.2 Synthese der einzelnen Hauptmilchbestandteile .....	38
<b>2.4 Entwicklung des Euters (Mammogenese)</b> .....	29	<b>2.7 Präkolostrum und Kolostrum</b> .	47
<b>2.5 Feinbau der laktierenden Milchdrüse</b> .....	32	<b>2.8 Aufrechterhaltung der Milchbildung (Galaktopoese)</b> .....	50

<b>2.9</b>	<b>Milchejektionsreflex und die Rolle von Oxytozin</b> .....	52	<b>2.12</b>	<b>Hormone und lokale Faktoren bei der Laktation</b> ...	56
<b>2.10</b>	<b>Blut-Milchschanke</b> .....	53	<b>2.13</b>	<b>Immunabwehr des Euters</b> ....	57
<b>2.11</b>	<b>Rückbildung des Euters (Involution)</b> .....	54	<b>2.14</b>	<b>Literatur</b> .....	59

### 3 Die Zusammensetzung der Milch

WOLF-RÜDIGER STENZEL

<b>3.1</b>	<b>Allgemeines</b> .....	60	<b>3.3</b>	<b>Physikalische Eigenschaften der Milch</b> .....	83
<b>3.2</b>	<b>Milchbestandteile</b> .....	64	<b>3.4</b>	<b>Gesundheitliche Beeinflussungen des Verbrauchers durch Milchinhaltstoffe</b> .....	84
3.2.1	Milchfett .....	64	3.4.1	Kuhmilchallergie (Kuhmilchproteinallergie) .....	85
3.2.2	Milchproteine .....	68	3.4.2	Störung der Laktose- und Galaktoseverwertung .....	86
3.2.3	Kohlenhydrate der Milch .....	73	<b>3.5</b>	<b>Literatur</b> .....	87
3.2.4	Mineralstoffe in der Milch .....	74			
3.2.5	Enzyme in der Milch .....	75			
3.2.6	Hormone in der Milch .....	77			
3.2.7	Vitamine in der Milch .....	78			
3.2.8	Minorbestandteile in der Milch ..	81			
3.2.9	Geruchs-, Geschmacks- und Farbstoffe in der Milch .....	82			

### 4 Eutergesundheit

KLAUS FEHLINGS UND CHRISTIAN BAUMGARTNER

<b>4.1</b>	<b>Allgemeines</b> .....	89	4.4.4	Streptokokken und Enterokokken.	102
<b>4.2</b>	<b>Zellgehalt als Indikator</b> .....	92	4.4.5	Coliforme und sonstige Enterobacteriaceae .....	104
<b>4.3</b>	<b>Euterentzündungen</b> .....	93	4.4.6	Sonstige Mastitiserreger .....	106
4.3.1	Formen der Mastitis .....	94	4.4.7	Vorkommen und Verteilung von Mastitiserregern .....	108
4.3.2	Dynamik des Mastitisgeschehens .	94	<b>4.5</b>	<b>Maßnahmen zur Bekämpfung der Mastitis</b> .....	109
4.3.3	Mastitisdiagnostik am Tier .....	96	<b>4.6</b>	<b>Wirtschaftliche Verluste durch Mastitiden</b> .....	111
4.3.4	Mastitisdiagnostik im Labor .....	97	<b>4.7</b>	<b>Literatur</b> .....	112
<b>4.4</b>	<b>Mastitiserreger</b> .....	98			
4.4.1	Allgemeines .....	98			
4.4.2	Erregerreservoirs und keimspezifische Verlaufsformen ..	99			
4.4.3	Staphylokokken .....	100			

## 5 Milchgewinnung

CHRISTIAN BAUMGARTNER UND KLAUS FEHLINGS

<b>5.1</b>	<b>Allgemeines</b> .....	115	<b>5.3</b>	<b>Kühlen und Lagern von Milch</b> .	119
<b>5.2</b>	<b>Das Melken</b> .....	117	<b>5.4</b>	<b>Qualitätsmanagement im Erzeugerbetrieb</b> .....	121
5.2.1	Das Melken aus Tiersicht .....	117	<b>5.5</b>	<b>Literatur</b> .....	124
5.2.2	Das Melken aus technischer Sicht .	117			
5.2.3	Das Melken aus hygienischer Sicht	118			

## 6 Qualitätskontrolle der Anlieferungsmilch

CHRISTIAN BAUMGARTNER UND ERWIN MÄRTLBAUER

<b>6.1</b>	<b>Allgemeines</b> .....	125	6.3.4	Privatrechtliche Vereinbarungen und Prozessqualität .....	137
<b>6.2</b>	<b>Milcherfassung</b> .....	125	<b>6.4</b>	<b>Organisation der Qualitätskontrolle</b> .....	138
<b>6.3</b>	<b>Qualität der Anlieferungsmilch</b> .....	127	<b>6.5</b>	<b>Rechtsvorschriften</b> .....	139
6.3.1	Untersuchungsverfahren .....	127	<b>6.6</b>	<b>Literatur</b> .....	140
6.3.2	Bewertung der Milchqualität ....	130			
6.3.3	Monitoring-Programme .....	133			

## 7 Konsummilch

HEINZ BECKER UND ERWIN MÄRTLBAUER

<b>7.1</b>	<b>Allgemeine rechtliche Aspekte</b> .....	141	7.3.3	Als Konsummilch geltende Erzeugnisse .....	144
<b>7.2</b>	<b>Rechtliche Definition von „Milch“</b> .....	142	7.3.4	Bearbeitung der Milch zu wärmebehandelter Konsummilch .	146
<b>7.3</b>	<b>Herstellung von Konsummilch</b> .....	143	<b>7.4</b>	<b>Rechtsvorschriften</b> .....	156
7.3.1	Anforderungen im Erzeugerbereich (Primärproduktion) .....	143	<b>7.5</b>	<b>Literatur</b> .....	159
7.3.2	Anforderungen an den Transport .	144			



## 8 Milcherzeugnisse

HEINZ BECKER UND ERWIN MÄRTLBAUER

<b>8.1 Allgemeines</b> . . . . .	160	<b>8.4 Käse</b> . . . . .	175
<b>8.2 Milcherzeugnisse im Sinne der Milcherzeugnisverordnung</b> . . . . .	161	8.4.1 Definitionen . . . . .	175
8.2.1 Sauermilcherzeugnisse . . . . .	161	8.4.2 Käsegruppen, Standardsorten, Geographische Herkunftsbezeichnungen . . . . .	177
8.2.2 Joghurtherzeugnisse . . . . .	162	8.4.3 Die Herstellung von Käse . . . . .	180
8.2.3 Kefirerzeugnisse . . . . .	164	8.4.4 Mikrobiologische Kriterien . . . . .	187
8.2.4 Buttermilcherzeugnisse . . . . .	165	8.4.5 Rechtsvorschriften . . . . .	187
8.2.5 Sahnerzeugnisse . . . . .	165	8.4.6 Literatur . . . . .	188
8.2.6 Kondensmilcherzeugnisse . . . . .	166	<b>8.5 Rohmilch, Rohmilcherzeugnisse und Direktvermarktung</b> . . . . .	189
8.2.7 Trockenmilcherzeugnisse . . . . .	167	PETER ZANGERL	
8.2.8 Molkenerzeugnisse . . . . .	168	8.5.1 Einleitung . . . . .	189
8.2.9 Milchzuckerzeugnisse . . . . .	169	8.5.2 Abgabe von Rohmilch für den unmittelbaren menschlichen Verzehr . . . . .	190
8.2.10 Milcheiweißerzeugnisse . . . . .	169	8.5.3 Milchverarbeitung am Bauernhof und auf Almen . . . . .	190
8.2.11 Milchmischerzeugnisse . . . . .	169	8.5.4 Rechtsvorschriften . . . . .	197
8.2.12 Molkenmischerzeugnisse . . . . .	170	8.5.5 Literatur . . . . .	198
8.2.13 MilCHFetterzeugnisse . . . . .	171		
8.2.14 Mikrobiologische Kriterien . . . . .	171		
<b>8.3 Butter</b> . . . . .	171		
8.3.1 Definitionen . . . . .	171		
8.3.2 Handelsklassen . . . . .	172		
8.3.3 Herstellung . . . . .	173		
8.3.4 Mikrobiologische Kriterien . . . . .	175		

## 9 Mikrobiologie

<b>9.1 Grundlagen</b> . . . . .	199	9.2.2 <i>Bacillus cereus</i> . . . . .	223
ERWIN MÄRTLBAUER UND HEINZ BECKER		9.2.3 <i>Brucella</i> spp. . . . .	228
9.1.1 Mikroorganismen in Milch . . . . .	199	9.2.4 <i>Campylobacter</i> spp. . . . .	230
9.1.2 Das Wachstum von Mikroorganismen in Milch und Milcherzeugnissen . . . . .	200	9.2.5 <i>Clostridium</i> spp. . . . .	234
9.1.3 Mikrobiologische Untersuchung von Milch und Milcherzeugnissen . . . . .	205	9.2.6 <i>Coxiella burnetii</i> . . . . .	240
9.1.4 Standardisierung . . . . .	219	9.2.7 <i>Cronobacter</i> spp. . . . .	241
9.1.5 Literatur . . . . .	219	9.2.8 Enteropathogene <i>Escherichia coli</i> . . . . .	244
<b>9.2 Pathogene Mikroorganismen und Toxine</b> . . . . .	219	9.2.9 <i>Listeria monocytogenes</i> . . . . .	254
ERWIN MÄRTLBAUER UND HEINZ BECKER		9.2.10 <i>Mycobacterium</i> spp. . . . .	260
9.2.1 Allgemeines . . . . .	219	9.2.11 <i>Salmonella</i> spp. . . . .	264
		9.2.12 <i>Staphylococcus aureus</i> . . . . .	270
		9.2.13 <i>Streptococcus equi</i> subsp. <i>zooepidemicus</i> . . . . .	276
		9.2.14 <i>Yersinia enterocolitica</i> . . . . .	277
		9.2.15 Viren . . . . .	281
		9.2.16 Prion-Proteine . . . . .	283

9.2.17	Mykotoxine	284	9.3.8	Rechtsvorschriften	320
9.2.18	Literatur	286	9.3.9	Literatur	321
<b>9.3</b>	<b>Verderb durch Mikroorganismen</b>	<b>296</b>	<b>9.4</b>	<b>Starter- und Reifungskulturen</b>	<b>321</b>
	PETER ZANGERL			KNUT J. HELLER UND HORST NEVE	
9.3.1	Allgemeines	296	9.4.1	Historische Aspekte	321
9.3.2	Rohmilch	297	9.4.2	Starterkulturen	322
9.3.3	Konsummilch und nicht fermentierte Milcherzeugnisse und Milchmischerzeugnisse	302	9.4.3	Reifungskulturen	330
9.3.4	Dauermilcherzeugnisse	305	9.4.4	Schutzkulturen	332
9.3.5	Fermentierte Milcherzeugnisse und Milchmischerzeugnisse	305	9.4.5	Probiotika	334
9.3.6	Butter	307	9.4.6	Nachweisverfahren für Milchsäurebakterien	335
9.3.7	Käse	308	9.4.7	Bakteriophagen	336
			9.4.8	Rechtsvorschriften	338
			9.4.9	Literatur	338

## 10 Hemmstoffe – Rückstände antimikrobiell wirksamer Substanzen

MADELEINE GROSS UND EWALD USLEBER

<b>10.1</b>	<b>Allgemeines</b>	<b>339</b>	10.3.4	Schädliche Auswirkungen von Hemmstoffen	346
<b>10.2</b>	<b>Herkunft von Hemmstoffen</b>	<b>339</b>	<b>10.4</b>	<b>Nachweis von Hemmstoffen</b>	<b>348</b>
<b>10.3</b>	<b>Rückstände antimikrobiell wirksamer Stoffe</b>	<b>340</b>	10.4.1	Mikrobiologische Verfahren	348
10.3.1	Wirkstoffe und Anwendung	340	10.4.2	Rezeptortests	351
10.3.2	Rechtliche Regelungen	343	10.4.3	Andere Testsysteme	352
10.3.3	Häufigkeit Hemmstoff-positiver Befunde in Anlieferungsmilch und Kontaminationsursachen	345	10.4.4	Bewertung der Methoden	353
			<b>10.5</b>	<b>Rechtsvorschriften</b>	<b>353</b>
			<b>10.6</b>	<b>Literatur</b>	<b>354</b>

## Verzeichnis der Autorinnen

<b>und Autoren</b>	<b>355</b>
--------------------	------------

<b>Quellennachweis</b>	<b>357</b>
------------------------	------------

<b>Sachregister</b>	<b>358</b>
---------------------	------------

## Vorwort

Wohl vor mehr als 10 000 Jahren begann der Mensch die Milch von Ziegen oder Schafen als Nahrungsmittel zu nutzen. In der Alm- oder Alpwirtschaft ist eine sehr ursprüngliche Form der Milchverwertung erhalten geblieben, wenn auch der Großteil der erzeugten Milch heute industriell be- und verarbeitet wird. Weltweit werden jedes Jahr über 750 Millionen Tonnen Milch, das entspricht der eineinhalbfachen Wassermenge des Königssees, produziert und in vielfältiger Form – die Palette reicht von Konsummilch bis hin zum jahrelang gereiften Hartkäse – verzehrt. Milch und Milchprodukte sind somit wesentliche Bestandteile unserer Nahrung, deren hohe Qualität und Sicherheit nur durch das Zusammenwirken aller Beteiligten – vom Landwirt bis hin zum Konsumenten – erhalten und verbessert werden kann. Das vorliegende Buch erklärt, wie Milch entsteht, wie sie zusammengesetzt ist und was sie als Lebensmittel so besonders macht. Es vermittelt einen fundierten Einblick in die Lebensmittelkette Milch und gibt einen Überblick zu den aus Milch hergestellten Produkten sowie den zugrunde liegenden technologischen Prozessen. Ein großer Teil des Buches widmet sich der Qualität und Sicherheit von Milch und Milcherzeugnissen und geht insbesondere auf die Mikrobiologie dieser Lebensmittel ein. Soweit dies nötig ist, werden in den einzelnen Kapiteln auch lebensmittelrechtliche Vorschriften angeführt.

Das Buch wurde in erster Linie für Studierende der Tiermedizin, Landwirtschaft, Lebensmittelwissenschaften und verwandter Fächer geschrieben. Die Autoren haben versucht, den aktuellen und gesicherten Stand der Wissenschaft wiederzugeben, sodass der Text auch als Nachschlagewerk oder zur Auffrischung von Wissen im Berufsalltag bei Herstellung, Vertrieb und Kontrolle von Milchprodukten hilfreich sein kann. Um diesem Anspruch gerecht zu werden, wurden einerseits grundlegende und detaillierte Informationen zusammengestellt, andererseits wurde versucht, Zusammenhänge so zu vermitteln, dass sie jedem, der sich für das Grundnahrungsmittel Milch und die hieraus hergestellten Erzeugnisse interessiert, verständlich sind.

Der Dank der Autoren gilt allen, die zum Gelingen des Buches beigetragen haben. Für das Bereitstellen von Bildmaterial bedanken wir uns insbesondere bei der Landesvereinigung der Bayerischen Milchwirtschaft e. V. und Herrn Dr. Hüfner. Ganz besonderer Dank geht an Frau Susanne Eberhard, Frau Maja Elsner und Frau Dr. Kristina Schauer für die mikrobiologischen Präparate.

Schließlich bedanken wir uns beim Ulmer Verlag, insbesondere bei Frau Sabine Mann, für die sehr angenehme Zusammenarbeit und Unterstützung sowie für das äußerst sorgfältige Lektorat bei Frau Sabine Bartsch.

München, im Mai 2016

Die Autoren

## Widmung

Dieses Werk ist Professor em. Dr. Dr. h. c. Gerhard Terplan (Lehrstuhl für Hygiene und Technologie der Milch der Ludwigs-Maximilians-Universität München, 1972–1993) gewidmet.

# 1 Geschichte und wirtschaftliche Bedeutung der Milch und Milchprodukte

Susanne Nüssel und Erwin Märtlbauer

## 1.1 Geschichte

Der Prozess der Domestikation von Schafen, Ziegen und Rindern setzte vor etwa 10 500 Jahren ein, als Herkunftsregion dieser Nutztiere gilt der nördliche Fruchtbare Halbmond. Wann genau die Nutzung von sogenannten Sekundärprodukten, wie Milch, begann, lässt sich nicht endgültig klären, jedoch lassen archäozoologische Befunde darauf schließen, dass dies bereits in der Frühphase der Domestikation dieser Wiederkäuer der Fall gewesen sein muss. Rückstandsanalysen von Lipidresten in jungsteinzeitlichen Keramikgefäßen belegen die Verwendung von Milch in der Ernährung der Bewohner Anatoliens ab dem 7. Jahrtausend vor Christus und die Herstellung von Käse ab dem 6. Jahrtausend in Zentraleuropa. Die Nutzung der Milch von Wiederkäuern als Nahrungsmittel stellte einen wichtigen Schritt in der Entwicklung einer nachhaltigen Nutzung wertvoller **Tierressourcen** dar. Sie sicherte zudem die Versorgung mit hochwertigem Protein und anderen wichtigen Nahrungsbestandteilen. Da unsere Vorfahren mit dem Erwachsenwerden vielfach die Fähigkeit verloren, Laktase (ein Enzym, das zur Spaltung von Laktose nötig ist) zu produzieren (Laktosemaldigestion, → Kap. 3.4.2), ist anzunehmen, dass die Herstellung von **fermentierten Milchprodukten** ein essenzieller Schritt war, diese Nahrungsquelle effektiver zu nutzen. Damit war zugleich die Möglichkeit einer längerfristigen Aufbewahrung gegeben. Insbesondere der in verschiedenen frühen Kulturen der Alten Welt erbrachte Nachweis der Herstellung von Käse kann als ein äußerst innovativer Prozess betrachtet werden, der zudem beachtliche handwerkliche Fertigkeiten voraussetzte.

Gleichzeitig hat die Verfügbarkeit von Milch eine genetische Mutation gefördert, die dazu führte, dass Laktase lebenslang produziert wird. In den frühen Bauerngesellschaften Zentral- und Nordeuropas, die vorwiegend auf Rinderhaltung setzten, galt diese sogenannte **Laktasepersistenz** als Selektionsvorteil, da der Rohmilchkonsum es ermöglichte, Perioden mit Nahrungsmittelknappheit zu überwinden sowie die Kindersterblichkeit zu reduzieren. Heute ist die Mutation vor allem bei der Bevölkerung Nordeuropas zu finden, aber auch im Mittleren Osten und in bestimmten Gebieten Afrikas und Asiens, in denen Milch traditionell Nahrungsmittel ist.

Die ältesten bildlichen Darstellungen des Melkens stammen aus Mesopotamien und Ägypten (→ Abb. 1.1). Die Wertschätzung von Milch und Milchprodukten fand vielfältigen Ausdruck in der Antike. Beispielsweise hebt Plinius der Ältere die ausgezeichnete Milchleistung der Alpenrinder hervor, während die Schriftsteller Homer, Plato, Vergil und Ovid über den Genuss von Schaf- und Ziegenkäse berichten. Nachweislich gab es im antiken Mittelmeerraum zahlreiche Landschaften, die für ihren Schafs- bzw. Ziegenkäse berühmt waren. Letzterer galt zudem als leichter und verdaulicher als Käse aus der dickeren Schafsmilch und als die würzigste von allen Käsesorten. Milch und Käse fanden ebenfalls Verwendung in der römischen Küche, etwa zur Zubereitung von Kuchen und Soufflés. Auch das Alte Testament enthält zahlreiche Hinweise auf die Bedeutung von Käse als Nahrungsbestandteil. Im 1. Jahrhundert nach Christus beschrieb Lucius Iunius Moderatus Columella in seinem Werk „De re rustica“ die damals bekannten Verfahren der Käseherstellung, an denen sich bis heute kaum etwas geändert hat. Im Mittelalter

**Abb. 1.1**

**Oben:** vermutlich älteste Darstellung des Melkens, sumerisches Tempelfries ca. 3100 v. Chr., Al-Ubaid; © The Trustees of the British Museum;

**rechts:** Reliefdarstellung mit Melkszene, Sarkophag der Prinzessin Kawit, Priesterin der Hathor, Theben, 11. Dynastie (2137–1994 v. Chr.) (Bildquelle: Institut für Ägyptologie und Koptologie LMU München, Sammlung D. W. Müller; Boessneck, 1988)



schließlich begann sich eine vielfältige „Käsekultur“ in Europa auszubreiten, wozu auch die verschiedenen christlichen Orden und Klöster beitrugen. Im 10. und 11. Jahrhundert wurden erstmals die Käsesorten Roquefort, Gruyère und Chester erwähnt und beschrieben, im 15. Jahrhundert wurde der Emmentaler urkundlich erwähnt.

Die Gewinnung und Verarbeitung von Milch erfolgte bis ins 19. Jahrhundert überwiegend durch die meist klein strukturierte Landwirtschaft in handwerklich-traditioneller Weise. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts begannen viele Länder Europas, die Verwertung von Milch und Milchprodukten sowie die Milchwirtschaft allgemein zu intensivieren. Dänemark war Vorreiter bei der Herstellung und Vermarktung von Butter. In Bremen wurde 1874 der „Deutsche Milchwirtschaftliche Verein“ gegründet. Im Deutschen Reich waren 1892 fast 10 Millionen Milchkühe registriert. Mit dieser Entwicklung ging die Gründung zahlreicher Molkereigenossenschaften einher, die gerade für die Weiterverarbeitung und Vermarktung der Erzeugnisse kleiner bäuerlicher Betriebe von großer Bedeutung waren.

Entscheidend für die Entwicklung einer **modernen Milchwirtschaft** war schließlich die wissen-

schaftliche Erforschung der physikalischen, chemischen und mikrobiologischen Vorgänge bei der Verarbeitung von Milch. Bis in die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts basierte die Herstellung von Milcherzeugnissen im Wesentlichen auf überlieferten Erfahrungen. So schrieb bereits Karl der Große äußerste Sauberkeit bei der Käseherstellung vor, aber erst Wissenschaftler wie Luis Pasteur, Robert Koch, Rue Émile-Duclaux und Franz von Soxhlet, um nur einige zu nennen, schufen die **bakteriologischen Grundlagen**, auf denen letztlich unser heutiges Wissen über die qualitativ hochwertige, hygienische und sichere Herstellung von Lebensmitteln beruht. Zur Umsetzung der wissenschaftlichen Erkenntnisse wurde bereits 1876 die erste milchwirtschaftliche Lehr- und Versuchsanstalt Deutschlands in Raden gegründet, auf universitärer Ebene fanden erstmals 1877 in Halle Vorlesungen über Milch und Milchwirtschaft statt. An der Tierärztlichen Fakultät der Universität München wurde ab dem Sommersemester 1917 ein bakteriologischer Milchunternehmenskurs angeboten.

Gleichzeitig wurden ab dem Ende des 19. Jahrhunderts viele Molkereien gegründet. Diese nutzten die wissenschaftlichen Erkenntnisse, um stan-

dardisierte Produkte herzustellen, die sich wiederum durch eine hohe Produktqualität und damit durch eine längere Haltbarkeit auszeichneten. Der Handel mit gesundheitlich unbedenklichen Dauermilchwaren, wie Milchpulver oder Kondensmilch, entwickelte sich rasch.

Ein Meilenstein in Deutschland war der Erlass des **Milchgesetzes** von 1930, das in der Form der ersten Verordnung zur Ausführung des Milchgesetzes bis 1989 in Kraft war und wesentlich dazu beitrug, dass Milch und daraus hergestellte Produkte nicht nur eine hochwertige Quelle für Nährstoffe darstellen, sondern auch zu den sichersten Lebensmitteln überhaupt zählen.

Speziell während und nach den beiden Weltkriegen rückte die Sicherung der Versorgung der Bevölkerung mit Milchprodukten in den Mittelpunkt – aber auch die zukünftige Vermeidung von Kriegen. So wurde bereits 1949 der Europarat gegründet und in 1951 vereinbarten die Länder Belgien, Deutschland, Frankreich, Italien, Luxemburg und Niederlande eine Zusammenarbeit im Bereich Kohle und Stahl auf Basis des sogenannten Schumann-Plans. 1957 wurde mit der Unterzeichnung der Römischen Verträge die Europäische Wirtschaftsgemeinschaft (EWG) gegründet und die Zusammenarbeit auf andere Wirtschaftszweige ausgedehnt. Hier spielte der Bereich Landwirtschaft eine besondere Rolle, denn im Juli 1962 begann die gemeinsame **Agarripolitik der EU** und seitdem entwickeln und kontrollieren die Mitgliedsstaaten gemeinsam die Nahrungsmittelproduktion. Einerseits wurden dadurch in der EWG genügend Nahrungsmittel für den Eigenbedarf erzeugt, andererseits entstand durch die Stützung des Marktes mit der Möglichkeit der Intervention eine Überproduktion als unerwünschte Folge. In den 80er- und 90er-Jahren wurde jedoch begonnen, Überschüsse abzubauen und die Themen Nahrungsmittelqualität, Nachhaltigkeit und Verbrauchersicherheit rückten in den Vordergrund.

## 1.2 Wirtschaftliche Bedeutung

### 1.2.1 Die Entwicklung der Milchproduktion in Deutschland

Die deutsche Agrar- und Ernährungswirtschaft ist eine zentrale Branche der Volkswirtschaft, die für rund 6 % Anteil an der Bruttowertschöpfung steht und die rund 4,5 Millionen Menschen beschäftigt. Die **Ernährungsindustrie** ist der viertgrößte Industriezweig in Deutschland, mit der Milchwirtschaft als stärkster Sparte. In Deutschland werden rund 60 % des Umsatzes in der Landwirtschaft durch die Tierproduktion erzielt. Im Jahr 2013 waren von den ca. 12,7 Millionen in Deutschland gehaltenen Rindern 4,3 Millionen Milchkühe und 670 000 Mutterkühe. Im Vergleich dazu waren vor dem Beginn des zweiten Weltkrieges von den rund 12,1 Millionen im Bundesgebiet gehaltenen Rindern knapp 6 Millionen Milchkühe. Der Zuwachs bei der Milchmenge trotz der sinkenden Zahl der Milchkühe ist der **Steigerung der Milchleistung** zuzuschreiben. So hat sich in den letzten 80 Jahren die Milchleistung nahezu verdreifacht und liegt bei rund 7 400 kg pro Kuh und Jahr. Dies wurde zum einen durch eine gezielte Züchtung zusammen mit der Einführung der künstlichen Besamung ermöglicht. Zum anderen aber leistet das verbesserte Herdenmanagement mit modernen Haltungsbedingungen, einer bestmöglichen

**Tab. 1.1**  
Kennzahlen der Milchproduktion in Deutschland  
(Datenquelle: Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter e. V., Milchindustrie-Verband)

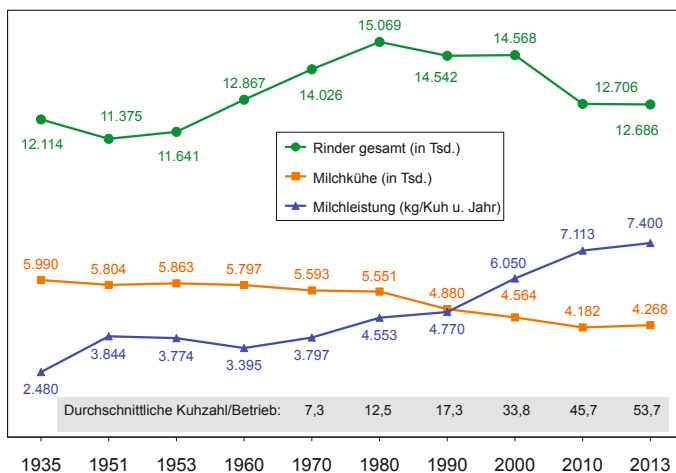
Kennzahl	2014	Trend seit 2000
Milchkühe	4,350 Mio.	sinkend <sup>1</sup>
Milch erzeugende Betriebe	80 000	sinkend
Milch (gesamt)	32,2 Mio. t	steigend
Milchleistung/Kuh	ca. 7 340 Liter	steigend
Produktionswert Milch in 2013	ca. 11,4 Mrd. €	steigend

<sup>1</sup> seit 2010 wieder leicht steigend



Abb. 1.2

Entwicklung der Milchleistung und der Rinderbestände in Deutschland (nur alte Bundesländer)



tierärztlichen Versorgung und einer Optimierung der Fütterung einen wesentlichen Beitrag zur gesteigerten Milchleistung. Für die Milchkuh haltenden Betriebe bedeutete dies eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit und zugleich eine Arbeitserleichterung. Durch die Haltung weniger Kühe bei gleichbleibender Versorgung der Bevölkerung mit Milch und Milchprodukten wurde auch die Belastung der Umwelt reduziert. Von 1980 bis 2013 sank die Zahl der in Deutschland gehaltenen Rinder um 15,8% auf 12,7 Millionen. Bei den Milchkühen lag der Rückgang in diesem Zeitraum sogar bei 23,1% – vor allem wegen des Anstiegs der Milchleistung pro Kuh.

In der EU-28 wurden in 2014 ca. 23,6 Millionen Milchkühe gemolken; das entspricht ca. 18% der in der EU-28 gehaltenen Tiere. Deutschland liegt hier an der Spitze mit 4,3 Millionen, gefolgt von Frankreich mit 3,7 Millionen Tieren. Im Vergleich dazu: in Österreich gibt es rund 0,5 Millionen Milchkühe. Die durchschnittliche Milchleistung von 7240 kg im Jahr 2011 in Deutschland liegt über dem in der EU-27 ermolkenen Schnitt von 6600 kg pro Jahr.

In Deutschland blieb die **Zahl der Milchkühe** in den letzten 10 Jahren nahezu konstant, Frankreich verzeichnet einen Rückgang um 6,3%. In Bayern liegt der Milchkuhbestand bei 1,22 Millionen, gefolgt von Niedersachsen mit 0,85 Millionen und Nordrhein-Westfalen mit 0,42 Millionen

Tieren. Die Rasse Holstein-Schwarzbunt macht knapp 60% der in der Milchleistungsprüfung erfassten Kühe aus, gefolgt von Deutschem Fleckvieh, Holstein-Rotbunt und Deutschem Braunvieh mit zusammen etwa 36% und weiteren Rassen, wie z. B. Jersey oder Allgäuer Braunvieh.

### 1.2.2 Die Milch – ein wichtiger Wirtschaftsfaktor in Deutschland und der EU

Die Milch war 2013 mit 11,4 Milliarden Euro (21,4%) am Produktionswert der Landwirtschaft (Erzeugerpreise) von insgesamt 53,3 Milliarden Euro beteiligt und stellt mit 43,2% den größten Anteil am Produktionswert von 26,4 Milliarden Euro für tierische Produkte in Deutschland dar. Sie ist nicht nur in der landwirtschaftlichen Produktion ein wesentlicher Faktor; wegen ihrer vielseitigen Verwendung in der Ernährungswirtschaft ist Milch für die gesamte Volkswirtschaft von erheblicher Bedeutung. Die Milch- und Molkereiwirtschaft stellt in Deutschland den größten Bereich der Ernährungsindustrie dar.

Die sogenannte **Gemeinsame Agrarpolitik** wird seit über 50 Jahren entwickelt und mit ihr wurde der Agrarbereich komplett in die Zuständigkeit der EU integriert. Das Budget des EU-Haushaltes 2013 beinhaltete ca. 58 Milliarden Euro für die



### Basiswissen 1.1

#### Milch- und Molkereiwirtschaft: Wichtige Organisationen und Definitionen

##### Internationale Organisationen

- EDA (European Dairy Association): Repräsentation der Interessen der Europäischen Milchindustrie gegenüber der EU-Kommission, dem EU-Parlament und den EU-Ministern; Vertretung auch gegenüber internationalen Gremien, wie z. B. dem Codex Alimentarius (WHO, FAO) und der WTO
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations): Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen
- IDF (International Dairy Federation): Internationaler Milchwirtschaftsverband, Dachorganisation der internationalen Milchwirtschaft
- OECD (Organization for Economic Co-operation and Development): Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
- WHO (World Health Organization): Weltgesundheitsorganisation; Sonderorganisation der Vereinten Nationen, gegründet 1948
- WTO (World Trade Organization): Welthandelsorganisation; Nachfolgeorganisation des Allgemeinen Zoll- und Handelsabkommens (GATT), gegründet 1995

##### Nationale Organisationen

- BPM (Bundesverband der Privaten Milchwirtschaft e.V.): Interessenvertretung der privaten Molkereien gegenüber der Politik, der Verwaltung und anderen Verbänden
- DRV (Deutscher Raiffeisenverband e.V.): Engagement für die Interessen der genossenschaftlich organisierten Unternehmen der deutschen Agrar- und Ernährungswirtschaft

- MIV (Milchindustrie-Verband e.V.): zentrale Interessen- und Informationsplattform zum Themenkomplex Milchwirtschaft

##### Definitionen

- *Kieler Rohstoffwert Milch*: Er wird auf Basis der Preise von Magermilchpulver und Butter laufend vom ife Institut Kiel berechnet und stellt die daraus abgeleitete Milchverwertung ab Hof der Milcherzeuger, für Rohmilch mit 4 % Fett und 3,4 % Eiweiß, ohne Mehrwertsteuer dar.
- *Milchäquivalent*: Es ermöglicht die Zusammenfassung von verschiedenen Milchprodukten in einer Größe auf der Basis der Milchmenge, die im Produkt verbraucht wurde.
- *Milchquote*: Sie wurde vom EU-Ministerrat festgesetzt und vom deutschen Zoll überwacht. Sie war das Kontingent bzw. die Menge der Milch, die ein Milcherzeuger im Milchwirtschaftsjahr produzieren durfte. Am 1. April 2015 ist das EU-Milchquotensystem nach 31 Jahren und unzähligen Änderungen ausgelaufen.
- *Spotmilchmarkt*: Ca. 20 % der angelieferten Milch wird von den Unternehmen nicht selber verarbeitet, sondern an andere Molkereien verkauft. Diese bedienen sich spezialisierter Händler im In- und Ausland. Bei diesen Geschäften gibt es keine langfristigen Handelsbeziehungen zwischen zwei Partnern, sondern die Händler vermitteln die Milch je nach Angebot und Nachfrage. Am Spotmarkt sind Veränderungen des Marktes besonders schnell zu spüren.

Landwirtschaft und die Entwicklung des ländlichen Raumes, dies entspricht rund 41 % des Gesamthaushalts von rund 141 Milliarden Euro. Eine funktionierende und nachhaltige europäische Milchwirtschaft ist Ziel der EU und die EU-Kommission beschäftigt sich eingehend mit den Auswirkungen der Marktschwankungen in diesem Bereich. Mit den Luxemburger Beschlüssen in 2003 wurde versucht, die Milchproduktion in der EU zu stärken und auf die Zukunft auszurichten.

Weiterhin ist in der EU-Agrarpolitik mit der Agrarreform ein grundlegender Systemwechsel für den Milchmarkt eingeleitet worden. Der Rückzug des Staates aus der Marktstützung und -stabilisierung ist im Zuge der laufenden, konsequent betriebenen Umsetzung der Reform deutlich spürbar. Die Agrarmärkte unterliegen einer zunehmenden Liberalisierung und Internationalisierung bei einem gleichzeitigen europa- und weltweiten Konzentrationsprozess bei den industriellen Part-



nern, europäischen Wettbewerbern und insbesondere im Lebensmitteleinzelhandel.

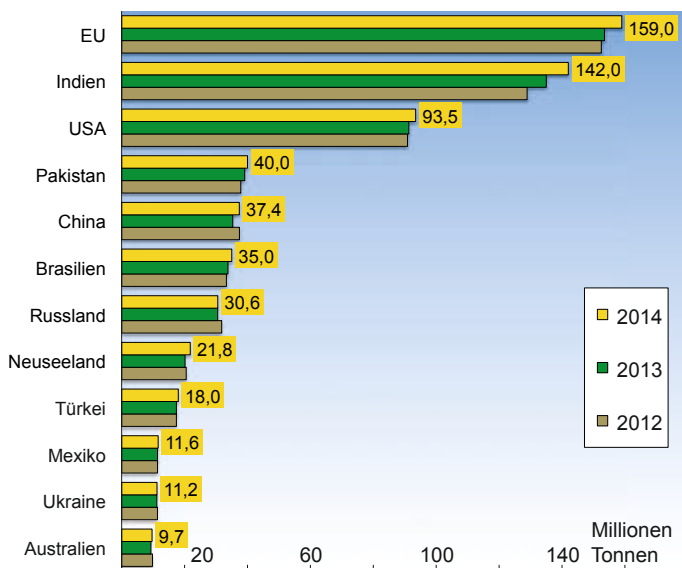
Das 2012 von der EU-Kommission erarbeitete, sogenannte **Milchpaket** soll den Sektor Milch am Markt ausrichten und langfristig gegenüber Marktschwankungen stärken. Das Paket beinhaltet eine Reihe von Maßnahmen, um die Position der Milcherzeuger zu stärken. Beispielsweise wurde durch die Genehmigung von Zusammenschlüssen der Milcherzeuger eine Verbesserung der Verhandlungsmöglichkeiten mit den Molkereien erwartet und eine Erleichterung beim Ausstieg aus der Milchquote in 2015 erhofft. Auch besteht nun die Möglichkeit, in den EU-Mitgliedsstaaten verbindliche, schriftliche Verträge zwischen den Landwirten und den Verarbeitungsbetrieben vorzuschreiben. Während der Laufzeit bis 2025 ist in den Jahren 2014 und 2018 ein Bericht der Kommission über die Marktlage und die Durchführung der Maßnahmen aus dem Milchpaket gefordert, der die Umsetzung und Wirksamkeit prüft und weitere Vorschläge für die Zukunft machen soll. An dieser ausführlichen Beobachtung und Beratung des Milchmarktes durch die EU ist deutlich abzulesen, dass dem Sektor Milch und hier insbesondere der Milcherzeugung eine erhebliche Bedeutung beigemessen wird.

### 1.2.3 Der Weltmarkt Milch

Heute werden weltweit jährlich etwa 750 Millionen Tonnen Milch produziert, davon entfallen 85 % auf Kuhmilch, knapp 11 % Milch stammen von Büffeln und 3 % von Schafen und Ziegen. Dabei nahm die Milchproduktion in den letzten 30 Jahren weltweit um fast 50 % zu, in Asien sogar um rund 240 % von 80 Millionen Tonnen auf 270 Millionen Tonnen. Rund 60 % der **Weltmilchproduktion** werden von den zehn größten Kuhmilch-Produzenten ermolken, wobei die Europäische Union, Indien und die USA führend sind. Neuseeland produziert zwar lediglich 3 % der Weltmilchmenge, ist aber beim Export von Milchprodukten – insbesondere Milchpulver – führend. Die Exporte sind zwischen 2005 und 2015 weltweit um 17 Millionen Tonnen Milchäquivalent gestiegen und haben maßgeblich zum Wachstum der Molkereibranche beigetragen.

Nach der Liberalisierung des Milchmarktes in der EU bestimmt der Weltmilchmarkt weitgehend den **Erzeugerpreis** in allen Teilen der Welt. Hier werden zwar nur ca. 8 % der Gesamtmilchmenge gehandelt, aber die dafür erzielten Preise wirken sich maßgeblich auf die Milchauszahlungspreise in den Regionen aus. Im Jahr 2013 war das Ange-

**Abb. 1.3**  
Die größten Milcherzeuger der Welt



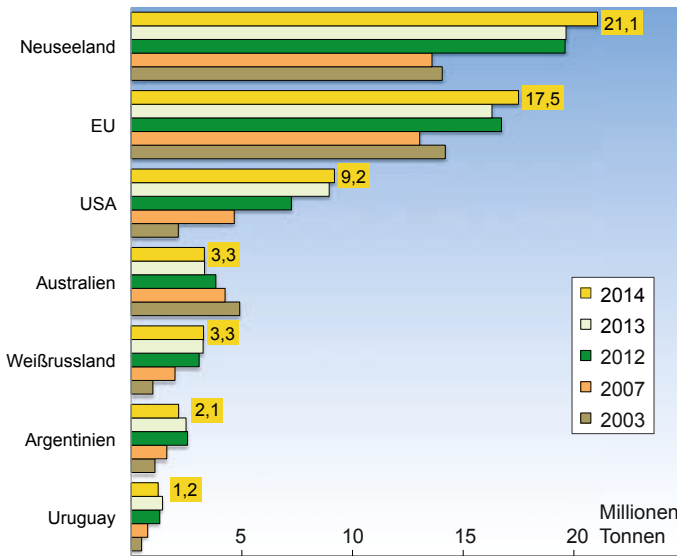


Abb. 1.4  
Die größten Milchexporteure der Welt

bot am Weltmilchmarkt begrenzt, aber die Nachfrage, insbesondere aus China und Russland, stieg gegenüber den Vorjahren. Aktuell ist bei diesen beiden Hauptimporteuren allerdings ein starker Rückgang der Nachfrage festzustellen, was bei einem gleichzeitigen Wachstum der Milchmenge zu einem Preisverfall führt.

Generell gehen OECD und FAO jedoch in ihrem Agrarbericht von 2014 von einem weiteren jährlichen Wachstum des Weltmilchmarktes vor allem bei Milchpulver und weniger bei Butter sowie Käse aus. Der langfristige Trend bleibt positiv (→ Abb. 1.5), da die Nachfrage stärker steigt als die Produktion, wobei diese Prognosen stabile Wetter- und Ernteverhältnisse sowie politische Rahmenbedingungen ohne Verwerfungen voraussetzen.

### 1.2.4 Milcherzeugerpreise hängen von vielen Faktoren ab

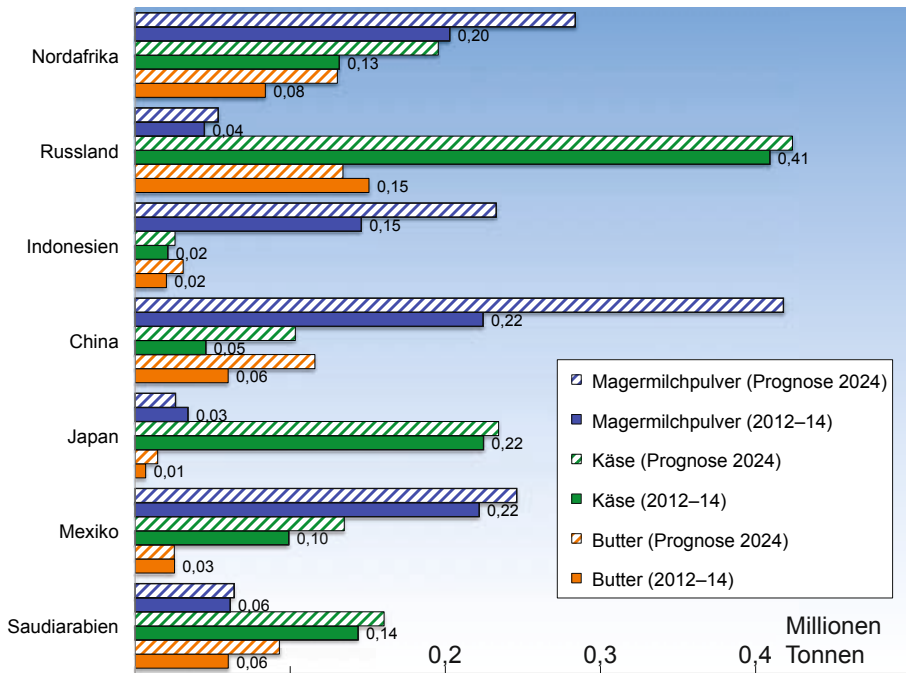
Die Entwicklung der Erzeugerpreise in Deutschland hängt von vielen Faktoren ab. So spielen die Produktionsmengen der Nachbarstaaten ebenso wie die der anderen großen Milchexporteure eine wichtige Rolle. Aber auch das weltweite Angebot an Futter und die inländischen Ernteergebnisse

wirken sich aus. Zunächst reagieren die Spotmilchmärkte auf eine Verschiebung im Markt, dann verändern sich die Preise von **Butter** und **Pulver**. Diese beiden Produkte sind teilweise in langfristigen, aber teilweise auch in kurzfristigen Kontrakten gebunden und werden in großen Mengen im In- und Ausland gehandelt. Das bedeutet, sie geben Marktveränderungen in einem breiten Spektrum wieder und sind dadurch als Marktindikatoren nutzbar. In dem vom Institut für Ernährungswirtschaft in Kiel berechneten, sogenannten Kieler Rohstoffwert Milch spiegeln sich die Schwankungen am Markt gut wider.

Der Erzeugerpreis ist nicht identisch mit dem Kieler Rohstoffwert Milch, da die Molkereiunternehmen in Deutschland eine große Palette der verschiedensten Produkte herstellen und damit nicht notwendigerweise von den Erträgen der Basisprodukte Pulver und Butter abhängig sind. Auch spielt der Wettbewerb um den Rohstoff Milch eine bedeutende Rolle. Gerade die hohe Molkereidichte in Bayern kommt den Milcherzeugern entgegen, da dadurch die Möglichkeit besteht, die Molkerei zu wechseln, wenn Milchauszahlungspreis oder Vertragsbedingungen nicht zufriedenstellend sind.

**Abb. 1.5**

Aktuelle und prognostizierte Importe von Milchprodukten



**Abb. 1.6**

Erzeugerpreise und Kieler Rohstoffwert Milch 2012–2015

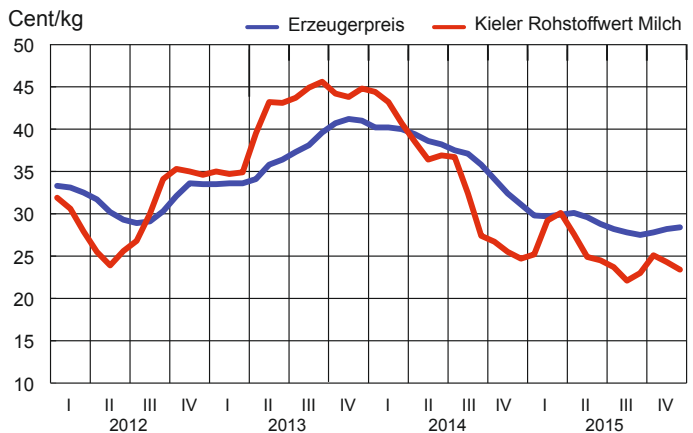
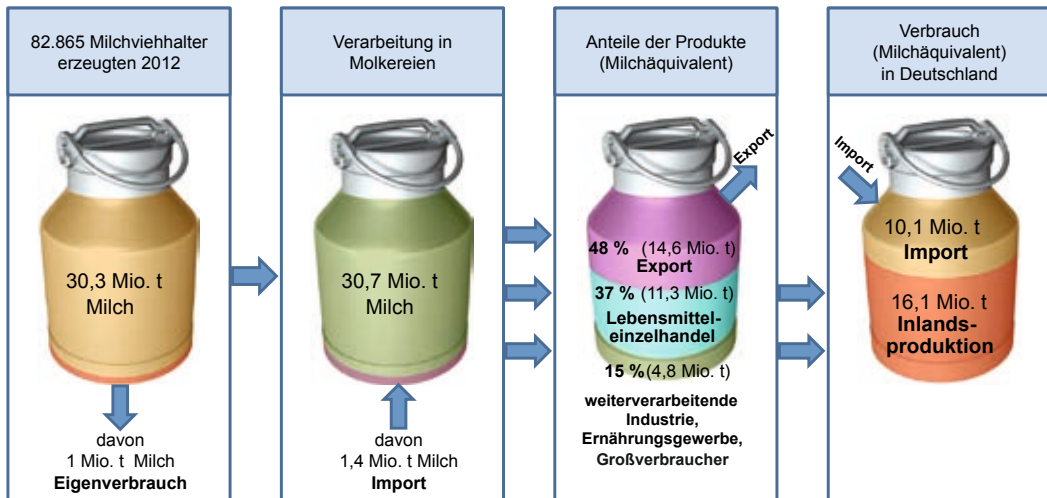


Abb. 1.7

Wohin die Milch in Deutschland fließt



### 1.2.5 Der Verbrauch an Milch und Milchprodukten aus Deutschland

Innerhalb der Europäischen Union ist Deutschland mit etwa 32 Millionen Tonnen jährlich der größte Milchproduzent mit einem Anteil von 4% an der in der Welt erzeugten Milch. Das entspricht knapp 20% der in der EU-27 erzeugten Kuhmilch. Der Großteil dieser Milch (98%) wird in Deutschland an Molkereien geliefert, im EU-Mittel liegt dieser Anteil bei etwas über 90%. Mit knapp 100 Molkereien (147 Betriebsstätten und 34 000 Beschäftigten) werden in Deutschland 26,4 Milliarden Euro pro Jahr umgesetzt. Die Unternehmen verarbeiteten in 2014 rund 32 Millionen Tonnen Milch und stellten daraus 5,2 Millionen Tonnen Konsummilch, 3 Millionen Tonnen Milchfrischprodukte, 2,3 Millionen Tonnen Käse, 1,4 Millionen Tonnen Dauermilcherzeugnisse, 567 600 Tonnen Sahne und 490 200 Tonnen Butter her. Diese Produkte gelangen auf verschiedenen Wegen zu den Verbrauchern. Der größte Teil der Produkte wird exportiert, wobei der wichtigste Markt für Deutschland nach wie vor die EU ist, auch wenn die Exporte in Drittländer stetig steigen. 37% der Produktion werden über den Le-

bensmitteleinzelhandel umgesetzt. Nicht zuletzt durch den steigenden Außerhausverzehr und die Beliebtheit von Convenience-Produkten bei den Verbrauchern gewinnen die Großverbraucher und die Weiterverarbeiter an Gewicht. Der durchschnittliche Bundesbürger trinkt im Jahr knapp 60 Liter Konsummilch und verzehrt ca. 25 kg Käse, 17 kg Joghurt und 6 kg Butter. Gerade im Außerhausverzehr spielen Milch und Milchprodukte eine große Rolle. Der hohe Exportanteil ergibt sich neben den attraktiven Märkten auch aus einem Selbstversorgungsgrad von 107% bei Milch (EU 111%) und 119% bei Käse (EU 102%).

### 1.3 Literatur

- Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter e.V. (Hg.) (2014): Rinderproduktion in Deutschland 2013. Bonn.
- Boessneck, J. (1988): Die Tierwelt des Alten Ägypten: Untersucht anhand kulturgeschichtlicher und zoologischer Quellen. München: C. H. Beck.
- Curry, A. (2013): The milk revolution. Nature 500, 20–22.

- Evershed, R. P., Payne, S., Sherratt, A. G., Copley, M. S., Coolidge, J., Urem-Kotsu, D., Kotsakis, K., Ozdogan, M., Ozdogan, A. E., Nieuwenhuys, O., Akkermans, P. M., Bailey, D., Andeescu, R. R., Campbell, S., Farid, S., Hodder, I., Yalman, N., Ozbasaran, M., Bicakci, E., Garfinkel, Y., Levy, T., Burton, M. M. (2008): Earliest date for milk use in the Near East and southeastern Europe linked to cattle herding. *Nature* 455, 528–531.
- Kielwein, G., Luh H. K. (1979): *Internationale Käsekunde*. Essen: Magnus.
- Kirchner, W. (1898): *Handbuch der Milchwirtschaft*. 4. Aufl., Berlin: Paul Parey.
- Peters, J., von den Driesch, A., Helmer, D. (2005): The Upper Euphrates-Tigris Basin: Cradle of agro-pastoralism? In: Vigne J.-D., Peters J., Helmer D. (Hg.): *The First Steps of Animal Domestication*. Oxford: Oxbow, 96–124.
- Peters, J. (1998): *Römische Tierhaltung und Tierzucht. Eine Synthese aus archäozoologischer Untersuchung und schriftlich-bildlicher Überlieferung*, Rahden/Westf: Leidorf.
- Salque, M., Bogucki, P. I., Pyzel, J., Sobkowiak-Tabaka, I., Grygiel, R., Szmyt, M., Evershed, R. P. (2013): Earliest evidence for cheese making in the sixth millennium BC in northern Europe. *Nature* 493, 522–525.
- Sherratt, A. (1983): The secondary exploitation of animals in the Old World. *World Archeology* 15, 90–104.
- Tishkoff, S. A., Reed, F. A., Ranciaro, A., Voight, B. F., Babbitt, C. C., Silverman, J. S., Powell, K., Mortensen, H. M., Hirbo, J. B., Osman, M., Ibrahim, M., Omar, S. A., Lema, G., Nyambo, T. B., Gori, J., Bumpstead, S., Pritchard, J. K., Wray, G. A., Deloukas, P. (2007): Convergent adaptation of human lactase persistence in Africa and Europe. *Nature Genetics* 39, 31–40.
- Wohlfahrt, M. (2014): *Jahrbuch Milch 2014*. Zentrale Milchmarkt Berichterstattung GmbH (ZMB) Berlin.
- Internetquellen** (in Klammern: letzter Zugriff)
- Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter e.V.: <http://www.adr-web.de/gut-zu-wissen/entwicklung-von-rinderbestaenden-und-milchleistung.html> (09/2015)
- Bauernverband: <http://www.bauernverband.de/milch-rind> (09/2015)
- Europäische Kommission/Landwirtschaft und Ländliche Entwicklung: [http://ec.europa.eu/agriculture/milk/milk-package/index\\_de.htm](http://ec.europa.eu/agriculture/milk/milk-package/index_de.htm) (09/2015)
- ife Informations- und Forschungszentrum für Ernährungswirtschaft e. V.: <http://www.ife-ev.de> (09/2015)
- Milchindustrie-Verband e.V.: <http://www.meine-milch.de> und <http://www.milchindustrie.de> (09/2015)

## 2 Anatomische, physiologische und biochemische Grundlagen der Laktation

Cornelia Deeg und Johann Maierl

### 2.1 Einleitung

Säugetiere haben mit der Laktation eine einzigartige Fähigkeit zur Ernährung ihrer Neugeborenen entwickelt, die sie klar von anderen Tieren abgrenzt. Um die Milchsekretion zu ermöglichen, mussten im Laufe der Evolution zunächst spezifische anatomische, biochemische und physiologische Eigenschaften herausgebildet werden.

Zu den anatomisch notwendigen Entwicklungen zählt die Entstehung und Differenzierung der **Drüsenstruktur des Euters** inklusive des Aufbaus einer Blut-Milchschranke, welche die spezifisch für die Milch gebildeten Substrate nicht ins Blut zurückdiffundieren lässt. Des Weiteren führten biochemische Differenzierungen der sekretierenden Alveolarepithelzellen zu der Fähigkeit, direkt im Euter ganz besondere Kohlenhydrate, Fette und Proteine für die Milch zu synthetisieren. Physiologische Funktionen, wie Hormonwirkungen und StoffwechsellLeistungen, wurden speziell für die Laktation modifiziert. Da die Laktation in erster Linie der Versorgung des Neugeborenen mit Nährstoffen dient, kann anhand der Spezies-spezifischen **Milchzusammensetzung** auf den Bedarf der Jungtiere einer Art geschlossen werden. Beim Rind dient die Versorgung des neugeborenen Kalbs mit der Kolostralmilch außerdem dazu, über den passiven Transfer von Antikörpern einen Schutz vor Infektionserregern in den ersten Lebenswochen zu erzielen. Diese von der Mutter gebildeten und dann übertragenen Antikörper schützen das Kalb in einer Lebensphase, in der das eigene Immunsystem erst zu voller Kompetenz heranreift und deshalb noch keinen ausreichenden Schutz vor Infektionen bieten kann. Das Säugen des Jungtieres führt über den regelmäßigen

Kontakt und die ausgeschütteten Hormone (vor allem Oxytozin) außerdem zu einer engen Bindung zwischen Mutter und Kalb.

Die Milchdrüse ist eine außergewöhnliche Drüse, weil sie kontinuierlich eine **komplexe Mischung von Substraten** verschiedener sekretorischer Pfade sezerniert. So befinden sich im Milchsekret Fetttröpfchen, Caseinmizellen und eine wässrige Phase, die Laktose und komplexe Oligosaccharide enthält. Die Sekretionsprodukte bleiben im Euter gespeichert, bis sie unter der Kontrolle von Hormonen und lokalen Faktoren abgerufen werden. Im Folgenden werden die verschiedenen Phasen der Euterentwicklung beschrieben, die zur Milchsekretion führen.



#### Basiswissen 2.1 Anatomische Fachbegriffe (Abkürzung) und Lage/Richtungsbezeichnungen

- Arteria (A.): Arterie
- Cisterna (C.): Zisterne, Hohlraum
- Lymphonodus (Ln., Lnn.): Lymphknoten
- Musculus (M.): Muskel
- Nervus (N.): Nerv
- Ramus (R.): Ast (eines Blutgefäßes, Nerves)
- Truncus (T.): Stamm (eines Blutgefäßes)
- Vena (V.): Vene
- distal: vom Rumpf weg gerichtet
- dorsal: zum Rücken hin (rückwärts) gerichtet
- kaudal: zum Schwanz hin gerichtet
- kranial: zum Kopf hin gerichtet
- lateral: von der Mittelebene weg gerichtet
- medial: zur Mittelebene hin gerichtet
- proximal: zum Rumpf hin gerichtet
- ventral: zum Bauch hin (bauchseits) gerichtet

## 2.2 Bau der Milchdrüse

### 2.2.1 Drüsenkörper und Hohlraumsystem

Die Milchdrüse (*Mamma*) des Rindes liegt als kompaktes Organ in der Leistengegend und wird als **Euter** (*Uter* oder *Mastos*) bezeichnet (→ Abb. 2.1). Die linke und rechte Hälfte dieser Drüse sind durch eine seichte Furche (*Sulcus intermammarius*) voneinander abgesetzt. Jede Seite besteht aus zwei Drüsenkomplexen (*Glandulae mammae*) mit je einer eigenen Zitze. Zwischen diesen liegt eine mehr oder weniger deutliche Querfurche. Man spricht die vier Drüsenkomplexe auch als **Euter- viertel** an. Die beiden vorderen Viertel werden auch als Bauchviertel bezeichnet; sie sind meist kleiner als die beiden hinteren Schenkelviertel. Größtenteils ist die dorsale Fläche des Euters an die Bauchwand angeschmiegt, weiter kaudal fügt sich das Drüsengewebe zwischen die Oberschenkel ein und wird dadurch seitlich zusammengedrückt. Die äußere Haut im Bereich des Euters ist sehr gut sensibel innerviert und fein behaart. Im Bereich des Drüsenkörpers ist sie gut verschieblich über der Faszie. Die Haut kaudal am Euter, die sich bis zur Vulva erstreckt, wird auch als Milchspiegel bezeichnet; sie weist eine aufrecht gestellte, feine Behaarung auf und bildet zahlreiche Längsfalten (→ Abb. 2.1). An den Zitzen ist die Haut unbehaart

und fest mit den darunter liegenden Schichten verbunden.

Am Querschnitt (→ Abb. 2.2) lässt sich bereits makroskopisch die Gliederung des Gewebes in 1–2 mm große **Läppchen** (*Lobuli glandulae mammae*; lat. *lobulus* = Läppchen) erkennen. Zwischen den Läppchen ist interlobuläres Bindegewebe eingelagert, das bei Tieren mit geringerer Milchleistung oder bei trockenstehenden Tieren stärker hervortritt als bei Tieren mit einer hohen Milchleistung in voller Laktation und einem entsprechend gut ausgebildeten Drüsengewebe.

Bei jungen Tieren sind am juvenilen Euter die Drüsenanteile der Viertel noch durch Fettgewebe voneinander getrennt, das in dieser Phase eine Platzhalterfunktion übernimmt.

Innerhalb der Drüsenläppchen ist auch das intra-lobuläre Bindegewebe bei Tieren in Laktation nur sehr zart ausgebildet. Allerdings ist auch dieser Bindegewebsanteil an der rückgebildeten Milchdrüse bzw. bei Drüsen mit geringer Milchleistung vergleichsweise stärker ausgeprägt.

Eine Drüse mit hohem Bindegewebsanteil fühlt sich auch nach dem Ausmelken derb an. Dieser Tastbefund ist hinweisend auf eine geringe Milchleistung. Neben genetischen Ursachen können auch abgelaufene Euterentzündungen (*Mastitiden*) an einzelnen Vierteln zu einem hohen Bindegewebsanteil führen.

**Abb. 2.1**

Das Euter des Rindes:  
 1 – Milchspiegel,  
 2 – Schenkelviertel,  
 3 – Bauchviertel,  
 4 – *Sulcus intermammarius*

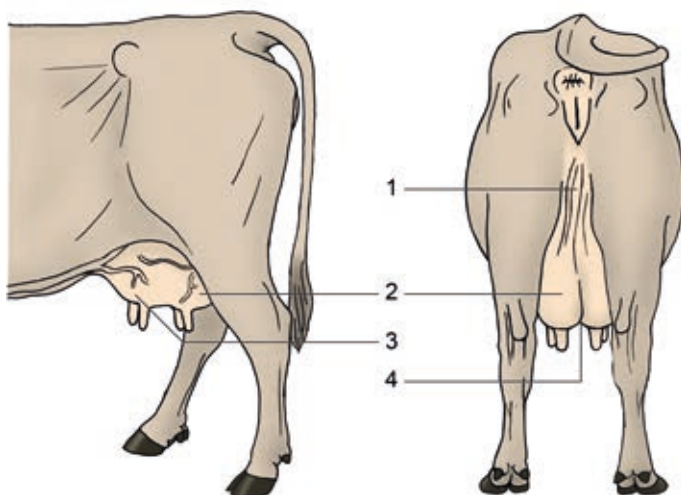
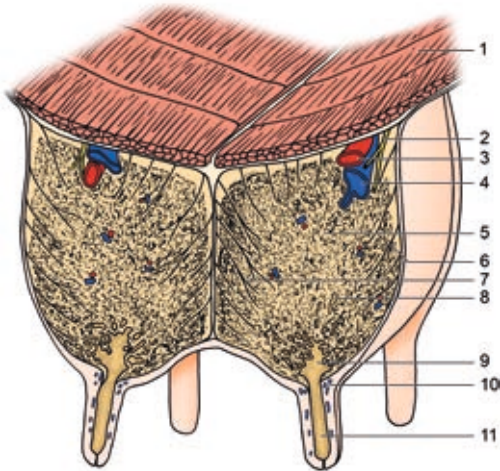




Abb. 2.2

Schematischer Querschnitt durch das Euter des Rindes:

- 1 – gerader Bauchmuskel (*M. rectus abdominis*);
- 2 – *N. genitofemoralis*; 3 – *A. pudenda externa*;
- 4 – *V. pudenda externa*; 5 – Drüsengewebe; 6 – kollagenfaserige Blätter der lateralen Euteraufhängung (*Lamina lateralis*);
- 7 – elastische Blätter der medialen Euteraufhängung (*Lamina medialis*); 8 – Milchausführungsgang (*Ductus lactifer*);
- 9 – Drüsenteil der Zisterne (*Pars glandularis des Sinus lactifer*);
- 10 – Fürstenbergscher Venenring;
- 11 – Zitzenteil der Zisterne (*Pars papillaris des Sinus lactifer*)



Das Hohlraumssystem im Inneren des jeweiligen Drüsenkomplexes ist stark verzweigt und beginnt mit den Milch bildenden Drüsenbläschen, den **Alveolen**. Diese nehmen bei Weitem den größten Raum ein und münden in die kleinen Milchgänge zunächst innerhalb der Drüsenläppchen. Diese vereinigen sich zitzenwärts zu größeren interlobulären Gängen zwischen den Drüsenläppchen. Nahe der Zitze münden die großen Milchgänge (*Ductus lactiferi*) in die **Zisterne** (*Sinus lactifer*), einen großen zusammenhängenden Hohlraum. Sein oberer Abschnitt wird auch als Drüsenteil (*Pars glandularis*) bezeichnet, weil er noch von Drüsengewebe umgeben ist. Er wird vom unteren Abschnitt, dem Zitzenteil (*Pars papillaris*), durch eine Schleimhautfalte abgetrennt, deren Höhe teilweise vom Füllungszustand der zahlreichen Venen (Fürstenbergscher Venenring) abhängt. Diese Falte kann so groß werden, dass sie die Weiterleitung der Milch aus der Drüsenzisterne in die Zitzenzisterne beeinträchtigt.

Das gesamte Hohlraumssystem eines Drüsenkomplexes mündet mit dem **Strichkanal** nach außen. Insgesamt ist die Zisterne, verglichen mit dem Gesamtvolumen des jeweiligen Drüsenkomplexes, relativ klein. Sie fasst mit 100–250 Milliliter in der Regel weniger als 10% des Volumens einer Melkzeit. Das ist deswegen bedeutsam, weil der Milchentzug einen wesentlichen Stimulus für die Milchbildung darstellt.

Neben den Eutervierteln mit ihren Zitzen kommen vor allem an den Schenkelvierteln **akzessorische Zitzen** vor, die unter Umständen mit funktionsfähigem Drüsengewebe verbunden sind. Dies ist unerwünscht, da sich diese zusätzlichen Mammarkomplexe entzünden können oder den Milchentzug stören können, wenn die Nebenzitzen nahe an den Hauptzitzen liegen oder sogar mit diesen verschmelzen (→ Kap. 2.4).

### 2.2.2 Zitze

Die Zitzen (*Papillae mammae*), auch Striche genannt, werden in der Regel etwa 70–90 mm lang. Sie werden wegen ihrer Länge auch **Proliferationszitzen** genannt. Da es allerdings eine große Variation in der Größe, Lage, Gestalt und Richtung der Zitzen gibt, können diese auch deutlich kürzer sein.

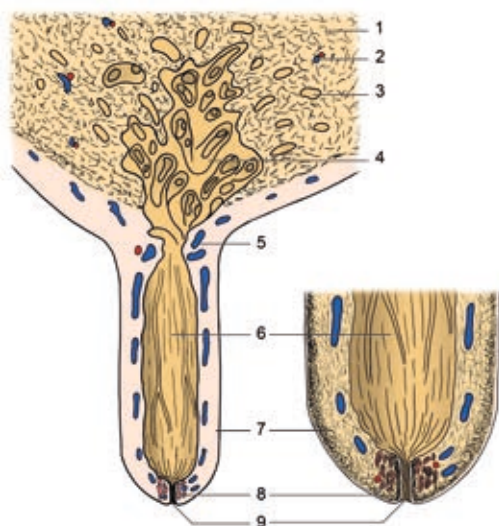
Im Inneren der Zitze befindet sich ein **Hohlraum**, der Zitzenteil (*Pars papillaris*) der Drüsenzisterne (→ Abb. 2.3). Dieser ist an der Zitzenbasis (euter-naher Abschnitt) am weitesten und steht über den Strichkanal (*Ductus papillaris*) mit der Außenwelt in Verbindung. Die Mündung des Kanals (*Ostium papillare*) am unteren Ende der Zitze, die Strichkanalöffnung, ist von einem Epithelwall (0,5–1 mm hoch) umgeben, der für die Bildung des Milchstrahls wichtig ist. Der Strichkanal ist 8–11 mm lang und mit einem mehrschichtigen, verhornten Plattenepithel ausgekleidet. Die Zitzenwand selbst ist im mittleren Abschnitt etwa 6 mm dick.

Die Zitze ist aus mehreren **Gewebsschichten** aufgebaut. Die äußerste ist die unbehaarte, drüsenlose und gut innervierte Haut. Diese stark verhornte Schicht ist ohne Subcutis unverschieblich mit der muskulösen und bindegewebig-elasti-



**Abb. 2.3**

Schematischer Schnitt durch eine Zitze des Rindereuters mit Detailansicht des distalen Abschnitts der Zitze:  
**1** – Drüsengewebe; **2** – Arterie und Vene im Drüsengewebe;  
**3** – Milchausführungsgang (*Ductus lactifer*); **4** – Drüsenteil der Zisterne (*Pars glandularis des Sinus lactifer*);  
**5** – Fürstenbergscher Venenring; **6** – Zitzenteil der Zisterne (*Pars papillaris des Sinus lactifer*); **7** – haarlose Wand der Zitze mit zahlreichen elastischen Fasern und glatter Muskulatur;  
**8** – glatte Muskulatur (*Sphincter papillae*);  
**9** – Strichkanal (*Ductus papillaris*) mit gefältehter Schleimhaut (im vergrößerten Ausschnittsbild leicht gedehnt)



schen Zitzenwand verbunden. Daran schließt sich die mittlere Bindegewebsschicht mit kollagenen und elastischen Fasernetzen sowie glatter Muskulatur an. Von außen nach innen nimmt die glatte Muskulatur zu. Sie ist in Spiraltouren mit unterschiedlicher Steigung angeordnet. Daher erscheint sie weiter außen in Längsrichtung angeordnet, weiter innen zirkulär. Entgegengesetzt zur Dichte der glatten Muskelfasern verhalten sich die elastischen Fasern, die von außen nach innen abnehmen.

In der Wand der Zitze befinden sich zahlreiche muskelstarke Venen, die in der gesamten mittleren Schicht vorkommen. Die größeren Venen dieses Venenplexus liegen aber vor allem submukös. An der Zitzenbasis ist unter der Schleimhaut der sogenannte **Fürstenbergsche Venenring** gelegen. Hier sind in ringförmiger Anordnung groß-

lumige Venen vorhanden, die einer Überdehnung entgegenwirken sollen.

Die gelbliche Schleimhaut als innerste Schicht bildet im oberen Teil durch zahlreiche Falten in unregelmäßiger Anordnung eine gefurchte Oberfläche. Die Falten weiter unten in der Zitze sind eher längs gerichtet und verstreichen, wenn der Zitzenteil der Zisterne ausgeweitet wird.

Im Strichkanal (→ Abb. 2.3) ist die Schleimhaut weißlich mit einem mehrschichtigen, stark verhornenden Plattenepithel, das auf einem ausgeprägten Papillarkörper verankert ist. Dies deutet auf eine entsprechende mechanische Belastung hin.

Zu den verschiedenen **Abwehrmechanismen des Euters** gegen aufsteigende Infektionen (→ Kap. 4) gehört auch das ständige Abschilfern von Zellen im Strichkanal, die im unteren Teil durch die Ausrichtung der Papillen nach außen erfolgt. Die Oberfläche ist in zahlreiche, feine Längsfalten gelegt, die an der inneren Öffnung strahlenförmig nach oben verlaufen und die Fürstenbergsche Rosette bilden. Diese kann bei besonders starker Entwicklung wie ein Verschluss wirken und das Melken erheblich erschweren. Die Abschilferung des Epithels bildet ein talgiges Material, das einerseits mechanisch den Strichkanal zu verschließen hilft, andererseits mit seinem bakteriziden Effekt einer aufsteigenden Infektion in das Drüseninnere entgegenwirkt (→ Kap. 2.13).

Im Strichkanal ist die glatte Muskulatur weitestgehend zirkulär angeordnet und bildet dadurch einen funktionellen Schließmuskel (*M. sphincter papillae*), der den Zitzenkanal verschlossen hält. Diese Verschlusswirkung wird durch elastische Fasern unterstützt, die hier lokal in größerer Menge vorkommen.

### 2.2.3 Aufhängung der Milchdrüse

Das Euter ist durch kräftige Faszienblätter an der Körperwand befestigt (→ Abb. 2.4), man spricht vom *Apparatus suspensorius mammae*. Diese umschließen die gesamte Drüse und dringen mit sekundären Lamellen tief in das Drüsengewebe ein, werden dabei immer zarter und gehen schließlich in das Bindegewebe zwischen den Läppchen über.

An einem Querschnitt durch das Euter lassen sich die **Aufhängeblätter** in laterale und mediale Anteile trennen.

Die **mediale Lamelle** (*Lamina medialis* = *Lig. suspensorium uberis*) entstammt der sogenannten gelben Bauchhaut (*Tunica flava abdominis*), die als Teil der tiefen Rumpffaszie aus elastischen Fasern besteht. Diese Faserzusammensetzung gilt auch für die mediale Lamelle. Da sich das Euter vom Bauch aber bis weit zwischen die Oberschenkel und damit unter das Becken erstreckt, beteiligen sich auch Faserzüge aus der medianen Sehnenplatte (*Tendo symphysialis*), die in erster Linie den Ursprung der medialen Oberschenkelmuskulatur bildet. Die beiden medialen Lamellen der Euteraufhängung sind durch eine geringe Menge Bindegewebe getrennt. Dadurch können die linke und rechte Euterhälfte operativ voneinander getrennt werden und eine Hälfte kann amputiert werden.

Die **laterale Lamelle** (*Lamina lateralis*) wird im vorderen Teil von der tiefen Rumpffaszie gebildet. Sie besteht aus straffem, kollagenfaserigem Bindegewebe und ist damit weniger dehnungsfähig als die mediale Lamelle. Kranial entspringt sie am lateralen Rand des oberflächlichen Leistenrings und bedeckt damit die großen Blutgefäße für das Euter (→ Kap. 2.3.1). Kaudal davon steigt die Ursprungslinie nach dorsal und medial an: direkt unter dem Becken entstammt auch der laterale Teil der Euteraufhängung weitgehend dem *Tendo symphysialis*. Durch ihre Lage bedeckt die laterale Lamelle auch die Lymphknoten des Euters (→ Kap. 2.3.1.3).

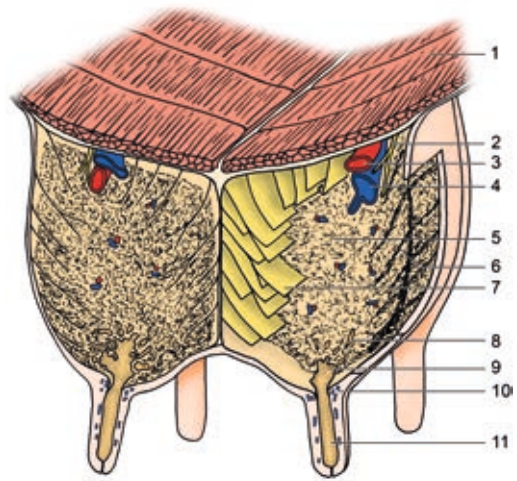
Kranial und kaudal gehen die beiden Lamellen ineinander über und bilden dadurch eine geschlossene Bindegewebskapsel. Zu den Zitzen hin verzüngen sich die beiden Lamellen und vereinigen sich in sehr ausgedünnter Form an der Unterseite des Euters und stehen mit dem Bindegewebe der Zitzen in Verbindung.

Die Verzüngung sowohl der lateralen als auch der medialen Lamelle lässt sich mit der Abspaltung zahlreicher sekundärer Lamellen (*Lamellae suspensoriae*) in das Eutergewebe erklären. Dadurch wird das Drüsengewebe in Lappen (*Lobi mammae*) unterteilt und jeweils separat aufgehängt. Dies verhindert eine Druckwirkung der oberen

**Abb. 2.4**

Aufhängeapparat des Rindereuters:

- 1 – gerader Bauchmuskel (*M. rectus abdominis*);  
 2 – *N. genitofemoralis*; 3 – *A. pudenda externa*; 4 – *V. pudenda externa*; 5 – Drüsengewebe; 6 – Grenzen zwischen benachbarten Drüsenlappen (laterale Euteraufhängung nicht eingezeichnet); 7 – elastische Blätter der medialen Euteraufhängung (*Lamina medialis*); 8 – Milchausführungsgang (*Ductus lactifer*); 9 – Drüsenteil der Zisterne (*Pars glandularis des Sinus lactifer*); 10 – Fürstenbergischer Venenring; 11 – Zitzenteil der Zisterne (*Pars papillaris des Sinus lactifer*)



### Basiswissen 2.2

#### Besonderheiten des Aufbaus der Milchdrüse

- Das Rindereuter ist in vier anatomisch getrennte Drüsenkomplexe geteilt, die als Euterviertel bezeichnet werden. Jedes Viertel ist von einem eigenständigen Hohlraumssystem durchzogen, das in die jeweilige Drüsenzisterne mündet und über den Strichkanal an der Zitze nach außen führt.
- Die haarlose Haut der Zitze ist fest mit der derb-elastischen Zitzenwand verbunden. Der Zitzenkanal als besonders kritische Stelle für aufsteigende Infektionen ist durch glatte Muskulatur und elastische Fasern verschlossen.
- Durch die Lamellen des Aufhängeapparates ist das Drüsengewebe des Euters von medial und lateral in Lappen gegliedert und an der Bauchwand sowie am *Tendo symphysialis* befestigt.

Gewebsanteile auf die unteren Teile, insbesondere beim gut gefüllten Euter kurz vor dem Melken. Die Beobachtung, dass kurz vor dem Milchentzug die Zitzen schräg nach lateral stehen, lässt sich mit dem baulichen Unterschied der Lamellen erklären: das mediale Blatt gibt als elastische Struktur dem Gewicht des vollen Euters leichter nach als das weniger dehnbare, kollagenfaserige laterale.

## 2.3 Versorgung der Milchdrüse

### 2.3.1 Blutgefäßversorgung

Für die Produktion von einem Liter Milch benötigt das Euter einen Blutdurchfluss von 300–500 Litern. Diese erhebliche Menge erfordert eine entsprechend gute Versorgung.

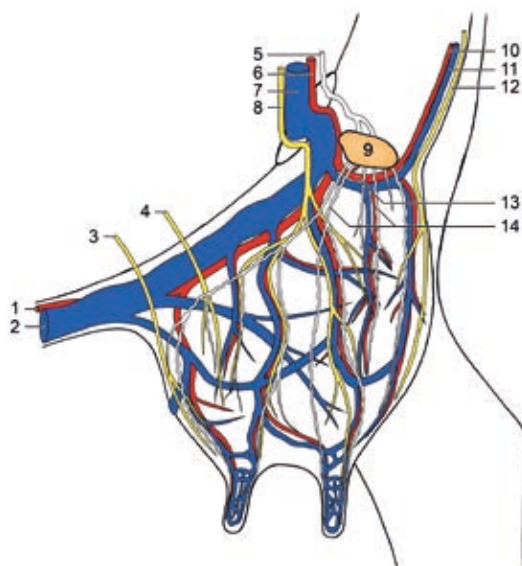
#### 2.3.1.1 Arterielle Versorgung

Das Hauptgefäß (→ Abb. 2.5) für das Euter ist die *A. pudenda externa*, die über den Leistenspalt nach außen an die Drüse gelangt und eine Abspaltung aus dem *Truncus pudendoepigastricus* darstellt. Hier weist die bis zu 20 mm dicke Arterie eine S-förmige Flexur auf. Diese dient als Sicherung gegen Überdehnung bei starker Füllung des Euters. In kraniale Richtung verläuft die *A. epigastrica caudalis superficialis* (→ Abb. 2.6), beim Rind auch als **kraniale Euterarterie** (*A. mammaria cranialis*) bezeichnet. Sie gibt zahlreiche Äste an das Bauchviertel ab. Dieses Gefäß anastomosiert mit einer entsprechenden Arterie aus der *A. thoracica interna*.

Der kaudale Ast (*R. labialis ventralis*) wird im Zusammenhang mit dem Rindereuter als **kaudale Euterarterie** (*A. mammaria caudalis*) bezeichnet (→ Abb. 2.6). Sie versorgt die Schenkelviertel des Euters und hat Verbindung mit dem *R. labialis dorsalis et mammarius* der *A. perinealis ventralis*. Auf diese Weise kann die Letztere noch zu einem geringen Teil zur Euterversorgung beitragen. Das Drüsengewebe wird von immer feineren Ästen der genannten Arterien versorgt, die sich im Bindegewebe verzweigen und schließlich das Kapillarnetz um die Alveolen speisen.

**Abb. 2.5**

Darstellung der Blutgefäßversorgung des Rindereuters (Detail):  
 1 – *A. mammaria cranialis* (*A. epigastrica caudalis supf.*);  
 2 – *V. epigastrica caudalis supf.*; 3 – *N. iliohypogastricus*;  
 4 – *N. ilioinguinalis*; 5 – abführende Lymphgefäße;  
 6 – *A. pudenda externa*; 7 – *V. pudenda externa*;  
 8 – *N. genitofemoralis*; 9 – *Ln. mammarius* (*inguinalis supf.*);  
 10 – *R. labialis dorsalis et mammarius* der *A. perinealis ventralis*;  
 11 – *V. labialis dorsalis et mammaria*;  
 12 – *R. mammarius* des *N. pudendus*;  
 13 – *A. mammaria caudalis* (*R. labialis ventralis*);  
 14 – zuführende Lymphgefäße aus dem Drüsengewebe

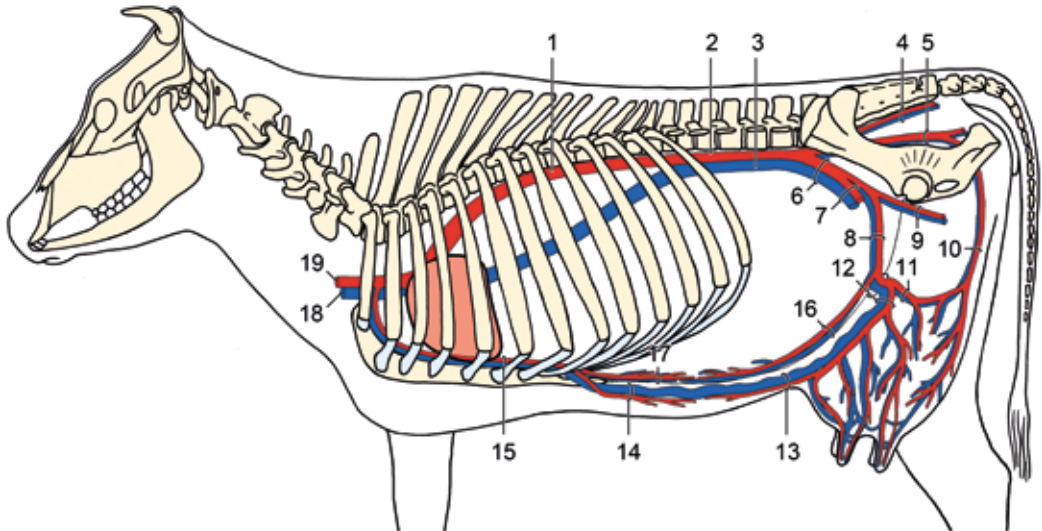


Die Versorgung der Zitzen erfolgt hauptsächlich über eine Zitzenarterie (*A. papillaris*), die aus verschiedenen Stammgefäßen abzweigen kann und deswegen einen variablen Verlauf zur Zitzenbasis aufweist. Die arteriellen Gefäßäste der Zitzenarterie verlaufen zwischen den großlumigen Venen vorwiegend unter der Schleimhaut spitzwärts, über feinere Äste wird insgesamt die Haut der Zitze versorgt. Neben Verbindungen zwischen den Euterhälften beider Körperseiten durch die medialen Lamellen des Aufhängeapparates hindurch, besteht auch eine Anastomose um den Hinterrand der Aufhängung. Dabei kommunizieren die beiden kaudalen Euterarterien (*A. mammaria caudalis*) jeder Seite miteinander.

Abb. 2.6

Darstellung der arteriellen und venösen Blutversorgung des Rindereuters (Übersicht):

- 1 – Aorta thoracica; 2 – Aorta abdominalis; 3 – V. cava caudalis; 4 – A./V. sacralis mediana; 5 – A./V. pudenda interna;  
 6 – A./V. iliaca externa; 7 – A./V. femoralis; 8 – Truncus pudendoepigastricus/V. pudendoepigastrica; 9 – A./V. profunda femoris;  
 10 – R./V. labialis dorsalis et mammarius/-a der A./V. perinealis ventralis; 11 – A./V. mammaria caudalis;  
 12 – A./V. mammaria cranialis (A. epigastrica caudalis supf.); 13 – A./V. epigastrica caudalis supf.; 14 – A./V. epigastrica cranialis supf.;  
 15 – A./V. thoracica interna; 16 – A./V. epigastrica caudalis; 17 – A./V. epigastrica cranialis; 18 – V. cava cranialis;  
 19 – Truncus brachiocephalicus



### 2.3.1.2 Venöse Versorgung

Die Venen verlaufen parallel zu den Arterien aus dem Drüsengewebe (→ Abb. 2.6). Sie münden in ein **venöses Ringsystem** an der Euterbasis, das sich aus den Venen jeder Körperseite und großen venösen Queranastomosen zwischen den Körperhälften zusammensetzt. Von hier aus bildet die *V. pudenda externa* jederseits den Hauptabfluss des Euters. Durch den Leistenspalt fließt das venöse Blut in die *V. pudendoepigastrica* und weiter in die *V. iliaca externa*. Daneben gibt es noch einen weiteren Abfluss: Über die *V. epigastrica caudalis superficialis* (*V. mammaria cranialis*) gibt es eine Verbindung zur *V. epigastrica cranialis superficialis*. Die Venenklappen beider Venen werden bei einem entsprechend hohen Blutdurchfluss insuffizient. Umgangssprachlich wird dieses subkutane, stark gewundene, großlumige Gefäß auch als „Milchader“ (*V. subcutanea abdominis*) bezeichnet. Im Winkel zwischen Rippenbogen und *Processus xiphoideus* des Brustbeins tritt diese Vene

in den Brustkorb ein. Dadurch resultiert ein funktioneller Abfluss über die *V. thoracica interna* in die *V. cava cranialis*.

Beim Kalb sind diese beiden Venen (*V. epigastrica caud.* und *cran. supf.*) noch getrennt und entsorgen zwei separate Drainagegebiete an der Bauchwand. Zunächst entleert die **kaudale Vene** in die *V. pudenda externa*. Die **kraniale Vene** führt ihr Blut letztlich in die *V. thoracica interna*. Es bestehen allenfalls feine Verbindungen zwischen den beiden Bereichen. Erst mit steigendem Blutfluss während der ersten Laktation staut sich das Blut in den Venen und führt zu deren Ausweitung. Feine Anastomosen werden stark aufgedehnt und deren Venenklappen insuffizient. Daher kann das Blut schließlich entsprechend dem geringeren Druck am stehenden oder liegenden Tier in der günstigeren Vene abfließen. Damit werden Stauungen vermieden, die die hohe Sekretionsleistung des Organs beeinträchtigen könnten. Als dritte Möglichkeit gibt es den **kaudalen Abfluss** über



die *V. labialis dorsalis et mammaria* der *V. perinealis ventralis* in die *V. pudenda interna*.

Man kann am Euter die **tiefen Venen** von den oberflächlichen unterscheiden. Die Ersteren verlaufen im Drüsengewebe, die Letzteren durchdringen die Faszienblätter des Aufhängeapparates und verlaufen schließlich direkt unter der Haut. Sie sind dabei kraniodorsal gerichtet und lassen sich dadurch von den großen Lymphgefäßen abgrenzen, die kaudodorsal in Richtung auf den *Ln. mammarius* verlaufen. Die **oberflächlichen Venen** stehen in Verbindung mit den Venenplexus der Zitzenwand und dem Fürstenbergschen Venenring am Übergang zwischen dem Drüsenteil und dem Zitzenteil der Milchzisterne.

### 2.3.1.3 Lymphabfluss

Neben der guten Blutgefäßversorgung besteht auch ein umfangreicher Lymphabfluss aus dem Euter (→ Abb. 2.7). Das reich verzweigte und klapplaplose **Lymphgefäßnetz** durchzieht das gesamte Drüsengewebe und die Zitzenwand. Die größeren Lymphgefäßstämme liegen oberflächlich und

sind aufgrund ihrer Größe unter der Haut zu erkennen. Sie verlaufen kaudodorsal zu den Euterlymphknoten (*Lnn. mammarii = inguinales superficiales*).

Auf jeder Seite des Euters sind meist ein oberflächlicher und ein tiefer Lymphknoten zu finden (*Ln. mammarius superficialis* und *profundus*). Der *Ln. mammarius superficialis* ist ca. 80 mm groß, bohnenförmig und seitlich von der Euteraufhängung von kaudal her tastbar. Der *Ln. mammarius profundus* ist kleiner, oval und tiefer gelegen. Von den genannten Lymphknoten ziehen efferente Lymphgefäße mit einem möglichen Durchmesser von mehr als 10 mm parallel zur A. und V. *pudenda externa* durch den Leistenspalt zum *Ln. iliofemoralis* oder zu den *Lnn. iliaci mediales*. Von hier aus gelangt die Lymphe des Euters in den *Truncus lumbalis* und weiter kranial in die *Cisterna chyli*.

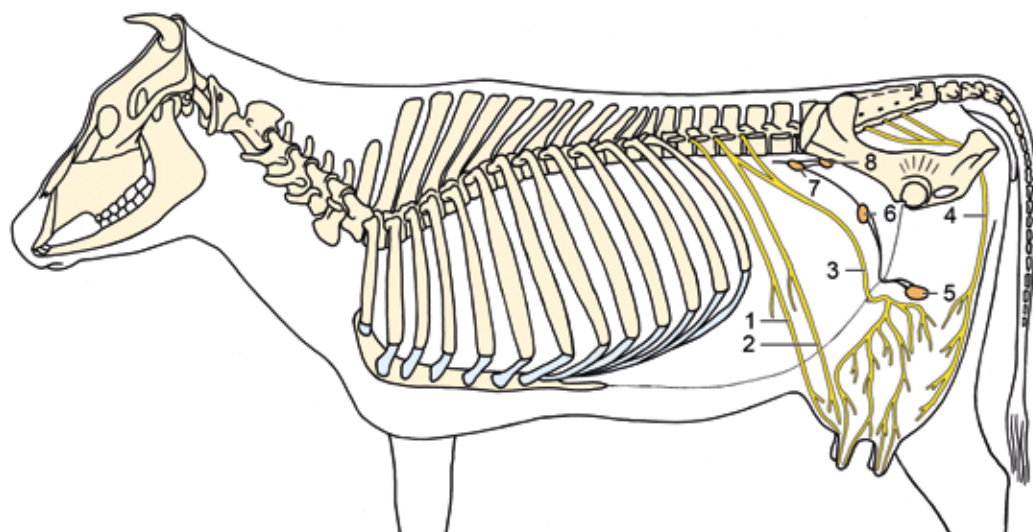
### 2.3.1.4 Innervation

An der Innervation des Euters sind mehrere Spinalnerven mit ihren Ventralästen beteiligt (→ Abb. 2.7). Von kranial sind die Bauchviertel und die

#### Abb. 2.7

Darstellung der Lymphgefäßversorgung und Innervation des Rindereuters (Übersicht):

1 – *N. iliohypogastricus*; 2 – *N. ilioinguinalis*; 3 – *N. genitofemoralis*; 4 – *R. mammarius* des *N. pudendus*;  
5 – *Ln. mammarius (inguinalis supf.)*; 6 – *Ln. iliofemoralis*; 7 – *Lnn. iliaci mediales*; 8 – *Lnn. sacrales*



Euterbasis durch den *N. iliohypogastricus* und den *N. ilioinguinalis*, die beiden ersten Lendennerven, versorgt. Ein wichtiger Nerv für das Euter ist der *N. genitofemoralis* (3. Lendennerv), der zusammen mit *A. und V. pudenda externa* durch den Leistenspalt nach außen an die Milchdrüse zieht und für den mittleren Teil der Euterhaut zuständig ist. Von kaudal kommt eine weitere nervale Versorgungsroute: die hinteren Abschnitte der kaudalen Viertel werden bis oberhalb der Zitzen sowie im Bereich des Perineum (Milchspiegel) vom *N. pudendus* mit seinem *R. mammarius* innerviert. Dabei erfolgt die **somato-sensible Innervation** hauptsächlich über freie Nervenendigungen in der Haut des Euters und insbesondere in den Zitzen. Dies ist besonders deswegen wichtig, weil Berührungsreize über aufsteigende Nervenbahnen im Hypothalamus für die Ausschüttung des Hormons **Oxytozin** sorgen, das für die Freisetzung der Milch aus dem Drüsengewebe von entscheidender Bedeutung ist (→ Kap. 2.9). Postganglionäre sympathische Fasern gelangen aus dem *Ganglion mesentericum caudale* mit den Fasern des *N. genito-*

*femoralis* an das Euter und steuern hier die Aktivität der glatten Muskulatur in den Zitzen und Blutgefäßen sowie die Korbzellen (Myoepithelien).

## 2.4 Entwicklung des Euters (Mammogenese)

Alle Vorgänge zur Bildung des Euters, die vor der eigentlichen Milchbildung stattfinden, werden als Mammogenese bezeichnet. Die Mammogenese beinhaltet deshalb die Anlage, das Wachstum und die Differenzierung der Milchdrüse bis zum Beginn der aktiven Milchsekretion (ab dann beginnt die Laktogenese). Die Entwicklung des Euters fängt beim Rind bereits embryonal ab Tag 35 an. Dabei wird zunächst sowohl bei weiblichen als auch bei männlichen Tieren ein Euter angelegt. Beim Stierkalb wird die weitere Euterentstehung aber durch den Anstieg der Testosteronkonzentration im Fetus ab Tag 65 wieder unterdrückt. Zunächst entsteht in der äußeren Haut eine Zellleiste, die als Milchstreifen bezeichnet wird. Durch weiteres Wachstum verdickt sich diese Leiste und wird zur Milchleiste, die beim Rind nur in der Leistengegend angebildet wird. Daraus entwickeln sich durch lokale weitere Verdickung die Milchhügel. Ihre Anzahl entspricht der Zahl der späteren Mammarkomplexe, es gibt aber beim Rind häufiger noch überzählige Drüsenanlagen. Aus diesen kann sich eine zusätzliche Zitze (Hyperthelie), eventuell sogar ein zusätzlicher Drüsenkomplex (Hypermastie) bilden. Aus dem Milchhügel sprosst mit weiterem Wachstum ein zapfenartiger Spross für jede Drüsenanlage in das unterliegende Gewebe, beim Rind also insgesamt vier. An der äußeren Oberfläche bildet sich zu dieser Zeit schon die Mammarknospe, die spätere Zitze. Durch starkes Wachstum (Proliferation) des Bindegewebes wird die Mammarknospe verlängert, es entsteht die für den Wiederkäuer typische, lange Proliferationszitze. Gleichzeitig mit der Zitzenbildung wächst jede Mammarknospe als solider, primärer Epithelstrang in das unterliegende Bindegewebe und



### Basiswissen 2.3 Besonderheiten der Versorgung der Milchdrüse

- Die *A. pudenda externa* stellt das arterielle Hauptgefäß für das Euter dar. Zusätzlich stammen kleinere Zuflüsse aus der *A. epigastrica cranialis superficialis* und der *A. perinealis ventralis*.
- Der venöse Abfluss erfolgt hauptsächlich auf zwei Wegen: über die *V. pudenda externa* sowie über die gut sichtbare Verbindung zwischen der *V. epigastrica superficialis caud.* und *cran.* („Milchader“).
- Verletzungen des Venenrings an der Zitzenbasis beispielsweise bei der Zitzenendoskopie können zu starken Blutungen führen.
- Die Euterlymphknoten liegen von kaudal tastbar an der Euterbasis.
- Die Ventraläste der ersten drei Lendennerven sowie der *N. pudendus* sind für die somato-sensible Euterinnervation zuständig. Diese bewirkt über aufsteigende Bahnen im Rückenmark die Freisetzung von Oxytocin.