



ITF-Milk Projekt



DIE REGIERUNG  
DES GROSSHERZOGTUMS LUXEMBURG  
Ministerium für Landwirtschaft, Weinbau  
und ländliche Entwicklung

# Beim Milchgeschmack geht es um die Feinzusammensetzung der Milch

Das Anfang 2020 gestartete EIP-Projekt ITF-Milk hat sich zum Ziel gesetzt, den freien Anteil von Fettsäuren differenziert spektral nachweisen zu können und mit anschließender large scale Anwendung der Vorhersagegleichungen relevante Einflussfaktoren auf Geschmack und Aroma von Kuhmilch in der Praxis ausfindig zu machen. Hier nun der Überblick zum aktuellen Stand.



Romain Reding

## Entwicklungen im Bereich Spektraltechnik

Im Bereich Referenzanalysen und Spektralmodellierung beschäftigte sich das Projektkonsortium 2021 hauptsächlich damit, über künstlich erzeugte mechanische Belastung von Milch die Werte an freien Fettsäuren in den Referenzproben zu erhöhen, um im Endeffekt mathematische Vorteile bei der Spektralmodellierung zu erreichen. Es waren hauptsächlich aus planerischer und umsetzungstechnischer Sicht relativ aufwendige Testserien. Mit den verschiedenen Manipulationen wie starkes Schütteln mit Laborgeräten vom Typ Vortex, Erhitzen, Belüften mit Luft und gasförmigem Stickstoff, Mixen und Behandlung mit Ultraschall Wellen konnte insbesondere bei den kurzkettigen, auch flüchtigen Fettsäuren genannt, und den mittellangen Fettsäuren eine bis zu 50%ige Erhöhung der Werte erreicht werden.

Weiterhin wurde über direkte chemische Methoden nachgedacht, so z.B. über ein direktes Zumischen von angepassten Mengen an freien Fettsäuren in die Milch oder über einen über künstlichen Weg eingeleiteten Verseifungsprozess mit dem Ziel, die molekulare Triglyceridform chemisch zu sprengen. Wenn man ein Fett mit einem Alkali erhitzt und das Reaktionsgemisch ansäuert, erhält man Glycerin und ein Gemisch aus freien Fettsäuren. Das Problem bei diesen Ansätzen besteht darin, dass man von einem direkten Einfluss auf das

Spektralbild ausgehen kann und dies dann ebenfalls einen ungünstigen Einfluss auf die Modellentwicklung haben wird. Welcher Effekt hier nun prädominant überkompensiert wäre aber an sich alleine schon eine Sonderuntersuchung wert.

Man sieht also, dass es hier tiefgründig um die Feinzusammensetzung der Milch geht. Denn im Endeffekt darf man nicht vergessen, dass Kuhmilch eine Trockensubstanz von ca. 13 % hat, die sich zu 4 % aus Fett, 3,4 % aus Proteinen, 4,8 % aus Laktose und 0,7 % aus Asche zusammensetzt. Der natürlich vorkommende freie Anteil der Fettsäuren liegt bei nur ca. 1-3 % der Fettmenge und ist insgesamt also nur ein sehr kleiner Teil der Trockensubstanz.

Zur aktuellen Projektphase wurde nun beschlossen, von den direkt chemischen Ansätzen abzusehen und sich weiter auf

mechanische Methoden im Zusammenspiel mit den verschiedenen Fettsäuregruppen zu konzentrieren. Die drei am häufigsten angewendeten Gruppierungen basieren dabei auf dem biochemischen Ursprung der Fettsäuren, dem Sättigungsgrad der Fettsäuren (Anzahl Doppel- oder Mehrfachbindungen) und der Länge der Kohlenstoffstrukturen. Zum einen kann man durch den Ansatz mit den Summen das Problem der häufig nicht überschrittenen Detektionsgrenze vom Laborgerät elegant umgehen und zum anderen kann durch Addition und Subtraktion aller möglichen mathematische Kombinationen zwischen den verschiedenen Gruppen sogar teils wieder bis auf die Einzelwerte zurückgerechnet werden.

### Gruppierung von Fettsäuren nach biochemischem Ursprung

Vor allem die Gruppeneinteilung zum biochemischen Ursprung der Fettsäuren gilt ebenfalls als einer der Hauptansatzpunkte zu praktischen Beratungen im Bereich Fettsäuren, und zwar unabhängig davon, ob nun frei oder nicht frei gebunden. Man unterscheidet in dieser Gruppe zwischen vier weiteren Untergruppen, den «de novo» (C:4 bis C:14) synthetisierten, den «vorgebildeten» (C:15, C:17, C:18, C18\_1, C18\_2, C18\_3), den «gemischten» (C16, C16\_1,) und den «polyungesättigt-verzweigten» (iso, ante-iso) Fettsäuren (Abbildung 1).

Die «de novo» Fettsäuren spiegeln die Gesundheit des Pansens wieder und daher sollte stets der erste Blick auf diese Gruppe gerichtet sein. Diese kurzkettigen Fettsäuren werden in der Milchdrüse aus Butyrat und Acetat synthetisiert, welche durch Pansenfermentation entstehen und über das Blut zum Euter transportiert werden. Ein hohes Niveau an «de novo» kann z.B. wegen der bestätigten guten Pansengesundheit ein Hinweis darauf sein, dass in der Situation mehr Milch durch etwas «pushen» durchaus möglich ist.

Die vorgebildeten, langkettigen Fettsäuren werden nicht direkt im Euter gebildet, sondern stammen aus dem Körperfettabbau (vor allem zu Laktationsbeginn wichtig) bzw. werden direkt aus dem Futter aufgenommen und geben über den Weg eine Information über die aufgenommene Gesamt-TS und über das generelle aufgenommene Fettsäureniveau.

Die gemischten Fettsäuren (exklusiv C:16) stammen zu 50 % direkt aus dem Euter und zu 50 % aus Fütterung und Körperfettreserven.

Sie sind beispielsweise ein sehr guter Indikator für Palmölsuren in der Ration.

Die polyungesättigt-verzweigten Fettsäuren spielen im ITF-Projekt direkt keine Rolle, sind aber beispielsweise im EMR Fettsäurepool (european milk recording) nicht nur durch Zufall vorhanden. Praktisch alle Grund- und Kraftfutterkomponenten enthalten solche Fettsäuren, die allerdings neben den wertvollen Molekülstrukturen wie beispielsweise OMEGA 3 auch antimikrobielle Eigenschaften haben und daher bei ungünstigen Konzentrationen giftig für den Kuhpannen sind. In einer normalen Situation werden diese Fettsäuren durch Biohydrierung in gesättigte Fettsäuren umgebaut und sind dann so gerade noch auf einem normalen Niveau nachweisbar. Wenn Sie allerdings ohne gleichzeitige Rationsänderung z.B. ansteigen, dann ist das ein Hinweis auf eine Verschlechterung der Pansenfunktion und kann z.B. als Azidose interpretiert werden.

Untersuchungen auf internationalem Level zeigen immer wieder, dass es recht schwierig ist, ideale numerische Schwellenwerte für eine bestimmte Art von Fettsäuren anzugeben, was aber wohl für den Fall vom ITF-Milk Projekt nur bedingt gültig bleibt. Im Bereich der Beratung sind generell vor allem Herden- oder Tankwerte interessant, auf Entwicklungsniveau wegen der größeren Variabilität natürlich eher die Einzelkuhwerte. Die Werte für eine Herde hängen insbesondere von der Rasse der Kühe, der Fütterung, dem Produktionsniveau, der Jahreszeit und vielen weiteren generelleren Faktoren wie Herdenmanagement oder Umwelt ab. Daher erscheinen Vergleiche auf ähnlichem Herdenniveau, gruppiert nach Fettgehalt und Leistung oder geographisch zugeordneten Mittelwerten und vor allem Beobachtungen im Zeitverlauf die weitaus nützlichsten Instrumente. Auf jeden Fall sollte im Bereich Fettsäuren, unabhängig davon ob man vom freien oder nicht freien Anteil berichtet, idealerweise zumindest eine Einheit in Relation zum Gesamtfettgehalt (z.B. pro 100 g Fett was ca. 2 Liter Milch entspricht) gewählt werden, um so den natürlich vorkommenden Schwankungen beim Fettgehalt von vorne herein Rechnung zu tragen. Hierauf aufbauend müssen die Konzentrationen vom freien Anteil dann beispielsweise in zusätzlichen Klassen dargestellt werden, denn es ist ja schon des längeren bekannt, dass die Konzentrationen vom freien Anteil nicht direkt mit dem absoluten Fettgehalt korrelieren und ein durch freie Fettsäuren bedingter schlechter Milchgeschmack also schon durchaus direkt mit Grenz- oder Richtwerten in Verbindung gebracht werden kann beziehungsweise gebracht werden muss.

**Abb. 1:** Gruppierungsklassen der Fettsäuren in der Milch nach biochemischen Eigenschaften und Herkunft, Länge der Kohlenstoffketten sowie dem Verzweigungsgrad der Kohlenstoffketten

de novo						prefo.	mixed			preformed						
SAFA							MUFA			SAFA	MUFA	PUFA	SAFA			
SCFA		MCFA				LCFA						VLCFA				
C4	C6	C8	C10	C12	C14	C15	C16	C16:1	C17	C18	C18:1	C18:2	C18:3	C20	C22	C24
<p>Kürzel: (short-chain fatty acids (SCFA, C4:0 - C6:0); medium-chain fatty acids (MCFA ; C8:0 - C15:1); long-chain fatty acids (LCFA ; C16:0 - C18:3); very long chain fatty acids (VLCFA, mehr als 19 Kohlenstoffatome); saturated fatty acids (SAFA); monounsaturated fatty acids (MUFA); polyunsaturated fatty acids (PUFA); unsaturated fatty acids (INSAT); de novo = Synthese in der Milchdrüse; preformed = Synthese aus Futter und Körperfettabbau; mixed = Synthese in der Milchdrüse und aus Futter)</p>																

**Tab. 1:** Kriterienliste zur technischen Bewertung vom maschinellen Milchentzug im Rahmen vom ITF-Milk Projekt

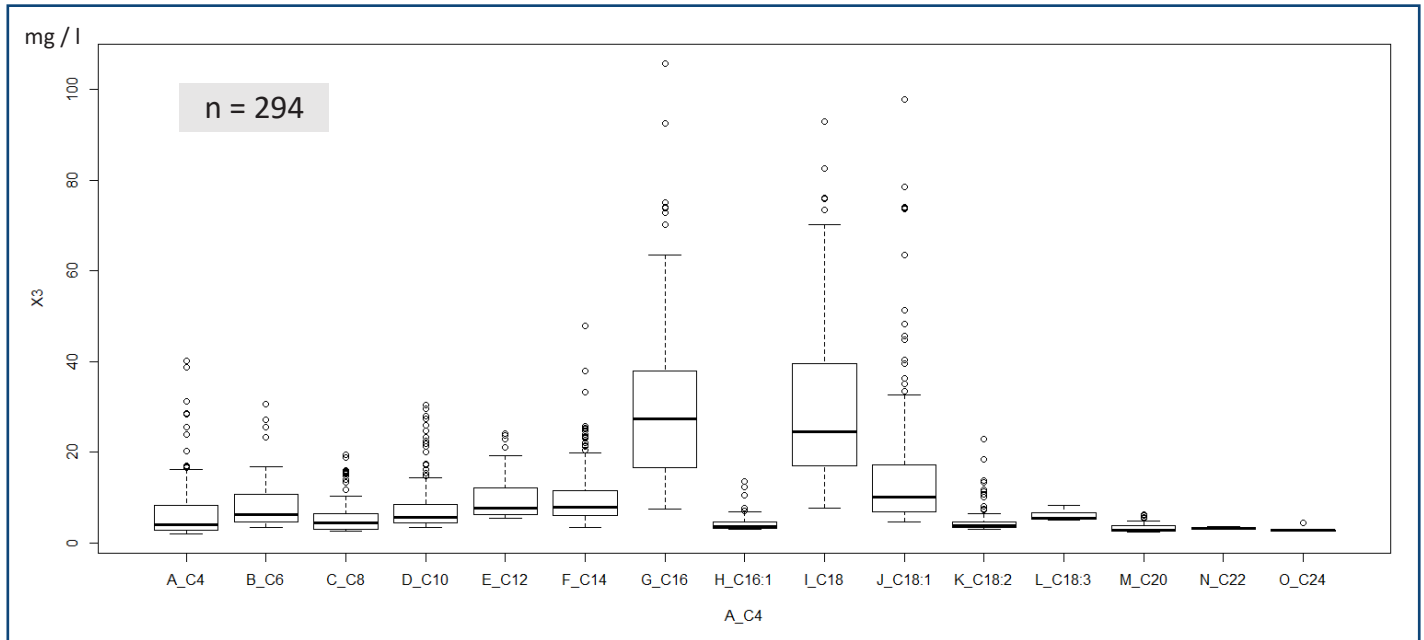
1	Melksystem Bauform	Fischgräte, Side by Side, Autotandem, Karrussel, SwingOver, Melkroboter, Roboteranzahl, Marke, Type, Baujahr, Plätze	
2	Teilautomatisiertes Melken	Milchflußanzeiger, Abschaltautomat, Abnahmeautomat, Milchflußsteuerung	
3	Vakuumpumpe	Kolbenpumpe (selten), Rotationspumpe (selten), Vielzellenpumpe (klassisch), Wasserringpumpe (neuartig), Anlagenleistung (l/min), Leistung pro Melkeinheit (l/min), Stichleitung, Ringleitung, Robotervakuumpumpe	
4	Luftleitung	Stichleitung, Ringleitung, effektiver Durchmesser, Abweichung zum Normdurchmesser, Distanz Vakuumpumpe Melkstand	
5	Melkleitung	Sammelbehälter im Melkstand, Transportpumpe, hohe, halbhohe oder tief verlegte Melkleitung, Distanz zwischen Melkstand/Roboter und Milchtank, Durchmesser Melkleitung, Abweichung zum Normdurchmesser, überwundene Höhenmeter auf Transportstrecke, Anzahl Kurven	
6	Pulsation	Antrieb	pneumatisch, elektronisch
		Pulsierung	Gleichtakt, Wechseltakt
		Steuerung	Einzelsteuerung (z.B. Doppelpulsation), Zentralsteuerung (Zentralpulsation)
		Sonstiges	exklusive Melkpulsation, zusätzliche Stimulationspulsation, milchflussgesteuerte Pulsation
7	Vakuumregelventil	federbelastetes, gewichtsbelastete, servogesteuert (elektronisch mit Sensor) Vakuumventile, leistungs-gesteuerte Vakuumpumpe (Sensor mit Frequenzumrichter)	
8	Kühlung	direkte Kühlung, indirekte Kühlung (Robotertank), Puffertank, Zeitbedarf bis 4°C Kühlung	
9	Tank	Einpaddel, Mehrpaddel, Innentank, Außentank. Volumen, Bauform (eckig, rund, oval), Durchmesser Milcheinlaufrohr, Durchmesser Milchauslauf	
10	Reinigung	Vorspülen (kaltes Wasser), Temperaturniveau Hauptspülung [30-40°C] [55-60°C] [>95°C], Dauer Hauptspülung, Nachspülung (kaltes Wasser)	
11	Reinigungsmittel	Pulver, flüssig, sauer, alkalisch, sauer-alkalisch, Aktivchlor, Wasserstoffperoxid, Peressigsäure, quartäre Ammoniumverbindungen, Jodphore, Aldehyde, kochendes Wasser, Wasserdampf, neuartige Mittel ohne Chlor	
12	Roboter spezifische Daten	Anzahl Melkungen pro Kuh und Tag, Uhrzeit der Milchabnahme	
13	Karrussel spezifische Daten	Bauform [innen, aussen, Roboter, Karussell] Milchabflusssystem	
14	Wartung	Intervall, eventuell als schwach detektierte Punkte	
15	Milchtransport	normale Uhrzeit der LKW Abnahme, Transportzeit	

**Anstehende Untersuchungen zu relevanten Kriterien im Bereich Melktechnik**

Weiterhin wurde im Projektverlauf eine beschreibende Kriterienliste über agrartechnische Funktionen und Bauteile zum maschinellen Milchentzug zusammengestellt. Im Jahr 2022 soll eine Reihe Betriebe diesbezüglich bewertet werden und die Einzelheiten von unter anderem der Melktechnik in Relation zur Situation der freien Fettsäuren gesetzt werden, um so dann statistische Zusammenhänge definieren zu können. Es handelt sich hierbei sicherlich um einen Punkt mit hoher Praxisrelevanz. Tabelle 1 zeigt die Liste mit ca. 90 ausgewählten relevanten Kriterien, die stark von den relevanten Normen DIN ISO 3918, DIN ISO 6690 (mechanische Prüfung), DIN ISO 5707 (Melkanlagen, Konstruktion und Leistung), diversen Tabellenwerten aus dem Handbuch zur Überprüfung von Melkanalgen der WGM e.V. (Wissenschaftliche Gesellschaft der Milcherzeugerberater) mit Sitz an der Humboldt Universität in Berlin sowie weiteren Elementen aus relevanten Studien des agrartechnischen Instituts der Universität Hohenheim übernommen worden sind.

Laut aktuellen Projektplanungen sollen in diesem Rahmen keinerlei Messungen auf den Betrieben gemacht werden ohne prinzipiell messtechnisch relevante Punkte nicht zu berücksichtigen. Eines dieser Themen wären mögliche Vakuumschwankungen in der Milchleitung, die sicherlich auch zu mechanischen Belastungen der Milch führen können. Man muss zwischen zyklischen und azyklischen Veränderungen unterscheiden, wobei erstgenannte quasi exklusiv mit einer alternierenden Einstellung der Pulsation mit einem Saugphasenanteil von nur ca. 50 % zusammenhängen. Quasi alle anderen Veränderungen des Vakuums sind den azyklischen oder auch unregelmäßigen Vakuumschwankungen zuzuordnen. Als Hauptursache ist der Milchtransport im Melkzeug sowie in den Milchleitungen zu nennen und tritt dann in nennenswerter Höhe auf, wenn der Abfluss von Luft in Richtung Vakuumpumpe behindert ist, d.h. wenn Milch vorhanden ist und durch Pfropfenbildung den Querschnitt eines milchführenden Bauteils verengt. Großzügige Dimensionierung der Milchleitung

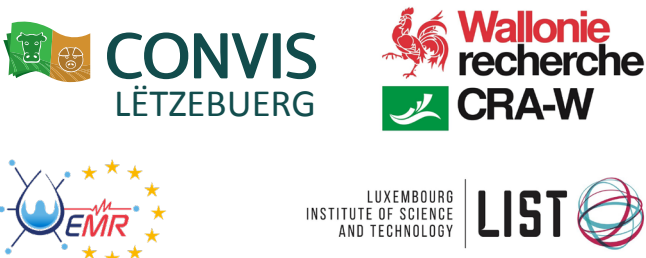
**Abb. 2:** Mittelwerte vom freien Anteil der verschiedenen Fettsäuren aus dem derzeitigen Referenzproben-Pool vom Projekt ITF-Milk (n = 294). Zweifelsohne sind Palmitinsäure (C:16), Stearinsäure (C:18) und Ölsäure (C:18\_1) in den höchsten Konzentrationen nachweisbar und man kann diesem Trio sicherlich eine wichtige Relevanz bei den Entwicklungen im ITF-milk Projekt zuordnen. Rein geschmackstechnisch dürften die kurzkettigen und flüchtigen C:4 und C:6 Fettsäuren allerdings eine mindestens genauso wichtige Rolle spielen.



sowie möglichst Vermeidung von Steigungen in den Milchleitungen können das Problem entschärfen.

Im optimal Fall sollte es möglich werden, auch solche Problemfelder mit der Milchzusammensetzung ohne weitere Spezialmessung erkennbar zu machen und in Problemsituation zeitnahe Reaktionen auf den Höfen ermöglichen.

*Partner und Subpartner vom ITF-milk Projekt*



**i Info**

Haben wir Ihr Interesse geweckt und Sie wäre interessiert, im Bereich Evaluierung der Melktechnik oder bei noch kommenden Referenzprobenkampagnen dabei zu sein, dann melden Sie sich bitte bei Romain Reding, Tel.: 26 81 20-358 oder [romain.reding@convis.lu](mailto:romain.reding@convis.lu).