FiBL

Pilotstudie zur Herkunft von **Mineralölkontamination in Milchprodukten**

Nina Lamprecht (FiBL), Jan-Erik Ingenhoff (Agroscope), Bernhard Speiser (FiBL)

13.06.2025

Erstellt im Auftrag von Bio Suisse

BIOSUISSE

Research Institute of Organic Agriculture FiBL | Ackerstrasse 113 | Postfach 219
5070 Frick | Switzerland | Phone +41 62 865 72 72 | info.suisse@fibl.org | www.fibl.org

Inhalt

1. Einleitung 3
1.1 Einträge von MOSH/MOAH und MOSH-Analogen in Lebensmitteln 3
1.1.1 Kontamination durch gezielte und erforderliche Stoffanwendung 3
1.1.2 Kontamination durch ungezieltes, ungewolltes Vorkommen 4
1.1.3 Kontamination durch ubiquitäre Belastungen und Umwelteinflüsse 5
1.1.4 Natives Vorkommen und biogene Stoffe (MOSH-Analoga) 5
1.2 Fragestellung beim Feldversuch zur indirekten Kontamination über das Tierfutter 6
1.3 Fragestellung beim Praxisversuch zur Milchverarbeitung 6
2. Methoden 6
2.1 Identifikation möglicher Eintragsquellen ins Gras 6
2.2 Probenahme auf dem Biobetrieb 7
2.2.1 Fette 7
2.2.2 Milch 7
2.3 Probenahme Agroscope Stufenkontrolle 7
2.4 Analyse 8
3. Resultate 9
3.1 Eintragsquellen für Fette/Öle bei der Grasernte 9
3.2 Verschiedene Fette/Öle involviert 9
3.3 Analyse MOSH/MOAH-Gehalte in Milch eines Biobetriebs 10
3.4 Analyse der MOSH/MOAH Gehalte in verschiedenen Verarbeitungsstufen 11
4. Diskussion 12
4.1 Eintrag über das Gras 12
4.2 Kontamination bei der Milchverarbeitung 13
4.3 Synthese der Vorabklärungen von FiBL und Agroscope 14
5. Schlussfolgerung 15
6. Literaturverzeichnis 16
7. Anhang 17
7.1 Anwendungsorte für Fette und Öle 17
7.2 Fette/Öle in der Werkstatt des Biobetriebs 23
7.3 Nomenklatur Schmierfette 24

1. Einleitung

Gesättigte Mineralölkohlenwasserstoffe (MOSH) und aromatische Mineralölkohlenwasserstoffe (MOAH) werden immer wieder als Kontaminanten in Lebensmitteln beobachtet. Bei MOSH und MOAH handelt es sich jeweils um komplexe Gemische diverser Kohlenwasserstoffmoleküle. MOSH können sich in Gewebe und Organen anreichern, was nicht erwünscht ist. Die EFSA kam jedoch 2023 in ihrer Risikobewertung zum Schluss, dass das Risiko für die Gesundheit mit dem aktuellen Niveau der ernährungsbedingten Aufnahme von MOSH nicht bedenklich ist (*EFSA*, 2023). Ergebnisse aus Langzeitstudien zu toxikologischen Effekten von MOSH fehlen. In der MOAH Fraktion hingegen können verschiedene erbgutverändernde und krebserregende Stoffe vertreten sein (*EFSA*, 2023). Bisher sind weder in der Schweiz noch in der EU gesetzliche Grenzwerte für MOSH/MOAH in Kraft. Für MOAH wurden jedoch von der Europäischen Kommission Grenzwerte vorgeschlagen, abhängig vom Fettgehalt der Lebensmitte. Für Lebensmittel mit weniger als 4 % Fettanteil liegt der Grenzwert bei 0.5 mg/kg, bei Rohstoffen mit 4-50 % liegt der Grenzwert bei 1 mg/kg und bei Lebensmitteln mit über 50% Fett wird ein Grenzwert von 2 mg MOAH pro kg empfohlen. Für MOSH hat die Länderarbeitsgemeinschaft Verbraucherschutz (LAV) einen Orientierungswert von 22 mg/kg Milchfett kommuniziert. Für Vollmilch entspricht dies einem MOSH-Gehalt von 0.9 mg/kg Milch (Ingenhoff, 2023).

Im Rahmen einer Voruntersuchung wurden hier vom FiBL mögliche MOSH/MOAH-Quellen in der Milchproduktion auf Biobetriebsebene identifiziert und geprüft. Parallel dazu hat Agroscope Voruntersuchungen auf verschiedenen Stufen der Milchverarbeitung durchgeführt, um mögliche Kontaminationsquellen in der Milchverarbeitung zu identifizieren. Beide Untersuchungen sind in diesem Bericht zusammengefasst.

1.1 Einträge von MOSH/MOAH und MOSH-Analogen in Lebensmitteln

MOSH/MOAH und Analoge können durch verschiedene Eintragsarten ins Produkt gelangen. (1) Einerseits kann die Kontamination durch Stoffanwendung erfolgen, welche notwendig ist und notwendigerweise mit dem Produkt in Kontakt kommt, beispielsweise durch lebensmittelechte Schmierstoffe. (2) Andererseits kann Kontamination durch ungezielte oder ungewollte Einträge erfolgen, wie beispielsweise Maschinenöleintrag auf Grund eines Lecks. (3) Zu guter Letzt können MOSH/MOAH ins Lebensmittel gelangen durch Umwelteinflüsse, die von den Produzierenden und Verarbeitenden nicht oder nur bedingt beeinflussbar sind. Verschiedene Eintragswege werden im Folgenden genauer beschrieben.

1.1.1 Kontamination durch gezielte und erforderliche Stoffanwendung

MOSH/MOAH können von «foodgrade» Schmierstoffen oder technischen Schmierstoffen kommen, welche oft in der Lebensmittelverarbeitung verwendet werden und erfor-

derlich sind. Dazu gehören beispielsweise Form- und Walzöle, Gleitmittel und Kontaktmaterial. Auch Weissöle als Lebensmittelzusatzstoffe, wie Trennmittel, Überzugsmittel und Glanzmittel könnten allenfalls Quellen sein. Zudem werden Wachse und Paraffine als technische Hilfsmittel wie Antischaummittel und Trennmittel benutzt und könnten MOSH/MOAH beinhalten. Eine weitere mögliche Quelle ist Kunststoffkontaktmaterial (Kunststoffverpackungen oder Prozessmaterial), wie auch Klebstoffe, «Hotmelts» und Siegelstoffe. Direkt im Milchverarbeitungsprozess sind die oben genannten Mittel zwar nicht von Bedeutung. Für konsumfertige Milchprodukte sind sie aufgrund der Verpackung jedoch relevant.

Tierarzneimittelkomponenten können einen möglichen Eintragsweg von MOSH/MOAH in die Milch darstellen. Auch eine Rolle spielen könnten Additive (Trägerstoffe, Haftstoffe) oder Wirkstoffe von Pflanzenschutzmitteln wie Paraffinöl. Allerdings dürfen im Biofutterbau in der Schweiz keine Pflanzenschutzmittel eingesetzt werden.

1.1.2 Kontamination durch ungezieltes, ungewolltes Vorkommen

Direkte Kontamination der Milch

Vom Zeitpunkt des Melkens bis hin zum Konsum der Milch gibt es einige Schlüsselpunkte, wo durch unsachgemässen Gebrauch, defekte Anlagen oder unsaubere Arbeitsweise allenfalls Kontamination durch MOSH/MOAH erfolgen könnte. Da Milchtanks strikte Reinigungsvorgaben haben, wird angenommen, dass Direktkontakt mit Milchtanks kein MOSH/MOAH-Eintragsweg ist. Hingegen könnten MOSH/MOAH von Schmierstoffen technischer Qualität in die Milch gelangen. Diese könnten von beschädigten Druckluftanlagen oder pneumatischen Anlagen kommen. Auch Packstoffe und Transportmaterialien für Rohstoffe, Zwischenprodukte und Endprodukte können MOSH/MOAH aufweisen. Dies ist insbesondere bekannt für Karton, welcher aus rezykliertem Altpapier hergestellt wurde (aufgrund mineralölhaltiger Druckfarben). Wenn keine ausreichend wirksamen Barrieren in der Verpackung vorhanden ist, können die lipophilen MOSH/MOAH durch Migration ins Produkt gelangen. Andererseits können erhöhte MOSH/MOAH in Milchprodukten, speziell in solchen mit hohem Fettgehalt wie Rahm, Käse, Butter, vermehrt vorkommen aufgrund der Aufkonzentration des Milchfetts. Dies spiegelt dann leicht erhöhte Werte in der Ausgangsmilch wider. Ein weiterer möglicher Eintragsweg ist das Verwenden von Packstoffen, Prozess- und Transportmaterialien, welche mit Mineralölprodukten auf Vorstufen (z.B. Formöle oder Batching Oils) behandelt wurden. Dies sollte jedoch bei der Milchverarbeitung nicht relevant sein. Allenfalls kann MOSH/MOAH Kontamination auch über alte, mineralölhaltige Schläuche oder Dichtungen während des Transports entstehen.

Indirekte Kontamination der Milch über das Futter

Ebenfalls denkbar ist, dass Schmierstoffe z.B. von Erntemaschinen auf das Gras kommen, und somit indirekt in die Milch gelangen. In der Schweiz wurden in Tierfutter Durchschnittskonzentrationen von 100 mg/kg MOSH nachgewiesen, mit Werten bis 1000 mg/kg (Grob et al., 2001). Auch in Rumänien wurde in verschiedenem Kraftfutter hohe MOSH/MOAH-Kontaminationen nachgewiesen (Matei et al., 2025; Matei & Mircea, 2023). Per Nahrung aufgenommene MOSH/MOAH, werden vermutlich teils metabolisiert. Ein Anteil davon sammelt sich jedoch im Fettspeicher des Körpers an. Im Fettgewebe von Tieren wurde beispielsweise durchschnittlich 25 mg/kg MOSH nachgewiesen, mit Maximalwerten bis zu 150 mg/kg (Grob et al., 2001). In Versuchen mit F344 Ratten wurde MOSH primär in der Leber und dem Fettgewebe akkumuliert. Wie schnell das akkumulierten MOSH abgebaut wurde, schien abhängig von der Komposition des verabreichten Mineralöls, und vom Speicherort im Körper (Barp et al., 2017). Es wird angenommen, dass MOSH, welche mit dem Futter aufgenommen werden, zu einem gewissen Grad über die Milch ausgeschieden werden können. In einer Studie an Menschen korrelierte MOSH im Fettgewebe von Müttern mit MOSH in der Muttermilch (Concin et al., 2008). Es gibt bisher jedoch kaum Daten bezüglich der Kinetik (Aufnahme, Verteilung, Metabolisierung und Ausscheidung) von MOSH/MOAH in Kühen. Das Futter kann durch verschiedenste Eintragsquellen kontaminiert werden. Einträge durch unsachgemässen Gebrauch von Schmierfetten (belastete Oberflächen, übermässiges Fetten), Maschinenölen (Leck, Malheur) und Rostschutzmitteln sind denkbar. Weitere Eintragswege könnten Abgase (bei rückwertiger Anfahrt des Lagers), oder beschädigte Druckluftanlagen sein.

1.1.3 Kontamination durch ubiquitäre Belastungen und Umwelteinflüsse

Von Emissionen, Öldämpfen/-nebeln, Verbrennungsgasen, Abgasen, Feinstaub, Reifenabrieb und Russ können MOSH/MOAH aufs Futter und so indirekt in die Milch kommen, oder direkt in die Milch/Milchprodukte eingetragen werden. Quantitative Untersuchungen dazu existieren jedoch bisher kaum (Matei et al., 2025; Matei & Mircea, 2023).

1.1.4 Natives Vorkommen und biogene Stoffe

Natürliche Wachse in pflanzlichen Lebensmitteln aus Früchten und Gemüse können in der MOSH- oder MOAH-Fraktion eluieren. Biogene Wachse, Terpene, n-Alkane und Olefine z.B. aus Graskönnen in der Milch gefunden werden, und sind als sogenannte «Gras-Peaks» bekannt (Grob et al., 2001; Ingenhoff, 2023). Sie können chromatografisch nicht von der MOSH-Fraktion getrennt werden. Bei der Analytik müssen ihre Signale vom MOSH-Gehalt abgezogen werden, da die natürlich im Futter vorkommenden Substanzen keine MOSH sind.

1.2 Fragestellung beim Feldversuch zur indirekten Kontamination über das Tierfutter

Diese Vorabklärung untersuchte auf einem Biobetrieb die folgenden Fragestellungen:

1. Welche Fette/Öle werden bei der Grasernte üblicherweise eingesetzt, und könnten sie eine Kontaminationsquelle für das Futter darstellen?
2. Gelangt Schmierfett und Rostschutzmittel, das an den Erntemaschinen angewendet wird, über das Futter in die Milch?
3. Gibt es höhere MOSH/MOAH-Werte in der Milch, wenn eingegrast wird (im Vergleich zur Beweidung)?
4. Wie schnell werden MOSH/MOAH nach der Aufnahme über das Tierfutter über die Milch ausgeschieden?

Dafür wurden einerseits Proben vom angewendeten Schmierfett und Rostschutzmittel auf MOSH/MOAH-Gehalte analysiert. Andererseits wurden Proben der Kuhmilch aus dem Milchtank ab Biobetrieb über die Zeit genommen und diese auf MOSH/MOAH-Gehalte analysiert. Die Hypothese war, dass der Gehalt an MOSH/MOAH in der Milch über die Zeit erhöht wird, da von vermehrter Weidehaltung auf vermehrtes Eingrasen (geschnittenes Gras) gewechselt wurde. Ausserdem sollte untersucht werden, ob die gefundenen MOSH/MOAH in der Milch und in Schmierfett/Rostschutzmittel die gleichen Komplexitätsmuster aufwiesen, was auf einen gleichen Ursprung hinweisen würde. Eine Probenahme über die Zeit wurde gewählt, damit die Kinetik des Erscheinens der MOSH/MOAH in der Milch nach der Einnahme über das Futter beobachtet werden kann.

Der Versuch wurde finanziert von Bio Suisse.

1.3 Fragestellung beim Praxisversuch zur Milchverarbeitung

Parallel zu der Voruntersuchung auf einem Biobetrieb hat Agroscope den potentiellen Eintrag von MOSH/MOAH während der Butterherstellung in einer Stufenkontrolle untersucht. Es wurde zudem die Milch und Butter von silo-freier Milch mit Milch aus Silofütterung verglichen.

2. Methoden

2.1 Identifikation möglicher Eintragsquellen ins Gras

Um festzulegen, wie die Probenahme aufgegleist werden sollte, wurde durch den Betriebsleiter eines Biobetriebs eine Betriebsführung gegeben. Der Fokus wurde auf Maschinen und Prozesse gelegt, welche für die Grasernte relevant sind. Sämtliche relevanten Punkte, bei denen mit Schmierfetten, Maschinenölen und Rostschutzmitteln gearbeitet wird, wurden abgedeckt. Sie sind in Kapitel 3.1 und 3.2 aufgelistet, Fotos davon sind im Anhang 7.1 zu finden. In Anhang 7.2 sind Fette und Öle gelistet und beschrieben,

die am untersuchten Biobetrieb in Einsatz sind oder waren. In Anhang 7.3 ist ein Exkurs zur Nomenklatur von Fetten zu finden.

2.2 Probenahme auf dem Biobetrieb

2.2.1 Fette

Es wurde je 100 mL Rostschutzmittel (Rostschutz, OKAY, Landi Schweiz) und 100 mL Schmierfett (Universalfett, OKAY, Landi Schweiz) in Glasflaschen (Duran, DE) mit Deckel (PBT screw caps, complete with PTFE protected seal, Duran, DE) gefüllt. Das Rostschutzmittel wurde direkt aus dem Behälter geleert und das Schmierfett direkt aus der Fettkartusche gepresst. Die Proben wurden bis zur Analyse bei Zimmertemperatur gelagert.

2.2.2 Milch

Die Milchproben wurden jeweils zwischen 12.00 und 12.30 genommen, kurz bevor der Milchtank geleert wurde. Es befand sich im Tank demnach Milch von jeweils ca. 48 h, da der Milchtank alle zwei Tage geleert wird. Die Milch (300 mL) wurde per Ventil aus dem gerührten Tank direkt in die Glasflasche (Duran, DE) gefüllt, und mit einem Deckel (PBT screw caps, complete with PTFE protected seal, Duran, DE) verschlossen (Abbildung 1). Die Milchproben wurden bis zur Analyse tiefgekühlt. Die Probenahme war auf die Fütterung der Kühe abgestimmt und fand von Mitte September bis Mitte November statt. Es wurden folgende Proben genommen:

- 9 Tage vor dem Eingrasen
- 1 Tag vor dem Eingrasen
- 6 Tage nach dem Eingrasen
- 42 Tage nach dem Eingrasen
- 7 Tage nach Beendung des Eingrasens
- 9 Tage nach Beendung des Eingrasens

2.3 Probenahme Agroscope Stufenkontrolle

Zum einen wurde hier silo-freie Tankmilch von 5 verschiedenen Milchproduzenten beprobt. Die Mischmilch dieser Produzenten wurde zu Butter verarbeitet. Proben wurden auf den Stufen Milch, Mischmilch, Rahm (roh und pasteurisiert), sowie vom Endprodukt entnommen. Zusätzlich wurde einmalig eine Mischmilch, desselben Produzenten analysiert, wobei die Mischmilch aus Milch aus Silofütterung von 5 Herstellern bestand. Das Mischverhältnis ist nicht bekannt.

Abbildung 1: Frische Milchprobe in Glasflasche vor Heuwagen.

2.4 Analyse

Die Fett- und Milchproben wurden vom Kantonalen Labor Zürich (KLZH) auf ihre MOSH- und MOAH-Gehalte untersucht. Im Folgenden ist die angewendete Methode zitiert:

«Die Milch- und Rahmproben wurden mit konzentrierter Salzsäure bei 80 °C im Wasserbad aufgeschlossen und anschliessend mit Hexan extrahiert. Nach dem Einengen wurde die Lösung so eingestellt, dass maximal 20 mg Fett in die LC-GC eingespritzt wird. Die Butterprobe und die zwei Mineralölprodukte wurden direkt in Hexan gelöst und gegebenenfalls weiterverdünnt. Die Bestimmungsgrenze für MOAH wird durch die Anzahl coeluierender Komponenten beeinflusst. Zur Verbesserung der Bestimmungsgrenze wurden gewisse Proben vor der LC-GC epoxidiert, dies entfernt Olefine aus der MOAH Fraktion. Die Extrakte resp. Lösungen wurden mittels online HPLC-GC-FID gemäss unserer Methode Z5310 analysiert, wie auch beschrieben in der Publikation «On-line coupled high performance liquid chromatography - gas chromatography (HPLC-GC) for the analysis of mineral oil; Part 1: method of analysis in foods, environmental samples and other matrices. A review, M. Biedermann, K, Grob, J. Chromatogr. A 1255 (2012) 56-75» Für die Milch-, Rahm- und Butterproben wurden die auf dem MOSH Hügel aufsitzenden Signale subtrahiert, Es wird davon ausgegangen, dass es sich bei den Einzelsignalen hauptsächlich um natürlich vorkommende Komponenten handelt (z.B. n-Alkane, Terpene). Bei den Mineralölprodukten wurden die Einzelsignale in die Quantifizierung mit einbezogen; dabei handelt es sich um n-Alkane und einzelne iso-Alkane aus dem Mineralöl. Die Messunsicherheit liegt bei ±20 %.»

3. Resultate

3.1 Eintragsquellen für Fette/Öle bei der Grasernte

Es wurde untersucht, welche Maschinen und Maschinenteile bei der Grasernte relevant sind, und an welchen Punkten Fette oder Öle eingesetzt werden (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Relevante Maschinen für die Grasernte, und mögliche Kontaminationsquellen für Fette und Öle.

Maschine	Kontaminationsrisiken
Mähwerk	Scheiben: Hydrauliköl. Balken: halb gefüllt mit Hydrauliköl, schwitzt. Schmierfettpunkte.
Traktor	Hydrauliköl. Kann tropfen beim Nachfüllen.
Ladewagen	Ladeaggregat: wird geschmiert. Grossflächiger Kontakt mit Heu.
Kratzboden	Zahnrad/drehende Stange wird gefettet durch Ventil. Kann herausquellen.
Feldhäxler	Lager in der Mitte des Heugebläses kann gefettet sein. Dieses sollte jedoch keinen Kontakt zum Gras haben. Auf dem untersuchten Biobetrieb nicht vorhanden.
Heukran	Hydrauliköl. Alte Modelle haben ausserdem Schmierpunkte.
Kammschwader	Hydrauliköl. Ölpumpe schwitzt. Kein Schmierfett, da geschlossene Lager.
Motormäher	Messerkopf wird gefettet. Braucht auch Motorenöl/Hydrauliköl.
Kreiselheuer	Schmierpunkte.
Förderband	Hat geschmierte Räder und Ketten. Auf dem untersuchten Biobetrieb nicht vorhanden.

3.2 Verschiedene Fette/Öle involviert

Im Folgenden werden Öle und Fette dokumentiert, welche auf dem untersuchten Biobetrieb verwendet werden. Ebenso sind die Anwendungsorte im Heuprozess aufgelistet.

1. **Motorenöl, Hydrauliköl, Getriebeöl** (schmiert Zahnräder), **Bremsflüssigkeit** → Diese kommen nur im Fall eines Lecks mit Futter (Heu) in Kontakt oder wenn es noch tropft vom Nachfüllen. Dies passiert aber nicht auf dem Feld. Was auch sein kann, ist «Schwitzen»: Kein Leck, aber nicht ganz dicht. Die Oberfläche ist dann

ölig. Die Öle brauchts in verschiedenen Viskositäten (z.B. 15W/40), je nach Maschine (steht jeweils in Betriebsanleitung).

2. **Rostschutzöl** → Beim Einwintern werden Maschinen gewaschen, dann gefettet, und dann wird Rostschutzöl auf nicht galvanisierte (=nicht verzinkte), nicht lackierte Metalloberflächen gesprayt und bleibt dort, bis die Maschinen wieder gebraucht werden. Graskontakt (z.B. Messerkopf vom Motormäher, Zinken vom Kreiselheuer…).
3. **Schmierfett** → Bei übermässigem Gebrauch kann dies «rausquellen». Viele Schmierpunkte können mit Gras in Kontakt kommen. Viele Anwendungsorte. Zwei Schmierfette auf dem Biobetrieb verwendet, mehrheitlich jedoch das Fett aus der Kartusche.

Schmierfett hat die meisten Kontaktpunkte mit Gras. Auch Einträge durch Rostschutzmittel sind denkbar, da dieses breit angewendet wird. Maschinenöle können primär durch Lecks oder Malheure, oder durch Schwitzen eingetragen werden.

3.3 Analyse MOSH/MOAH-Gehalte in Milch eines Biobetriebs

Im Folgenden wird der Laborbericht des KLZH zitiert:

«Die Mineralölkohlenwasserstoffe des Schmierfetts (12401463-0) eluieren im für Schmieröle/-fette typischen Siedebereich der n-Alkane C20 und C50. Der Rostschutz (12401462-2) setzt sich aus einer eher flüchtigen (C12-C18) und einer schwerflüchtigen (C30 bis grösser als C50) Mineralölfraktion zusammen. Das Schmieröl sowie der Rostschutz konnten in den Proben «Milch vor, während und nach Eingrasen» (12401456-5 bis 124014614) nicht nachgewiesen werden. Die MOSH Kontamination dieser Proben eluiert zwischen C16 und C26.»

Das Schmierfett und das Rostschutzmittel konnten in den Milchproben nicht nachgewiesen werden anhand der unterschiedlichen Sendebereiche. In beiden Fetten war der MOSH/MOAH-Gehalt beträchtlich. Im Rostschutzmittel wurden 834'000 mg/kg MOSH und 118'000 mg/kg MOAH nachgewiesen, und im Schmierfett wurden 532'000 mg/kg MOSH und 281'000 mg/kg MOAH gefunden. In der Milch hingegen waren die MOSH tief, zwischen 0.07 und 0.13 mg/kg. Ebenso die MOAH-Werte, welche immer unter den Bestimmungsgrenzen lagen. Es zeichnete sich keine klare Veränderung über die Zeit ab im MOSH/MOAH-Gehalt der Milch. Die MOSH/MOAH-Konzentrationen von den Milchproben, genommen während dem Eingrasen, waren am tiefsten. Die Werte sind in Tabelle 2 zu sehen.

Tabelle 2: MOSH/MOAH-Konzentrationen welche in den verschiedenen Proben (Rostschutzmittel, Schmierfett, Milch) gefunden wurde. Bei allen Werten gilt eine Messunsicherheit von ±20%.

Probe	MOSH-Konzentration [mg/kg]	MOAH-Konzentration [mg/kg]
Rostschutzmittel	834000	118000
Schmierfett	532000	281000
Milch 9 Tage vor Eingrasen	0.10	<0.07
Milch 1 Tag vor Eingrasen	0.09	<0.07
Milch während Eingrasen (nach 1 Tag)	0.07	<0.07
Milch während Eingrasen (nach 42 Tagen)	0.07	<0.07
Milch 7 Tage nach Eingrasen	0.13	<0.07
Milch 9 Tage nach Eingrasen	0.12	<0.1

3.4 Analyse der MOSH/MOAH Gehalte in verschiedenen Verarbeitungsstufen

Im Folgenden wird der Laborbericht des KLZH zitiert:

«*Die MOSH Gehalte in der Milch der 5 unterschiedlichen Hersteller (12401447-4 bis 12401450-7, 12401454-9) schwankte bis zu einen Faktor 4 (0.12 mg/kg gegenüber 0.48 mg/kg). Eine zusätzliche Kontamination über die Verarbeitung zum Rahm (12401452-3, 12401453-1) ist nicht ersichtlich. Die Verteilung der MOSH dieser Milch- und Rahmproben liegt zwischen C18 und C46, also innerhalb dem Siedebereich des Schmierfetts. Die Butterprobe (12401455-7) weist eine weitere Kontamination bis über C50 auf, diese könnte aus der Verpackung stammen. Die MOAH Gehalte lagen bei allen Proben unter den jeweiligen Bestimmungsgrenzen.*»

Hier ist also ersichtlich, dass die MOSH-Konzentrationen in der Milch der verschiedenen Milchproduzenten beträchtlich schwankten. Die Silo-freie Mischmilch (0.33 mg/kg) wies eine MOSH-Konzentration von 0.33 mg/kg auf und die Mischmilch aus Silofütterung 0.48 mg/kg. Die MOSH-Konzentrationen für rohen Rahm (3.5 mg/kg) und pasteurisierter Rahm (3 mg/kg) waren ähnlich. In der Butter wurde eine MOSH-Konzentration von 9.5 mg/kg gemessen. Alle MOAH-Konzentrationen lagen unterhalb der Bestimmungsgrenze. Die Werte sind in Tabelle 3 zu sehen.

Tabelle 3: Die MOSH/MOAH-Konzentrationen welche in Milch aus Silofütterung und Silofreier Milch gefunden wurde. Auch aufgeführt sind MOSH/MOAH-Konzentrationen aus den weiterverarbeiteten Stufen der Milch. Bei allen Werten gilt eine Messunsicherheit von ±20%.

Probe	MOSH-Konzentration [mg/kg]	MOAH-Konzentration [mg/kg]
Milch Silo-frei, Betrieb 1	0.35	<0.05
Milch Silo-frei, Betrieb 2	0.47	<0.05
Milch Silo-frei, Betrieb 3	0.12	<0.05
Milch Silo-frei, Betrieb 4	0.33	<0.05
Mischmilch Silo-frei, Betriebe 1-4	0.33	<0.05
Mischmilch Silofütterung	0.48	<0.05
Rahm roh	3.5	<0.3
Rahm past.	3	<0.3
Butter	9.5	<1.5

4. Diskussion

4.1 Eintrag über das Gras

Diese Vorabklärung hat auf einem Biobetrieb untersucht, ob MOSH und MOAH aus Schmierfett und Rostschutzmittel über das Futter in die Milch gelangen. Die 6 Milchproben wurden über einen Zeitraum von zwei Monaten genommen, während die Fütterung von mehrheitlich Weiden zu mehrheitlich geschnittenem Gras wechselte. So sollte festgestellt werden, ob und wie schnell sich der MOSH/MOAH-Gehalt in der Milch verändert. Es wurde jedoch sowohl während der Weideperiode wie auch während des Eingrasens ebenfalls ein gewisser Anteil an Silo verfüttert. Das Silo ist bei der Ernte ebenfalls mit den Erntemaschinen in Kontakt gekommen. Daher kann die Weideperiode nicht als Periode angesehen, in der das Futter keinerlei Kontakt zu gefetteten Erntemaschinen hatte. Den Kühen wurde kein Kraftfutter verfüttert.

Obwohl das getestete Rostschutzmittel sowie auch das Schmierfett mehrheitlich aus MOSH und MOAH bestehen, wurde anhand der Zusammensetzung der MOSH/MOAH, die in der Milch detektiert wurden, kein Zusammenhang zum Rostschutzmittel und Schmierfett festgestellt. Generell wurden in der Milch nur sehr tiefe Werte von MOSH gemessen. Die Werte bewegten sich zwischen 0.07 und 0.13 mg/kg Milch. Diese liegen klar unter dem Orientierungswert für Vollmilch (0.9 mg/kg), den Agroscope 2023 beschrieben hat (Ingenhoff, 2023). Die gemessenen MOAH-Konzentrationen bewegten

sich immer unter der Bestimmungsgrenze (<0.07 und <0.1 mg/kg) und sind somit mindestens 5 Mal kleiner als der von der EU empfohlene Grenzwert von 0.5 mg/kg in Lebensmitteln mit weniger als 4% Fettanteil. Es wurde erwartet, dass die MOSH/MOAH-Konzentrationen während des Eingrasens im Vergleich zur Weideperiode steigen würden, da das Tierfutter in dieser Periode möglicherweise mehr kontaminiert wird durch erhöhten Kontakt mit gefetteten Erntemaschinen. Dies wurde nicht beobachtet. Die MOSH-Konzentrationen in der Milch waren tatsächlich leicht tiefer während des Eingrasens als vor oder nach der Eingrasperiode. Dadurch, dass so tiefe Konzentrationen von MOSH in der Milch gemessen wurden, konnte auch keine Beobachtung gemacht werden, wie schnell die MOSH in der Milch erscheinen, nachdem sie mit der Nahrung aufgenommen wurden.

Die Milch des untersuchten Biobetriebs weist eine geringe Kontamination mit MOSH/MOAH auf. Dies weist auf eine gute Handhabung hin. Es könnte aber auch bedeuten, dass die Verwendung von Schmierfetten und Rostschutzmitteln bei Erntemaschinen nur ein kleines Risiko für die Milchkontamination darstellt. In jedem Fall bedeutet es, dass auch bei der Verwendung von Schmierfett und Rostschutzmittel eine Grasproduktion mit geringer MOSH/MOAH-Kontamination möglich ist.

Es wäre sinnvoll, dieselbe Abklärung bei Biobetrieben zu machen, wo höhere Kontamination vorkommt. So könnte die Rolle von Schmierfetten und Rostschutzmittel in der MOSH/MOAH-Kontamination besser erforscht werden. Allerdings sind Schmierfette und Rostschutzmittel nur eine mögliche Quelle von MOSH/MOAH in der Milch, und andere Quellen können nicht ausgeschlossen werden. Des Weiteren könnten Betriebe untersucht werden, die nicht nur Gras sondern auch Kraftfutter verfüttern. In verschiedenen Studien von Matei et al. wurden erhöhte MOSH/MOAH Kontaminationen in meist maisbasiertem Kraftfutter nachgewiesen (Matei et al., 2025; Matei & Mircea, 2023).

4.2 Kontamination bei der Milchverarbeitung

Die Vorabklärung von Agroscope hat zweierlei untersucht. Erstens wurden MOSH/MOAH-Konzentrationen von Milch aus Silofütterung und Silo-freier Milch verglichen. Zweitens wurde angeschaut, ob irgendwo im Verarbeitungsprozess von der Milch über den Rahm zur Butter die MOSH/MOAH-Konzentrationen grösser wurden, was auf eine Kontaminationsquelle während des Prozesses hinweisen würde.

Silo-freie Milch wurde von 4 verschiedenen konventionellen Produzenten untersucht. Die MOSH-Konzentrationen unterschieden sich bis zu einem Faktor von 4. Dies weist darauf hin, dass die MOSH-Kontamination auf Höfen sehr individuell ist. Charakteristischen Signale auf den Chromatogrammen könnten auf Kontamination mit Schmierfett hindeuten. Die höchste MOSH-Konzentration wies die Mischmilch aus Silofütterung auf (0.48 mg/kg), vergleichbar mit der höchsten Konzentration in Silo-freier Milch (0.47 mg/kg). Aufgrund von nur 5 Messwerten und nur einem davon von Milch aus Silofütterung kann jedoch nicht auf einen Unterschied in der MOSH-Belastung zwischen Silo-

oder Silo-freier Fütterung geschlossen werden. Alle gemessenen MOSH-Konzentrationen in der Milch bewegten sich klar unter dem Orientierungswert von 0.9 mg/kg für Vollmilch(Ingenhoff, 2023) und sind daher als unauffällig zu betrachten.

In der Verarbeitung von Milch zu Rahm und Butter wird primär der Fettanteil der Milchprodukte erhöht. Während Vollmilch einen Fettgehalt von 4% hat, hat Vollrahm einen Fettanteil von 35% und Butter einen Fettanteil von 82% (Ingenhoff, 2023). Da es sich bei MOSH/MOAH um lipophile Moleküle handelt, wird mit einer Erhöhung des Fettgehalts ebenso der Gehalt an MOSH/MOAH aufkonzentriert. Diese Aufkonzentrierung ist sichtbar in den Resultaten der Untersuchung der Stufenkontrolle. Der Fettanteil von Rahm ist ca. 8.8 Mal grösser als von Milch. Die gemessene MOSH-Konzentration in rohem Rahm war 10.6 Mal grösser als in der Milch, und in pasteurisiertem Rahm ca. 9.1 Mal grösser. Der Fettanteil in Butter ist ca. 20.5 Mal grösser als in der Vollmilch, und die MOSH-Konzentration in der Butter war 28.8 Mal grösser als in der Milch. Allerdings wurde hier mit theoretischen Fettanteilen gerechnet, es liegen keine Fettanteile der untersuchten Milch, Rahm und Butter vor. Bei der Butter wurde ausserdem eine Kontamination von einer Verbindung grösser als C50 festgestellt, welche in der Milch nicht nachweisbar war. Dies könnte auf Kontamination durch die Verpackung (Butterpapier) hinweisen. Alle MOSH-Konzentrationen der verarbeiteten Milchprodukte bewegten sich klar unter den Orientierungswerten für Milch berechnet von Agroscope (Ingenhoff, 2023). In keiner der analysierten Milch- oder Milchproduktproben konnten MOAH nachgewiesen werden.

4.3 Synthese der Vorabklärungen von FiBL und Agroscope

Der Versuch auf dem Biobetrieb und die Stufenkontrolle von Agroscope zeigen beide auf, dass die Kontamination mit MOSH/MOAH sehr betriebsspezifisch ist. Durch den stichprobeartigen Charakter der Beprobung kann keine generelle Aussage über den Einfluss der Fütterung gemacht werden. Die Proben von Agroscope sind ausserdem nicht über die Zeit aufgenommen worden, sondern eine Momentaufnahme. MOSH/MOAH-Gehalte in der Milch können jedoch auch innerhalb eines Betriebes erheblich schwanken. Bei Kontamination durch Schmierfette hängt das Risiko der Kontamination des Grases unter anderem damit zusammen, wie neu die verwendeten Maschinenmodelle sind. Neuere Modelle haben tendenziell weniger offene Schmierpunkte als ältere Maschinen. Ausserdem ist eine Exposition des Futters mit Schmierfetten oder Rostschutzmittel stark abhängig davon, ob sie sachgemäss angewendet werden.

Da nur einer der beprobten Höfe ein Biobetrieb war, kann anhand der Resultate nicht auf eine Auswirkung von biologischer oder konventioneller Produktion auf die MOSH/MOAH-Kontamination geschlossen werden. Auf Grund der vermuteten Kontaminationswege war ein solcher Unterschied jedoch auch nicht zu erwarten.

5. Schlussfolgerung

Die hier beschriebenen Pilotversuche lassen folgende Schlussfolgerungen zu:

- Die meisten bei Landwirtschaftsmaschinen verwendeten Fette und Öle sind auf Mineralölbasis und enthalten hohe Mengen an MOSH und MOAH.
- Beim Eingrasen gibt es diverse Punkte, bei denen das Gras mit MOSH/MOAH kontaminiert werden könnte.
- Dennoch ist es möglich, auch beim Eingrasen Milch mit tiefer MOSH/MOAH-Konzentration zu produzieren.
- Der Pilotversuch auf dem Biobetrieb ergab keine Hinweise darauf, dass das Eingrasen die MOSH/MOAH-Konzentration gegenüber dem Weiden erhöht. Allerdings beruht dieses Ergebnis auf einer sehr kleinen Stichprobe und ist statistisch nicht signifikant.
- Da im Pilotversuch auf dem Biobetrieb praktisch keine Kontamination der Milch durch MOSH/MOAH auftrat und die MOSH/MOAH Kontamination vom Gras nicht gemessen werden konnte, können keine Schlüsse gezogen werden zu ob und wie schnell die Kontamination vom Gras in die Milch übergeht.
- Die Milch des Biobetriebs weist geringe Konzentrationen von MOSH auf, welche nicht mit dem Eingrasen zu tun haben. Leider ermöglicht der Versuchsaufbau keine Aussagen darüber, was die Ursachen dieser Kontamination sein könnten.
- Der Pilotversuch von Agroscope zeigte, dass der MOSH/MOAH-Gehalt von Milch zwischen einzelnen Betrieben stark schwankt.
- Dieser Pilotversuch lieferte keine Hinweise auf Unterschiede im MOSH/MOAH-Gehalt zwischen Milch aus der Fütterung mit Gras und mit Silofutter.
- Bei der Verarbeitung von Milch zu Rahm und Butter steigt der Gehalt an MOSH/MOAH ungefähr proportional zum Fettgehalt.
- Der Pilotversuch ergab Hinweise auf eine Kontamination der Butter, beispielsweise durch das Butterpapier. Leider ermöglicht der Versuchsaufbau keine genauere Abklärung der Ursachen.

Danksagung

Wir bedanken uns bei Pascal Nägele für die fachkundige Auskunft zu Anwendungspunkten von Maschinenölen. Besonderer Dank gilt ausserdem Maurus Biedermann vom KLZH für die Analyse der Proben und für das Einbringen seiner langjährigen, umfassenden Fachkenntnisse in diesem Themengebiet. Ebenfalls danken wir Ursula Kretzschmar (HAFL) für die Konzeptionierung und Bio Suisse für die Finanzierung dieser Studie.

6. Literaturverzeichnis

Barp, L., Biedermann, M., Grob, K., Blas-Y-Estrada, F., Nygaard, U. C., Alexander, J., & Cravedi, J.-P. (2017). Accumulation of mineral oil saturated hydrocarbons (MOSH) in female Fischer 344 rats: Comparison with human data and consequences for risk assessment. *Science of The Total Environment*, *575*, 1263–1278. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.203

Concin, N., Hofstetter, G., Plattner, B., Tomovski, C., Fiselier, K., Gerritzen, K., Fessler, S., Windbichler, G., Zeimet, A., Ulmer, H., Siegl, H., Rieger, K., Concin, H., & Grob, K. (2008). Mineral oil paraffins in human body fat and milk. *Food and Chemical Toxicology*, *46*(2), 544–552. https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.08.036

Grob, K., Vass, Margherita, Biedermann, Maurus, & and Neukom, H.-P. (2001). Contamination of animal feed and food from animal origin with mineral oil hydrocarbons. *Food Additives & Contaminants*, *18*(1), 1–10. https://doi.org/10.1080/02652030010003503

Ingenhoff, J.-E. (2023). *MOSH/MOAH in Milchprodukten – Eintragsquellen erkennen und mit Massnahmen vermeiden (Agroscope)*. https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/aktuell/kurznews/2023/12-08_Mineraloelruekstaende.html

Matei, M., & Mircea, I. (2023). *MINERAL OIL HYDROCARBONS (MOH) ANALYSIS IN ANIMAL FEED: A CHARACTERIZATION BASED ON MODERN POLLUTION*. https://animalsciencejournal.usamv.ro/index.php/scientific-papers/25-articles-2023-issue-1/1189-mineral-oil-hydrocarbons-moh-analysis-in-animal-feed-a-characterization-based-on-modern-pollution

Matei, M., Simeanu, D., & Pop, I. M. (2025). Mineral Oil Hydrocarbons in Feed: Corn Silage Contamination in a Romanian Dairy Farm. *Agriculture*, *15*(7), 777. https://doi.org/10.3390/agriculture15070777

Update of the risk assessment of mineral oil hydrocarbons in food | EFSA. (2023, September 13). https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/8215

7. Anhang

7.1 Anwendungsorte für Fette und Öle

Im Folgenden wird aufgeführt, bei welchen Maschinen wo welche Fette verwendet werden im Laufe der Heuherstellung.

Mähwerk

Abbildung 2: Scheiben: Laufen mit Hydrauliköl, evt. Schmierfett.

Abbildung 3: Schmierpunkt

Abbildung 4: Schwarzer Balken (Mitte) halbvoll mit Hydrauliköl.

Traktor

Abbildung 5: Hier wird (Hydraulik)öl nachgefüllt.

Abbildung 6: Öltropfen auf Boden vom Nachfüllen.

Abbildung 7: Auch hier wird Hydrauliköl nachgefüllt.

Ladewagen

Abbildung 8: Ladewagen.

Abbildung 9: Schmierpunkt. Eher nicht in Kontakt mit Heu.

Abbildung 10: Ladeaggregat. "Kreis" auf beiden Seiten wird geschmiert. Im Kontakt mit Heu.

Abbildung 11 & 12: Kratzboden; Zahnrad/drehende Stange wird gefettet mit Fettpresse (Ventil bei Loch neben Zahnrad). Kann rausquellen.

«Mädlimacher»/Kammschwader

Abbildung 13: Hydraulik, Ölpumpe schwitzt. Kein Schmierfett, da geschlossene Lager.

Motormäher

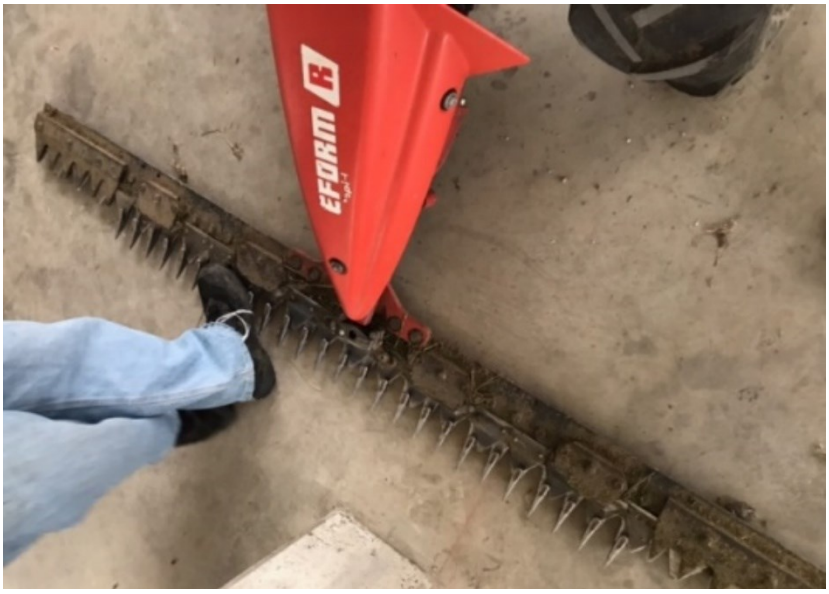

Abbildung 14: Messerkopf wird gefettet, Rostschutzöl. Hat auch Motorenöl/Hydrauliköl.

Kreiselheuer

Abbildung15: Kreiselheuer.

Abbildung 16: Schmierpunkt.

Abbildung 17: Schmierpunkt

7.2 Fette/Öle in der Werkstatt des Biobetriebs

Hier sind verschiedenste Fette und Öle aufgeführt, welche auf dem Biobetrieb verwendet werden oder wurden.

- Universalfett, Lithium Seifenfett für die Schmierung von Lagern bei erhöhten Temperaturen, DIN 51502 KP2K-20-NLGI 2, OKAY; Anhand DIN Klassifizierung: Grundöl = Mineralöl.
- Fett 190 EP, Lithiumfett, Motorex, Oil of Switzerland; "Lithiumfett auf **Mineraloelbasis** mit Extreme Pressure Zusätzen" ; FETT 190 EP | MOTOREX
- Motor Oil Universal Getriebeöl SAE 85W/140, Agrola; keine Infos von Agrola. Motorex: «**mineraloelbasische Hochdruck Getriebeoele**"; GEAR OIL UNIVERSAL SAE 85W/140 | MOTOREX
- Reifenschwärzer, Coop Qualité&Prix; keine Infos von Coop, Fripoo: **Kohlenwasserstoffe C12-C15, <2% aromatische**; Sicherheitsdatenblatt: Polyston Reifenschwärzer (fripoo.ch)
- Hochleistungshydrauliköl, HLP ISO 15 rot, ISO VG 15, Motorex Corex. «**paraffinbasische und solventraffinierte Qualitätsmineraloele**, welche mit neuartigen, sehr wirksamen Additiven veredelt sind»; COREX HLP 15 | MOTOREX
- Rostschutz, OKAY, Landi Schweiz, Art. No. 2012021 (Rostschutz Okay 4 kg kaufen - Auto Zubehör - LANDI); «**Destillate (Erdöl**), mit Wasserstoff behandelte leichte» 50-100%, «Kerosin (**Erdöl**) hydrodesulfuriertes» 10-25 %. (Anderer Anbieter (Kaiser Söhne): «**C9-C11, N-Alkane, Isoalkane, cyclisch, <2% Aromaten (80-85 %; Hochraffiniertes Mineralöl (10-15 %)**»; KS - Rostschutz 393 (kaiser-soehne.de))
- Metallbearbeitungsöl,Swisslube Blasocut, Automatic VG 15, Art. 832, Blaser; «Erdöldestillate, mit Wasserstoff behandelte mittlere, halogenartige Bearbeitungsöle auf **Mineralölbasis**, Die enthaltenen **Mineralölraffinate sind kennzeichnungsfrei. Der polyzyklische Aromaten (PKA)-Gehalt ist < 3%** nach IP346 (DMSO-Extrakt).» Sicherheitsdatenblätter - Blaser Swisslube | Our Liquid Tool. Your Success.
- High Quality Motor Oil, SAE 15W/40**, semi-synthetic**, OKAY; "**aus mineralischen und synthetischen Grundölen**» Motorenöl Pkw 15W-40 Okay 4 l kaufen - Motorenöle - LANDI
- Motor Oil 15W/50, shell super plus, CCMC European Oil Sequence; not found. Other 15W/50 are **mineral or semi-synthetic**.
- Vollsynthetisches Hochleistungs-2-Taktöl, Agrola ecosynt; von OKAY: **vollsynthetisch**. Also ohne Mineralöl. Motorenöl 2-Takt Ecosynt Okay 1 l kaufen - Motorenöle - LANDI
- High performance motor oil, SAE 10W/40, Castrol GTX3 Lightec, Motorex, Safety and Performance: BMW LL98, GM-LL-B-025; «**Schmieröle (Erdöl) C20-C50: 25-50%; Mineralöle Mischung 5-10%**»; MOTOR OIL UNIVERSAL SAE 10W/40 | MOTOREX; «**Mineralöle**» 3esc_692o_8gs57767 (castrol.com)
- Zweitaktmotorenöl 1:50, STIHL "auf **Mineralölbasis**" 2-Takt-Motorenöl HP | STIHL

- Rostlöser Art. 648, 03142, ROCOL; not found
- Getriebefett, OLYT G 30, Agrola; not found
- Konsistenzfett, Agrola; not found
- Vacuum pump Oil, high performance, DeLaval, 8860804; "**mineral oil >60%**"; https://www.delaval.com/globalassets/new-zealand/safety-data-sheets/op2008-nz-delaval-vacuum-pump-oil-08092020.pdf"
- Melkmaschinenöl Universal, OKAY, ISO 32-46; keine Angaben; Melkmaschinenöl Okay 4 l kaufen - Hydraulikflüssigkeiten - LANDI

7.3 Nomenklatur Schmierfette

Schmierfette werden nach DIN 51502 gekennzeichnet. Aus der Kennzeichnung lässt sich die Art der Schmierfette, die Zusätze, das verwendete Grundöl und die NLGI Klasse herauslesen, sowohl die untere und obere Einsatztemperatur und die Wasserbeständigkeit. Die NLGI-Klasse beschreibt die Konsistenz des Schmierfettes. Diese Klassifizierung wurde vom National Lubricant Crease Institute (NLGI) entwickelt.

Abbildung 18: https://www.oil-shop24.de/was-bedeutet-din-51502#1

In Abbildung 18 ist ein Beispiel einer Nomenklatur nach DIN51502 zu sehen. Die Schmierfette können durch verschiedene Buchstaben beschrieben werden:

Art (Anwendungsbereich)

K	Wälzlager, Gleitlager, Gleitflächen
G	geschlossene Getriebe
OG	offene Getriebe
M	Gleitlager und Dichtungen

Zusätze

P	EP-Additive (verbessert Druckbeständigkeit)
F	Festschmierstoff

Grundöl

(-)	Mineralöle
HC	Synthetische Kohlenwasserstoffe
PG	Polyglykole
E	Organische Esther
PH	Phosphorsäureester
FK	Perfluorierte Öle
SI	Silikonöle
X	Sonstige

NLGI-Klassen

000	Sehr flüssig
00	Flüssig
0	Zähflüssig
1	Sehr weich
2	Weich
3	Mittelfest
4	Fest
5	Sehr fest
6	Extrem fest