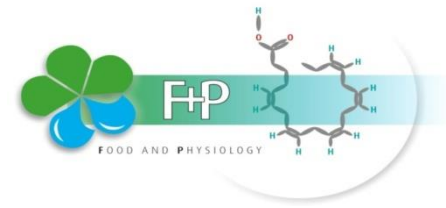




seit 1558

Kompetenzzentrum für Ernährung München, 15. Okt. 2024



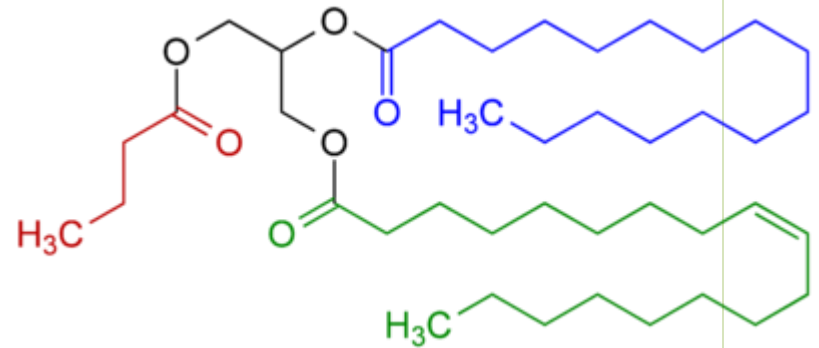
Milchfettsäuren unter die Lupe genommen

Gerhard Jahreis, Friedrich-Schiller-Universität Jena,
Institut für Ernährungswissenschaften



Milchfett ist einzigartig (3,4 % der Milch)

Triacylceride	97 – 98 %
Diglyceride	0,28 – 0,59 %
Monoglyceride	0,016 – 0,038 %
freie Fettsäuren	0,10 – 0,44 %
Phospholipide	0,2 – 1,0 %
freie Sterole	0,22 – 0,41 %



Komponenten:

Ölsäure

Kurzkettige Fettsäuren (C4-C10)

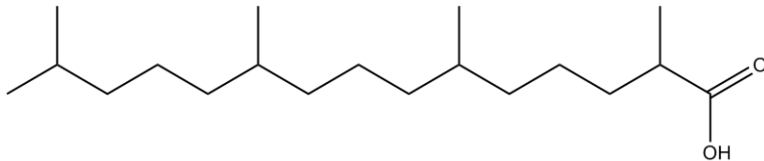
Omega-3-Fettsäuren

Vaccensäure (C18:1t11)

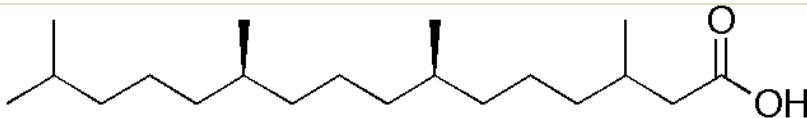
Konjugierte Linolsäuren

Sphingolipide (bioactive: anti-cancer, bacteriostatic and cholesterol-lowering)

Pristansäure (2,6,10,14-Tetramethylpentadecansäure, $C_{19}H_{38}O_2$)

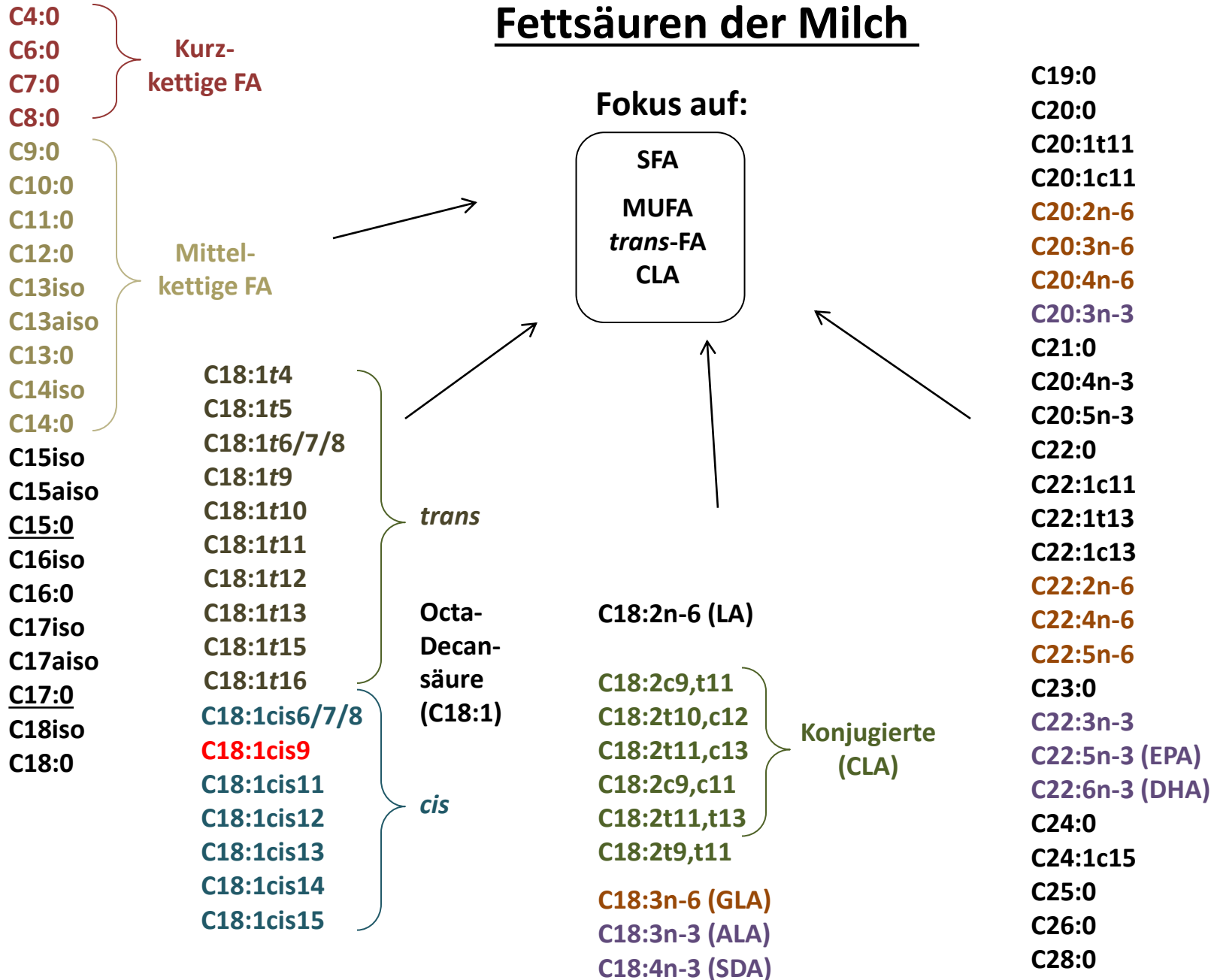


Phytansäure (Tetramethylhexadecansäure, $C_{20}H_{40}O_2$)



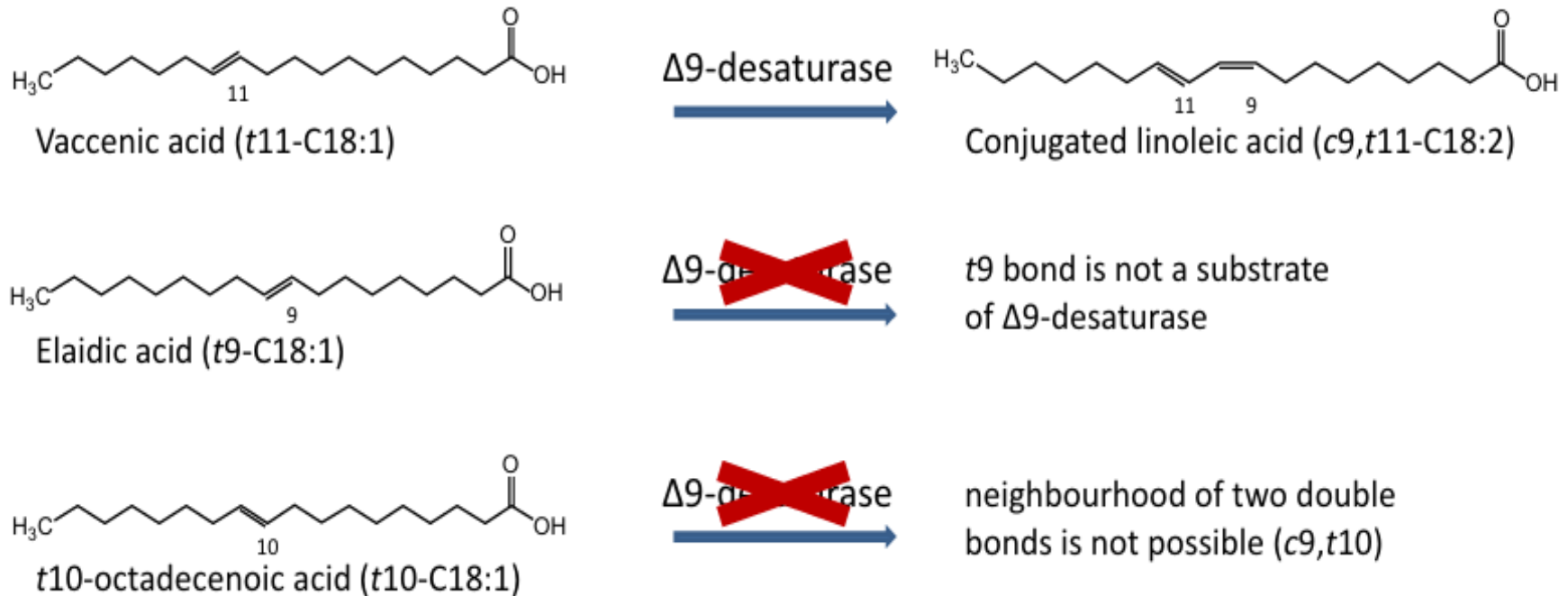
Hypothese: einzige LM mit Fingerabdruck für Bio

Fettsäuren der Milch

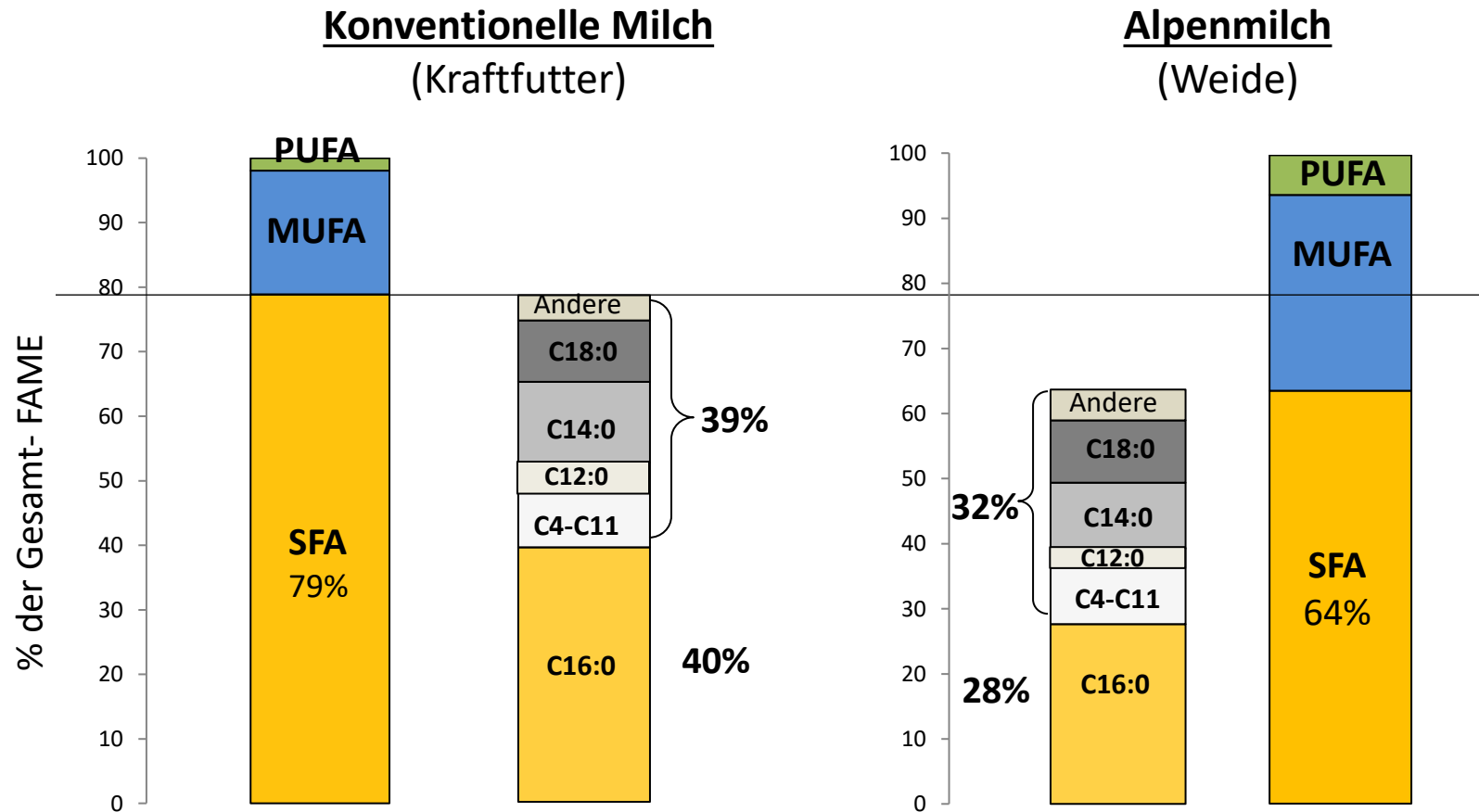


Nur aus Vaccensäure entsteht CLA

Metabolism of important *trans* fatty acids

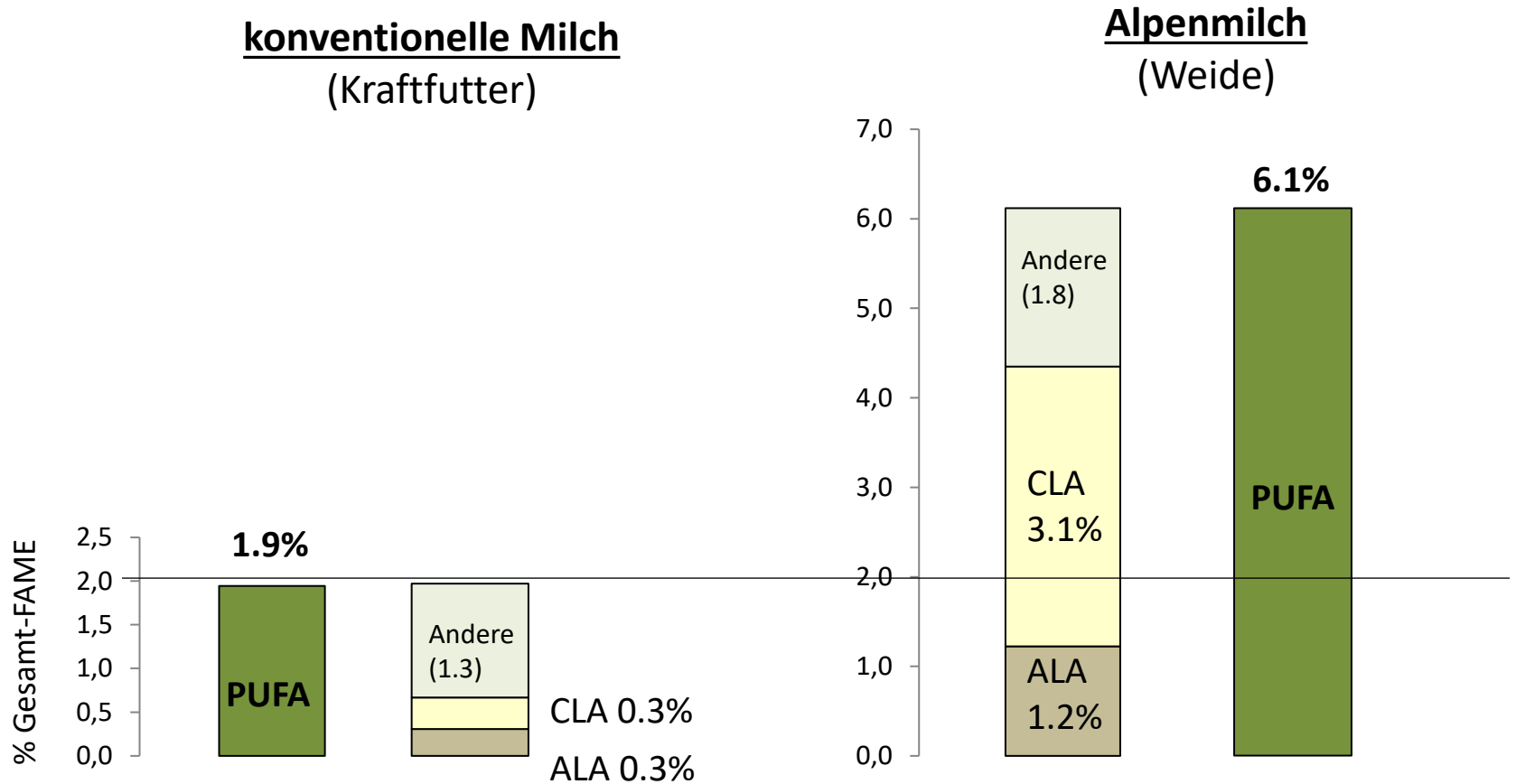


Veränderung des SFA-Profiles: Palmitinsäure



(unpublished results)

Veränderung der PUFA-Profile (% FAME)



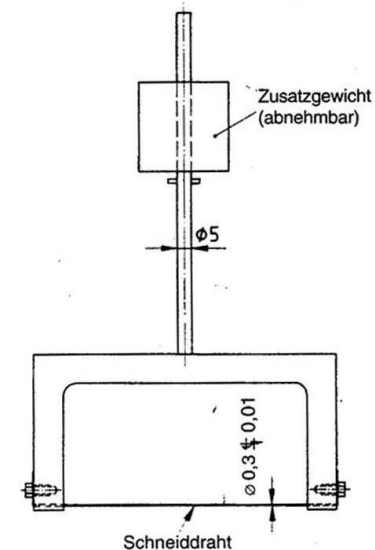
Fettsäuren im Milchfett in Abhängigkeit von der Fütterung

Kuhmilch			
FA (% of FAME)	konventionell (Kraftfutter und Silage)	modifiziert (Lein- und Rapskuchen)	Alpenmilch (Weide und Kräuter)
SFA	79	61	62
MUFA	19	35	32
C18:1 c9	14	25	26
PUFA	1.7	3.8	7.2



Verhältnis Palmitinsäure zu Ölsäure im Butterfett und Streichfähigkeit als Schneide-Widerstand

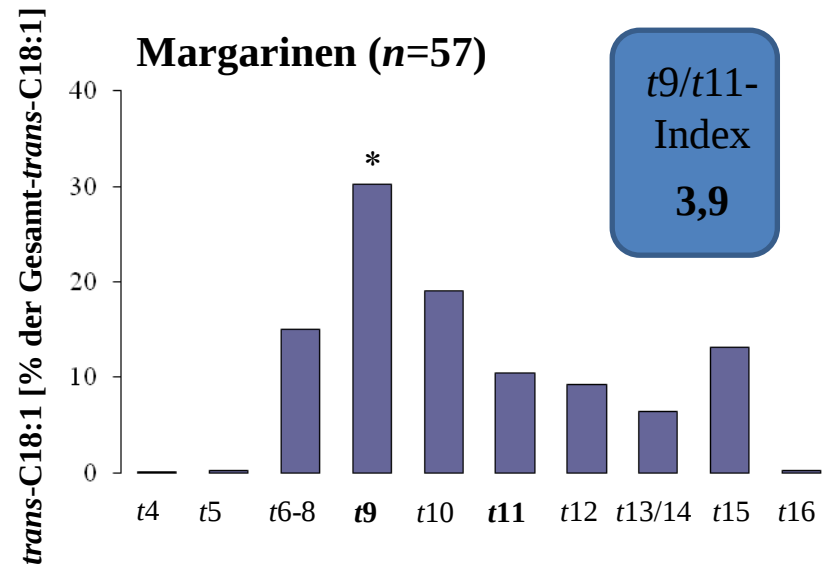
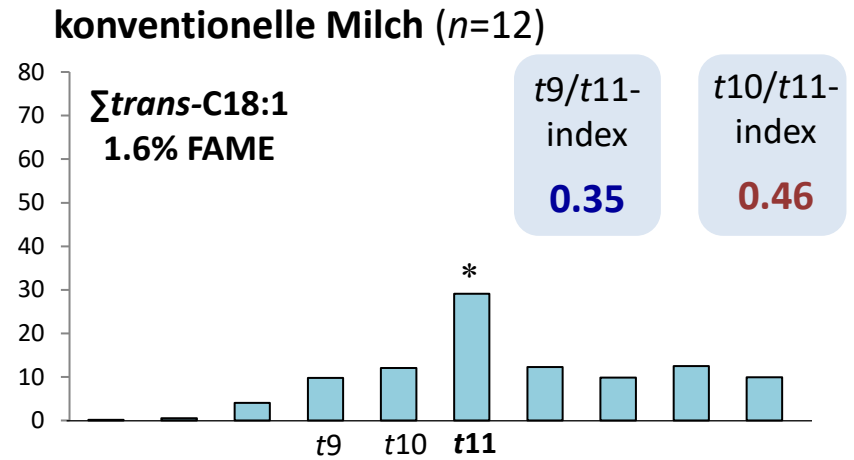
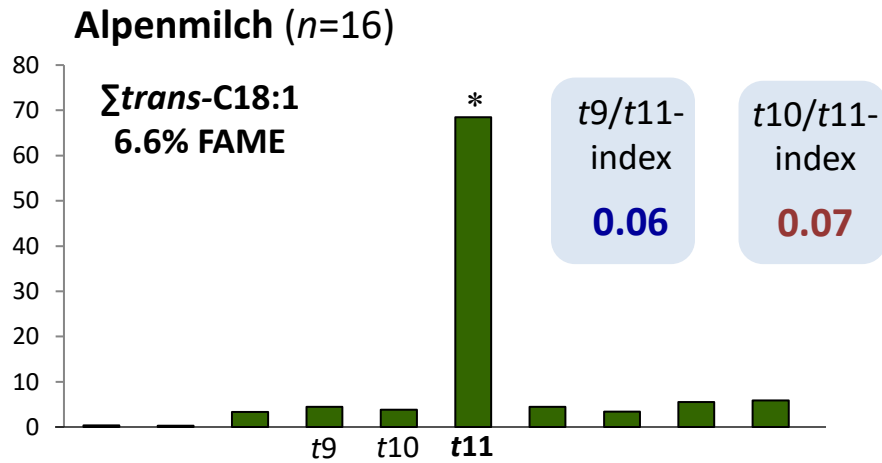
Mittelwert und Standardabweichung von n = 104,
Die Unterschiede zwischen den beiden Buttersorten sind
hoch signifikant.



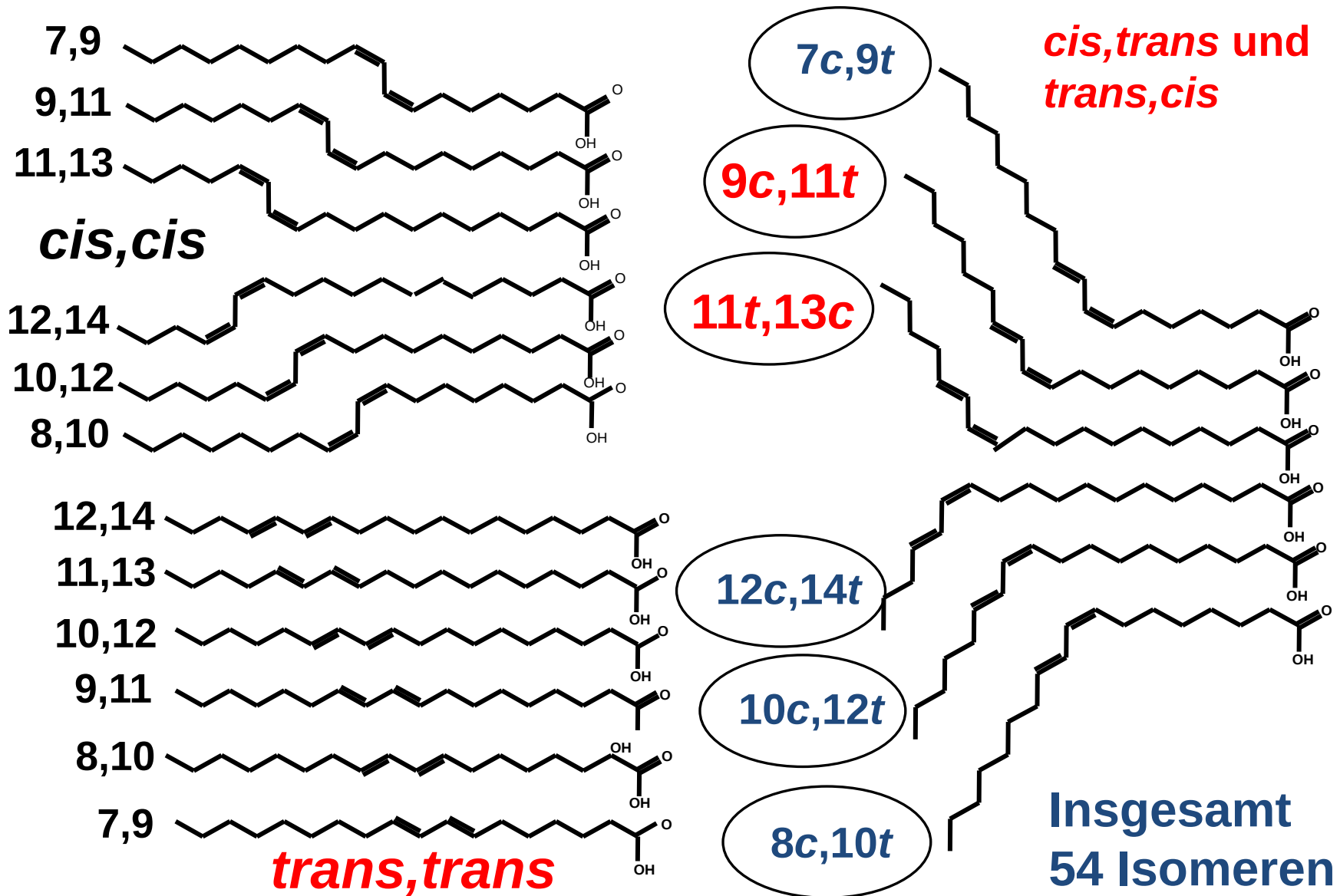
	Standard			Premium		
Konzentration 16:0/18:1	1,5	±	0,2	1,0	±	0,1
Schneide-Widerstand	0,9	±	0,2	0,6	±	0,1

trans-C18:1 im Milchfett

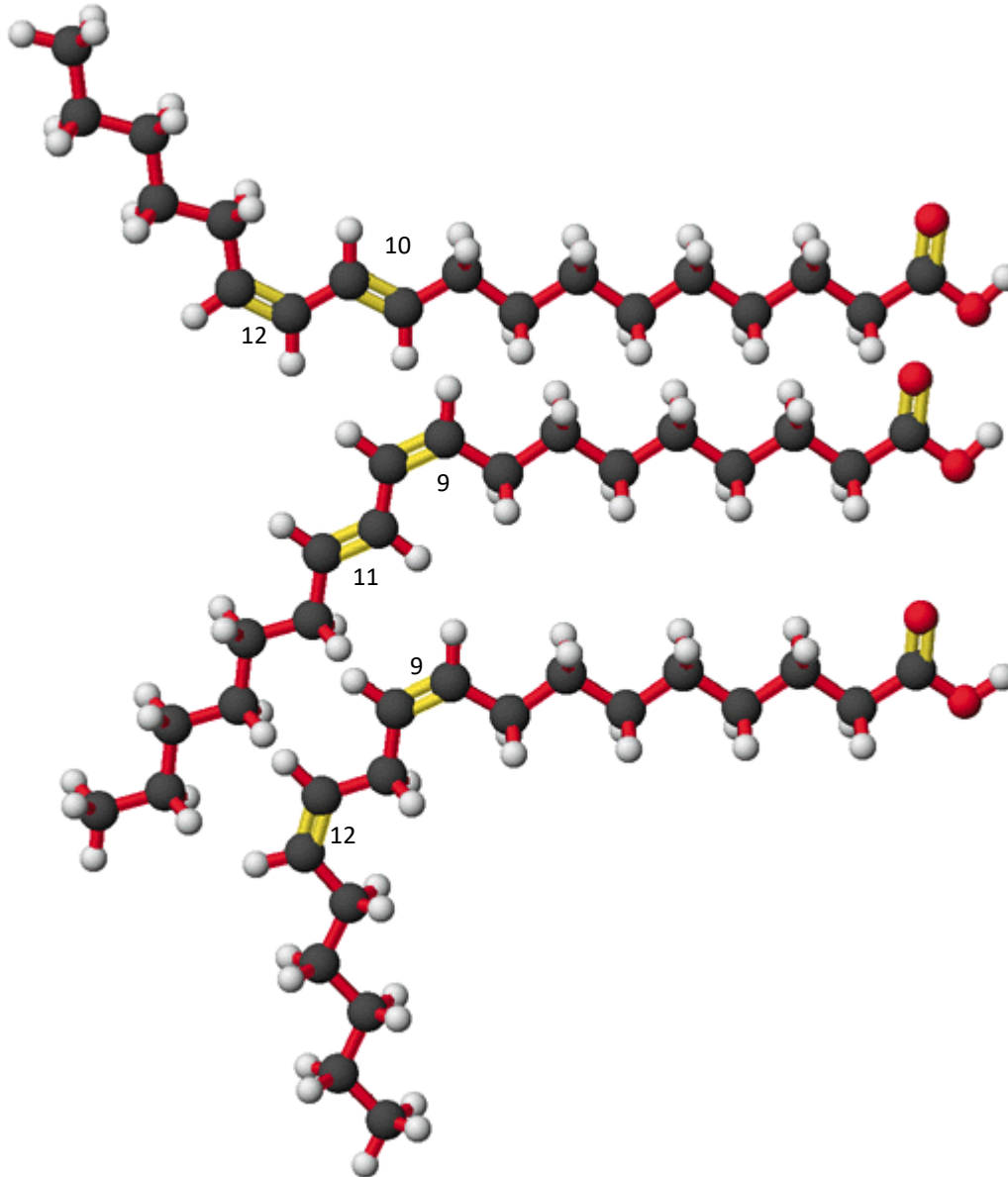
→ *trans*-11 C18:1 als Hauptisomere



Geometrische und Positions-Isomeren der CLA von 7,9 to 12,14



Konjugierte Linolsäure (CLA)



trans-10,*cis*-12 C18:2

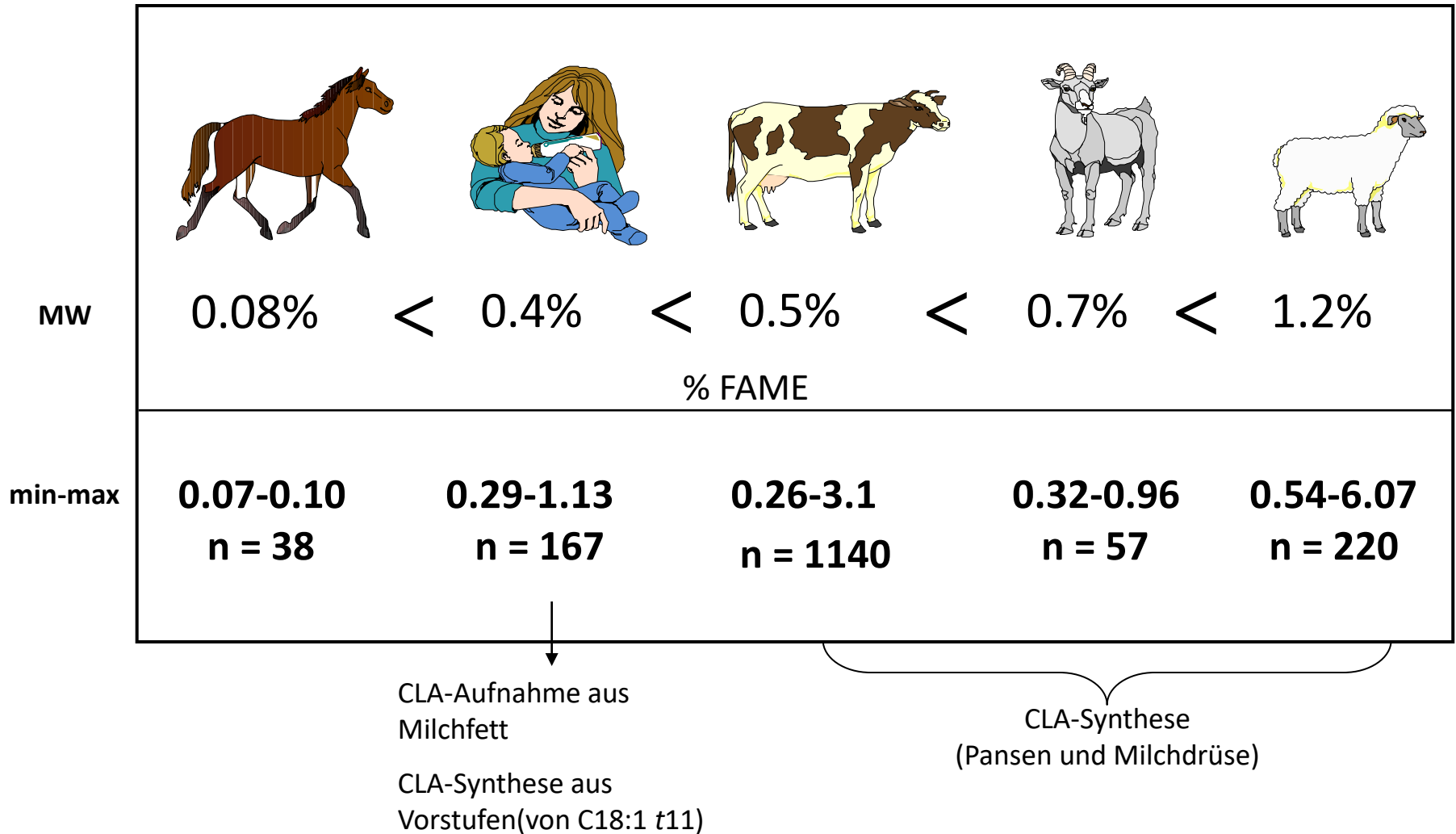
cis-9,*trans*-11 C18:2

ruminant-specific CLA;
naturally occurring

cis-9,*cis*-12 C18:2

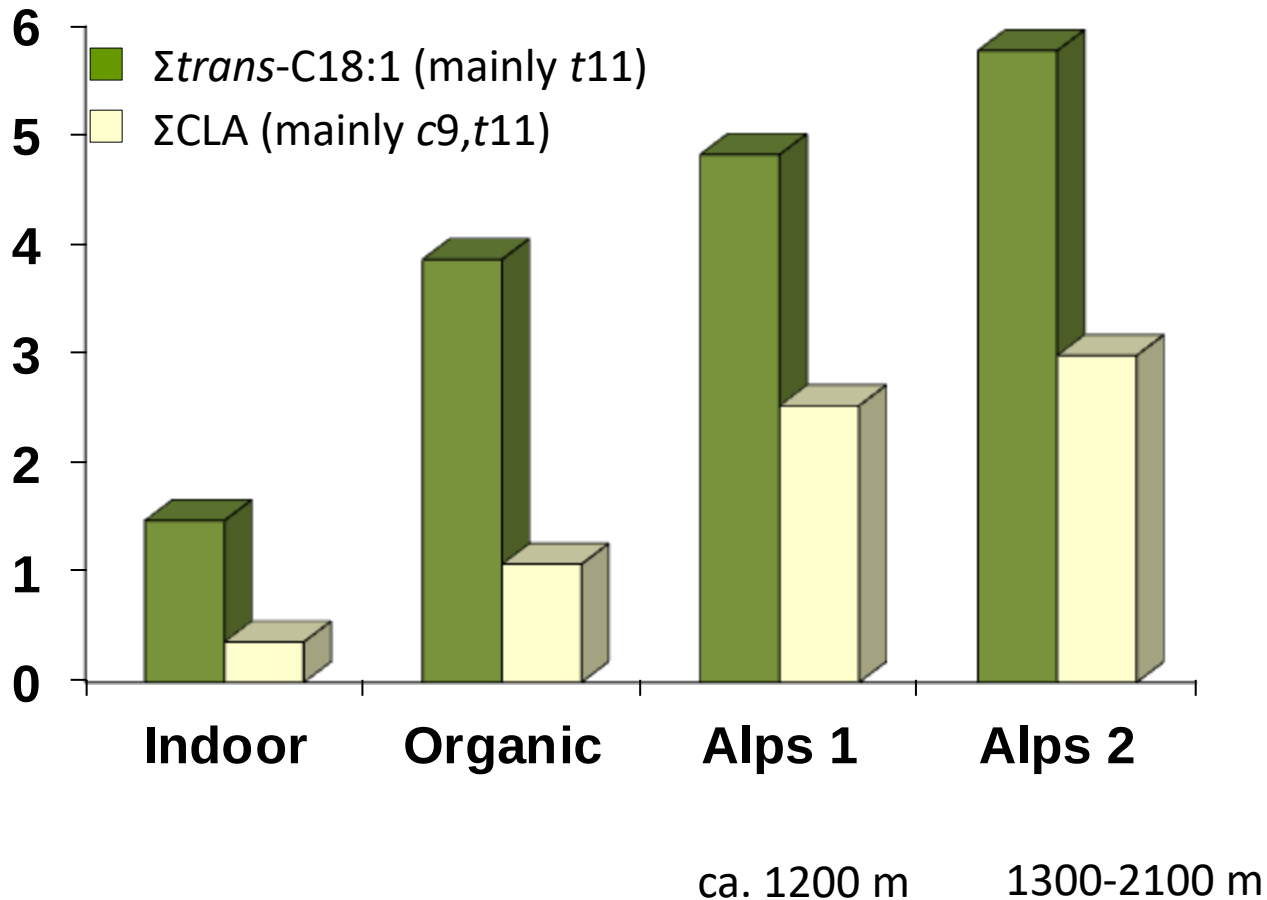
Linolsäure

CLA-Gehalt in der Milch verschiedener Spezies



Gehalt an *trans*-C18:1 und CLA in Abhängigkeit von der Tierfütterung

% FAME



Indikatoren für die MilCHFettaufnahme in der Muttermilch: *t*11 und *c*9,*t*11 CLA

KOALA birth study ($n = 312$ human milk samples; The Netherlands)

FA (% of FAME)	Milchfettaufnahme (g/d)			
	0-10	20-40	40-76	
<i>t</i>9 C18:1	0.64	0.52	0.49	
<i>t</i>10 C18:1	0.41	0.31	0.26	
<i>t</i>11 C18:1	0.43	0.52	0.59	
<i>c</i>9,<i>t</i>11 CLA	0.21	0.29	0.34	
<i>t</i>9/<i>t</i>11 index	1.59	1.08	0.91	
<i>t</i>10/<i>t</i>11 index	1.01	0.63	0.47	

Fettsäuren im maternalen Plasma and Erythrocyten in Abhängigkeit vom Milchverzehr: hoch (> 40 g/d) und niedrig (< 40 g/d).

		Milchfett verzehr	Plasma		Erythrocyten	
			maternal ¹⁾			
SFA	C15:0	high	0.30	#	0.31	#
		low	0.26		0.24	
	C17:0	high	0.26	#	0.38	
		low	0.23		0.36	
tFA	C18:1 t9	high	0.12		0.15	
		low	0.12		0.15	
	C18:1 t10	high	0.05		0.07	
		low	0.05		0.07	
	C18:1 t11	high	0.12	#	0.17	#
		low	0.09		0.13	
	total tFA	high	0.62	#	0.92	#
		low	0.56		0.78	
	t9/t11- index	high	1.07	#	0.91	#
		low	1.42		1.18	
CLA	c9,t11 CLA	high	0.25	##	0.15	#
		low	0.18		0.10	

Mutter → Fötus

trans-Fettsäuren ↓
EPA und DHA ↑

¹⁾ unpaired t-Test: ‡ P < 0.1; # P < 0.05; ## P < 0.01

```

graph TD
    VA1[Vaccenic acid] --> CLA1[cis9,trans11 CLA ↑]
    VA1 --> GLUT[GLUT 4 ↑  
PPAR γ ↑]
    CLA1 --> GLUT
    GLUT --> Cytokines[Cytokines ↓  
Inflammation ↓]
    Cytokines --> Athero[Atherogenesis ↓  
(prevention)]
    CLA1 --> HDL[HDL cholesterol ↑]
    HDL --> Athero
    CLA1 --> InsSec[Insulin secretion ↑]
    InsSec --> InsRes[Insulin resistance ↓  
(prevention)]
    CLA1 --> LiverFat1[Liver fat ↓  
Insulin sensitivity ↑]
    LiverFat1 --> InsRes
    CLA1 --> trans9[trans9 C16:1]
    trans9 --> InsRes
    trans9 --> LiverFat1
    VA2[Vaccenic acid] --> LiverFat2[Liver fat ↓  
Insulin sensitivity ↑]
    LiverFat2 --> InsRes
    CLA2[cis9,trans11 CLA ↑] --> InsSec
    CLA2 --> LiverFat3[Liver fat ↓  
Insulin sensitivity ↑]
    LiverFat3 --> InsRes
    CLA2 --> trans9
    trans9 --> InsRes
    trans9 --> LiverFat3
  
```

The diagram illustrates the mechanisms by which vaccenic acid and CLA improve insulin sensitivity and prevent atherogenesis. The flowchart shows the following pathways:

- Vaccenic acid** (grey box) leads to **cis9,trans11 CLA ↑** (grey box) and **GLUT 4 ↑** / **PPAR γ ↑** (white box).
- cis9,trans11 CLA ↑** leads to **GLUT 4 ↑** / **PPAR γ ↑**.
- GLUT 4 ↑** / **PPAR γ ↑** leads to **Cytokines ↓** / **Inflammation ↓** (white box).
- Cytokines ↓** / **Inflammation ↓** leads to **Atherogenesis ↓ (prevention)** (rounded white box).
- cis9,trans11 CLA ↑** leads to **HDL cholesterol ↑** (white box).
- HDL cholesterol ↑** leads to **Atherogenesis ↓ (prevention)**.
- cis9,trans11 CLA ↑** leads to **Insulin secretion ↑** (white box).
- Insulin secretion ↑** leads to **Insulin resistance ↓ (prevention)** (rounded white box).
- cis9,trans11 CLA ↑** leads to **Liver fat ↓** / **Insulin sensitivity ↑** (white box).
- Liver fat ↓** / **Insulin sensitivity ↑** leads to **Insulin resistance ↓ (prevention)**.
- cis9,trans11 CLA ↑** leads to **trans9 C16:1** (white box).
- trans9 C16:1** leads to **Insulin resistance ↓ (prevention)** (via a box with a question mark) and **Liver fat ↓** / **Insulin sensitivity ↑** (via a box with a question mark).
- Vaccenic acid** (bottom grey box) leads to **Liver fat ↓** / **Insulin sensitivity ↑**.
- Liver fat ↓** / **Insulin sensitivity ↑** leads to **Insulin resistance ↓ (prevention)**.
- cis9,trans11 CLA ↑** (bottom right grey box) leads to **Insulin secretion ↑** and **Liver fat ↓** / **Insulin sensitivity ↑**.
- Insulin secretion ↑** leads to **Insulin resistance ↓ (prevention)**.
- Liver fat ↓** / **Insulin sensitivity ↑** leads to **Insulin resistance ↓ (prevention)**.
- trans9 C16:1** (bottom left white box) leads to **Insulin resistance ↓ (prevention)** (via a box with a question mark) and **Liver fat ↓** / **Insulin sensitivity ↑** (via a box with a question mark).

Maasai Diät

Tägliche Nahrungsaufnahme (24-h recalls of Kenian Maasai; n=26)

Nahrung [g/d]	Mittel	
Kuhmilch	793	46 g dairy fat (78% of total fat)
Fermentierte Kuhmilch	67	
Ziegenmilch	3.2	
Ghee (Butterfett)	7.3	
Maisbrei (Ugali)	753	
Gemüse, Kartoffeln, Bohnen	216	
Fleisch,...	4.8	



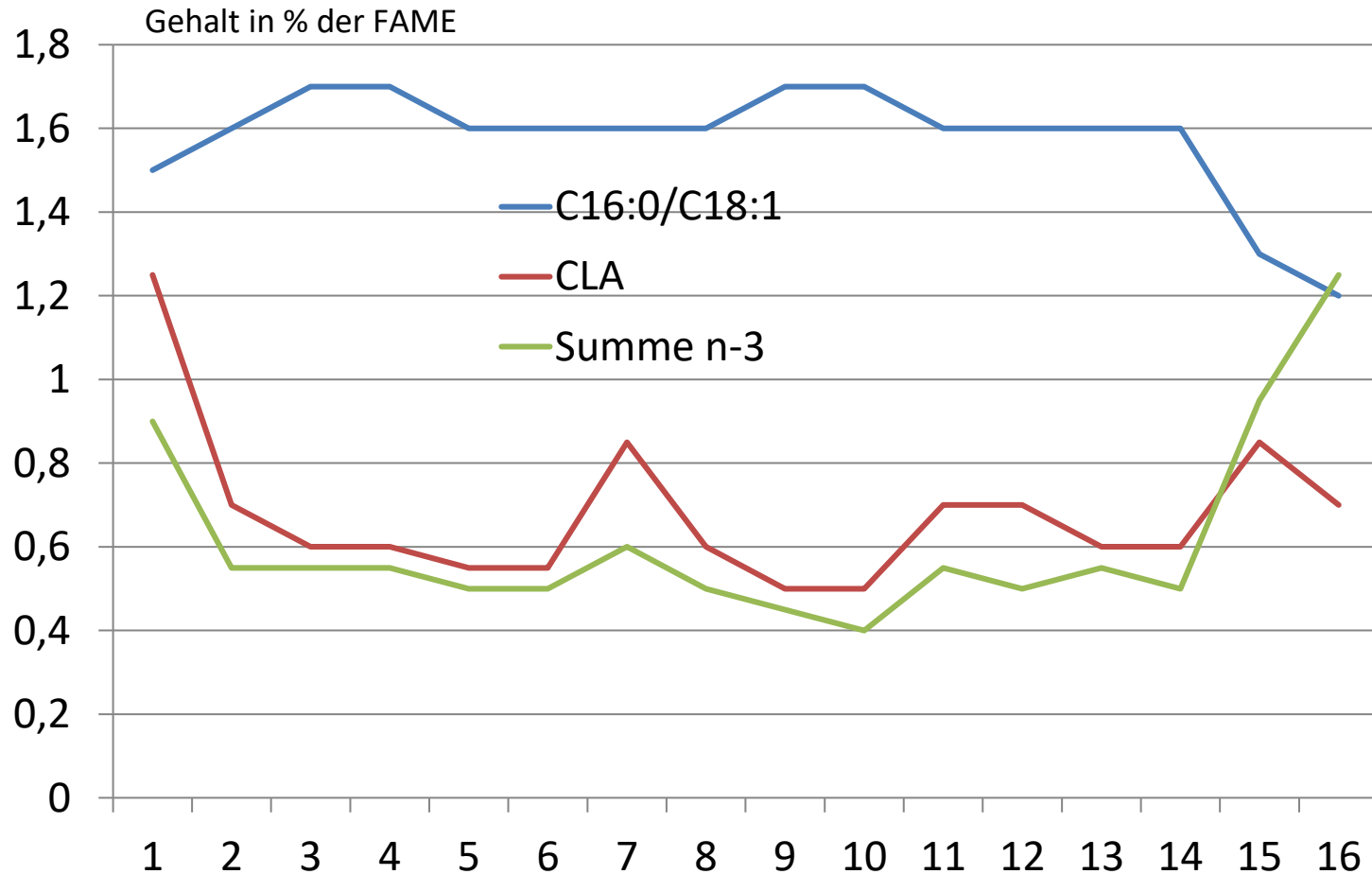
	Maasai (n=18)	Vergleichsgruppe (n=12) (8 Wo. kein MilCHFett)
Fett (En%)	30	30
SFA (% FAME)	64	30
Fett (g/d)	59	77
Milchfett (g/d)	46 (78% des Gesamtfettes)	0
SFA (g/d)	36	17
t9/t11 Index	0.12	2.25

FA-Verteilung in der Erythrocytenmembran: Vergleich zwischen hoher und niedriger Milchfettaufnahme

	Maasai (hoch)	Bulgarische Hirten	Vergleichsgruppe kein Milchfett
% FAME	n=18		n=12
Σ SFA	44.1	44.5	44.9
Σ MUFA	19.9		21.5
Σ PUFA	36.1		33.3
C14:0	0.4		0.3
C15:0	0.3	0.3	0.1
C16:0	28.2		30.3
C17:0	0.5	0.5	0.3
C18:0	11.8		12.1
C18:1c9; OA	17.1		18.0
C18:1 t9	0.1		0.2
C18:1 t11	0.3	0.5	0.1
t9/t11 Index	0.4	0.2	2.2
ΣCLA (c9,t11)	0.5	0.6	0.1

$P < 0.05^*$; $P < 0.01^{**}$ post hoc Student-Newman-Keuls

Marker für die Milchfettqualität (CLA, Summe der n-3-FA) sowie für die Härte des Milchfettes (Palmitinsäure/Ölsäure)



1 Berchtesgadener Frische

2 Weihenstephaner fr. Alpenm.

3 Rewe Frischmilch

4 ja Frischmilch

5 Milsana Frischmilch

6 Milbona Frischmilch

7 Sachsenmilch

8 Hansano Landmilch

9 Frischgold

10 Gutes Land

11 Bärenmarke Alpenfrisch

12 Weihenstephaner haltbar

13 Landliebe

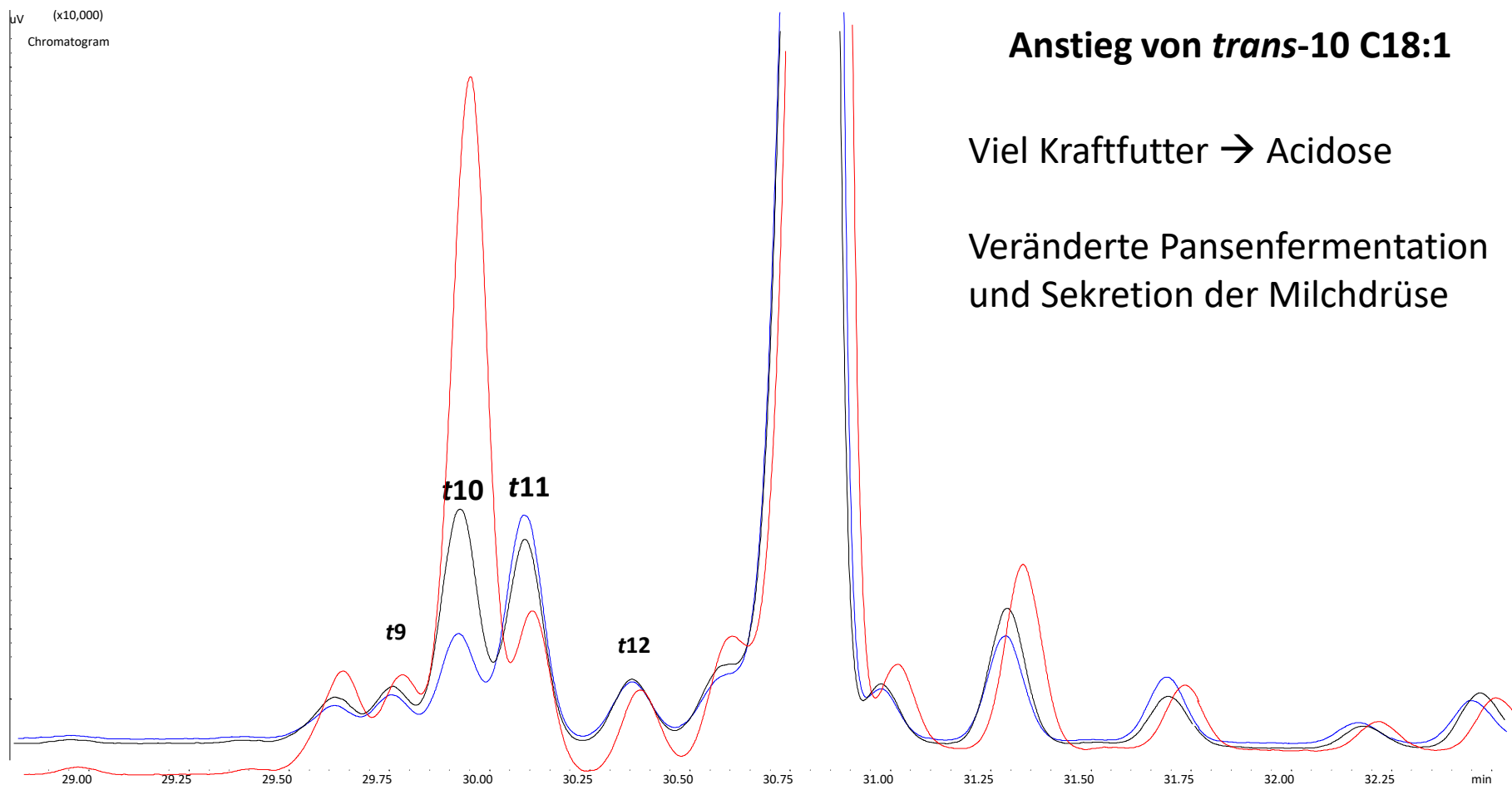
14 Bärenmarke haltbar

15 Edeka Bio

16 Andechser Ziegenmilch

***trans*-11- und *trans*-10 C18:1 im Milchfett (konventionell)**

GC 200 m column

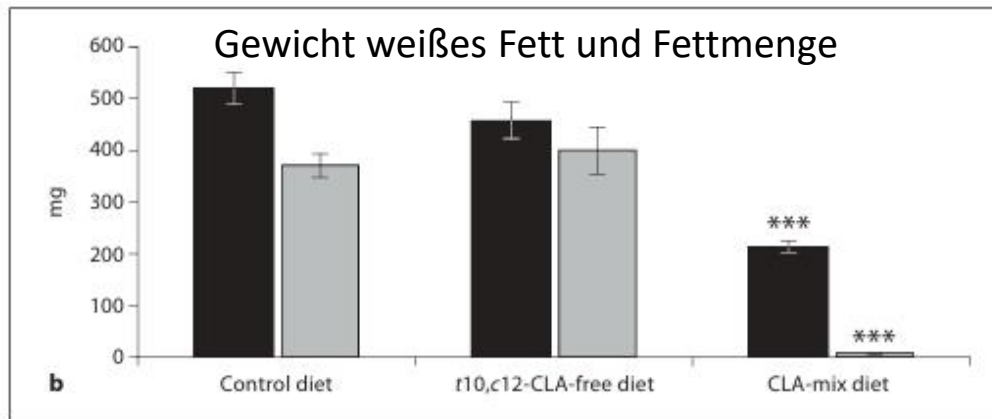
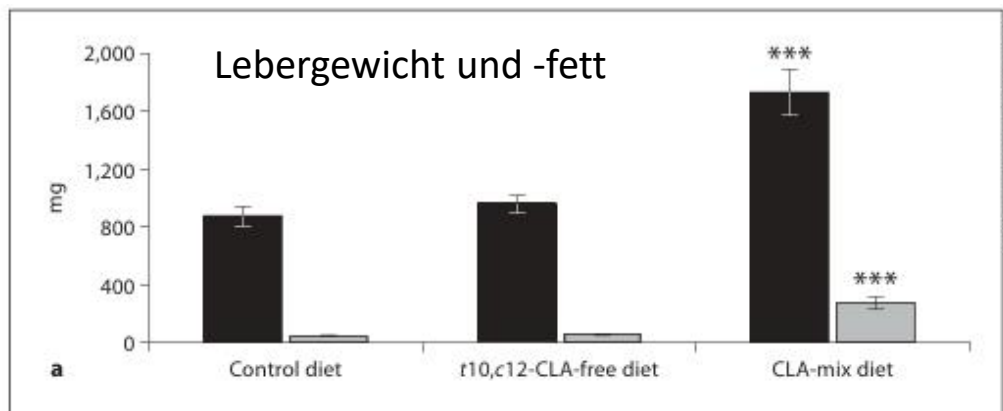


Thrombozyten *trans*-Fettsäuren in Relation zu angiographisch beurteilter Erkrankung der Koronararterien

Hodgson et al. 1996

Individuelle <i>t</i> FA	% FAME	<i>P</i>
<i>t</i> 9 16:1	0.22±0.04	0.12
<i>t</i>9 C18:1	0.39±0.17	0.03*
<i>t</i>10 C18:1	0.20±0.10	0.04*
<i>t</i> 11 C18:1	0.50±0.15	0.76
<i>t</i> 12 C18:1	0.30±0.11	0.06
<i>t</i> 9, <i>t</i> 12 C18:1	0.13±0.07	0.88

Unnatürliche Tierhaltung führt zur Bildung schädigender *trans*-Fettsäuren



t10,c12-CLA und Körperfettverteilung

Supplement 1 % im Futter:

1. *c9,t11-CLA*

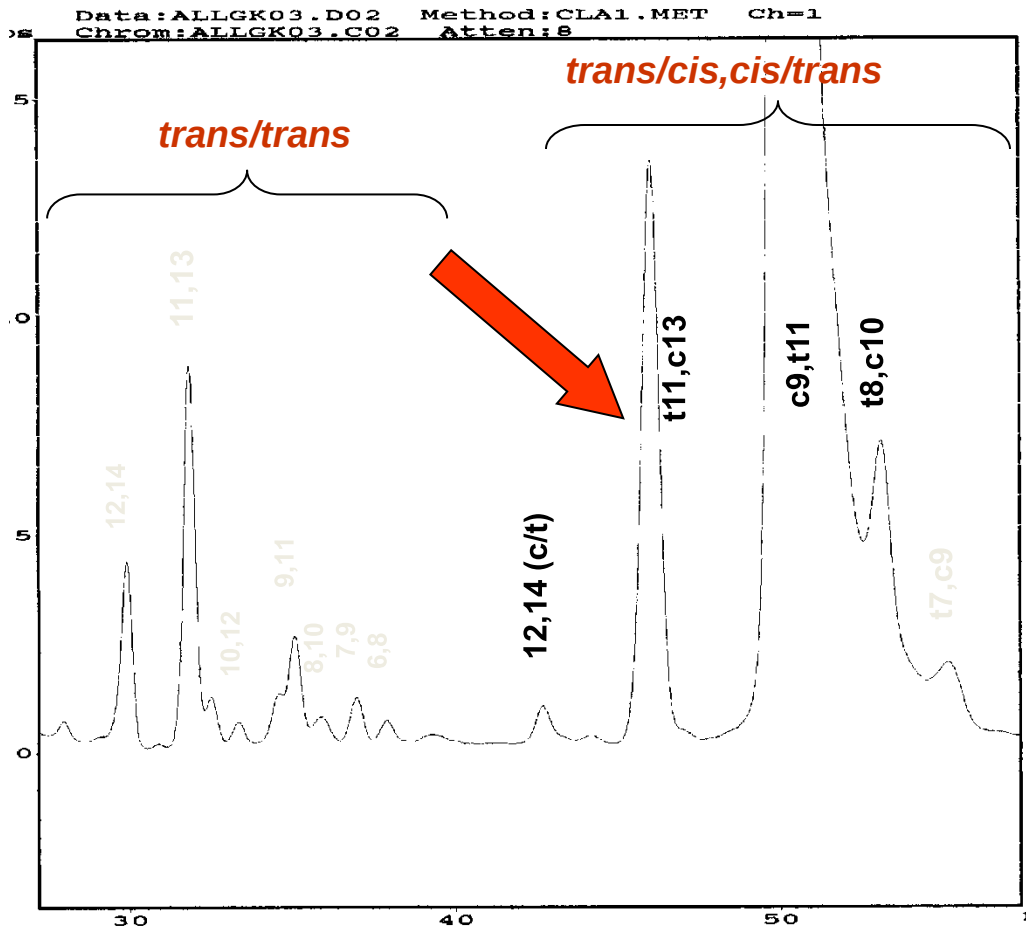
2. *c9,t11-CLA*:
t10,c12-CLA (1:1)

Ag⁺-HPLC-Chromatogramm Alpenkäse

Total FAME 100%

trans-9	0,18 %
trans-10	0,18 %
trans-11	3,20 %
trans-12	0,18 %
trans-13	0,48 %
trans-15	0,16 %
trans-16	0,27 %

Total CLA 2,19 %



trans/trans

12,14	0,83 %
11,13	1,81 %
10,12	0,30 %
9,11	0,78 %

cis, trans/trans, cis

12,14	0,27 %
11,13	4,23 %
10,12	n. d.
9,11	89,47 %
8,10	0,92 %
7,9	0,32 %

cis, cis 0,51 %

ORIGINAL PAPER

Inverse association of farm milk consumption with asthma and allergy in rural and suburban populations across Europe

M. Waser*, K. B. Michels[†], C. Bieli*, H. Flöistrup[§], G. Pershagen[§], E. von Mutius[¶], M. Ege[¶], J. Riedler^{||}, D. Schram-Bijkerk^{**}, B. Brunekreef^{**}, M. van Hage^{††}, R. Lauener^{‡‡}, C. Braun-Fahrländer* and the PARSIFAL Study team

Verzehr von Milchprodukten vermindert das Risiko für kindliches Asthma Rhinokonjunktivitis



Kinder vom Bauernhof sind geschützt (Pasture-study)

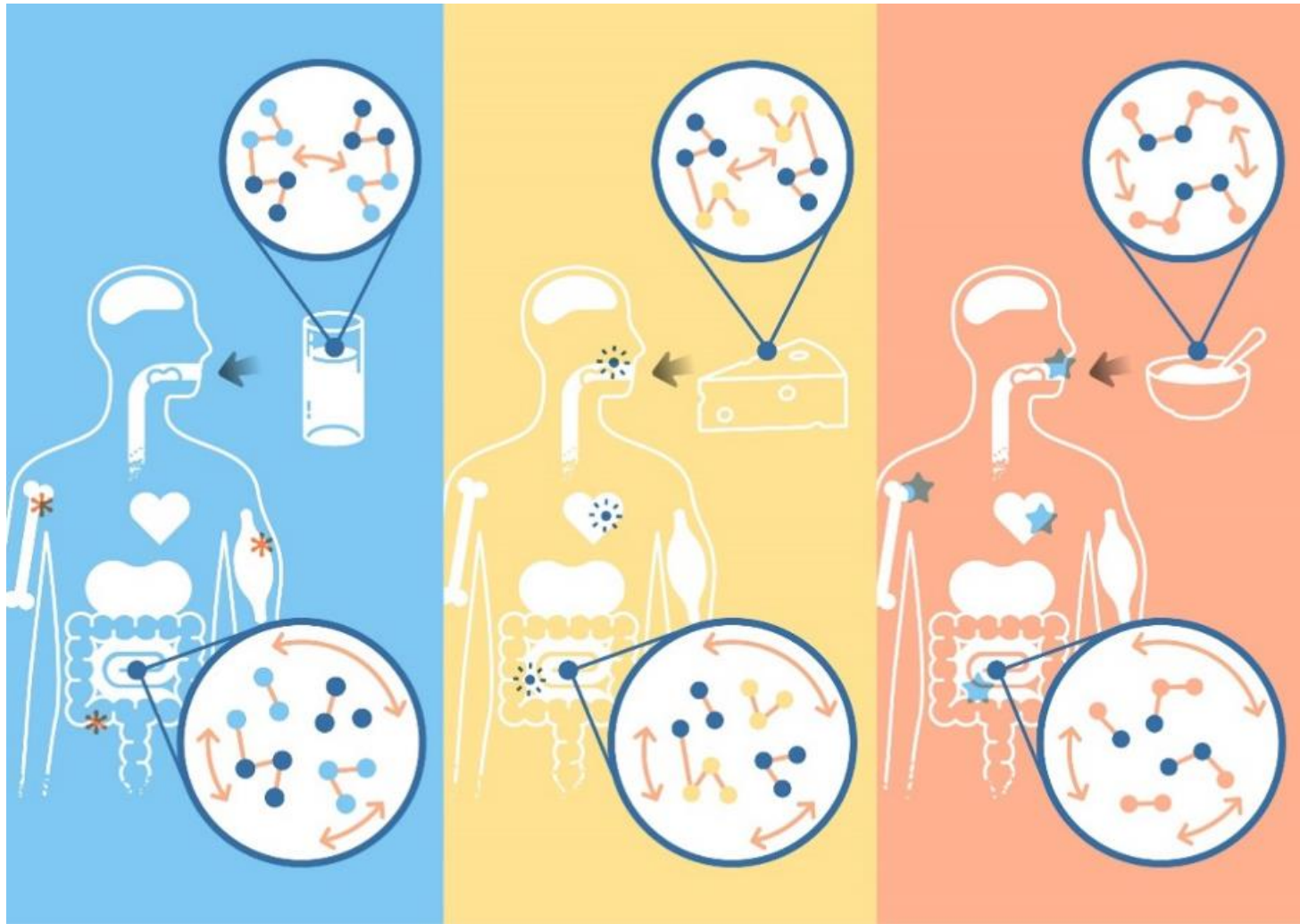
Milch c9,t11-CLA beeinflusst das Immunsystem

1. Milchverzehr bei Kindern mindert die Asthmaprävalenz
2. Cis-9,trans-11-CLA exerts anti-inflammatory effects in human bronchial epithelial cells. Jaudszus A. Biochim Biophys Acta. 2005 Dec 15;1737(2-3):111-8
3. Mäuseexperiment: Atemwegsreaktivität bei CLA geringer bei ansteig. Konz. an Methacholin. Jaudszus A, J Nutr. 2008 Jul;138(7):1336-42.
4. Auch Vaccensäure reduziert Zytokin-Production, d. h. hat anti-inflammat. Wirkung in Th-Zellen ist unabhängig von c9,t11-CLA (Jaudszus et al. Biochim Biophysica Acta 1821, 2012, 1316–1322)



➡ Milch **c9,t11 CLA und VA**: Reduktion von Symptomen der allergischen Inflammation (neben der Mikrobenthypothese)

Einfluss der Milchmatrix auf die Gesundheit



Die Matrix beeinflusst den Verdauungsprozess und die Nährstoffaufnahme und hat damit **unterschiedliche gesundheitliche Effekte** (Mulet-Cabero AI et al.: The Dairy Matrix: Its Importance, Definition, and Curr. Appli. in the Context of Nutrition and Health, Nutrients 2024) Käse-Fett gleich Butter, LDL↓, Protein, Fettmembran, Fermentation

Schlussfolgerung: Milch ist nicht gleich Milch!

Fettsäurenprofil abhängig von Fütterung	↓SFA
→Weide, Kräuter, Ölkuchen	→ ↑MUFA (OA) & ↑PUFA (ALA)
→Gebirgsweide	↑ <i>t</i> 11 C18:1 & ↑CLA (<i>c</i> 9, <i>t</i> 11 & <i>t</i> 11, <i>c</i> 13)

Marker der Milchfettaufnahme: C15:0; C17:0, *t*11 and *c*9,*t*11 CLA
und niedriger ***t*9/*t*11 Index** (<1) in der menschl. Erythrozytenmembran)

Spezifische Fettkomponenten der Milch

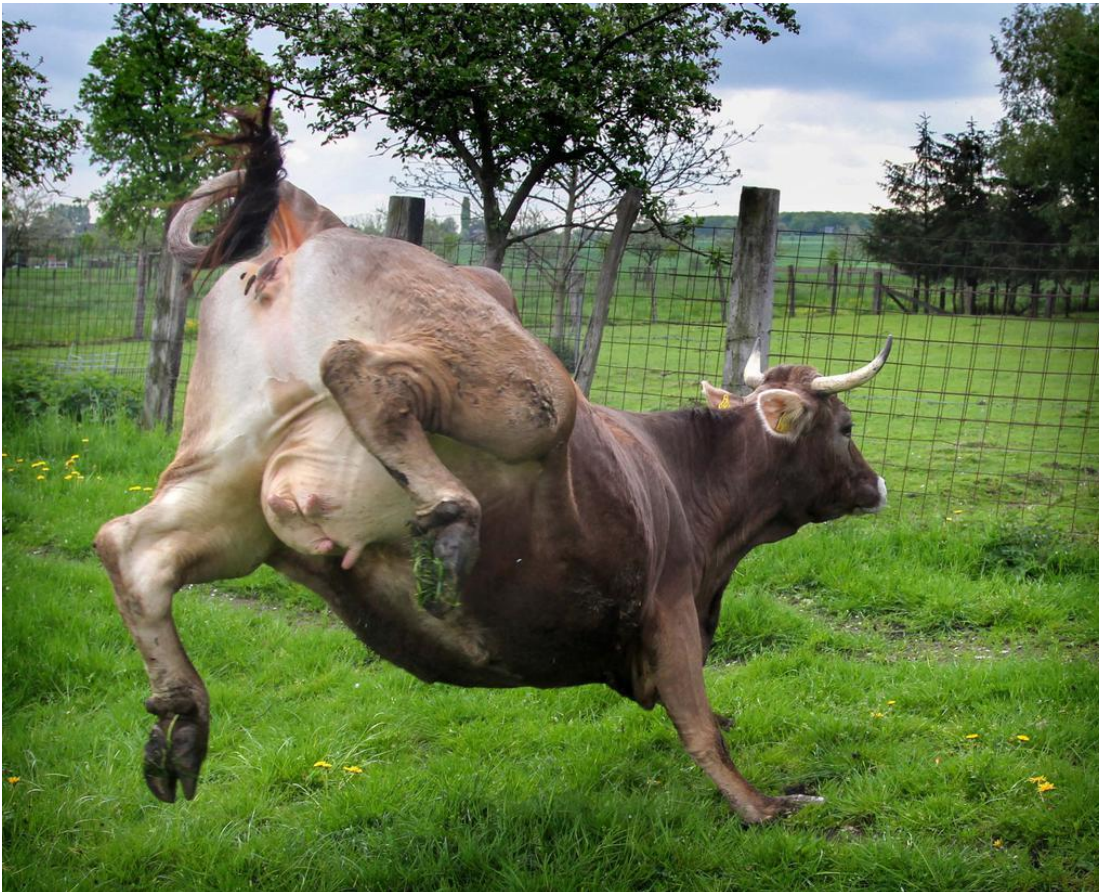
- kurz- und mittelkettige FS,
- konjugierte Linolsäuren,
- ungeradzahlige und verzweigtkettige FS,
- Verhältnis von omega-6- zu omega-3-Fettsäuren ist optimal

Mipro-Aufnahme und Milchfett

- **Fazit:** eher inverse Assoziation zwischen Mipro-Verzehr und KHK
(Rice et al. Nutr Rev 71, 2013, 209-223, Kiesswetter, E et al: Advances Nutr. 14, 2023, 438-450, Kiesswetter, E et al: Advances Nutr. 14, 2023, 438-450)
- **Käsefett keinen neg. Effect auf Cholesterol, günstiger als Butter (Matrix!):** Hjerpsted, J, Tholstrup, T Cr Rev Fn Nutr. 56:1389-1403,2016 Protein Fermentation
- **Milchfett enthält bioaktive Komponenten Krankheitsprävention, wie z. B. Vaccensäure, c9,t11-CLA, Sphingolipide** (Atopische Dermatitis), **Buttersäure...**
- **Vaccensäure und c9,t11-CLA präventiv bei Asthma und Heuschnupfen** (Jaudszus A, J Nutr. 2008 Jul;138(7):1336-42)
- **Verzehr von 2 Portionen Mipro/d empfohlen (anstelle von fettreichen sollte der Verzehr von zuckerreichen Mipro limitiert werden)** (Ludwig und Willett JAMA Pediatr 2013)

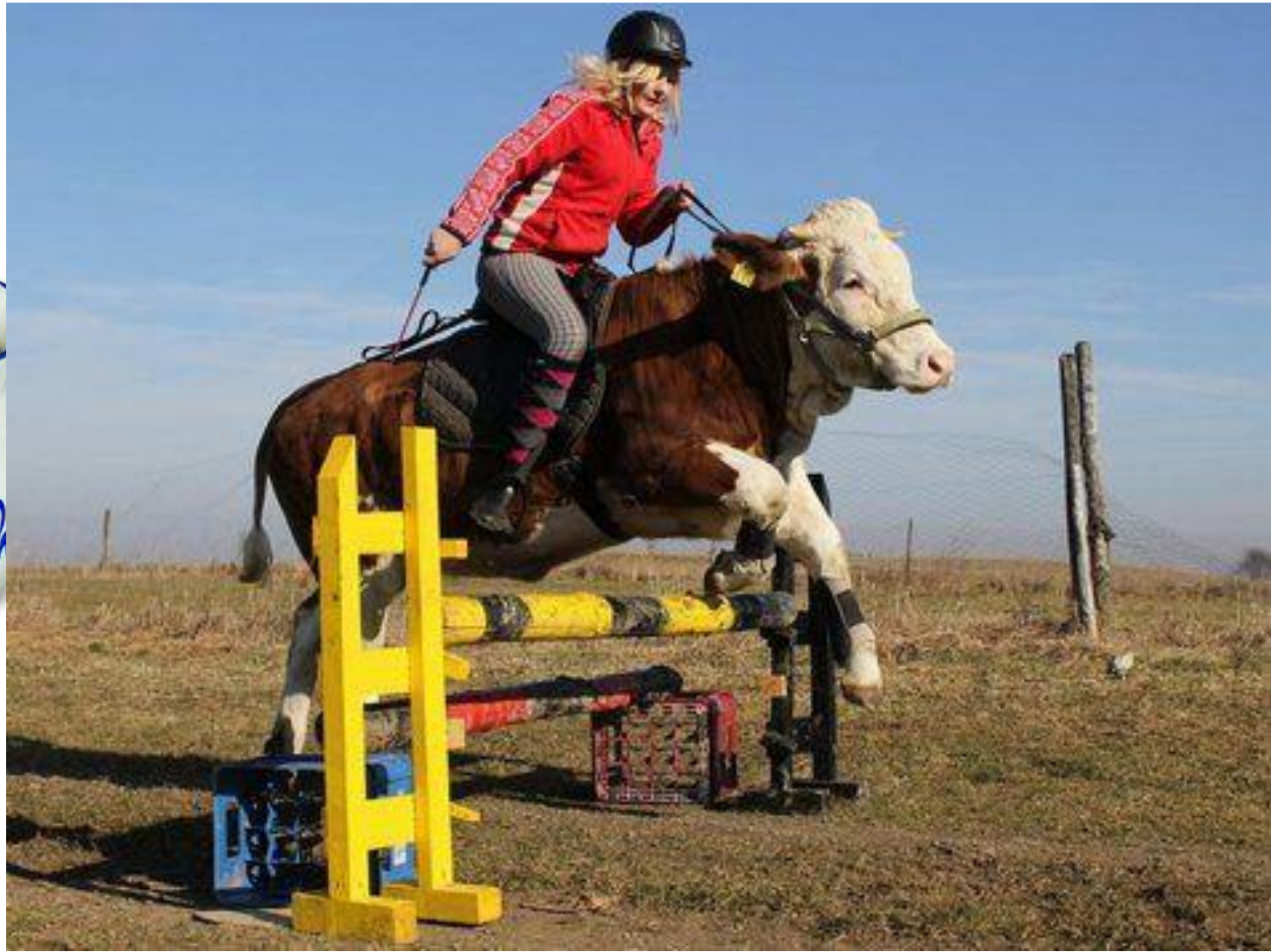
Milchprodukte: je roher desto gesünder?

- Je bio, desto gesünder (ernährungsphys. „Qualität“ der Mipro vor Masse!)
- Teilweise spielt auch die Frische eine Rolle (probio. Bakterien, Membranstrukturen)



**Milch von
glücklichen Kühen**

Danke für Ihre Aufmerksamkeit



Nährstofflieferant Mipro

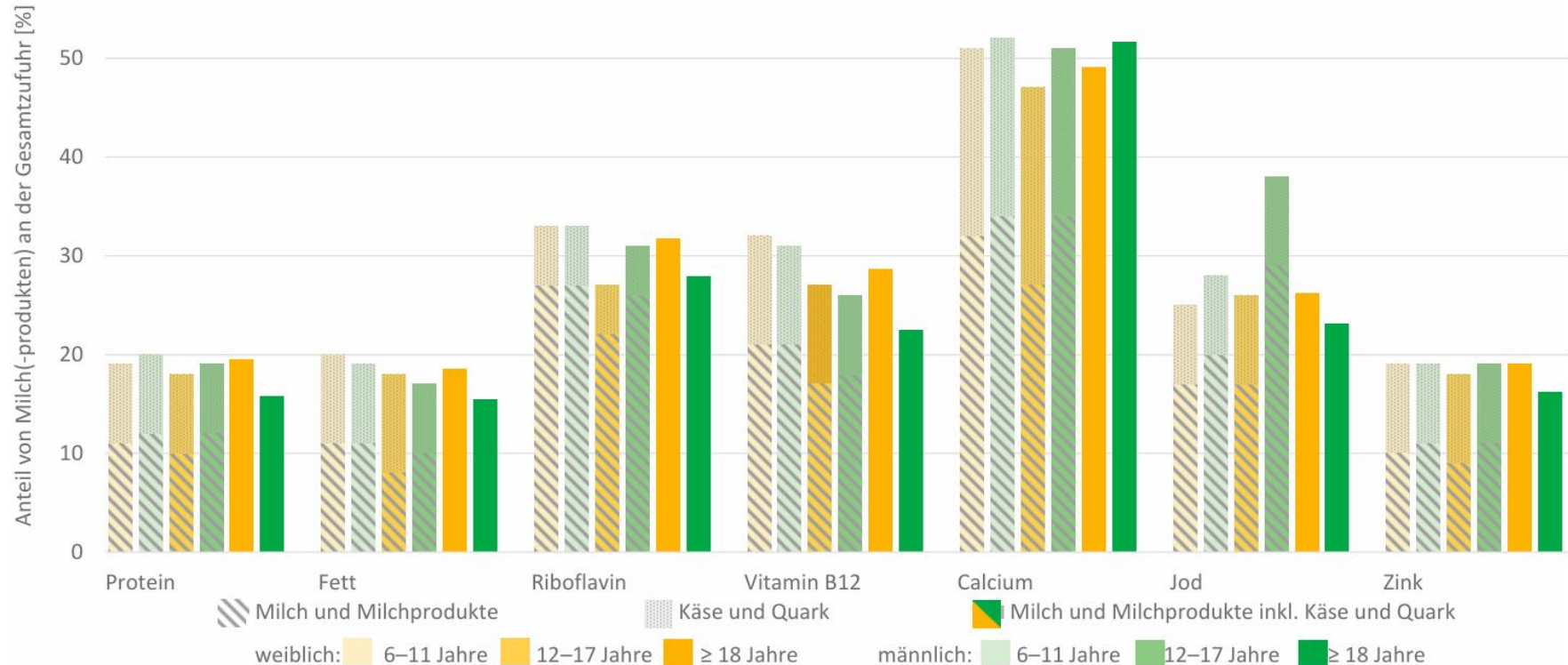


Abb. 1: Anteil von Milch(-produkten) an der Gesamtzufuhr von ausgewählten Nährstoffen in Deutschland
 Daten Kinder: EsKiMo II; Milch und Milchprodukte (z. B.: Joghurt, Buttermilch, Kefir, Dickmilch, Molke, Kondensmilch und Sahne), Käse und Quark; n = 2644 [1]
 Daten Erwachsene: NVS II; Frauen und Männer 15–80 Jahre; Milch und Milchprodukte inkl. Joghurt, (saure) Sahne, Schmand, Buttermilch, Kefir, Molke, Käse, Quark; exkl. Butter; n = 13753 [2]

Einfach, zweifach und dreifach ungesättigte *trans*-Fettsäuren in Milch und Margarine

Monoenic acids	Dienoic acids	Trienoic acids
<i>t</i> 7 C16:1 <i>t</i> 7 palmitoleic acid	<i>t</i> 7, <i>c</i> 9 C18:2 CLA ^a	<i>c</i> 9, <i>t</i> 11, <i>c</i> 15 C18:3 CLnA ^b
<i>t</i> 9 C16:1 <i>t</i> 9 palmitoleic acid	<i>c</i> 9, <i>t</i> 11 C18:2 CLA, rumenic acid	<i>c</i> 9, <i>t</i> 11, <i>t</i> 15 C18:3 CLnA ^b
<i>t</i> 4, <i>t</i> 5, <i>t</i> 6, <i>t</i> 7, <i>t</i> 8 C18:1 Octadecenoic acid	<i>t</i> 10, <i>c</i> 12 C18:2 CLA	<i>c</i> 9, <i>t</i> 11, <i>t</i> 13-18:3 α -Eleostearic acid ^c (tung tree)
<i>t</i> 9 C18:1 Elaidic acid	<i>t</i> 11, <i>c</i> 13 C18:2 CLA	<i>t</i> 9, <i>t</i> 11, <i>c</i> 13-18:3 Catalpic acid ^c (catalpa species)
<i>t</i> 10 C18:1 Octadecenoic acid	<i>t</i> 11, <i>t</i> 13 C18:2 CLA	<i>c</i> 9, <i>t</i> 11, <i>c</i> 13-18:3 Punicic acid ^c (pomegranate)
<i>t</i> 11 C18:1 Vaccenic acid	<i>t</i> 9, <i>t</i> 12 C18:2 Linoelaidic acid	<i>t</i> 8, <i>t</i> 10, <i>c</i> 12-18:3 α -Calendic acid (pot marigold)
<i>t</i> 12, <i>t</i> 13, <i>t</i> 14, <i>t</i> 15, <i>t</i> 16 Octadecenoic acid		<i>t</i> 9, <i>t</i> 12, <i>t</i> 15 C18:3 <i>trans</i> -Linolenic acid

trans-11,*cis*-13

ein Marker für Gebirgsmilch xxx

Table 4.4 Distribution of selected CLA isomers and sums of isomer groups in two different milk lipids (g/100g of total CLA) (Degen et al., 2011).

CLA isomer	Milk fat, conventional	Milk fat, Alpine
	Mean $\pm$ SD	Mean $\pm$ SD
<i>t</i> 11, <i>t</i> 13	4.19 $\pm$ 0.09	1.86 $\pm$ 0.05
<i>t</i> 9, <i>t</i> 11	2.68 $\pm$ 0.24	0.54 $\pm$ 0.03
Sum <i>trans,trans</i>	12.18 $\pm$ 0.24	3.84 $\pm$ 0.07
<i>t</i> 7, <i>c</i> 9	8.97 $\pm$ 0.28	2.64 $\pm$ 0.23
<i>c</i> 9, <i>t</i> 11	74.46 $\pm$ 0.59	84.57 $\pm$ 0.19
<i>t</i> 11, <i>c</i> 13	1.51 $\pm$ 0.15	7.88 $\pm$ 0.02
Sum <i>cis,trans/trans,cis</i>	86.90 $\pm$ 0.25	95.99 $\pm$ 0.02

Sphigomyelin und Gesundheit

- Sowohl Normalmilch als auch SM-angereicherte Milch verbesserten den SCORAD bei Atopischer Dermatitis signifikant (von 15 auf ca. 10)
- Nur SM-angereicherte Milch verminderte LDL-C signifikant