

Technischer Bericht

Herleitung der Bewertung der Klimaschutzmassnahmen

Dieser Technische Bericht ergänzt den Bericht *Klimaschutz beim Rindvieh - Resultate aus dem Projekt Klimaschutz in der Rindviehwirtschaft*.

Der Download beider Dokumente ist möglich unter:

<https://www.agridea.ch/de/themen/klimawandel/> → abgeschlossene Projekte



agridea

ENTWICKLUNG DER LANDWIRTSCHAFT UND DES LÄNDLICHEN RAUMS
DÉVELOPPEMENT DE L'AGRICULTURE ET DE L'ESPACE RURAL
SVILUPPO DELL'AGRICOLTURA E DELLE AREE RURALI
DEVELOPING AGRICULTURE AND RURAL AREAS

Impressum

Herausgeberin	AGRIDEA Eschikon 28 • CH-8315 Lindau T +41 (0)52 354 97 00 • F +41 (0)52 354 97 97 kontakt@agridea.ch • www.agridea.ch
Autorinnen	Bettina Koster, Jasmin Hufschmid, AGRIDEA
Auftraggeber	Branchenorganisation Milch (Stefan Kohler), Proviande (Heiri Bucher)
Steuerungsgruppe	Aaremilch (Rudolf Bigler), Agridea (Ueli Ryser, Pascal Python), Agroscope (Daniel Bretscher), ASR (Michel Geinoz), Bio Suisse (Corinne Wälti), Branchenorganisation Milch (Stefan Kohler, Michael Grossenbacher), Bundesamt für Landwirtschaft BLW (Adrian Aebi, Daniel Felder), Elsa (Lukas Barth), Emmi (Manuel Hauser, Peter Meier), HAFL (Jan Grenz), IP-Suisse (Sarah Hofmann, Lukas Barth), KLIR (Andreas Stämpfli), Micarna (Pirmin Aregger), Mooh (Andreas Zweifel), Mutterkuh Schweiz (Urs Vogt), Proviande (Heiri Bucher, Blaise Perrey), Schweizer Bauernverband SBV (Diane Gossin, Hannah Hofer), SMP (Pierre-André Pittet), Swiss Beef (Thomas Jäggi), WWF (Daniela Hoffmann), ZMP (André Bernet)

© AGRIDEA, Januar 2022

Ohne ausdrückliche Genehmigung des Herausgebers ist es verboten, diese Broschüre oder Teile daraus zu fotokopieren oder auf andere Art zu vervielfältigen.

Sämtliche Angaben in dieser Publikation erfolgen ohne Gewähr. Massgebend ist einzig die entsprechende Gesetzgebung.

Inhaltsverzeichnis

1	Fütterung	4
1.1	Gute landwirtschaftliche Fütterungspraxis	4
1.1.1	Leistung aus dem Grundfutter optimieren	4
1.1.2	N-Effizienz Fütterung.....	6
1.2	Klimafreundlicher Kraftfuttereinsatz.....	7
1.2.1	Einsatz von zertifizierter Soja	7
1.2.2	Einsatz von Donau Soja	8
1.3	Futtermittelzusätze	10
1.3.1	Bovaer	10
1.3.2	Leinsamen	12
1.3.3	Agolin	13
2	Herdenmanagement.....	16
2.1	Lebtagesleistung	16
2.1.1	Nutzungsdauer Milchkühe optimieren.....	16
2.1.2	Nutzungsdauer Mutterkühe	18
2.1.3	Erstkalbealter reduzieren.....	19
2.1.4	Milchleistung optimieren reduzieren	21
2.2	Züchtung & Koppelprodukt Fleisch	23
2.2.1	Gezielte Besamung (Mastrassengenetik, Spermasexing).....	23
2.2.2	Zweinutzungsrasen	24
3	Hofdünger	26
3.1	Abdeckung Güllelager	26
3.2	Gülleansäuerung	27
3.3	Emissionsarme Ausbringung.....	29
3.4	Biogasanlage	30
4	Kohlenstoffspeicherung	32
4.1	Nachhaltiges Beweidungssystem.....	32
4.2	Pflanzkohle verfüttern.....	35
4.3	Agroforst.....	36
5	Energie	38
5.1	Frequenzumformer für Melkmaschinen	38
5.2	Wärmerückgewinnung aus der Milchkühlung	39
	Literaturverzeichnis	40

1 Fütterung

1.1 Gute landwirtschaftliche Fütterungspraxis

1.1.1 Leistung aus dem Grundfutter optimieren

Tabelle 1: Bewertung der Massnahme Leistung aus dem Grundfutter optimieren

BK	Bewertung	Begründung
Ebene Einzelbetrieb		
Wirkungsbe- reich	Sehr klein	<p>Eine Optimierung der Leistung aus dem Grundfutter ermöglicht eine Reduktion des Kraftfutters, ohne dabei die Produktion zu verringern. Dadurch nehmen die vorgelagerten THG-Emissionen beim Kraftfutter ab.</p> <p>Führt eine Optimierung der Milchleistung aus dem Grundfutter zu einer Zunahme der produzierten Menge auf dem Betrieb, kann die Anzahl Milchkühe bei gleichbleibendem Output reduziert werden. Dies wirkt sich klar positiv auf die THG-Effizienz des Betriebs aus.</p> <p>Grundsätzlich beeinflusst der Anteil an eingesetztem Kraftfutter auf dem Betrieb die THG-Bilanz nur leicht. Weiter ist davon auszugehen, dass die Betriebe bei zunehmender Leistung nicht direkt mit einer Reduktion der Tierbestände reagieren würden.</p>
Betriebstyp	Alle	Alle Betriebe mit Rindvieh
Ebene Gesamtsystem Milch- und Fleischproduktion		
Optimierungsmöglichkeiten	+	Die Optimierungsmöglichkeiten bei der Milchleistung aus dem Grundfutter müssen betriebsindividuell angeschaut werden. Der Einbezug der Beratung ist hilfreich. Ebenfalls hilfreich ist die Anwendung von Tools (z.B. Fütterungsplanung, teilweise Klimatools).
Optimierungspotenzial	Nicht berechnet	Eine Quantifizierung des Potenzials für den Gesamtsektor ist nicht möglich. Das Potenzial muss betriebsindividuell abgeschätzt werden. Am besten mittels Beratung vor Ort.

Tabelle 2: Synergien und Zielkonflikte der Massnahme Leistung aus dem Grundfutter optimieren

BK	Wirkung	Bemerkungen
Tiergesundheit	Eher positiv	<p>Ivemeyer et al. (2014) stellten bei einer Reduktion der Kraftfuttermenge von durchschnittlich 363 kg auf 276 kg pro Kuh und Jahr im Laufe von zwei Jahren keinen Einfluss auf die Fruchtbarkeit, Eutergesundheit und den Body Score Index fest. Im dreijährigen Systemvergleich verschiedener Fütterungssysteme (Hohenrain II) wurde ebenfalls kein Einfluss des Fütterungsregimes auf die Tiergesundheit festgestellt (Probst, 2017).</p> <p>Einen positiven Effekt auf die Tiergesundheit erkannten (Arndt et al., 2021; Ivemeyer et al., 2014; Krause & Oetzel, 2006; Little et al., 2016; Notz et al., 2013). Gemäss den Autorinnen und Autoren verminderte eine kraftfutterfreie oder -reduzierte Ration das Risiko einer Pansenazidose.</p>
Biodiversität	Keine	<p>Eine Reduktion des Kraftfutters kann grundsätzlich als positiv eingestuft werden. Hohe Milchleistungen aus dem Grundfutter bedingen jedoch einen eher intensiven Futterbau, was sich wiederum negativ auf die Biodiversität auswirken kann. Darum wurden weder Synergien noch Zielkonflikte ausgewiesen.</p>
PSM	Eher positiv	
Stickstoff	Eher positiv	<p>Marton und Guggenberger (2015) ermittelten bei einer Reduktion des Kraftfutteranteils in der Ration eine Abnahme der aquatischen Eutrophierung N. Grund dafür ist, dass die Hauptemission Nitrat vor allem aus der ackerbaulichen Produktion von Kraftfutter stammt. Hörtenhuber et al. (2013) stellten einen Zusammenhang zwischen dem Anteil zugekaufter Futtermittel und N-Nährstoffverlusten, die über den Wirtschaftsdünger auf die hofeigenen Flächen ausgebracht werden, fest. Je niedriger der Anteil zugekaufter Futtermittel an der Gesamtration, desto niedriger der N-Saldo und die N-Verluste in kg N pro ha Betriebsfläche.</p> <p>Auch Diskussionen im Rahmen des Absenkpfad Stickstoff verdeutlichen den positiven Einfluss einer Reduktion der importierten Kraftfuttermenge (AGRIDEA, 2021).</p>
Phosphor	Eher positiv	<p>Untersuchungen weisen darauf hin, dass Systeme mit einem tiefen Anteil an Kraftfutter beim Phosphor Ressourcenbedarf tendenziell günstig abschneiden (Bystricky et al., 2015; Sutter et al., 2013).</p>
Feed-Food-Competition	Eher positiv	<p>Der Flächenbedarf für den Anbau von Kraftfutter ist im Vergleich zur Produktion von Wiesenfutter niedriger (Haupt et al., 2018). Bystricky et al. (2015) begründen den tieferen Flächenbedarf bei einer höheren Kraftfutterintensität damit, dass der Energiegehalt und die Erträge des Ackerfutters höher sind. Damit bei niedrigeren Kraftfutteranteilen dennoch dieselbe Menge Energie über die Fütterung bereitgestellt werden kann, bedarf es einer grösseren Fläche für die Futtermittelproduktion.</p> <p>Auf Ackerflächen produziertes Futter steht jedoch grundsätzlich in Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion. Die Feed-Food-Competition kann entschärft werden, indem die kraftfutterreichen Rationen hauptsächlich auf Nebenprodukten der Lebensmittelindustrie basieren (Arndt et al., 2021). Mack et al. (2009) gehen davon aus, dass sich eine geringe Kraftfuttermenge positiv auf die Sicherheit der Nahrungsmittelversorgung der Bevölkerung auswirkt. Eine Kraftfutterreduktion wirkt sich daher grundsätzlich positiv auf die Feed-Food-Competition aus (Arndt et al., 2021; Haupt et al., 2018)</p>
Wirtschaftlichkeit	Eher positiv	<p>Ein hoher Kraftfuttereinsatz hat negative Auswirkungen auf den Arbeitsverdienst. Hingegen wirkt sich eine Erhöhung des Wiesenfutteranteils positiv auf den Arbeitsverdienst aus. Bei einer niedrigen Kraftfutterintensität kann daher mit positiven Effekten auf die betriebliche Wirtschaftlichkeit gerechnet werden (Haupt et al., 2018; Pahlke, 2020; Schmid & Lips, 2013).</p> <p>Schlussendlich hängt die Kosteneffektivität der Massnahme von den Futter- und Kraftfutterkosten sowie von der damit verbundenen Steigerung der Tierproduktion und des Preises für tierische Produkte (Fleisch und Milch) ab (Arndt et al., 2021).</p>

Grasland Schweiz	Positiv	Die Reduktion des Kraftfutters ist der zentrale Hebel, um eine möglichst graslandbasierte Produktion zu fördern.
Aktuelle agrarpolitische Stossrichtungen	Positiv	<ul style="list-style-type: none"> - Graslandbasierte Milch- und Fleischproduktion (GMF) - Pa. Iv. 19.475: Im Verordnungspaket ist festgehalten, dass die N-Verluste um 20% bis 2030 reduziert werden sollen. Eine Reduktion der importierten Kraftfuttermengen würde sich positiv auf das Ziel auswirken (BLW, 2021b).
Massnahmen-spezifische Synergien und Zielkonflikte		Der Einfluss auf den Fett- und Harnstoffgehalt sowie die Zellzahlen der Milch werden kontrovers bewertet (Leiber et al., 2015; Notz et al., 2013; Schori, 2017; Wyss et al., 2014). Gemäss Leiber et al. (2015) nimmt der Anteil von Linolsäuren und konjugierten Linolsäuren im Milchlaktat bei geringerer Kraftfutterintensität ab. Bisig et al. (2008) zeigten, dass kraftfutterreduzierte Rationen zu höheren Konzentrationen an einfach ungesättigten Fettsäuren und mehrfach ungesättigte Fettsäuren sowie zu niedrigeren Konzentrationen von gesättigten Fettsäuren in der Milch führten. Die Auswirkung einer geringeren Kraftfutterintensität hängt massgeblich davon ab, welche Futtermittelkomponente als Substitut zum Einsatz kommt. Auch Mulser et al. (2018) stellten bei einem hohen Anteil an frischem Wiesenfutter in der Ration eine hohe Menge an Fett und Protein in der erzeugten Milch auf.

1.1.2 N-Effizienz Fütterung

Tabelle 3: Bewertung der Massnahme N-Effizienz Fütterung

BK	Bewertung	Begründung
Ebene Einzelbetrieb		
Wirkungsbereich	Sehr klein	Schätzung. Es liegen keine Daten auf Ebene Einzelbetrieb vor.
Betriebstyp	Milchbetriebe	Da als Indikator für fütterungsbedingte N-Überschüsse der Milchlaktatwert verwendet wird, ist die Massnahme auf Mastbetrieben grundsätzlich nicht anwendbar.
Ebene Gesamtsystem Milch- und Fleischproduktion		
Optimierungsmöglichkeiten	+	Optimierungspotenzial ist vorhanden. Sie müssen betriebsindividuell analysiert werden, am besten mit Unterstützung der Beratung.
Optimierungspotenzial	70 kt CO ₂ eq	Bretscher et al. (2018) schätzten – basierend auf den Arbeiten von Bracher et al. (2011) – das Potenzial der Massnahme auf 70 kt CO ₂ eq pro Jahr für den Gesamtsektor ein. Auch Henzen et al. (2012) bezeichneten in ihrer Studie das Reduktionspotenzial bezüglich THG-Emissionen als klein. Basierend auf diesen Zahlen wurde der Wirkungsbereich auf Ebene Einzelbetrieb mit sehr klein bewertet.

Tabelle 4: Synergien und Zielkonflikte der Massnahme N-Effizienz Fütterung

BK	Wirkung	Bemerkungen
Tiergesundheit	Positiv	Werden Stickstoffüberschüsse vermieden, wirkt sich dies positiv auf die Tiergesundheit aus.
Biodiversität	Eher positiv	
PSM	Keine	
Stickstoff	Positiv	Durch ein ausgewogenes Energie-Protein-Verhältnis in der Futtermittelration werden die N-Überschüsse – speziell im Harn - verhindert und somit NH ₃ , N ₂ O und NO ₃ -Verluste reduziert (Bretscher et al., 2018; Schmid et al., 2000). Ein Stickstoffüberschuss kann verhindert werden, indem die Tiere abgestimmt auf den unterschiedlichen Bedarf in den verschiedenen Produktionsphasen gefüttert werden (Phasenfütterung).

Phosphor	Keine	
Feed-Food-Competition	Keine	
Wirtschaftlichkeit	Keine	
Grasland Schweiz	Keine	Die Phasenfütterung stösst im Sommer bei der Weidehaltung an die Grenzen, da die Herde auf verschiedene Weideschläge verteilt werden müsste (Bracher et al., 2011).
Aktuelle agrarpolitische Stossrichtungen	Eher positiv	

1.2 Klimafreundlicher Kraftfuttereinsatz

1.2.1 Einsatz von zertifizierter Soja

Tabelle 5: Bewertung der Massnahme Einsatz von zertifizierter Soja

BK	Bewertung	Begründung
Ebene Einzelbetrieb		
Wirkungsbereich	Gross	Zertifizierte Soja garantiert, dass der Anbau auf Flächen stattfand, die bereits vor 2004 kultiviert wurden und somit keine neuen Flächen gerodet wurden. Durch die Verwendung von zertifizierter Soja verringern sich somit die THG-Emissionen aus der Landnutzungsveränderung. Gemäss Alig et al. (2015) verursacht 1 kg zertifiziertes Soja 0.33 kg CO ₂ -Äq, 1 kg nicht-zertifiziertes Soja durchschnittlich 4.31 kg CO ₂ -Äq. Dies sind -3.98 kg CO ₂ eq pro kg zertifizierter Soja, das anstelle von nicht-zertifizierter verwendet wird.
Betriebstyp	Alle	Alle Betriebe mit Rindvieh, die Soja als Ergänzungsfuttermittel einsetzen.
Ebene Gesamtsystem Milch- und Fleischproduktion		
Optimierungsmöglichkeiten	0	Der Importanteil an Soja aus verantwortungsvoller Produktion beträgt in der Schweiz bereits 96%. Somit besteht wenig bis kein Ausbaupotential.

Tabelle 6: Synergien und Zielkonflikte der Massnahme Einsatz von zertifizierter Soja

BK	Wirkung	Bemerkungen
Tiergesundheit	Keine	
Biodiversität	Negativ	Die Sojakultur ist vor allem in Brasilien ein bedeutender Treiber der Rodung von Primärwäldern in den ökologisch wertvollen Biomen Cerrado und Amazonas (Grenz & Angnes, 2020; Wittman et al., 2017). Die Entwaldung und Umwandlung von Lebensräumen trägt zum Verlust der biologischen Vielfalt bei. Die fehlende Vielfalt in Fruchtfolgen und Landschaften werden auch beim zertifizierten Sojaanbau kritisiert. Wald- und Savannenflächen sind entlang von Gewässern oft durch grosse, strukturarme Ackerflächen voneinander getrennt. Zum Schutz der Biodiversität wäre eine bessere Vernetzung wünschenswert (Grenz & Angnes, 2020).
PSM	Negativ	Durch die engen Fruchtfolgen, die langsame Jugendentwicklung und den niedrigen Wuchs ist die Sojapflanze konkurrenzschwach gegenüber Unkräutern, was zu einem intensiven Einsatz von synthetischen Pflanzenschutzmitteln führt (Grenz & Angnes, 2020).

Stickstoff	Keine	Es wird kein mineralischer Stickstoff ausgebracht, da Soja Stickstoff biologisch fixiert (Grenz & Angnes, 2020).
Phosphor	Keine	Zertifizierte Soja aus Brasilien hat gemäss Wolff et al. (2016) denselben Ressourcenbedarf P wie nicht zertifizierte Soja.
Feed-Food-Competition	Negativ	Auf Ackerflächen produziertes Futter steht grundsätzlich in Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion (Arndt et al., 2021).
Wirtschaftlichkeit	Keine	Die Kosteneffektivität hängt von den Futter- und Kraftfutterkosten sowie von den damit verbundenen Steigerungen der Tierproduktion und des Preises für tierische Produkte ab (Arndt et al., 2021).
Grasland Schweiz	Negativ	Der Import von zertifizierter Soja steht im Gegensatz zu einer graslandbasierten Milch- und Fleischproduktion.
Aktuelle agrarpolitische Stossrichtungen	Negativ	Pa.Iv. 19.475: Produktionssystembeitrag MN1: Begrenzung Rohporteinzufuhr (BLW, 2021b).
Massnahmen-spezifische Synergien und Zielkonflikte	Negativ	Der übermässige Einsatz von Pestiziden führt dazu, dass in der Nähe von Sojafarmen lebende Menschen verschiedenster Gesundheitsrisiken ausgesetzt sind (Jennings et al., 2020; Pignati et al., 2017). Zudem verursacht - auch der zertifizierte - Sojaanbau gesellschaftliche Konflikte und Spannungen zwischen den Erzeugern und der lokalen Bevölkerung aufgrund von Land- und Arbeitnehmerrechten (Jennings et al., 2020; Soja Netzwerk Schweiz, 2018). 2018 veröffentlichte die Rainforest Foundation Norway (2018) einen Bericht zu sozialen und ökologischen Auswirkungen der Sojaproduktion für norwegische Lachsfarmen. Es handelte sich dabei um ProTerra-zertifizierte Soja. Dabei wurden Fälle von illegaler Waldrodung, Sklavenarbeit und menschenunwürdigen Arbeitsbedingungen, irregulärem PSM-Einsatz und Inbesitznahme von indigenem Land aufgedeckt.

1.2.2 Einsatz von Donau Soja

Tabelle 7: Bewertung der Massnahme Einsatz von Donau Soja

BK	Bewertung	Begründung
Ebene Einzelbetrieb		
Wirkungsbereich	Sehr klein	Es finden keine Landnutzungsveränderungen und damit verbundene Kohlenstofffreisetzung statt. Zudem werden die Emissionen aus dem Transport reduziert (Donau Soja, 2017). 1 kg zertifiziertes Soja verursacht gemäss Alig et al. (2015) 0.33 kg CO ₂ eq. Gemäss Ökobilanz von Wolff et al. (2016) ist der Import von einem kg Donau Soja mit einem etwa halb so grossen Treibhausgaspotenzial wie jener von zertifiziertem Soja aus Brasilien verbunden. Der Hauptgrund liegt bei den unterschiedlich weiten Transportdistanzen. Gemäss Auskunft von Donau-Soja hängt der THG-Emissionswert von einem kg Donau-Soja stark vom Herkunftsland, respektive dem Ertragsniveau ab. Die Werte reichen von 0,2 bis 0,5 kg CO ₂ eq. (ohne PAS2050-1) und bei 0,3 bis 0,8 kg CO ₂ eq. pro kg Sojabohne (mit PAS2050-1).
Betriebstyp	Alle	Alle Betriebe mit Rindvieh, die Soja als Ergänzungsfuttermittel einsetzen.
Ebene Gesamtsystem Milch- und Fleischproduktion		
Optimierungsmöglichkeiten	+	Gemäss Angaben des Vereins besteht in Europa das Potential in bereits 10 Jahren den Bedarf an Soja zu 43% zu decken. Zu den Hauptmärkten gehört aktuell die Schweiz. Auch hierzulande gibt es Ausbaupotenzial (Donau Soja, 2017).

Optimierungspotenzial	0.0064 kt CO ₂ eq	<p>Berechnung Optimierungspotenzial: Angenommener CO₂-Footprint von 1 kg Donau Soja für die Abschätzung des Optimierungspotenzials: 0.25 kg CO₂eq/kg (abgestützt auf Angaben bei Wirkungsbereich)</p> <p>Gemäss Grenz & Angnes (2020) wurden 2018 rund 140 000 t Soja aus Brasilien in die Schweiz importiert.</p> <p>Vorläufig verwendete Schätzung: 80'000 t fliesst in die Rindviehwirtschaft</p> <p>Einsparpotenzial pro kg zertifiziertes Soja, das mit Donau Soja substituiert wird: $0.33 - 0.25 = 0.08$ kg CO₂eq = 0.00008 t CO₂eq</p> <p>Optimierungspotenzial: $80'000 \times 0.00008 = 6.4$ t = 0.0064 kt CO₂eq</p>
-----------------------	------------------------------	--

Tabelle 8: Synergien und Zielkonflikte der Massnahme Einsatz von Donau Soja / Europa Soja

BK	Wirkung	Bemerkungen
Tiergesundheit	Keine	
Biodiversität	Eher positiv	Donau Soja (2017) fördert eine vielfältige Fruchtfolge um die Biodiversität zu erhöhen und die Verwendung von Pestiziden zu reduzieren.
PSM	Eher negativ	Durch die langsame Jugendentwicklung und den niedrigen Wuchs ist die Sojapflanze konkurrenzschwach gegenüber Unkräutern, was zu einem intensiven Einsatz von synthetischen PSM führt (Grenz & Angnes, 2020). Bei Donau Soja gelten die jeweiligen EU-rechtlichen Bestimmungen. Zudem ist der Einsatz von Sikkationsmitteln vor der Ernte (z.B. Glyphosat oder Diquat) verboten. Ein von Donau Soja publiziertes Best Practice Manual ¹ gilt als unverbindliche Empfehlung zur Reduktion des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln (Donau Soja, 2020).
Stickstoff	Keine	Es wird kein mineralischer Stickstoff ausgebracht, da Soja Stickstoff biologisch fixiert (Grenz & Angnes, 2020).
Phosphor	Eher positiv	Gemäss Grenz und Angnes (2020) hat Donau Soja einen etwa halb so grossen Ressourcenbedarf P als zertifizierte Soja aus Brasilien.
Feed-Food-Competition	Negativ	Auf Ackerflächen produziertes Futter steht grundsätzlich in Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion (Arndt et al., 2021).
Wirtschaftlichkeit	Keine	Die Kosteneffektivität hängt von den Futter- und Kraftfutterkosten sowie von den damit verbundenen Steigerung der Tierproduktion und des Preises für tierische Produkte ab (Arndt et al., 2021).
Grasland Schweiz	Negativ	Der Einsatz von zertifizierter Soja steht im Gegensatz zu einer graslandbasierten Milch- und Fleischproduktion.
Aktuelle agrarpolitische Stossrichtungen	Negativ	Pa.Iv. 19.475: Produktionssystembeitrag MN1: Begrenzung Rohporteinzufuhr (BLW, 2021b).

¹ Eine aktuelle Version des Best Practice Manuals ist auf der Donau Soja Homepage verfügbar: www.donausoja.org/de/downloads

1.3 Futtermittelzusätze²

1.3.1 Bovaer

Tabelle 9: Bewertung des Futtermittelzusatzes Bovaer

BK	Bewertung	Begründung
Ebene Einzelbetrieb		
Wirkungsbe- reich	Sehr gross	<p>Das Produkt Bovaer gehört zu der Gruppe der Futtermittelzusätze mit der Bezeichnung 3-NOP (3-Nitrooxypropanol).</p> <p>Die enterischen CH₄-Emissionen werden direkt verringert. Zusätzlich steigt die Futtermitteleffizienz (um mindestens 4%), durch die erhöhte Produktion von Milchfett oder Milchprotein (DSM, 2019).</p> <p>3-NOP hat keine nachteiligen Auswirkungen auf die Gewichtszunahme wachsender Rinder (Kim et al., 2019) oder die Faserverdaulichkeit frühlaktierender Milchkühe (van Gastelen et al., 2020).</p> <p>Verschiedene Studien bestätigen die Reduktion der täglichen CH₄-Emissionen bei der Supplementierung von 3-NOP.</p> <p>Melgar et al. (2019) konnten in ihrem Versuch (in Pennsylvania) mit der niedrigsten vorgeschlagenen 3-NOP Dosis (60 mg/kg TM der gesamten Tagesration) die Methanemissionen von Milchkühen in einem TMR System um 22 bis 35% reduzieren. Weitere Studien erzielten Reduktionen zwischen 27 und 40% (Arndt et al., 2021; DSM, 2019; Melgar et al., 2020).</p> <p>Die täglichen CH₄-Emissionen verringern sich in Abhängigkeit von der Menge des Methaninhibitors im Futter und den Futtermitteln (Dijkstra et al., 2018).</p>
Betriebstyp	Alle	Grundsätzlich alle Betriebe mit Rindvieh. Bei Milchkühen ist die Verringerungswirkung tendenziell grösser als bei Fleischrindern (Dijkstra et al., 2018). Untersuchungen beziehen sich jedoch vor allem auf TMR-Betriebe!
Ebene Gesamtsystem Milch- und Fleischproduktion		
Optimierungsmöglichkeiten	++	
Optimierungspotenzial	<p>Bovaer: Milch: 578 kt CO₂eq Mutterkühe: 131 kt CO₂eq Mast: 253 kt CO₂eq</p> <p>Durchschnitt Bovaer & Agolin: Milch: 385 kt CO₂eq Mutterkühe: 87 kt CO₂eq</p>	<p>DSM gibt ein Reduktionspotenzial von 1 Tonne CO₂eq pro Milchkuh und Jahr an (DSM, 2021). Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) übertrug in ihrer wissenschaftlichen Studie die untersuchte Wirkung bei den Milchkühen auf die gesamt Milch- und Fleischproduktion im Rindviehbereich (EFSA, 2021). Darum wird bei der Potenzialabschätzung davon ausgegangen, dass Bovaer bei den Tieren der Kategorie Milchkühe (562 455), Mutterkühe (115 408), andere Kühe (31 952 → zur Hälfte verteilt auf die Kategorien Milch- und Mutterkühe) sowie Tiere in der Grossviehmast (253 396) verfüttert wird und pro Tier eine Reduktionsleistung von 1 Tonne CO₂eq pro Jahr erreicht wird.</p> <p>Für die vergleichende Ausweisung des Optimierungspotenzials (Kreisdiagramm im Bericht <i>Klimaschutz beim Rindvieh - Resultate aus dem Projekt Klimaschutz in der Rindviehwirtschaft</i> auf Seite 21) wird für die Massnahme Futtermittelzusatz die durchschnittliche Wirkung der Zusätze Bovaer und Agolin verwendet.</p>

² **Eine umfassende Übersicht zu Futtermittelzusätzen liefert der neu publizierte Bericht der Global Research Alliance:** Hegarty RS, Cortez Passetti RA, Dittmer KM, Wang Y, Shelton S, Emmet-Booth J, Wollenberg E, McAllister T, Leahy S, Beauchemin K, Gurwick N. 2021. An evaluation of emerging feed additives to reduce methane emissions from livestock. Edition 1. A report coordinated by Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS) and the New Zealand Agricultural Greenhouse Gas Research Centre (NZAGRC) initiative of the Global Research Alliance (GRA).

	Mast: 171 kt CO ₂ eq	
--	------------------------------------	--

Tabelle 10: Synergien und Zielkonflikte der Massnahme Bovaer

BK	Wirkung	Bemerkungen
Tiergesundheit	Keine	Es scheinen keine grösseren Bedenken bezüglich negativer Auswirkungen auf die Tiergesundheit vorhanden zu sein. Die längerfristigen Auswirkungen auf die Pansenflora (Anpassung?) scheinen noch unklar zu sein.
Biodiversität	Keine	
PSM	Keine	
Stickstoff	Keine	
Phosphor	Keine	
Feed-Food-Competition	Keine	
Wirtschaftlichkeit	Eher positiv	Die Zufütterung von 3-NOP erhöht den Milchfettgehalt bei Milchkühen und die Futtermittelleffizienz bei Mastrindern. Dies kann dazu beitragen, die Kosten auszugleichen und die Akzeptanz zu fördern (Arndt et al., 2021).
Grasland Schweiz	Eher negativ	In seiner derzeitigen Form ist Bovaer vor allem bei der kontinuierlichen Zugabe zum Futter in Ställen wirksam (TMR-Systeme). Zurzeit werden jedoch alternative Formen des Produktes entwickelt, um es auch für Weidesysteme anwendbar zu machen (DSM, 2019).
Aktuelle agrarpolitische Stossrichtungen	Keine	
Massnahmen-spezifische Synergien und Zielkonflikte	Geteilte Meinung	Allenfalls gestaltet sich die Kommunikation zu der Anwendung eines synthetischen Produkts den Konsument:innen gegenüber als anspruchsvoll. Die Einschätzung verschiedener Akteure geht diesbezüglich auseinander.

1.3.2 Leinsamen

Tabelle 11: Bewertung des Futtermittelzusatzes Leinsamen

BK	Bewertung	Begründung
Ebene Einzelbetrieb		
Wirkungsbereich	Klein bis Mittel	<p>Die enterischen CH₄-Emissionen werden direkt verringert. Weiter zeigte der Versuch von Münger et al. (2019) eine Zunahme der Milchleistung pro Tag. In ihrem Versuch verminderte die Verfütterung von extrudierten Leinsamen die täglichen Methanproduktion (g pro kg ECM) um 7%.</p> <p>Furrer et al. (2021) haben eine umfassende Literaturübersicht zu den Wirkungsbereichen erarbeitet. Sie weisen auf verschiedene Studien hin, die eine Wirkung von über 40% ausweisen. In einer anderen umfassenden Studie von Beauchemin et al. (2008) wird hingegen ein Wirkungsbereich von 10 bis 25% als realistisch angenommen.</p> <p>Bezüglich des Wirkungsbereichs sind weitere Punkte festzuhalten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Da die Schweizer Futtermationen gegenüber ausländischen Studien stärker grasbasiert sind und weniger Kraftfutter enthalten, ist mit einer eher tieferen Methanreduktion zu rechnen (Engelke et al., 2019). - Der Fettgehalt der Futtermation sollte 6-7% nicht übersteigen, da sonst negative Effekte – beispielsweise auf den Futtermverzehr – zu erwarten sind (Beauchemin et al., 2008). Ihren Berechnungen zufolge führt die Erhöhung des Fettgehalts in der Ration um 1% zu einer durchschnittlichen Methanreduktion von 5.6%. - Meist wird ein Fettzusatz von 3-6% an der Trockensubstanz empfohlen (Haupt et al., 2018). - Leinsamen sollten für eine effiziente Verdauung vorbehandelt werden (Grainger & Beauchemin, 2011). - Furrer et al. (2021) zeigten in ihrer Sensitivitätsanalyse, dass je nach Kraftfutter, das durch die extrudierten Leinsamen ersetzt wird, die THG-Einsparungen höher oder tiefer ausfallen. - Die methansenkende Wirkung hängt von der Fettsäurezusammensetzung, der Aufbereitung (extrudiert, gemahlen, etc.) und den übrigen Komponenten in der Ration ab (Münger et al., 2019). - Das THG-Potenzial von 1 kg extrudierter Leinsamen ist mit 1.5 kg CO₂eq pro kg deutlich höher als jenes von 1 kg Kraftfutter Milchvieh mit einem RP-Gehalt von 16% (0.5 kg CO₂eq). Dies lässt sich vor allem mit den tiefen Erträgen beim Leinanbau erklären (Furrer et al., 2021). <p>Furrer et al. (2021) hielten fest, dass die Quantifizierung der Wirkung mit Unsicherheiten belastet ist. Dies bestätigen auch andere Fachpersonen.</p> <p>Für dieses Projekt wird ein mittlerer Wirkungsbereich angenommen, der sich vor allem an der Schweizer Studie von Münger et al. (2019) orientiert.</p>
Betriebstyp	Alle	Arndt et al. (2021) empfehlen die Verfütterung vor allem beim Milchvieh (siehe Massnahmenspezifische Synergien und Zielkonflikte)
Ebene Gesamtsystem Milch- und Fleischproduktion		
Optimierungsmöglichkeiten	+	
Optimierungspotenzial	Siehe Bovaer	Für Leinsamen wurden keine spezifischen Berechnungen gemacht.

Tabelle 12: Synergien und Zielkonflikte der Massnahme Leinsamen

BK	Wirkung	Bemerkungen
Tiergesundheit	Keine	Bei sachgemässer Dosierung von Ölen und Ölsaaten sind keine Auswirkungen auf das Tierwohl zu erwarten (Haupt et al., 2018). Eine zu hohe Dosierung hingegen kann zu Störungen der Pansenprozesse führen (Flachowsky & Brade, 2007). Die maximale Öl- und Ölsaatenmenge bei der Fütterung von Wiederkäuern ist abhängig vom physiologischen Stadium der Tiere, der

		Nährstoffzusammensetzung des Grundfutters und dem Fettsäureprofil des zusätzlichen Öls (Arndt et al., 2021).
Biodiversität	Keine	
PSM	Eher negativ	Durch den Leinanbau entstehen relativ hohe Zielkonflikte im Bereich Eutrophierung, Ressourcen- und Flächenbedarf. Die Massnahme ist daher in Bezug auf den Umwelt- und Ressourcenschutz kritisch zu hinterfragen (Furrer et al., 2021)
Stickstoff	Eher negativ	
Phosphor	Eher negativ	
Feed-Food-Competition	Negativ	Im Vergleich zu anderen Futtermittelkomponenten, wie Hafer, Weizen oder Mais, sind die Ernteerträge von der Ölsaaten Lein vergleichsweise gering. Es wird also mehr Anbaufläche benötigt (Haupt et al., 2018).
Wirtschaftlichkeit	Eher negativ	Die Verfütterung von Öl und Ölsaaten bringt Mehrkosten mit sich (Haupt et al., 2018). Jedoch führt Milch mit einem angepasstem Fettsäuremuster zu einer Differenzierung der Produktqualität (Spörri et al., 2016). Marette und Millet (2014) weisen in einer Studie - die sich auf Frankreich bezieht - auf eine gesteigerte Kaufbereitschaft für Milch mit erhöhten Omega-3-Gehalten hin.
Grasland Schweiz	Eher negativ	In Versuchen war die Methanreduktion durch die Verfütterung von extrudierten Leinsamen bei graslandbasierten Rationen geringer als in Rationen mit viel Mais oder Kraftfutter (Engelke et al., 2019).
Massnahmen-spezifische Synergien und Zielkonflikte		Die Auswirkungen der verringerten Faserverdaulichkeit durch die Verfütterung von Öl und Ölsaaten auf die Methanemissionen aus der Gülle müssen noch untersucht werden (Arndt et al., 2021). Sämtliche Stoffe, die nicht zu Methan umgewandelt oder nicht anderweitig verdaut werden, könnten Ausgangssubstrat für weitere Emissionen sein (Bretscher et al., 2018). Die Verfütterung von Öl und Ölsaaten verringerten die Gewichtszunahme bei wachsenden Tieren. Arndt et al. (2021) empfiehlt die Zufuhr von Öl und Ölsaaten nur für laktierende Milchviehbestände und nicht für wachsende Tiere. Die Verfütterung von Öl und Ölsaaten beeinflusst die Milcheigenschaften positiv (Haupt et al., 2018). Verschiedene Studien zeigen, dass der Anteil gesättigter Fettsäuren abnimmt und der Anteil mehrfach ungesättigter Fettsäuren zunimmt (Haupt et al., 2018; Furrer et al., 2021). Zudem steigt der Anteil Omega-3-Fettsäuren in der Milch (Schrade et al., 2019).

1.3.3 Agolin

Tabelle 13: Bewertung des Futtermittelzusatzes Agolin

BK	Wirkung	Begründung
Ebene Einzelbetrieb		
Wirkungsbereich	Gross	Die enterischen CH ₄ -Emissionen werden direkt verringert. Langzeitstudien aus Grossbritannien zeigen, dass die Zufütterung mit Agolin die Milchleistung um 3.6% und die Futtermittel-effizienz um 4.4% steigert (Belanche et al., 2020; Hart et al., 2019). Agolin führt bei einer Zugabe von 1 Gramm ins tägliche Futter zu 10 bis 20% weniger Methanausstoss pro Liter Milch (Belanche et al., 2020; Hart et al., 2019). Die täglichen CH ₄ -Emissionen verringern sich grundsätzlich in Abhängigkeit von der Menge des Methaninhibitors im Futter und den Futtermitteln (Dijkstra et al., 2018). Verschiedene Studien bestätigen die Wirksamkeit, darunter der Swiss Clean Tech Report 2020 der Schweizerischen Eidgenossenschaft.
Betriebstyp	Alle	Alle Betriebe mit Rindvieh.

Ebene Gesamtsystem Milch- und Fleischproduktion		
Optimierungsmöglichkeiten	+	
Optimierungspotenzial	<p>Agolin: Milch: 191 kt CO₂eq Mutterkühe: 43 kt CO₂eq Mast: 89 kt CO₂eq</p> <p>Durchschnitt Bovaer & Agolin: Milch: 385 kt CO₂eq Mutterkühe: 87 kt CO₂eq Mast: 171 kt CO₂eq</p>	<p>Die Wirkung von Agolin beträgt ca. ein Drittel der Wirkung von Bovaer (abgestützt auf das Klimaprogramm von mooh). Das Optimierungspotenzial wurde entsprechend von den Berechnungen bei Bovaer abgeleitet.</p> <p>Für die vergleichende Ausweisung des Optimierungspotenzials (Kreisdiagramm im Bericht <i>Klimaschutz beim Rindvieh - Resultate aus dem Projekt Klimaschutz in der Rindviehwirtschaft</i> auf Seite 21) wird für die Massnahme Futtermittelzusatz die durchschnittliche Wirkung der Zusätze Bovaer und Agolin verwendet.</p>

Tabelle 14: Synergien und Zielkonflikte der Massnahme Agolin

BK	Wirkung	Bemerkungen
Tiergesundheit	Keine	Agolin basiert auf einer Mischung aus ätherischen Ölen und wurde ursprünglich zur Verdauungsförderung von Kühen entwickelt. Die Verringerung der CH ₄ -Emissionen ist ein Nebeneffekt. Hart et al. (2019) stellten keine Veränderung bei der Reproduktionsleistung oder dem Auftreten von Mastitis fest.
Biodiversität	Keine	
PSM	Keine	
Stickstoff	Keine	
Phosphor	Keine	
Feed-Food-Competition	Keine	
Wirtschaftlichkeit	Eher positiv	Der Futtermittelzusatz Agolin ist im Mineralfuttermittel UFA 295 Biotin USCF enthalten. Für den Zusatz entstehen auf diesem Weg keine Zusatzkosten für den Landwirtschaftsbetrieb. Dafür treten die Produzent:innen ihre Emissionsreduktionsrechte an die Fenaco ab. Ansonsten ist mit bescheidenen Kosten von 25 Euro pro Tonne eingespartem Methan zu rechnen. Beim Klimaprogramm der mooh fließen die Erlöse aus den Klimazertifikaten auf die Betriebe zurück.
Grasland Schweiz	Keine	

Aktuelle agrar- politische Stossrichtun- gen	Keine	
---	-------	--

2 Herdenmanagement

2.1 Lebtagesleistung

2.1.1 Nutzungsdauer Milchkühe optimieren

Tabelle 15: Bewertung der Massnahme Nutzungsdauer Milchkühe optimieren

BG	Bewertung	Begründung														
Ebene Einzelbetrieb																
Wirkungsbe- reich	Klein	<p>Die Sensitivitätsanalyse mit dem KLIR-Tool (Köke et al., 2021) zeigte, dass der Parameter Nutzungsdauer die THG-Emissionen pro kg ECM – unter Berücksichtigung des Koppelprodukts Fleisch - positiv beeinflusst. Nimmt die Nutzungsdauer zu, sinken die THG-Emissionen pro kg ECM leicht.</p> <p>Alig et al. (2015), Wall et al. (2010) und Schader et al. (2014) ermittelten niedrigere THG-Emissionen bei einer steigenden Anzahl Laktationen. Schader et al. (2014) berechneten bei einer Steigerung der Anzahl Laktationen von 2.3 auf 3.6 Laktationen je Kuh, Einsparungen pro Milchviehbetrieb und Jahr und pro kg FPCM um knapp 6%.</p> <p>Gemäss Muller-Lindenlauf et al. (2014) beträgt das Einsparpotenzial 10% der THG-Emissionen bei einer Senkung der Remontierungsrate um 10%.</p> <p>Verschiedene Autoren weisen auf die Relevanz des Koppelproduktes Fleisch hin (Zehetmeier et al., 2017; Haupt et al., 2018). Bei längerer Nutzungsdauer fällt weniger Fleisch durch sogenannte Bankkühe an. Grundsätzlich werden weniger Milchkühe geschlachtet, dafür nimmt bei einer erhöhten Nutzungsdauer die Anzahl Kälber zu. Die Fleischproduktion wird durch diese Verschiebung grundsätzlich reduziert. Bleibt der Fleischbedarf gleich und wird in der Modellierung das fehlende Fleisch durch Fleisch aus Mutterkuhhaltung kompensiert, steigen die THG-Emissionen im Gesamtsystem der Milch- und Fleischproduktion an.</p> <p>Bei einer Sensitivitätsanalyse mit dem KLIR-Tool (Köke et al., 2021) wurde der Parameter Nutzungsdauer (ND) variiert. Die Analyse ergab folgende Ergebnisse für die Emissionen pro kg ECM (unter Berücksichtigung des Koppelprodukts Fleisch auf Ebene Betrieb):</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Variation ND</th> <th>Veränderung CO²-eq * Kg ECM-1 gegenüber Basiswert (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-10%</td> <td>ca. +1%</td> </tr> <tr> <td>-20%</td> <td>ca. +2%</td> </tr> <tr> <td>-50%</td> <td>ca. +5%</td> </tr> <tr> <td>+10%</td> <td>ca. -0.5%</td> </tr> <tr> <td>+20%</td> <td>ca. -1.5%</td> </tr> <tr> <td>+50%</td> <td>ca. -3%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Fazit Wirkungsbereich: in der Literatur sind unterschiedliche Angaben zu finden. Wird ein tendenziell höheres Reduktionspotenzial ausgewiesen, wurde möglicherweise das Koppelprodukt Fleisch nicht in die Analysen miteinbezogen. Da für dieses Projekt die Gesamtsystemperspektive relevant ist (Milch- und Fleischproduktion), orientieren wir uns primär an der Studie von (Köke et al., 2021).</p>	Variation ND	Veränderung CO ² -eq * Kg ECM-1 gegenüber Basiswert (%)	-10%	ca. +1%	-20%	ca. +2%	-50%	ca. +5%	+10%	ca. -0.5%	+20%	ca. -1.5%	+50%	ca. -3%
Variation ND	Veränderung CO ² -eq * Kg ECM-1 gegenüber Basiswert (%)															
-10%	ca. +1%															
-20%	ca. +2%															
-50%	ca. +5%															
+10%	ca. -0.5%															
+20%	ca. -1.5%															
+50%	ca. -3%															
Betriebstyp	Milchbetriebe															
Ebene Gesamtsystem Milch- und Fleischproduktion																
Optimierungsmöglichkeiten	+	Bei einer Gesamtbetrachtung der Milch- und Fleischproduktion führt eine hohe Milchleistung bei gleichbleibendem Fleischbedarf zu höheren Emissio-														

		<p>nen. Wird davon ausgegangen, dass durch eine Steigerung der Lebensleistung für die gleiche Milchmenge weniger Milchkühe benötigt werden, geht dadurch das Koppelprodukt Fleisch aus der Milchproduktion zurück. Somit kann sich - je nach Abgrenzung und Berücksichtigung des Koppelproduktes Fleisch - eine steigende Milchleistung positiv oder negativ auf die Treibhausgasemissionen des Gesamtsystems der Milch- und Fleischproduktion auswirken (Haupt et al., 2018).</p>
<p>Optimierungspotenzial</p>	<p>128 kt CO₂eq</p>	<p>Bretscher et al. (2018) berechneten, dass bei einer Erhöhung der Nutzungsdauer von 3.5 auf 4.5 Laktationen in der gesamten Schweiz (ohne Änderung der Produktionstechnik) eine Emissionsreduktion von 200 kt CO₂eq möglich ist.</p> <p>Der Schweizer Bauernverband berechnete, dass eine Erhöhung der Nutzungsdauer um 1 Laktation bei 30% der Schweizer Milchkühe die THG-Emissionen des Gesamtsektors um 37'200 t CO₂-Äq. (37.2 kt), respektive 0,62 % reduzieren würde. Hochgerechnet auf 100% der Milchkühe ergibt dies 124 kt CO₂eq.</p> <p>Köke et al. (2021) berechneten, dass bei einer Erhöhung der Nutzungsdauer um 50 % (entspricht 1,87 Nutzungsjahren) die Gesamtemissionen des Betriebs um knapp 7 % reduziert werden können. Bei Berücksichtigung der ökonomischen Allokation fällt der positive Einfluss der längeren Nutzungsdauer pro kg ECM mit -2% jedoch nur noch sehr gering aus. Diese Berechnung zeigt den Einfluss der gewählten Allokationsmethode auf die Resultate (es sind verschiedene Methoden in Diskussion). Werden die Wirkungszusammenhänge vom hier untersuchten System Betrieb auf das Gesamtsystem der Milch- und Fleischproduktion übertragen, kann eine weitere Grösse für das Optimierungspotenzial abgeschätzt werden. Werden die Emissionen des Rindviehsektors von 3029 kt CO₂eq (Bretscher et al., 2018) um 2% reduziert, ergibt dies ein Reduktionspotenzial von 61 kt CO₂eq. Es ist wichtig festzuhalten, dass das System Betrieb nicht 1:1 mit dem Gesamtsystem verglichen werden kann und diese Zahl als einfache Grobabschätzung zu verstehen ist.</p> <p>Quantifizierung des Optimierungspotenzials für das Projekt: Es ist anzumerken, dass für die Abschätzung des Optimierungspotenzials verschiedenste Unsicherheiten bestehen. Als verwendeter Wert wird der Durchschnitt der obigen Zahlen verwendet:</p> <p>Optimierungspotenzial = (200 + 124 + 61)/3 = 128 kt CO₂eq (Erhöhung der Anzahl Laktationen bei allen Milchkühen um rund 1 Laktation).</p>

Tabelle 16: Synergien und Zielkonflikte der Massnahme Nutzungsdauer Milchkühe optimieren

BG	Wirkung	Bemerkungen
Tiergesundheit	Geteilte Meinung	Die Expert:innen sind sich bezüglich der Auswirkung einer verlängerten Nutzungsdauer auf die Tiergesundheit uneinig. Aktuell wird diese Fragestellung im Projekt „Erhöhung der Nutzungsdauer schweizerischer Milchkühe: Einflussfaktoren, Zukunftsszenarien und Strategieentwicklung ³ “ detailliert untersucht.
Biodiversität	Eher positiv	Da eine Reduktion der Nährstoffverluste sich grundsätzlich positiv auf die Biodiversität auswirkt.
PSM	Eher positiv	Reduziertes Ökotoxizitätspotenzial (Haupt et al., 2018).
Stickstoff	Positiv	Das BLW berechnete, dass bei deiner Erhöhung um 1 Laktation bei 30% der Milchkühe 1270 t N eingespart werden könnten.
Phosphor	Eher positiv	Reduzierte Umweltwirkung beim Phosphor-Bedarf (Haupt et al., 2018).
Feed-Food-Competition	Keine	
Wirtschaftlichkeit	Eher positiv	Eine längere Nutzungsdauer kann sich positiv auf den Gewinn auswirken. Grundsätzlich können die Kosten der Aufzucht auf mehrere Laktationsphasen verteilt werden (Haupt et al., 2018). Andererseits ist auch Mehraufwand für das Beobachten der Tiergesundheit älterer Tiere denkbar (Alig et al., 2015). Auf der Kostenseite ist mit tieferen Bestandsergänzungs- und Gesamtkosten zu rechnen, andererseits können die Tierarztkosten steigen. Alig et al., (2015) gehen davon aus, dass trotz sinkender Fleischerzeugnisse ein jährlicher Gewinn resultiert. Alig et al., (2015) berechneten mit Modellbetrieben auf allen Betrieben einen mittleren jährlichen Gewinn durch die Erhöhung der Nutzungsdauer. Je mehr Milchkühe ein Modellbetrieb aufwies, umso grösser war der Gewinn.
Grasland Schweiz	Keine	
Aktuelle agrarpolitische Stossrichtungen	Positiv	Produktionssystembeitrag ist in Diskussion

2.1.2 Nutzungsdauer Mutterkühe

Tabelle 17: Bewertung der Massnahme Nutzungsdauer Mutterkühe

BG	Bewertung	Begründung
Ebene Einzelbetrieb		
Wirkungsbereich	Klein	Bewertung abgestützt auf die Berechnungen beim Optimierungspotenzial
Betriebstyp	Mutterkuhhaltung	
Ebene Gesamtsystem Milch- und Fleischproduktion		
Optimierungsmöglichkeiten	+	Die Aufzuchtemissionen des Muttertiers können auf mehr kg Fleisch verteilt werden.

³ <https://www.fibl.org/de/themen/projekt Datenbank/projektitem/project/1821>

Optimierungspotenzial	99 kt CO ₂ eq (linear hochgerechnet von den nebenstehenden Werten)	Wird bei 30% der Mutterkühe ein Kalb mehr produziert als anhin, würden sich die THG-Emissionen des Gesamtsektors um 29'600 t CO ₂ -Äq. (29.6 kt), respektive 0,5 % reduzieren (Schweizer Bauernverband, 2019).
-----------------------	---	---

Tabelle 18: Synergien und Zielkonflikte der Massnahme Nutzungsdauer Mutterkühe

BG	Wirkung	Bemerkungen
Tiergesundheit	Geteilte Meinung	Die Expert:innen sind sich bezüglich Auswirkung einer verlängerten Nutzungsdauer auf die Tiergesundheit uneinig.
Biodiversität	Eher positiv	
PSM	Eher positiv	Reduziertes Ökotoxizitätspotenzial (Haupt et al., 2018).
Stickstoff	Positiv	Siehe Nutzungsdauer Milchkühe.
Phosphor	Eher positiv	Reduzierte Umweltwirkung beim Phosphor-Bedarf (Haupt et al., 2018).
Feed-Food-Competition	Keine	
Wirtschaftlichkeit	Eher positiv	Die Annahmen aus der Milchproduktion werden auf die Mutterkuhhaltung übertragen. Eine längere Nutzungsdauer kann sich positiv auf den Gewinn auswirken. Grundsätzlich können die Kosten der Aufzucht auf mehrere Laktationsphasen verteilt werden (Haupt et al., 2018). Andererseits ist auf Mehraufwand für das Beobachten der Tiergesundheit älterer Tiere denkbar (Alig et al., 2015). Auf der Kostenseite ist mit tieferen Bestandsergänzungs- und Gesamtkosten zu rechnen, andererseits können die Tierarztkosten steigen.
Grasland Schweiz	Keine	
Aktuelle agrarpolitische Stossrichtungen	Positiv	Produktionssystembeitrag ist in Diskussion.

2.1.3 Erstkalbealter reduzieren

Tabelle 19: Bewertung der Massnahme Erstkalbealter reduzieren

BK	Bewertung	Begründung						
Ebene Einzelbetrieb								
Wirkungsbereich	Klein	<p>Die Sensitivitätsanalyse mit dem KLIR-Tool (Köke et al., 2021) zeigte, dass der Parameter Erstkalbealter die THG-Emissionen pro kg ECM klar beeinflusst. Nimmt das Erstkalbealter ab, sinken die THG-Emissionen pro kg ECM. Bei einer Abnahme des Erstkalbealters um beispielsweise 20% konnten die Emissionen pro kg ECM um ca. 5% reduziert werden.</p> <p>Bei einer Sensitivitätsanalyse mit dem KLIR-Tool (Köke et al., 2021) wurde der Parameter Erstkalbealter (EKA) variiert. Die Analyse ergab folgende Ergebnisse für die Emissionen pro kg ECM (unter Berücksichtigung des Koppelprodukts Fleisch auf Ebene Betrieb):</p> <table border="1"> <tr> <td>Variation EKA</td> <td>Veränderung CO₂-eq * Kg ECM-1 gegenüber Basiswert (%)</td> </tr> <tr> <td>-10%</td> <td>ca. -2.5%</td> </tr> <tr> <td>-20%</td> <td>ca. -5%</td> </tr> </table>	Variation EKA	Veränderung CO ₂ -eq * Kg ECM-1 gegenüber Basiswert (%)	-10%	ca. -2.5%	-20%	ca. -5%
Variation EKA	Veränderung CO ₂ -eq * Kg ECM-1 gegenüber Basiswert (%)							
-10%	ca. -2.5%							
-20%	ca. -5%							

		-50%	Physiologisch nicht möglich
		+10%	ca. +2%
		+20%	ca. +5%
		+50%	ca. +9%
Betriebstyp	Milchbetriebe		
Ebene Gesamtsystem Milch- und Fleischproduktion			
Optimierungsmöglichkeiten	+	Praxisexpert:innen schätzen, dass grundsätzlich beim Erstkalbealter auf Schweizer Betrieben noch Potenzial zur Reduzierung besteht.	
Optimierungspotenzial	72 kt CO ₂ eq	<p>Abschätzungen der Wirkung eines reduzierten Erstkalbealters auf das Gesamtsystem der Milch- und Fleischproduktion liegen keine vor. Grundsätzlich führt ein tieferes Erstkalbealter zu einer Vergrösserung der produktiven Zeit einer Milchkuh. Dies wirkt sich beispielsweise positiv auf die Lebtagesleistung aus. Ein tiefes Erstkalbealter hat grundsätzlich keine Auswirkungen auf den Fleischmarkt. Daher wird für die Potenzialabschätzung das Reduktionspotenzial auf der Ebene Betrieb von der Studie von (Köke et al., 2021) auf das Gesamtsystem der Milch- und Fleischproduktion übertragen. Es wird von einer Reduktion des Erstkalbealters von 10% ausgegangen, was zu einer THG-Reduktion von 2.5% führt.</p> <p>Abschätzung Optimierungspotenzial: Reduktion der THG-Emissionen aus dem Milchsektor (3029 kt CO₂eq gemäss (Bretscher et al., 2018) um 2.5% = $3029 * 0.025 = 72 \text{ kt CO}_2\text{eq}$</p>	

Tabelle 20: Synergien und Zielkonflikte der Massnahme Erstkalbealter reduzieren

BK	Wirkung	Bemerkungen
Tiergesundheit	Geteilte Meinung	
Biodiversität	Keine	
PSM	Keine	
Stickstoff	Eher positiv	
Phosphor	Keine	
Feed-Food-Competition	Keine	
Wirtschaftlichkeit	Eher positiv	
Grasland Schweiz	Keine	
Aktuelle agrarpolitische Stossrichtungen	Keine	

2.1.4 Milchleistung optimieren reduzieren

Tabelle 21: Bewertung der Massnahme Milchleistung optimieren

BK	Bewertung	Begründung														
Ebene Einzelbetrieb																
Wirkungsbe- reich	Mittel --> bezüglich Emissionen pro kg Produkt (relative Optimierung) --> bezüglich Entwicklung der absoluten Emissionen (Gesamtsektor) Wirkung nur mit entsprechender Reduktion der Tierzahlen!	<p>Intensivere Produktionssysteme wirken sich in der Mehrzahl der untersuchten Studien pro Kilogramm Milch tendenziell vorteilhafter auf das Treibhauspotenzial aus (Haupt et al., 2018).</p> <p>Auch die Sensitivitätsanalyse mit dem KLIR-Tool (Köke et al., 2021) zeigte, dass der Parameter Milchleistung – unter Berücksichtigung des Koppelprodukts Fleisch auf Ebene Betrieb - die THG-Emissionen pro kg ECM am stärksten beeinflusste: bei einer Zunahme der Milchleistung um beispielsweise 20%, konnten die Emissionen pro kg ECM um ca. 8% reduziert werden.</p> <p>Köke et al. (2021) analysierten auch die Auswirkungen einer Leistungssteigerung auf die Emissionen des Betriebes. Dort zeigten sich gegenteilige Effekte: nimmt die Milchleistung auf dem Betrieb zu, nehmen auch die Gesamtemissionen des Betriebs zu.</p> <p>Für den Klimaschutz ist es zwingend notwendig, dass bei der Steigerung der Milchleistung pro Tier auch entsprechend die Tierbestände (im Gesamtsystem) reduziert werden (Ziel: gleichbleibende Produktion). Ansonsten findet eine Produktionsintensivierung und damit verbunden eine Zunahme der Treibhausgasemissionen des Gesamtsektors statt.</p> <p>Bei der Abschätzung des Optimierungspotenzials wurde diesem Punkt Rechnung getragen, indem neben der Leistungssteigerung die Tierzahlen entsprechend reduziert wurden.</p> <p>Mit steigender Leistung sinken die Emissionen pro kg Produkt. Verschiedene Studien haben einen günstigen Zusammenhang zwischen Milchleistung und Treibhauspotenzial pro kg Milch festgehalten (Zehetmeier et al. 2017; Alig et al., 2011; Hortenhuber et al., 2013):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Marton & Guggenberger (2015): intensive Produktionssysteme (>10'000 kg ECM/Jahr/Kuh) sind bezüglich THG-Emissionen am vorteilhaftesten - Hulsbergen und Rahmann (zit. in Haupt et al., 2018) legten die Grenze für Energieeinsparpotenziale und THG-Emissionen pro Liter ECM bei ca. 8000 kg ECM/Jahr fest, darüber hinaus findet keine weitere relevante Abnahme des produktspezifischen Energieeinsatzes statt. Ist die Milchleistung höher, nimmt der Energiebedarf pro Liter Milch zu, da der Einsatz von Kraftfutter und qualitativ hochwertigem Grundfutter zu einem überproportionalen Anstieg des Energiebedarfs führt. <p>Bei einer Sensitivitätsanalyse mit dem KLIR-Tool (Köke et al., 2021) wurde der Parameter Milchleistung (ML) variiert. Die Analyse ergab folgende Ergebnisse für die Emissionen pro kg ECM (unter Berücksichtigung des Koppelprodukts Fleisch auf Ebene Betrieb):</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Variation ML</th> <th>Veränderung CO₂-eq * Kg ECM-1 gegenüber Basiswert (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-10%</td> <td>ca. +2%</td> </tr> <tr> <td>-20%</td> <td>ca. +5%</td> </tr> <tr> <td>-50%</td> <td>ca. +17%</td> </tr> <tr> <td>+10%</td> <td>ca. -4%</td> </tr> <tr> <td>+20%</td> <td>ca. -8%</td> </tr> <tr> <td>+50%</td> <td>ca. -17%</td> </tr> </tbody> </table>	Variation ML	Veränderung CO ₂ -eq * Kg ECM-1 gegenüber Basiswert (%)	-10%	ca. +2%	-20%	ca. +5%	-50%	ca. +17%	+10%	ca. -4%	+20%	ca. -8%	+50%	ca. -17%
Variation ML	Veränderung CO ₂ -eq * Kg ECM-1 gegenüber Basiswert (%)															
-10%	ca. +2%															
-20%	ca. +5%															
-50%	ca. +17%															
+10%	ca. -4%															
+20%	ca. -8%															
+50%	ca. -17%															
Betriebstyp	Milchbetriebe															

Ebene Gesamtsystem Milch- und Fleischproduktion		
Optimierungsmöglichkeiten	+	<p>Eine Leistungssteigerung optimiert die Emissionen pro kg Milch immer (relative Verbesserung, die vorhandenen Emissionen einer Kuh können auf mehr kg Milch verteilt werden).</p> <p>Für einen wirksamen Klimaschutz müssen jedoch auch die absoluten Emissionen des Sektors betrachtet werden. Die gesamthaften landwirtschaftlichen Emissionen werden durch die Massnahme Milchleistung optimieren nur dann positiv beeinflusst, wenn die Tierbestände entsprechend abgebaut werden. Als Zielgrösse könnte festgelegt werden, dass die gesamthaft produzierte Milchmenge nicht zunimmt. Diese Annahme wurde auch bei der Abschätzung des Optimierungspotenzials angewendet.</p>
Optimierungspotenzial	184 kt CO ₂ eq	<p>Getroffene Annahmen für die grobe Potenzialabschätzung:</p> <p>Leistung wird um 5% erhöht. Dadurch braucht es weniger Milchkühe, um die gleiche Milchmenge zu produzieren. Dadurch können Tiere reduziert werden. Voraussetzung für das berechnete Beispiel ist somit, dass die produzierte Menge Milch identisch bleibt.</p> <p>Die produzierte Menge Verkehrsmilch (Verkehrsmilch = ohne Milch, welche für Jungtiere verwendet wurde) betrug 2020 gemäss Agrarbericht 3'380'000 Tonnen. 5% dieser Menge 184 kt CO₂eq</p>

Tabelle 22: Synergien und Zielkonflikte der Massnahme Milchleistung optimieren

BK	Wirkung	Bemerkungen
Tiergesundheit	Geteilte Meinung	<p>Gemäss Literaturstudie von Haupt et al. (2018) werden die Auswirkungen einer hohen Milchleistung auf das Tierwohl kontrovers diskutiert. So stellten einige Autoren Gesundheitsbeeinträchtigungen bei längeren Nutzungsdauern und höheren Milchleistungen sowie eine höhere Anfälligkeit für Mastitis und Hitzestress fest (Lopez et al., 2004, Knaus, 2009). Andere hingegen stellten fest, dass Herden mit höheren Milchleistungen seltener Mastitisprobleme hatten (Folsche, 2012).</p> <p>Die negativen Effekte auf das Tierwohl könnten auf ein Management zurückzuführen sein, das nicht den Leistungen der Tiere entspricht.</p>
Biodiversität	Eher negativ	<p>Hortenhuber et al. (2013) stellten eine negative Korrelation zwischen der Milchmenge pro Betrieb und Jahr und dem Anteil von Biodiversitätsflächen an der Betriebsfläche fest. (Haupt et al., 2018).</p>
PSM	Eher negativ	<p>Annahme, dass eine Leistungssteigerung mit einem erhöhten Kraftfuttereinsatz einher geht und für die Produktion der Kraftfutter mehr PSM eingesetzt werden.</p>
Stickstoff	Geteilte Meinung	<p>Nimmt die Milchleistung zu und die Anzahl Tiere wird entsprechend reduziert, kann sich dies positiv auf die Stickstoffverluste auswirken. Häufig ist jedoch eine Zunahme der Milchleistung mit einem erhöhten Kraftfuttereinsatz verbunden. Dies erhöht wiederum das Risiko für N-Verluste.</p>
Phosphor	Geteilte Meinung	<p>Marton & Guggenberger (2015) stellten eine Korrelation zwischen Milchleistung pro Kuh und Ressourcenbedarf P fest. Bei steigendem Ertrag nahm der Ressourcenbedarf P signifikant zu.</p> <p>Bei der Umweltwirkungskategorie Eutrophierungspotenzial (aquatische und terrestrische) wurde von Alig et al. (2011) kein Zusammenhang zwischen Milchleistung und Umweltwirkung festgestellt. Laut Marton & Guggenberger (2015) war bei der Wirkungskategorie Eutrophierung (aquatisch P) für österreichische Milchbetriebe eine mittlere Jahres Intensität (4000-10000 kg ECM/Jahr und Kuh) am vorteilhaftesten. Hortenhuber et al. (2013) und Müller-Lindenlauf et al. (2014) ermittelten einen vorteilhaften Effekt hinsichtlich des Versauerungs- und Eutrophierungspotenzials bei steigender Milchleistung. (Haupt et al., 2018).</p>

Feed-Food-Competition	Negativ	Bretscher et al. (2018) ermittelten eine Verlagerung von heimischen zu Importfuttermitteln sowie eine Verschiebung des Flächenbedarfs von Grünland auf Ackerflächen.
Wirtschaftlichkeit	Keine	eine Leistungssteigerung kann sich positiv oder negativ auf die Wirtschaftlichkeit auswirken
Grasland Schweiz	Negativ	
Aktuelle agrarpolitische Stossrichtungen	Eher negativ	Die Diskussionen im Rahmen der Pa.Iv. Zukunftsbild Landwirtschaft gehen Richtung graslandbasierte Produktion. Für Leistungserhöhung ist jedoch Kraftfutter wichtig.

2.2 Züchtung & Koppelprodukt Fleisch

2.2.1 Gezielte Besamung (Mastrassengenetik, Spermasexing)

Tabelle 23: Bewertung der Massnahme Gezielte Besamung (Mastrassengenetik, Spermasexing)

BK	Bewertung	Begründung
Ebene Einzelbetrieb		
Wirkungsbereich	Klein	Durch Spermasexing werden Kühe gezielt mit weiblichen oder männlichen Spermien besamt. Dadurch soll die Anzahl der weiblichen Kälber auf den tatsächlichen Bedarf für die Remontierung beschränkt und die restliche Kälberproduktion auf männliche Kälber in der Mast ausgerichtet werden (Flessa et al., 2014; Haupt et al., 2018). Basierend auf den Studien von Probst et al. (2019) und Schader et al. (2014) wurde im Projekt KlimaStar eine Reduktionsleistung der Massnahme von 1-6% angenommen. Anzumerken ist, dass die Wirkung der Massnahme stark von der jeweiligen Allokationsmethode abhängt, welche verwendet wird (mündliche Mitteilung Sebastian Ineichen, HAFL).
Betriebstyp	Milchbetriebe	
Ebene Gesamtsystem Milch- und Fleischproduktion		
Optimierungsmöglichkeiten	+	Der Einsatz von gesextem Sperma nimmt kontinuierlich zu. 2017-2018 wurde beispielsweise rund 40% der Besamungen bei der Rasse Holstein, 30% bei der Rasse Brown Swiss, 10% bei der Rasse Original Braunvieh und 52 bei der Rasse Jersey mit gesextem Sperma durchgeführt (Agridea, 2018). Bei milchbetonten Rassen ist der Einsatz somit stärker verbreitet als bei Zweinutzungsrasen. Auch die Besamung mit Mastrassen ist verbreitet. Im Durchschnitt über alle Kuhrasen erfolgten 2017-2018 47.1% der Besamungen mit Mastrassen (Agridea, 2018).
Optimierungspotenzial	Nicht berechnet	Eine quantitative Abschätzung des Optimierungspotenzials ist nicht möglich. Die Projekte Mengenmodell Rindvieh und Nutzungsdauer werden relevante Informationen dazu liefern.

Tabelle 24: Synergien und Zielkonflikte der Massnahme Gezielte Besamung (Mastrassengenetik, Spermasexing)

BK	Wirkung	Bemerkungen
Tiergesundheit	Keine	
Biodiversität	Keine	
PSM	Keine	
Stickstoff	Keine	

Phosphor	Keine	
Feed-Food-Competition	Keine	
Wirtschaftlichkeit	Eher negativ	v.a. wenn die Besamung mit gesextem Sperma nicht erfolgreich ist, wirkt sich dies negativ auf die Wirtschaftlichkeit aus.
Grasland Schweiz	Keine	
Aktuelle agrarpolitische Stossrichtungen	Keine	
Massnahmen-spezifische Synergien und Zielkonflikte	Eher negativ	Spermasexing nicht erlaubt für Bio.

2.2.2 Zweinutzungsrasen

Tabelle 25: Bewertung der Massnahme Zweinutzungsrasen

BK	Bewertung	Begründung
Ebene Einzelbetrieb		
Wirkungsbereich	Sehr klein	<p>Zehetmeier et al. (2012) haben die THGE für die gekoppelte Milch- und Fleischproduktion in Deutschland modelliert und gezeigt, dass die THGE von Zweinutzungskühen (Deutsches Fleckvieh mit 8000 kg Milchleistung) im Vergleich mit milchorientierten Kühen (Holstein mit 10 000 kg Milchleistung) bei konstanter Milch- und Fleischproduktion tiefer ausfallen.</p> <p>Die Studie von Probst et al. (2019) zeigte, dass Systeme mit Zweinutzungskühen die bessere THG-Effizienz aufweisen. Eine Ausnahme bilden Betriebe mit einer Milchleistung von 10'000 kg – diese sind effizienter bezüglich THG (Voraussetzung ist gezielte Besamung mit gesextem Sperma, respektive Mastrassengenetik). Da das durchschnittliche Leistungsniveau in der Schweiz klar unter 10'000 kg Jahresmilchleistung liegt, wird die Massnahme Zweinutzungsrasse als grundsätzlich positiv bewertet.</p> <p>In der Modellierung von Probst et al. (2019) wurde das fehlende Fleisch aus milchbetonten Systemen mit Fleisch aus Mutterkuhhaltung ersetzt. Dies ist korrekt, wenn von einem konstant bleibenden Produktions-, respektive Konsumniveau im Bereich Milch und Fleisch ausgegangen wird (auch Rahmenbedingung in diesem Projekt). Die THG-Belastung von Fleisch aus Mutterkuhhaltung ist hoch. Würde das fehlende Fleisch nicht durch Mutterkuhfleisch, sondern durch Geflügel, Schwein oder pflanzliche Alternativprodukte ersetzt werden, würden milchbetonte Systeme grundsätzlich positiver bewertet werden. Weil die getroffenen Annahmen für die Modellierung die Ergebnisse relativ stark beeinflussen, wurde der Wirkungsbereich mit Zurückhaltung bewertet.</p>
Betriebstyp	Milchbetriebe	
Ebene Gesamtsystem Milch- und Fleischproduktion		
Optimierungsbereich	0	<p>Eine quantitative Abschätzung des Optimierungspotenzials wurde nicht berechnet. Die Projekte Mengenmodell Rindvieh und Nutzungsdauer werden relevante Informationen dazu liefern.</p> <p>Da in diesem Projekt die Gesamtsystembetrachtung der Milch- und Fleischproduktion im Zentrum steht und der Konsum tierischer Produkte als konstant angenommen wird, verliert die Massnahme, basierend auf den Arbeiten von Probst et al. (2019), jedoch an Relevanz. Weiter hat sich auch gezeigt,</p>

		dass die Akzeptanz jeglicher Empfehlungen und Vorgaben bezüglich Rassenwahl sehr tief ist. Aufgrund dieser Ausgangslage wird der Optimierungsbereich mit 0 beurteilt.
--	--	--

Tabelle 26: Synergien und Zielkonflikte der Massnahme Zweinutzungsrasen

BK	Wirkung	Bemerkungen
Tiergesundheit	Keine	
Biodiversität	Keine	
PSM	Keine	
Stickstoff	Keine	
Phosphor	Keine	
Feed-Food-Competition	Keine	
Wirtschaftlichkeit	Keine	
Grasland Schweiz	Eher positiv	Häufig Tiere, die gut grasbasiert gefüttert werden können.
Aktuelle agrarpolitische Stossrichtungen	Keine	
Massnahmen-spezifische Synergien und Zielkonflikte	Keine	

3 Hofdünger

3.1 Abdeckung Güllelager

Tabelle 27: Bewertung der Massnahme Abdeckung Güllelager

BK	Bewertung	Begründung
Ebene Einzelbetrieb		
Wirkungsbe- reich	Sehr klein	Ein leicht positiver Effekt tritt vor allem dann auf, wenn der Einsatz von syn- thetischen Stickstoffdüngern reduziert wird. Dies ist möglich, weil durch die Massnahme Stickstoffverluste reduziert und dadurch mehr pflanzenverfügba- rer Stickstoff in der Gülle vorhanden ist. Gemäss Literaturrecherche von Peter et al. (2009) und der Studie von Hen- zen et al. (2012) weisen geschlossene Behälter oder schwimmende Abde- ckungen ein grosses Reduktionspotenzial auf. Alig et al. (2015) bestätigen in ihrer Untersuchung, dass die THG-Emissionen durch die Abdeckung stark re- duziert werden. Gleichzeitig zeigte ihre Untersuchung jedoch, dass sich die Stickstoffkonzentration in der Gülle durch die Abdeckung erhöht und dadurch die Feldemissionen in einem Ausmass zunehmen, welche die Einsparung durch die Abdeckung übersteigen. Die Feldemissionen fallen in Form des po- tenten THG Lachgas an. Ist das Güllelager nicht abgedeckt, geht der Stick- stoff in Form von Ammoniak verloren. Ammoniak ist ein indirektes THG und hat eine viel geringere Wirkung als Lachgas. Alig et al. (2015) weisen jedoch darauf hin, dass die Massnahme nicht als klimaschädlich bezeichnet werden sollte. Wird der Hofdünger mit emissionsarmen Ausbringverfahren ausge- bracht, kann ein Teil der Lachgasemissionen verhindert und so die N-Effizi- enz gesteigert werden. Wird die gesteigerte N-Effizienz bei der Düngeplanung berücksichtigt und entsprechend weniger synthetischer Stickstoffdünger (Mineraldünger) ausge- bracht, können zusätzliche THG-Emissionen eingespart werden.
Betriebstyp	Alle	Alle Betriebe mit Rindvieh
Ebene Gesamtsystem Milch- und Fleischproduktion		
Optimierungs- möglichkeiten	+	Die Massnahme ist eine anerkannte Technik zur Reduktion von Ammoni- akemissionen und bereits weit verbreitet. Das Potenzial ist demnach einge- schränkt (Bretscher et al., 2018; Eugster & Sintermann, 2019). Gemäss Kup- per et al. (2018) waren 2015 noch rund 10% der Güllelager nicht abgedeckt. Trotzdem zeichnet sich die Massnahme durch ihre hohe Praxisreife aus (Peter et al., 2009).
Optimierungs- potenzial	56.7 kt CO ₂ eq (inkl. emissions- arme Aus- bringung)	Bretscher et al. (2018) schätzen, dass die THG-Emissionen um 44 kt CO ₂ eq reduziert werden könnte (berücksichtigt wurden alle Betriebe mit Güllegrube, z.B. auch Schweinebetriebe ohne Rindvieh). Dies entspricht einer Reduktion der landwirtschaftlichen THG um rund 0.5%. Das BLW hat im Rahmen der Arbeiten zur AP 22+ das Reduktionspotenzial des Schleppschlauchobligatoriums und der obligatorischen Gülleabdeckung auf 56.7 kt CO ₂ eq geschätzt (BLW, 2020). Für das Optimierungspotenzial werden die Massnahmen emissionsarme Aus- bringverfahren und Abdeckung Güllelager gemeinsam betrachtet und die Ab- schätzung des BLW's verwendet (56.7 kt CO ₂ eq).

Tabelle 28: Synergien und Zielkonflikte der Massnahme Abdeckung Güllelager

BK	Wirkung	Bemerkungen
Tiergesundheit	Keine	
Biodiversität	Eher positiv	Die positiven Auswirkungen auf die Versauerung wirkt sich grundsätzlich auch positiv auf die Biodiversität aus (Alig et al., 2015).

PSM	Keine	
Stickstoff	Positiv	Ammoniak-Emissionen nehmen durch die Abdeckung wesentlich ab.
Phosphor	Keine	
Feed-Food-Competition	Keine	
Wirtschaftlichkeit	Eher negativ	Für den Neubau von geschlossenen Güllebehältern entstehen relativ hohe Investitionskosten (mehr als 50'000 CHF). Schwimmende Abdeckungen bei bestehenden Güllebehältern sind preiswerter (ca. 7'000 CHF) (Dux et al., 2005). Die Anlagekosten könnten jedoch aufgrund der höheren Stickstoff Gehalte in der Gülle über die Einsparung von zugekauftem Dünger amortisiert werden (Peter et al., 2009).
Grasland Schweiz	Keine	
Aktuelle agrarpolitische Stossrichtungen	Positiv	Mit Inkrafttreten der revidierten Luftreinhalteverordnung (LRV) per Januar 2022, wird die Abdeckung von bestehenden Güllelagern in der ganzen Schweiz bis 2030 Pflicht (BAFU & BLW, 2011).

3.2 Gülleensäuerung

Tabelle 29: Bewertung der Massnahme Gülleensäuerung

BK	Bewertung	Begründung
Ebene Einzelbetrieb		
Wirkungsbereich	Sehr gross	Wird dem Güllelager Schwefelsäure zugeführt, können die Methan Emissionen um rund 60 bis >90% reduziert werden (Kupper, 2020). Gemäss unveröffentlichten Abschätzungen, welche im Rahmen der Entwicklung des Projektes KlimaStar gemacht wurden, kann ein Einzelbetrieb seine Methanemissionen aus der Hofdüngerlagerung um 60% reduzieren. Dies würde die THG-Emissionen auf Betriebsebene um rund 12-15% verringern. Um eine erhöhte Methanbildung während der Versauerungsphase zu verhindern, muss der tiefe pH-Wert jedoch schnell erreicht werden (Stierli, 2016).
Wirkungsfaktor		
Betriebstyp	Alle	Alle Betriebe mit Rindvieh. Grundsätzlich grosse Betriebe, da hohe Investitionskosten anfallen.
Ebene Gesamtsystem Milch- und Fleischproduktion		
Optimierungsmöglichkeiten	++	Aktuell hat das Verfahren vor allem bei Neubauten mit hoher Tierzahl Potenzial. Würde die gesamte Güllemenge der Schweiz auf einen pH von 5.5 angesäuert werden, wären gemäss Stierli (2016) 0.07% oder 90'000 Tonnen der jährlich gesamten weltweit produzierten Menge an Schwefelsäure nötig. Auch bei der Verwendung von Milchsäure werden grosse Mengen (10-15 l Säure/m ³ Flüssigmist) benötigt (Frosch, 2007). Die Milchsäure kann jedoch durch nachwachsende Rohstoffe ⁴ auf dem Hof hergestellt werden, was mit einem grossen zusätzlichen Arbeitsaufwand verbunden ist (Zähler, 2005).
Optimierungspotenzial	413 kt CO ₂ eq	480 kt CO ₂ eq (Bretscher et al., 2018) Die Massnahme Gülleensäuerung und Biogasanlage schliessen sich gegenseitig aus. (Burg, Bowman, Erni, et al., 2018) haben für die Vergärung aller Hofdünger in Biogasanlagen ein Potenzial von 346 kt CO ₂ eq ausgewiesen.

⁴ Gewinnung von Milchsäure aus Grassilagesaft (Krotscheck et al., 2003)

Für die Abschätzung des Optimierungspotenzials wurden die Massnahmen Biogasanlage und Gülleensäuerung gemeinsam betrachtet und die durchschnittliche Wirkung verwendet: $(346 + 480)/2 = 413 \text{ kt CO}_2\text{eq}$

Tabelle 30: Synergien und Zielkonflikte der Massnahme Gülleensäuerung

BK	Wirkung	Bemerkungen
Tiergesundheit	Eher negativ	Konzentrierte Säuren können sich negativ auf die Tiergesundheit auswirken.
Biodiversität	Geteilte Meinung	Die Ammoniakreduktion wirkt sich positiv auf die Biodiversität aus. Ein Schwefelüberschuss in der Gülle kann jedoch zu Auswaschungen ins Grundwasser führen ⁵ . Zudem kann durch die Anwendung von Schwefelsäure je nach Säurequalität und -reinheit der Eintrag von Schwermetallen in die landwirtschaftlichen Böden erhöht werden (Stierli, 2016).
PSM	Keine	
Stickstoff	Positiv	Neben den THG-Emissionen kann angesäuerte Gülle den Stickstoffverbrauch reduzieren. Durch die bessere Düngereffizienz können rund 15 bis 30 kg Mineraldünger N pro ha eingespart werden. Dies vermindert die Treibhausgasemissionen indirekt (Stierli, 2016). Bei der Gülleensäuerung wird der pH-Wert herabgesetzt und das Gleichgewicht in der Gülle verschiebt sich von Ammoniak zu Ammonium. Ammonium gas nicht aus und ist nach dem Eindringen der Gülle in den Boden direkt pflanzenverfügbar (Stierli, 2016). Gemäss Literaturrecherche von Kupper et al. (2018) werden durch die Zuführung von Schwefelsäure Reduktionen der Ammoniakemissionen von 50% bei der Ansäuerung im Stall und während der Ausbringung und von 50-90% bei der Ansäuerung im Güllelager erreicht.
Phosphor	Keine	
Feed-Food-Competition	Keine	
Wirtschaftlichkeit	Negativ	Die Gesamtkosten einer Ansäuerung mit Schwefelsäure hängen von der Betriebsgrösse ab. Angaben aus Dänemark zeigen, dass sich das Verfahren für grössere Betriebe mehr lohnt als für kleinere, wie sie in der Schweiz vorherrschen (Stierli, 2016): 200 RGVE = CHF 120.- / RGVE und Jahr 500 RGVE = CHF 55.- / RGVE und Jahr Die Ansäuerung erfordert eine anspruchsvolle Logistik und Prozessführung. Sie ist zudem mit hohen Kosten verbunden (Bretscher et al., 2018).
Grasland Schweiz	Keine	
Aktuelle agrarpolitische Stossrichtungen	Keine	
Massnahmen-spezifische Synergien und Zielkonflikte		Je nach verwendeter Säure kann es zu höheren Geruchsemissionen kommen. Zur Eliminierung der Emissionen kann der Prozesstank im Stall mit einem Kohlefilter ausgestattet werden (Stierli, 2016). Der Umgang mit Säuren birgt Risiken hinsichtlich der Arbeitssicherheit und Tiergesundheit und muss dementsprechend fachgerecht gehandhabt werden (Stierli, 2016). Bei der Verwendung von angesäuerter Gülle ist häufig eine Aufkalkung der Böden erforderlich (Kupper et al., 2018).

⁵ Gemäss (Stierli, 2016) sollte die ausgebrachte Menge angesäuerter Gülle auf 30 bis 50 m³ Gülle pro ha und Jahr begrenzt bleiben (Vgl. pro RGVE wird im Durchschnitt mit 20 - 22 m³ pro Jahr gerechnet)

3.3 Emissionsarme Ausbringung

Tabelle 31: Bewertung der Massnahme Emissionsarme Ausbringung

BK	Bewertung	Begründung
Ebene Einzelbetrieb		
Wirkungsbe- reich	Sehr klein	Ein leicht positiver Effekt tritt vor allem dann auf, wenn der Einsatz von synthetischen Stickstoffdüngern reduziert wird. Dies ist möglich, weil durch die Massnahme Stickstoffverluste reduziert und dadurch mehr pflanzenverfügbare Stickstoff in der Gülle vorhanden ist. Alig et al. (2015) berechneten in ihrer Ökobilanzstudie, dass die Modellbetriebe durch die Ausbringung ihrer gesamten Gülle mittels Schleppschlauch die THG-Emissionen zwischen 0.2 und 0.9% reduzieren konnten.
Betriebstyp	Alle	Alle Betriebe mit Rindvieh. Vorausgesetzt, dass aufgrund der Topographie sowie der Parzellengrösse emissionsmindernde Ausbringverfahren eingesetzt werden können.
Ebene Gesamtsystem Milch- und Fleischproduktion		
Optimierungsmöglichkeiten	+	Gemäss Mitteilung von Thomas Kupper (HAFL) wurde – Stand 2019 – noch auf 63% der Flächen die Gülle mit Prallteller ausgebracht. Von diesen 63% könnte gemäss Thomas Kupper auf schätzungsweise 70% der Flächen die Gülle mit emissionsmindernden Ausbringverfahren ausgebracht werden.
Optimierungspotenzial	56.7 kt CO2eq	Das BLW hat im Rahmen der Arbeiten zur AP 22+ das Reduktionspotenzial des Schleppschlauchobligatoriums und der obligatorischen Gülleabdeckung auf 56.7 kt CO2eq geschätzt (BLW, 2020). Für das Optimierungspotenzial werden die Massnahmen emissionsarme Ausbringverfahren und Abdeckung Güllelager gemeinsam betrachtet und die Abschätzung des BLW's verwendet (56.7 kt CO2eq).

Tabelle 32: Synergien und Zielkonflikte der Massnahme emissionsarme Ausbringung

BK	Wirkung	Bemerkungen
Tiergesundheit	Keine	
Biodiversität	Eher positiv	Eine Reduktion von Ammoniakemissionen ist grundsätzlich als positiv für die Biodiversität zu werten.
PSM	Keine	
Stickstoff	Positiv	Durch den Einsatz von einem Schleppschlauch können Ammoniakemissionen bis zu 10% reduziert werden. Dies wirkt sich positiv auf die terrestrische Eutrophierung und Versauerung aus (Alig et al., 2015).
Phosphor	Keine	
Feed-Food-Competition	Keine	
Wirtschaftlichkeit	Eher negativ	Grundsätzlich kostet die Technik in der Anschaffung.
Grasland Schweiz	Keine	
Aktuelle agrarpolitische Stossrichtungen	Positiv	Emissionsarme Ausbringverfahren werden finanziell unterstützt. Allenfalls wird – je nach Ausgang der politischen Diskussionen – ein Obligatorium für emissionsarme Ausbringverfahren in Kraft treten.

3.4 Biogasanlage

Tabelle 33: Bewertung der Massnahme Biogasanlage

BK	Bewertung	Begründung
Ebene Einzelbetrieb		
Wirkungsbe- reich	Sehr gross	Das Reduktionspotenzial ist stark von der Grösse der Anlage und dem Ausgangsmaterial abhängig (AgroCO2ncept Flaachtal, 2017). Wenn ein Milchbetrieb seine frischen Hofdünger in eine eigene oder benachbarte Biogasanlage führt, kann er mit einer durchschnittlichen jährlichen THG-Reduktion von rund 615 kg CO _{2eq} /Kuh rechnen (gemäss unveröffentlichter Abschätzung im Rahmen des Projektes KlimaStar). THG-Emissionen: Pro Kuh eine Reduktion von 615 kg CO _{2eq} / Jahr: Pro Betrieb (30 Kühe) 18.5 t CO _{2eq} / Jahr (8 % der THG des Milchbetriebs)
Betriebstyp	Alle	Alle Betriebe mit Rindvieh. Aber verschiedene Faktoren (Tierart, Fütterung, Stallsystem) beeinflussen die Güllezusammensetzung (Holm-Nielsen et al., 2009).
Ebene Gesamtsystem Milch- und Fleischproduktion		
Optimierungsmöglichkeiten	++	Im Vergleich zu anderen Ländern werden Hofdünger in der Schweiz kaum zur Energiegewinnung genutzt. Aktuell wird erst 6% (954 TJ Biogas) der gesamten verwertbaren Hofdünger in einer Biogasanlage vergärt (Thees et al., 2017). Gülle stellt daher eine grosse, meist ungenutzte lokal verfügbare Quelle für Bioenergie dar, deren Nutzung angestrebt werden sollte (Burg, Bowman, Haubensak, et al., 2018). Neben den hohen Investitionskosten und der aktuell fehlenden Wirtschaftlichkeit schränkt das mangelnde Co-Substrat das Umsetzungspotenzial ein. Zukünftig müssen entweder zusätzliche Co-Substratquellen erschlossen werden oder eine bessere Vergärung und Energieausbeute ohne zusätzliches Co-Substrat möglich sein. Zudem stellt die Schweizer Betriebsstruktur ein limitierender Faktor für die Güllerverarbeitung zur Biogasproduktion dar (Thees et al., 2017). Das Potential ist über eine grosse Anzahl Betriebe verteilt, was zu einem relativ kleinen Potential auf der Ebene des einzelnen Betriebes führt. Daher sollte die Entwicklung von Biogasanlagen im kleinen Massstab verfolgt werden. In Anbetracht der landwirtschaftlichen Strukturen in der Schweiz besteht vor allem Potential für kleine Einzelanlagen mit einem Spitzenwert von ca. 250 GJ Brutto-Biogas pro Jahr sowie für Gemeinschaftsanlagen (Burg, Bowman, Haubensak, et al., 2018). Hier ist es wichtig, dass genügend grosse Hofdüngermengen im Umkreis der Anlage anfallen.
Optimierungspotenzial	413 kt CO _{2eq}	Burg et al. (2018) berechneten, dass bei der derzeitigen landwirtschaftlichen Praxis in der Schweiz, durch die Vergärung von Hofdüngern 430 Millionen m ³ Biogas oder 15 PJ Bruttobiogas pro Jahr produziert werden könnte. Das Potential ist gross. Wenn die derzeit nutzbare Menge an Hofdüngern – Burg et al. (2018) gehen von 65% aus – energetisch genutzt würden, könnten die Emissionen, im Vergleich zur derzeitigen Bewirtschaftung, um 159 kt CO ₂ -Äquivalente reduziert werden. Bei einer 100 prozentigen Vergärung der Gülle gehen sie von 346 kt aus. Berechnung Optimierungspotenzial: Die Massnahme Gülleensäuerung und Biogasanlage schliessen sich gegenseitig aus. (Burg, Bowman, Erni, et al., 2018) haben für die Vergärung aller Hofdünger in Biogasanlagen ein Potenzial von 346 kt CO _{2eq} ausgewiesen. Für die Abschätzung des Optimierungspotenzials wurden die Massnahmen Biogasanlage und Gülleensäuerung gemeinsam betrachtet und die durchschnittliche Wirkung verwendet: $(346 + 480)/2 = 413 \text{ kt CO}_2\text{eq}$

Tabelle 34: Synergien und Zielkonflikte der Massnahme Biogasanlage

BK	Wirkung	Bemerkungen
Tiergesundheit	Keine	
Biodiversität	Keine	
PSM	Keine	
Stickstoff	Keine	Biogasgülle kann grosse Mengen an Mineraldünger ersetzen und die Bodenfruchtbarkeit steigern (Burg, Bowman, Haubensak, et al., 2018) Durch die Erhöhung des pH-Wertes wird das Risiko von gasförmigen Stickstoffverlusten in Form von Ammoniak bei unsachgemässer Ausbringung erhöht. Eine emissionsarme Ausbringung von Gärgülle ist daher zwingend erforderlich (Dudda, 2021).
Phosphor	Keine	
Feed-Food-Competition	Keine	In der Schweiz werden keine Energiepflanzen vergärt, welche mit dem Anbau von menschlicher Nahrung konkurrieren (Burg, Bowman, Haubensak, et al., 2018).
Wirtschaftlichkeit	Negativ	Es ist mit hohen Investitionskosten zu rechnen. Daher ist die Rentabilitätsschwelle für kleine Biogasanlagen nur schwer zu erreichen. Erst zusätzliche Einnahmen, beispielsweise aus dem CO ₂ -Zertifikatehandel, würden einen rentablen Betrieb ermöglichen (Andeweg et al., 2014).
Grasland Schweiz	Keine	
Aktuelle agrarpolitische Stossrichtungen	Eher positiv	Die Schweiz ist ein Energieimportland und daher bestrebt das Potenzial und die Nutzung der heimischen erneuerbaren Energieressourcen weiter auszubauen (Verband der schweizerischen Gasindustrie, 2017). Es zeichnen sich bezüglich der Sicherstellung der Wirtschaftlichkeit im Rahmen vom Energiegesetz und vom zukünftigen CO ₂ -Gesetz vielversprechende Tendenzen ab.
Massnahmen-spezifische Synergien und Zielkonflikte		Durch die energetische Nutzung von Hofdüngern ergeben sich neue Wertschöpfungsmöglichkeiten für Landwirtschaftsbetriebe (Zethner & Süssenbacher, 2012). Die Vergärung von Gülle verbessert die Qualität des Düngers (Holm-Nielsen et al., 2009).

4 Kohlenstoffspeicherung

4.1 Nachhaltiges Beweidungssystem

Tabelle 35: Bewertung der Massnahme Nachhaltiges Beweidungsmanagement

BG	Bewertung	Begründung
Ebene Einzelbetrieb		
Wirkungsbereich	Klein (Schätzung)	<p>In keinem Schweizer Klimaprojekt wurde bis jetzt eine „Weidemassnahme“ mit dem Ziel Kohlenstoffaufbau umgesetzt. Auch gibt es keine IPCC-Guideline dazu. In der Forschung wird die Frage jedoch aktuell stark diskutiert (z.B. beim IPCC und der UNFCCC⁶). Auch Köke et al. (2021) weisen darauf hin, dass aufgrund der unsicheren Datenlage (fehlende IPCC-Guideline) das Thema Kohlenstoffspeicherung bis anhin im KLIR-Modell nicht berücksichtigt wurde. Weiter wiesen die Autoren darauf hin, dass eine allfällige Kohlenstoffspeicherung bei einer Nutzungsänderung reversibel ist.</p> <p>Im Rahmen des NFP 68 konnte gezeigt werden, dass Weide- und Waldflächen eine kleine C-Senke sind (Hagedorn et al., 2018). Für die Abschätzung des Wirkungsbereichs sind folgende Informationen aus dem NFP 68 (Hagedorn et al., 2018) interessant:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Intensiv bewirtschaftete Weideflächen wiesen bei den Untersuchungen acht Mal höhere N₂O-Emissionen auf als extensiv bewirtschaftete. - Ein intensiv bewirtschaftetes Grasland entwickelte sich durch den Umbruch und die Wiederetablierung von einer C-Senke zu einer C-Quelle. <p>Wird auf einer ackerbaulich genutzten Fläche auf (Dauer-)Grünland umgestellt, beginnt sich der Kohlenstoffgehalt im Boden aufzubauen. Forschungsergebnisse zeigen, dass davon ausgegangen werden muss, dass sich nach einer gewissen Zeit ein Gleichgewicht beim Kohlenstoffgehalt einstellt. Die Aufbaukapazität des Bodens ist somit durch eine natürliche Sättigungsgrenze – abhängig von Boden und Standort – begrenzt. In den obersten 30 cm einer ha Dauergrünland sind rund 60 t C gespeichert, unter Ackerland beträgt dieser Wert rund 50 t C (gemäss THG-Inventar). Weiter wird davon ausgegangen, dass die CO₂-Aufnahme und –Abgabe von Grasland im Gleichgewicht ist. Somit besteht das Senkenpotenzial grundsätzlich darin, den Bodenkohlenstoff bis zum natürlichen Sättigungsniveau anzureichern. Wird die Fläche wieder umgebrochen und ackerbaulich genutzt, wird die Fläche zur Kohlenstoffquelle.</p> <p>Basierend auf den Erkenntnissen aus dem NFP 68, wird der Wirkungsbereich mit klein bewertet. Diese Einschätzung ist unsicher, da noch verschiedene Forschungslücken bestehen. Die Wirkung der Massnahme ist allgemein stark systemabhängig. Dies muss bei der Wirkungsabschätzung beachtet werden und erhöht die Komplexität zusätzlich.</p>
Betriebstyp	Alle	Alle Betriebe mit Rindvieh, welche die Möglichkeit für gras- und weidebasierte Fütterung haben.
Ebene Gesamtsystem Milch- und Fleischproduktion		
Optimierungsmöglichkeiten	+	Auch wenn die Methoden zur Quantifizierung der Klimaschutzleistung noch ausstehend sind, kann klar von einem Potenzial für den Klimaschutz ausgegangen werden. Der Aufbau der organischen Substanz im Boden – sei dies auf Acker- oder Dauergrünlandflächen – ist immer positiv für das Klima.
Optimierungspotenzial	Keine Berechnungen	Aktuell beschäftigt sich die Forschung intensiv mit den Quantifizierungsgrundlagen. Diesem Prozess kann in diesem Projekt nicht vorgegriffen werden.

⁶ United Nations Framework Convention on Climate Change

		Neben der Diskussion rund um die Quantifizierung der Senkenleistung wird auch über eine Anpassung des Global warming potential's (GWP) von Methan diskutiert. In der Schweiz ist proclim dabei, ein Faktenblatt zur Diskussion rund um das GWP von Methan zu erstellen. Damit die Methodik des nationalen THG-Inventars generell angepasst werden könnte, müssen die Fragestellungen auf internationaler Stufe geklärt werden. Würde das GWP von Methan reduziert werden, würde dies die landwirtschaftlichen THG-Emissionen im THG-Inventar stark reduzieren.
--	--	--

Tabelle 36: Synergien und Zielkonflikte der Massnahme Nachhaltiges Beweidungsmanagement

BG	Wirkung	Bemerkungen
Tiergesundheit	Positiv	Der Verzehr hoher Anteile Wiesen- und Weidefutter entspricht der Natur der Wiederkäuer und wirkt sich somit positiv auf die Tiergesundheit aus (Hörtenhuber et al., 2013).
Biodiversität	Positiv	Im Systemvergleich Hohenrain wurde eine höhere Biodiversität bei der Weideherde im Vergleich zur Stallherde festgestellt. Das schlechtere Abschneiden der Stallherde ist auf den hohen Maisanteil in der Ration zurückzuführen (Sutter et al., 2013). Ein weiterer Vorteil der Weidehaltung ist das durch artenreiches Grünland positiv beeinflusste Landschaftsbild. Je höher der Anteil an artenreichem Grasland und je tiefer der Anteil an Ackerland, desto positiver wird das Landschaftsbild bewertet. Dies ergab eine gesamtschweizerische Befragung von zufällig ausgewählten Haushalten und Landwirtschaftsbetrieben (Schübach et al., 2009).
PSM	Positiv	Da im Grünland im Vergleich zum Ackerland weniger Pestizide eingesetzt werden, ist das terrestrische Ökotoxizitätspotenzial des Wiesenfutters niedriger (Bystricky et al., 2015).
Stickstoff	Eher positiv	Die Weidehaltung zeigt gegenüber der Stallhaltung eine deutliche Reduktion der Ammoniakemissionen (bis zu 40% bei Vollweidehaltung), wenn der grösste Teil der tierischen Ausscheidungen auf der Weide anfällt und der Harn versickert bevor der enthaltene Harnstoff zu Ammoniak und Ammonium abgebaut wird (AgroCO2ncept Flaachtal, 2017) Die betriebliche N-Effizienz könnte jedoch verringert werden, weil die ungleichmässige Verteilung des ausgeschiedenen Stickstoffs auf der Weide nicht vollständig der Düngebilanz angerechnet werden kann (AgroCO2ncept Flaachtal, 2017).
Phosphor	Positiv	In Bezug auf den Bedarf an Phosphor war in der Untersuchung von Bystricky et al. (2015) eine gras- und weidebasierte Fütterung pro kg Milch vorteilhafter als jene mit Ackerfutter. Der höhere Phosphorbedarf bei einer ackerbasierten Fütterung resultiert aus einem höheren Bedarf an mineralischen Düngern für das Kraftfutter.
Feed-Food-Competition	Positiv	Dauergrünland auf nicht ackerfähigen Flächen erzeugt keine Feed-Food-Competition. Dauergrünland auf ackerfähigen Flächen weist hingegen eine hohe Flächenkonkurrenz auf. Die Indikatoren Nahrungsmittel- und Flächenkonkurrenz ermöglichen eine detailliertere Betrachtung der Feed-Food-Competition: <ul style="list-style-type: none"> - Nahrungsmittelkonkurrenz tritt auf, wenn bei Tieren Futtermittel zum Einsatz kommen, die auch für die menschliche Ernährung geeignet wären. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn Weizen an Kühe verfüttert wird. - Flächenkonkurrenz entsteht, wenn die Futtermittel von Flächen stammen, auf denen auch Nahrungsmittel angebaut werden könnten. Beispiel: Futtergetreide statt Kartoffeln auf Ackerland anbauen. Das Weidesystem schnitt im System Hohenrain mit Bezug zur Nahrungsmittelkonkurrenz besser ab als das Stallhaltungssystem. Das Weidesystem benötigte für die Produktion von Milch rund 75 % Grasland, welches nicht zwingend in direkter Konkurrenz mit der menschlichen Ernährung steht. Die

		<p>Stallherde benötigte zwar rund 40 % weniger Fläche, rund ein Drittel dieser Fläche steht jedoch in direkter Konkurrenz zur Produktion von Nahrungsmitteln für die menschliche Ernährung auf Basis von pflanzlichen Produkten, wie Getreide oder Zuckerrüben (Sutter et al., 2013).</p> <p>Die Beurteilungsgrösse wird mit positiv bewertet. Anzumerken ist jedoch, dass bei der Ausdehnung auf Dauergrünland auf ackerfähigen Flächen Feed-Food-Competition entsteht.</p>
Wirtschaftlichkeit	Positiv	<p>Zur Umsetzung wird einerseits die geeignete Landressource und je nach Lage und Betriebsstruktur zusätzliche Zeit benötigt, um die Tiere auf die geeignete Weide zu bringen. Wird die Weide neu angelegt, entfällt gegenüber der vorgängigen Bewirtschaftung der Maschinen- und Materialeinsatz (z.B. Düngung) (AgroCO2ncept Flaachtal, 2017)</p> <p>Schmid und Lips (2013) berechneten mittels linearer Regression, dass bei einer Erhöhung des Grasanteils die Milchleistung um 75.3 kg pro Kuh abnimmt, der Arbeitsverdienst (pro Jahresarbeitseinheit) jedoch um Fr. 773.- steigt. Je zusätzliches Prozent Gras resultierte ein zusätzlicher Arbeitsverdienst von Fr. 419.-.</p> <p>Ein dreijähriger Vergleich von drei Sommerfütterungssystemen auf 36 Praxisbetrieben zeigte, dass Vollweidesysteme mit dem entsprechend höchsten Wiesenfutteranteil und tiefsten Kraftfutteranteil die beste Arbeitsverwertung und das höchste Flächeneinkommen erreichten. Im Vergleich zu Durchschnittsbetrieben mit üblichem Kraftfüttereinsatz bzw. Wiesenfutteranteil konnte die Milch um einen Drittel günstiger produziert werden (Gazzarin et al., 2018).</p>
Grasland Schweiz	Positiv	<p>Wiesen und Weiden bilden seit jeher die Grundlage der Schweizer Milchproduktion und sind im zunehmend internationalen Umfeld ein wichtiges Alleinstellungsmerkmal (Reidy & Gut, 2018).</p> <p>Klimatisch und geologisch bedingt, ist der Graslandanteil an der landwirtschaftlichen Nutzfläche in der Schweiz im Vergleich zu anderen europäischen Ländern sehr hoch (Ineichen & Reidy, 2015). Die hohen und stabilen Futtererträge von guter Qualität sind ideal für die Milchproduktion geeignet (Thomet & Steiger Burgos, 2007).</p> <p>Aber eine Fokussierung auf reine Vollweide- oder Stallfütterungssysteme, wie dies im Ausland zu beobachten ist, ist in der Schweiz aufgrund topografischer und struktureller Einschränkungen nur bedingt möglich. Eine grosse Anzahl der Schweizer Milchviehbetriebe praktiziert deshalb ein Fütterungssystem mit Teilweide und Zufütterung im Stall (Ineichen et al., 2018; Mulser et al., 2018).</p>
Aktuelle agrarpolitische Stossrichtungen	Positiv	<p>Eine tierfreundliche Haltung und graslandbasierte Fütterung wird über verschiedene Programme im Rahmen der Agrarpolitik gefördert (BTS⁷, RAUS⁸, GMF⁹). 89% der Milchbetriebe, respektive 93% der Milchkühe erfüllen aktuell die Anforderungen von BTS oder RAUS (SMP, 2021).</p> <p>Im grünen Teppich ist die Teilnahme an einem der beiden Förderprogramme RAUS oder BTS vorgeschrieben.</p>

⁷ Besonders tierfreundliche Stallhaltung

⁸ Das RAUS-Programm gibt Anreiz, den Tieren Auslauf im Freien zu gewähren und so ihren Bedürfnissen gerecht zu werden. Vom 1.5. bis 31.10. müssen die Tiere an mindestens 26 Tagen pro Monat auf einer Weide sein und vom 1.11. bis 30.4. während mindestens 13 Tagen pro Monat Auslauf auf einer Auslaufläche oder Weide haben (BLW, 2021d).

⁹ Der Beitrag für graslandbasierte Milch- und Fleischproduktion fördert die am betriebsspezifischen Standortpotenzial angepasste Produktion. Im Fokus steht die effiziente Nutzung von Wiesen- und Weidefutter für die Milch- und Fleischproduktion. Der Beitrag wird ausbezahlt, wenn die Jahresration aller auf dem Betrieb gehaltenen raufutterverzehrenden Nutztieren zu mindestens 90 % der Trockensubstanz (TS) aus dem Grundfutter beträgt. Zudem muss die Jahresration im Talgebiet zu mindestens 75% und im Berggebiet 85% der TS aus frischem, siliertem oder getrockneten Wiesen- und Weidefutter bestehen (BLW, 2021c).

Massnahmen-spezifische Synergien und Zielkonflikte	Positiv	<p>Die nachhaltige Graslandnutzung erfüllt eine zentrale Funktion für den Wasserhaushalt im Boden und somit zur Förderung der Resilienz im Hinblick auf den Klimawandel. Dies da die Vergrößerung der Wurzelmasse die Kapazität zur Wasseraufnahme und -speicherung erhöht und somit gegen Wassererosion schützt (Gyssels et al., 2005; Idel & Beste, 2018).</p> <p>Ein hoher Grasanteil in der Ration wirkt sich günstig auf die Milcheigenschaften aus. Die Omega-3-Fettsäuren und die konjugierten Linolsäuren in der Milch steigen mit zunehmenden Anteil von Wiesenfutter in der Ration an (Bär et al., 2016; Bisig et al., 2008; ELSA, 2021; Wyss et al., 2011). Ein erhöhter Gehalt an ernährungsphysiologisch wertvollen Fettsäuren kann ein wichtiger Wettbewerbsvorteil darstellen und bietet gewisse Möglichkeiten, sich in der Produktqualität zu differenzieren (Haupt et al., 2018; Hoop et al., 2015).</p>
--	---------	---

4.2 Pflanzenkohle verfüttern

Tabelle 37: Bewertung der Massnahme Pflanzenkohle

BG	Bewertung	Begründung
Ebene Einzelbetrieb		
Wirkungsbe-reich	Sehr klein	<p>Fressen die Tiere Pflanzenkohle, scheiden sie diese wieder aus. Die Pflanzenkohle gelangt somit mit den Hofdüngern in den Boden. Grundsätzlich gibt es verschiedene Eintragspfade, wie Pflanzenkohle in der Rindviehhaltung angewendet werden kann (Fütterung, als Einstreu im Stall, direktes Einmischen in Hofdünger).</p> <p>Der Effekt beim Eintrag über die Fütterung wird als sehr klein bewertet, da die verfütterten Mengen gering sind. In der Rindviehhaltung ist dies jedoch die empfohlene Anwendung.</p>
Betriebstyp	Alle	Alle Betriebe mit Rindvieh
Ebene Gesamtsystem Milch- und Fleischproduktion		
Optimierungsmöglichkeiten	+	Die Massnahme wird bereits heute auf einzelnen Betrieben umgesetzt. Das Interesse ist stark zunehmend. Hauptmotivation für den Einsatz ist nicht der Klimaschutz, sondern die Tiergesundheit.
Optimierungspotenzial	Milch: 27 kt CO2eq Mutterkühe: 5 kt CO2eq Mast: 12 kt CO2eq	<p>In der Kohle ist nur noch das Kohlenstoff-Atom vorhanden, die Sauerstoffmoleküle wurden abgespalten (1 C-Atom ist leichter als ein CO2-Molekül). Die etwas verwirrende Aussage, dass 1 t Pflanzenkohle 2.6 Tonnen CO2 entspricht, lässt sich so erklären. Genauer Faktor ist abhängig vom exakten C-Gehalt der Kohle.</p> <p>Eine Kuh frisst 40-60 g Kohle pro Tag. Wird mit 50 g gerechnet, ergibt dies gut 18 kg pro Tier und Jahr. In einer Einheit Pflanzenkohle ist 2.6 x mehr CO2 gespeichert (siehe Erklärung Wirkungsfaktor). Werden nun die 18 kg x 2.6 gerechnet, ergibt dies eine CO2-Speicherung von rund 47 kg/Tier/Jahr.</p> <p>Die rund 47 kg CO2eq/Tier/Jahr können mit den jeweiligen Tierbeständen (Anzahl Milchkühe, Anzahl Mutterkühe, Anzahl Mastrinder) multipliziert werden.</p>

Tabelle 38: Synergien und Zielkonflikte der Massnahme Pflanzenkohle

BG	Wirkung	Bemerkungen
Tiergesundheit	Positiv	
Biodiversität	Eher positiv	Positiver Einfluss
PSM	Keine	
Stickstoff	Eher positiv	Wird Pflanzenkohle im Stall eingesetzt, reduziert dies den Geruch. Dies ist ein Hinweis darauf, dass Stickstoff gebunden wird und nicht als Ammoniak emittiert. Bezüglich Reduktion von Stickstoffverlusten zeichnen sich vielversprechende Potenziale ab (v.a. auch aufgrund der Praxiserfahrungen mit der

		positiven Beeinflussung der Geruchsemissionen). Im Boden bindet Pflanzenkohle den Stickstoff, Nitratverluste werden dadurch reduziert. Es bestehen jedoch noch viele offene Forschungsfragen bezüglich Quantifizierung der Wirkung von Pflanzenkohle auf Stickstoffverluste.
Phosphor	Keine	
Feed-Food-Competition	Keine	
Wirtschaftlichkeit	Eher positiv	Frisst eine Kuh rund 18 kg Pflanzenkohle pro Jahr, kostet dies pro Tier und Jahr rund 20 CHF. Eine Tonne EBC-zertifizierte Premiumkohle kostet 1200/Tonne, andere Pflanzenkohle mit meist tieferen Kohlenstoffgehalten kosten weniger (800-900 CHF/Tonne). Praxiserfahrungen zeigen, dass durch die Kohleverwendung die Tiergesundheit profitiert und dadurch auch die Tierarztkosten reduziert werden können.
Grasland Schweiz	Keine	
Aktuelle agrarpolitische Stossrichtungen	Keine	

4.3 Agroforst

Tabelle 39: Bewertung der Massnahme Agroforst

BG	Bewertung	Begründung
Ebene Einzelbetrieb		
Wirkungsbereich	Sehr klein bis mittel	Der Wirkungsbereich ist abhängig von der Anzahl Bäume.
Betriebstyp	Alle	Alle Betriebe mit Rindvieh
Ebene Gesamtsystem Milch- und Fleischproduktion		
Optimierungsmöglichkeiten	+	Das Potenzial für Agroforstsysteme muss einzelbetrieblich analysiert werden. Eine pauschale Förderung über die Mehrwertstrategien ist nicht zielführend. Die Erfahrungen in den Projekten zeigen, dass bei fehlender Fachkenntnis ungewollte Probleme entstehen können (z.B. Wasser- und Nährstoffkonkurrenz). Agroforstsysteme lassen sich grundsätzlich gut in begleiteten Projekten fördern (ein Beispiel ist das Projekt von Coop und myclimate).
Optimierungspotenzial	46.5 kt CO ₂ eq	Das BLW hat im Rahmen der Arbeiten zur AP 22+ das Reduktionspotenzial von Agroforstsystemen in Abhängigkeit von der geplanten Förderung im Rahmen der Agrarpolitik auf 46.5 kt CO ₂ eq geschätzt (BLW, 2020). Theoretisch wäre das Potenzial, wenn es unabhängig von der geplanten Förderung beurteilt werden würde, noch grösser. Zahlen dazu sind jedoch nicht vorhanden.

Tabelle 40: Synergien und Zielkonflikte der Massnahme Agroforst

BG	Wirkung	Bemerkungen
Tiergesundheit	Keine	
Biodiversität	Positiv	Agroforstsysteme haben einen nachweislich positiven Einfluss auf die Biodiversität (Kaesler et al., 2010).
PSM	Keine	
Stickstoff	Keine	

Phosphor	Keine	
Feed-Food-Competition	Keine	
Wirtschaftlichkeit	Keine	
Grasland Schweiz	Keine	
Aktuelle agrarpolitische Stossrichtungen	Positiv	

5 Energie

5.1 Frequenzumformer für Melkmaschinen

Tabelle 41: Bewertung der Massnahme Frequenzumformer für Melkmaschinen

BK	Bewertung	Begründung
Ebene Einzelbetrieb		
Wirkungsbe- reich	Sehr klein	Über den Einbau eines Vakuumsensors in die Vakuumleitungen kann die Drehzahl des Elektromotors mit einem Frequenzumformer laufend dem exakten Vakuum-Bedarf der Melkanlage angepasst werden, wodurch sich Strom sparen lässt. Zusätzlich sind die Lärm- und Erschütterungsbelastungen im Melkbereich geringer (AgroCleanTech, 2021).
Wirkungsfak- tor	435.2 kg CO ₂ eq	Reduktion des Energieverbrauchs der Melkmaschine um zwei Drittel zwischen 2'400 bis 4'400 kWh pro Jahr. Das ergibt eine Kostenreduktion von rund 500 bis 800 Fr. pro Jahr (AgroCleanTech, 2021). Pro kWh (Strommix aus Steckdose) kann mit THG-Emissionen von 128 g CO ₂ eq gerechnet werden (Krebs & Frischknecht, 2021). Wird von einem durchschnittlichen Einsparpotenzial von 3400 kWh ausgegangen, können dadurch pro Betrieb und Jahr $3400 \times 128 = 435.2$ kg CO ₂ eq eingespart werden.
Betriebstyp	Milch	
Ebene Gesamtsystem Milch- und Fleischproduktion		
Optimierungs- möglichkeiten	+	
Optimierungs- potenzial	6.5 kt	Annahme, dass 15'000 Betriebe einen Frequenzumformer installieren: $15\ 000 \times 435.2 \text{ kg} = 6.5 \text{ kt CO}_2\text{eq}$

Tabelle 42: Synergien und Zielkonflikte der Massnahme Frequenzumformer für Melkmaschinen

BG	Wirkung	Bemerkungen
Tiergesundheit	Eher positiv	Gemäss Hubal (2012) führt die Steuerung der Vakuumpumpe mittels Frequenzumformer zu einer Reduktion des Geräuschpegels. Die reduzierte Lärmbelastung wirkt sich positiv auf die Gesundheit der Tiere aus.
Biodiversität	Keine	
PSM	Keine	
Stickstoff	Keine	
Phosphor	Keine	
Feed-Food- Competition	Keine	
Wirtschaftlich- keit	Eher positiv	Der Frequenzumformer kostet ungefähr CHF 3'500 und ist im besten Fall nach 4 Jahren amortisiert (Furrer et al., 2021).
Grasland Schweiz	Keine	
Aktuelle agrar- politische Stossrichtun- gen	Keine	

5.2 Wärmerückgewinnung aus der Milchkühlung

Tabelle 43: Bewertung der Massnahme Wärmerückgewinnung aus der Milchkühlung.

BK	Bewertung	Begründung
Ebene Einzelbetrieb		
Wirkungsbe- reich	Sehr klein	Über den Einbau eines Vakuumsensors in die Vakuumleitungen kann die Drehzahl des Elektro-motors mit einem Frequenz-umformer laufend dem exakten Vakuum-Bedarf der Melkanlage angepasst werden, wodurch sich Strom sparen lässt. Zusätzlich sind die Lärm- und Erschütterungsbelastungen im Melkbereich geringer (AgroCleanTech, 2021). Reduktion des Energieverbrauchs um 1.8 kWh pro 100 kg Milch und Jahr (AgroCleanTech, 2021). Einsparpotenzial für einen Betrieb, welcher 180 000 kg Milch/Jahr produziert: $1.8 \times 1800 = 3240$ kWh Pro kWh (Strommix aus Steckdose) kann mit THG-Emissionen von 128 g CO ₂ eq gerechnet werden (Krebs & Frischknecht, 2021). THG-Einsparungen pro Betrieb mit jährlicher Milchproduktion von 180 000 kg: $3240 \times 128 = 414.7$ t CO ₂ eq
Betriebstyp	Milch	
Ebene Gesamtsystem Milch- und Fleischproduktion		
Optimierungs- möglichkeiten	+	
Optimierungs- potenzial	2.5 kt	Total gab es 2020 in der Schweiz 6474 Milchproduzenten, welche zwischen 100 000 und 200 000 kg Milch pro Jahr einliefern, 821 Betriebe sogar über 500 000 kg (BLW, 2021a). Annahme, dass 6000 Betriebe neu eine Wärmerückgewinnung installieren und durchschnittlich 180 000 kg Milch produzieren. Es ist nicht bekannt, wie viele Betriebe bereits eine Wärmerückgewinnung bei der Milchkühlung installiert haben. $414.7 \text{ kg} \times 6000 = 2.5 \text{ kt}$

Tabelle 44: Synergien und Zielkonflikte der Massnahme Wärmerückgewinnung aus der Milchkühlung.

BG	Wirkung	Bemerkungen
Tiergesundheit	Keine	
Biodiversität	Keine	
PSM	Keine	
Stickstoff	Keine	
Phosphor	Keine	
Feed-Food- Competition	Keine	
Wirtschaftlich- keit	Keine	
Grasland Schweiz	Keine	

Literaturverzeichnis

- Agricircle. (2021). Übersicht Massnahmen AgroCO₂ncept auf agricircle. <https://agricircle.com/carbon-farming/>
- Agridea. (2018). Datenblätter Milchvieh. <https://www.agridea.ch/de/dienstleistungen/unsere-produkte/online-abon-nemente/datensammlung-milchvieh/>
- Agridea. (2021). Übersicht zum Potenzial verschiedener Massnahmen zur Erreichung einer 20%-Reduktion beim Ab-senkpfad Stickstoff. Nicht veröffentlicht.
- AgroCleanTech. (2021). Energie- und Klimacheck für Landwirte. <https://energie-klimacheck.ch/EuK/AlleMassnahmen>
- AgroCO₂ncept Flaachthal. (2017). Umsetzungshandbuch Ressourcenprojekt AgroCO₂ncept Flaachthal. Nicht veröffent-licht.
- Alig, M., Prechsl, U., Schwitter, K., Waldvogel, T., Wolff, V., Wunderlich, A., Zorn, A., Gaillard, G., IP-Suisse, & Ag-roscope. (2015). Ökologische und ökonomische Bewertung von Klimaschutzmassnahmen zur Umsetzung auf landwirtschaftlichen Betrieben in der Schweiz. Agroscope. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/35019>
- Amon, B. (1998). NH₃, N₂O and CH₄ emissions from milking cows housed in a tying stall (hou-sing, manure storage, manure spraeding); NH₃, N₂O und CH₄ Emissionen aus der Fest-mistverfahrenskette (Milchviehanbindehaltung, Stall, Lagerung, Ausbringung) (Dissertation). Universität für Bodenkultur Wien, Wien.
- Andeweg, K., Reisinger, A., SAI & GRA (2014). Reducing greenhouse gas emissions from livestock: Best practice and emerging options. Global Research Alliance on Agricultural Greenhouse Gases. <https://www.ccacoali-tion.org/en/resources/reducing-greenhouse-gas-emissions-livestock-best-practice-and-emerging-options>
- Dudda (2021). Klimaneutrale Landwirtschaft Graubünden. Ideenkatalog. <https://www.klimabauern.ch/ideenkatalog>
- Arndt, C., Hristov, A., Price, W., McClelland, S., Pelaez, A., Cueva, S., Oh, J., & Bannink, A. (2021). Strategies to Mitigate Enteric Methane Emissions by Ruminants – A Way to Approach the 2.0°C Target. <http://dx.doi.org/10.31220/agriRxiv.2021.00040>
- BAFU, & BLW. (2011). Baulicher Umweltschutz in der Landwirtschaft. Ein Modul der Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft. Teilrevidierte Ausgabe 2021. Umwelt-Vollzug, 1101, 113. <https://www.bafu.ad-min.ch/bafu/de/home/themen/wasser/publikationen-studien/publikationen-wasser/baulicher-umweltschutz-landwirtschaft.html>
- Bär, C., Sutter, M., Portmann, R., Egger, L., Reidy, B., & Bisig, W. (2016). Wiesenmilch - Inhaltsstoffe und Ökologie. Agroscope: Nationale Bioforschungstagung 2016. <https://ira.agroscope.ch/en-US/publication/36215>
- Beauchemin, K., MO, K., O'Mara, F., & Mcallister, T. (2008). Nutritional management for enteric methane abate-ment: A review. Australian Journal of Experimental Agriculture - AUST J EXP AGR, 48. <https://doi.org/10.1071/EA07199>
- Belanche, A., Newbold, C. J., Morgavi, D. P., Bach, A., Zweifel, B., & Yáñez-Ruiz, D. R. (2020). A Meta-analysis Des-cribing the Effects of the Essential oils Blend Agolin Ruminant on Performance, Rumen Fermentation and Methane Emissions in Dairy Cows. Animals, 10(4), 620. <https://doi.org/10.3390/ani10040620>
- Bisig, W., Collomb, M., Bütikofer, U., Sieber, R., Bregy, M., & Etter, L. (2008). Saisonale Fettsäurezusammensetzung von Schweizer Bergmilch. Agrarforschung Schweiz, 15(1), 38–43. <https://www.agrarfor-schungschweiz.ch/2008/01/saisonale-fettsaurezusammensetzung-von-schweizer-bergmilch/>
- BLW. (2020). 20.022 Agrarpolitik ab 2022 (AP22+). Bericht zu den Fragen der WAK-S vom 2. Juli 2020. Bundesamt für Landwirtschaft. <https://www.parlament.ch/centers/documents/de/2020-0022-zusatzbericht-blw-2020-07-02-d.pdf>
- BLW. (2021a). Agrarbericht 2021. Bundesamt für Landwirtschaft. <https://www.agrarbericht.ch/de/produktion/tieri-sche-produktion/milchproduktion>
- BLW. (2021b). Übersicht zu Verordnungspaket Parlamentarische Initiative 19.475 «Das Risiko beim Einsatz von Pes-tiziden reduzieren». Vortrag im Rahmen des HOTSPOT Agrarpolitik. Bundesamt für Landwirtschaft. <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/politik/agrarpolitik/parlamentarischeinitiative.html>
- BLW. (2021c). Beitrag für graslandbasierte Milch- und Fleischproduktion. Bundesamt für Landwirtschaft. <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/instrumente/direktzahlungen/produktionssystembeitraege/beitrag-fuer-graslandbasierte-milch-und-fleischproduktion.html>
- BLW. (2021d). Tierwohlbeiträge (BTS/RAUS). Bundesamt für Landwirtschaft. <https://www.blw.ad-min.ch/blw/de/home/instrumente/direktzahlungen/produktionssystembeitraege/tierwohlbeitraege.html>

- Bracher, A. (2011). Möglichkeiten zur Reduktion von Ammoniakemissionen durch Fütterungsmassnahmen beim Rindvieh (Milchkuh). *Agroscope*. <https://ira.agroscope.ch/fr-CH/publication/30349>
- Braungart, M. (2004). Boden-, Ressourcen- und Klimaschutz durch Kompostierung in Deutschland. EPEA Internationale Umweltforschung GmbH
- Bretscher, D., Ammann, C., Wüst, C., Nyfeler, A., & Felder, D. (2018). Reduktionspotenziale von Treibhausgasemissionen aus der Schweizer Nutztierhaltung. *Agrarforschung Schweiz*, 9(11-12), 376–383. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/40154>
- Burg, V., Bowman, G., Erni, M., Lemm, R., & Thees, O. (2018). Analyzing the potential of domestic biomass resources for the energy transition in Switzerland. *Biomass and Bioenergy*, 111, 60–69. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2018.02.007>
- Burg, V., Bowman, G., Haubensak, M., Baier, U., & Thees, O. (2018). Valorization of an untapped resource: Energy and greenhouse gas emissions benefits of converting manure to biogas through anaerobic digestion. *Resources Conservation and Recycling*, 136. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.04.004>
- Bystricky, M., Alig, M., Nemecek, T., & Gaillard, G. (2015). Ökobilanz von Schweizer Landwirtschaftsprodukten im Vergleich zum Import. *Agrarforschung Schweiz*, 6. <https://link.ira.agroscope.ch/de-CH/publication/33476>
- Coop. (2021). CO2-Kompensationsprojekte – Taten statt Worte. <https://www.taten-statt-worte.ch/de/unsere-taten/tat-nr-356.html>
- Dijkstra, J., Bannink, A., France, J., Kebreab, E., & van Gastelen, S. (2018). Short communication: Antimethanogenic effects of 3-nitrooxypropanol depend on supplementation dose, dietary fiber content, and cattle type. *Journal of Dairy Science*, 101(10), 9041–9047. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14456>
- Donau Soja. (2017). Europe-Soya und Donau-Soja als regionale Alternative zu globalen Herkünften. <https://www.sojafoerderrung.de/wp-content/uploads/2015/04/Vortrag-Donau-Soja.pdf>
- Donau Soja. (2020). Donau Soja Standard. https://www.donausoja.org/fileadmin/user_upload/Downloads/Donau_Soja_Guidelines/German/Donau_Soja_Standard.pdf
- Doreau, M., Meynadier, A., Fievez, V., & Ferlay, A. (2016). Ruminal metabolism of fatty acids: Modulation of polyunsaturated, conjugated and trans fatty acids in meat and milk. *Handbook of Lipids in Human Function*, 521-542. <https://doi.org/10.1016/B978-1-63067-036-8.00019-6>
- DSM. (2019). Taking action on climate change, together. Summary of scientific research how 3-NOP effectively reduces enteric methane emissions from cows. https://www.dsm.com/content/dam/dsm/corporate/en_US/documents/summary-scientific-papers-3nop-booklet.pdf
- Dux, D., Van Caenegem, L., Steiner, B., & Kaufmann, R. (2005). Kosteneffizienz von Güllebehälter-Abdeckungen. *FAT-Berichte*, 642.
- EFSA. (2021). Safety and efficacy of a feed additive consisting of 3-nitrooxypropanol (Bovaer® 10) for ruminants for milk production and reproduction. <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/6905>
- ELSA. (2021). Richtlinien Nachhaltige Milch. http://elsamifroma2040.ch/wp-content/uploads/2021/02/210111_Richtlinien-Nachhaltige-Milch_Version-Januar-2021_d1.pdf
- Engelke, S. W., Daş, G., Derno, M., Tuchscherer, A., Wimmers, K., Rychlik, M., Kienberger, H., Berg, W., Kuhla, B., & Metges, C. C. (2019). Methane prediction based on individual or groups of milk fatty acids for dairy cows fed rations with or without linseed. *Journal of Dairy Science*, 102(2), 1788–1802. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14911>
- Eugster, R., & Sintermann, J. (2019). Güllelager wirkungsvoll abdecken. Baudirektion Kanton Zürich. https://kofuzup.ch/asp/db/pdf/ZUP94-19_Guellelager_abdecken.pdf
- Fankhauser, C. (2012). Mist kompostieren heisst Klima schonen. *Bioaktuell*, 1(12), 25. https://partner.biosuisse.ch/media/Konsumenten/Nachhaltigkeit/Klima/d-mist_kompostieren_heisst_klima_schonen_ba-d-2012-01.pdf
- Flachowsky, G., & Brade, W. (2007). Potenziale zur Reduzierung der Methan-Emissionen bei Wiederkäuern. *Züchtungskunde*, 79(6), 417–465.
- Flessa, H., Greef, J. M., Dittert, K., Ruser, R., Bernhard, O., Poddey, E., Wulf, S., & Pacholski, A. (2014). Minderung von Stickstoff-Emissionen aus der Landwirtschaft. *Forschung Themenheft*, 1, 32. https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn054531.pdf
- Frosch, W. (2007). Verfahrenstechnische Untersuchungen zu Wirkungen von Flüssigmist- Additiven in der Tierhaltung. In: Gottwald, F.T. und Nowak, D. (Hrsg.) *Nutztierhaltung und Gesundheit—Neue Chancen für die Landwirtschaft*. Reihe Tierhaltung, Band 29. Kassel University Press, Kassel.

- Fuchs, J. G. (2004). Auswirkungen von Komposten und von Gärgut auf die Umwelt, die Bodenfruchtbarkeit, sowie die Pflanzengesundheit zusammenfassende Übersicht der aktuellen Literatur. Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL. <https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1336-kompost.pdf>
- Furrer, C., Stüssi, M., & Bystricky, M. (2021). Umweltbewertung ausgewählter Klimaschutzmassnahmen auf Landwirtschaftsbetrieben. *Agroscope Science*, Nr. 121.
- Gazzarin, C., Haas, T., Hofstetter, P., & Höltschi, M. (2018). Milchproduktion: Frischgras mit wenig Kraftfutter zahlt sich aus. *Agrarforschung Schweiz*, 9(5), 148–155. https://www.agrarforschungschweiz.ch/wp-content/uploads/2019/12/2018_05_2384.pdf
- Grainger, C., & Beauchemin, K. A. (2011). Can enteric methane emissions from ruminants be lowered without lowering their production? *Animal Feed Science and Technology*, 166–167, 308–320. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.04.021>
- Grenz, J., & Angnes, G. (2020). Wirkungsanalyse: Nachhaltigkeit der Schweizer Soja-Importe. Eine Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL.
- Gyssels, G., Poesen, J., Bochet, E., & Li, Y. (2005). Impact of plant roots on the resistance of soils to erosion by water: A review. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 29(2), 189–217. <https://doi.org/10.1191/0309133305pp443ra>
- Hagedorn, F., Krause, H.-M., Studer, M., Schellenberger, A., & Gattinger, A. (2018). Boden und Umwelt. Organische Bodensubstanz, Treibhausgasemissionen und physikalische Belastung von Schweizer Böden. Thematische Synthese TS2 des Nationalen Forschungsprogramms «Nachhaltige Nutzung der Ressource Boden» (nfp 68). <https://www.dora.lib4ri.ch/wsl/islandora/object/wsl%3A18292>
- Hart, K., Jones, H., Waddams, K., Worgan, H., Zweifel, B., & Newbold, C. (2019). An Essential Oil Blend Decreases Methane Emissions and Increases Milk Yield in Dairy Cows. *Open Journal of Animal Sciences*, 09, 259–267. <https://doi.org/10.4236/ojas.2019.93022>
- Haupt, C., Hofer, N., Roesch, A., Gazzarin, C., & Nemecek, T. (2018). Analyse ausgewählter Massnahmen zur Verbesserung der Nachhaltigkeit in der Schweizer Milchproduktion—Eine Literaturstudie. *Agroscope Science*. <http://elsamifroma2040.ch/wp-content/uploads/2018/02/Literaturstudie-Agroscope.pdf>
- Henzen, C., Angele, H.-C., Maerki, A., Meyer, A., Meyer, R., Steiner, R., & Hersener, J.-L. (2012). Ressourcen- und Klimaeffizienz in der Landwirtschaft: Potenzialanalyse. *AgroCleanTech*. https://www.infothek-biomasse.ch/images//232_2012_agrocleantech_potenzialanalyse.pdf
- Holm-Nielsen, J. B., Al Seadi, T., & Oleskowicz-Popiel, P. (2009). The future of anaerobic digestion and biogas utilization. *Bioresource Technology*, 100(22), 5478–5484. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.12.046>
- Hoop, D., Zorn, A., Lips, M., & Gazzarin, C. (2015). Determinants of Full Costs of Dairy Production in Switzerland – a Comparison of two Disproportionate Joint Costs Allocations. *Agroscope*.
- Hörtenhuber, S., Kirner, L., Neumayr, C., Quendler, E., Strauss, A., Drapela, T., & Zollitsch, W. (2013). Integrative Bewertung von Merkmalen der ökologischen, ökonomischen und sozial-ethischen Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Produktionssysteme am Beispiel von Milchproduktionssystemen.
- Hubal, M. (2012). Untersuchungen zum Einsatz von Frequenzumrichtern bei Vakuumpumpen in der Milchgewinnung. Landwirtschaftskammer Niedersachsen.
- Idel, A., & Beste, A. (2018). Vom Mythos der Klimasmarten Landwirtschaft—Oder warum weniger vom Schlechten nicht gut ist. https://www.martin-haeusling.eu/images/Klimaschutz_kleiner_RZ_copi.pdf
- Ineichen, S., Akert, F., Frey, H., Wyss, U., Hofstetter, P., Schmid, H., Gut, W., & Reidy, B. (2018). Versuchsbeschreibung und Qualität des frischen Wiesenfutters. *Agrarforschung Schweiz*, 9(4), 112–119. <https://www.agrarforschungschweiz.ch/2018/04/versuchsbeschreibung-und-qualitaet-des-frischen-wiesenfutters/>
- Ineichen, S., & Reidy, B. (2015). Futterautonomie von Schweizer Milchviehbetrieben: Einfluss des Betriebstyps, der Höhenlage und der Milchleistung. *Globale Rohstoffe - lokale Lebensmittel: Zielkonflikte für die Tierernährung?*, 216–220. <https://www.research-collection.ethz.ch/handle/20.500.11850/109729?locale-attribute=de>
- Ivemeyer, S., Walkenhorst, M., Holinger, M., Maeschli, A., Klocke, P., Spengler Neff, A., Staehli, P., Krieger, M., & Notz, C. (2014). Changes in herd health, fertility and production under roughage based feeding conditions with reduced concentrate input in Swiss organic dairy herds. *Livestock Science*, 168, 159–167. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.08.009>
- Jennings, S., McCormack, C., & Deveze, R. (2020). Importierte Abholzung: Wie in die Schweiz eingeführte Rohstoffe die Entwaldung im Ausland vorantreiben. WWF Schweiz. https://www.wwf.ch/sites/default/files/doc-2020-12/WWF_Risky_business_DE_3.pdf

- Jud. (2012). Effektivität und Effizienz von Massnahmen zur Klimagaseinsparung auf Schweizer Biobetrieben. Masterarbeit der ETH Zürich, Gruppe Agrar-, Lebensmittel- und Umweltökonomie am Institut für Umweltentscheidungen.
- Kaesler, A., Palma, J., Firesenai, S., & Felix, H. (2010). Umweltleistungen von Agroforstwirtschaft. ART-Bericht, 736. https://www.bioaktuell.ch/fileadmin/documents/ba/Pflanzenbau/Biodiversitaet/agroforst_ART_Bericht_736_D.pdf
- Kim, S.-H., Lee, C., Pechtl, H. A., Hettick, J. M., Campler, M. R., Pairs-Garcia, M. D., Beauchemin, K. A., Celi, P., & Duval, S. M. (2019). Effects of 3-nitrooxypropanol on enteric methane production, rumen fermentation, and feeding behavior in beef cattle fed a high-forage or high-grain diet. *Journal of Animal Science*, 97(7), 2687–2699. <https://doi.org/10.1093/jas/skz140>
- Köke, T., Ineichen, S., Grenz, J., & Reidy, B. (2021). Treibhausgase: KLIR-Modell zur einzelbetrieblichen Berechnung der Emissionen auf Milchviehbetrieben. *Agrarforschung Schweiz*, 12. <https://www.agrarforschungschweiz.ch/2021/03/klir-modell-zur-berechnung-von-treibhausgasemissionen-auf-milchviehbetrieben/>
- Koster, B., & Hufschmid, J. (2021). Klimaschutz beim Rindvieh: Resultate aus dem Projekt Klimaschutz in der Rindviehwirtschaft. *Agriidea*.
- Krause, K. M., & Oetzel, G. R. (2006). Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 126(3), 215–236. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.08.004>
- Krebs, L., & Frischknecht, R. (2021). Umweltbilanz Strommixe Schweiz 2018. Treeze Ltd.
- Krotscheck, C., Kromus, S., Yu, H. T., & Koschuh, W. (2003). Grüne Bioraffinerie. Gewinnung von Milchsäure aus Grassilagesaft. *Berichte aus Energie- und Umweltforschung*, 3/2004. https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/nw_pdf/0403_milchsaeure_aus_silage1.pdf?m=1487940448&
- Kupper, T. (2020). Beurteilung der Ansäuerung von Gülle als Massnahme zur Reduktion von Ammoniakemissionen in der Schweiz—Aktueller Stand. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL. <https://agrammon.ch/assets/Documents/Bericht-Ansaeuering-Guelle-20170123v.pdf>
- Kupper, T., Bonjour, C., Menzi, H., Bretscher, D., & Zaucker, F. (2018). Ammoniakemissionen der schweizerischen Landwirtschaft 1990-2015. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL.
- Leiber, F., Dorn, K., Probst, J. K., Isensee, A., Ackermann, N., Kuhn, A., & Spengler Neff, A. (2015). Concentrate reduction and sequential roughage offer to dairy cows: Effects on milk protein yield, protein efficiency and milk quality. *The Journal of Dairy Research*, 82(3), 272–278. <https://doi.org/10.1017/S0022029915000205>
- Little, M. W., O'Connell, N. E., Welsh, M. D., Barley, J., Meade, K. G., & Ferris, C. P. (2016). Prepartum concentrate supplementation of a diet based on medium-quality grass silage: Effects on performance, health, fertility, metabolic function, and immune function of low body condition score cows. *Journal of Dairy Science*, 99(9), 7102–7122. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11071>
- Mack, G., Zimmermann, A., & Moriz, C. (2009). Nachhaltigkeit des Kraftfuttoreinsatzes in der Milchviehhaltung. *Agrarforschung Schweiz*, 16(9), 342–347. https://www.agrarforschungschweiz.ch/wp-content/uploads/2019/12/2009_09_1502.pdf
- Marette, S., & Millet, G. (2014). Economic benefits from promoting linseed in the diet of dairy cows for reducing methane emissions and improving milk quality. *Food Policy*, 46, 140–149. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2014.03.010>
- Marton, S., & Guggenberger, T. (2015). Umweltanalyse am Beispiel Milch. Abschlusstagung des Projektes FarmLife, 22. https://raumberg-gumpenstein.at/jdownloads/FODOK/2015/fodok_3_16258_2f_2015_marton.pdf
- Melgar, A., Walker, N., & Hristov, A. (2019). Enteric gas emissions and lactational performance of dairy cows fed 3-Nitrooxypropanol : a meta-analysis.
- Melgar, A., Welter, K. C., Nedelkov, K., Martins, C. M. M. R., Harper, M. T., Oh, J., Räisänen, S. E., Chen, X., Cueva, S. F., Duval, S., & Hristov, A. N. (2020). Dose-response effect of 3-nitrooxypropanol on enteric methane emissions in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 103(7), 6145–6156. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17840>
- Mulser, E., Ineichen, S., Sutter, M., Hofstetter, P., & Probst, P. (2018). Tierische Leistungen aus frischem Wiesenfutter. *Agrarforschung Schweiz*, 9(4), 126–133.
- Münger, A., Eggenschwiler, L., Silacci, P., & Dohme-Meier, F. (2019). Methanemissionen von Milchkühen: Einfluss von Ölsaaten im Futter. *Agroscope*

- myclimate. (2021). Coop-Förderprogramm: Kompostmist liefert hochwertigen Dünger. <https://www.myclimate.org/de/informieren/klimaschutzprojekte/detail-klimaschutzprojekte/schweiz-abfallmanagement-und-kompost-7919-002/>
- Notz, C., Maeschli, A., Walkenhorst, M., Staehli, P., & Ivemeyer, S. (2013). Feed no food—Influence of minimized concentrate feeding on animal health, fertility and performance of Swiss organic dairy cows. *Tierärztliche Umschau*, 68, 307–310.
- Pahlke, M. (2020). Mehr Milch aus dem Grundfutter. *agrarheute RIND*, 22–24. <https://api.swissmilk.ch/wp-content/uploads/2019/05/fuetterung-mehr-milch-aus-dem-grundfutter-artikel-agrarheute-rind-maerz-2020-de.pdf>
- Peter, S., Hartmann, M., Weber, M., Lehmann, B., & Hediger, W. (2009). „THG 2020“ – Möglichkeiten und Grenzen zur Vermeidung landwirtschaftlicher Treibhausgase in der Schweiz. *Gruppe Agrar-, Lebensmittel und Umweltökonomie ETH. Info Agrarwirtschaft*, 1, 142.
- Pignati, W. A., Lima, F. A. N. de S. E., Lara, S. S. de, Correa, M. L. M., Barbosa, J. R., Leão, L. H. da C., & Pignatti, M. G. (2017). Spatial distribution of pesticide use in Brazil: A strategy for Health Surveillance. *Ciencia & Saude Coletiva*, 22(10), 3281–3293. <https://doi.org/10.1590/1413-812320172210.17742017>
- Probst, S. (2017). Effizienz und Tiergesundheit. In: Optimierung von Milchproduktionssystemen mit frischem Wiesenfutter Systemvergleich Hohenrain II. Präsentation Fachtagung Projekt Hohenrain II. BBZN Hohenrain.
- Probst, S., Wasem, D., Kobel, D., Zehetmeier, M., & Flury, C. (2019). Treibhausgasemissionen aus der gekoppelten Milch- und Fleischproduktion in der Schweiz. *Agrarforschung Schweiz*, 10(11–12), 440–445.
- Reidy, B., & Gut, W. (2018). Erfolgreich mit Milch aus Gras. *Agrarforschung Schweiz*, 9(4), 111. 0096.
- RFN. (2018). Salmon on soy beans—Deforestation and land conflict in Brazil. Rainforest Foundation Norway. <https://www.framtiden.no/aktuelle-rapporter/849-salmon-on-soy-beans-deforestation-and-land-conflict-in-brazil/file.html>
- Schader, C., Jud, K., Meier, M., Kuhn, T., Oehen, B., & Gattinger, A. (2014). Quantification of the effectiveness of greenhouse gas mitigation measures in Swiss organic milk production using a life cycle assessment approach. *Journal of Cleaner Production*, 73, 227–235. <https://orprints.org/id/eprint/26227/>
- Schmid, D., & Lips, M. (2013). Erhöhung des Grasanteils in der Milchviehfütterung: Auswirkungen auf Milchleistung und Einkommen. 53rd Annual Conference, Berlin, Germany, September 25–27. German Association of Agricultural Economists (GEWISOLA). <https://ideas.repec.org/p/ags/gewi13/156211.html>
- Schmid, M., Neftel, A., & Fuhrer, J. (2000). Lachgasemissionen aus der Schweizer Landwirtschaft. *Schriftenreihe FAL* 33.
- Schori, F. (2017). Milchkühe gefüttert mit 0 oder 750 kg Kraftfutter. *ETH-Schriftenreihe zur Tierernährung*, 40. <https://ira.agroscope.ch/fr-CH/publication/36685>
- Schrade, S., Agroscope, & NFP 69. (2019). Bauliche Massnahmen im Stall und Fütterungsstrategien senken die Ammoniak-Emissionen von Milchvieh. Nationales Forschungsprogramm NFP 69 Gesunde Ernährung und nachhaltige Lebensmittelproduktion. https://www.healthyandsustainable.ch/sites/default/files/file-items/2020-06/NFP69_Emissionen_von_Kuehen_DE.pdf
- Schüpbach, B., Junge, X., Briegel, R., Lindemann-Matthies, P., & Walter, T. (2009). Ästhetische Bewertung landwirtschaftlicher Kulturen durch die Bevölkerung. *ART-Schriftenreihe*, 10, 1–136. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/17705>
- Schweizer Bauernverband. (2019). Schweizer Landwirtschaft im (Klima)wandel. https://www.sbv-usp.ch/fileadmin/sbvuspch/04_Medien/Medienmitteilungen/PM_2019/FOKUS03_DE_web.pdf
- SMP. (2021). Medienmitteilung: Tierwohl beim „grünen Teppich“ legt weiter zu. <https://www.swissmilk.ch/de/produzenten/medien/smp-news/tierwohl-beim-gruenen-teppich-legt-weiter-zu/>
- Soja Netzwerk Schweiz. (2018). Faktenblatt Soja Netzwerk Schweiz. https://www.sojanetzwerk.ch/fileadmin/user_upload/soja-factsheet-de_180618_update.pdf
- Spörri, M., Janker, J., Zorn, A., & Lips, M. (2016). Differenzierung bei der Produktqualität landwirtschaftlicher Rohstoffe – eine Beispielsammlung.
- Stierli, P. (2016). Gülleensäuerung. *AgroCleanTech*. https://www.infothek-biomasse.ch/images/395_2016_Stierli_Guelleansaueuerung.pdf
- Sutter, M., Nemecek, T., & Thomet, P. (2013). Vergleich der Ökobilanzen von stall- und weidebasierter Milchproduktion. *Agrarforschung Schweiz*, 4, 230–237. <https://www.agrarforschungschweiz.ch/2013/05/vergleich-der-oekobilanzen-von-stall-und-weidebasierter-milchproduktion/>

- Thees, O., Burg, V., Erni, M., Bowman, G., & Lemm, R. (2017). Biomassepotenziale der Schweiz für die energetische Nutzung, Ergebnisse des Schweizerischen Energiekompetenzzentrums SCCER Biosweet., Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL. <https://www.wsl.ch/en/publications/biomassepotenziale-der-schweiz-fuer-dieenergetische-nutzung-ergebnisse-des-schweizerischen-energie.html>
- Thomet, P., & Steiger Burgos, M. (2007). Kuhtyp für die graslandbasierte Milchproduktion. *Agrarforschung Schweiz*, 14(9), 412–417. <https://www.agrarforschungschweiz.ch/2007/09/kuhtyp-fuer-die-graslandbasierte-milchproduktion/>
- van Gastelen, S., Dijkstra, J., Binnendijk, G., Duval, S. M., Heck, J. M. L., Kindermann, M., Zandstra, T., & Bannink, A. (2020). 3-Nitrooxypropanol decreases methane emissions and increases hydrogen emissions of early lactation dairy cows, with associated changes in nutrient digestibility and energy metabolism. *Journal of Dairy Science*, 103(9), 8074–8093. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17936>
- Verband der schweizerischen Gasindustrie. (2017). Schweizer Gaswirtschaft unterstützt innovative Energieprojekte. https://gazenergie.ch/fileadmin/user_upload/e-paper/GE-Innovation/GE_FS_Innovation-2021-de.pdf
- Wittman, H., Chappell, M. J., Abson, D., Kerr, R., Blesh, J., Hanspach, J., Perfecto, I., & Fischer, J. (2017). A social-ecological perspective on harmonizing food security and biodiversity conservation. *Regional Environmental Change*, 17. <https://doi.org/10.1007/s10113-016-1045-9>
- Wolff, V., Alig, M., Nemecek, T., & Gaillard, G. (2016). Ökobilanz verschiedener Fleischprodukte—Geflügel-, Schweine- und Rindfleisch: Revidierte Fassung Dezember 2016. *Agroscope*. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/36267>
- Wyss, U., Mauer, J., Frey, H., & Hofstetter, P. (2014). Fettsäurenmuster der Milch bei Vollweide oder TMR-Fütterung. *Agroscope*. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/34160>
- Wyss, U., Mauer, J., Frey, H., Reinhard, T., Bernet, A., & Hofstetter P. (2011). Systemvergleich Milchproduktion Hohenrain. Aspekte zur Milchqualität und Saisonalität der Milchlieferungen. *Agrarforschung Schweiz*, 2(9), 412–417.
- Zähner, M. (2005). Vorsorgliche Emissionsminderungsmassnahmen bei Bauinvestitionen in der Landwirtschaft. *Agroscope*. <https://ira.agroscope.ch/it-CH/publication/18578>
- Zethner, G., & Süssenbacher, E. (2012). Vergärung von Wirtschaftsdüngern in Biogasanlagen. Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0377.pdf>