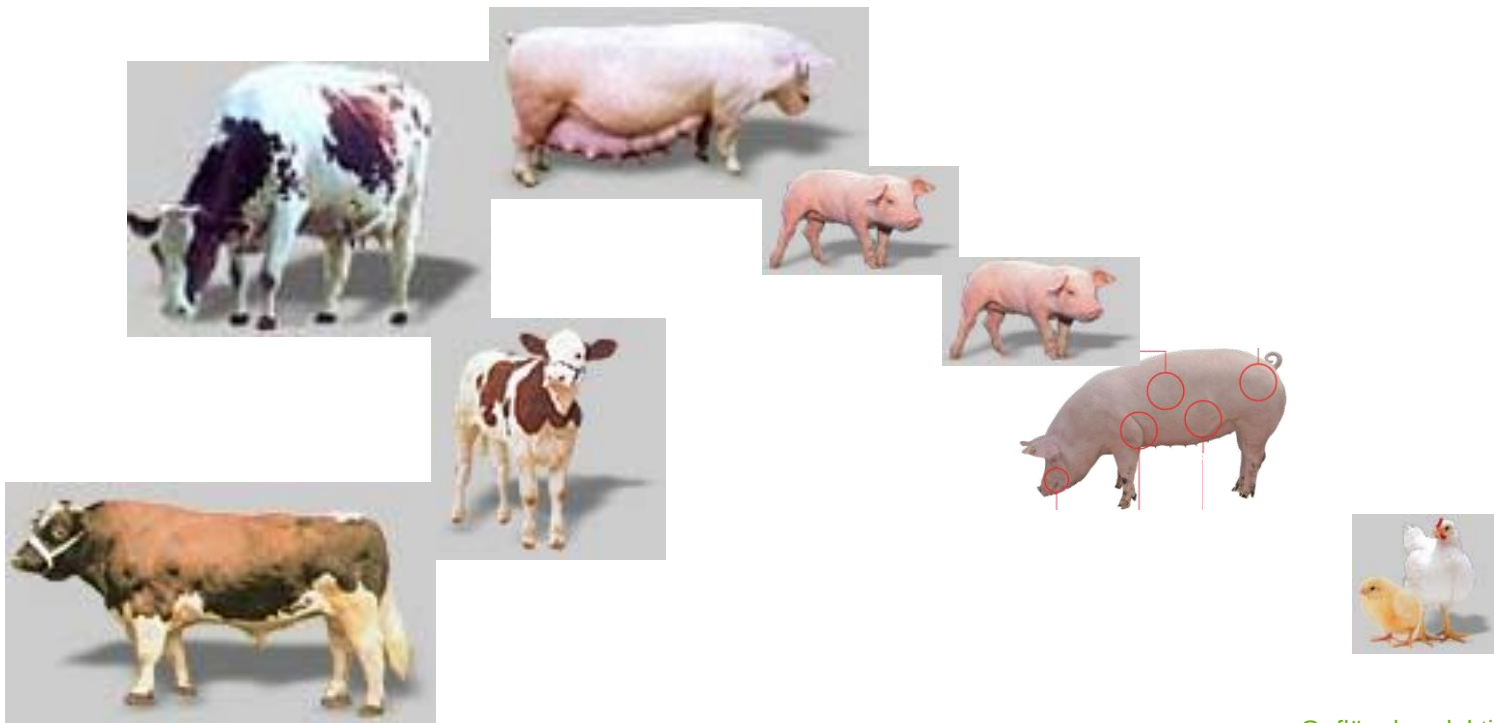
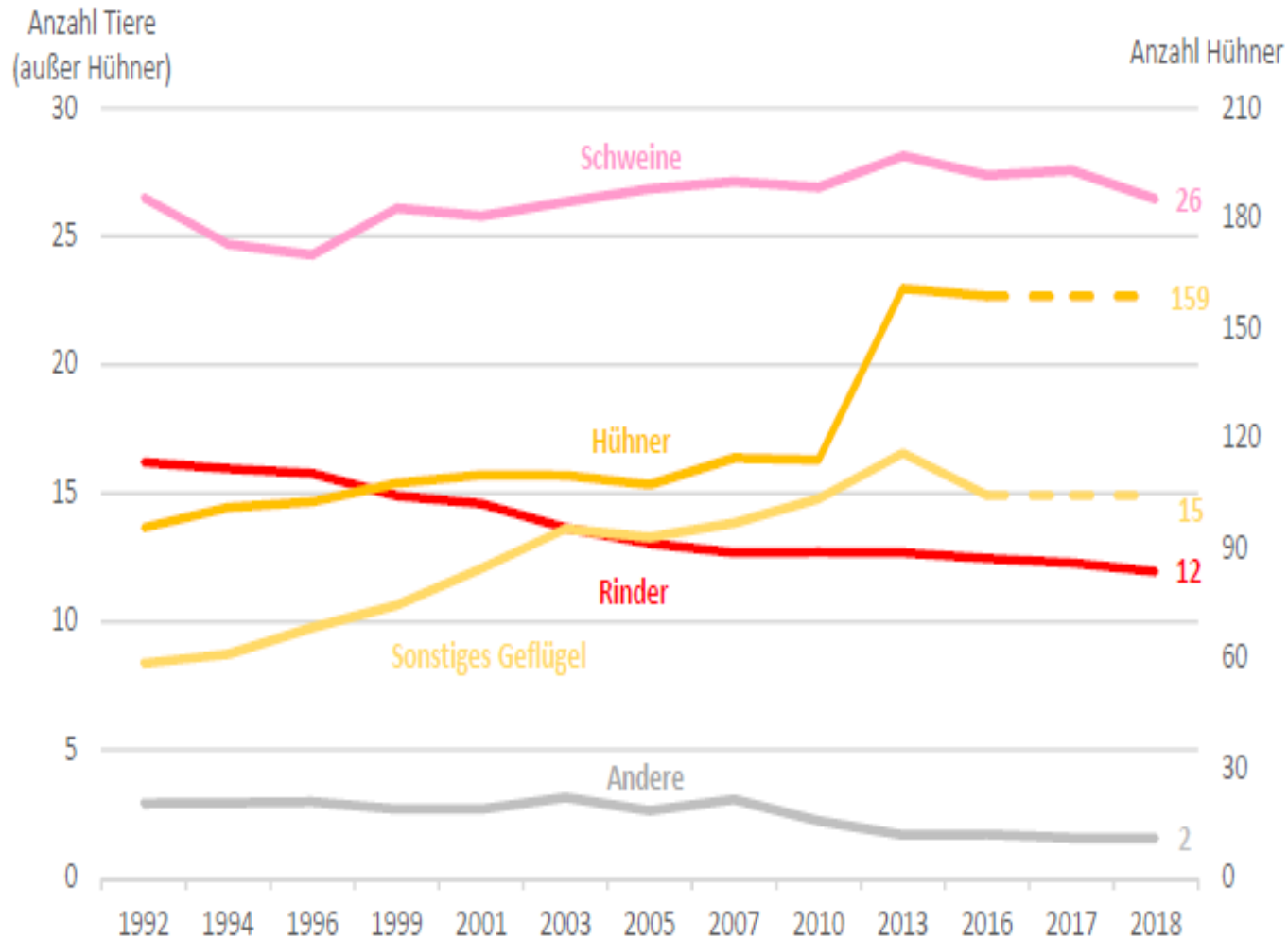


Grundlagen der Tierernährung

Lebensmittelmanagement



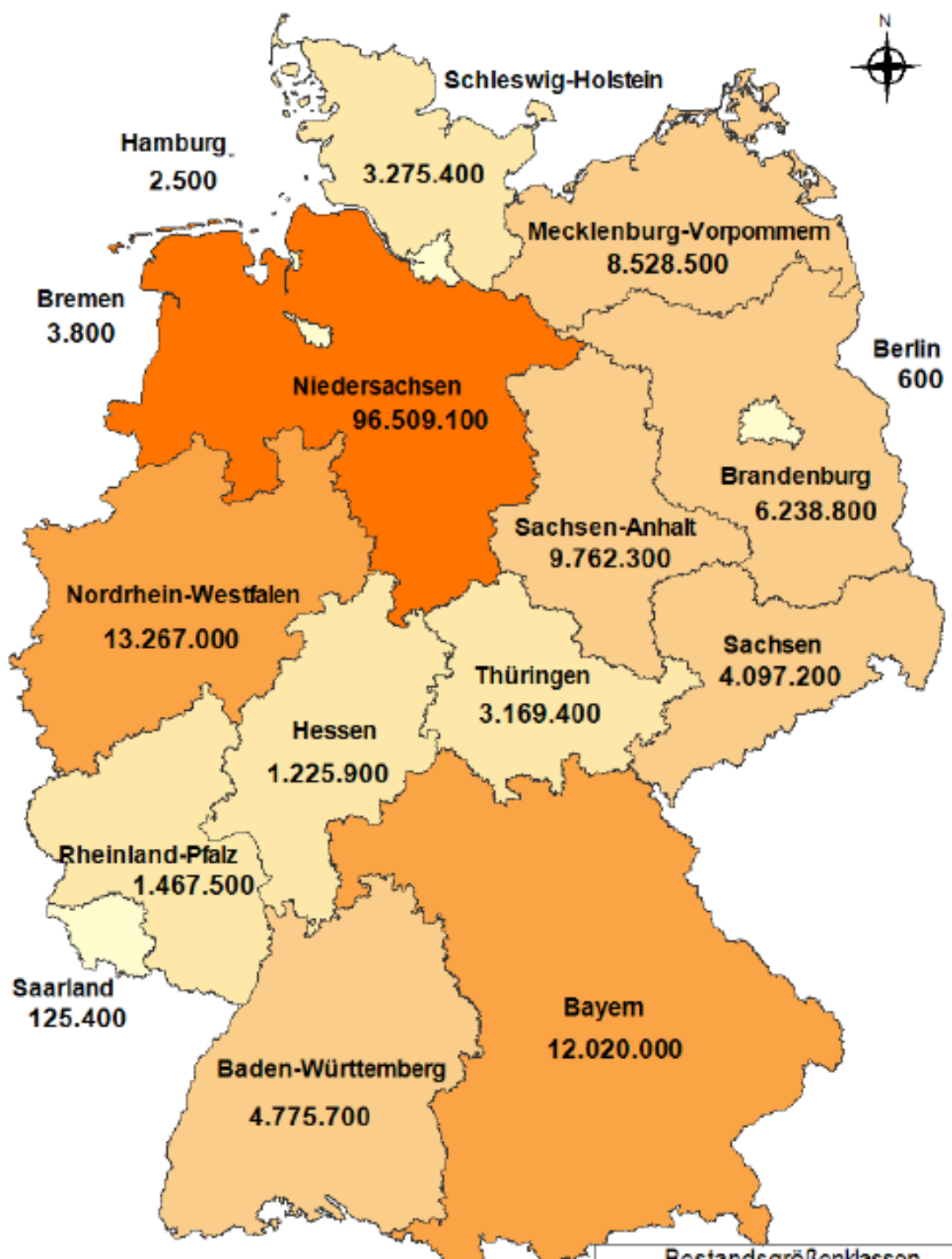
Entwicklung der Tierbestände in Deutschland



[BLE, 2019](#)

Entwicklung der Geflügelbestände in Deutschland

Jahr	1990	2010	2016
Hühner insgesamt	106.054.384	114.113.374	158.648.625
Junghennen unter 1/2 Jahr alt	17.009.522	11.303.297	12.921.832
Legehennen 1/2 Jahr und älter	53.651.857	35.278.999	51.935.542
→ Schlacht- u. Masthühner, Hähne	35.393.005	67.531.078	93.791.251 265 %
Sonstiges Geflügel	7.824.302	14.786.376	14.925.304
Gänse	781.487	278.080	329.039
Enten	2.013.655	3.164.334	2.236.370
→ Puten	5.029.190	11.343.962	12.359.886 246 %



Geflügelbestand in Deutschland 2013 (in Stück)

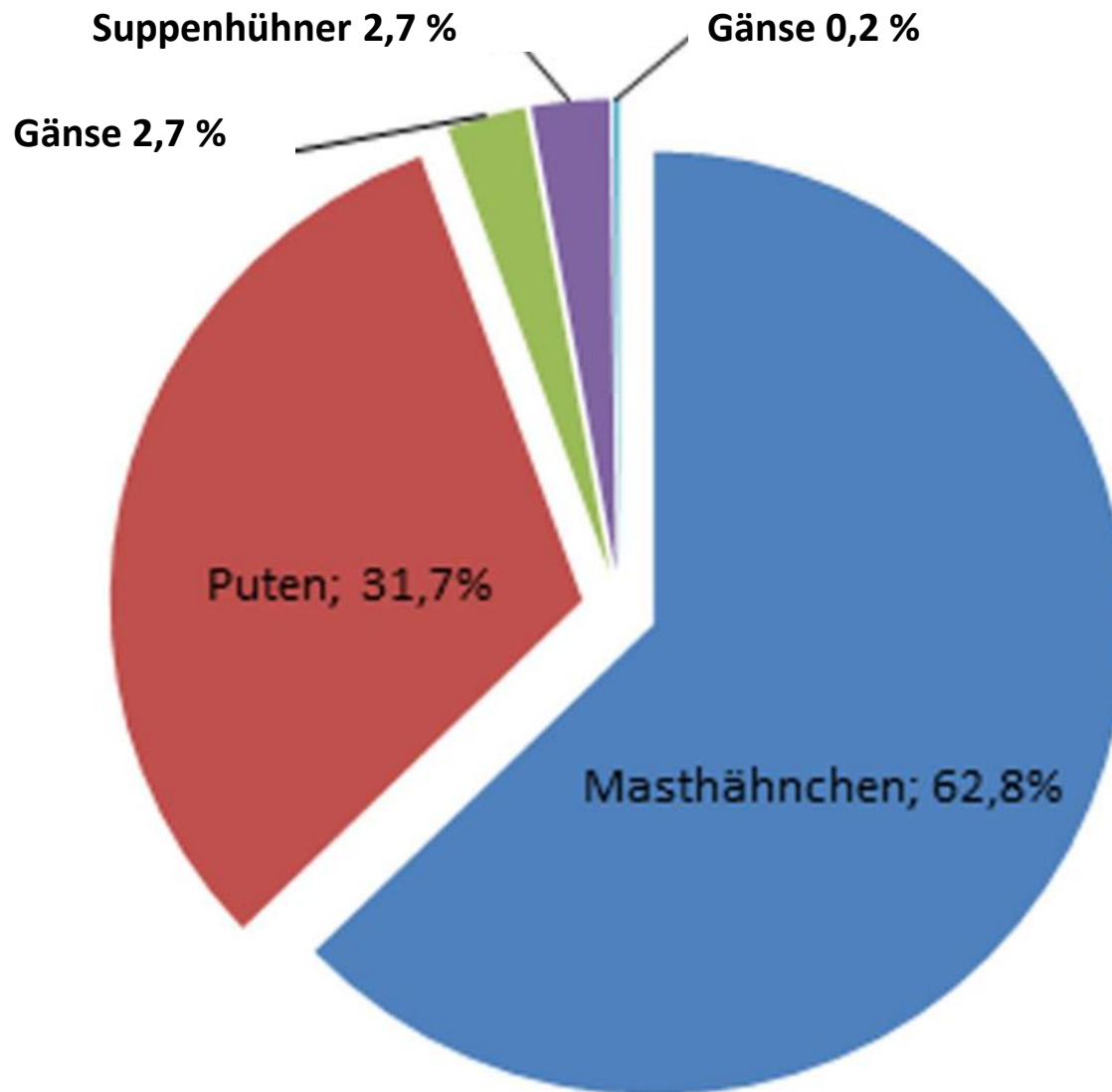
Fleischkonsum in D

2019: 59,5 kg pro Kopf. 2,9 % weniger als im Vorjahr

Wie viel Fleisch essen die Deutschen pro Jahr? *(in Kilogramm pro Kopf)*



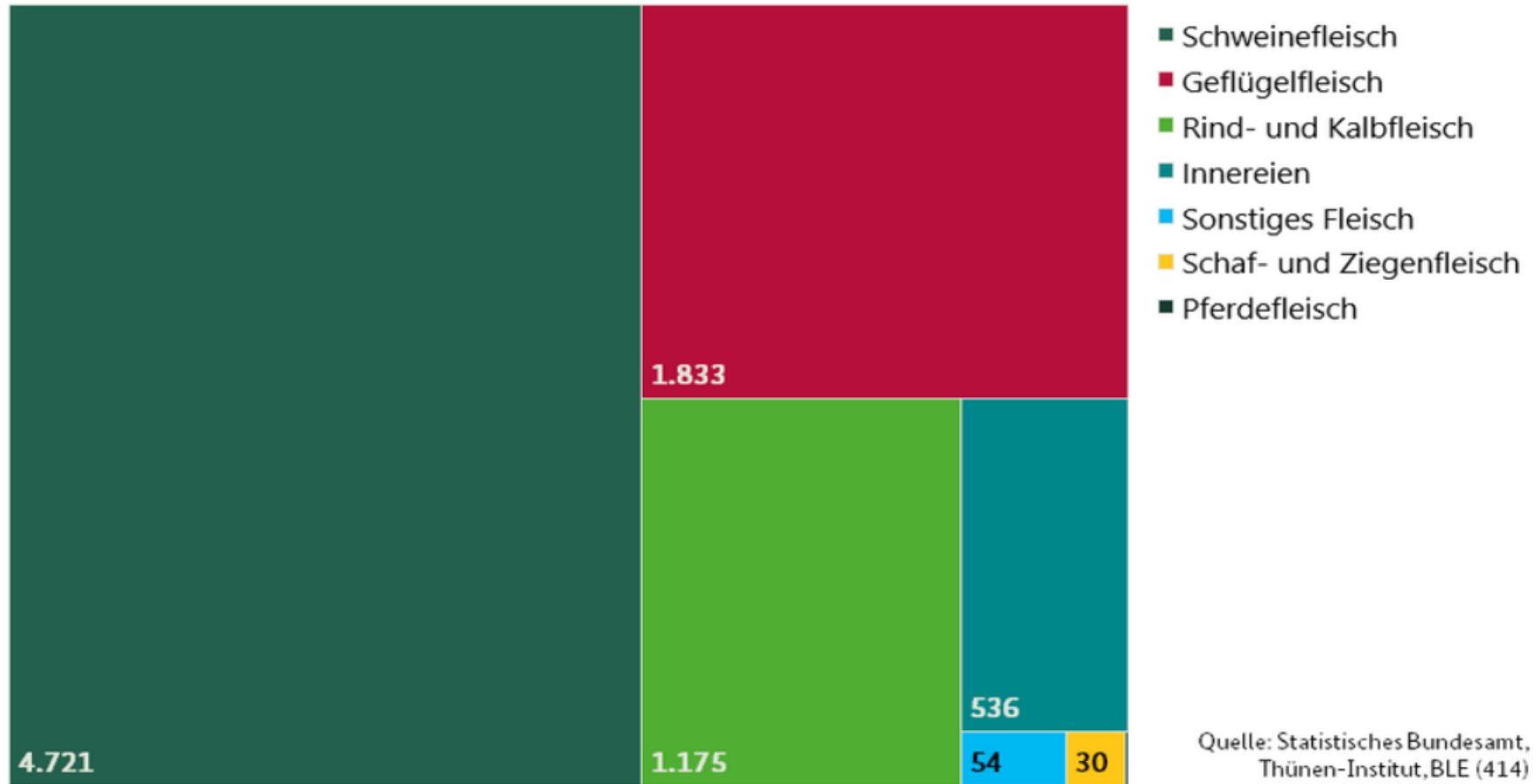
Geflügelfleischkonsum in Deutschland



Fleischerzeugung in D

Unterschiedliche Nutztiere

Bruttoeigenerzeugung 2019 vorläufig in 1.000 Tonnen
Schlachtgewicht



Entwicklung der Welteierproduktion von 1990 bis 2017

	1990		2000		2010		2017
	1.000 t	(%)	1.000 t	(%)	1.000 t	(%)	1000 t
Afrika	1.542	4,4	1.923	3,8	2.668	4,2	3.227
Asien	13.803	39,2	29.102	56,9	37.484	59,0	39.982
N Amerika	4.351	12,3	5.371	10,5	5.840	9,2	6.809
Z Amerika	1.218	3,5	2.046	4,0	2.698	4,2	3.314
S Amerika	2.422	6,9	2.990	5,8	4.153	6,5	5.317
Europa	11.663	33,1	9.479	18,5	10.471	16,5	11.056
Ozeanien	243	0,7	199	0,4	253	0,4	314
Welt	35.248		51.213		63.571		80.088

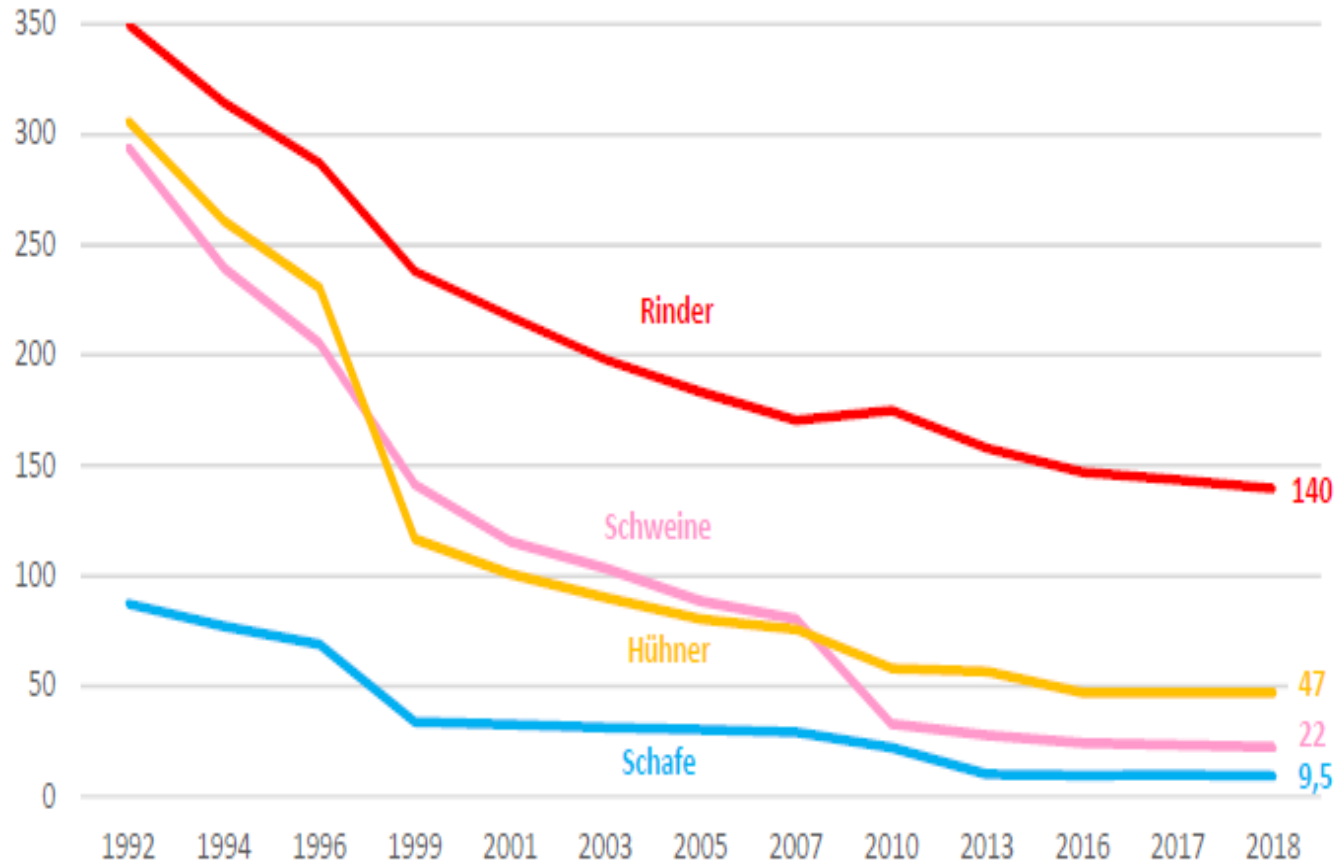
 **+ 148 %** 

Top 10 der Eierproduktion

(Windhorst, 2011, [FAO-Stat](#))

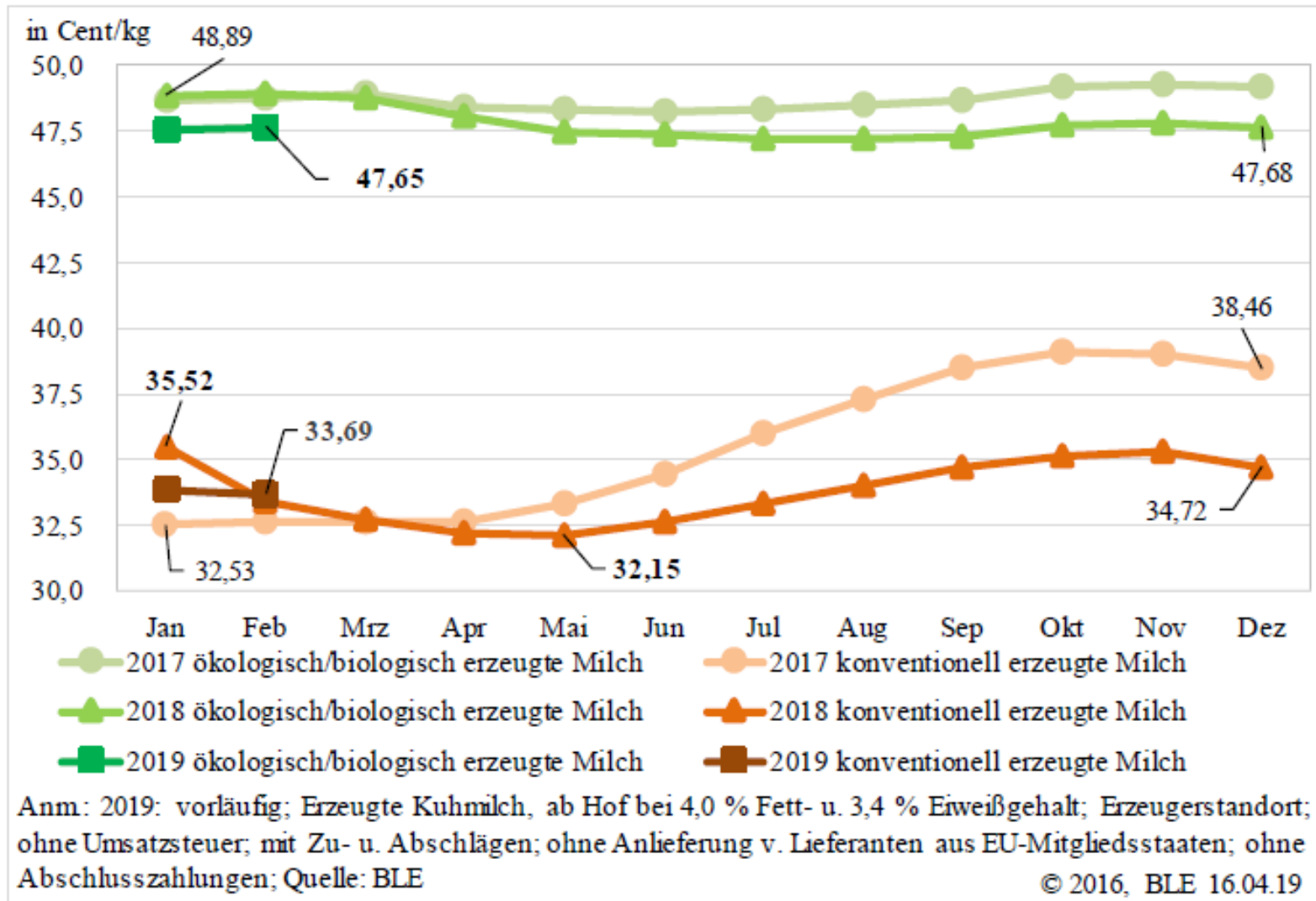
	1990			2013	
	1.000 t	(%)		1.000 t	(%)
China	6.561	18,6	China	24.788	36,3
USSR	4.582	13,0	USA	5.636	8,3
USA	4.034	11,4	Indien	3.835	5,6
Japan	2.419	6,9	Japan	2.522	3,7
Brasilien	1.230	3,5	Mexiko	2.516	3,8
Indien	1.161	3,3	Russland	2.283	3,3
Mexiko	1.010	2,9	Brasilien	2.172	3,2
BRD	985	2,8	Indonesien	1.224	1,8
Frankreich	887	2,5	Ukraine	1.121	1,6
Spanien	666	1,9	Türkei	1.031	1,5
Top 10	23.535	66,8		47.128	69,0

Entwicklung der tierhaltenden Betriebe in Deutschland



Anzahl in 1000

Entwicklung des Milchpreises



Milcherzeugung in Deutschland

Gliederung	Einheit	2000	2010	2016	2017	2018	Veränderung zum Vorjahr in Prozent
<u>Milchlief erung und ausgewählte Milcherzeugnisse sowie Milchrücklieferung und Milchauszahlungspreis</u>							
Milchlief erung							
Molkereistandort (Gemelk)¹⁰	1 000 t	27 211,5	29 072,2	.	.	.	x
Milch von Kühen	1 000 t	.	.	31 972,7	31 937,0	32 490,9	+ 1,7
Fettgehalt	%	4,22	4,16	4,12	4,09	4,06	- 0,8
Eiweißgehalt	%	3,41	3,42	3,43	3,44	3,45	+ 0,1
davon: Öko-Milch ¹¹	1 000 t	261,6	596,5	794,7	939,1	1 117,8	+ 19,0
Anteil an der Milchlief erung	%	0,96	2,05	2,49	2,94	3,44	+ 17,0
Fettgehalt	%	4,06	4,08	4,09	4,07	4,07	- 0,1
Milch v. Ziegen u. Schafen ¹²	1 000 t	.	12,2	14,6	15,3	15,5	+ 1,4
Anteil an der Milchlief erung	%	.	0,04	0,05	0,05	0,05	- 0,3
Erzeugerstandort¹³	1 000 t	26 984,3	28 655,4	.	.	.	x
Milch von Kühen	1 000 t	.	.	31 318,0	31 255,1	31 717,0	+ 1,5
Anteil an der Erzeugung ¹⁴	%	95,25	96,71	95,85	95,88	95,97	+ 0,1
Einfuhr Milch ¹⁵	1 000 t	583,5	1 698,3	2 492,1	2 565,4	2 569,6	+ 0,2
Ausfuhr Milch ¹⁶	1 000 t	2 234,4	1 943,5	2 311,6	2 435,0	2 342,6	- 3,8



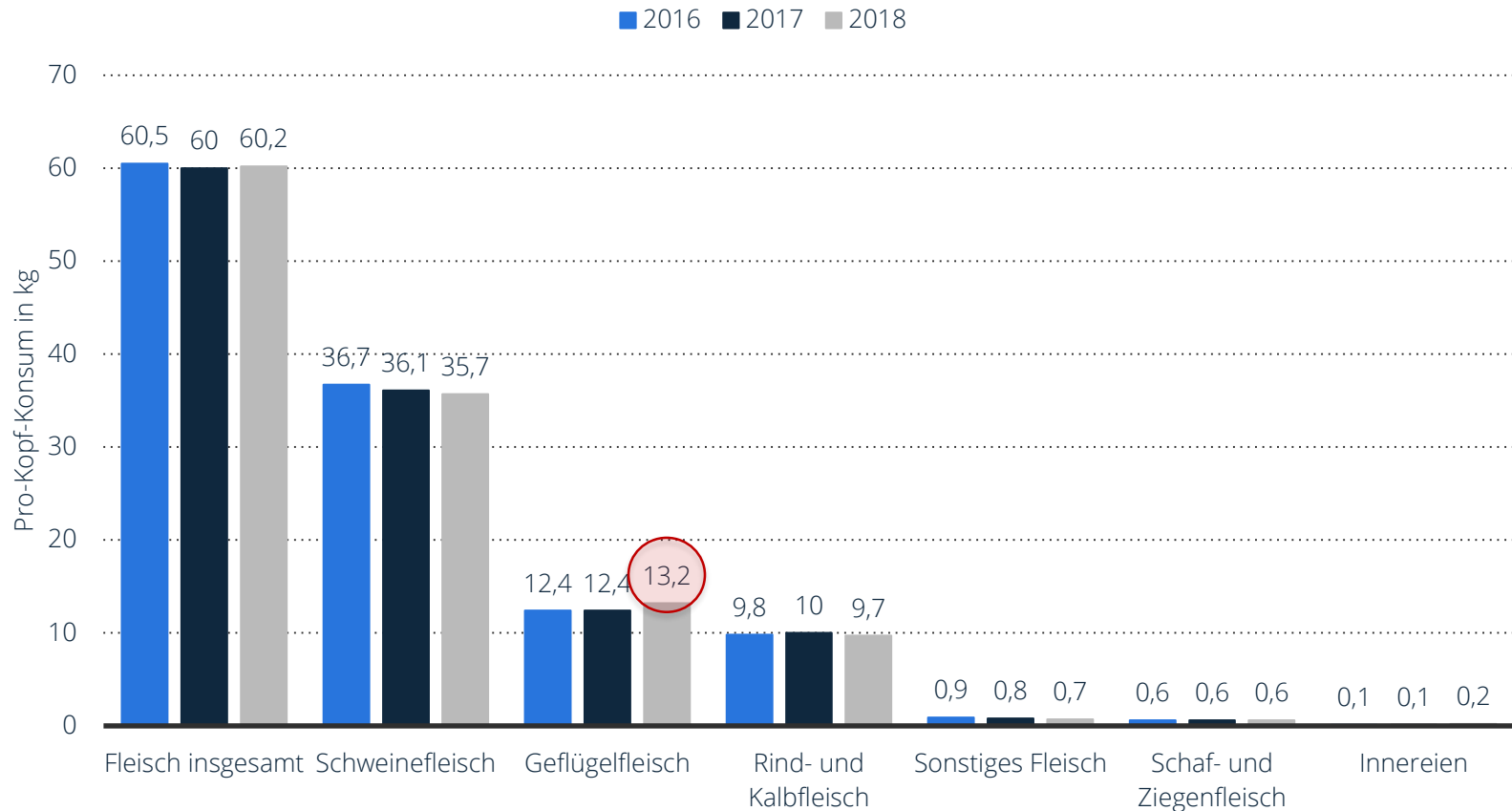
Pro-Kopf-Konsum von Lebensmitteln in D von 1900 bis 2016 (in kg)

	1900	2016	
Milch, Butter, Käse*	355,4	400,8	
Obst**	43,4	98,8	
Gemüse, Salat	61,5	93,8	
Fleisch	47	85,2	181 %
Brot	139,2	80,7	58 %
Kartoffeln	271,1	56,8	21 %
Zitrusfrüchte	1,9	35,4	
Öle, Fette	3,2	19,4	
Fisch	6,2	14,2	
Eier (Stück)	90	235	261 %

*in Vollmilch umgerechnet

** incl. Verarbeitungserzeugnissen in Rohwareäquivalenten

Pro-Kopf-Konsum von Fleisch in Deutschland nach Art in den Jahren 2016 bis 2018 (in Kilogramm)



Hinweis(e): Deutschland; menschlicher Verzehr

Weitere Angaben zu dieser Statistik, sowie Erläuterungen zu Fußnoten, sind auf [Seite 8](#) zu finden.

Quelle(n): BLE; Bundesmarktverband für Vieh und Fleisch; Statistisches Bundesamt; Thünen-Institut; [ID 311479](#)

Fleisch-Zusammensetzung von unterschiedlichen Nutztieren

Parameter	Einheit	Kaninchen	Schwein	Rind	Geflügel ¹⁾
Wassergehalt	%	70-75	47-70	59-75	52-75
Rohprotein	%	20-23	12-21	16-21	16-21
Rohfett	%	2-7	8-42	4-24	3-31
Cholesterin	mg/100 g	50-83	60-64	65-68	65-90
Biologische Wertigkeit	-	65-81	70	69	k. A.

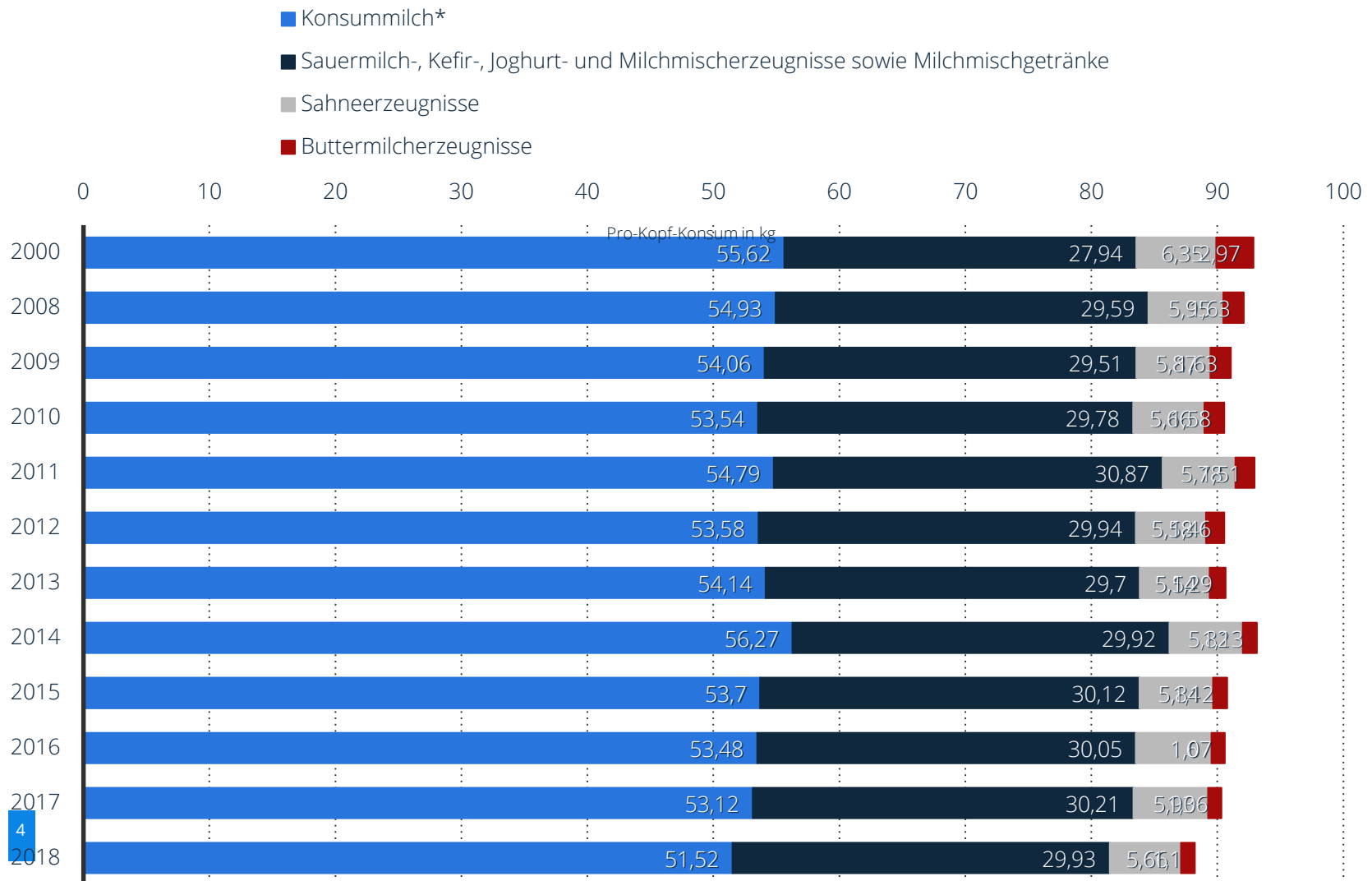
1) Huhn, Ente, Pute, Gans

k.A. = keine Angaben

Zusammensetzung von Fleischteilstücken

	Fleischstück Tierart	Protein %	Fett %	Wasser %	Energie KJ / 100 g	Cholesterin mg / 100 g
➔	Hähnchen Brust	23,6	0,7	74,6	427	66
	Hähnchen Keule	28,2	11,3	59,4	895	85
➔	Ente komplett	18,1	17,2	63,7	940	76
	Gans komplett	23,4	20,8	54,3	1170	77
➔	Pute komplett	27	16,2	55,6	1060	85
	Pute Brust frisch	21	1,0	73,7	450	60
	Pute Brust gar	22,1	4,7	68,2	606	53
➔	Schwein Kochschinken	18,4	3,9	73,8	430	49
	Schwein Bauchspeck	16,0	28,9	54,4	1340	60
➔	Rind Filet	29,6	3,6	65,7	636	73
	Rind	27,6	12,2	58,4	975	61

Pro-Kopf-Konsum von Frischmilcherzeugnissen in Deutschland nach Art in den Jahren 2000 bis 2018 (in Kilogramm)



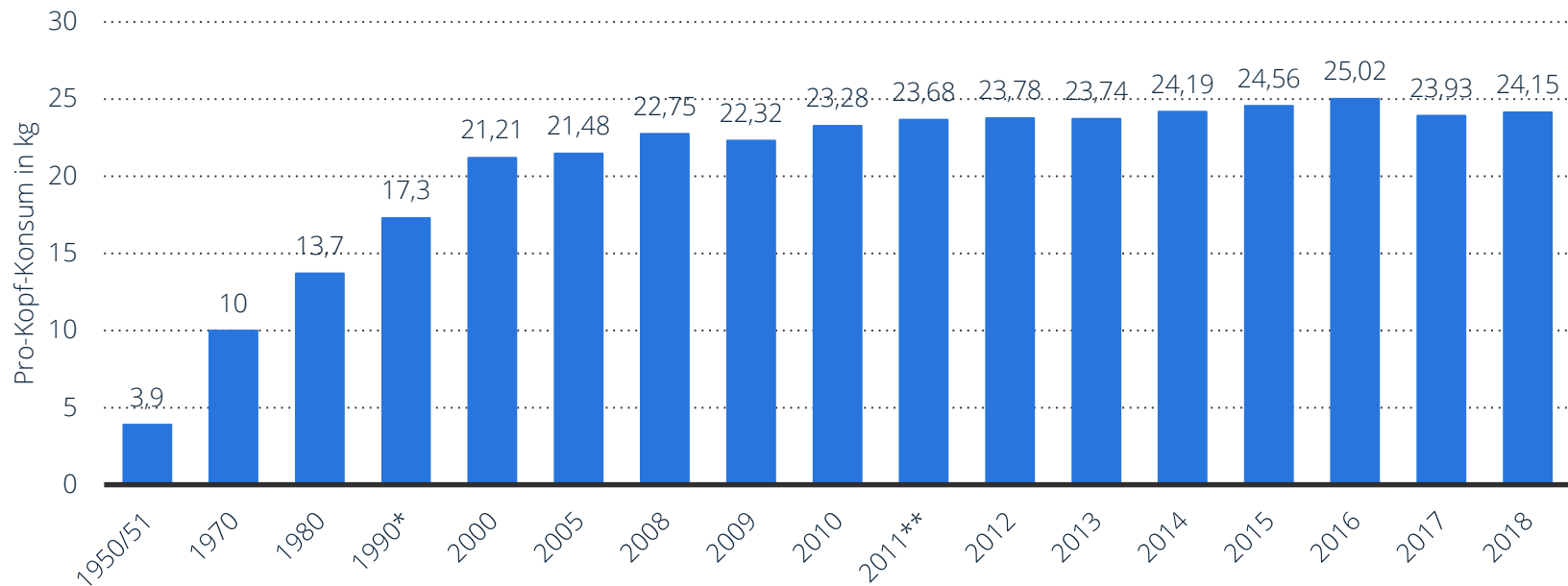
Hinweis(e): Deutschland

Weitere Angaben zu dieser Statistik, sowie Erläuterungen zu Fußnoten, sind auf [Seite 8](#) zu finden.

Quelle(n): BLE; BMEL; BMF; Statistisches Bundesamt; [ID 318271](#)

Pro-Kopf-Konsum von Käse in Deutschland in den Jahren 1950 bis 2018 (in Kilogramm)

Pro-Kopf-Konsum von Käse in Deutschland bis 2018



Hinweis(e): Deutschland

Weitere Angaben zu dieser Statistik, sowie Erläuterungen zu Fußnoten, sind auf [Seite 8](#) zu finden.

Quelle(n): BLE; BMF; BMEL; Statistisches Bundesamt; [ID 12620](#)

Ziele der Tierernährung

Erzeugung **hochwertiger tierischer** Nahrungsmittel (Milch, Butter, Käse, Eier, Fleisch) und tierischer Rohstoffe (Wolle, Borsten, Haare, Federn, Leder, Pelze, Horn, Leim)

mit möglichst **günstigem Verhältnis** zwischen Aufwand für Futter und Ertrag für Erzeugnisse und

mit möglichst **günstiger Verwertung** von Nahrungsstoffen, die für menschliche Ernährung unbrauchbar sind.

Literatur

Stangl, G.I. et al., 2014: Tierernährung. DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 14. Auflage.
Tierische Erzeugung 2007: Band II der Serie Die Landwirtschaft. BLV-Verlag. 12. Auflage

Kreutzig, T., 2002: Kurzlehrbuch der Biochemie. Urban & Fischer. 11. Auflage

Hofmann, E.; 1990: Dynamische Biochemie Band I-IV. Akademie-Verlag, Berlin.

Löffler, G., P.E. Petrides (Hrsg.) 2003: Biochemie & Pathobiochemie, Springer-Verlag

LWK NRW, 2004: Rechenmeister für die Schweinefütterung.

Burgstaller, G., 1985: Praktische Schweinefütterung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Pape, H.-C., 2006: Futtermittelzusatzstoffe. AgriMedia

Ulbrich, M. et al., 2004: Fütterung und Tiergesundheit, UTB-Verlag

Brade, W., G. Flachowsky, 2005: [Rinderzucht und Milcherzeugung](#), Empfehlungen für die Praxis. 2. Auflage, Heft 289

LFL: 2019: [Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Schafe, Ziegen](#)

[LFL, 2020](#): Futterberechnung für Schweine

Die wichtigsten Nährstoffklassen

Nährstoffklasse	tierisches Material	pflanzliches Material
Kohlenhydrate	< 1	5 – 80
Fett	18 – 25	0 – 10 (bis 45)
Eiweiß	15 – 20	10 – 50 (bis 80)
Mineralstoffe	3 – 5	2 – 10
Wasser	55 - 60	10 – 90

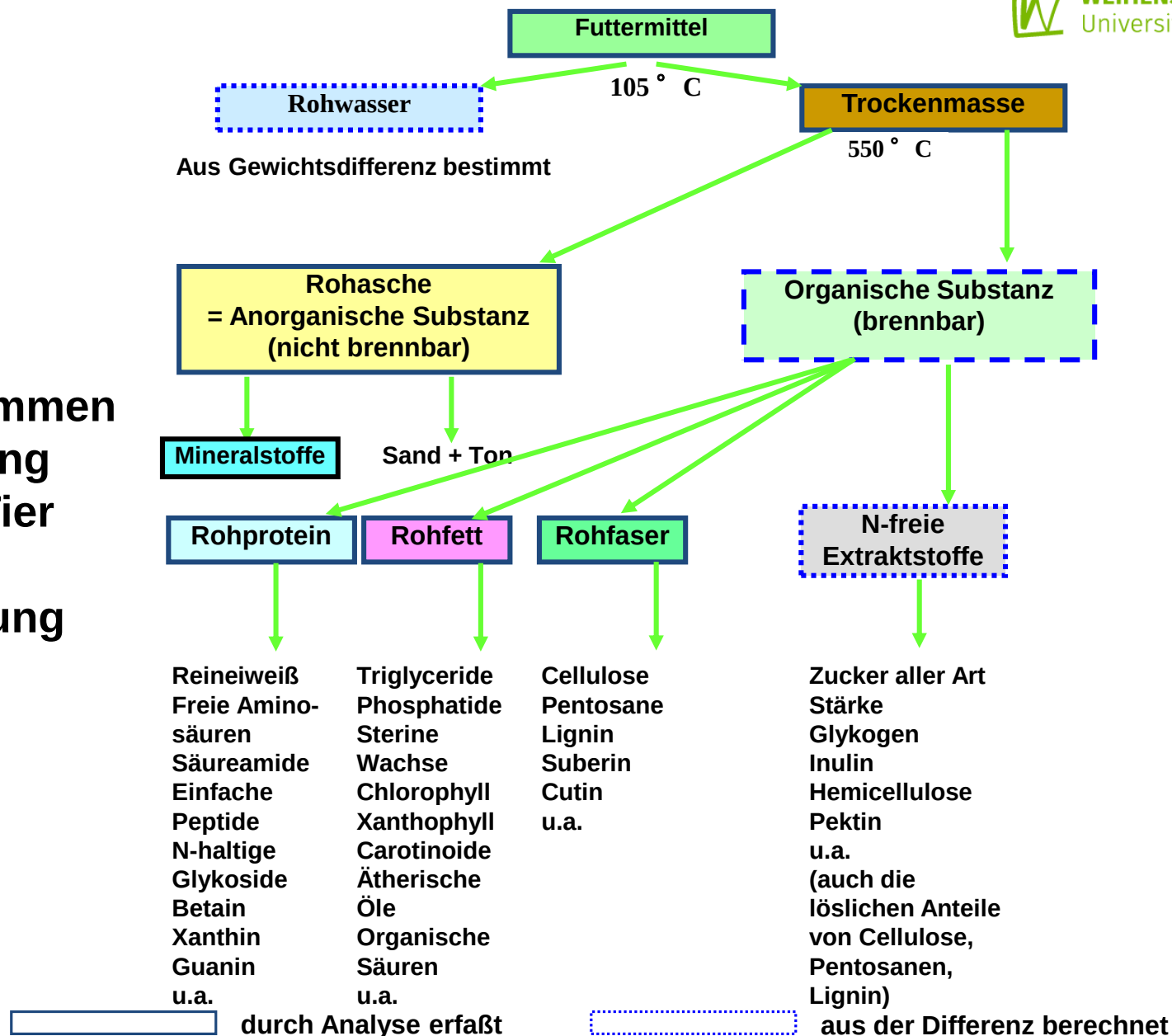
Tierisches und pflanzliches Material besteht aus den gleichen Grundbausteinen. Die Nährstoffklassen im Tier und in der Pflanze sind demnach nur quantitativ verschieden.

Die Verteilung der Nährstoffklassen kann sehr inhomogen sein (z.B. Knochen – Muskeln - Fett; Wurzel - Stängel – Blatt - Samen).

Die Weender Futtermittelanalyse

- Die Weender Analyse wurde im Jahre 1860 in der Landwirtschaftlichen Versuchsstation Weende bei Göttingen von Henneberg und Stohmann ausgearbeitet.
- Sie stellt eine Konventionsanalyse dar.
- Ist auch heute noch die Basis der Bewertung von **Futter- und Lebensmitteln**
- Wird heute durch zusätzliche Analysen ergänzt

Zusammen- setzung von Tier und Nahrung



Trockenmasse:

Trocknung im Trockenschrank:

- **vierstündige** Trocknung bei **103 °C** bis zur Gewichtskonstanz
- Bei Getreideprodukten: **zweistündige** Trocknung bei **130 °C** bis zur Gewichtskonstanz
- flüssige Futtermittel, Zucker, zuckerreiche Futtermittel:
vierstündige Trocknung im Vakuumtrockenschrank bei 133 Hektopascal und **80 - 85 °C**
- Bei **Silagen** Vortrocknung bei **60 ° C** über mindestens **24 Stunden**
- Für spezielle Zwecke **Gefriertrocknung**

Rohprotein (= XP):

Bestimmung nach der Methode von Kjeldahl

- (Aufschluss mit Schwefelsäure, Destillation und Titration des freigesetzten Ammoniaks).
- Ermittelt wird der Stickstoffgehalt der untersuchten Substanz ($N \times 6,25 = \text{Rohproteingehalt}$). *) **)

Reineiweiß kann durch Ausfällung von den Amiden (u. a. NPN - Verbindungen) getrennt werden.

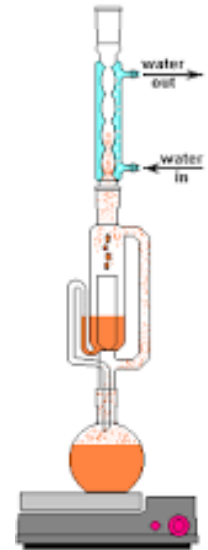
- *) abweichende Faktoren: Für Milchprodukte wird der Faktor 6,37 und für Kollagen und Hautprodukte 5,55 verwendet
- ***) Weizenprotein enthält 17,5 % N; entspricht einem Faktor von 5,71, es wird aber der Faktor 6,25 angewandt



[Kjeldahl-Destillation](#)

Rohfett (= XL)

- Bestimmung als Extrakt mit **Petrolbenzin** (oder Extraktion mit **Diethylether** bzw. anderen organischen Lösungsmitteln) in der **Soxhlet**-Apparatur).
- Es umfasst eine stark heterogene Gruppe von Stoffen. (Triglyceride, Wachse, Sterine, Farbstoffe, ätherische Öle, organische Säuren)
- Nur die eigentlichen Fette (Triglyceride) können vom Tierischen Organismus zur Energiegewinnung herangezogen werden.



Rohfaser (= XF) = Ballaststoffe

Der in Säuren und Laugen unlösliche fett-, stickstoff-, und aschefreie Rückstand einer Substanz (Futtermittel).

- Cellulose
- Pentosane
- Lignin
- Suberin
- Cutin

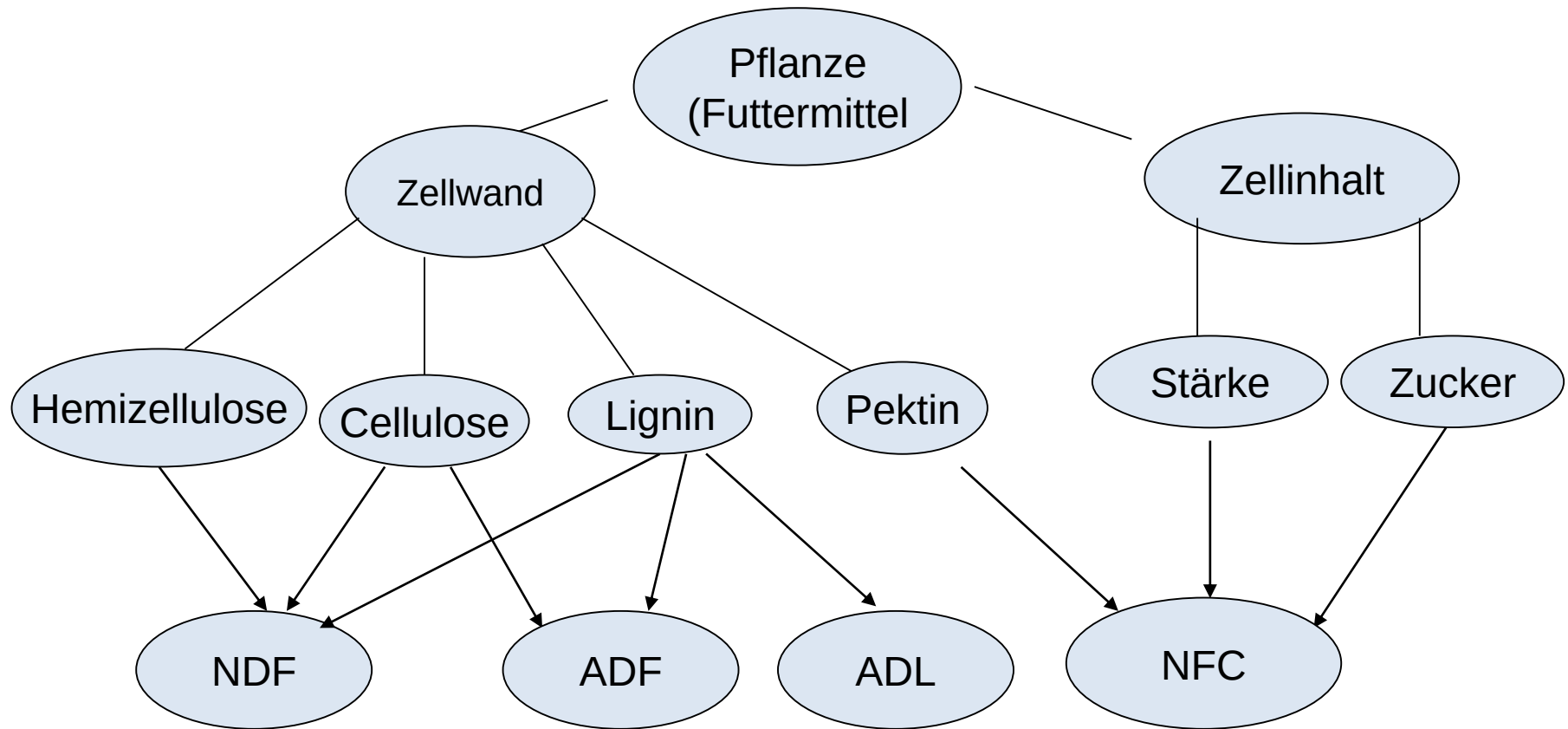
Keine klare stoffliche Abgrenzung zur NfE, da lösliche Bestandteile an Cellulose, Pentosanen bei den NfE mit erfasst werden

Stickstofffreie Extraktstoffe = NfE (= XX)

- Die Stickstofffreien Extraktstoffe (= NfE) sind die leichtlöslichen Stoffe, die bei den anderen Bestimmungen nicht erfasst wurden. (überwiegend Zucker, Stärke, aber auch Pektine)
- Es werden auch lösliche Anteile der Rohfaserfraktion erfasst
- Rein rechnerische Erfassung:

$$XX = OS - (XP + XL + XF)$$

Futtermittelanalyse nach van Soest



Analysesystem nach **van Soest**

NDF = neutrale Detergentienfaser = Summe der Gerüstsubstanzen:

Rückstand nach dem Kochen in neutraler Detergentienlösung (Summe aus Lignin, Cellulose und Hemicellulose)

Hemicellulosen sind Polysaccharide, die überwiegend aus den Pentosen Xylose und Arabinose bestehen

ADF = Saure Detergentienfaser:

Rückstand nach dem Kochen mit schwefelsaurer Detergentienlösung (Cellulose (=n x β -Glucose) und Lignin)

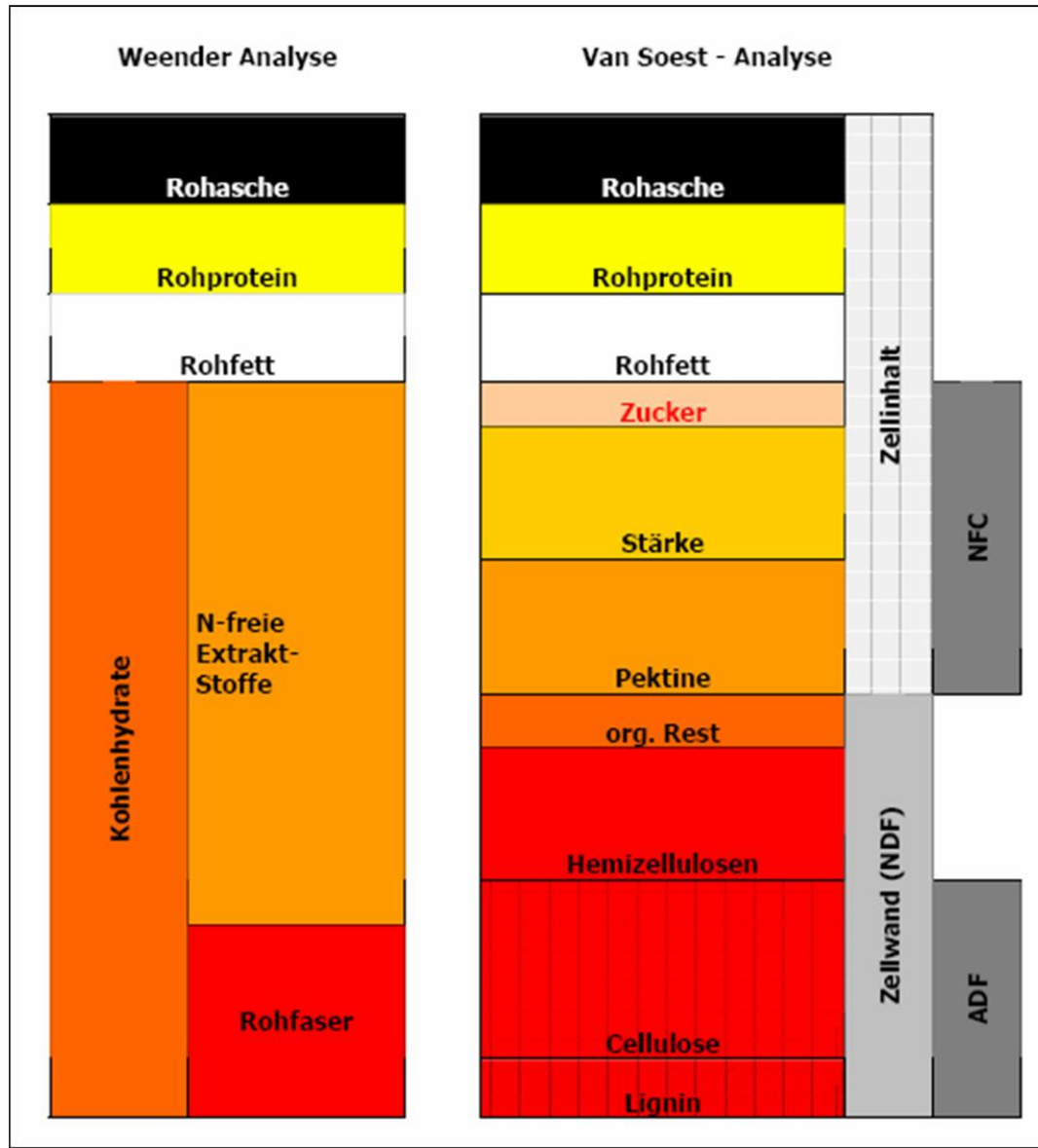
ADL = Lignin:

Rückstand nach der Hydrolisierung (der Cellulose) mit konzentrierter Schwefelsäure

Cellulose (ADF - ADL)

Hemicellulose (NDF - ADF)

Differenzierung der Rohnährstoffgehalte



Weitere Analysenverfahren

NIR = Nah-Infrarot-Spektroskopie. Die IR-Spektroskopie wird zur quantitativen Bestimmung von bekannten Substanzen verwendet, deren Identifikation anhand eines Referenzspektrums erfolgt (Rohprotein, Rohfaser, Zucker, Stärke, Energie)

AAS = Die Atomabsorptionsspektroskopie ist heutzutage eine sehr beliebte und schnelle Methode zur quantitativen Analyse vieler Elemente (Metalle, Halbmetalle) in wässrigen Lösungen

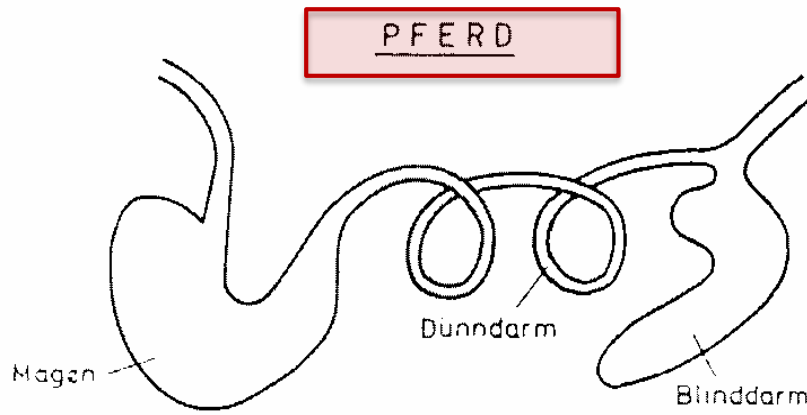
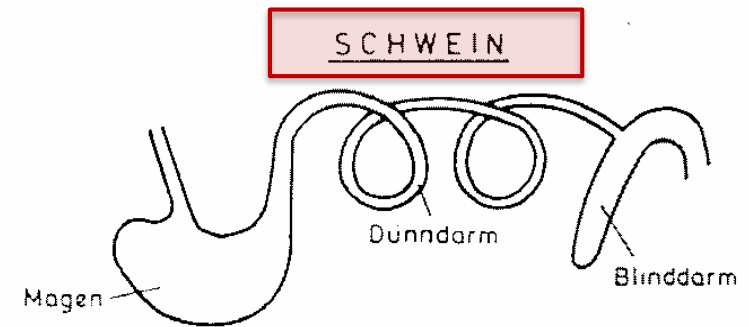
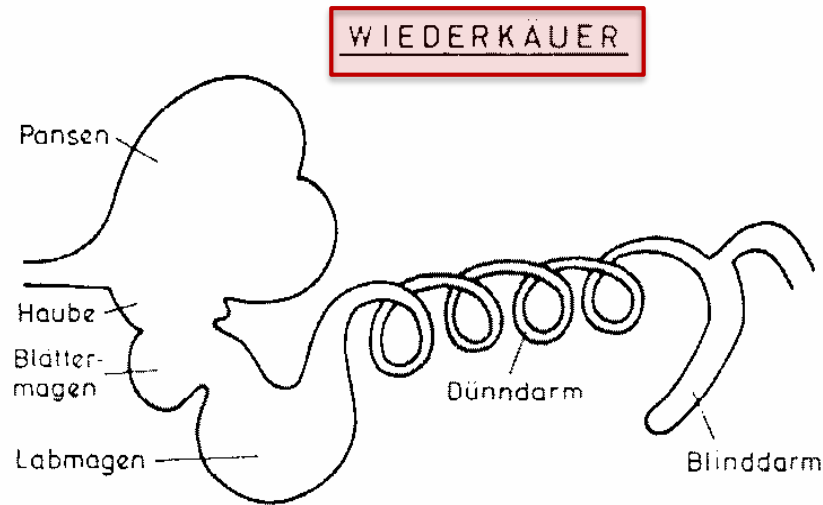
GC = Gaschromatographie (Fettsäurenmuster)

HPLC = Hochdruckflüssigkeitschromatographie (Vitamine)

Elisa = Enzyme-linked Immunosorbent Assay. Wird zum Beispiel für Mykotoxinanalysen verwendet

Photometrische Tests (β -Carotin)

Aufbau vom **Verdauungstrakt** bei verschiedenen Spezies (schematisiert)



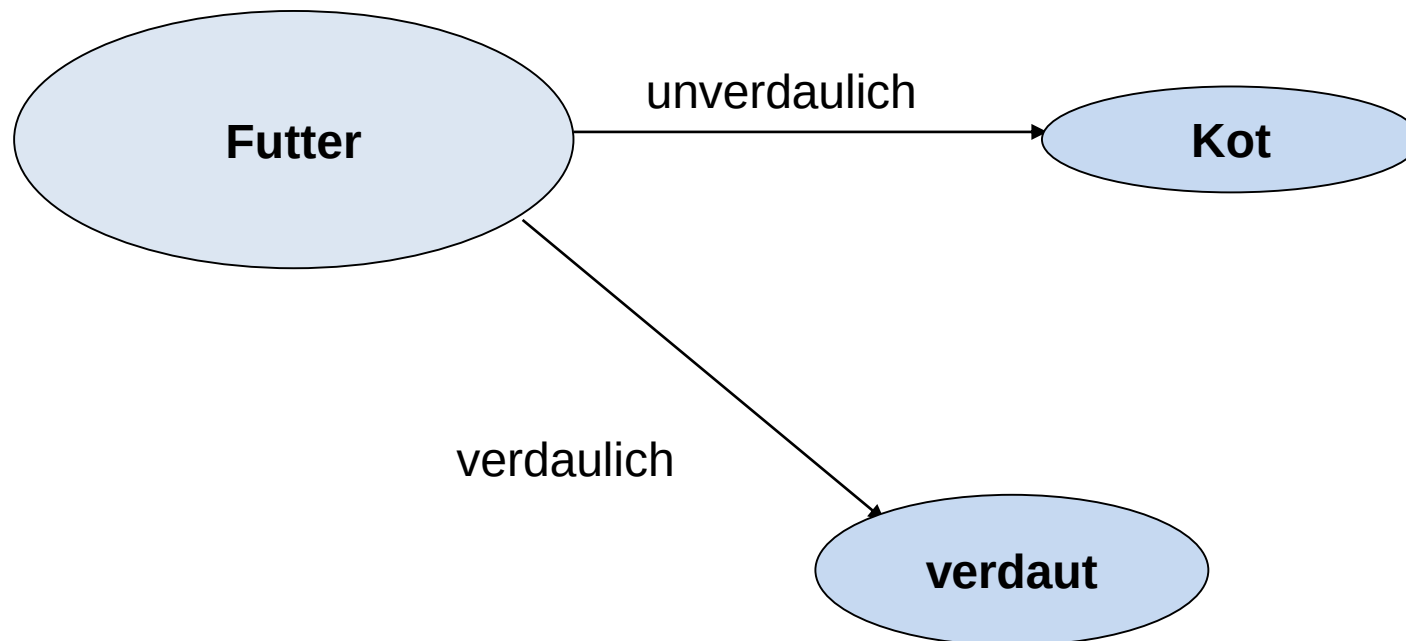
Aufbau des Verdauungstraktes bei verschiedenen Spezies

	Mensch	Schwein	Pferd	Rind	Schaf
	Volumen in Liter				
Vormagen	-	-	-	150 – 230	20 – 30
Magen	2 – 4	5 – 10	10 – 20	10 – 20	2 – 4
Dünndarm	7	9	65	65	10
Dickdarm	7	10	130	40	6
davon Blinddarm	0,5 - 1	2	40	10	1
Gesamtvolumen	18	25	210	330	45
Liter je 100 kg LM	26	25	35	65	75
Körperoberfläche : Oberfläche des Magen-Darm- Traktes		1 : 1,3	1 : 2,2	1 : 3	

Verdaulichkeit

Verdaulichkeit: Als Verdaulichkeit wird der prozentuale Anteil eines Nährstoffes bezeichnet, der nicht mit dem Kot wieder ausgeschieden wird.

Die Verdaulichkeit eines Nährstoffes ist nicht konstant



Zur Definition von Verdaulichkeit und Absorbierbarkeit

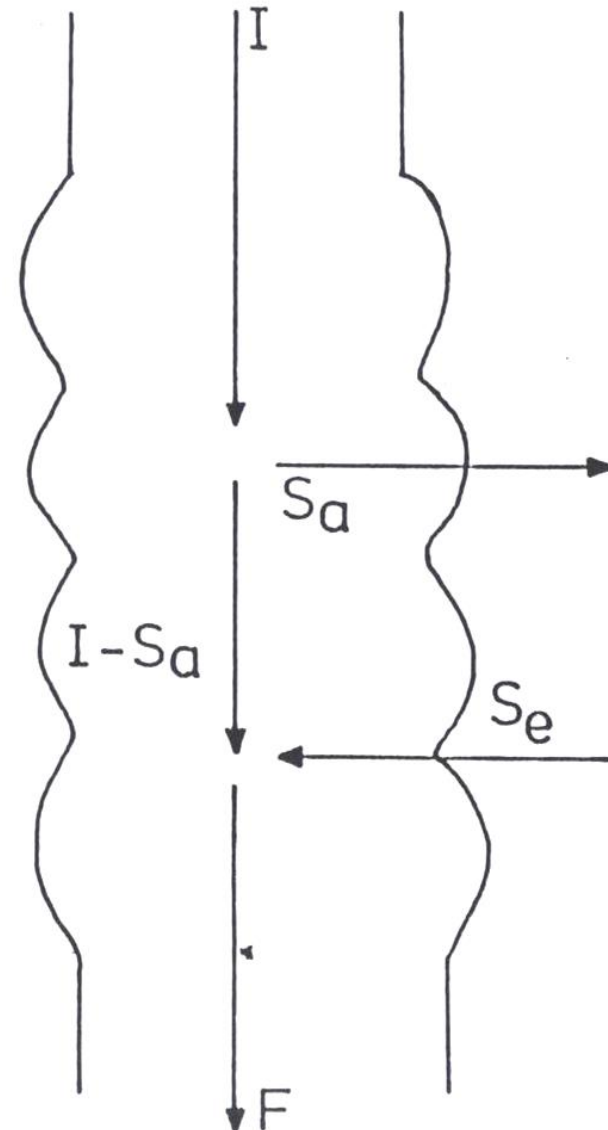
- I = aufgenommene Menge im Futter,
z. B. organische Substanz, Stickstoff, Fett,
Calcium usw.
- S_a = absorbierte Menge
- S_e = endogene Menge
(bereits verdaute Bestandteile)
- F = im Kot ausgeschiedene Menge

Verdaulichkeit $= \frac{I - F}{I}$

Verdaulichkeit in % $= \frac{I - F}{I} \cdot 100$

Absorbierbarkeit $= \frac{S_a}{I} = \frac{I - (F - S_e)}{I}$

Absorbierbarkeit in % $= \frac{I - (F - S_e)}{I} \cdot 100$



Absorbierbarkeit

Als **Absorbierbarkeit** wird der prozentuale Anteil eines Nährstoffes bezeichnet, der **tatsächlich in den Körper aufgenommen** wird. Es ist der Anteil der **verdauten Nährstoffe zuzüglich** um die Nährstoffverluste endogener Herkunft

Als Stoffe **endogener Herkunft** werden Stoffe bezeichnet, die **bereits einmal in den Körper** aufgenommen worden sind und bei denen der **Darm als Ausscheidungsorgan** dient oder es handelt sich um Bestandteile der Darmzellen oder Verdauungssekrete

Absorbierbarkeit = verdauliche Nährstoffe + Stoffe endogener Herkunft

Verdaulichkeit und Absorbierbarkeit des Spurenelementes **Zink** beim Labortier Ratte

Tägliche Zinkaufnahme 450µg, Zinkausscheidung 190 µg und
endogenes Zink im Kot 110µg

$$\text{Verdaulichkeit} = \frac{450 - 190}{450} \times 100 = 58\%$$

$$\text{Absorbierbarkeit} = \frac{450 - (190 - 110)}{450} \times 100 = 82\%$$

Verdaulichkeit und Absorbierbarkeit

Begriffsbestimmungen

Verdaulichkeit = „scheinbare“ Verdaulichkeit

Absorbierbarkeit = „wahre“ Verdaulichkeit

Große Unterschiede zwischen Verdaulichkeit und Absorbierbarkeit bei:

- Eiweiß,
- Mineralstoffe

Geringe Unterschiede zwischen Verdaulichkeit und Absorbierbarkeit bei den Rohnährstoffgruppen:

- Rohfaser,
- NfE,
- Rohfett (bei Mengen unter 5 %, bei Adaption auch bei höheren Mengen)

Einflüsse auf Verdaulichkeit

Die Verdaulichkeit ist von verschiedenen Faktoren abhängig:

- Tierart (Pflanzenfresser – Allesfresser – Fleischfresser)
- Alter (mit zunehmendem Alter bessere Entwicklung der mikrobiellen Verdauung)
- Futtermenge (vor allem beim Wiederkäuer)
- Rationszusammensetzung (vor allem beim Wiederkäuer)
- Futtermittelzubereitung (alle Tierarten)

Einflüsse auf die Verdaulichkeit (1)

Tierart

Die größten Unterschiede zwischen den Tierarten treten in der Verdaulichkeit der Rohfaser auf.

Anpassung der Tierarten an die Nahrungsgrundlage

- Pflanzenfresser (Vormagensystem, ausgeprägte Dickdarmverdauung)
- Allesfresser
- Fleischfresser

Alterseinfluss

z.B. beim Schwein: Anstieg der Rohfaserverdaulichkeit mit zunehmendem Alter (Verbesserung der Dickdarmfermentation)

Rohfaserzusammensetzung

Cellulose ist „verdauliche“ Komponente (sie wird durch Mikroorganismen im Pansen bei Wiederkäuern bzw. teilweise auch im Dickdarm von Monogastriern (Schwein, Huhn, Pferd) fermentiert)

Lignin ist unverdauliche Komponente

Verdaulichkeit der organischen Substanz einiger **Kraftfuttermittel** bei Rind und Schwein

Futtermittel	Rohfaser, %	Verdaulichkeit der organischen Substanz, %	
		Rind	Schwein
Kartoffel. roh	2,7	92,0	85,0
Mais	2,8	84,8	88,7
Weizen	2,9	89,0	90,0
Erdnussextraktionsschrot	5,8	87,5	87,6
Sojaextraktionsschrot	5,9	87,2	82,3
Gerste	6,4	82,2	83,2
Leinextraktionsschrot	11,4	71,4	65,5
Hafer	11,8	73,4	67,6
Palmkernextraktionsschrot	19,9	77,9	64,3

Vegetationsstadium und **Verdaulichkeit** von **Gräsern** beim Rind

Vegetationsstadium	Rohfasergehalt in % der TM	Verdaulichkeit der organischen Substanz, %
Im Schossen	22,8	75
Vor der Blüte	28,4	69
In der Blüte	32,8	64
Nach der Blüte	36,3	60
Samenreife	36,4	61
Samen ausgefallen	40,7	54

Einflüsse auf die Verdaulichkeit (2)

Futtermenge

Beim Wiederkäuer besteht eine **ausgeprägte** Abhängigkeit zwischen **Futtermenge und Verdaulichkeit**. Mit **steigender** Futtermenge nimmt die **Verweildauer** des Futters **im Pansen ab** und damit die Möglichkeit des „Futteraufschlusses“ durch die Mikroorganismen.

Beim Schwein **nur eine geringe** Beeinträchtigung der Verdaulichkeit durch Erhöhung der Futtermenge festzustellen.

Einflüsse auf die Verdaulichkeit (3)

Rationszusammensetzung

- Jedes Futtermittel hat einen Einfluss auf die Verdaulichkeit eines anderen Futtermittels.
- Besonders große Wechselwirkungen beim Wiederkäuer (Beeinflussung der Mikroorganismen)

Beispiele für Verdauungsdepressionen bei **Wiederkäuern**:

- Zulage von leichtlöslichen Kohlenhydraten (Stärke und Zucker) zu rohfaserreichem Grundfutter senkt die Verdaulichkeit aller Nährstoffe, insbesondere die des Eiweißes und der Rohfaser.
- Zulage von Fett beeinträchtigt die Cellulose-Bakterien in deren cellulolytischen Aktivität → deshalb Rohfett nie über 4%
- Hohe Phytatgehalte beeinflussen die Verdaulichkeit von Calcium und Zink
- Hohe Kaliumgehalte beeinflussen die „Verdaulichkeit“ von Magnesium und Natrium

Einflüsse auf die Verdaulichkeit (4)

Zubereitung der Futtermittel

Faktoren **ohne Einfluss** auf die Verdaulichkeit der Nährstoffe:

- die Häufigkeit der täglichen Fütterung (ein- oder mehrmals) bei Monogastriern im Gegensatz zu Wiederkäuern
- die Verteilung der Futterkomponenten in der Tagesration auf eine oder mehrere Mahlzeiten (gilt nur bedingt für Wiederkäuer insbesondere Milchkuh)
- die Verabreichungsform des Futters (trocken, feucht-krümelig, flüssig)

Einflüsse auf die Verdaulichkeit (5)

Zubereitung der Futtermittel

Faktoren mit **positiven Einfluss** auf die Verdaulichkeit der Nährstoffe:

Zerkleinerungsgrad

- z.B. bei Körnerfrüchten aber: Optimum der Mahlfeinheit zu beachten;
- z.B. Schwein: maximal 60 % der Partikel < 1mm, da sonst vermehrt Magengeschwüre auftreten

Erhitzen

- Dampferhitzen (= Toasten) von Sojaextraktionsschrot zur Zerstörung des Trypsininhibitors (→ Verbesserung der Eiweißverdaulichkeit)
- Dämpfen von Kartoffeln (→ Verbesserung der Stärkeverdaulichkeit)
- Mikronisierung (=Kurzwellenbehandlung)
- Flockieren mit Dampf (Stärkeaufschluss) für Jungtiere und “Senioren”
- Extrudieren

Einflüsse auf die Verdaulichkeit (6)

Faktoren mit **positivem Einfluss** auf die Verdaulichkeit der Nährstoffe:

Sonstige technologische Verfahren:

- **Strohaufschlussverfahren** (NaOH- Besprühung oder NH₃-Begasung lockert den Ligno-Cellulose-Komplex → Erhöhung der Verdaulichkeit der Organischen Substanz)
- **Pelletieren**: durch Temperatureinfluss Verbesserung der hygienischen Situation und es erfolgt ein Stärkeaufschluss; aber: bei stärkerer Temperatur-Zeit-Belastung verdaulichkeitsmindernde Effekte (Protein)

Verfahren zur Bestimmung der Verdaulichkeit

Mögliche Ansätze:

- Tierversuch
- In-vitro-Methoden
- Schätzmethode

Verfahren zur Bestimmung der Verdaulichkeit

Tierversuch

Prinzip: Erfassen von verzehrter Futtermenge und ausgeschiedener Kotmenge über mehrere Tage (7 - 10) bei mehreren Tieren (3 – 4)

Versuchsmethoden:

Differenzmethode

Zur Bestimmung der Verdaulichkeit von nicht allein zu fütternden Futtermitteln (z.B. Sojaschrot bei Schweinen). Es wird ein Basisfutter (-ration) verfüttert und das zu prüfende Futter zugelegt. Für die Basisration ist die Verdaulichkeit der Nährstoffe bekannt. Über Differenzrechnung kann auf die Verdaulichkeit des Prüffutters geschlossen werden.

Verdauungsversuche im Stoffwechselkäfig



Proteine

Aufgaben der Proteine

Proteine sind aus **Aminosäuren** aufgebaut, die durch eine **Peptidbindung** verknüpft sind.

- katalytische Wirksamkeit (Enzyme)
- regulative Aufgaben (Peptid- und Proteohormone) (Insulin, Wachstumshormon)
- Stütz- und Schutzfunktion (organ. Substanz der Knochen, Bindegewebe, Haut, Haare)
- kontraktile Funktionen (Muskeln)
- Abwehrfunktionen (Immunkörper)
- Transportfunktionen (Hämoglobin, Apolipoproteine)

Funktionen der Proteine im tierischen Organismus

Proteinklasse	Beispiele	Funktion
Strukturproteine	Zytoskelett Kollagen	Zellstruktur, intrazellulärer Transport Bindegewebsbestandteil Sehnen-, Knorpel-, Knochenfestigkeit
	Keratin	Haare/Wolle, Federn, Klauen, Hufe
Speicherproteine	Ferritin Ovalbumin, Casein	Eisenspeicher Eiweißspeicher für Nachkommen
Motorproteine	Aktin, Myosin, Tropomyosin	Bewegung, Muskelkontraktion
Enzyme	Oxidoreduktasen, Ligasen, Lyasen, Transferasen, Hydrolasen, Isomerasen	Katalyse chemischer Reaktionen
Transportproteine	Hämoglobin Transferrin Albumin Apolipoproteine	Transport von Sauerstoff im Blut Transport von Eisen im Blut Nährstoff- und Hormontransport im Blut Transport von Fetten im Blut
Signalproteine	Proteohormone (z.B. Insulin) Transkriptionsfaktoren Wachstumsfaktoren	Stoffwechselregulation Zellwachstumsregulation
	Immunglobuline (Antikörper)	Immunabwehr
Rezeptorproteine	Insulinrezeptor, IGF-Rezeptor	Vermittlung von exogenen Signalen in das Zellinnere
Ionenkanäle	Calcium-, Natrium-, Kaliumkanäle	Regulation des Ionengleichgewichts in der Zelle, Erregbarkeit von Nerven- und Muskelzellen
Proteine mit Sonderaufgaben	Gerinnungsfaktoren Histone	Blutgerinnung „DNA-Verpackung“, Genregulation

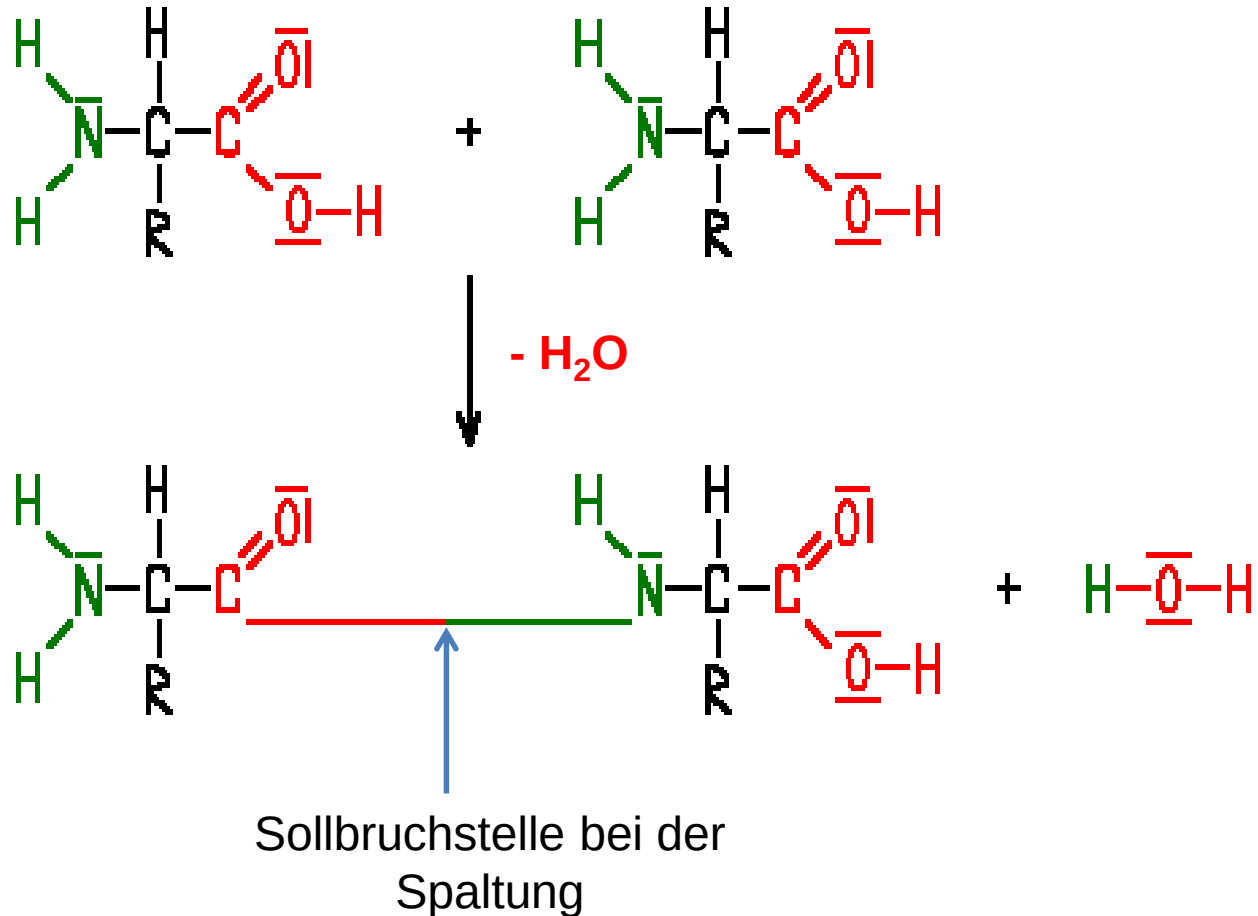
Proteine

Proteine sind aus Aminosäuren aufgebaut

Die Abfolge der einzelnen Aminosäuren ist genetisch festgelegt (DNA).

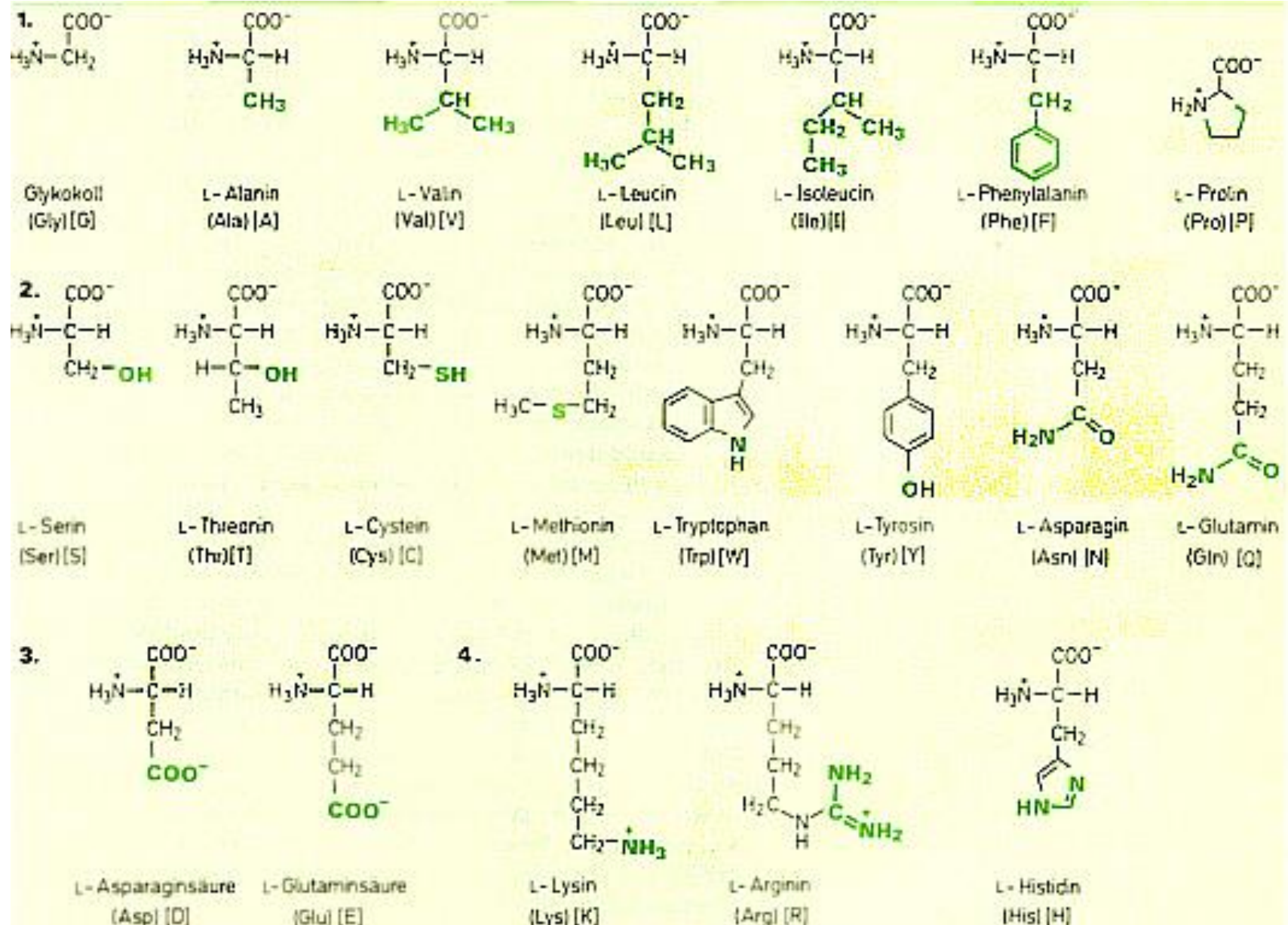
Aminosäuren

- **Aminogruppe**
- **Carboxylgruppe**
- R=Rest, für jede Aminosäure charakteristisch



Peptidbindung

- Reaktion der Carboxylgruppe mit der Aminogruppe unter **Wasserabspaltung**



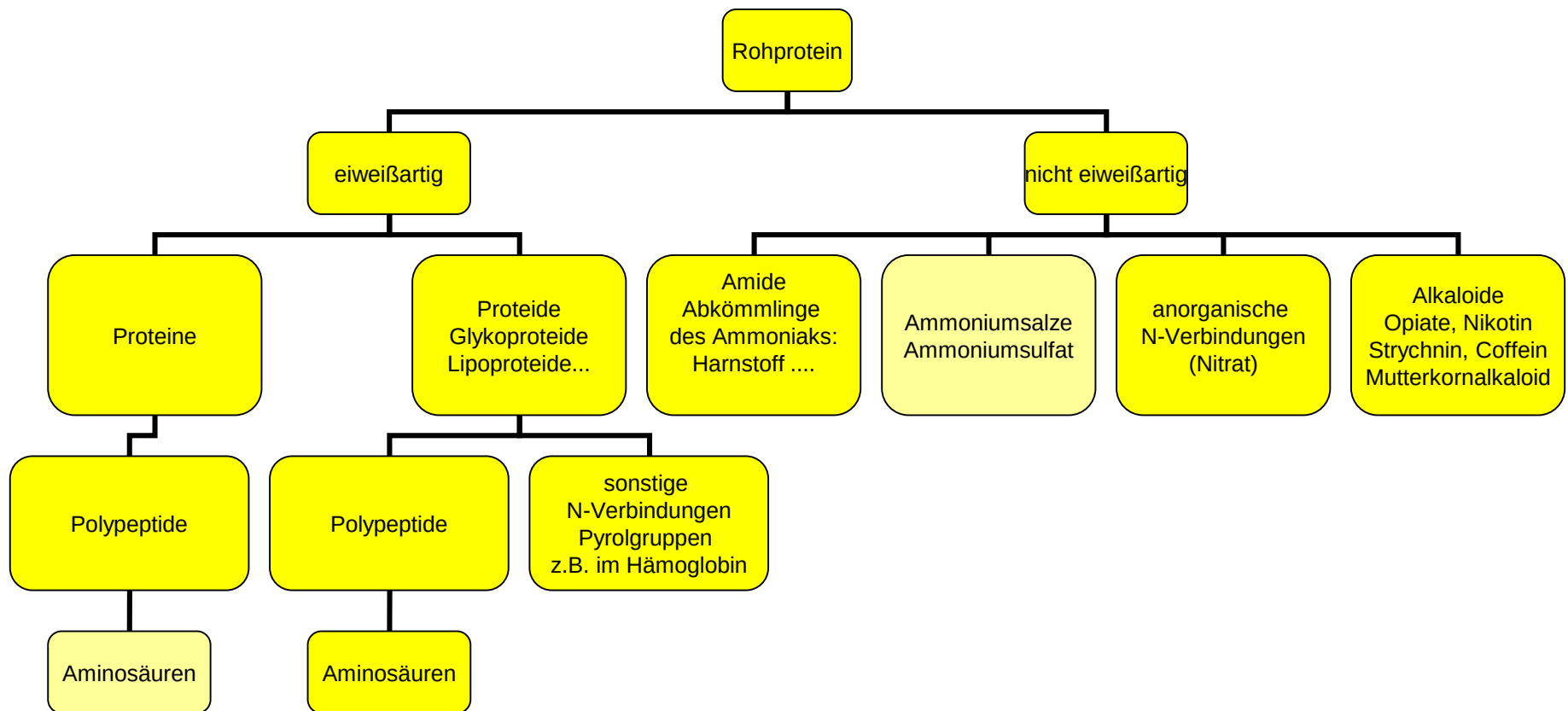
Essentielle Aminosäuren in der Ernährung

<i>Aminosäure</i>	<i>Geflügel</i>	<i>Schwein</i>	<i>Mensch</i>
Arginin ^{1, 2}	±	±	±
Histidin ¹	+	+	±
Isoleucin	+	+	+
Leucin	+	+	+
Lysin	+	+	+
Methionin	+	+	+
Phenylalanin	+	+	+
Threonin	+	+	+
Tryptophan	+	+	+
Valin	+	+	+

1,2) Arginin und Histidin sind beim Menschen **nicht essentiell**. Sie werden jedoch essentiell unter Bedingungen eines erhöhten Bedarfs (schnelles Wachstum in der ersten Lebensphase, Stress, Trauma).

1) Arginin ist bei jungen Küken essentiell.

Zusammensetzung der Eiweißfraktion



Reineiweiß

- Reineiweiß = Proteine bestehen aus **Aminosäurenketten**
- Kann von Monogastriern durch **körpereigene Enzyme (enzymatisch)** zu Aminosäuren (As) gespalten werden
- Wird vom Monogastrier zur Deckung des **Bedarfes an essentiellen As** verwendet
- Die Umfang der Spaltung hängt von
 - der **Zusammensetzung** der Proteine (**As-Sequenz**),
 - der **räumlichen Struktur** der Proteine,
 - der **Verweildauer im Verdauungssystem**,
 - der **technologischen Behandlung** ab
- Wird beim Wiederkäuer **durch Mikroorganismen** im Pansen in unterschiedlichem Umfang (bis zu 95 %) **über Aminosäuren weitgehend bis zu Ammoniak** abgebaut (Ausgangssubstanz + kurze Fettsäuren für die mikrobielle Aminosäuresynthese)
- Durch Mikroorganismen nicht abgebautes Reinprotein wird wie bei Monogastriern im Dünndarm enzymatisch zur Deckung des Aminosäurenbedarfs verwendet

Nicht-**P**rotein-**N** = NPN

NPN-haltige Futtermittel

NPN-Verbindungen kann der Monogastriern **nicht** zur Deckung seines Aminosäurenbedarfes verwenden

Hohe Gehalte an Nicht-Protein-N = NPN enthalten vor allem Einzeller in der DNA:

- Algen 6 – 13 %
- Hefen 13 – 20 %
- Bakterien 15 – 25 %

des Gesamt-N

In Grünfutter kann der NPN-Anteil bis zu 15 % des Gesamt-N erreichen (Nitrat)

In Silagen sollte der Ammoniak-N am Gesamt-N unter 8 % liegen

Funktion der Salzsäure im Magen bei der Proteinverdauung

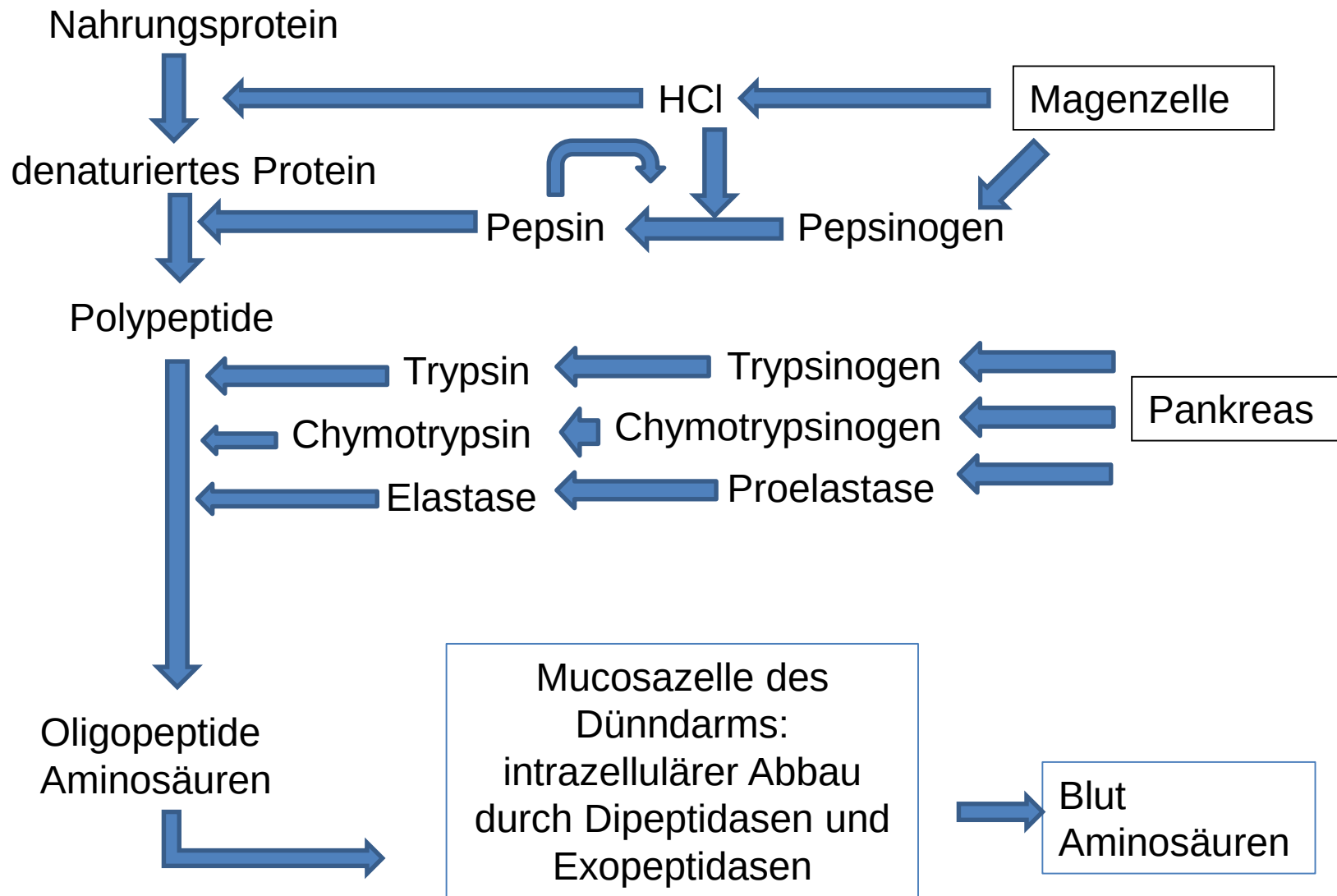
Salzsäure wird in den Belegzellen im mittleren und unteren Teil der Magenschleimhaut gebildet. (Durch die Bildung von Schleim in Nebenzellen wird die Schädigung des Magengewebes verhindert)

Salzsäure sorgt für

- **Entkeimung** des Futters bei pH-Werten unter 4
- **Denaturierung** der Proteine (Veränderung der räumlichen Struktur)
- **Aktivierung** des Pepsinogens
- In geringem Umfang **hydrolytische Spaltung** von Proteinen und anderen Nährstoffen

Bei Jungtieren wird die Funktion der Salzsäure durch Milchsäure unterstützt. Diese wird durch Milchsäurebakterien im Magen aus Laktose gebildet

Proteinverdauung im Magen und Dünndarm (Monogastrier und Wiederkäuer)



**Bei säugenden Jungtieren wird zusätzlich
Chymosin (Lab) ausgeschüttet**

Einflussfaktoren auf die Proteinverdauung beim Monogastrier

Einflüsse auf die Eiweißverdauung:

- **Erhitzung**
 - **leichte Erhitzung** unter Anwesenheit von Wasser **verbessert** die Proteinverdaulichkeit
 - **Starke, trockene Erhitzung** verschlechtert die Proteinverdaulichkeit bzw. Aminosäurenverfügbarkeit
(→ Maillard-Reaktion [Lysin] – Bräunungsreaktion bei Backen, Braten (ab 140 ° C) – Bildung von Reaktionsaromen)
 - Dampferhitzen beseitigt die Inhibitoren-Wirkung
(→ Sojaextraktionsschrot -Trypsin-Inhibitor)
- Struktur des Proteins (schlechtere Keratinverdaulichkeit infolge der Faserstruktur)
- Mit steigender Rohproteinaufnahme nimmt die Verdaulichkeit ab
- Auch beim Wiederkäuer wirken sich die Faktoren aus

Biologische Proteinqualität

„Hilfsgrößen“ zur Bestimmung der Proteinqualität:

- Biologische Wertigkeit (BW): Sie gibt an wie viel g Körperprotein aus 100 g absorbierten Futterprotein gebildet werden können.
- Proteinwirkungsverhältnis (Protein efficient ratio)
- Chemical score (chemische Punktzahl)
- Essential Amino Acid Index (EAAI)
- DIAAS = Digestible Indispensable Amino Acid Score (Humanernährung)

Durch Optimierung der Proteinqualität kann beim Monogastrier:

- die notwendige Eiweißmenge vermindert werden
- die Verstoffwechselung von Aminosäuren zu Harnstoff in der Leber (und damit die Leberbelastung) vermindert werden
- die N-Ausscheidung in Form von Harnstoff vermindert werden
- der Ammoniakkonzentration in der Stallluft vermindert werden durch verminderte Ammoniakfreisetzung aus dem Harnstoff (Umwelt)

Zusammensetzung einiger Proteine (Angaben in %)

Aminosäure	Casein	Eialbumin	Muskel- fleisch (Rind)	Dorsch- mehl	Soja- protein	Acker- bohnen	Weizen- protein
	Angaben in %						
L-Alanin	3,0	6,7	5,0	7,5			
L-Arginin	1,1	5,7	7,2	6,7	6,5	6,0	5,0
L-Asparaginsäure	7,1	9,3	6,1	8,6			
L-Cystein, L-Cystin	0,3	1,8	1,1	1,0	0,9	1,3	2,4
L-Glutaminsäure	22,4	16,5	15,6	13,4			
Glycin	2,7	3,0	5,1	12,5			
L-Histidin	3,1	2,4	2,9	1,8	2,4	2,9	1,9
L-Isoleucin	6,1	7,0	6,3	4,1	4,4	4,1	3,4
L-Leucin	9,2	9,2	7,7	6,7	7,2	7,4	7,1
L-Lysin	8,2	6,3	8,2	6,9	6,3	6,0	2,1
L-Methionin	2,8	5,2	2,2	2,8	1,5	0,8	1,3
L-Phenylalanin*)	5,0	7,7	5,0	3,4	9,4	7,0	7,5
L-Prolin	11,3	3,6	6,0	6,8			
L-Serin	6,3	8,1	5,5	5,6			
L-Threonin	4,9	4,0	5,0	4,2	4,2	2,6	2,9
L-Tryptophan	1,2	1,2	1,1	1,0	1,3	0,9	1,2
L-Tyrosin	6,3	3,7	4,4	2,8			
L-Valin	7,2	7,0	5,0	4,8	4,7	5,1	4,0

* plus Tyrosin

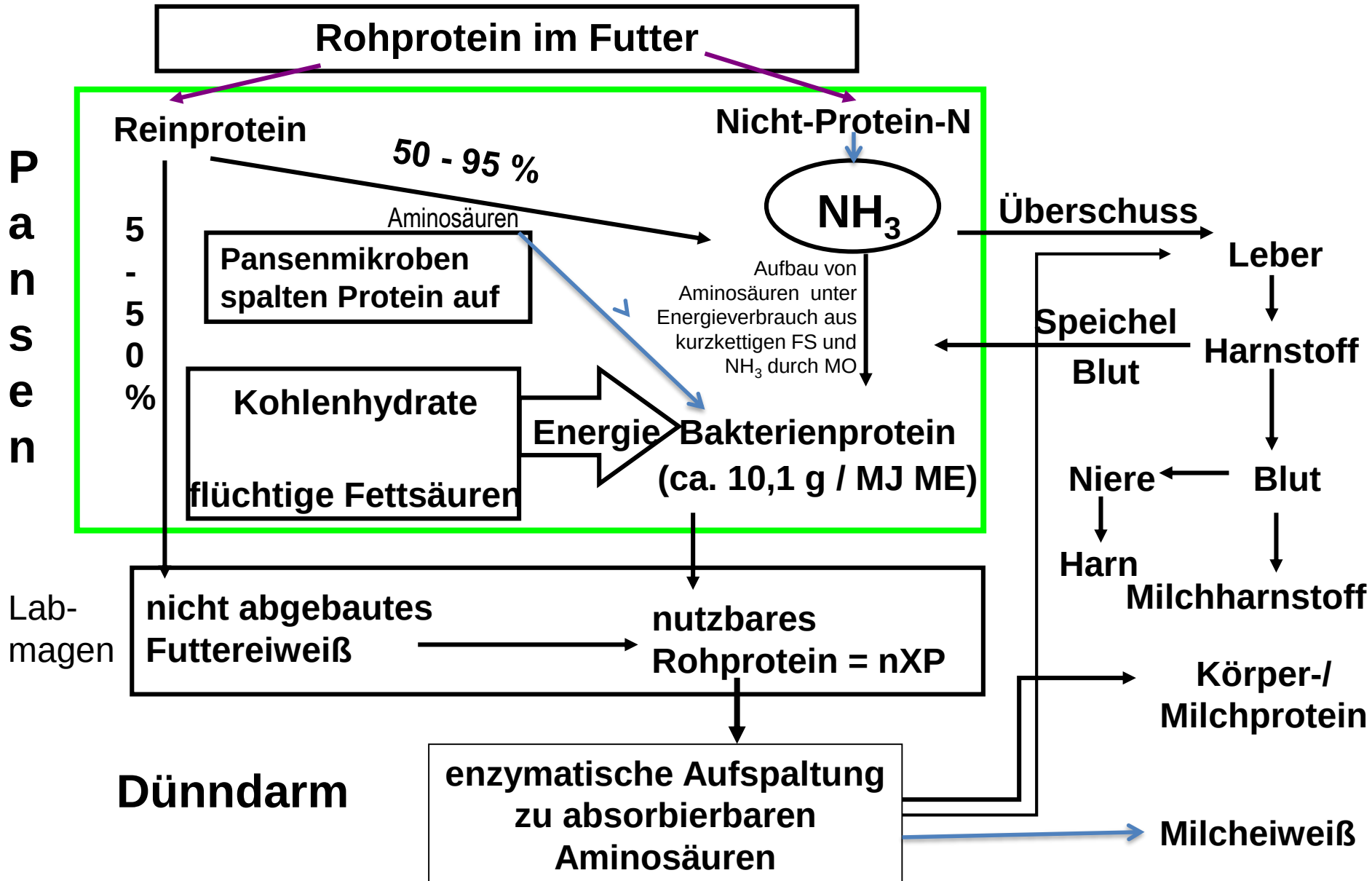
Biologische Wertigkeit einiger Nahrungs- und Futtermittel

Nahrungs-/Futtermittel	BW	Nahrungs-/Futtermittel	BW
Ei	96	Weizenkleie	64
Kuhmilch	92	Sojabohnen, roh	64
Fischmehl	76 - 90	Baumwollsaat	64
Muskelfleisch	75	Mais	54-60
Sojabohnen, erhitzt	75	Erbsen	48
Kartoffeln	71	Weizenkleber	40
Hefe	70	Bohnen	36
Getreide	64 - 67	Gelatine	25

Idealzahl = 100!

Proteinstoffwechsel im Pansen

P
a
n
s
e
n



Abbaubares Futterprotein

- » Als abbaubares Futterprotein wird derjenige Anteil des Rohproteins bezeichnet, der von den **Pansenmikroorganismen abgebaut** wird. Dieser variiert je nach Futtermittel zwischen 50 und 95 %
- » Der Umfang des Eiweißabbaus (abgebaute Menge) wird zusätzlich von der **Verweildauer** des Futters im Pansen bestimmt.
- » Die Mikroorganismen können nicht nur Proteine sondern auch NPN-Verbindungen umsetzen (Nitrat, Harnstoff, Alkaloide u.a.)
- » Als Endprodukt des bakteriellen Abbaus entsteht Ammoniak/Ammonium und bei Proteinen teilweise auch Aminosäuren.

Die Geschwindigkeit des Eiweißabbaus im Pansen wird beeinflusst von:

- Der physikalischer Struktur der Proteine
- der Löslichkeit der Proteine und dem
- pH-Wert im Pansen

Bakterienprotein

Die *Mikroorganismen* bauen aus Ammonium und kurzen Fettsäuren Aminosäuren und mit diesen freien Aminosäuren *Bakterienprotein* unter *Energieverbrauch* auf. Voraussetzung ist eine synchrone Bereitstellung der Bausteine und der Energie. Das aufgebaute Mikrobenprotein enthält *hohe Anteile an essentiellen Aminosäuren* und ist somit ein *hochwertiges Protein*.

Für eine optimale mikrobielle Proteinsynthese ist auch eine ausreichende Bereitstellung von *Schwefel* (Aufbau schwefelhaltiger Aminosäuren $\Leftrightarrow$ N:S = 10 : 1) und *Phosphor* (Energieübertragung) sowie von Spurenelementen (*Kobalt, Jod u.a*) erforderlich.

Der *optimale pH-Wert im Pansen* für die mikrobielle Proteinsynthese liegt im Bereich von *6,2 (5,8 – 6,4)*

Die Pansenmikroorganismen können *essentielle* Aminosäuren aufbauen.

Die *Syntheseleistung* ist von der *Energiebereitstellung* im Pansen *abhängig* (ca. 10 g je MJ ME bzw. 16 $\rightarrow$ 15*) g je MJ NEL) und damit begrenzt

*) nimmt mit steigender Leistung ab, aufgrund der kürzeren Verweildauer des Futters im Pansen

Unabgebautes Futterprotein = UDP = Durchflussprotein

Als **unabgebautes Futterprotein** wird derjenige Anteil des Rohproteins bezeichnet, der im Pansen **nicht von Mikroorganismen** abgebaut wird und somit in den **Labmagen und Dünndarm** gelangt. Der UDP-Anteil eines Futtermittels variiert in Abhängigkeit vom Trockenmassegehalt, der Aufbereitungsform (Trocknung, chem. Behandlung) und der Futtermenge.

UDP in % = 100 – Abbaubarkeit des Futterproteins

- » Der UDP-Anteil liegt meist bei 5 – 50 %, bei besonders behandelten Futtermitteln auch höher
- » Der UDP-Anteil eines Futtermittels steigt mit zunehmender Futteraufnahme bedingt durch die kürzere Verweildauer des Proteins im Pansen

Besonderheiten im Eiweißstoffwechsel des Wiederkäuers

- die Proteinversorgung des Wiederkäuers wird aus zwei Quellen sichergestellt:
 - **Mikrobenprotein** (abgebautes Futterprotein) aus dem Pansen
 - **unabgebautes Futterprotein** (→ Einsatz spezieller Futterkomponenten bzw. geschützter Proteine) = Durchflussprotein = UDP
- Wiederkäuer mit hoher Leistung benötigen hohe Proteinmengen (am Duodenum)
- Pansenmikroorganismen können **essentielle Aminosäuren aufbauen**.
- Die Synthese von AS (bzw. Bakterieneiweiß) kann nur bis zu einem bestimmten Maximum (abhängig von der Energieaufnahme) erfolgen.

Einflüsse auf die mikrobielle Eiweißsynthese:

- Energieversorgung (Kohlenhydrate)
- synchrone Bereitstellung von Stickstoff und Energie
- Stickstoffzufuhr (optimal 5 – 15 mmol NH_3 / L Pansensaft = 11 - 13 % XP i. d.TM)
- Anwesenheit von mikrobiell essentiellen Wirkstoffen (z.B. Phosphor, Kobalt → Vit. B₁₂)
- pH-Wert im Pansen

Ruminale Stickstoffbilanz = RNB

Die ruminale Stickbilanz = RNB beschreibt die Differenz zwischen dem N-Gehalt im Rohprotein der Ration und dem N-Gehalt im nutzbarem Rohprotein.

$$\text{RNB} = \frac{\text{g Rohprotein} - \text{g nutzbares Protein}}{6,25}$$

Die RNB ist ein Maßstab für die N-Versorgung im Pansen
Sie sollte möglichst ausgeglichen sein (RNB = 0)

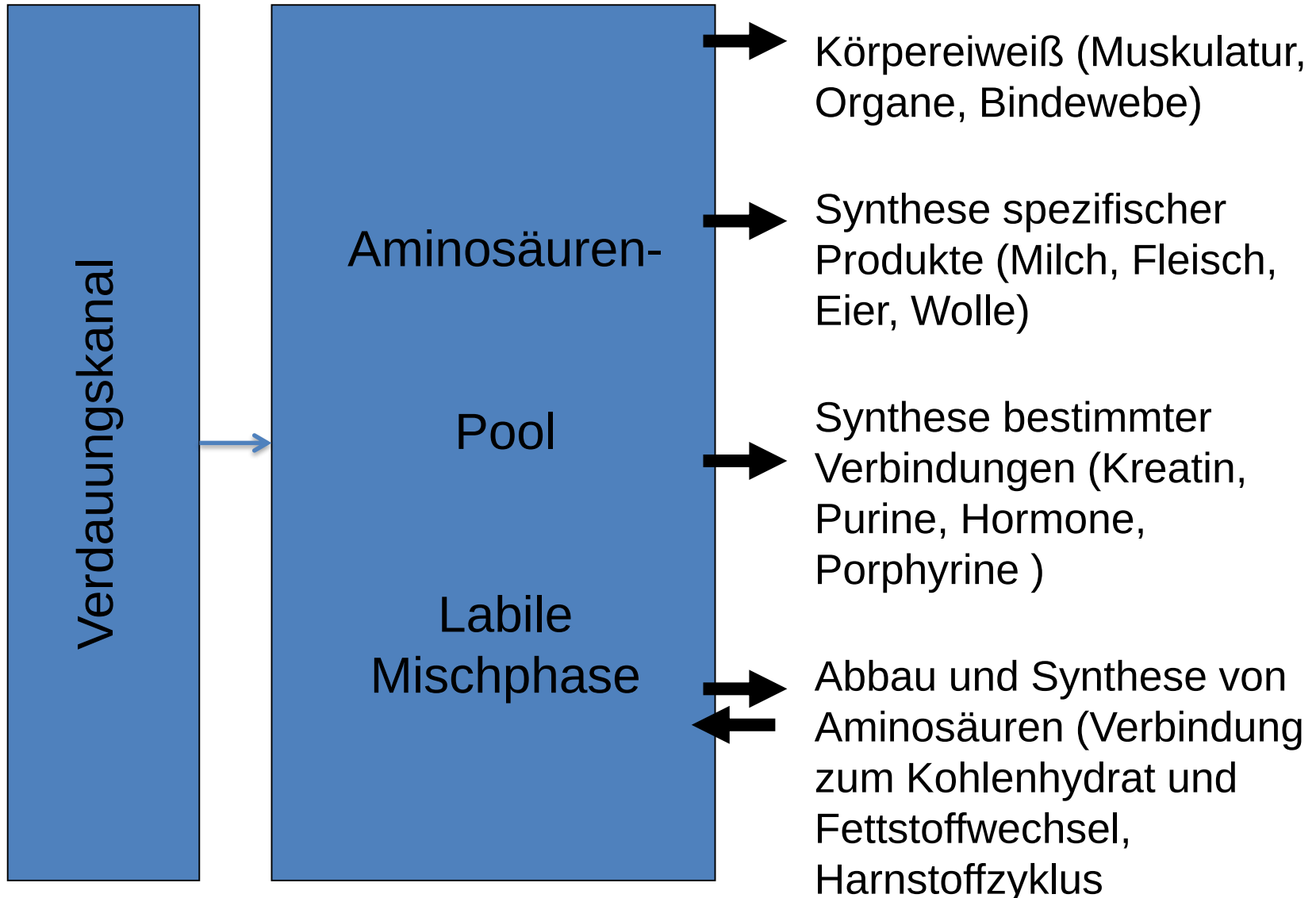
Ruminohepatischer Kreislauf:

- Ruminohepatischer Kreislauf: Stickstoff-Kreislauf im Proteinstoffwechsel des Wiederkäuers (Pansen – Leber – Pansen) (eigentlich: gastroenterohepatischer Kreislauf): Rücktransport des in der Leber aus Pansenammonium gebildetem Harnstoff über Blut und Speichel in den Pansen bei Eiweiß-/Stickstoff(=N)-Mangel im Pansen
- Bei knapper Proteinaufnahme mit der Nahrung kann damit eine Teil des Proteinbedarfs der Wiederkäuer gedeckt werden
- Ermöglicht effiziente Proteinausnutzung

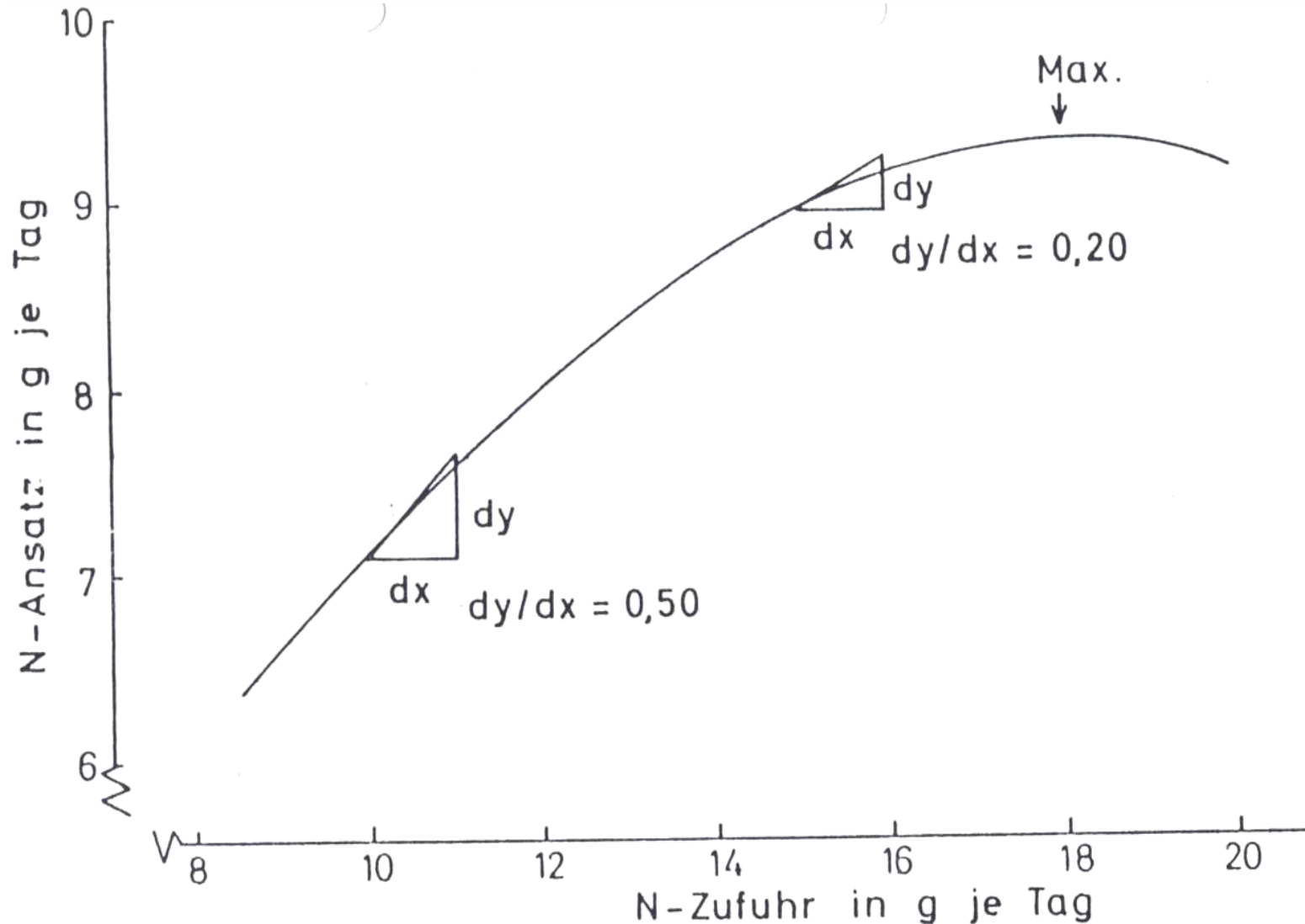
Ruminale Abbaubarkeit des Rohproteins für Wiederkäuer

Abbaubarkeit des Rohproteins in %		
65 (55 - 75)	75 (65 - 85)	85 (75 - 95)
Trockengrün	Maissilage	Frischgras
Baumwollsaatextraktions- schrot/-expeller	Kleesilage	Grassilage
Trockenschnitzel	Luzernesilage	Heu
Pressschnitzel	Kartoffel	Weizen (Korn)
Maiskleber, Biertreber	Futterrübe	Hafer (Korn)
Mais (Korn)	Sonnenblumenextraktions- schrot/-expeller	Gerste (Korn)
Kokosextraktionsschrot	Erdnusseextraktionsschrot/ -expeller	Ackerbohnen
Palmkernextraktionsschrot	Raps extraktionsschrot	Erbsen
Leinschrot/-kuchen	Soja extraktionsschrot	Zuckerrüben- blatt/-silage
Fischmehl	Maiskeimschrot	Sojaschalen
Kartoffelschlempe	Maiskleberfutter	
Maiskolbensilage	Weizenkleie	
Zitrustrester	Hefe	

Umsetzungen der Aminosäuren im Organismus



Zur Ableitung des Proteinbedarfs



Kohlenhydrate und Ihr Stoffwechsel

Einteilung der Kohlenhydrate (I)

I. Monosaccharide

Pentosen: Ribose, Arabinose, Xylose

Hexosen: Glucose (Traubenzucker), Mannose, Galaktose, Fructose
(Fruchtzucker)

II. Oligosaccharide

Disaccharide:

- Saccharose (Rohrzucker) = Glucose + Fructose (α -glykosidisch)
- Lactose (Milchzucker) = Glucose + Galaktose (β -glykosidisch)
- Maltose (Malzzucker) = Glucose + Glucose (α -glykosidisch)

Trisaccharide

- Raffinose = Galaktose + Glucose + Fructose

Einteilung der Kohlenhydrate (II)

III. Polysaccharide

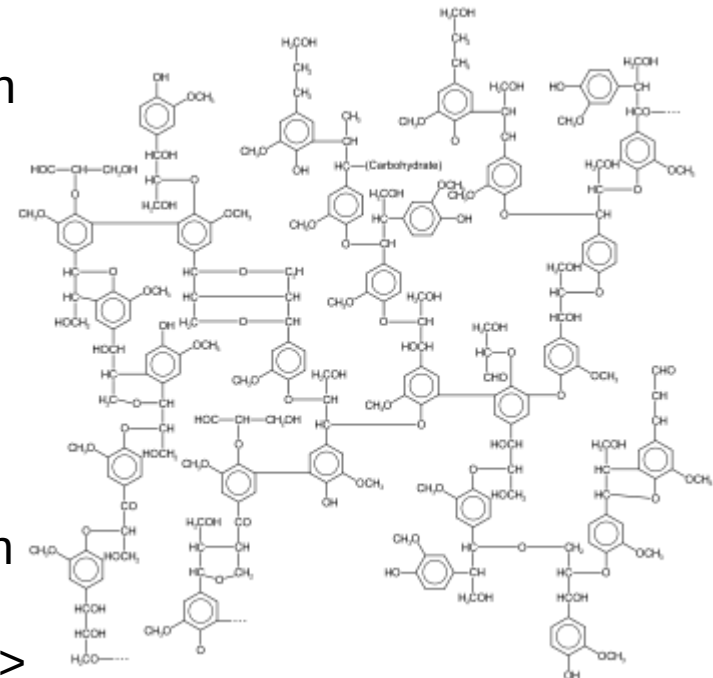
- **Pentosane**: aus Pentosen bestehend, z.B. das aus Xyloseeinheiten aufgebaute Xylan (Gerüstsubstanz in der Pflanze)
- **Hexosane**: aus Hexosen bestehend
 - **Stärke**: aus **Glucose** (1000 – 4500 Moleküle) aufgebaut, α -glykosidische Verknüpfung (1,4 und 1,6)
 - **Glykogen**: besteht aus einem zentralen Protein ([Glykogenin](#)), an das bis zu 50.000 **Glucose**bausteine aufgebaut, α -glykosidische Verknüpfung (1,4 und 1,6)
 - **Cellulose**: aus **Glucose** aufgebaut, β -glykosidische Verknüpfung (1,4)
 - **Inulin**: aus bis zu 100 **Fructose**einheiten (2-1) aufgebaut, endständiges Glucosemolekül, gut wasserlöslich
 - **Pektine** bestehen aus α -1,4-glycosidisch verknüpften D-**Galacturonsäure**-Einheiten

IV. Heteropolysaccharide

- **Hemicellulosen**: **Gemisch** aus Polysacchariden aus verschiedenen **Pentosanen** (Xylose, Arabinose) und **Hexosanen** (Glucose, Galaktose, Mannose, Fructose). Sie sind Bestandteil **der Gerüstsubstanz** der Zellwand

Lignin

- ist **kein** Kohlenhydrat
- besteht aus phenolischen Makromolekülen
- bewirkt die Verholzung von Pflanzen
- sorgen für die Festigkeit von pflanzlichen Materialien
- ist weder enzymatisch noch mikrobiell verdaulich
- steigende Ligningehalte in Pflanzen führen zu einer deutlichen Verschlechterung der Verdaulichkeit von Futtermitteln (Geflügel > Schwein > Pferd > Wiederkäuer)



<http://de.wikipedia.org/wiki/Lignin>

Bedeutung der Kohlenhydrate

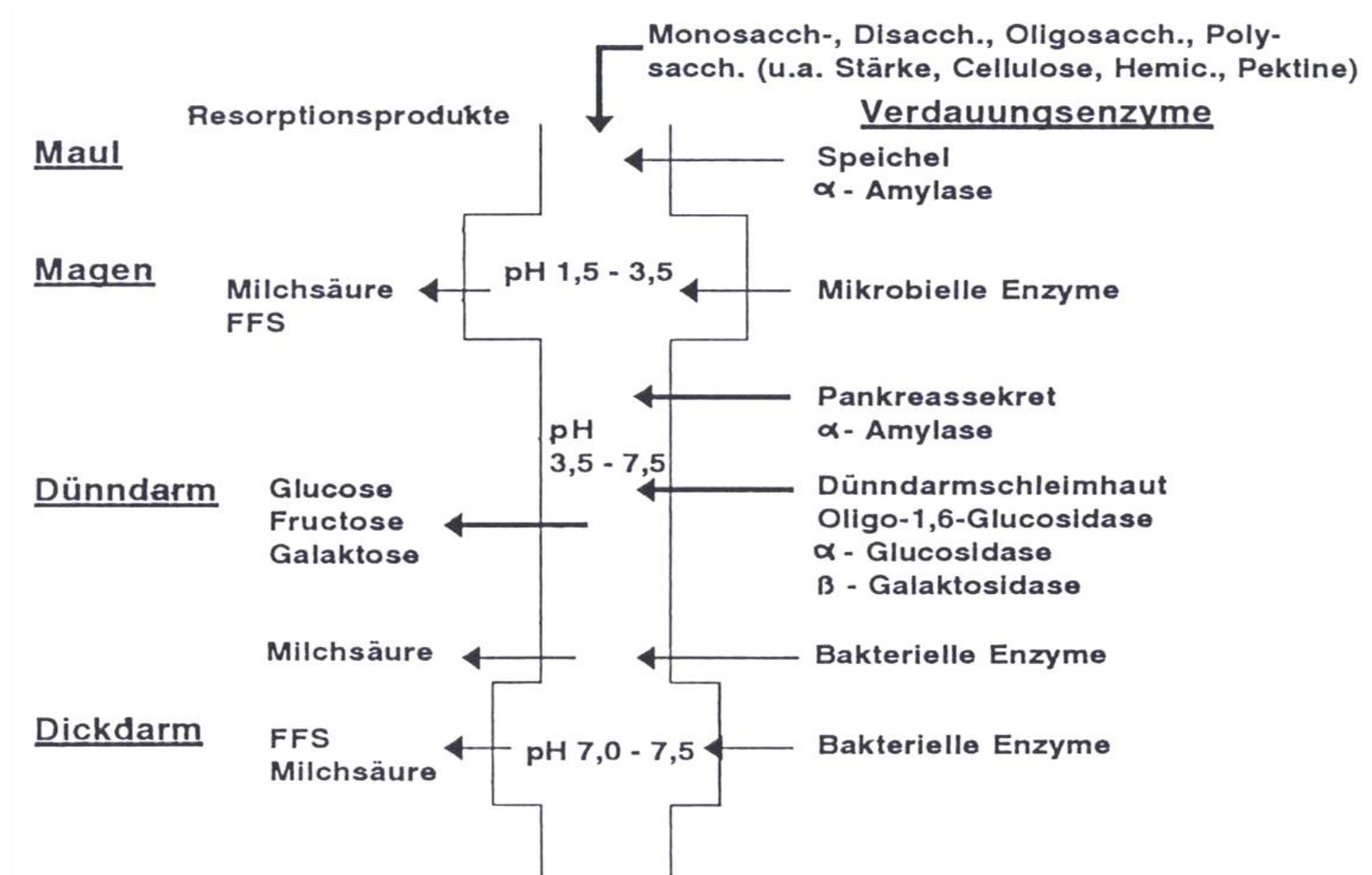
Mono- und Disaccharide:

- schnell verfügbare Energiequelle in pflanzlichen und tierischen Produkten (Fructose, Maltose, Saccharose; Laktose)

Oligo- und Polysaccharide mit α -glykosidischer Bindung (Stärke, Glykogen)

- α -1,4 und α -1,6-glykosidisch gebundene Hexosane:
 - Reservekohlenhydrate der Pflanzen bzw. tierischen Zellen
 - langsamer verfügbare Energie im Vergleich zu Mono- und Disacchariden (Umsetzungsgeschwindigkeit von der Molekülgröße und der räumlichen Struktur des Moleküls abhängig)
 - durch körpereigene Enzyme des Monogastriers abbaubar
- β -1,4 und β -1,3-glykosidisch gebundene Hexosane und Pentosane (Cellulose, Hemicellulose, Inulin, Fructane)
 - Gerüstkohlenhydrate der Pflanzen
 - können durch körpereigene Enzyme nicht gespalten werden
 - nur durch mikrobielle Enzyme abbaubar
 - mit zunehmendem Ligningehalt nimmt Umfang und Geschwindigkeit des mikrobiellen Abbaus ab (auch von anderen Nährstoffen – Käfigeffekt)

Verdauung der Kohlenhydrate beim Monogastrier



Verdauung der Kohlenhydrate beim Monogastrier

- Zucker und Stärke werden zum überwiegenden Teil durch körpereigene Enzyme bis zu den am Aufbau beteiligten Monosacchariden abgebaut
- Geringe Mengen an Zucker und Stärke werden bereits im Magen und Dünndarm durch Mikroorganismen vorwiegend zu Milchsäure (= MS) und anderen kurzen Fettsäuren (= FS) wie Essig-, Propion und Buttersäure, fermentiert
- Rohfaser = Ballaststoffe (Cellulose, Pektine, Hemicellulose etc.) werden nicht durch körpereigene Enzyme zerlegt.
- Rohfaser sowie nicht im Dünndarm verdaute Zucker- und Stärkemengen werden im Dickdarm durch MO ähnlich wie im Pansen bei WK zu den kurzen FS fermentiert, eine Milchsäurebildung ist hier unphysiologisch

Mikrobielle Verdauung von Kohlenhydraten (I)

Wiederkäuer und Monogastrier

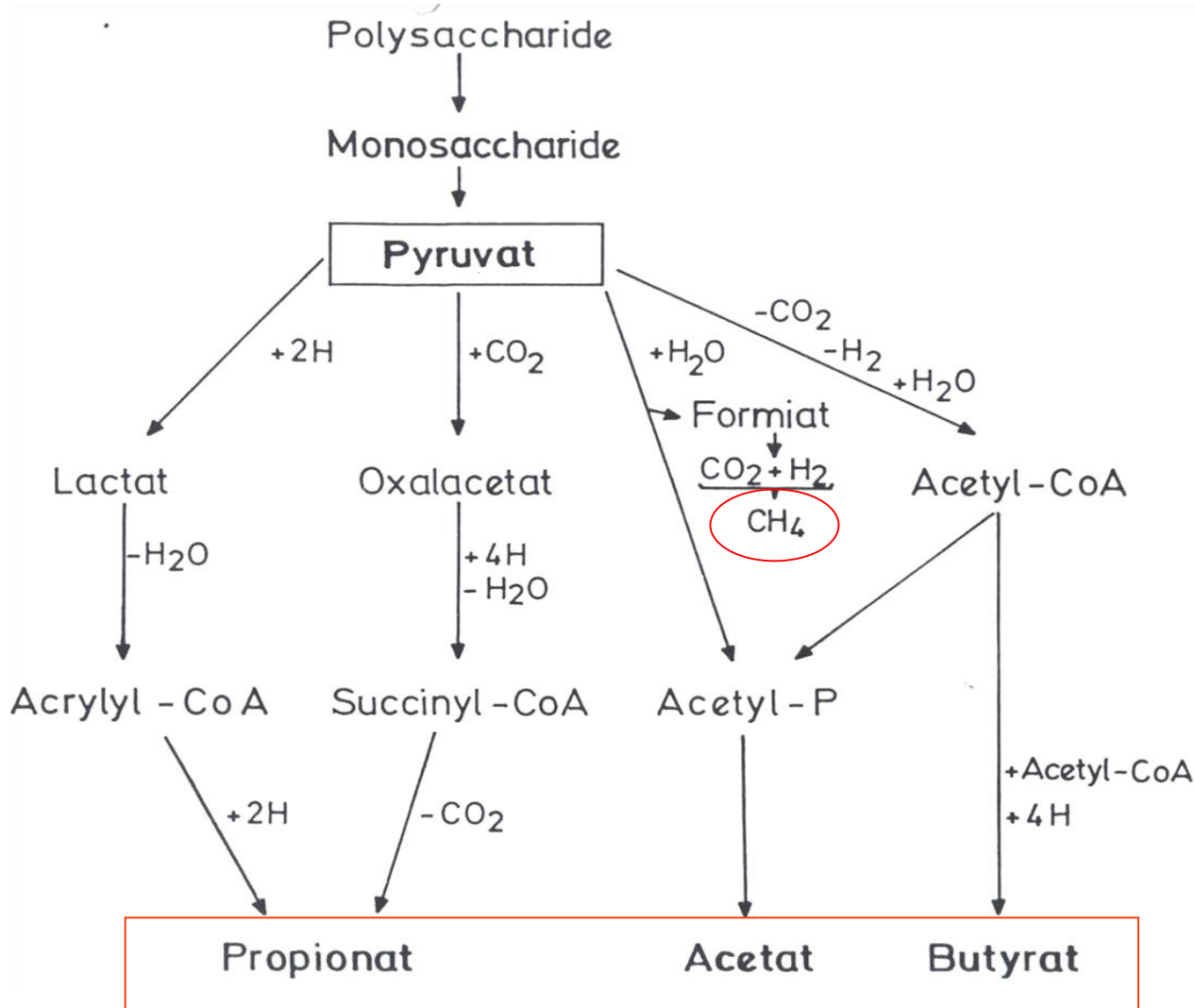
- Eine *Spaltung durch körpereigene Enzyme* von Cellulose, Hemicellulose, Pektinen und Inulin ist *im Dünndarm nicht* möglich
- In geringem Umfang kann im Magen eine *Säurehydrolyse* stattfinden
- durch *mikrobielle Aktivität* werden geringe Mengen an kurzkettigen, enzymatisch nicht verdaulichen Kohlenhydraten *im Magen und Dünndarm zu kurzen Fettsäuren* (vorwiegend Milchsäure) umgesetzt.
- die im Dünndarm nicht verwerteten Kohlenhydrate werden im *Dickdarm* durch Bakterien (= Mikroorganismen = MO) zu *kurzen Fettsäuren* (Essigsäure, Propionsäure, Buttersäure u.a.), *CO₂, CH₄ und H₂O* sowie *Wärme* umgesetzt; der *Umfang* hängt von der *Struktur* der Kohlenhydrate ab
- Lignin ist nahezu unverdaulich (nur sehr geringe Mengen werden durch MO umgesetzt)

Mikrobielle Fermentation von Kohlenhydraten (II)

Wiederkäuer

- Beim *Wiederkäuer* wird die *überwiegende Menge* an Kohlenhydraten unabhängig von ihrem Aufbau bereits im **Pansen** *durch Mikroorganismen* umgesetzt = fermentiert
- der Abbau der Kohlenhydrate erfolgt über *Pyruvat zu Propionsäure, Essigsäure und Buttersäure (Milchsäure)* sowie zu *CO₂, CH₄ und H₂O*
- Die Bildung größerer Milchsäuremengen im Pansen ist unphysiologisch und wird als Pansenacidose bezeichnet und führt zu erheblichen gesundheitlichen Problemen bei den betroffenen Tieren
- Bei der Fermentation wird **Wärme** freigesetzt
- Stärke, die im Pansen *nicht fermentiert* wird, wird als *Durchflussstärke* bezeichnet
- ca. 70 % des gesamten KH-Abbaus des Wiederkäuers erfolgt im Pansen (VQ der KH 70-75 %)

Übersicht zur Bildung der wichtigsten Endprodukte des bakteriellen Kohlenhydratabbaus im Pansen



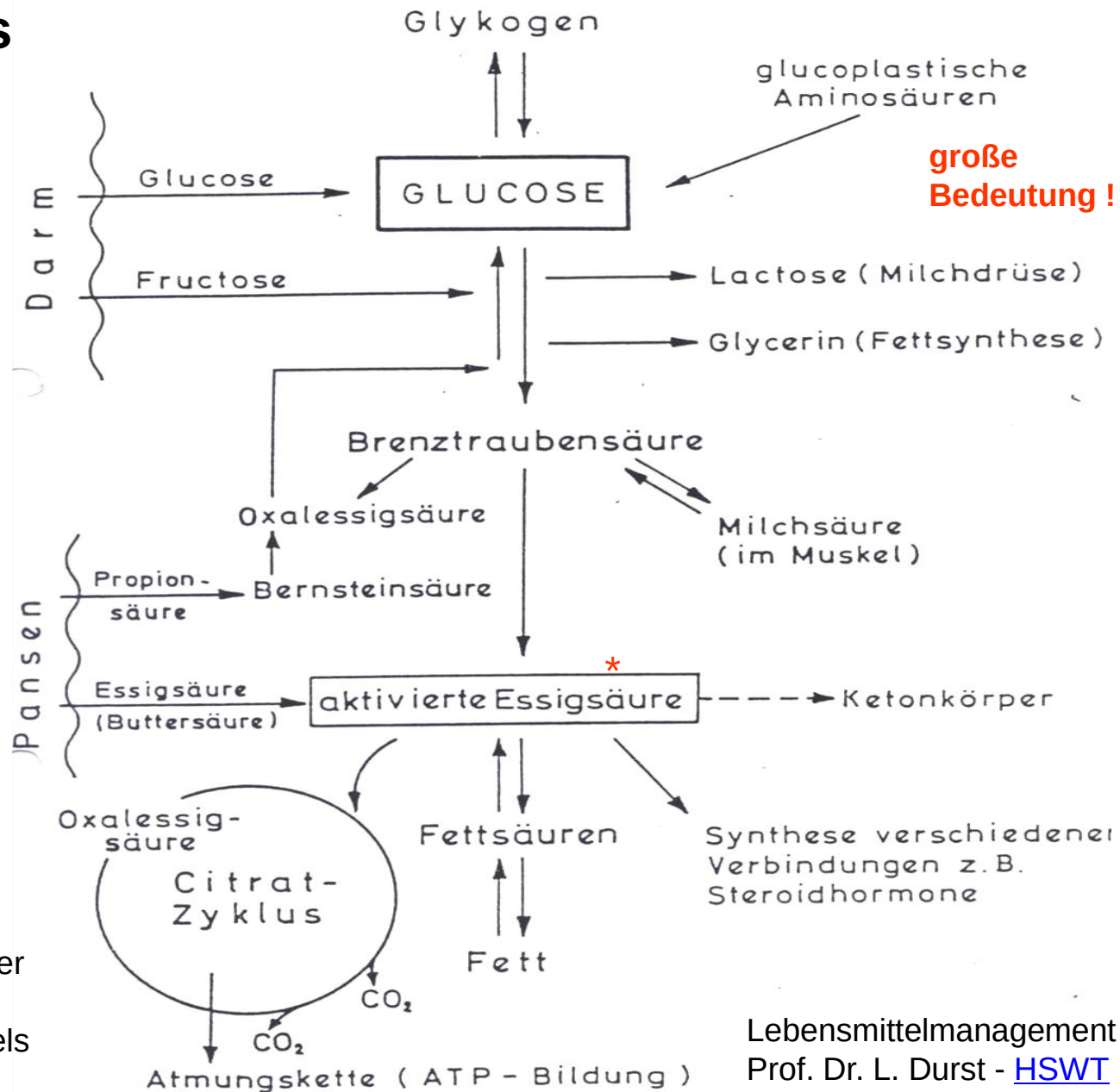
Einflussfaktoren auf die Bildung von kurzen Fettsäuren im Pansen

Der überwiegende Anteil aller Kohlenhydrate wird bei Wiederkäuern im Pansen bis zu kurzen Fettsäuren (ES; PS; BS) abgebaut

Die Menge der gebildeten kurzen Fettsäuren im Pansen sowie der Anteil der einzelnen Fettsäuren an der Gesamtmenge ist von verschiedenen Faktoren abhängig:

- Einfluss der Futtermittel in der Ration
- Einfluss der Nährstoffzusammensetzung der Futterration
- Einfluss der Zustandsform des Futters
 - pelletiertes oder gemahlenes Raufutter führt zu steigenden Propionsäure-Anteilen

Die wichtigsten Umsetzungen im Kohlenhydratstoffwechsel des Wiederkäuers



* Acetyl Coenzym A ist der Knotenpunkt des Kohlenhydratstoffwechsels zum Fettstoffwechsel

Fette

Rohfett

Rohfett ist eine Stoffgruppe (Lipide) mit den Eigenschaften:

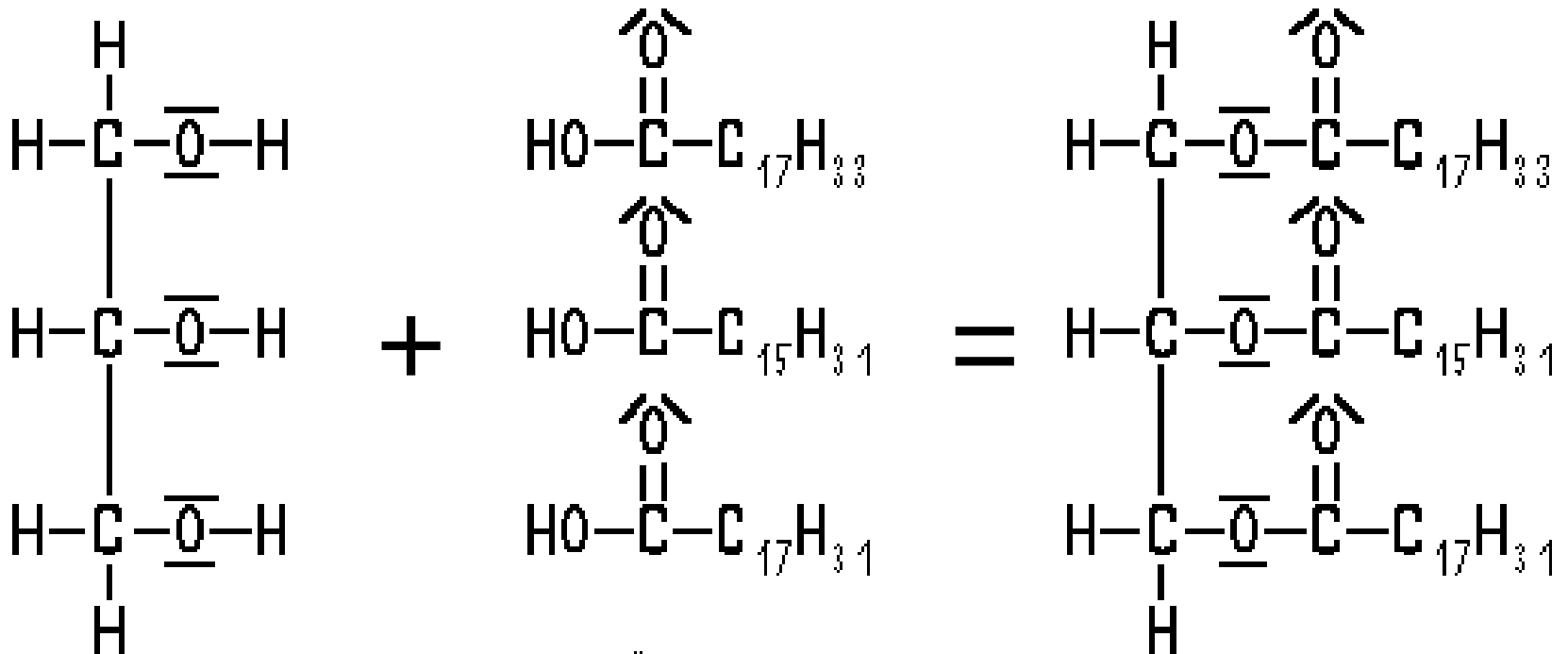
- unlöslich in Wasser
- löslich in organischen Lösungsmitteln (Benzol, Äther)

Zu den Lipiden gehören:

- Neutralfette
- Phospholipide (z. B. Lecithine)
- Glykolipide
- Wachse, Harze
- Isoprenoidlipide (Carotin, Sexualhormone)
- Fettlösliche Vitamine

In einem Neutralfett sind drei Moleküle Fettsäuren (gleiche oder verschiedene) mit einem Molekül Glycerin verestert (Energiespeicher, Aber auch Speicher für fettlösliche Hormone, Vitamine (A, D, E,K) u.a. fettlösl. Substanzen (Endotoxine; Dioxin))

Triglyceride



Glycerin

*Ölsäure
Palmitinsäure
Linolsäure*

*Triglycerid
Fettmolekül*

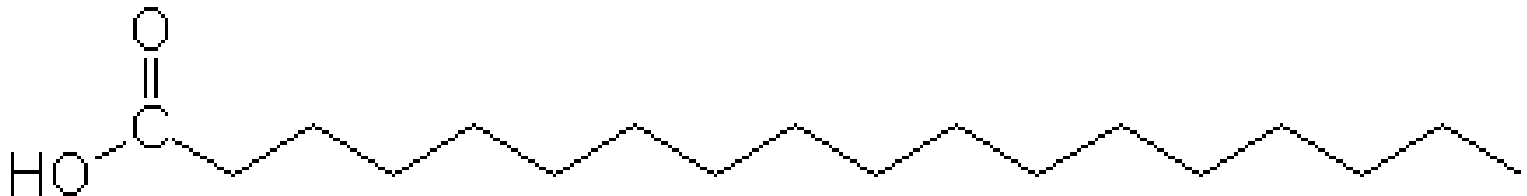


Gesättigte Fettsäuren

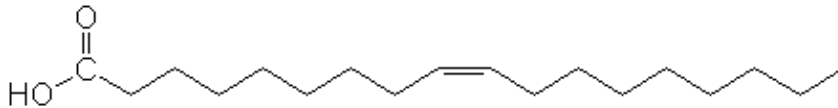
Palmitinsäure C₁₆H₃₂O₂



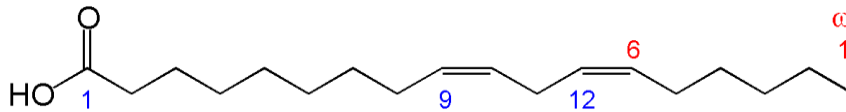
Stearinsäure C₁₈H₃₆O₂



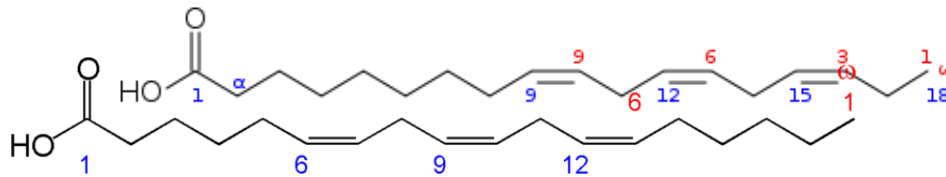
Ungesättigte Fettsäuren



Ölsäure



Linolsäure



α-Linolensäure

γ-Linolensäure

Die mehrfach ungesättigten, geradzahligen Fettsäuren mit 18 oder mehr C Atomen wie z.B. Linol- und Linolensäure sind essentielle Fettsäuren

Gesättigte Fettsäuren

gesättigte Fettsäuren						
Zahl der C-Atome : Doppelbindungen	Trivialname	Bruttoformel	Stellung der Doppelbindungen	Vorkommen	Schmelzpunkt in °C	Chemische Bezeichnung
4:0	Buttersäure	C_3H_7COOH	-	Milchfett	-8	Butansäure
6:0	Kaprinsäure	$C_5H_{11}COOH$	-	Milchfett	-3	Hexansäure
8:0	Kaprylsäure	$C_7H_{15}COOH$	-	Milchfett, Kokosfett	16	Octansäure
10:0	Kaprinsäure	$C_9H_{19}COOH$	-	Tier- und Pflanzenfette	31	Decansäure
12:0	Laurinsäure	$C_{11}H_{23}COOH$	-	Milchfett, Pflanzenfette	43,2	Dodecansäure
14:0	Myristinsäure	$C_{13}H_{27}COOH$	-	Milchfett, Fischöl, Tier- und Pflanzenfette	53,9	Tetradecansäure
16:0	Palmitinsäure	$C_{15}H_{31}COOH$	-	Tier- und Pflanzenfette	62,8	Hexadecansäure
17:0	Margarinsäure	$C_{16}H_{33}COOH$	-	Tier- und Pflanzenfette	61,3	Heptadecansäure
18:0	Stearinsäure	$C_{17}H_{35}COOH$	-	Tier- und Pflanzenfette	69,6	Octadecansäure
20:0	Arachinsäure	$C_{19}H_{39}COOH$	-	in geringen Mengen in Pflanzensamen und Tierfetten	75,4	Eicosan-/Icosansäure
22:0	Behensäure	$C_{21}H_{43}COOH$	-	in geringen Mengen in Pflanzensamen und Tierfetten, bei Morbus Gaucher		Docosansäure
24:0	Lignocerinsäure	$C_{23}H_{47}COOH$	-	einige Pflanzenfette, Bestandteil der Sphingomyeline		Tetracosansäure

Ungesättigte Fettsäuren

einfach ungesättigte Fettsäuren

Anzahl C-Atome Doppelb.	Name	Summenformel	Lage der Doppelbindungen	Vorkommen	° C	
16:1	Palmitoleinsäure	$C_{15}H_{29}COOH$	9	Milchfett, Depotfett der Tiere, Fischtran, Pflanzenfett,		Delta-9-cis-Hexadecensäure
18:1	Ölsäure	$C_{17}H_{33}COOH$	9	in allen Naturfetten	16	Delta9-Octadecensäure
18:1	Elaidinsäure	$C_{17}H_{33}COOH$	9	in allen Naturfetten ??	16	trans-Delta-9-Octadecensäure
18:1	Vaccensäure	$C_{17}H_{33}COOH$	11			cis-Delta-11-Octadecensäure
20:1	Icosensäure	$C_{20}H_{39}COOH$	11	in Rapsöl	16	
22:1	Cetoleinsäure	$C_{21}H_{41}COOH$	11	Pflanzenöle		
22:1	Erucasäure	$C_{21}H_{41}COOH$	13	Rapsöl		
24:1	Nervonsäure	$C_{23}H_{47}COOH$	15			

mehrfach ungesättigte Fettsäuren (essentielle Fettsäuren)

18:2	Linolsäure	$C_{17}H_{31}COOH$	9, 12		-5	Oktadecadiensäure
18:3	Linolensäure	$C_{17}H_{29}COOH$	9, 12, 15	Pflanzenöle	-11	Oktadecatriensäure
20:4	Arachidonsäure	$C_{19}H_{31}COOH$	5, 8, 11, 14	Tierfette, Fischtran		
20:5	Eicosapentaensäure(EPA)	$C_{19}H_{29}COOH$	4, 8, 12, 15, 18	Fischöle		
22:5	Clupanodonsäure	$C_{21}H_{33}COOH$	4, 8, 12, 15, 19	Fischöle		
22:6	Decosahexaensäure (DHA)	$C_{22}H_{31}OOH$	3,6,9,12,15,18	Fischöle		

Charakterisierung der Fette

Schmelzpunkt: Anzahl für die „Härte“ eines Fettes

Jodzahl: Maß für die Anzahl der Doppelbindungen (Anlagerung von Jod aus Jodchlorid an die Doppelbindungen)

Verseifungszahl: Maß für die mittlere Kettenlänge der Fettsäuren (Verbrauch an KOH nach Kochen)

Säurezahl: Maß für den Gehalt an freien Fettsäuren (Verbrauch an KOH ohne Kochen)

Peroxidzahl: Maß für den Oxidationsstatus des Fettes (Freisetzung von Jod aus Kaliumjodid)

Aldehydzahl: Bestimmung des Oxidationsstatus mittels einer Färbereaktion

Ablauf der Fett-Verdauung beim Monogastrier - Übersicht

- Fettverdauung findet überwiegend im Dünndarm statt
- Emulgierung der Fetttröpfchen durch Gallensalze und Darmperistaltik (Zerlegung in kleine Tröpfchen)
- Weitgehende Spaltung der Triglyceride durch Pankreaslipasen (Aktivierung der Enzyme im Darm)
- Bildung von nicht wasserlöslichen freien Fettsäuren, Monoglyceriden
- Bildung von gemischten Micellen aus freien Fettsäuren, Mono- und Triglyceriden, Cholesterin, Phospholipiden und fettlöslichen Vitaminen und sonstigen lipophilen Substanzen (Farbstoffe, unerwünschte Stoffe)
- Teilweise Absorption kleiner Triglyceride
- Kleine Micellen dringen in die Mikrovilli der Epithelzellen ein, große werden aktiv aufgenommen
- Resynthese von Triglyceriden in den Epithelzellen
- Einbau in Chylomikronen und Abtransport über die Lymphgefäße

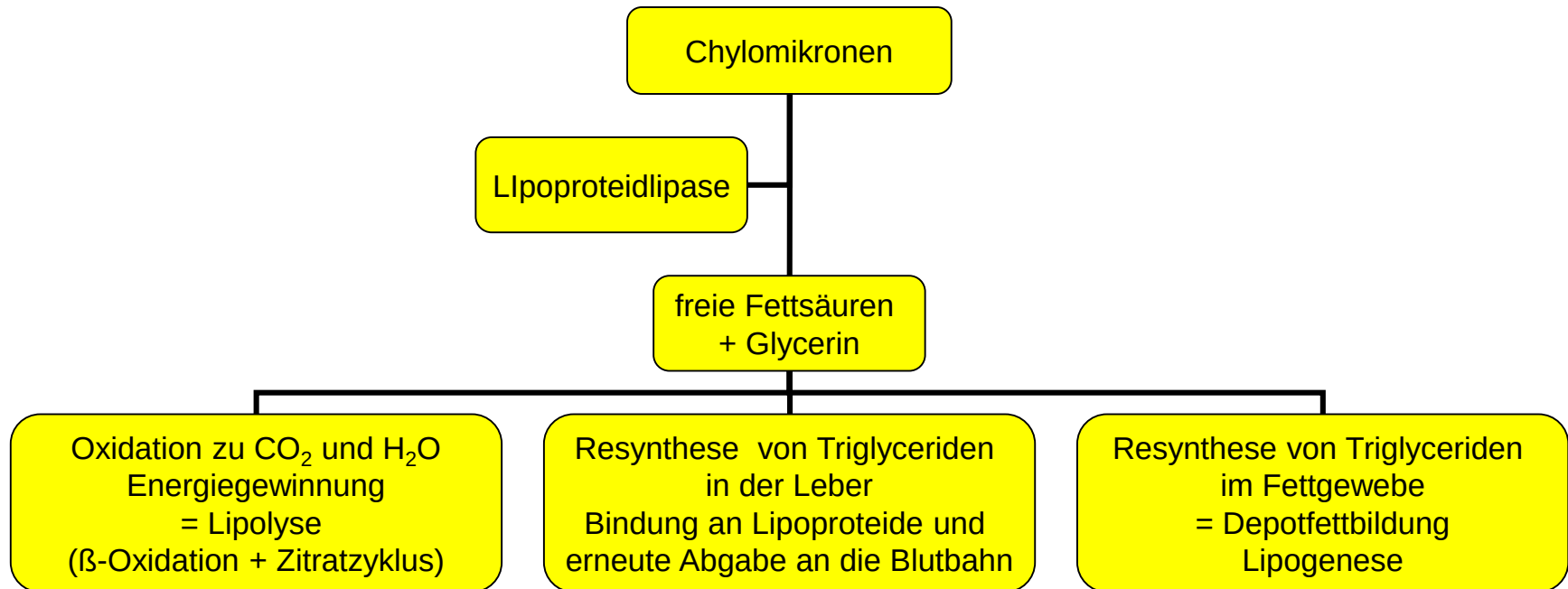
Verdauung und Absorption der Fette beim Wiederkäuer

1. Bereits im Pansen werden die Triglyceride zum großen Teil hydrolysiert.
 2. Pansenstabile Fette bzw. nicht hydrolysierte Fette passieren den Pansen und werden ähnlich wie beim Monogastrier im Labmagen und Dünndarm verdaut
 3. Teilweise auch Hydrierung ungesättigter Fettsäuren (Linolsäure → Stearinsäure).
 4. Mikroorganismen produzieren aus ungesättigten Fettsäuren:
 - trans-Fettsäuren
 - Fettsäuren mit konjugierten Fettsäuren
- ⇒ Im Milchfett finden sich daher Fettsäuren, die weder der Körper aufbauen noch im Futter enthalten waren, d.h. das Fettsäuremuster der Milchfettes und Körperfettes von Wiederkäuern hat ein viel größeres Fettsäuremuster als dasjenige von Monogastriern

Die Absorption der

- kurzkettigen Fettsäuren im Pansen
- langkettigen Fettsäuren im Dünndarm

Stoffwechsel der Fette



Chylomikronen besitzen folgende Zusammensetzung:

1 % Eiweiß, 4 % Cholesterin und Cholesterinester, 5 % Phospholipide, 90 % Triglyceride

Depotfett

Die Fettgewebe sind an unterschiedlichen Regionen im Tierkörper lokalisiert:

- Subcutanes Fettgewebe (z. B., Rückenspeck) → macht 50 % der Fettdepots aus
- Körperhöhlenfett (z. B. Flomen)
- intermuskuläres Fett (zwischen Muskeln lokalisiert)
- intramuskuläres Fett (im Muskel eingelagert – Geschmack des Fleisches)

Mit der Bildung von Depotfetts ist stets eine Einlagerung von Wasser verbunden: Umgekehrt wird beim Abbau von Fettdepot nicht sofort die Wassereinlagerung gestoppt (d. h. trotz Fettdepotabbau kein Gewichtsverlust).

Inter- und Intramuskuläres Fett



Rinderunion [BW](#)



WAGYU-Rind



http://www.muskel-und-fett.de/images/Fettgewebe_intramuskulaeres_Fett_Fleisch.jpg

Nahrungsfett und Körperfett

Die Zusammensetzung des Depotfettes unterliegt folgenden Einflüssen:

- Tierart (→ Schwein mit "weicherem" Fett als Rind)
- Fettdepotlokalisation (→ Flomenfett (Fett der Bauchhöhle) "härter" als Rückenspeckfett)
- Nahrungsfettzusammensetzung
 - Einlagerung von ungesättigten Fettsäuren in das Fettgewebe vor allem bei Monogastriern
 - Die Zusammensetzung des Nahrungsfettes spiegelt sich im Depotfett wieder
 - Ermöglicht die Anreicherung Lebensmittel tierischer Herkunft mit bestimmten Fettsäuren
 - "weiches" Nahrungsfett führt zu "weichem" Depotfett

Milchfettbildung

- in der Milchdrüse werden Fettsäuren mit 4 bis 12 C-Atomen aus Essigsäure und β -Hydroxybuttersäure gebildet
- Aus dem Nahrungs- und Depotfett werden vor allem gesättigte langkettige und ungesättigte Fettsäuren übernommen
 - Transfer ungesättigter Fettsäuren aus dem Nahrungsfett in das Milchfett
- die Futterfettzusammensetzung (Art- und Menge des Fette) beeinflusst damit das Fettsäuremuster des Milchfettes, für das Fett charakteristische Fettsäuren werden daher im Fettgewebe gefunden

Der Energiehaushalt

Energieumsetzung im Tier

- Die in den aufgenommenen Nährstoffen enthaltene Energie wird vom Tier zur Deckung des Erhaltungsbedarfes sowie zur Leistung von *Arbeit* bzw. zum *Aufbau von Produkten* genutzt.
- Während der Oxidationsvorgänge der Nährstoffe (Fettsäuren, Aminosäuren und Glucose) wird die Energie der Nährstoffe teilweise in *chemische Energie* gespeichert (= nutzbare Arbeitsenergie) bzw. überführt. Die restliche Energie fällt als *Wärmeenergie* an, die zur Aufrechterhaltung der Körpertemperatur genutzt wird.
- Die Speicher- und Transportform unmittelbar verfügbarer Energie ist das Adenosintriphosphat (*ATP*).

Energieaufwand für Biosynthesen

Auch bei Biosynthesen lässt sich die energetische Verwertung der beteiligten Nährstoffe ermitteln.

$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{\text{Energiewert der gebildeten Substanz}}{\text{Energiewert der Ausgangsstoffe}}$$

Begriffe der Energieausnutzung

Gesamtwirkungsgrad, drückt aus, welcher Anteil der ME in der Retentionsform **i** gespeichert wird

Teilwirkungsgrad, es wird nur diejenige ME zugrunde gelegt, die für die entsprechende Retention zur Verfügung steht

Gebräuchliche Indices:

(i)

m = Erhaltung;
g = Wachstum (Protein- und Fettansatz);
p = Proteinansatz
f = Fettansatz
l = Laktation
k = Konzeptionsprodukte

Energieretention (RE)

Energiespeicherung = Energieretention kann erfolgen in Form von

- Körperansatz (Proteinansatz, Fettansatz)
- tierischen Produkten (Nachkommen, Milch, Eier, Wolle)

Befindet sich ein Tier nur im Erhaltungsstoffwechsel ($RE = 0$), so geht die verbrauchte umsetzbare Energie ganz in Wärme über.

RE = retinierte Energie = gespeicherte Energie

Energiegehalt von Nährstoffen

	kcal	kJ
1 g Eiweiß	4,1	17,2
1 g Fett	9,3	38,9
1 g Alkohol	7,1	29,7
1 g Buttersäure	6,0	25,0
1 g Kohlenhydrate (im Mittel)	4,1	17,2
1 g Glucose	3,8	16,0
1 g Stärke	4,3	18,0

Bilanzstufen des Energiestoffwechsels

Bruttoenergie = GE

GE = Wärmeenergie eines Futtermittels bei vollständiger Verbrennung

Verdauliche Energie = DE

DE = GE abzüglich Energieverluste über Kot

Umsetzbare Energie = ME

ME = DE abzüglich Energieverluste über Harn und Gärgase (Methan, Kohlendioxid) = Energie, die im Stoffwechsel für die verschiedenen Funktionen zur Verfügung steht

Nettoenergie = NE

NE = ME abzüglich Wärmeverluste bei Energieverwertung

Energieverluste bei der Umsetzung bei Rind und Schwein

Art der Energieverluste	Rind	Schwein
	In % der aufgenommenen Energiemenge (= GE)	
Energieverluste im Kot:	20 – 35	5 – 15
Energieverluste im Harn und Gärgase	14 – 18	3 – 10
Energieverluste über Körperwärme	≈ 25 %	≈ 25 %
Für Erhaltung und Aufbauprozesse zur Verfügung stehende Energiemenge der Bruttoenergie	Ca 1/3	50 - 60

Energiebedarf des Tieres

Unterscheidung in:

- Grundumsatz
- Erhaltungsbedarf
- Leistungsbedarf

Grundumsatz

Energiebedarf des **völlig in Ruhe verharrenden Organismus**

(ohne Nahrung, bei Neutraltemperatur)

für die Aufrechterhaltung von Stoffwechselvorgängen

(Atmung, Zentralnervensystem, Protein- und Fett-Turnover)

Neutraltemperatur ist der Temperaturbereich, bei dem die **Wärme aus den Stoffwechselprozessen ausreicht, um die Körpertemperatur aufrecht zu erhalten**. Er ist kein zusätzlicher Energieaufwand für Wärmeproduktion (niedrige Umgebungstemperaturen) bzw. Kühlung (hohe Umgebungstemperaturen) erforderlich.

Einflussfaktoren auf den Grundumsatz:

- **Körpergröße** (kleine Tiere weisen je kg LM einen höheren Grundumsatz auf, als große Tiere)
- **Alter** (mit zunehmendem Alter sinkt der Grundumsatz je kg LM)
- **Geschlecht** (weibliche Tiere > männliche Tiere)
- **Trächtigkeit** (ist um ca. 20 % erhöht)
- **Ernährungszustand** (Dicke des Unterhautfettgewebes)

Erhaltungsbedarf

Energiebedarf bei ausgeglichener Energiebilanz.

Setzt sich zusammen aus:

- Grundumsatz
- Energiebedarf für Futteraufnahme
- Energiebedarf für Verdauungsarbeit
- Energiebedarf für leichte Muskeltätigkeit
- Energiebedarf für Wärmeregulation

Die Stoffwechselrate ausgewachsener Warmblüter beträgt unter standardisierten Bedingungen im Durchschnitt:

293 kJ Nettoenergie/kg LM^{0,75}

(kg LM^{0,75} = metabolische Körpergröße)

Leistungsbedarf

Der Leistungsbedarf setzt sich zusammen aus:

Energiebedarf für die jeweilige Leistung

- Laktation (Milchmenge und Milchzusammensetzung)
- Wachstum / Mast (Tageszunahmen, Protein-/Fett-/Knochenansatz)
- Gravidität (=Trächtigkeit)
- Arbeit (Sport, Zugkraft)
- Woll-/Federwachstum
- Thermoregulation (Energie)

Der Leistungsbedarf (netto) kann aus den Energiegehalten der jeweiligen Leistungsprodukte abgeleitet werden.

→ Kuhmilch	3,1 kJ / g
→ Schafmilch, Sauenmilch	5,0 kJ / g
→ Fett	39,7 kJ / g
→ Protein	23,8 kJ / g

Energetische Bewertung der Futtermittel

Die Energetische Bewertung eines Futtermittels erfolgt in der Regel auf der Basis der Rohnährstoffgehalte bzw. verdaulichen Rohnährstoffe

- Rohfett = XL
- Rohprotein = XP
- Rohfaser = XF
- NfE = XX
- Zucker = XZ
- Stärke = XST
- Rohasche = XA

Verdaulichen Rohnährstoffen wird ein D vorangestellt (Digestible)

Energiebewertungssysteme in der Tierernährung (Übersicht)

Tierart	Maßstab für die Energiebewertung	Einheit
Rinder, Schafe, Ziegen » Aufzucht, Mast » Laktation	ME _w (alt STE) NEL	MJ MJ
Schwein	ME _s (alt GN, EZS)	MJ
Pferde	ME, bis 2014 verd. E. (alt TDN)	MJ
Geflügel	ME _{G-N-korr}	MJ
Kaninchen	verd. Energie	MJ
Hunde, Katzen	ME, verd. Energie	Mj

Brutto-(Gesamt)energie eines Futtermittels Wiederkäuer

$$\begin{aligned} \text{GE (MJ)} = & \quad 0,0239 \times \text{g XP (= Rohprotein)} + \\ & + 0,0398 \times \text{g XL (= Rohfett)} + \\ & + 0,0201 \times \text{g XF (= Rohfaser)} + \\ & + 0,0175 \times \text{g XX (=N-freie Extraktstoffe)} \end{aligned}$$

Berechnung des Gesamtenergiegehaltes (Bruttoenergie) für Wiederkäuer

Futtermittel:	Weizen		
Nährstoff	g / kg TM		
Rohprotein	138		
Rohfaser	29		
Rohfett	20		
Rohasche	19		
NfE	794		
GE-Berechnung			
Nährstoff	g / kg TM	Faktor	MJ GE / kg T
Rohprotein	138	0,0239	3,30
Rohfaser	29	0,0201	0,58
Rohfett	20	0,0398	0,80
NfE	794	0,0175	13,90
		Summe	18,57

Umsetzbare Energie eines Futtermittels Wiederkäuer

$$\begin{aligned} \text{ME (MJ)} = & \quad 0,0312 \times \text{g DXL (= verdauliches Rohfett)} + \\ & + 0,0136 \times \text{g DXF (= verdauliche Rohfaser)} + \\ & + 0,0147 \times \text{g (DOM - DXL - DXF)} \\ & + 0,00234 \times \text{g XP (= Rohprotein)} \end{aligned}$$

DOM = verdauliche organische Masse

Berechnung der Umsetzbaren Energie (Wiederkäuer) für Weizen

Futtermittel:	Weizen		
Nährstoff	g / kg TM	VQ	
Rohprotein	138	0,78	
Rohfaser	29	0,41	
Rohfett	20	0,78	
Rohasche	19		
Organische Masse	981	0,89	
	g (verd.) Nährstoffe / kg TM	Faktor	ME
ME-Berechnung			
DXL	15,6	0,0312	0,49
DXF	11,89	0,0136	0,16
DOM - DXL - DXF	845,6	0,0147	12,43
XP	138	0,00234	0,32
		Summe	13,40

Wie groß ist der Unterschied zwischen den Energiestufen (Wiederkäuer)

Energie in MJ/ kg TM	Stroh	Blattreiche Frühjahrsweide
Bruttoenergie (GE)	18 (100 %)	18 (100 %)
- Verluste mit Kot		
= Verdauliche Energie (DE)	8,2 (46 %)	14,4 (80 %)
- Verluste mit Urin und Gasen		
= Umsetzbare Energie (ME)	6,4 (36 %)	12 (66 %)
- Wärmeverluste		
= Nettoenergie (NEL)	3,5 (19 %)	7,6 (44 %)

Erhaltungsbedarf von Milchkühen

- Energie

Erhaltungsbedarf MJ NEL / Tag = $0,293 \times \text{kg Lebendmasse}^{0,75}$

Lebendmasse, kg	NEL, MJ / Tag
450	28,6
500	31,0
550	33,3
600	35,5
650	37,7
700	39,9
750	42,1
800	44,3

Energiebedarf für die Milchbildung

Energie der Milch = $0,024 \times \text{g Eiweiß} + 0,039 \times \text{g Fett} + 0,017 \times \text{g Laktose}$

bei bekanntem Fettgehalt:

Energie (MJ / kg) = $0,41 \times \% \text{ Fett} + 1,51$ (= FCM)

Bei bekanntem Fett- und Proteingehalt der Milch

Energie (MJ / kg) = $0,38 \times \% \text{ Fett} + 0,21 \times \% \text{ Eiweiß} + 0,95$

bei bekanntem Fett- und Trockenmassegehalt

Energie (MJ / kg) = $0,18 \times \% \text{ Fett} + 0,21 \times \% \text{ TM} - 0,24$

Futterbewertung beim Schwein

Umsetzbare Energie (ME_s)

- Alle bis zu dieser Energiestufe auftretenden Verluste sind futtermittelbedingt.
- Die bis zur Stufe der Netto-Energie auftretenden Verluste sind vor allem von der Leistungsrichtung und der Leistungshöhe abhängig.
 - Diese unterschiedlichen Wärmeverluste werden bei der Bedarfsermittlung berücksichtigt.

Umsetzbare Energie Schwein

$$\begin{aligned} \text{ME (MJ)} &= 0,0205 \times \text{DXP (g)} \\ &+ 0,0398 \times \text{DXL (g)} \\ &+ 0,0173 \times \text{DS (g)} \\ &+ 0,0160 \times \text{DZ (g)} \\ &+ 0,0170 \times (\text{DOS-DXP-DXL-DS-DZ}) \text{ (g)} \end{aligned}$$

DXP = verdauliches Rohprotein

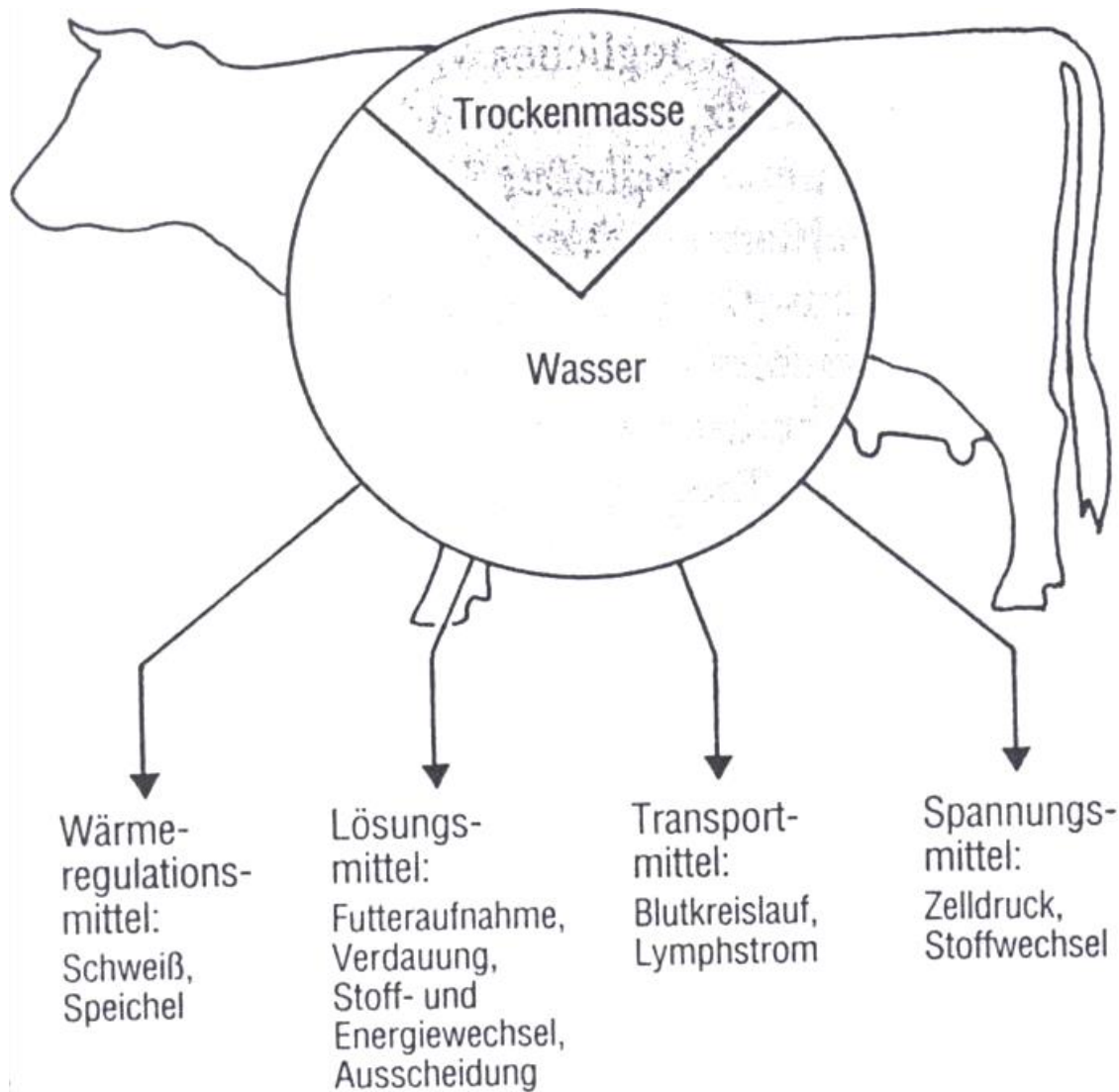
DXL = verdauliches Rohfett

DS = verdauliche Stärke

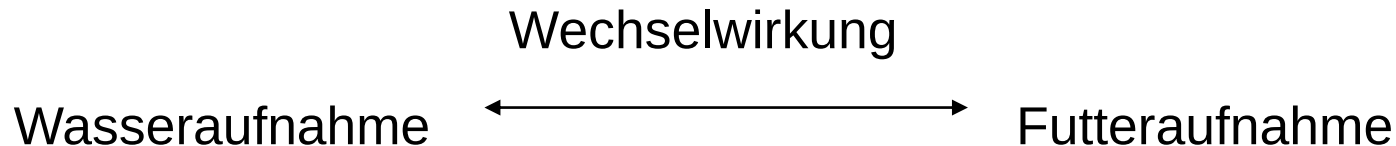
DZ = verdaulicher Zucker

DOS = verdauliche Organische Substanz

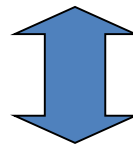
Aufgaben des Wassers im Tierkörper



Aufgaben des Wassers im Tierkörper



Hohe Futteraufnahme fördert den Wasserkonsum



Eine ausreichende Wasseraufnahme ist Voraussetzung für eine angestrebte hohe Futteraufnahme bei hoher Leistung

Täglicher Wasserbedarf (in l pro Tag) einiger Nutztiere

Tierart	Wasserbedarf
Milchkuh	50 – 200
Mastrind	20 – 60
Kalb	5 – 30
Zuchtschwein	12 – 50
Mastschwein	6 – 15
Legehennen	0,15 – 0,3
Puten	0,03 → 1,3

Der tägliche Wasserbedarf von landwirtschaftlichen Nutztieren

→ Faustzahlen:

Schaf 1,5 - 3 l je / kg Futter-TM

Schwein: 2 – 3 l Wasser / kg Futter-TM

Rind: 4 – 5 l Wasser / kg Futter-TM

Bei hohen Temperaturen oder bei Erkrankungen
kann der Wasserbedarf erhöht sein!

[Anforderungen an das Tränkwasser](#)

Mineral- und Wirkstoffe

Die Mineral- und Wirkstoffe

Stoffe, die zum Ablauf der Lebensvorgänge unbedingt notwendig sind oder Sonderwirkungen auf den tierischen Stoffwechsel ausüben:

- Mineralstoffe (Mengen- und Spurenelemente)
- Vitamine
- Enzyme
- Probiotika
- Säuren
- Antioxidantien
- Aroma- und appetitanregende Substanzen
- Pigmente (Dotterfärbung, Färbung von Fischen)
-
- Hormone (futtermittelrechtlich **keine** Zulassung in der EU – **nur** für den **therapeutischen** Einsatz)
- Leistungsförderer (nicht antibiotische, der **Einsatz von Antibiotika zur Leistungssteigerung ist in der EU verboten, außerhalb der EU häufig zugelassen.**)

Mengen- und Spurenelemente

Die Unterscheidung erfolgt an Hand des Gehaltes im Tierkörper bezogen auf die Körpermasse

Mengenelement: > 50 mg je kg LM

Calcium, Phosphor, Magnesium, Natrium, Kalium, Chlor, Schwefel

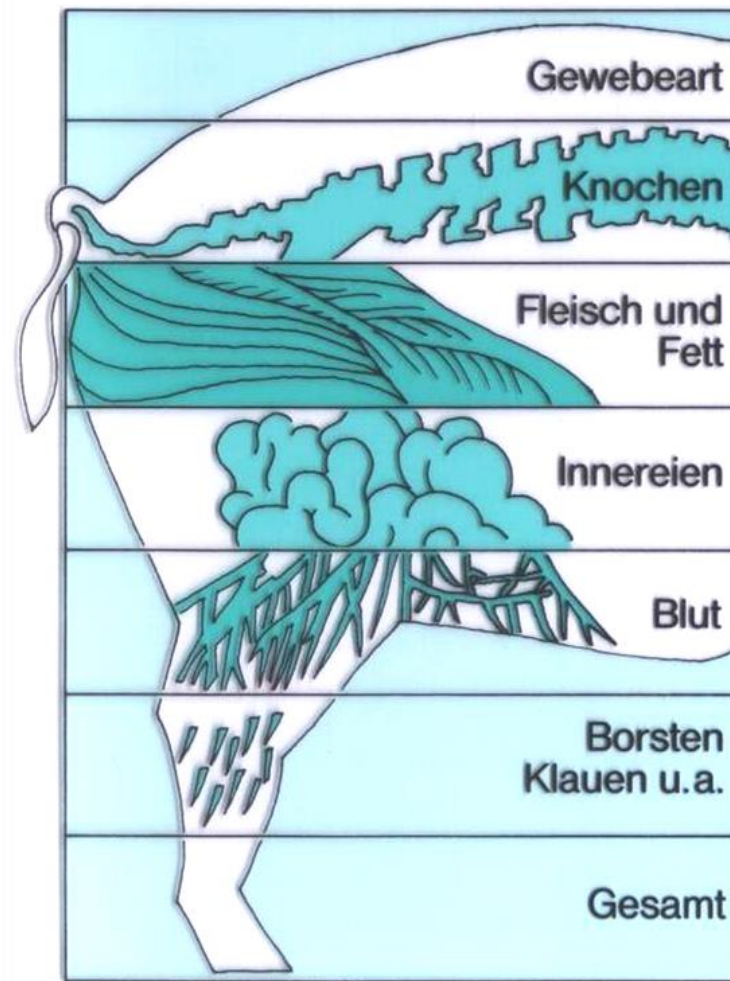
Spurenelement: < 50 mg je kg LM

- nur diese Spurenelemente dürfen dem Futter zugesetzt werden: Eisen, Zink, Kupfer, Mangan, Jod, Selen, Kobalt (Co nur bei Wiederkäuern), Molybdän
- für viele weitere Spurenelemente ist die Essentialität nachgewiesen: Bor, Fluor, Chrom, Nickel,.....

Mineralstoffe und Spurenelemente im Stoffwechsel

Immunsystem:	Kupfer, Zink, Eisen, Selen
Energiestoffwechsel:	Magnesium, Phosphor, Mangan
Hormonsystem:	Eisen, Mangan, Zink, Kupfer, Magnesium, Kalium, Selen
Vitaminproduktion:	Kobalt
Blutbildung:	Eisen, Kupfer
Enzymsystem:	Zink, Kupfer, Mangan, Eisen, Molybdän, Kalium, Magnesium, Calcium
Skelett:	Calcium, Phosphor, Magnesium, Zink, Mangan, Bor
Fruchtbarkeit:	Phosphor, Kalium, Magnesium, Zink, Mangan, Kupfer, Selen

Mittlere Mineralstoffgehalte im Körper eines Mastschweins (Fleischtyp) in g/100kg Lebendmasse



Gewebeart	Ca	P	Na	Mg
Knochen	758	378	10	15
Fleisch und Fett	8	85	38	9
Innereien	0,8	12	5	0,7
Blut	0,3	3	7	0,3
Borsten Klauen u.a.	0,2	7	4	0,6
Gesamt	767	485	64	25,6

2,0 : 1

1,6 : 1

Die Mineral- und Wirkstoffe

- Mineralstoffe sind Grundstoffe:
 - Baustoffe (Knochen, Zähne, Gewebe)
 - Bestandteil der tierischen Leistungsprodukte (Milch, Fleisch, Eier)
- Mineralstoffe stehen (z. T.) in Wechselbeziehungen mit Vitaminen
- Mineralstoffe sind Bestandteil von:
 - Enzymen
 - Hormonen
- Mineralstoffe dienen in Stoffwechselprozessen als:
 - Regulatoren
 - Katalysatoren
 - Puffersysteme

Mineralstoffe im Stoffwechsel

Die Vorgänge im Mineralstoffwechsel

- Absorption
- Retention und
- Exkretion (Darm, Harn, Schweiß, tierische Produkte)

greifen ineinander über und befinden sich in einem dynamischen Zustand.

Der Organismus ist bestrebt, einen Gleichgewichtszustand aufrechtzuerhalten.

→ koordinierte Regulationsmechanismen = **Homöostase**

Calcium

Aufgaben im Tierkörper:

- Baustoff für **Knochen** und **Zähne** (Hydroxylapatit – zusammen mit Phosphor und Magnesium, 99 %)
- Bestandteil der Gewebe- (Muskelfunktion) und Körperflüssigkeiten
- Stoffwechselfunktionen (**Aktivierung von Rezeptoren** an Zelloberflächen – z.B. Oxytocinwirkung an der Gebärmutter)
- **Blutgerinnung** (in Verbindung mit Vitamin K)
- Nervenfunktionen (neuromuskuläre **Erregbarkeit**)
- Durchlässigkeit von Zellmembranen (**Stofftransport**)
- Wechselwirkung mit Phosphor (Einlagerung in die Knochen nur bei ausreichenden Mengen Phosphor u. Magnesium möglich)

Regulation des Calciumstoffwechsels bei erniedrigtem Calciumgehalt im Blutplasma

- an der Regulation des Calciumstoffwechsels sind die Hormone *Parathormon* (Nebenschilddrüse) und *Calcitonin* (Schilddrüse) sowie 1,25 *Dihydroxycoleciferol* (= 1,25-Vit. D₃) als aktive Form der D-Vitamine beteiligt
- Parathormon wird bei einem Abfall des ionisierten Calciums im Blutplasma vermehrt ausgeschüttet
- nach einer Latenzphase von ca. 60 Minuten kommt es zu einer **Aktivierung der Osteoklasten** und damit zu einer Freisetzung von Calcium aus den Knochen
- in den Nieren wird die **Rückresorption** von Calcium durch Parathormon und 1,25- Vit. D₃) gefördert und damit die Ca-Ausscheidung über den Harn vermindert.
- **Stimulierung** der Umwandlung von **Vitamin D₃** in seine aktive Form (1,25-Vit. D₃) in der Niere
- Aktives Vitamin D₃ fördert die **Calciumabsorption** aus dem Darm durch vermehrte Bildung des Ca-Transportproteins durch die Darmwand

Regulation des Calciumstoffwechsels bei erhöhtem Calciumgehalt im Blutplasma

- Bei erhöhtem Calciumgehalt im Blutplasma wird in der Schilddrüse Calcitonin gebildet und freigesetzt
- Calcitonin wirkt als direkter Gegenspieler zum Parathormon
- *Senkung* des Ca-Gehaltes wird in weniger als 30 Minuten erreicht
- es senkt die Freisetzung von Calcium aus den Osteoklasten durch Stimulierung der Knochenanbauprozesse
- Calcitonin *senkt* auch die Magen- und Darmsekretion sowie die intestinale Motilität und damit auch die *Calciumresorption*
- In den *Nieren* wird die Ca-Ausscheidung durch Calcitonin *gefördert*,
- bei hohen *Kationen*konzentrationen in dem Futter wird die Ca-Ausscheidung über die Nieren deutlich *vermindert*

Calcium - Mangelerkrankungen:

- Leistungsrückgang
- Stoffwechselstörungen
- Wachstumsstörungen
- Beim Rind bei physiologischem Mangel zum Zeitpunkt der Geburt: **Gebärparese** (Milchfieber, Festliegen – Kopf liegt auf der Flanke, Beine sind angewinkelt)
- Beim Schwein u.a. Tierarten: **reduzierte Wehentätigkeit** – Verlängerung der Geburtsdauer
- ungenügende Mineralisierung bzw. Entmineralisierung der Knochen (Jungtiere)
- Knochenweiche in Verbindung mit Vitamin D-Mangel
- Klauenerkrankungen

Phosphor

Aufgaben im Tierkörper:

- Baustoff für Knochen und Zähne (80 %)
- **Energiespeicherung** und –transport ($\text{AMP} \leftrightarrow \text{ADP} \leftrightarrow \text{ATP}$)
- **Puffersubstanz** in Blut und Zellen (Regulierung des pH-Wertes)
- Aufbau der **Erbinformation** (Phosphat als Brücke zwischen den Desoxyribose-Einheiten im DNA-Strang)
- Bestandteil der Zellwand als **Phospholipide** oder **Phosphoproteide**
- Bestandteil von **Enzymen** (z.B. alkal. Phosphatase)
- Wechselwirkung mit Calcium (Knochenfunktion, Puffersysteme im Blut)

Regulation des Phosphorstoffwechsels

- Phosphor wird ausschließlich in anorganischer Form absorbiert
- die Phosphoraufnahme aus dem Darm mittels aktivem Transport und die Rückresorption in den Nieren wird durch **1,25-Vit. D₃** gefördert (in Verbindung mit Na)
- bei sehr hoher Phosphoraufnahme steigt die Aufnahme durch **Diffusion** an, insgesamt verschlechtert sich aber die Verwertung
- die Phosphorausscheidung wird durch **Parathormon, Calcitonin**, hohe Calciumaufnahme, Östrogene, Thyroxin und Acidose gefördert
- erhebliche Mengen an anorganischem Phosphor finden sich im Speichel der Rinder

Phosphor- Mangelerscheinungen:

- Leistungsrückgang
- verminderte Pansenfunktion beim Wiederkäuer
- Stoffwechselstörungen
- Knochenweiche, Knochenbrüchigkeit, Abbau von Knochensubstanz, Hundesitzigkeit bei Schweinen
- Fruchtbarkeitsstörungen (?) meist als Folge von Störungen der mikrobiellen Nährstoffabbaus im Pansen (MO haben einen hohen P-Bedarf) oder Störungen der Energieübertragung
- Muskelschwäche
- Lecksucht (gegenseitiges Belecken bzw. Belecken von Wänden und Einrichtungsgegenständen)

Magnesium

Aufgaben im Tierkörper:

- Baustoff für **Knochen** (66 %), Knorpel, Zähne, Muskeln, Körperflüssigkeit
- Beteiligung am Ca- P- Stoffwechsel (Knochenaufbau)
- Nerven- und Muskelfunktion (Muskelkrämpfe)
- Enzymbestandteil
- Wechselwirkung mit Calcium

Magnesium- Mangelerkrankungen:

- Appetitlosigkeit
- **Nervosität**
- **Tetanie** (Tiere (v.a. Wiederkäuer) liegen mit abgestrecktem Kopf und gestreckten Beinen)
- Brunstlosigkeit
- Schwächen in der Hinterhand

Weidetetanie - Milchfieber



Weidetetanie



Hier ist rasche Hilfe nötig. Wenn die Kuh festliegt, den Kopf zum Bauch dreht und unter Bewusstseinsverlust leidet, dann besteht Lebensgefahr. Sofort vom Tierarzt behandeln lassen!

Gebärparese

Natrium

Aufgaben im Tierkörper:

- Regulierung des osmotischen Druckes (zusammen mit Kalium und Chlor)
- **Puffersubstanz** als Natriumcarbonate oder Natriumphosphate im Blut (bei Mangel kommt es zur metabolischen Acidose (hoher Schweißverlust, Diarrhoe)
- **Nerven- und Muskelfunktion** (Nachlassen der Muskelspannung)
- **Speichelsekretion**, Regulierung des Wasserhaushaltes
- Wechselwirkung mit Kalium

Natrium-Mangelercheinungen:

- Leistungsminderungen
- Stoffwechselstörungen
- Muskelkrämpfe
- Lecksucht
- Appetitmangel, Abmagerung
- erhöhte Krankheitsanfälligkeit
- Störungen im Nervensystem

Kalium

Aufgaben im Tierkörper:

- Regulation des intrazellulären Wasserhaushaltes
- Aktivierung von Enzymen
- Erregbarkeit von Nerven und Muskeln
- Fördert die Speicherung von Glykogen in der Leber

Chlor

Aufgaben im Tierkörper:

- Regulierung des extrazellulären Wasserhaushaltes zusammen mit Natrium
- Regulation des Säure-Basen-Haushalt
- Absorption von Vitamin B₁₂ und Eisen
- Aufbau der Magensäure (HCl)

Schwefel

Aufgaben im Tierkörper:

- Wirkung als Bestandteil der schwefelhaltigen Aminosäuren
- Probleme beim Proteinaufbau
- Bindegewebs- und Knorpelaufbau
- Verminderung der mikrobiellen Proteinsynthese im Pansen
(Optimum N : S = 10 : 1)

Bedarf an Mengenelementen

Nettobedarf ergibt sich aus:

- Bedarf für Erhaltung
- Bedarf für das jeweilige Leistungsprodukt

$$\text{Bruttobedarf} = \frac{\text{Nettobedarf}}{\text{Verwertbarkeit in \%}} \times 100$$

Ableitung der Versorgungsempfehlungen

Die Ableitung der zu empfehlenden Versorgung der Tieres mit Calcium und Phosphor wird „faktoriell“ vorgenommen:

Nettobedarf (g/Tag)

= Sekretion mit der Milch (g/Tag) (nur bei laktierenden Tieren

+ Intrauterine Einlagerung (g/Tag) (nur bei laktierenden Tieren)

+ Ansatz im Wachstum (g/Tag)

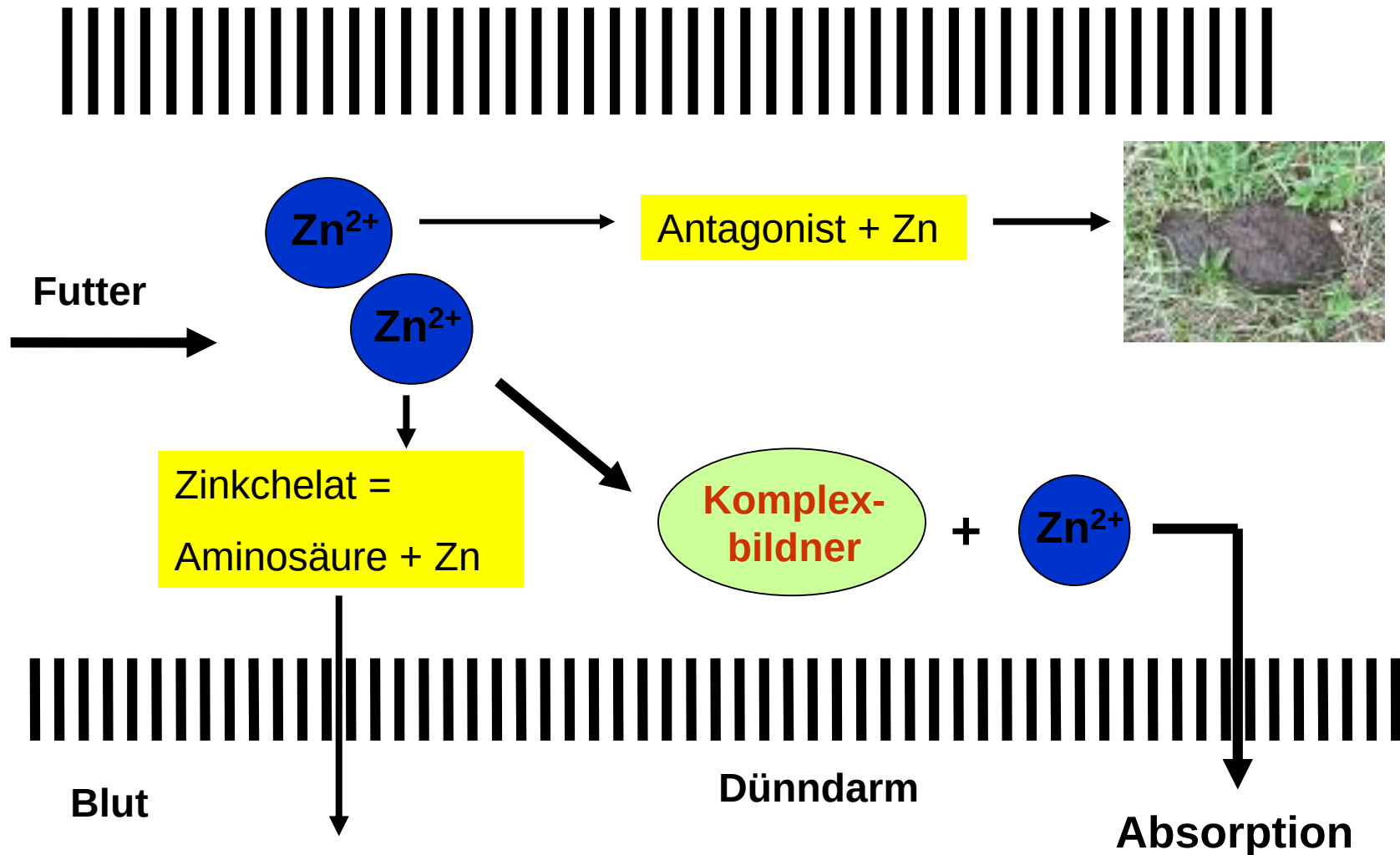
+ Unvermeidliche Verluste (g/Tag)

Die Spurenelemente

Unterscheidung in:

- **essentielle Spurenelemente:**
Eisen*), Jod*), Kupfer*), Mangan*), Zink*), Kobalt*) (nur Wiederkäuer und andere Herbivoren), **Molybdän*), Selen*)**, Chrom, Zinn, Vanadium, Fluor, Silicium;
Ultra-Spurenelemente: Nickel, Arsen, Blei, Lithium, Bor, Aluminium, Brom, Cadmium, Germanium, Rubidium.
 - **akzidentelle Spurenelemente (Begleitelemente):**
z.B. Silber, Strontium, Quecksilber
- *) dürfen dem Futter zugesetzt werden**

Spurenelementabsorption



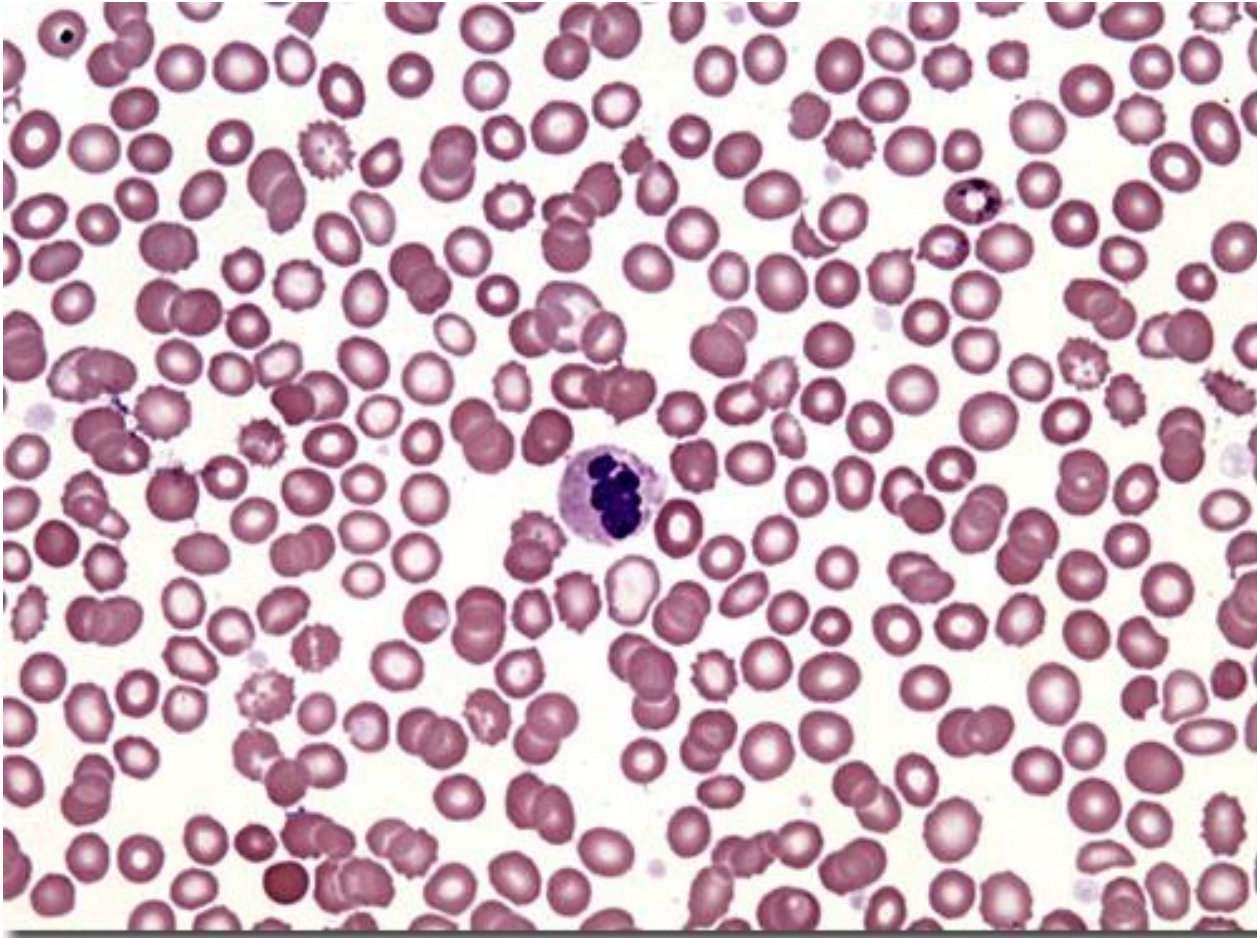
Übersicht über die wichtigsten Funktionen der Spurenelemente

Spuren- element	Funktion
Eisen	Aufbau des Hämoglobins (Blutfarbstoff) und des Myoglobins (Muskelfarbstoff)
Jod	Als Bestandteil der Schilddrüsenhormone an der Regulation des gesamten Stoffwechsel beteiligt
Kobalt	Bestandteil des Vitamin B12,
Kupfer	Als Bestandteil von Enzymen an der Blutbildung und am Proteinaufbau beteiligt (Haare, Horn)
Mangan	Bestandteil wichtiger Enzyme (Knochenwachstum, Geschlechtszyklus, Fettverteilung, Hämoglobinsynthese)
Selen	Als Bestandteil der Glutathionperoxidase (Antioxidans) am Schutz der Zellwände beteiligt → Muskelfunktion
Zink	Als Bestandteil vieler Enzyme an nahezu allen Stoffwechselprozessen beteiligt, insbesondere am Proteinaufbau (Haut, Haare, Huf)

Die wichtigsten Mangelerkrankungen von Spurenelementen bei Tieren

Spuren- element	Mangelerkrankungen
Eisen	Verringerte Fresslust, Kümmerern, Raues Haarkleid, Blasse Haut = Blutmangel bei Jungtiere (Anämie), Erhöhte Krankheitsanfälligkeit
Jod	Schilddrüsenfunktion gestört, Fruchtbarkeitsstörungen, <i>Lebensschwache Tiere</i> , Vermindertes Wachstum, Haarlosigkeit, Körperliche Trägheit, Starke <i>Kropfbildung</i> (Struma), <i>Gestörtes Knochenwachstum</i>
Kobalt	Anämie, Fressunlust, Abmagerung, Kümmerer, raues Haarkleid, Fruchtbarkeitsstörungen, Aborte, Verdauungsstörungen, Lecksucht
Kupfer	Cu-Mangel-Anämie, Gestörtes Knochenwachstum, Entfärben und mangelhafte Keratinisierung von Haaren, Federn und Wolle
Mangan	Fruchtbarkeitsstörungen. Brunstschwäche, Gestörte Spermabildung , Verringerte Ovulationsrate, Totgeburten, Skelettstörungen , Knochendeformation, steifer Gang und Bewegungsunlust, Schlechte Schlupfergebnisse beim Geflügel
Selen	<i>Mangelnder Abbau von Radikalen und Oxidationsmitteln: Weißmuskelkrankheit, Muskeldystrophie</i>
Zink	Parakeratose, Wachstumshemmung, Haarausfall, Haut- und Klauenschäden , Verringerte Milchleistung, Fruchtbarkeitsstörungen

Blutarmut bei Eisenmangel



Kupfermangel bei Rindern



Weißmuskelkrankheit



Herzmuskel bei Vitamin E-/
Selenmangel



Nackenmuskel eines Kalbes bei
Vitamin E-/ Selenmangel

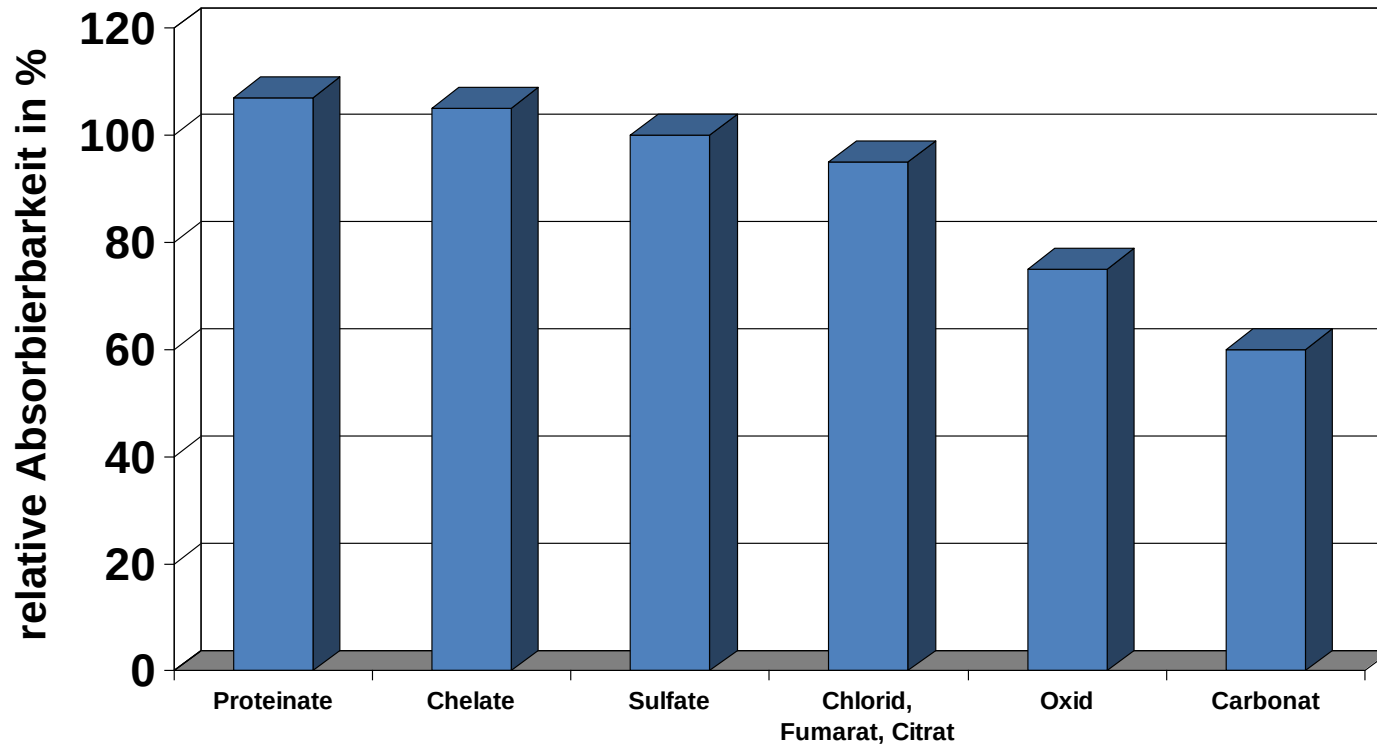
Spurenelementbedarf

Unterscheidung zwischen:

- minimalem Bedarf
-> Versorgungshöhe zur Vermeidung von Mangelsymptomen
- optimalem Bedarf
-> Zufuhrmenge zur Erzielung von Höchstleistungen

→ Erfassung des optimalen Bedarfes für einzelne Spurenelemente über
Messung von spezifischen Enzymaktivitäten
(Bsp.: Cu → Coeruloplasmin)

Relative Absorbierbarkeit verschiedener Zinkverbindungen beim Schwein



Toxizität von Spurenelementen

Spurenelemente entfalten bei übermäßig hoher Aufnahme subtoxische und toxische Wirkungen im Stoffwechsel.

Das Auftreten toxischer Wirkungen durch ein Spurenelement ist abhängig von:

- **Tierart**
- Aufnahmemengen
- Art der Spurenelementverbindung
- Futterzusammensetzung (insbesondere Versorgung mit anderen Spurenelementen)
- Anpassungsvermögen (Toleranzschwellen)
- Leistungsstadium

Spurenelementgehalt in Pflanzen

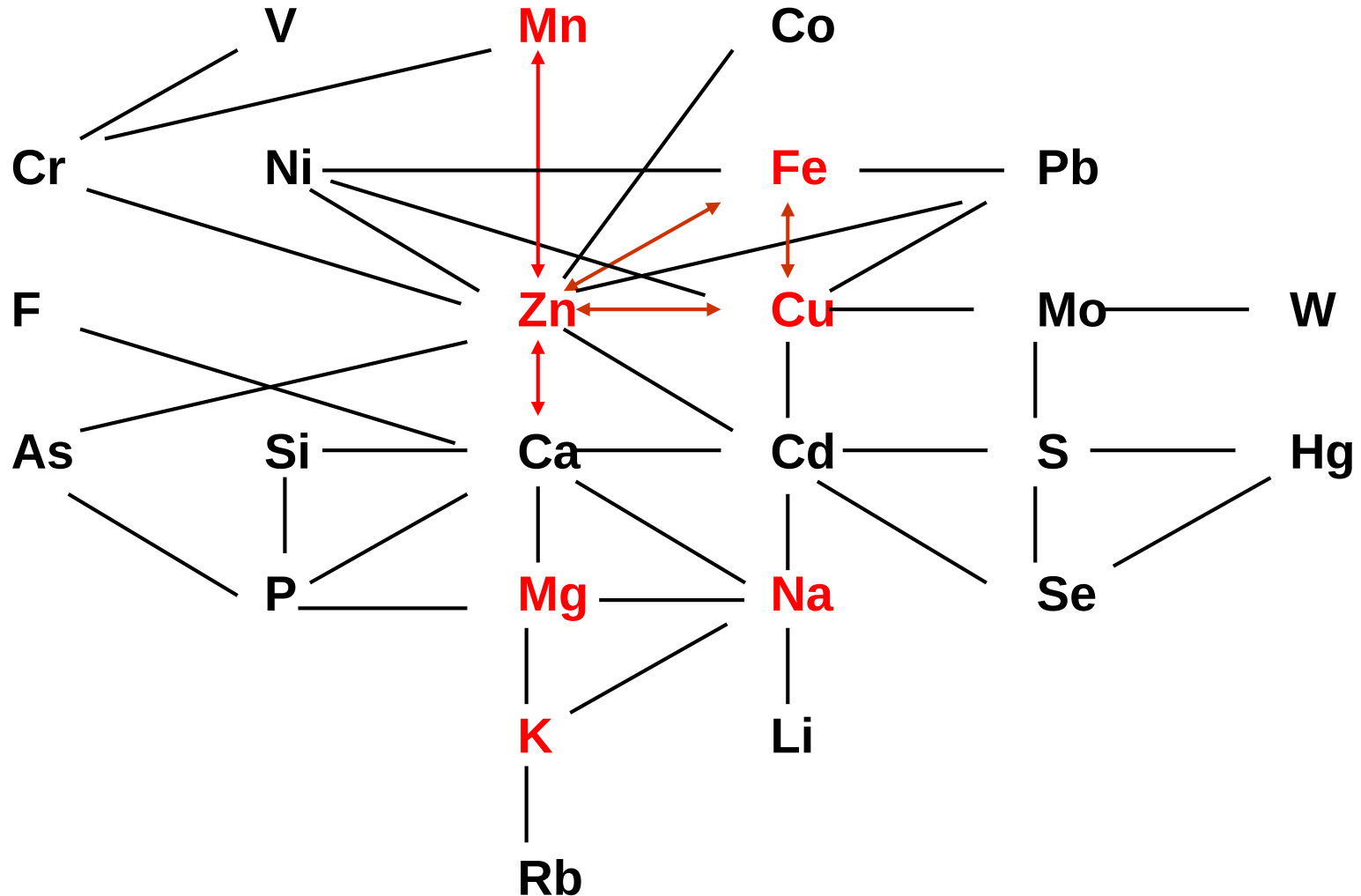
Der Spurenelementgehalt der einzelnen Futtermittel weist in der Regel große Schwankungen auf.

Verantwortlich sind eine Reihe von Einflüssen:

- Standort der Pflanze (Bodenart, pH-Wert, Wasserverfügbarkeit)
- Aneignungsvermögen der Pflanze
- Klima und Witterung
- botanische Zusammensetzung des Pflanzenbestandes
- Vegetationsstadium
- Werbungs- und Konservierungsverluste
- Verunreinigungen

Standorttypische Spurenelementprofile finden sich im Futter und somit auch in den tierischen Produkten soweit ein Transfer möglich ist.

Mögliche Wechselwirkungen zwischen essentiellen und toxischen Elementen



Vitamine

Die Bedeutung der Vitamine in der Tierernährung

Vitamine sind **organische Substanzen**, die zur Aufrechterhaltung von Gesundheit und Leistungsfähigkeit notwendig sind und **mit der Nahrung** zugeführt, bzw. **aus dem Verdauungstrakt** absorbiert werden müssen.

Es genügen täglich wenige Milligramm teilweise Mikrogramm, um die Verwertung der Nähr- und Mineralstoffe zu regulieren bzw. Stoffwechselreaktionen, an denen sie beteiligt sind optimal zu gestalten.

Jedes einzelne Vitamin erfüllt besondere Aufgaben, die von einem anderen Vitamin nicht in gleicher Weise ausgeübt werden können.

Differenzierung in der Vitaminzufuhr:

Versorgungsstatus

- Avitaminosen (völliger Mangel an einem Vitamin)
- Hypovitaminose (ungenügende Vitaminzufuhr)
- Hypervitaminose (überhöhte Vitaminzufuhr)

Differenzierung des Bedarfs in:

- Minimalbedarf
- Optimalbedarf
- Optimale Empfehlung zur Versorgung

Einteilung der Vitamine

Die Vitamine werden nach ihrer Löslichkeit eingeteilt in:

fettlösliche Vitamine:

- Vitamin A (Retinol)
- Vitamin D2 (Pflanzen), D3 (tierische Produkte) (Cholecalciferole)
- Vitamin E (Tocopherole)
- Vitamin K (Menadion)
- β -Carotin (Provitamin A)

=EDEKA

wasserlösliche Vitamine:

- Vitamin B1 (Thiamin),
- Vitamin B2 (Riboflavin),
- Vitamin B6 (Pyridoxin),
- Vitamin B12 (Cobalamin),
- Pantothensäure,
- Niacin (Nikotinsäure),
- Biotin (Vitamin H)
- Folsäure (B9),
- Vitamin C (Ascorbinsäure)
- Cholin

Definition Internationale Einheiten (I.E.)

Vitamin (aktive Substanz)	Mass- einheit	Umrechnungsfaktoren (Vitaminverbindung zu aktiver Substanz)	
A (Retinol)	IE	0,3 µg Vitamin A-Alkohol (Retinol)	= 1 IE
		0,344 µg Vitamin A-Acetat	= 1 IE
		0,359 µg Vitamin A-Propionat	= 1 IE
		0,55 µg Vitamin A-Palmitat	= 1 IE
D ₃ (Cholecalciferol)	IE	0,025 µg Vitamin D ₃	= 1 IE
E (Tocopherol)	mg	1 mg dl- α -Tocopherylacetat	= 1,00 IE
		Bioäquivalenz verschiedener Tocopherole	
		1 mg d- α -Tocopherol	= 1,49 IE
		1 mg dl- α -Tocopherol	= 1,10 IE
		1 mg dl- α -Tocopherylacetat	= 1,00 IE
		1 mg d- β -Tocopherol	= 0,33 IE
		1 mg d- δ -Tocopherol	= 0,25 IE
		1 mg d- γ -Tocopherol	= 0,01 IE

Fettlösliche Vitamine

- Die Vitamine **A,D,E** bzw. ihre Vorstufen (**β -Carotin**) müssen dem Tier grundsätzlich mit der Nahrung zugeführt werden und sind damit essentiell
- Vitamin **K** wird sowohl beim Wiederkäuer als auch beim Schwein von Mikroorganismen des Verdauungstraktes synthetisiert. (Voraussetzung: voll entwickeltes Fermentationssystem im Pansen bzw. im Dickdarm). Bei gesunden Tieren erfolgt eine weitgehende Bedarfsdeckung.
- Die fettlöslichen Vitamine können in geringen Mengen in der Leber gespeichert werden.
- Hohe Mengen an Vitamin A und D3 werden im Fettgewebe und der Leber gespeichert und können auch toxische Wirkungen entfalten

Einfluss der fettlöslichen Vitamine auf Tierparameter

Vitamin (-vorstufe)	Wirkung
Vitamin A	Haut- und Schleimhäute, Fruchtbarkeit , Wachstum, Immunsystem
Vitamin D3	Calcium- und Phosphorstoffwechsel , Knochenstabilität, Eischalen, Immunsystem
Vitamin E	Fruchtbarkeit, Immunsystem , Leber- und Muskelfunktion, Hormonbildung
Vitamin K	Blutgerinnung , Calciumstoffwechsel
β-Carotin	Vorstufe Vitamin A, Fruchtbarkeit , Immunsystem

Vitamin A (Fruchtbarkeitsvitamin)

Aufgaben	Mangelerkrankungen
▪ Aufbau, Schutz und Regeneration von Haut und Schleimhaut (Epithelschutz) ▪ Förderung der Fruchtbarkeit durch Verbesserung der Ovulation und Implantation des Eies, der embryonalen und fetalen Entwicklung und der hormonellen Trächtigkeitsaktivierung ▪ Regulation von Wachstums- und Differenzierungsvorgängen im Zellstoffwechsel durch Beeinflussung der Transkription von mehr als 300 Genen (Genexpression) ▪ Erhöhung der Widerstandskraft gegen Infektions- und Invasionskrankheiten	▪ Verhornung von Haut- und Schleimhaut mit nachfolgenden Infektionsgefahren ▪ Verzögerung der Eireifung, Absterben der Embryonen ▪ Beeinträchtigung der embryonalen Entwicklung ▪ Erhöhte Anfälligkeit gegen Infektionskrankheiten

Zusatzeffekte: Immunreaktion: Steigerung der Antikörperbildung und Phagozytose bei höheren Gehalten

In hohen Dosierungen bei längerfristiger Anwendung fetotoxisch

Aufgaben	Mangelercheinungen
▪ Vorstufe (Provitamin) von Vitamin A Durch spezifischen Stoffwechseltransport (Rind: 80% HDL Lipoproteine) gelangt β-Carotin in bestimmte Organe (z.B. Gelbkörper, Follikel, Euter), wo es lokal in diesen Organen in Vitamin A (Enzym: Carotinase) umgewandelt wird ▪ Stimulierung der Synthese des Progesterons zum Aufbau der Uterusschleimhaut ▪ Wahrscheinlich Vitamin A-unabhängige Beeinflussung durch antioxidative Wirkung gegen zellschädigende Lipidradikale, was zur Steigerung der hormonellen Aktivität (FSH, LH) und Verbesserung der Immunität (Vermehrung der Lymphozyten) führt	▪ Fruchtbarkeitsstörungen wie: ▪ längere Dauer der Brunst und stille Brunst ▪ verzögerte Follikelreifung und Ovulation ▪ Zystenbildung bei Follikel und Gelbkörper ▪ embryonale Verluste und Frühaborte ▪ Erhöhte Milchzellgehalte und Mastitis ▪ Erhöhte Anfälligkeit der Jungtiere gegenüber Infektionskrankheiten

Zusatzeffekte:

- Resistenzsteigerung der Jungtiere durch hohen *Immunglobulingehalt* im Kolostrum (unspezifische Immunität)
- Zusammenwirken mit anderen Carotinoiden (Zeaxanthin, Lutein, Lycopin u.a.) als Antioxidans

Vitamin D₃ (Vitamin D₂) = „antirachitisches Vitamin“

Aufgaben	Mangelercheinungen
▪ Regulierung des Calcium- und Phosphorstoffwechsels ▪ Förderung der Bildung von Keimzellen ▪ Steigerung der Leistungsfähigkeit des Immunsystems, Hemmung von Autoimmunisierung ▪ Regulation der Transkription von mehr als 50 Genen	▪ <i>Störungen des Calcium- und Phosphorstoffwechsels</i> ▪ Hemmung der Mineralisierung beim wachsenden Knochen (Rachitis) ▪ Abbau der mineralischen Substanz im ausgewachsenen Knochen (Osteomalazie) ▪ Knochen- und Gelenkdeformation (Knochenweichheit) ▪ Wachstumsstörungen ▪ Spontan auftretende Knochenbrüchigkeit ▪ Mangelhafte Eischalenstabilität

* Bei Überdosierung Calcifizierung der Blutgefäße und Nierentubuli

Vitamin E

Aufgaben	Mangelerkrankungen
▪ <i>Verhinderung</i> der Bildung von <i>Lipid-Peroxyradikalen aus mehrfach ungesättigten Fettsäuren</i> ▪ Antitoxische Wirkung im Zellstoffwechsel ▪ Verhinderung von Lebernekrosen und Muskeldegeneration ▪ Regulierung des Hormonstoffwechsels über den Hypophysenvorderlappen ▪ Erhaltung der Stabilität der Membranen, insbesondere der Herz- und Skelettmuskulatur ▪ Regulation von Entwicklung und Funktion der Keimdrüsen ▪ Stimulierung der Antikörperbildung (bessere Resistenz gegenüber Krankheiten) und der Phagozytose sowie der bakteriziden Wirksamkeit der Phagozyten ▪ <i>Vorbereitung und Schutz der Trächtigkeit</i>	▪ Muskelschäden an Herz- und Skelettmuskulatur (Dystrophie, Myopathie) ▪ Plötzlicher Herztod bei Schädigung des Herzmuskels (Maulbeer-Herzkrankheit) ▪ Fruchtbarkeitsstörungen ▪ Veränderungen am Gefäß- und Nervensystem (Encephalomalazie; Ödembildung im Kleinhirn durch verstärkten Plasmaaustritt) ▪ Leberschäden und Veränderungen im Fettdepot ▪ Beim Schwein: Bewegungsstörungen und Muskelverkrümmungen (Bananenkrankheit) ▪ Bei Kälbern und Lämmern: Weißfleischigkeit aufgrund dystrophischer Veränderungen ▪ Beim Geflügel: Verminderte Schlupfrate, exsudative Diathese (verstärkter Plasmaaustritt aus dem Blut)

Zusatzeffekte: Fettstabilisierung (Oxidationsschutz) in tierischen Produkten (Fleisch, Milch, Eier)

Vitamin-E-Zufuhr und Stabilität von Schweinefett

	Vitamin E-Zufuhr während der letzten 32 Masttage, I.E. täglich / Tier			
	0	50	100	200
Vitamin E-Gehalt, mg / kg				
» Rückspeck	5,2	6,9	9,4	9,4
» Schmalz	4,6	5,9	8,4	9,9
Thiobarbitursäurezahl*				
» Rückenspeck	11,7	9,0	6,2	3,9
» Schmalz	10,8	6,6	5,2	3,9
Tage bis zum Ranzigwerden (Lagerung bei + 55 ° C)				
Rückenspeck	5,3	5,2	7,2	7,8
Schmalz	4,8	6,5	6,8	8,8

* Maßzahl für den Gehalt an Peroxiden

Wasserlösliche Vitamine

Vitamin C wird im endogenen Stoffwechsel der Nutztiere synthetisiert; bei Jungtieren ist die körpereigene Synthese häufig noch nicht ausreichend

Vitamine der B-Gruppe:

Monogastrier:

- auf kontinuierliche Zufuhr über die Nahrung angewiesen;

Wiederkäuer:

- auf mikrobielle Synthese im Pansen angewiesen (Mikroben)
 - benötigen teilweise solche Vitamine bzw. Vitaminbausteine aus der Nahrung); daneben Nutzung von unabgebauten Vitaminen aus der Nahrung;
- wasserlösliche Vitamine können nur in sehr geringen Mengen im Tierkörper gespeichert werden

Wasserlösliche Vitamine

B-Vitamine:

B–Vitamine sind Bestandteile von Enzymen

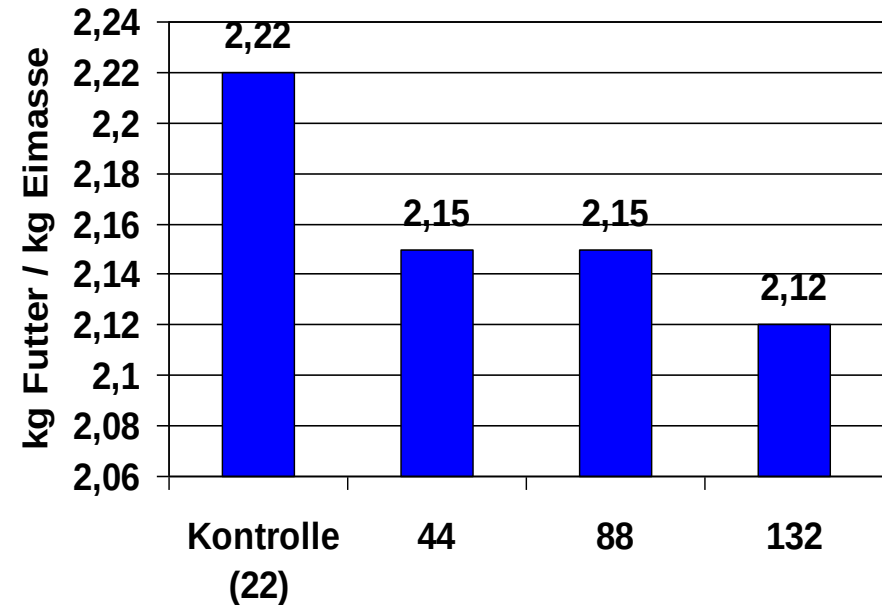
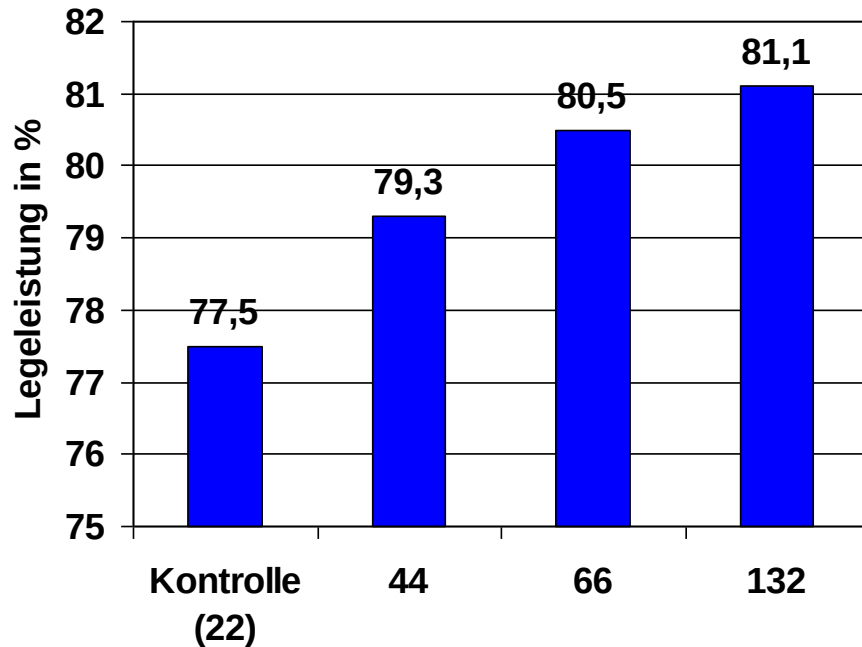
Mangel bedeutet:

- *zunächst* Beeinträchtigung der Stoffwechselleistung
- *erst später* äußerlich erkennbare Mangelsymptome

Einfluss der wasserlöslichen Vitamine auf Tierparameter

Vitamin B1	Kohlenhydratstoffwechsel, Nervenfunktion , Peristaltik im Magen-Darmtrakt, Herzfunktion
Vitamin B2	Protein-, Fettstoffwechsel, Schlupfrate beim Geflügel, Wurfgröße bei Sauen
Vitamin B6	Kohlenhydratstoffwechsel, Proteinstoffwechsel,
Vitamin B12	Blutbildung , Wachstum
Vitamin C	Immunsystem , Aufbau von Bindegewebe, Mineralisierung der Knochen , Hormonbildung, Eisenstoffwechsel, Fruchtbarkeit
Nikotinsäure	Energiestoffwechsel , Darmperistaltik, Kohlenhydratstoffwechsel
Pantothensäure	Protein-, Fett-, Kohlenhydratstoffwechsel, Nervenfunktion
Biotin	Blutzuckerbildung, Haut- und Hornbildung , Nervenfunktion, Fettstoffwechsel
Folsäure	Haut- und Schleimhautaufbau, Wachstumsstörungen Fruchtbarkeit , Immunsystem, Befiederung
Cholin	Fettstoffwechsel , Nervenfunktion

Einfluss von Niacinzulagen auf Legeleistung und Futterverwertung von Hennen (Versuchsdauer 364 Tage)



Tagesbedarf Legehenne: 20 mg/kg TS

Einflussfaktoren auf die Stabilität und den Bedarf an Vitaminen

Abbau

- beschleunigter Abbau durch Mahlen, Reiben, Pressen, Pelletieren,
- beschleunigter Abbau in Feuchtfutter
- Licht, Luft und Sauerstoff begünstigen den Abbau von Vitaminen

Bedarf

- Antibiotika, Sulfonamide erhöhen den Bedarf
- Gesundheitsstatus

Substanzen mit leistungssteigernden Eigenschaften

- Fütterungsantibiotika (seit 01.01.2006 in der EU verboten:
 - biologisch hergestellte (Stoffwechselprodukte von Bakterien)
 - chemisch hergestellte (Chemobiotika)
- nicht antibiotische Wachstumsförderer: organische Säuren, Salze organischer Säuren
- Probiotika (Mikroorganismen)
- Prebiotika (Oligosaccharide – gehören futtermittelrechtlich zu den Einzelfuttermitteln)
- organische Säuren
- Enzyme
- Kräuter (Einzelfuttermittel) und Extrakte (Zusatzstoffe)
- Immunmodulatoren (β -Glucane, Mannane, überwiegend Einzelfuttermittel)

Zusatzstoffe

Futtermittelrechtliche Regelungen

In EU-Verordnungen, im Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuch (Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch – LFGB) sowie in der Futtermittelverordnung sind hinsichtlich des Einsatzes von Zusatzstoffen folgende Regelungen getroffen:

- Definition der chemischen Verbindungen
- Zulassung für Tierarten/-kategorien
- Höchstalter der Tiere
- Höchst- und Mindestgehalte
- Wartezeiten
- Hinweise zur Anwendung

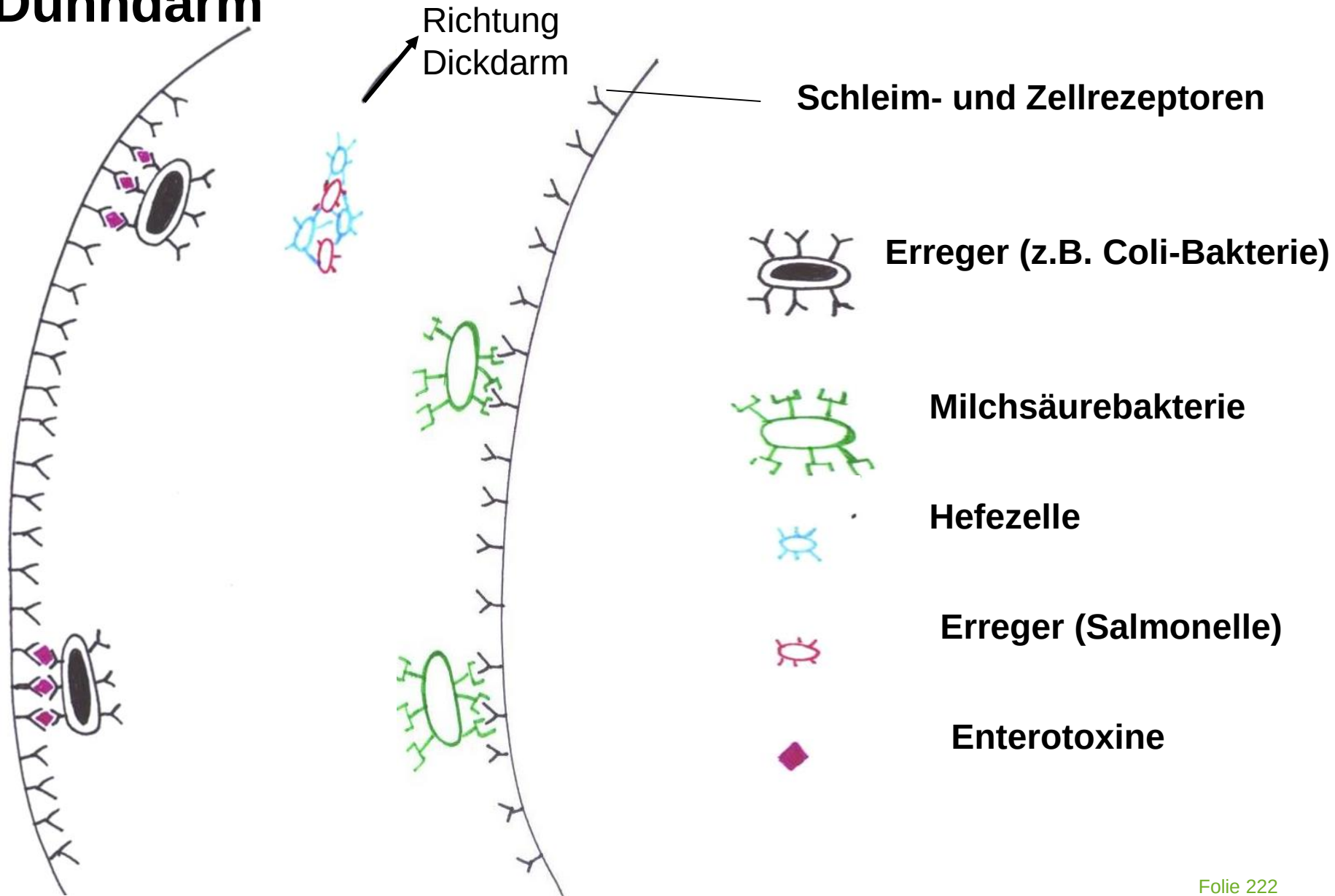
[Verordnung 1831/2003](#)

[Zusatzstoffregister](#)

Probiotika

- Futterzusatzstoffe, die auf "natürliche" Weise die Leistungsfähigkeit von Tieren verbessern sollen.
- Es handelt sich hierbei um noch lebensfähige Mikroorganismen (Milchsäurebakterien, Hefen), die über das Futter verabreicht verdaut werden.
- Sie nehmen im Verdauungstrakt ihre Stoffwechselaktivität wieder auf
- Sie siedeln sich nicht dauerhaft im Verdauungstrakt an

Wirkung von Probiotika im Dünndarm



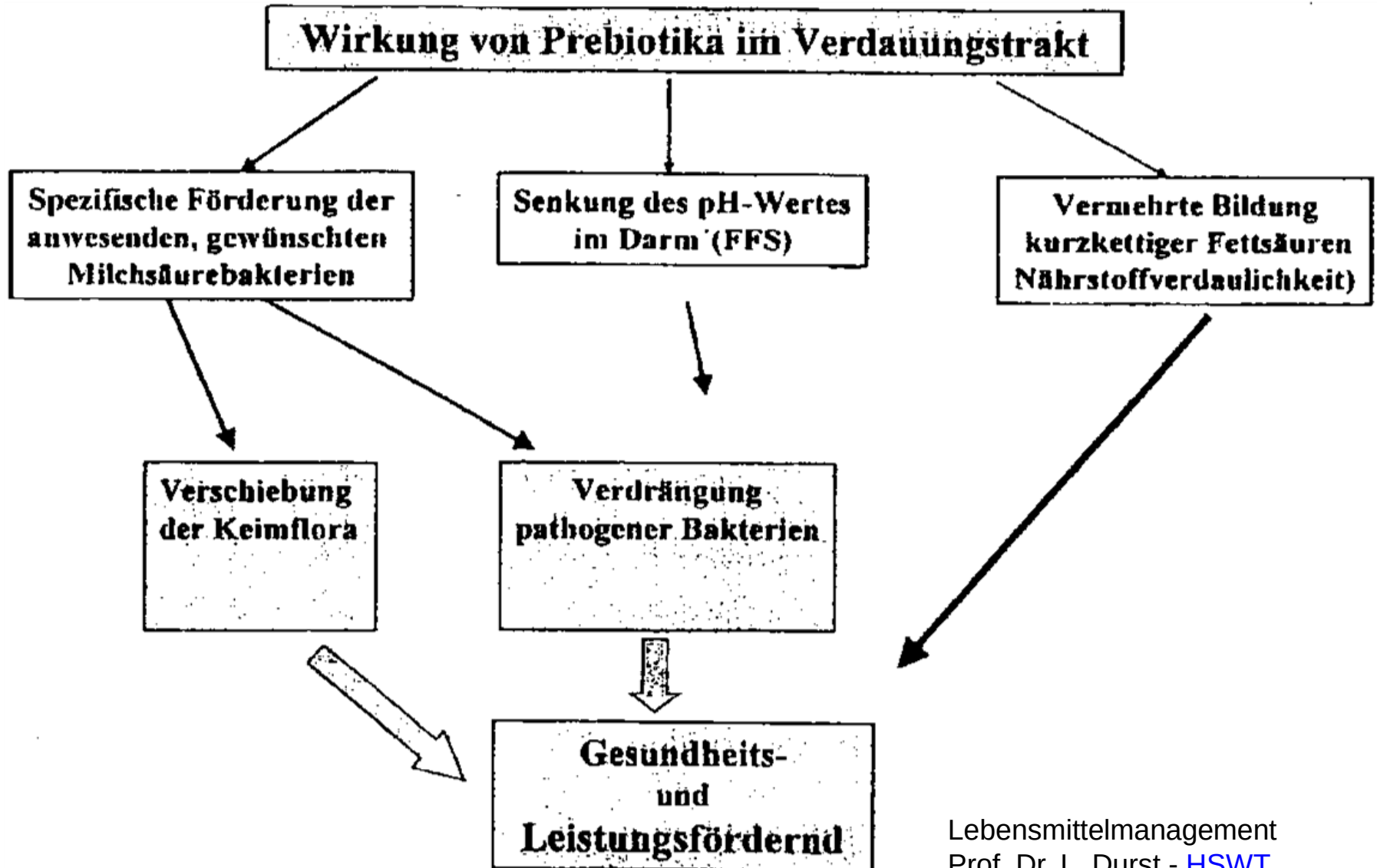
Wirkungsweise von Probiotika

- Besetzung des Darmepithels: (-> Verdrängung pathogener Keime)
 - Aufbau eines wirksamen Biofilmes in der Schleimschicht des Darmepithels (-> Infektionsbarriere)
 - Bildung von Milchsäure und kurzkettigen Fettsäuren (pH-Wert -> Hemmung pathogener Keime)
 - Nahrungskonkurrenz zu „Schadkeimen“
 - Veränderung der Sauerstoffkonzentration im Darm
 - Bildungen von Bakteriocinen
- > Prophylaxe gegen infektiöse Magen-Darm-Erkrankungen
(Colibazilliose)

Was sind Prebiotika?

- Prebiotika sind Oligosaccharide, die von den körpereigenen Verdauungsenzymen der monogastrischen Tiere nicht verwertet werden können
- Die Prebiotika gelangen unabgebaut in den hinteren Gastrointestinaltrakt. Hier wirken sie als spezifische Nährsubstrat für die positiv wirkenden Mikroorganismen (Bifidoflora, Probiotica)
- Oligosaccharide sind natürliche Bestandteile von Futter- und Nahrungspflanzen (Topinambur, Zichorie, Spargel, Banane, Zwiebel etc.)
- Wichtige Prebiotika-Gruppen sind: Fructo-Oligosaccharide, Galaktooligosaccharide, Mannan-Oligosaccharide, Lactulose

Wie wirken Prebiotika (Oligosaccharide) im Futter und im Verdauungstrakt ?



Organische Säuren

Übersicht: organische Säuren und Salze mit leistungsförderndem Effekt

Säuren	Salze
Ameisensäure	Na-Formiat
Essigsäure	Ca-Formiat
Propionsäure	Na-Propionat
Buttersäure	Ca-Propionat
Zitronensäure	Ca-Butyrat
Fumarsäure	Kaliumdiformiat (Formi®)
DL-Äpfelsäure	
Sorbinsäure	
Milchsäure	
Benzoessäure (VevoVital®)	

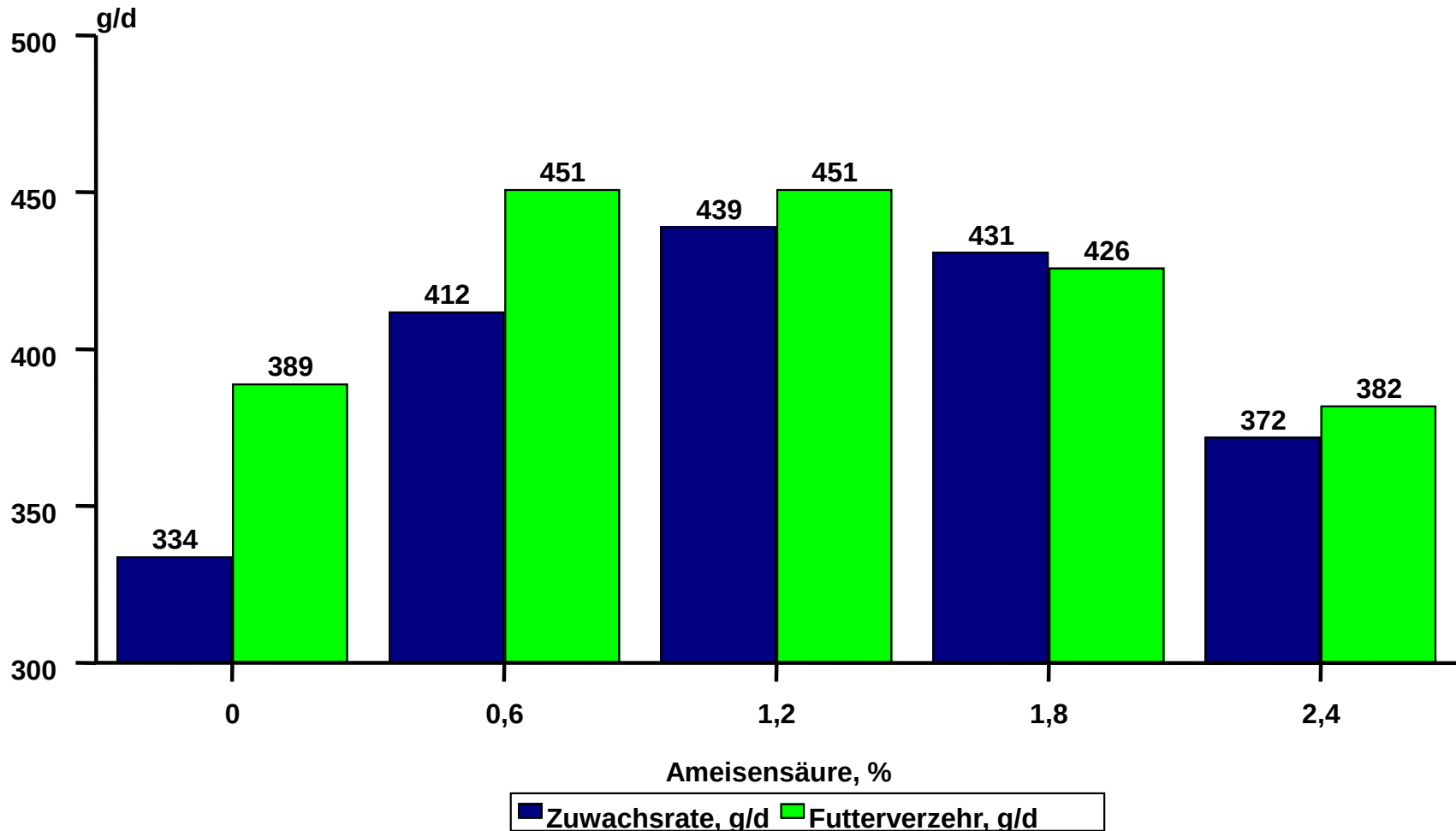
überwiegend **Zulassung als Konservierungsmittel**

Wirkungsweise organischer Säuren

Wirkungsweise:

- Senkung des pH-Wertes im Futter (→ Hemmung des mikrobiellen Verderbs)
- Förderung des Futtermittelfressens (→ positive Geschmacksbeeinflussung)
- Energiequelle für das Tier
- Verbesserung der Pepsinwirkung
- Reduzierung des pH-Wertes sowie der Keimzahl im Magen-Darm-Trakt
 - verbesserte Verdaulichkeit von Protein, Energie und einigen Mineralstoffen
 - verminderte Häufigkeit von Durchfallerkrankungen durch Verminderung der „Schadkeime“ im Verdauungstrakt

Dosiswirksamkeit der Ameisensäure bei Einsatz eines Prestarters (5 - 12 kg LM)



Eckel et al. (1992)

Säuren als Futterzusatzstoffe

Säure/Salz	Empfohlen Einsatzmenge in der Futtermischung, %
Fumarsäure	1,0 - 2,0
Ameisensäure	0,3 - 1,0
Essigsäure	1,0 - 2,5
Propionsäure	1,0 - 1,5
Zitronensäure	1,0 - 2,0
Calcium-Formiat	1,0 - 2,0
Natrium-Propionat	1,0 - 2,0
Calcium-Propionat	1,0 - 2,0
Sorbinsäure	1,0 – 2,0
Kaliumdiformiat (Formi)	0,5 – 1,0
Benzoessäure (Vevovitall)	0,5 – 1,0
Gekapselte Säuremischungen	0,2 – 0,4

Enzyme in der Tierernährung

Verbesserung der Verdaulichkeit von Nahrungsstoffen durch Enzymzulagen:

- NSP-spaltenden Enzyme (Nicht-Stärke-Polysaccharide) (Xylanase, Glucanase, Galacturonase), Verbesserung des Kohlenhydrataufschlusses, Reduzierung der Viskosität im Darm)
 - Einsatz vor allem im Ferkelbereich und Geflügelbereich (einige sind auch für die Bioproduktion zugelassen) (Verbesserung der Nährstoffausnutzung, weniger Schmutzeier)
- Amylase
- Protease
- Phytase: Phytaseeinsatz erhöht die Verdaulichkeit des Phytin-Phosphors beim Monogastrier → P-Reduzierung im Futter möglich

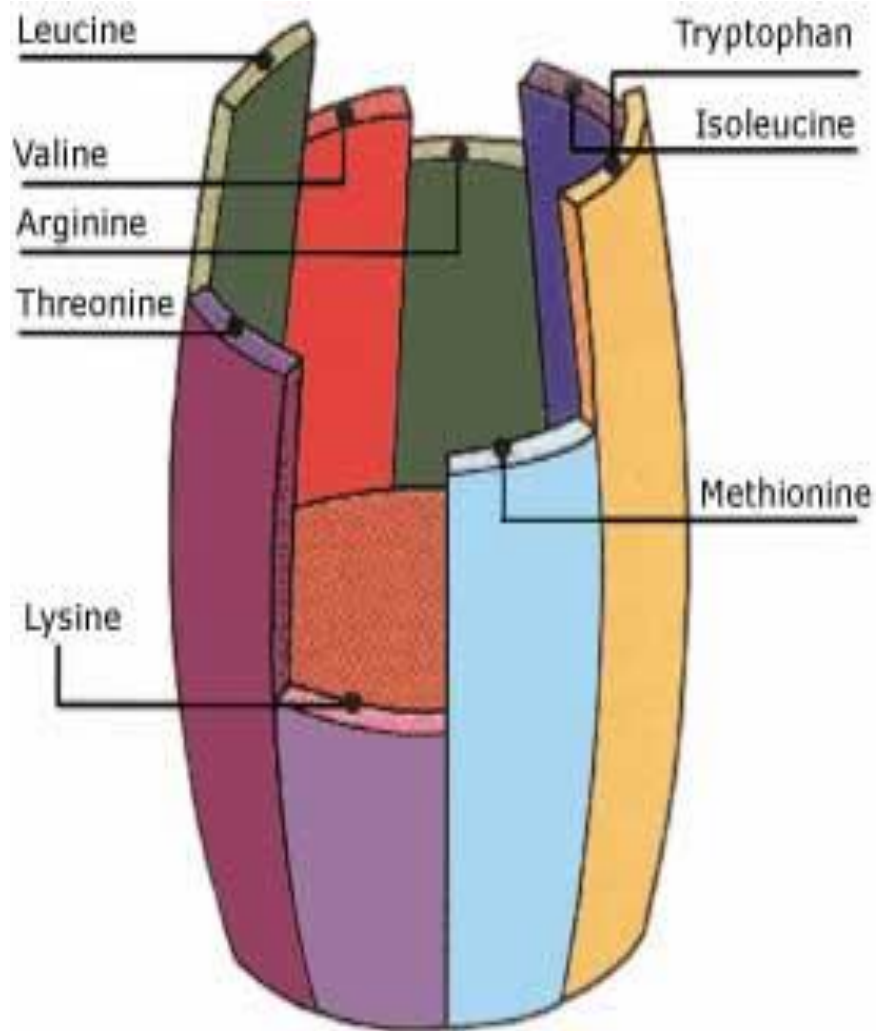
Aminosäuren

- Aminosäuren sind seit Inkrafttreten der Zusatzstoffverordnung 1831/2003 den Zusatzstoffen zuzuordnen
- Der Gesamtgehalt der Aminosäuren in einem Futtermittel ist bei den Inhaltsstoffen anzugeben (sofern dies nach FMV vorgeschrieben ist, ansonsten freiwillige Angabe), Angabe in %
- Der zugesetzte Gehalt an Aminosäuren kann bei den Zusatzstoffen angegeben werden. Dabei ist dann die zugesetzte Menge der jeweiligen Verbindung anzugeben. Angabe in mg
- Methionin-, Lysin-, Threonin- und Tryptophanverbindungen sind als einzelne Verbindungen zugelassen
- die übrigen Aminosäuren sind dann zugelassen, wenn diese durch Hydrolyse von Proteinen gewonnen werden

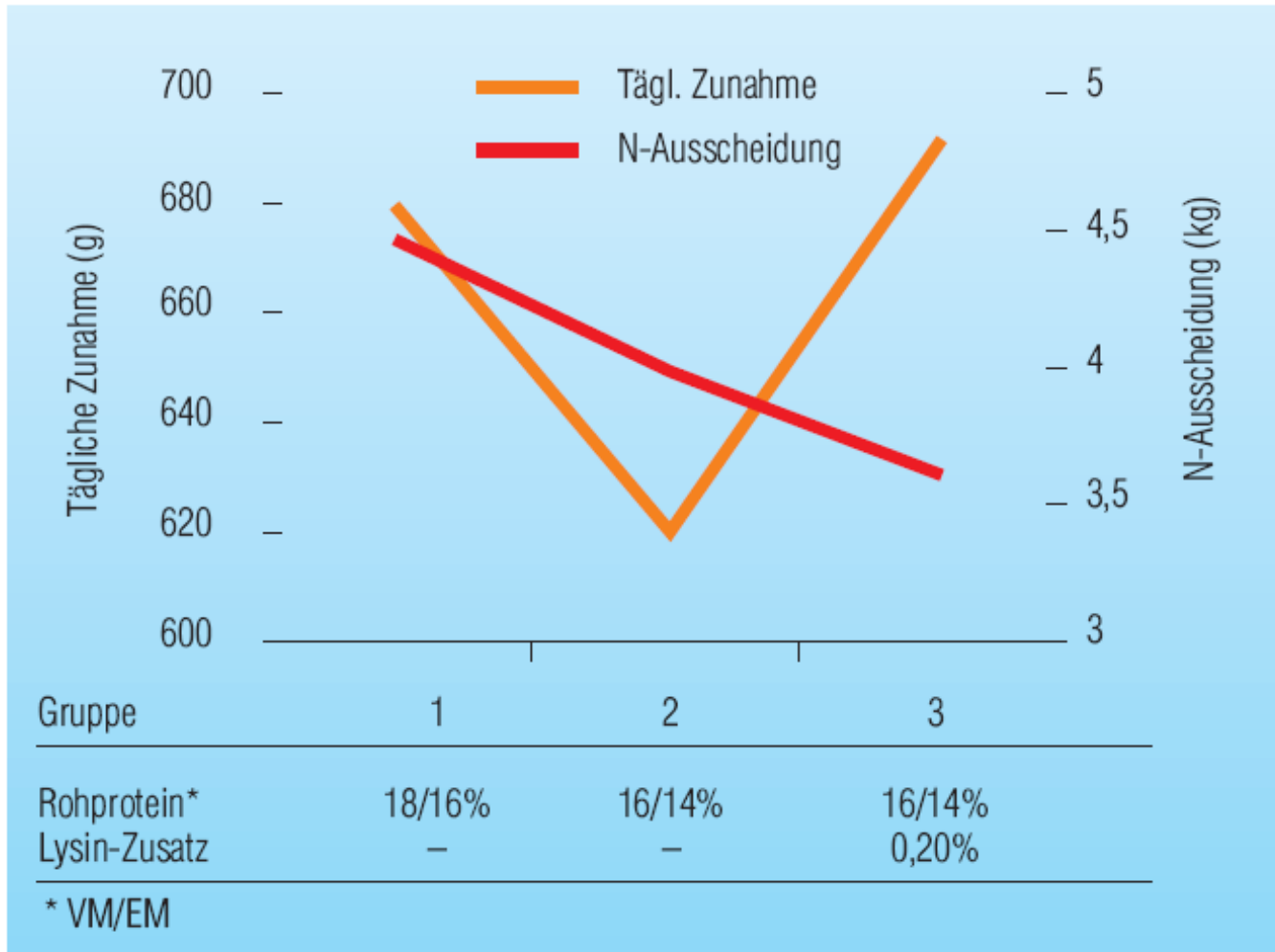
Aminosäureenergänzung

- kostengünstige Deckung des limitierenden Aminosäurenbedarfes
- Reduzierung des Rohproteingehaltes in der Ration
- Verminderung der N-Ausscheidung und Ammoniakemissionen und damit Verminderung der Umweltbelastung
- Verminderung der Verdauungsstörungen
- Vermeidung von Aminosäurenimbilanzen
- bessere Energieverwertung
- Höhere Verfügbarkeit im Vergleich zu proteingebundenen Aminosäuren
- Ausgleich von Rohstoffschwankungen
- Hohe Nährstoffdichte

Limitierende Aminosäuren



Abhängigkeit der Leistung und der N- Ausscheidung und der Aminosäurenversorgung



Emulgatoren

Emulgatoren:

- synthetische: Glycerinpolyaethylenglycol – Fettsäureester
- natürliche: Lecithine (Sojalecithin), Mono- und Diglyceride

Einsatz erfolgt zur

- Stabilisierung und Verbesserung der Verarbeitungsfähigkeit von fettlöslichen Vitaminen
- Feinverteilung von Fetten in Flüssigkeiten (z.B. Milchaustauschfuttermittel, Vitaminpräparate)

Einsatz von Aromen in der Tierernährung

- Verbesserung der geruchlichen Attraktivität eines Futtermittels/einer Futtermischung
- Verbesserung der Schmackhaftigkeit eines Futtermittels/einer Futtermischung
- Maskierung von unangenehmen geschmacklichen Komponenten (Arzneimittel, Propylenglykol, Vitamine, Spurenelemente)
- Erleichterung eines Futterwechsels
- psychologisches Verkaufsargument
- Standardisierung eines Futtermittels

Sondereffekte

- Stabilisierung der Verdauung (antimikrobiellen Wirkung)
- Reduzierung der Methanemissionen bei Wiederkäuern
- Nutzung antioxidativ wirkender Effekte (Polyphenole)

Aromen (I)

- **Natürliche Aromen:** Bedeutet, dass das Aroma in der Natur vorkommt, also aus natürlichen Grundstoffen erzeugt wurde. Es kann aus Lebensmitteln oder biofermentativ z.B. mithilfe von Bakterien, Hefen oder Pilzen hergestellt und anschließend abgetrennt werden.
- **Naturidentische Aromen:** Bedeutet, dass Substanzen, die als Aromastoffe zugegeben wurden, mit den im Naturprodukt vorkommenden Substanzen chemisch identisch sind.
- **Künstliche Aromen:** Bedeutet, dass das Aroma chemisch synthetisiert wurde, aber keinerlei Ähnlichkeit mit der chemischen Beschaffenheit des Aromas pflanzlichen oder tierischen Ursprungs hat. Viele dieser künstlichen Aromen können für verschiedene Geschmacksrichtungen eingesetzt werden. Der empfundene Geschmack hängt von der Aroma-Konzentration ab.

Auswirkung eines Aromaeinsatzes im Absetzfutter auf die Leistung von Ferkeln

Aroma: Himbeere, Heidelbeere, Vanille

Dosierung	Kontrolle	100 g/to	200 g /to	400 g/to
Futteraufnahme kg / Tag Veränderung in %	316	369 + 16,8	362 + 14,6	313 - 0,9
Tageszunahmen g / Tag Veränderung in %	228	287 +25,9	271 +18,9	220 - 3,5

Gewürzpflanzen / Pflanzenextrakte mit bioaktivem Charakter

- ⊙ Salbei: α - β -Thujon
- ⊙ Thymian: Thymol, Carvacrol
- ⊙ Hopfen: Humulon, Lupulon
- ⊙ Pilze (China): 1,3/1,6- β -Glucane (Immunstimulation)
- ⊙ Knoblauch: Russisches Penicillin
- ⊙ Zimt: Verdauungsfördernd
- ⊙ Oreganum
- ⊙ Nelke
- ⊙ Federmohn
- ⊙ Teebaum
- ⊙ Traubenkernextrakt
- ⊙ Kastanienextrakt
- ⊙ Chili
- ⊙ Yucca, Waschnuss
- ⊙ ...

Wirkungsweise von Kräuterzusätzen

