

Umwelt

Agroscope Science | Nr. 58 / Februar 2018



Analyse ausgewählter Massnahmen zur Verbesse- rung der Nachhaltigkeit in der Schweizer Milchproduktion – eine Literaturstudie

Autoren

Charlotte Haupt, Nicolas Hofer, Andreas Roesch, Christian
Gazzarin, Thomas Nemecek

Partner

Estavayer Lait S.A. und Migros Genossenschaftsbund

Impressum

Herausgeber:	Agroscope Strategischer Forschungsbereich Agrarökologie und Umwelt Reckenholzstrasse 191, 8046 Zürich, Schweiz Telefon +41 (0)44 377 71 11, Fax +41 (0)44 377 72 01 info@agroscope.ch ; www.agroscope.ch
Auskünfte:	Thomas Nemecek (thomas.nemecek@agroscope.admin.ch)
Titelbild	Christian Gazzarin
Download	www.agroscope.ch/science
Copyright:	© Agroscope 2018
ISSN:	2296-729X
ISBN:	978-3-906804-46-0

Diese Forschungsergebnisse wurden von Agroscope mit finanzieller Unterstützung des Migros Genossenschaftsbundes erarbeitet.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	5
Résumé	9
Summary	13
Abkürzungsverzeichnis	17
Abbildungsverzeichnis	17
Tabellenverzeichnis	17
Danksagung	18
1 Einleitung	19
2 Massnahmenbeschreibung und Vergleichssysteme	21
3 Nachhaltigkeitsindikatoren	25
4 Methode	30
5 Wirkung ausgewählter Massnahmen in der Schweizer Milchproduktion auf Indikatoren der sozialen, ökologischen und ökonomischen Nachhaltigkeit	33
5.1 Lebtagesleistung	33
5.1.1 Umwelt	33
5.1.2 Soziales	34
5.1.3 Ökonomie	35
5.2 Längere Nutzungsdauer/ höhere Anzahl Laktationen	35
5.2.1 Umwelt	35
5.2.2 Soziales	36
5.2.3 Ökonomie	36
5.3 Kraftfutterintensität	36
5.3.1 Umwelt	37
5.3.2 Soziales	39
5.3.3 Ökonomie	40
5.4 Wiesen- und Weidefutteranteil	41
5.4.1 Umwelt	41
5.4.2 Soziales	43
5.4.3 Ökonomie	44
5.5 Anteil Grundfutter aus der Schweiz	45
5.5.1 Umwelt	45
5.5.2 Soziales	46
5.5.3 Ökonomie	47
5.6 Soja zertifiziert nach Sojanetzwerk Schweiz	47
5.6.1 Umwelt	48
5.6.2 Soziales	48
5.6.3 Ökonomie	48

5.7	Verbot Harnstofffütterung	48
5.7.1	Umwelt.....	48
5.7.2	Soziales	49
5.7.3	Ökonomie	49
5.8	Fettsäureoptimierte Fütterung.....	49
5.8.1	Umwelt.....	49
5.8.2	Soziales	50
5.8.3	Ökonomie	50
5.9	Wertschöpfungskette Kälber/Kälbermanagement	51
5.9.1	Umwelt.....	52
5.9.2	Soziales	52
5.9.3	Ökonomie	53
5.10	Besonders tierfreundliche Stallhaltung (BTS)	53
5.10.1	Umwelt.....	53
5.10.2	Soziales	53
5.10.3	Ökonomie	54
5.11	Regelmässiger Auslauf im Freien (RAUS)/Weidehaltung.....	54
5.11.1	Umwelt.....	54
5.11.2	Soziales	56
5.11.3	Ökonomie	56
5.12	BTS & RAUS in Kombination	57
5.12.1	Umwelt.....	57
5.12.2	Soziales	57
5.12.3	Ökonomie	58
5.13	Herdengesundheitsvorsorge	58
5.13.1	Umwelt.....	58
5.13.2	Soziales	59
5.13.3	Ökonomie	59
5.14	Antibiotikaeinsatz	60
5.14.1	Soziales	60
5.14.2	Ökonomie	61
5.15	Biodiversität.....	61
5.15.1	Umwelt.....	61
5.15.2	Ökonomie	61
5.16	Partnerschaft durch mehrjährige Verträge	62
5.17	Nachhaltigkeitszuschlag.....	63
6	Schlussfolgerung und Ausblick	64
7	Literaturverzeichnis	66

Zusammenfassung

Ausgangslage und Zielsetzung

Die Milchproduktion ist der bedeutendste Sektor der Schweizer Landwirtschaft. Eine wirtschaftlich beständige sowie soziale und umweltverträgliche Milchproduktion - sprich eine nachhaltige Milchproduktion - ist erstrebenswert und trägt aufgrund ihrer hohen Bedeutung zu einer nachhaltigeren Lebensmittelversorgung in der Schweiz bei. Es stellt sich daher die Frage, ob bestimmte Massnahmen zu einer Absicherung oder Steigerung der Nachhaltigkeit in der Milchproduktion beitragen. Die Literaturstudie diente dem Zweck, die Wirkung von 15 ausgewählten Massnahmen in der Schweizer Milchproduktion auf ausgewählte Nachhaltigkeitsindikatoren abzuschätzen.

Vorgehen und Methodik

Im Vorfeld dieser Literaturstudie definierten Experten im Rahmen von zwei Workshops verschiedene Massnahmen, in der Annahme, dass diese die Nachhaltigkeit der Schweizer Milchproduktion sichern oder steigern würden. Die Bewertung dieser Massnahmen anhand von Literaturquellen erfolgte in Anlehnung an das von Roesch *et al.* (2016) entwickelte Indikatoren-Set, welches für die umfassende Beurteilung aller drei Säulen der Nachhaltigkeit von Landwirtschaftsbetrieben in der Schweiz entwickelt wurde. Die untersuchten Indikatoren in der Nachhaltigkeitsdimension Umwelt sind der nicht-erneuerbare Energiebedarf, das Treibhauspotenzial, der Ressourcenbedarf P und K, der Flächenbedarf, die Lebensmittelkonversions-Effizienz, die Abholzung, der Wasserbedarf, das Eutrophierungs-, Versauerungs- und Ökotoxizitätspotenzial sowie die Biodiversität. In der Nachhaltigkeitsdimension Soziales werden die Wirkungen auf das Landschaftsbild, die Milcheigenschaften und das Tierwohl bewertet. Im Bereich Ökonomie sind die Arbeitskennzahlen, Kosten und Investition, sowie Erlöse, Gewinne und Einkommen die zu untersuchenden Indikatoren. Zu Beginn der Literaturstudie wurden Kriterien definiert, an denen sich die Recherche orientierte. Insgesamt berücksichtigt die Literaturstudie 190 Literaturquellen.

Resultate

Die Wirkung der Massnahme *Lebtagesleistung* (kg Milch pro Lebtage) bewertet die Literatur kontrovers. Entscheidend sind die Fütterungsintensitäten und die Art des Futters, aber auch die Anzahl Laktationen, das genetische Potenzial der Milchkuh sowie das Verhältnis von Milch- und Fleischoutput. Festzustellen ist, dass sich die Mehrheit der Studien im Bereich Umwelt auf die Jahresleistung pro Kuh konzentriert und nicht auf die Lebtagesleistung. Tendenziell zeigt sich, dass eine höhere Leistung bis zu einer systemspezifischen Leistungsgrenze im Vergleich zu einer niedrigeren Leistung, geringere Umweltwirkungen verursacht. Dabei sollte die Nutzungsdauer der Kühe erhöht werden, ein ausgewogenes Verhältnis von Milch- und Fleischoutput erreicht werden und eine Anpassung der Fütterungsstrategie an das individuelle System (z.B. an den Energiebedarf der Milchkuh) erfolgen. Intensivere Produktionssysteme wirken sich in der Mehrzahl der untersuchten Studien pro Kilogramm Milch tendenziell vorteilhafter auf das Treibhauspotenzial aus. In Hinblick auf den Flächenbedarf, den Energiebedarf, das Tierwohl und die Milcheigenschaften ist keine eindeutige Aussage möglich. Die Abschätzung der Auswirkung einer höheren Lebtagesleistung auf die in dieser Studie untersuchten ökonomischen Indikatoren konnte mangels publizierter Untersuchungen nicht erfolgen. Eine längere Nutzungsdauer kann hingegen nachweislich zu einem höheren Gewinn führen.

Den Einfluss der *Krafftutterintensität* (g Krafftutter pro kg Milch) auf die Umwelt diskutiert die Literatur kontrovers. Die Produktion von Krafftutter wirkt sich im Vergleich zur Produktion von Wiesenfutter mehrheitlich ungünstiger auf die Umwelt aus, insbesondere in den Wirkungskategorien aquatische Eutrophierung, Ökoto-

xizität, P- und K-Ressourcen und Abholzung (bei nicht-zertifiziertem Soja). Die Wirkung auf die Milchproduktion ist abhängig von der aktuellen Milchleistung, dem Grad der Leistungsänderung durch die Veränderung der Kraffutterintensität (d.h. der Kraffutтереffizienz), dem Anteil Kraffutter an der Ration sowie dem genetischen Potenzial der Milchkuh. Die Auswirkung von Kraffutter auf die Milchbestandteile wird auch kontrovers beurteilt. Eine tiefe Kraffutterintensität ist günstig für den Arbeitsverdienst. Eine Erhöhung des Wiesenfutteranteils wirkt sich ebenfalls positiv auf den Arbeitsverdienst aus. Daher kann bei einer *niedrigen Kraffutterintensität* mit positiven Effekten auf die betriebliche Wirtschaftlichkeit gerechnet werden.

Den Einfluss des Anteils *Wiesen- und Weidefutter* in der Ration (kg Trockensubstanz an der Jahresration) auf die Umweltwirkungen bewertet die Literatur kontrovers in Abhängigkeit von einer Vielzahl an Parametern. Festzustellen ist, dass mit Wiesenfutter tiefere Leistungen pro Kuh erzielt werden als mit Ackerfutter. Dies wirkt sich nachteilig auf die Futtermittelverwertung aus. Die Flächenkonkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion verringert sich, wenn die Wiesenfutterproduktion auf Flächen erfolgt, die für den Ackerbau ungeeignet sind. Der Einfluss auf die Milcheigenschaften ist positiv. Ein hoher Wiesenfutteranteil hat grösstenteils positive Auswirkungen auf die ökonomische Dimension des Betriebs; insbesondere ist mit einer höheren Arbeitsverwertung zu rechnen. Auch die Beiträge für graslandbasierte Milch- und Fleischproduktion (GMF) üben einen positiven Einfluss auf die betriebliche Wirtschaftlichkeit aus.

Die Auswirkungen des *Anteils Grundfutter aus der Schweiz* in der Ration werden kontrovers diskutiert. Die Produktion von Maissilage wirkt sich im Vergleich zu Wiesenfutter ungünstiger auf die Umwelt aus. Mais kann hingegen die Milchleistung der Tiere und damit die Effizienz steigern; dies ist wiederum positiv für die Umwelt zu bewerten. Die Wirkung auf die Milchbeschaffenheit und das Tierwohl wird ebenfalls kontrovers bewertet. Die arbeitswirtschaftlichen Kennzahlen der Raufutterproduktion können je nach Betrieb und Verfahren stark variieren; die betrieblichen Strukturen bzw. Kapazitäten spielen zudem eine entscheidende Rolle. Daher ist es nicht möglich, eine einheitliche Auswirkung auf die ökonomische Dimension der Betriebe zu eruieren. Heu aus dem Ausland ist tendenziell preisgünstiger. Welche Auswirkungen Wiesenfutter aus der Schweiz oder aus anderen Ländern auf soziale und Umweltindikatoren hat, ist bislang nicht untersucht.

Die Fütterung von *Soja zertifiziert nach Sojanetzwerk Schweiz* („Soja aus verantwortungsvoller Quelle“), hat einen positiven Einfluss auf die Umwelt im Vergleich zur Fütterung von unzertifiziertem Soja, hauptsächlich durch die Vermeidung der Abholzung und damit verbundener Emissionen von Treibhausgasen. Unzertifiziertes Soja ist zwar preisgünstiger als zertifiziertes, da in der Schweiz aber bereits zu 99% zertifiziertes Soja verwendet wird, ist von keinen grossen Auswirkungen auf die betriebliche Kostenstruktur auszugehen.

Die Wirkung der Massnahme *Verbot Harnstofffütterung* in der Dimension Umwelt ist unklar. In einzelnen Umweltwirkungskategorien ist die Herstellung von Harnstoff ungünstiger als der Sojaanbau, in anderen wiederum günstiger. Eine umfassende Analyse fehlt jedoch bislang. Ein Verzicht wirkt sich tendenziell positiv auf das Tierwohl aus. Die Wirkung auf die Milcheigenschaften ist kontrovers. Auf ökonomische Indikatoren hätte ein Harnstoffverzicht negative Auswirkungen: Ein Preisvergleich mit Sojaschrot zeigt, dass Harnstoff ein grosses Sparpotenzial bietet.

Eine *fettsäureoptimierte Fütterung* wirkt sich tendenziell günstig auf die Umwelt aus. Eine Vielzahl von Studien zeigt reduzierte Methanemissionen aus Verdauungsprozessen nach der Fütterung von Fetten. Umfassende Ökobilanzstudien gibt es allerdings kaum. Der Einfluss auf die Milchbeschaffenheit ist ebenfalls günstig und bei sachgemässer Dosierung sind keine Auswirkungen auf das Tierwohl zu erwarten. Eine fettsäureoptimierte Fütterung bringt Mehrkosten mit sich. Auf ökonomischer Seite lohnt sich die Investition nur, wenn entsprechend höhere Preise realisiert werden können.

Die Literatur untersucht die Auswirkung von *Spermasexing* auf die Umwelt bislang kaum. Auch zu ökonomischen Auswirkungen gibt es keine Studien, die die Schweiz betreffen. Jedoch deutet die stark steigende Nachfrage nach gesextem Sperma auf eine positive Wirtschaftlichkeit hin. Ein *Kälbermanagement*, welches die ausreichende Versorgung mit Kollostrum, eine bedarfsgerechte Fütterung mit Festfutter, eine ausreichende Zufuhr von Frischluft sowie eine Haltung zunächst in Einzelbox und anschliessend nach Alter separierter Gruppenhaltung umfasst, wirkt sich günstig auf das Tierwohl und die Tiergesundheit aus. Reduzierte Tiertransporte haben einen günstigen Einfluss auf das Tierwohl und die Umwelt. Die Transporte spielen im Vergleich zur landwirtschaftlichen Produktion jedoch eine untergeordnete Rolle in der Gesamtsumme der Umweltwirkungen. Die Verwendung von *Zweinutzungsrasen* diskutiert die Literatur kontrovers. Zweinutzungsrasen produzieren mehr Fleisch pro kg produzierte Milch. Allerdings erbringen diese Tiere geringere Milchleistungen.

Die Wirkung der *besonders tierfreundlichen Stallhaltung (BTS)* auf die Umwelt bewerten die Autoren der evaluierten Literatur tendenziell ungünstig, da die Zunahme von Laufhöfen und -ställen zu einem höheren Eutrophierungspotenzial führt. Die Wirkung auf das Tierwohl ist günstig, aber ein signifikanter Einfluss auf die Zellzahlen in der Milch ist nicht festgestellt worden. Ein Laufstall hat positive Auswirkungen auf den Arbeitszeitbedarf und kann auch den Arbeitsverdienst erhöhen. Im Vergleich mit einem Anbindestall weisen Laufställe zudem geringere Investitionskosten auf.

Der *regelmässige Auslauf im Freien (RAUS)* ermöglicht den Kühen viel Bewegung durch Auslauf auf einer Weide, in einem Laufhof oder in einem Aussenklimabereich. Die Umweltwirkungen der Weidehaltung im Vergleich zur Stallhaltung werden kontrovers beurteilt. Der Flächenbedarf und die Lachgasemissionen sind im Vergleich zur Stallherde höher, die Ammoniakemissionen hingegen niedriger. Für das Tierwohl ist das RAUS Programm günstig und für die Milchbeschaffenheit tendenziell positiv, da Weide- resp. Wiesenfutter das Fettsäuremuster der Milch aus ernährungsphysiologischer Sichtweise günstig beeinflusst. Auf die Wirtschaftlichkeit hat das RAUS Programm mehrheitlich positive Auswirkungen. Eine höhere Arbeitseffizienz und zusätzliche Direktzahlungen können zu einer höheren Gesamtleistung führen.

Massnahmen zur *Herdengesundheitsvorsorge* wirken sich günstig auf die Umwelt aus, wenn dadurch der Gesundheitszustand der Tiere verbessert wird. Gesundere Tiere leben länger, erbringen mehr Leistung und benötigen weniger Ressourcen. Bleiben Krankheiten aus, wirkt sich das positiv auf das Tierwohl und ggf. auf die Zellzahl und somit die Milchqualität aus. Die Auswirkungen von Herdengesundheitsprogrammen auf die wirtschaftlichen Aspekte (betriebliche Kosten und Erlöse) sind aufgrund der verfügbaren Literatur widersprüchlich.

Der Verzicht auf einen *prophylaktischen Einsatz von Antibiotika* und auf *kritische Antibiotika* wirkt sich günstig auf die Vermeidung von Resistenzen aus. Die Wirkung eines Verzichts auf die Tiergesundheit und die Milch wird kontrovers diskutiert. Zu den übrigen Auswirkungen konnten keine Studien gefunden werden.

Die Teilnahme am *Biodiversitätspunktesystem von IP-Suisse* ist günstig für die Biodiversität. Die Erbringungskosten ökologischer und landschaftspflegerischer Leistungen sind sehr heterogen. Daher können keine allgemeingültigen ökonomischen Auswirkungen eruiert werden.

Zur Massnahme *Partnerschaft durch mehrjährige Verträge* konnten unter Schweizer Rahmenbedingungen keine Studien gefunden werden.

Die Massnahme *Nachhaltigkeitszuschlag* zum Milchpreis wirkt sich positiv auf die Erlöse der Landwirte aus, solange die produzierte Milchmenge nicht abnimmt.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Anhand der Literaturstudie konnte eine Vielzahl der zu erwartenden Wirkungen der Nachhaltigkeits-Massnahmen auf die Milchproduktion aufgezeigt werden. Einige Massnahmen wirken sich mehrheitlich positiv auf die drei Nachhaltigkeitsdimensionen Umwelt, Soziales und Ökonomie aus. Bei anderen Massnahmen zeigten sich Zielkonflikte innerhalb der Dimensionen sowie zwischen den Dimensionen. Es zeigte sich auch, dass bei einigen Massnahmen und Indikatoren unterschiedlichste Rahmenbedingungen eine Rolle spielen, die je nachdem eine günstige oder ungünstige Wirkung zur Folge haben. Auch gibt es Massnahmen, die in der Literatur bislang kaum analysiert werden, sodass eine Aussage aufgrund fehlender Informationen nicht möglich ist.

Es empfiehlt sich eine quantitative Evaluation der Massnahmen, bei denen die Aussagen in der Literatur kontrovers waren oder keine Literatur vorlag. Darüber hinaus wäre es sinnvoll zu prüfen, ob weitere Massnahmen und Indikatoren in die Betrachtungen einbezogen werden sollten.

Analyse de différentes mesures conçues pour améliorer la durabilité dans la production laitière suisse – Revue de littérature

Résumé

Situation initiale et objectif

La production laitière est le secteur le plus important de l'agriculture suisse. Il est donc souhaitable qu'elle soit économiquement stable, sociale et écologique, en un mot, qu'elle soit durable. De par son importance, elle contribue à améliorer la durabilité de l'approvisionnement alimentaire en Suisse. Il s'agit donc de savoir s'il existe des mesures susceptibles de garantir ou d'améliorer la durabilité de la production laitière. La revue de littérature avait pour but d'estimer l'effet de quinze mesures retenues dans la production laitière suisse sur des indicateurs de durabilité sélectionnés.

Procédure et méthodologie

Au stade préliminaire de cette étude bibliographique, des experts ont défini, dans le cadre de deux workshops, différentes mesures, dans l'hypothèse qu'elles puissent garantir ou accroître la durabilité de la production laitière suisse. Ces mesures ont été évaluées à l'aide de sources bibliographiques s'appuyant sur la série d'indicateurs développés par Roesch *et al.* (2016) en vue d'une évaluation approfondie des trois piliers de la durabilité dans les exploitations agricoles en Suisse. Dans la dimension environnementale de la durabilité, les indicateurs étudiés sont le besoin en énergie non renouvelable, le potentiel d'effet de serre, le besoin en ressources P et K, le besoin en surfaces, l'efficacité de conversion alimentaire, le déboisement, le besoin en eau, les potentiels d'eutrophisation, d'acidification et d'écotoxicité ainsi que la biodiversité. La dimension sociale de la durabilité analyse les effets sur l'esthétique du paysage, les propriétés du lait et le bien-être animal. Enfin, pour l'aspect économique, les indicateurs à étudier ont les paramètres du travail, les coûts et investissements, ainsi que les bénéfices, recettes et revenus. Au début de l'étude bibliographique, des critères ont été définis sur lesquels orienter la recherche. Au total, l'étude bibliographique a passé 190 sources en revue.

Résultats

L'effet de la mesure *Performance par jour de vie* (kg de lait par jour de vie) est sujet à controverse dans la littérature. Les points décisifs sont l'intensité d'affouragement et le type de fourrage, mais aussi le nombre de lactations, le potentiel génétique de la vache laitière ainsi que le rapport entre la production de lait et de viande. On constate que la plupart des études dans la perspective environnementale se concentrent sur la performance annuelle par vache et non sur la performance par jour de vie. Il semblerait que, jusqu'à une limite de performance spécifique au système, des performances supérieures entraînent des impacts environnementaux moindres que des performances inférieures. Pour ce faire, la durée d'utilisation des vaches devrait être augmentée, un équilibre entre la production de lait et de viande devrait être atteint et la stratégie d'affouragement devrait être adaptée au système individuel (p. ex. au besoin énergétique de la vache laitière). Dans la plupart des études consultées, les systèmes de production plus intensifs ont tendance à avoir un impact plus favorable sur le potentiel d'effet de serre par kilogramme de lait. Il n'est pas possible de se prononcer en ce qui concerne le besoin en surface, en énergie, le bien-être animal et les propriétés du lait. Par manque d'études publiées, il n'a pas été possible d'estimer l'effet d'une performance journalière plus élevée sur les indicateurs économiques analysés dans cette étude. En revanche, il a été prouvé qu'une durée d'utilisation plus longue pouvait dégager une marge plus élevée.

L'influence de l'*intensité d'utilisation des concentrés* (g de concentrés par kg de lait) sur l'environnement est elle aussi sujette à controverse dans la littérature. Par rapport à la production de fourrages provenant d'herbages, la production de concentrés est majoritairement plus défavorable à l'environnement, notamment dans les catégories d'impacts suivantes: eutrophisation, écotoxicité, ressources en P et K et déboisement (pour le soja non certifié). L'effet sur la production laitière dépend du rendement laitier actuel, du degré de variation du rendement suite au changement de l'intensité d'utilisation des concentrés (c.-à-d. l'efficacité des concentrés), du pourcentage de concentrés dans la ration et du potentiel génétique de la vache laitière. L'effet des concentrés sur les teneurs du lait fait lui aussi l'objet de controverses. Une faible intensité d'utilisation des concentrés est bénéfique au revenu du travail. Une augmentation de la part de fourrages issus d'herbages a elle aussi un effet positif sur le revenu du travail. Par conséquent, en cas de *faible intensité de distribution des concentrés*, on peut s'attendre à des effets positifs sur la rentabilité de l'exploitation.

L'effet de la part de *fourrages issus d'herbages et de pâturages* dans la ration (kg de matière sèche dans la ration annuelle) sur les impacts environnementaux est évalué de manière controversée dans la littérature en fonction d'un grand nombre de paramètres. On constate qu'avec du fourrage issu d'herbages, les performances par vache sont plus faibles qu'avec des cultures fourragères. Ceci a des répercussions négatives sur la valorisation d'aliments. La concurrence par rapport aux surfaces pour la production de denrées alimentaires s'atténue, si le fourrage est produit sur des surfaces impropres aux grandes cultures. L'influence sur les propriétés du lait est positive. Un pourcentage élevé de fourrage issu d'herbages a des effets largement positifs sur la dimension économique de l'exploitation; il faut notamment s'attendre à une valorisation du travail plus élevée. Les contributions pour la production de lait et de viande basée sur les herbages (PLVH) exercent elles aussi une influence positive sur la rentabilité de l'exploitation.

Les effets du *pourcentage de fourrage de base suisse* dans la ration sont sujets à débats. Comparée à la production de fourrage issu d'herbages, la production d'ensilage de maïs est moins favorable à l'environnement. En revanche, le maïs peut augmenter le rendement laitier de vaches et donc l'efficacité, ce qui, en contrepartie est favorable pour l'environnement. L'effet sur les propriétés du lait et le bien-être des animaux suscite également des controverses. Les paramètres économiques de la production de fourrage grossier peuvent varier considérablement d'une exploitation et d'un procédé à l'autre; de plus, les structures et les capacités de l'exploitation jouent un grand rôle. C'est pourquoi il n'est pas possible d'identifier un effet uniforme sur la dimension économique des exploitations. Le foin importé de l'étranger a tendance à être moins cher. Jusqu'à présent, aucune étude n'a été faite sur l'impact que le fourrage issu d'herbages suisses ou d'autres pays peut avoir sur les indicateurs sociaux et environnementaux.

L'affouragement de *soja certifié par le réseau suisse pour le soja* («*Soja issu de source responsable*») a un effet positif sur l'environnement en comparaison avec l'affouragement de soja non certifié, principalement parce qu'il évite le déboisement et les émissions de gaz à effet de serre qui y sont liées. Le soja non certifié est certes meilleur marché que le soja certifié mais comme la Suisse utilise déjà à 99% du soja certifié, il ne faut s'attendre à aucune incidence majeure sur la structure des coûts d'exploitation.

L'effet de la mesure *d'interdiction des aliments contenant de l'urée* sur la dimension environnementale n'est pas clair. Dans certaines catégories d'impacts environnementaux, la production d'urée est moins favorable que la culture du soja, et plus favorable dans d'autres catégories. Il n'existe toutefois pas d'analyse complète jusqu'à présent. Renoncer à ce type d'aliments tend à avoir un effet positif sur le bien-être animal. L'effet sur les propriétés du lait est controversé. Un renoncement à l'urée aurait en revanche des répercussions négatives sur les indicateurs économiques. Une comparaison des prix avec les tourteaux de soja montre en effet que l'urée permet de faire de grosses économies.

Une *alimentation optimisée en acides gras* tend à avoir un effet favorable sur l'environnement. Un grand nombre d'études montre une réduction des émissions de méthane issues des processus de digestion après l'administration de graisses aux animaux. Il n'existe toutefois pratiquement aucune analyse de cycle de vie approfondie sur le sujet. L'effet sur les propriétés du lait est également positif et lorsque le dosage est approprié, aucune incidence n'est à craindre sur le bien-être animal. Une alimentation optimisée en acides gras est toutefois plus coûteuse. Du point de vue économique, l'investissement ne vaut la peine que s'il permet d'obtenir des prix supérieurs.

Jusqu'à présent, l'effet du *spermasexing* sur l'environnement n'a pratiquement pas été étudié dans la littérature. Il n'existe pas non plus d'étude sur les impacts économiques concernant la Suisse. Cependant la demande croissante de sperme sexé semble indiquer que la méthode est rentable. Une *gestion des veaux*, qui comprend un apport suffisant en colostrum, en aliments solides adapté aux besoins et en air frais, la détention d'abord en box individuel, puis en groupe séparé en fonction de l'âge, a des effets positifs sur le bien-être et la santé des animaux. La réduction du transport des animaux est favorable au bien-être animal et à l'environnement. Dans l'ensemble des impacts environnementaux, les transports jouent toutefois un rôle secondaire par rapport à la production. L'utilisation de *raças à deux fins* est sujette à débats dans la littérature. Les races à deux fins produisent plus de viande par kg de lait. Cependant, ce type d'animaux affiche des rendements laitiers inférieurs.

Les auteurs des études évaluées considèrent que les *systèmes de stabulation particulièrement respectueux des animaux (SST)* ont tendance à avoir un effet défavorable sur l'environnement car l'augmentation des surfaces des aires d'exercice extérieures et des étables conduit à une hausse du potentiel d'eutrophisation. L'effet sur le bien-être animal est positif mais aucune influence significative sur le nombre de cellules du lait n'a pu être constatée. Une stabulation libre a un effet positif sur le temps de travail nécessaire et peut également augmenter le revenu du travail. De plus, les stabulations libres génèrent des coûts d'investissement moins élevés que les stabulations entravées.

La *sortie régulière des animaux en plein air (SRPA)* permet aux vaches d'avoir une activité physique au pâturage, dans une aire d'exercice ou dans une aire de climat extérieur. Les impacts environnementaux de la détention au pâturage par rapport à la détention dans l'étable suscitent la controverse. Le besoin en surface et les émissions de protoxyde d'azote sont plus importantes au pâturage que dans l'étable, mais les émissions d'ammoniac le sont moins. Le programme SRPA est favorable au bien-être des animaux et tend à être positif pour les propriétés du lait, car l'herbe des prairies ou des pâturages exerce une influence positive sur les acides gras du lait d'un point de vue nutritionnel. Le programme SRPA a également plusieurs effets positifs sur la rentabilité. Une meilleure efficacité du travail et des paiements directs supplémentaires peuvent conduire à une meilleure performance globale.

Les mesures de *prévention de la santé des troupeaux* ont un effet positif sur l'environnement lorsqu'elles permettent d'améliorer l'état de santé des animaux. Des animaux en bonne santé vivent plus longtemps, ont plus de rendement et nécessitent moins de ressources. S'il n'y a pas de maladies, l'effet est positif sur le bien-être des animaux et éventuellement sur le nombre de cellules et donc la qualité du lait. Les incidences des programmes de santé des troupeaux sur les aspects économiques (coûts et bénéfices de l'exploitation) sont contradictoires selon la littérature disponible.

Le fait de renoncer à un *emploi prophylactique des antibiotiques et aux antibiotiques critiques* est favorable à la prévention des résistances. L'effet de ce renoncement sur la santé des animaux et sur le lait est controversé. Aucune étude n'a pu être trouvée sur les autres répercussions.

La participation au *système de points sur la biodiversité d'IP-Suisse* est favorable à la biodiversité. Les coûts de revient des prestations écologiques et dans le domaine de l'entretien du paysage sont très hétérogènes. Il n'est donc pas possible d'identifier les répercussions économiques en général.

Aucune étude réalisée dans les conditions de la Suisse n'a pu être trouvée sur la mesure de *partenariat basé sur des contrats pluriannuels*.

La mesure du *supplément de durabilité* sur le prix du lait a des effets positifs sur les bénéfices des agriculteurs, tant que la quantité de lait produite ne diminue pas.

Conclusions et perspectives

L'étude de la littérature a permis d'identifier un grand nombre des effets escomptés des mesures de durabilité sur la production laitière. Quelques mesures ont des répercussions positives sur les trois aspects de la durabilité, à savoir les aspects écologique, social et économique. Pour d'autres mesures, des conflits d'objectifs sont apparus au sein des dimensions de la durabilité ainsi qu'entre les dimensions. On a également constaté que pour certaines mesures et certains indicateurs, différentes conditions cadre jouaient un rôle et avaient, suivant les cas, un effet positif ou négatif. Il existe également des mesures qui n'ont pratiquement pas été analysées dans la littérature jusqu'à ce jour de sorte qu'il n'a pas été possible de se prononcer par manque d'information.

Il est recommandé d'effectuer une évaluation quantitative des mesures ayant donné lieu à des avis controversés dans la littérature ou pour lesquelles aucune information n'était disponible. Il serait également utile de vérifier si d'autres mesures et indicateurs doivent être pris en compte.

Analysis of Selected Measures to Increase Sustainability in the Swiss Dairy Sector – A Literature Review

Summary

Background and Objectives

The dairy sector is the most important agricultural sector in Switzerland. An economically stable, socially and environmentally compatible dairy sector — i.e., sustainable milk production — is a desirable objective, and due to its importance, one that contributes to a more sustainable food supply in Switzerland. The question therefore arises as to whether certain measures lead to the safeguarding or improvement of sustainability in milk production. A study of the literature allowed us to gauge the impact on selected sustainability indicators of 15 selected measures implemented in the Swiss dairy sector.

Approach and Methodology

Prior to this study of the literature, experts in two workshops defined various measures based on the assumption that they would safeguard or increase the sustainability of the Swiss dairy sector. These measures were evaluated with the aid of literature sources, based on the indicator set developed by Roesch *et al.* (2016) for the comprehensive assessment of all three pillars of sustainability of Swiss farms. The indicators investigated in the environment dimension of sustainability were non-renewable energy demand, global warming potential, P and K resource demand, land occupation, food-conversion efficiency, deforestation, water demand, eutrophication, acidification and ecotoxicity potentials, and biodiversity. In the social dimension of sustainability, the effects on landscape aesthetics, milk characteristics and animal welfare were evaluated. In the economic dimension, labour performance indicators, costs and investment as well as revenues, gains and income were the indicators to be investigated. At the start of the literature review, criteria for the literature search were defined. All in all, the study of the literature took 190 sources into account.

Results

The effect of the measure *yield per day of life* (kg milk produced per day of life) was the subject of debate in the literature. In this instance, it is not only feeding intensities and type of feed, but also the number of lactations, the genetic potential of the dairy cow, and the milk-to-meat-output ratio that are decisive here. It should be noted that the majority of studies in the 'environment' dimension concentrate on the annual yield per cow, rather than on yield per day of life. Generally speaking, it appears that — up to a system-specific yield limit — higher yields cause lower environmental impacts than lower yields. The aims here should be to increase the useful life of the cows, to achieve a balanced milk-to-meat-output ratio, and to adapt the feeding strategy to the individual system (e.g. to the energy requirements of the dairy cow). In the majority of cases studied, more-intensive production systems tend to have a more favourable impact on the global warming potential per kilogram of milk. With respect to land requirement, energy requirements, animal welfare and milk characteristics, no clear-cut statement can be made. In the absence of published studies, it was not possible to assess the impact of a higher yield per day of life on the economic indicators investigated in this study. By contrast, a longer useful life can demonstrably lead to higher profits.

The impact of *concentrate use intensity* (g concentrate feed per kg milk) on the environment is a matter of debate in the literature. The production of concentrate feed for the most part has a less favourable impact on

the environment than the production of grassland forage, particularly in the impact categories of aquatic eutrophication, ecotoxicity, P and K resources, and deforestation (in the case of non-certified soybeans). The effect on milk production is dependent upon current milk yield, the extent of change in yield owing to a change in concentrate use intensity (i.e. concentrate efficiency), the proportion of concentrate in the ration, and the genetic potential of the dairy cow. Opinion is also divided as to the effect of concentrate on milk constituents. Low concentrate intensity has a positive influence on earned income. An increase in the proportion of grassland forage also has a positive impact on earned income. Consequently, a *low concentrate intensity* can be expected to have a positive impact on the farm's profitability.

The influence of the proportion of *grassland and pasture forage* in the ration (kg dry matter in the annual ration) on environmental impacts is also debated in the literature as a function of a large number of parameters. It should be noted that grassland forage achieves lower milk yields per cow than arable forage. This has a negative impact on feed conversion. Competition for land for food production decreases when grassland forage production takes place on land that is unsuitable for arable farming. The impact on the characteristics of the milk is positive. For the most part, a higher proportion of grassland forage has positive effects on the economic dimension of the farm, and in particular can be expected to lead to higher labour utilisation. The Grassland-based Milk and Meat Production (GMMP) payments also exert a positive influence on the farm's profitability.

Opinion is also divided as to the effects of the *proportion of staple feed from Switzerland* in the ration (basis feed other than concentrates). The production of maize silage has a more negative impact on the environment than the production of grassland forage. On the other hand, maize can increase milk yield, and hence the efficiency of the animals, which again has a positive impact on the environment. The impact on milk composition and animal welfare is also the subject of heated debate. Depending on farm and process, the key work-economics figures of roughage production can vary significantly; In addition, farm structures or capacities play a decisive role. This is why it is not possible to determine a uniform effect on the economic dimension of the farms. Hay imported to Switzerland tends to be cheaper. Just what effects grassland forage from Switzerland, or from other countries, has on social and environmental indicators, has not been investigated to date.

The feeding of *soya certified according to the Soya Network Switzerland ("responsibly sourced soya")*, has a more favourable influence on the environment than the feeding of uncertified soya, chiefly through the avoidance of deforestation and the associated greenhouse-gas emissions. True, uncertified soya is cheaper than certified, but since 99% of the soya used in Switzerland is already certified, we may assume that the uncertified soya used has very little impact on the farm cost structure.

The impact of the measure *Ban on the feeding of urea* in the environmental dimension is unclear. In some environmental impact categories, the production of urea is less favourable than soybean cultivation; in others, it is more favourable. A comprehensive analysis is not yet available, however. Refraining from feeding urea to livestock tends to have a positive effect on animal welfare. The effect on the properties of the milk is a matter of debate. Not using urea would have negative effects on economic indicators. A price comparison with soybean meal shows that urea offers major potential savings.

Fatty-acid-optimised feed tends to have a favourable effect on the environment. Numerous studies point to reduced methane emissions from digestive processes after the feeding of fats. There are, however, almost no comprehensive life cycle assessment studies in this regard. The influence on milk composition is also favourable, and at the proper dosage no negative effects on animal welfare are to be expected. Fatty-acid-

optimised feed entails additional costs. Economically speaking, the investment is only worthwhile if correspondingly higher prices can be achieved.

To date, the literature has scarcely investigated the impact of *sperm sexing* on the environment, nor are there any studies on economic effects that concern Switzerland. Nevertheless, the sharply rising demand for sexed sperm points to a positive profitability. *Calf management* encompassing the adequate supply of colostrum, needs-based feeding with solid feed, an adequate supply of fresh air, and housing first of all in individual cubicles, then in group housing organised according to age, has a positive impact on animal welfare and animal health. The reduced transport of animals has a positive influence on animal welfare and the environment. Compared to agricultural production, however, transport plays a minor role in the total of environmental impacts. The use of *dual-use breeds* is debated vigorously in the literature. Although dual-use breeds produce more meat per kg of milk produced, their milk yields are lower.

The authors of the evaluated literature tend to rate the impact of *particularly animal-friendly stabling* (PAS) on the environment negatively, since the increase in outdoor exercise areas and loose housing leads to a higher eutrophication potential. The impact on animal welfare is favourable, but no significant influence on milk cell counts has been ascertained. Loose housing has positive effects on working-time requirement, and can also increase earned income. Moreover, the investment costs for loose housing are lower than for tied housing.

The *Regular Outdoor Exercise for Livestock* (ROEL) programme makes it possible for the cows to get plenty of movement through access to pasture, or in an outdoor exercise area or an outside climate area. The environmental impacts of pasture-rearing as opposed to indoor rearing are the subject of heated debate. The land requirement and nitrous oxide emissions are higher than for indoor-reared herds, whilst ammonia emissions are lower. The ROEL programme is beneficial for animal welfare and tends to have a positive effect on milk composition, since pasture fodder and grassland forage both have a positive influence, nutritionally speaking, on the fatty-acid profile of the milk. For the most part, the ROEL programme has a positive effect on profitability. Higher work efficiency and additional direct payments can lead to higher overall productivity.

Herd healthcare measures have a positive effect on the environment if they lead to an improvement in the state of health of the animals. Healthier animals live longer, perform better, and require fewer resources. An absence of disease has a positive effect on animal welfare, and possibly also on cell count, and hence milk quality. Based on the available literature, the effects of herd-health programmes on the financial aspects (farm expenses and revenue) are contradictory.

Dispensing with the *prophylactic use of antibiotics* and *critical antibiotics* has a positive impact on the prevention of antibiotic resistance. The effect of this abstention on animal health and on the milk is the subject of debate. No studies could be found on the remaining effects.

Participation in the *IP-Suisse biodiversity point system* is beneficial for biodiversity. Because the costs of providing ecological and landscape-conservation services are highly heterogeneous, no generally valid economic impacts can be determined.

We were unable to find any studies under Swiss framework conditions on the measure *Partnership through multi-year contracts*.

The measure *sustainability surcharge* (on the milk price) has a positive effect on farmers' incomes, provided that there is no decrease in the quantity of milk produced.

Conclusions and Prospects

The study of the literature allowed us to highlight a great many of the effects on milk production that the sustainability measures could lead us to expect. Some measures have a mainly positive impact on the environmental, social and economic dimensions of sustainability. With other measures, there were trade-offs within as well as between the dimensions. It also transpired that with some measures and indicators, highly diverse framework conditions were involved that, depending on the situation, led to beneficial or detrimental impacts. There are also measures that to date have scarcely been analysed in the literature, and this lack of information makes any statement about them impossible.

We recommend a quantitative evaluation of the measures which were the subject of debate in the literature, or for which no literature was available. In addition, it would make sense to examine whether further measures and indicators should be included in these considerations.

Abkürzungsverzeichnis

Aq.	Aquatisch
CLA	Konjugierte Linolsäuren
ECM	Energiekorrigierte Milch
eq.	Äquivalent (equivalent)
FPCM	Fett- und proteinkorrigierte Milch
FS	Frischsubstanz
GMF	Graslandbasierte Milch- und Fleischproduktion
PDF	Potentially disappeared fraction of species
Terr.	Terrestrisch
THG	Treibhausgas
TM	Trockenmasse
TMR	Trockenmischration
TS	Trockensubstanz

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Abdeckung der 12 Tierwohlaspekte durch das Tierschutzgesetz (TSchG) (in blau) und die Ethoprogramme BTS & RAUS (in grün) sowie insgesamt (in grau) für Milchkühe. Je grösser der Balken, desto besser wird der Aspekt durch die jeweilige Gesetzgebung abgedeckt (0 – 2). Ein ganzer Balken stellt nicht das Optimum, sondern eine im Rahmen der heutigen Haltungsbedingungen gut vertretbare Situation dar (Roesch *et al.* 2016).

57

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Massnahmenbeschreibung und Vergleichssystem	21
Tabelle 2: Beschreibung ausgewählter Indikatoren	26
Tabelle 3: Von der Literatursuche ausgeschlossene Massnahmen- Indikatorenwirkungen	30
Tabelle 4: Verwendete Begriffe der Suchstrategie	31
Tabelle 5: Erbringungskosten ökologischer und landschaftspflegerischer Leistungen (Huber & Flury, 2016; Mack, 2016)	62

Danksagung

Die Autoren möchten sich bei allen bedanken, die diese Literaturstudie mit ihrem Fachwissen unterstützt haben. Im Besonderen gilt unser Dank Nina Keil, Katja Heitkämper, Fredy Schori, Ernst Jakob und Walter Bisig, die durch ihre kritischen Lektüren zur Verbesserung der Studie beigetragen haben.

Den Mitgliedern des Projektteams: Lukas Barth, Bruno Brühwiler, Dominique Faes, Bernhard Kammer, Linda Kuhn, Beat Reidy und Janique Studer wird für die angeregten Diskussionen im Laufe der Projektteamsitzungen gedankt.

Gedankt wird auch Gérard Gaillard und Markus Lips für die Unterstützung und das Mittragen der Literaturstudie und die konstruktiven Feedbacks zum Bericht.

Wir danken dem Migros Genossenschaftsbund für die finanzielle Unterstützung.

1 Einleitung

Ausgangslage

Die Milchwirtschaft ist der bedeutendste Sektor der Schweizer Landwirtschaft. Insgesamt erzeugte die schweizerische Landwirtschaft im Jahr 2016 Güter und Dienstleistungen im Wert von 10.3 Milliarden Franken. Die Milchproduktion hatte daran mit 2'067 Mio. CHF einen Anteil von rund 20% (BLW, 2016a). Im Jahr 2015 wurden in der Schweiz 3.96 Milliarden kg Milch produziert, davon wurden 3.41 Milliarden kg vermarktet (BFS, 2017). Mehr als zwei Drittel der landwirtschaftlichen Nutzfläche sind Wiesen und Weiden (BLW, 2016a).

Je nach Ausgestaltung des Milchproduktionssystems sind weitreichende Auswirkungen auf die Umwelt sowie soziale und wirtschaftliche Aspekte festzustellen. Eine wirtschaftlich beständige sowie soziale und umweltverträgliche Milchproduktion - sprich eine nachhaltige Milchproduktion - ist erstrebenswert und kann aufgrund ihrer hohen Bedeutung zu einer nachhaltigeren Lebensmittelversorgung in der Schweiz beitragen. Es stellt sich daher die Frage, ob bestimmte Massnahmen zu einer Absicherung oder Steigerung der Nachhaltigkeit in der Milchproduktion beitragen.

Zielsetzung der Literaturstudie

Im Vorfeld dieser Literaturstudie entwickelten und evaluierten Experten im Rahmen von zwei Workshops im Jahr 2016 verschiedene Massnahmen in der Annahme, dass diese zur Verbesserung der Nachhaltigkeit in der Schweizer Milchproduktion beitragen. Anlässlich von drei Workshops mit Milchproduzenten der Estavayer Lait SA (ELSA) wurden die Massnahmen auf ihre Anwendbarkeit in der Praxis diskutiert und im Frühjahr/Sommer 2017 auf 37 Pilotbetrieben auf ihre Umsetzbarkeit durch die Hochschule für Agrar- Forst- und Lebensmittelwissenschaften (HAFL) evaluiert. Die Massnahmen, nachfolgend Nachhaltigkeits-Massnahmen oder kurz Massnahmen, erfüllten bei der Auswahl die Kriterien der besonderen Relevanz hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeitswirkung, die Umsetzbarkeit für Produzenten sowie die Relevanz und Verständlichkeit aus Konsumentensicht. Die Literaturstudie dient dem Zweck, die Wirkung dieser 15 definierten Nachhaltigkeits-Massnahmen in der Schweizer Milchproduktion abzuschätzen und etwaige Zielkonflikte zwischen verschiedenen Aspekten der Nachhaltigkeit aufzuzeigen. Nachstehend sind die ausgewählten Massnahmen aufgeführt. Eine Beschreibung dieser Massnahmen findet sich im Kapitel 2.

Massnahmen

- *Lebtagesleistung* (kg Milch pro Lebtage)
- *Kraftfutterintensität* (g Kraftfutter pro kg Milch)
- *Wiesen- und Weidefutteranteil*
- *Anteil Grundfutter aus der Schweiz*
- *Soja zertifiziert nach Sojanetzwerk Schweiz*
- *Verbot Harnstofffütterung*
- *Fettsäureoptimierte Fütterung*
- *Wertschöpfungskette Kälber/Kälbermanagement*
- *Besonders tierfreundliche Stallsysteme (BTS)*
- *Regelmässiger Auslauf im Freien (RAUS)*
- *Herdengesundheitsvorsorge*
- *Antibiotikaeinsatz*
- *Biodiversität*
- *Partnerschaft durch mehrjährige Verträge*
- *Nachhaltigkeitszuschlag*

Die Bewertung der Massnahmen orientierte sich dabei an dem von Roesch *et al.* (2016) definierten Indikatoren-Set. Die untersuchten Indikatoren in der Nachhaltigkeitsdimension Umwelt sind der nicht-erneuerbare Energiebedarf, das Treibhauspotenzial, der Ressourcenbedarf P und K, der Flächenbedarf, die Lebensmittelkonversionseffizienz, die Abholzung, der Wasserbedarf, das Eutrophierungs-, Versauerungs- und Ökotoxizitätspotenzial sowie die Biodiversität. In der Nachhaltigkeitsdimension Soziales wird die Wirkung der Massnahmen auf das Landschaftsbild, die Milcheigenschaften und das Tierwohl untersucht. Im Bereich Ökonomie sind die Indikatoren Kosten und Investition, Erlöse, Gewinne und Einkommen sowie Arbeitskennzahlen Bestandteil der Analyse.

Struktur der Studie

Kapitel 2 liefert eine Beschreibung der Nachhaltigkeitsmassnahmen. Die Erläuterung der verwendeten Nachhaltigkeitsindikatoren erfolgt in Kapitel 3. In Kapitel 4 sind das methodische Vorgehen, die verwendeten Begriffskombinationen für die Literatursuche sowie die konsultierten Literatursuchprogramme und Datenbanken aufgeführt. Die Ergebnisse der Literaturstudie sind in Kapitel 5 getrennt nach Massnahmen und Nachhaltigkeitsdimension aufgeführt. Eine Zusammenfassung der wichtigsten Nachhaltigkeitswirkungen erfolgt jeweils zu Beginn der Massnahmen. Kapitel 6 beinhaltet eine Gesamtbetrachtung der erhaltenen Resultate sowie einen Ausblick. Zum Schluss folgt, in Kapitel 7, das Literaturverzeichnis.

2 Massnahmenbeschreibung und Vergleichssysteme

Die einzelnen Massnahmen sind in Tabelle 1 beschrieben. In der Tabelle ist ebenfalls aufgeführt, welches Vergleichssystem der Analyse der Massnahmenwirkung zugrunde lag. Da die Literatur von sehr unterschiedlichen Situationen ausgeht ist eine quantitative Festlegung des Referenzzustandes und der Massnahme im Rahmen der Literaturstudie nicht möglich.

Tabelle 1: Massnahmenbeschreibung und Vergleichssystem. „Kap.“ = Verweis auf das jeweilige Kapitel im Ergebnisteil.

Massnahme	Vergleichssystem	Kap.	Beschreibung der Massnahme
<i>Lebtagesleistung</i>	Geringere Lebtagesleistung	5.1 und 5.2	Eine hohe <i>Lebtagesleistung</i> (gesamte erbrachte Milchleistung je Kuh und Lebenstag) soll die Effizienz der Milchkühe verbessern. Die Messgrösse berücksichtigt neben der Milchleistung auch die Nutzungsdauer der Kuh und das Erstkalbealter.
<i>Krafftutterintensität</i>	Höhere Krafftutterintensität	5.3	Die <i>Krafftutterintensität</i> gibt eine Aussage darüber, wieviel Gramm Krafftutter für ein Kilogramm Milch eingesetzt wird. Durch eine geringere Krafftutterintensität soll die Konkurrenz zu Nahrungsmitteln verringert werden.
<i>Wiesen- und Weidefutteranteil</i>	Geringerer Anteil Wiesen- und Weidefutter	5.4	Die Schweiz ist im weltweiten Vergleich einer der privilegiertesten Grasstandorte (Thomet, 2007) mit vergleichsweise hohen und stabilen Futtererträgen von guter Qualität. Es wird zunehmend gefordert, die Fähigkeit der Wiederkäuer rohfaserreiches Material in Nahrungsmittel umzuwandeln, besser zu nutzen.
<i>Anteil Grundfutter aus der Schweiz</i>	Geringerer Anteil Grundfutter aus der Schweiz an der Ration	5.5	Durch einen hohen <i>Anteil Grundfutter</i> an der Ration soll die Produktion standortgerechter sein und die Abhängigkeit von zugekauften Futtermitteln reduziert werden. Zudem soll ein möglichst hoher Anteil aus der Schweiz stammen. Grundfutter setzt sich zusammen aus Raufutter und Saftfutter. Unter dem Begriff Raufutter wird Futter von Dauer- und Kunstwiesen/-weiden (frisch, siliert, getrocknet), Ganzpflanzenmais (frisch, siliert, getrocknet), und Getreide-Ganzpflanzensilage zusammengefasst (Agridea & BLW, 2016). Laut Futtermittelbilanz (2017) ist 80% des eingesetzten Futters in der Schweizer Milchviehhaltung Raufutter. Knapp die Hälfte des Raufutters ist Gras, gefolgt von Heu und Silage (Bauernverband, 2016).

Massnahme	Vergleichssystem	Kap.	Beschreibung der Massnahme
<i>Soja zertifiziert nach Sojanetzwerk Schweiz</i>	Nicht zertifiziertes Soja	5.6	<i>Zertifiziertes Soja</i> wird nur auf Flächen kultiviert, die vor 1994 zu Ackerflächen aus Ökosystemen (mit hohem Schutzwert) umgewandelt wurden. Der Anteil von importiertem Soja, welches die Anforderungen des Sojanetzwerks Schweiz erfüllten, betrug 2016 in der Schweiz 99 Prozent (Soja Netzwerk Schweiz, 2017a).
<i>Verbot Harnstofffütterung</i>	Harnstoff wird in der Fütterung eingesetzt	5.7	Futterharnstoff wird als Zusatzstoff eingesetzt und kann bei proteinarmen Futterrationen den Mikroorganismen im Pansen als preiswerte Stickstoffquelle dienen. Vor allem bei hohen Proteinfutterpreisen nimmt die Diskussion um diesen Zusatzstoff zu (Imaizumi <i>et al.</i> 2015).
<i>Fettsäureoptimierte Fütterung</i>	Keine fettsäureoptimierte Fütterung	5.8	Im Pansen entsteht während des anaeroben Fermentationsprozesses Methan. Die Methanproduktion kann durch eine zusätzliche Fütterung mit Fetten beeinflusst werden (Martin <i>et al.</i> 2008). Durch eine fettsäureoptimierte Fütterung verändert sich ebenfalls die Milchzusammensetzung (Schori <i>et al.</i> 2005).
<i>Wertschöpfungskette Kälber/ Kälbermanagement</i>	Kein Kälbermanagement	5.9	<p><u>Wertschöpfungskette Kälber: „Golden Rules“ beim Kälbermanagement</u> Die Kälbergesundheit soll durch folgende Massnahmen verbessert werden: Aufzucht auf dem Geburtsbetrieb mind. 21 Tage, Zielgewicht für Verkauf der Kälber mind. 75 kg, Kleingruppen von max. 15 Tieren, saubere Stallung, trockene, ausreichende Einstreu, gute Frischluftversorgung, ausreichendes Platzangebot, Heu und Kraffutter zur freien Verfügung, Kollostrumgabe frühzeitig nach Geburt, Impfung mit Rispoval. Durch kürzere Transportwege soll zudem das Tierwohl verbessert werden.</p> <p><u>Belegungskonzept inkl. Spermalsexing</u> Durch Spermalsexing 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 <i>et al.</i> 2012).</p> <p><u>Zweinutzungsrassen</u> In der Rinderhaltung kommen vornehmlich spezialisierte Rassen zum Einsatz. Die für die Milchproduktion gezüchteten Rinder verfügen über schlechtere Mastleistungen; die für die Mastproduktion gehaltenen Rinder, eignen sich wiederum nicht für die Milchproduktion. Daraus ergibt sich, dass männliche</p>

Massnahme	Vergleichssystem	Kap.	Beschreibung der Massnahme
			Kälber der Milchrasen weder für die Milchproduktion verwendet werden können, noch besonders geeignet für die Mast sind. Zweinutzungsrasen sollen sowohl hohe Milch- als auch gute Fleischleistungen erzielen.
<i>Besonders tierfreundliche Stallsysteme (BTS)</i>	Keine Teilnahme an BTS	5.10 und 5.12	Das Tierwohlprogramm <i>BTS</i> ist ein freiwilliges Direktzahlungsprogramm, das der stärkeren Berücksichtigung der Ansprüche der Nutztiere in der Tierhaltung dient. Das Programm macht unter anderem Vorgaben hinsichtlich der Haltungssysteme in Bezug auf Lauf- und Stallfläche und Einstreu.
<i>Regelmässiger Auslauf im Freien (RAUS)</i>	Keine Teilnahme an RAUS	5.11 und 5.12	Das Tierwohlprogramm <i>RAUS</i> ist ein freiwilliges Direktzahlungsprogramm, das der stärkeren Berücksichtigung der Ansprüche der Nutztiere dient. Das Programm macht Vorgaben hinsichtlich der Auslaufmöglichkeiten auf der Weide und im Laufhof. Weibliche Rinder, die nicht gemästet werden und älter als 160 Tage sind, müssen vom 1. Mai bis zum 31. Oktober an mindestens 26 Tagen pro Monat Auslauf auf einer Weide haben (Auslauf-Standardvariante). Geregelt ist auch, dass die Weide mindestens 25% des Grundfutterverzehrs (Trockensubstanzbedarf) während des Weidegangs decken muss (RAUS-Verordnung). Diese Vorgabe gilt nicht für Rinder, die gemästet werden und nicht für weibliche Zuchttiere, die jünger als 160 Tage alt sind.
<i>Herdengesundheitsvorsorge</i>	Keine Herdengesundheitsvorsorge	5.13	Der Fokus bei der <i>Herdengesundheitsvorsorge</i> liegt auf der Gesundheitsprophylaxe der Herde, anstatt auf der Therapie von Einzeltieren. Gesunde Tiere sollen weniger Produktionsverluste verursachen.
<i>Verzicht auf prophylaktischen Einsatz von Antibiotika und auf kritische Antibiotika</i>	Prophylaktischer Einsatz von Antibiotika und Wirkstoffe aus der Gruppe der kritischen Antibiotika	5.14	Durch den <i>Verzicht auf den prophylaktischen Einsatz von Antibiotika</i> und auf Wirkstoffe aus der Gruppe der <i>kritischen Antibiotika</i> soll ein Beitrag gegen die Resistenzbildung geleistet werden.
<i>Biodiversitätspunktesystem von IP-SUISSE</i>	Keine Teilnahme am Biodiversitätspunktesystem von IP-SUISSE	5.15	Für die Bewertung von biodiversitätsfördernden Massnahmen auf Betriebsebene wurde das Punktesystem <i>Biodiversität</i> von IP-SUISSE entwickelt. Das System umfasst verschiedene Kriterien, die vom Betriebsleiter beeinflussbar sind und die Biodiversität vorteilhaft beeinflussen sollen. Ein Teil der Massnahmen umfasst die Biodiversitätsförderflächen und ein Teil bezieht sich direkt auf die Aktivitäten auf Acker- und Grünland (Birrer <i>et al.</i> , 2014).

Massnahme	Vergleichssystem	Kap.	Beschreibung der Massnahme
<i>Partnerschaft durch mehrjährige Verträge</i>	Keine Partnerschaft durch langjährige Verträge	5.16	<i>Langfristige Verträge</i> sollen den Produzenten mittelfristig ein gesichertes Einkommen garantieren und eine langfristige Planung ermöglichen.
<i>Nachhaltigkeitszuschlag</i>	Kein Nachhaltigkeitszuschlag	5.17	Ein <i>Nachhaltigkeitszuschlag</i> soll erbrachte Leistungen im Bereich Nachhaltigkeit honorieren und allfällige Produktionsnachteile kompensieren.

3 Nachhaltigkeitsindikatoren

Im Themengebiet der Nachhaltigkeitsbewertung gibt es verschiedenste Indikatoren-Sets, die sich je nach Kontext, geographischer Anwendbarkeit oder auch Zielsetzung unterscheiden. Die vorliegende Literaturstudie orientiert sich an dem von Roesch *et al.* (2016) entwickelten Indikatoren-Set zur umfassenden Beurteilung von Landwirtschaftsbetrieben in der Schweiz. Für diese Literaturrecherche war allerdings eine Anpassung des Indikatoren-Sets erforderlich. Im Unterschied zu Roesch *et al.* (2016) werden in der vorliegenden Literaturstudie Milchproduktionssysteme und keine vollständigen Landwirtschaftsbetriebe analysiert. Zudem können nicht alle Indikatoren anhand der Literatur bewertet werden. Andererseits wurden zusätzliche Indikatoren definiert, um für die Milchproduktion spezifische Wirkungen der Massnahmen aufzuzeigen. Die Indikatoren und Anpassungen/Ergänzungen sind nachfolgend beschrieben.

In der **Dimension Umwelt** erfolgte keine Berücksichtigung der Indikatoren Humantoxizität und Bodenqualität, wegen der geringen Relevanz für die Milchproduktion. Ergänzt wurde der Indikator Lebensmittel-Konversionseffizienz aufgrund der besonderen Relevanz der Flächenkonkurrenz zwischen Nahrungs- und Futtermittelproduktion in der Tierhaltung. Zusätzliche Umwelt-Indikatoren wurden herangezogen, um eine differenziertere Bewertung zu ermöglichen. Die Bewertung im Bereich Umwelt erfolgt - wo möglich - nach dem Lebenszyklusansatz.

In der **sozialen Dimension** wurde das menschliche Wohlbefinden nur teilweise berücksichtigt, weil dieser Indikator nur auf Stufe Betrieb und nicht auf Stufe Produktionssystem beurteilt werden kann, beziehungsweise die Literatur diesen Indikator nicht ausreichend abdeckt. Die Milcheigenschaften kamen als ergänzender Indikatoren dazu, da sich verschiedene Massnahmen auf diese Eigenschaften auswirken können. Ergänzt wurde auch der Aspekt der Vermeidung von Resistenzen im Zusammenhang mit der Massnahme *Verzicht auf den prophylaktischen Einsatz von Antibiotika und auf Wirkstoffe aus der Gruppe der kritischen Antibiotika*.

In der **ökonomischen Dimension** entschied man sich nach internen Besprechungen die ökonomischen Indikatoren anzupassen und teils zusammenzufassen. Die resultierenden drei Indikatoren lauten Arbeitskennzahlen, Mehrkosten und Investitionen sowie Erlöse, Gewinne und Einkommen. Sie erlauben ein umfängliches Erfassen der Nachhaltigkeitswirkungen auf die ökonomische Dimension. Zudem eignen sie sich durch ihre allgemeine Formulierung für eine Literaturrecherche.

Es ist zu beachten, dass sich die analysierten Studien teilweise in der Indikatordefinition von Roesch *et al.* (2016) unterscheiden und teils unterschiedliche Methoden für die Bewertung der Indikatoren verwendet werden. Bei der Darstellung der Ergebnisse in Kapitel 5 wird (soweit möglich) auf unterschiedliche Definitionen hingewiesen und die untersuchten Aspekte der jeweiligen Studien benannt. Dies erschwert einen direkten Vergleich der Ergebnisse aus verschiedenen Studien untereinander. Der Vergleich von „Massnahme angewendet“ und „Massnahme nicht angewendet“, sollte daher stets innerhalb der entsprechenden Studie erfolgen (vgl. dazu auch de Boer, 2003; van der Werf *et al.*, 2009; Alig *et al.*, 2012).

Das verwendete Indikatoren-Set ist in Anlehnung an Roesch *et al.* (2016) in Tabelle 2 erläutert.

Tabelle 2: Beschreibung der ausgewählten Indikatoren.

Dimen- sion	Indikator	Beschreibung
Umwelt	Bedarf an nicht-erneuerbaren Energie-ressourcen	Unter den nicht-erneuerbaren Energieressourcen werden die fossilen Energieträger (Erdöl, Kohle, Erdgas) sowie das Uran als Grundlage für die Energiegewinnung mittels Atomkraft zusammengefasst. Die Verfügbarkeit fossiler Energieressourcen ist begrenzt. So stehen beispielsweise Kohle bei gleichbleibender Abbaurate für ca. 120 Jahre, Rohöl für 56 Jahre und Erdgas für 55 Jahre zur Verfügung (World Energy Council, 2013 zit. in Roesch <i>et al.</i> , 2016). Nicht nur die Ausschöpfung der Ressourcen ist zu bedenken, sondern gleichermassen die bei der Verbrennung der Energieträger entstehenden CO ₂ Emissionen (Roesch <i>et al.</i> , 2016).
	Treibhauspotenzial	Die Schweizer Landwirtschaft verursachte 2013 ca. 11.5% der Treibhausgas-Emissionen der Schweiz (BAFU, 2015). Die Haupttreibhausgasemissionen sind Kohlendioxid (CO ₂), Lachgas (N ₂ O) und Methan (CH ₄). Der aus Flächenumwandlung freigesetzte Kohlenstoff ist ebenfalls relevant, da es sich um die Freisetzung langfristig gespeicherten Kohlenstoffs handelt. Der Grossteil der Methanemissionen stammt aus der Tierhaltung. Es entsteht bei der Verdauung der Wiederkäuer, aus dem Hofdünger-Management oder auf der Weide. Lachgas entsteht bei der Stickstoff-Umsetzungsprozessen im Pflanzenbau und in der Tierhaltung. Die on-farm Emissionen stammen hauptsächlich aus den Verdauungsprozessen der Tiere und die off-farm Emissionen aus bspw. Produktionsmitteln wie Dünger (O'Brien <i>et al.</i> , 2012).
	Ressourcenbedarf P und K	Der Ressourcenbedarf umfasst den Bedarf an Rohstoffen, der für die Herstellung mineralischer Phosphor- und Kaliumdünger benötigt wird. Diese Rohstoffe sind, wie die nicht-erneuerbaren Energieressourcen, endlich und werden je nach Abbaurate in 93–291 Jahren erschöpft sein. Der Ressourcenbedarf an P und K ist nicht zu verwechseln mit dem Nährstoffbedarf der Kulturen (Roesch <i>et al.</i> 2016).
	Flächenbedarf	Der Flächenbedarf berücksichtigt die Tatsache, dass die Landfläche ein begrenztes Gut ist. Wird eine Fläche einer bestimmten Nutzung zugeführt, steht sie für andere Nutzungen (z. B. die landwirtschaftliche Produktion), nicht mehr zur Verfügung (Roesch <i>et al.</i> 2016).
	Lebensmittel-Konversionseffizienz	Mit steigenden Einzeltierleistungen werden zunehmend mehr Futtermittel eingesetzt, die auch für die menschliche Ernährung eingesetzt werden könnten (Erdin, 2011) und die Flächenkonkurrenz um produktive Ackerstandorte steigt (Ertl <i>et al.</i> 2015). Bei der Lebensmittel-Konversionseffizienz wird der humanernährungstaugliche Output von Nutztieren (z.B. Milch) dem potenziell humanernährungstauglichen Input über Futtermittel gegenüber gestellt (Steinwider <i>et al.</i> 2016). $\frac{\text{(Energie bzw. Protein im tierischen Produkt)}}{\text{(essbare Energie bzw. Protein im Futter)}} \text{ (Ertl, 2017)}$

Dimen- sion	Indikator	Beschreibung
	Abholzung	Damit wird die Rodung von Waldflächen quantifiziert: In Brasilien beispielsweise wurden in den letzten Jahrzehnten grosse Waldflächen abgeholzt und der landwirtschaftlichen Nutzung zugeführt. Dieser Aspekt kann mit dem Indikator „Abholzung“ abgebildet werden (Roesch <i>et al.</i> 2016).
	Wasserbedarf	Bei Wasser handelt es sich zwar um eine erneuerbare Ressource, diese wird aber nur in begrenztem Umfang erneuert. 70% des Süsswasserverbrauchs durch den Menschen dient der Bewässerung landwirtschaftlicher Kulturen (The Crop Site, 2015 zit. nach Roesch <i>et al.</i> 2016). Um den Wasserbedarf zu messen, kann bspw. der Wasserstress-Index von Pfister <i>et al.</i> (2009) herangezogen werden. Der Wasserstress-Index wird aus dem Verhältnis von aktuellem Wasserverbrauch zum erneuerten Süsswasser in der derselben Periode berechnet (Pfister <i>et al.</i> , 2009 & 2011). Indirekt kann sich der Zukauf von Futtermitteln aus Ländern mit Wasserknappheit negativ auf die Umwelt auswirken (vgl. Müller-Lindenlauf <i>et al.</i> , 2014), auch wenn die Schweiz bisher nur selten unter Wassermangel leidet.
	Eutrophierungspotenzial (terrestrisch und aquatisch)	In terrestrischen Ökosystemen bewirkt die Zufuhr von N und P eine Nährstoffanreicherung, wobei die N-Emissionen überwiegen. In landwirtschaftlichen Produktionssystemen sind die Anreicherung von N und P durchaus positiv zu werten, denn dadurch kann die benötigte Zufuhr von Nährstoffen durch die Düngung reduziert werden. Anders verhält es sich in naturnahen und extensiven Systemen wie Biodiversitäts-Förderflächen, Naturschutzgebieten oder Wäldern. Hier fördert die Nährstoffzufuhr das Pflanzenwachstum und kann die Zusammensetzung der Arten und die Artenvielfalt verändern, denn in nährstoffreichen Ökosystemen dominieren oft relativ wenige sehr konkurrenzfähige Arten, was in der Regel die Artenvielfalt vermindert (Roesch <i>et al.</i> 2016). In aquatischen Systemen wird die Artenzusammensetzung und -vielfalt verändert und das Algenwachstum durch Nährstoffanreicherung gefördert. Die Zersetzung der dabei entstehenden Biomasse verbraucht Sauerstoff, was zu Sauerstoff-Armut in tiefen Gewässerschichten führen kann (Roesch <i>et al.</i> 2016).
	Versauerungspotenzial	Mit diesem Indikator werden die Emissionen von versauernden Substanzen in die Luft charakterisiert. Durch deren Deposition auf Boden oder ins Wasser werden Protonen freigesetzt, die den pH-Wert senken können. Die Wirkung im Empfängermedium wird allerdings von dessen Pufferkapazität beeinflusst. So hängt z. B. die Wirkung im Boden stark vom Kalkgehalt ab. In der Landwirtschaft sind vor allem Substanzen relevant, welche durch chemische oder biologische Prozesse in Säuren umgewandelt werden. Ammoniak (NH ₃), Stickoxide (NO _x) und Schwefeldioxid (SO ₂) dominieren das Versauerungspotenzial. NH ₃ -Emissionen stehen v.a. im Zusammenhang mit der Tierhaltung sowie der Anwendung von N-haltigen Düngern (Kupper <i>et al.</i> 2013 zit. nach Roesch <i>et al.</i> , 2016).

Dimen- sion	Indikator	Beschreibung
	Aquatische und terrestrische Ökotoxizität	Ökotoxizität beschreibt die toxische Wirkung eines Stoffes auf die damit in Kontakt kommenden Organismen. In der Landwirtschaft eingesetzte Pestizide können je nach Menge, Frequenz und Verteilung ökotoxische Auswirkungen haben. In Schweizer Fließgewässern konnte im Rahmen einer Studie von Wittmer <i>et al.</i> (2014) eine Vielzahl von Pflanzenschutzmitteln (PSM) nachgewiesen werden, die zum Teil ökotoxische Qualitätskriterien überschritten (Wittmer <i>et al.</i> , 2014 zit. nach Roesch <i>et al.</i> , 2016). Pflanzenschutzmittel (PSM) können sich negativ auf Pilze, Insekten oder Pflanzen auswirken (Ippolito <i>et al.</i> , 2015 zit. nach Roesch <i>et al.</i> , 2016).
	Biodiversität	Biodiversität bezieht sich auf alle Aspekte der Vielfalt der belebten Umwelt. Sie umfasst die Vielfalt von Ökosystemen, Arten und die genetische Vielfalt (Strategie Biodiversität Schweiz). Den Biodiversitätsverlust zu stoppen ist ein globales Ziel und ein Hauptthema der Kommission der vereinten Nationen für nachhaltige Entwicklung. Bis zum Anfang des letzten Jahrhunderts wurde der Einfluss der Landwirtschaft auf die Biodiversität als eher fördernd eingestuft, eine zunehmende Intensivierung wirkt sich jedoch nachteilig auf die Biodiversität aus. Massnahmen wie beispielsweise die ökologischen Ausgleichsflächen sollen einem Rückgang der Arten entgegenwirken (Roesch <i>et al.</i> , 2016). Die Milchviehwirtschaft kann nach Müller-Lindenlauf <i>et al.</i> , (2014) auf drei Dimensionen einwirken und so zum Artenerhalt beitragen. Die Dimensionen sind 1) die Erhaltung der Biodiversität auf Futteranbauflächen, 2) die Vermeidung von Landnutzungsänderung durch Futterimporte und 3) die Erhaltung der genetischen Vielfalt der Milchkuhrassen.
Soziales	Milcheigenschaften	In dieser Studie werden die Auswirkungen der Massnahmen auf die Milcheigenschaften anhand folgender ausgewählter Eigenschaften untersucht: Keim- und Zellzahl, Fett- und Proteingehalt, Proteinzusammensetzung und Fettsäuremuster und die bakteriologische Beschaffenheit der Milch.
	Tierwohl	Tierwohl ist ein gesellschaftliches Anliegen und wird auf verschiedenste Weisen definiert. In der Studie von Roesch <i>et al.</i> , (2016) werden für die Bewertung des Tierwohls in der Schweiz 12 Tierwohlaspekte vorgeschlagen: Ausbleiben von anhaltendem Durst und Hunger, Komfort beim Ruhen und thermaler Komfort, Bewegungsfreiheit, Ausbleiben von Verletzungen, Krankheiten und Schmerz durch Management, Sozialverhalten, andere Verhalten, Mensch-Tier Beziehung, positive Emotionen
	Landschaftsbild	Mehr als 1/3 der Landesfläche in der Schweiz wird von der Landwirtschaft genutzt (BFS, 2013) und somit ist ein grosser Einfluss auf das Landschaftsbild zu erwarten. Seine Bedeutung als Erholungsraum für die Bevölkerung nimmt zu. Welche Landschaftselemente als „schön“ bewertet werden, kann sich zwischen Kulturen, über die Zeit oder auch zwischen sozialen Schichten unterscheiden. In der Schweiz wird die extensive weidebasierte Viehwirtschaft hinsichtlich des Beitrages zu einem schönen Landschaftsbild beispielsweise positiv bewertet (Roesch <i>et al.</i> , 2016).
Ökonomie	Arbeitskennzahlen	In der Schweiz liegt der wöchentliche Arbeitsaufwand bei LandwirtInnen bei ca. 60 Stunden und ist somit im Vergleich zu anderen Berufsgruppen deutlich höher (BLW, 2013). Die Entlohnung der eingesetzten Arbeitskräfte ist eine wichtige Variable und wird auch

Dimen- sion	Indikator	Beschreibung
		für Wirtschaftlichkeitsanalysen in der Schweizer Landwirtschaft gebraucht (Schorr & Lips, 2017). Für die Bewertung der wirtschaftlichen Arbeitssituation, kann der Arbeitsaufwand, erhoben durch die Arbeitsdauer (Hörtenhuber <i>et al.</i> , 2013), oder die Arbeitsverwertung, also die Vergütung der eingesetzten Arbeit (Gazzarin <i>et al.</i> , 2011a; Schmid & Lips, 2013; Schorr & Lips, 2017), zu Rate gezogen werden. Die Arbeitskennzahlen sind auch eine Grundlage für die Ermittlung der Arbeitsbelastung, einer der Indikatoren für das menschliche Wohlbefinden nach Roesch <i>et al.</i> (2016). Im vorliegenden Bericht wird der Indikator unter der ökonomischen Dimension aufgeführt.
	Mehrkosten und Investitionen	Dieser Indikator zeigt Veränderungen in der betrieblichen Kosten- und Investitionsstruktur auf. Nachhaltigkeitsmassnahmen bringen oft erhöhte Kosten oder Investitionen mit sich. Die Berücksichtigung solcher finanzieller Auswirkungen ist oft entscheidend für ein längerfristiges Gelingen (Roesch <i>et al.</i> , 2016).
	Erlös, Gewinn und Einkommen	Dieser Indikator ermittelt Veränderungen auf Ebenen der Erlöse, Gewinne und Einkommen. Änderungen in der Kosten- und Investitionsstruktur werden sich auf das Betriebsergebnis auswirken. Andererseits kann man durch höhere Nachhaltigkeitsstandards mit höheren Verkaufspreisen rechnen, was sich wiederum, nach ökonomischer Theorie, bei konstanter Menge positiv auf die Erlöse auswirkt (Varian & Buchegger, 2004).

4 Methode

In einem ersten Schritt erfolgte in Zusammenarbeit mit Experten eine Eingrenzung von Massnahmen-Indikatoren-Kombinationen bei denen kein direkter oder vernachlässigbarer Zusammenhang zu erwarten ist. Von den insgesamt 255 Massnahmen-Indikatoren-Kombinationen wurden 78 von der Analyse ausgeschlossen. Auf diese ausgeschlossenen Zusammenhänge wird im folgenden Bericht nicht weiter eingegangen. Im Rahmen der Literaturanalyse wurden keine Hinweise gefunden, die eine Revision dieser Einschätzung erfordern hätten. Grundsätzlich wurden nur direkte Zusammenhänge berücksichtigt, um eine klare Abgrenzung zu ermöglichen; indirekte Wirkungsketten über mehrere Stufen wurden nicht betrachtet.

Tabelle 3: Von der Literatursuche ausgeschlossene Massnahmen-Indikatoren-Kombinationen

Massnahme	Indikator
<i>Hohe Lebtagesleistung</i>	Biodiversität, Landschaftsbild
<i>Soja zertifiziert nach Sojanetzwerk Schweiz</i>	Flächenbedarf, Lebensmittel-Konversionseffizienz, Milcheigenschaften, Tierwohl, Ökotoxizität, Landschaftsbild, Arbeitskennzahlen
<i>Verbot Harnstofffütterung</i>	Biodiversität, Landschaftsbild, Arbeitskennzahlen
<i>Fettsäureoptimierte Fütterung</i>	Biodiversität, Landschaftsbild, Arbeitskennzahlen
<i>Spermasexing, Wertschöpfungskette Kälber/ Kälbermanagement</i>	Biodiversität, Landschaftsbild
<i>Besonders tierfreundliche Stallsysteme (BTS)</i>	Abholzung, Landschaftsbild, Lebensmittel-Konversionseffizienz, Ökotoxizität, Biodiversität
<i>Herdengesundheitsvorsorge</i>	Abholzung, Lebensmittel-Konversionseffizienz, Biodiversität, Landschaftsbild
<i>Verzicht auf den prophylaktischen Einsatz von Antibiotika und Wirkstoffe aus der Gruppe der kritischen Antibiotika</i>	Flächenbedarf, Abholzung, Energie-, Wasser-, Ressourcenbedarf P und K, Versauerungs-, Eutrophierungs-, und Ökotoxizitätspotenzial, Treibhauspotenzial, Biodiversität, Lebensmittel-Konversionseffizienz, Landschaftsbild
<i>Biodiversitätspunktesystem von IP-SUISSE</i>	Flächenbedarf, Abholzung, Energie-, Wasser-, Ressourcenbedarf P und K; Versauerungs-, Eutrophierungs-, und Ökotoxizitätspotenzial, Tierwohl, Treibhauspotenzial, Milcheigenschaften
<i>Partnerschaft durch mehrjährige Verträge</i>	Flächenbedarf, Abholzung, Energie-, Wasser-, Ressourcenbedarf P und K; Versauerungs-, Eutrophierungs-, und Ökotoxizitätspotenzial, Treibhauspotenzial, Biodiversität, Lebensmittel-Konversionseffizienz, Landschaftsbild, Milcheigenschaften, Tierwohl

Massnahme	Indikator
Nachhaltigkeitszuschlag	Flächenbedarf, Abholzung, Energie-, Wasser-, Ressourcenbedarf P und K; Versauerungs-, Eutrophierungs-, und Ökotoxizitätspotenzial, Treibhauspotenzial, Biodiversität, Lebensmittel-Konversionseffizienz, Landschaftsbild, Milcheigenschaften, Tierwohl

Im nächsten Schritt wurden Kriterien festgelegt, nach denen Literatur gesucht und ausgewählt wurden. Lagen weniger als drei Quellen pro untersuchter Indikatoren-Massnahmen-Kombination vor, erfolgte eine Ausweitung der Kriterien. Die analysierte Literatur erfüllte folgende Kriterien:

- Literatur diskutiert Aspekte der untersuchten Massnahmen in der Schweizer Milchproduktion (Erweiterung auf Deutschland, Österreich, Frankreich, Europa, ggf. Übersee bei unzureichender Datenlage; Erweiterung ggf. auf Rinderhaltung bei unzureichender Datenlage).
- englisch- und deutschsprachige Literatur ab 2010 (Erweiterung auf ältere Literatur bei unzureichender Datenlage)
- Wenn möglich, wurden für die Dimension Umwelt Ökobilanzstudien analysiert.

Als Datengrundlagen dienten wissenschaftliche Publikationen, Konferenzbeiträge, Doktorarbeiten, Forschungsberichte, andere graue Literatur und persönliche Informationen. Die Recherche erfolgte auf Expertenseiten (Agroscope Science, Agrarforschung), in der internen Dokumentation vergangener Forschungsprojekte der Forschungsgruppen Ökobilanzen und Betriebswirtschaft von Agroscope, auf Scopus, Web of Science sowie mittels Google und Google Scholar. Die verwendeten Suchbegriffe sind in Tabelle 4 aufgelistet.

Die verwendeten Suchstrategien für die Suche bei Scopus und Web of science, setzten sich aus Teil 1, Teil 2 und Teil 3 zusammen und umfassten die nachfolgend aufgeführten deutsch- und englischsprachigen Schlagworte. Die Schlagworte der Teile 1, 2 und 3 wurden mit UND/AND verknüpft. Die Suche nach Wortstämmen erfolgte mittels des Trunkierungssymbols *.

Tabelle 4: Verwendete Begriffe der Suchstrategie

Teil 1		Teil 2		Teil 3	
Deutsch	Englisch	Deutsch	Englisch	Deutsch	Englisch
Fettsäure-optimierte Fütterung oder Leinsamen	Lin* OR fatty acid OR fat*	Kuh	Cow	Ökobilanz	LCA
Punktesystem IP-Suisse	Biodiversity indicator	Milch	Milk		life cycle assessment
Wiesenfutter	Grassland OR grass-based	Milchkuh	Dairy cow	Nachhaltig	Sustainab*

Teil 1		Teil 2		Teil 3	
Deutsch	Englisch	Deutsch	Englisch	Deutsch	Englisch
Krafftfutter	concentrate		dairy	Inventar	life cycle inventory
Krafftfutterintensität	Concentrate intensity				life cycle analysis
Harnstoff (Fütterung)	Feed* AND urea			Umwelt	environment*
Raufutter Oder Maissilage	Roughage OR Maizesilage			Ökonomie	economy OR economics
Soja	Soy*			Ertrag	yield
Herden-gesundheit	Herd health management			Einkommen	income OR revenues
Zwei-nutzungs-rassen	dual-purpose cattle breeds			Kosten	cost OR expenses
Sperma-sexing	Sex sorted sperm OR sexed sperm			Kosten Nutzen	cost benefit OR cost value
Weidehaltung	Pasture OR grass-based			Arbeitsaufwand	labour input OR labour costs OR work input
Milchleistung	Milk production OR milk yield				
Lebenstagesleistung	productive lifetime OR lifetime production OR life efficiency				
Laktation und Anzahl Laktation	Lactation* OR number of lactation*				

Bei den Treffern wurde zunächst eine Prüfung des Titels, anschliessend der Zusammenfassung und letztendlich des Volltextes hinsichtlich der festgelegten Kriterien durchgeführt. Insgesamt ergab dies einen Umfang von rund 190 berücksichtigten Literaturquellen.

5 Wirkung ausgewählter Massnahmen in der Schweizer Milchproduktion auf Indikatoren der sozialen, ökologischen und ökonomischen Nachhaltigkeit

Im folgenden Kapitel sind die Ergebnisse der Literaturstudie zu den einzelnen Massnahmen aufgeführt. Zu Beginn jedes Massnahmenkapitels sind zusammenfassend die wichtigsten Aspekte hinsichtlich der Nachhaltigkeitswirkung dargestellt.

5.1 Lebtagesleistung

Zusammenfassung

Die Massnahme *Lebtagesleistung* wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Festzustellen ist, dass sich die Mehrheit der Studien im Bereich Umwelt auf die Jahresleistung konzentriert und nicht auf die Lebtagesleistung. Ob eine höhere Leistung die Umweltwirkungen reduzieren kann, ist von verschiedenen Aspekten abhängig. Entscheidend sind beispielsweise die Fütterungsintensität und die Art des Futters, aber auch die Anzahl Laktationen, die Wahl der Rasse resp. deren genetisches Potenzial sowie das Verhältnis von Milch- und Fleischoutput. Tendenziell zeigt sich, dass eine höhere Leistung bis zu einer systemspezifischen Leistungsgrenze im Vergleich zu einer niedrigeren, eine günstige Wirkung auf die Umwelt erzielt, wenn die Langlebigkeit der Kühe erhöht wird, ein ausgewogenes Verhältnis von Milch- und Fleischoutput erreicht wird und wenn die Fütterungsstrategie an das individuelle System angepasst wird. Intensivere Produktionssysteme wirken sich in der Mehrzahl der untersuchten Studien pro Kilogramm Milch tendenziell vorteilhafter auf das Treibhauspotenzial aus. In Hinblick auf den Flächenbedarf, den Energiebedarf und das Tierwohl ist keine eindeutige Aussage möglich. Die Wirkung auf ökonomische Aspekte unter Schweizer Rahmenbedingungen ist bislang nicht untersucht.

Die Messgrösse *Lebtagesleistung* berücksichtigt neben der Milchleistung pro Laktation auch die Nutzungsdauer der Kuh und das Erstkalbealter. Im Kapitel 5.1 wird auf die Höhe der Milchleistung fokussiert, während in Kapitel 5.2 auf die Wirkung einer längeren Nutzungsdauer und der Erhöhung der Anzahl Laktationen gesondert eingegangen wird.

5.1.1 Umwelt

Alig *et al.* (2011) und Marton & Guggenberger (2015) stellten keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Milchleistung pro Kuh und Jahr und nicht-erneuerbarem Energiebedarf fest. Hülsbergen und Rahmann (2013) legten die Grenze für Energieeinsparpotenziale und THG-Emissionen pro Liter energiekorrigierte Milch (ECM) bei ca. 8000 kg ECM/Jahr, Müller-Lindenlauf *et al.* (2014) bei 5500 Liter/Jahr (Primärenergiebedarf). 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.

Marton & Guggenberger (2015) stellten eine Korrelation zwischen Milchleistung pro Kuh und Ressourcenbedarf P, Abholzung und Flächenbedarf pro kg Milch fest. Bei steigendem Ertrag nahm der Ressourcenbedarf P und die Abholzung signifikant zu. Bei den Wirkungskategorien Ressourcenbedarf P und Abholzung war für österreichische Milchbetriebe eine mittlere Jahresintensität (4000-10000 kg ECM/Jahr und Kuh) vorteilhafter im Vergleich zu Produktionssystemen mit einem Output von unter 4000 oder über 10000 kg ECM/Jahr. Hinsichtlich des Flächenbedarfs wurden intensive Produktionssysteme von Marton und Guggenberger (2015) als vorteilhafter bezeichnet als weniger intensive Systeme. Müller-Lindenlauf *et al.* (2014) ermittelten in einer

Studie einen gleichbleibenden Flächenbedarf bei steigenden Milchleistungen. Es wurde jedoch eine Verlagerung von heimischen zu Importfuttermitteln sowie eine Verschiebung des Flächenbedarfs von Grünland auf Ackerflächen, festgestellt.

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 Jahresintensität (4000-10000 kg ECM/Jahr und Kuh) am vorteilhaftesten. Hörtenhuber *et al.* (2013) und Müller-Lindenlauf *et al.* (2014) ermittelten einen vorteilhaften Effekt hinsichtlich des Versauerungs- und Eutrophierungspotenzials bei steigender Milchleistung.

Eine Vielzahl von Studien stellte einen günstigen Zusammenhang zwischen Milchleistung und Treibhauspotenzial pro kg Milch fest (Zehetmeier *et al.* 2017; Alig *et al.*, 2011; Hörtenhuber *et al.*, 2013; Marton und Guggenberger, 2015). Mit steigender Milchleistung sinken die THG-Emissionen pro Liter Milch. Marton und Guggenberger (2015) ermittelten, dass intensive Produktionssysteme hinsichtlich des THG-Potenzials am vorteilhaftesten sind (>10000 kg ECM/Jahr und Kuh). Gerber *et al.* (2011) berechneten bis zu einer Leistung von 6000 kg pro Jahr und Kuh ein deutliches Reduktionspotenzial der THG-Emissionen pro Liter Milch. Hülsbergen und Rahmann (2013) legten die Grenze für Energieeinsparpotenziale und THG-Emissionen pro Liter ECM Milch bei ca. 8000 kg ECM/Jahr, darüber hinaus findet keine weitere relevante Abnahme des produkt-spezifischen 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. Zehetmeier *et al.* (2017) wiesen auf die Relevanz der Berücksichtigung des Koppelproduktes Rindfleisch hin. In der Ökobilanzierung existieren verschiedene Ansätze zur Berücksichtigung von Koppelprodukten, wie Fleisch aus der Milchproduktion. In Bezug auf die Klimabilanz ist eine hohe Milchleistung für den Milchbetrieb besser. Bei einer Gesamtbetrachtung der Milch- und Fleischproduktion, führt jedoch eine hohe Milchleistung bei gleichbleibendem Fleischbedarf zu höheren Emissionen. Dies wird damit erklärt, dass weniger Tiere für dieselbe Milchleistung benötigt werden bzw. Milchkühe, die speziell auf hohe Milchleistungen gezüchtet werden, weniger geeignet für die Mast sind. Rosenberger *et al.* (2004) berechneten bei einer Steigerung der Milchleistung von 5500 auf 9000 kg pro Jahr eine Reduktion des Fleischschtrages um 115 kg. Je nach Abgrenzung und Berücksichtigung des Koppelproduktes Fleisch kann sich demnach eine steigende Milchleistung positiv oder negativ auf die Treibhausgasemissionen auswirken.

Bei der Umweltwirkungskategorie Ökotoxizitätspotenzial (aquatisch und terrestrisch) wurde kein Zusammenhang zwischen Milchleistung und Umweltwirkung von Alig *et al.* (2011) und Marton & Guggenberger (2015) (terrestrische Ökotoxizität) festgestellt.

Hörtenhuber *et al.* (2013) stellten eine negative Korrelation zwischen der Milchmenge pro Betrieb und Jahr und dem Anteil von Biodiversitätsflächen an der Betriebsfläche fest.

5.1.2 Soziales

Die Literatur diskutiert die Auswirkung einer hohen Milchleistung auf das Tierwohl kontrovers. Zum einen wird festgestellt, dass hohe Laktationsleistungen nur mit sehr gutem Management erzielt werden können (Alvåsen *et al.*, 2012). Andere Autoren merken hingegen an, dass eine hohe Leistung noch keine Garantie für ein hohes Tierwohl darstellt (von Keyserlingk *et al.*, 2009). Von einigen Autoren werden Gesundheitsbeeinträchtigungen bei längeren Nutzungsdauern und höheren Milchleistungen festgestellt. Vor allem dann, wenn das Management nicht an hohe Leistungen angepasst ist. Andere Autoren stellten eine geringere Fruchtbarkeit bei höheren Leistungen im Vergleich zu geringeren Leistungen fest (Lopez *et al.*, 2004, Knaus, 2009). Die Anfälligkeit für Mastitis war höher (Ingvarsen *et al.*, 2003) und Hitzestress wurde ebenfalls verstärkt, da hohe

Leistungen zu einer verstärkten Wärmeproduktion führen (Berger, 2011). Fölsche (2012) stellt hingegen fest, dass Herden mit höheren Milchleistungen seltener Mastitisprobleme haben. Die Auswirkungen einer hohen Milchleistung auf das Tierwohl sind ebenfalls abhängig von der Milchkuhrasse. Die geeignete Wahl der Rasse ist ein wichtiger Aspekt in Hinblick auf die Prävention von Krankheiten (Marley *et al.*, 2010). Andere Autoren stellten wiederum keinen Zusammenhang zwischen Milchleistung und Tierwohl fest (Gieseke *et al.*, 2014).

Fölsche (2012) stellte bei Herden mit höherer Milchleistung abnehmende Zellzahlen fest. Gemäss Fahr (2003) nimmt mit zunehmender Milchleistung der Gehalt an Milchfett und -protein leicht ab, die Gesamtmenge an Fett und Protein nimmt jedoch zu.

5.1.3 Ökonomie

Mit der Nutzungsdauer und der Laktationsleistung fasst die Lebtagleistung Parameter zusammen, die für eine wirtschaftliche Milchproduktion bedeutend sind. Untersuchungen aus Deutschland zeigen, dass je nach Kontext Milchleistungen von 13 bis 16 kg je Lebenstag für eine wirtschaftliche Milchproduktion erreicht werden müssen (Flint *et al.*, 2016). Unter Schweizer Rahmenbedingungen konnten jedoch keine Studien gefunden werden.

5.2 Längere Nutzungsdauer/ höhere Anzahl Laktationen

Zusammenfassung

Eine *längere Nutzungsdauer* der Milchkuhe wirkt sich mehrheitlich positiv auf die Umwelt aus, weil weniger neue Nachzuchttiere benötigt werden und somit bei der Färsenaufzucht entstehende Emissionen eingespart werden. Auf ökonomischer Seite ist mit unterschiedlichen Effekten auf den Arbeitsaufwand und die Tierarztkosten zu rechnen. Aufgrund der tieferen totalen Kosten, kann jedoch ein höherer jährlicher Gewinn resultieren.

5.2.1 Umwelt

Alig *et al.* (2015) stellten bei einer Erhöhung der Anzahl Laktationen von 3.5 auf 4.5 bei Verkehrsmilchbetrieben eine günstige Wirkung auf die Umweltwirkungen nicht-erneuerbarer Energiebedarf, Ressourcenbedarf (K und P), Flächenbedarf, Abholzung, Ökotoxizitätspotenzial und Wasserbedarf fest. Die Auswirkungen auf die Umwelt wurden verringert. Bei 4.5 Laktationen lagen die Einsparungen je nach Umweltkategorie zwischen 1-6%. Die grösste Einsparung wurde beim Flächenbedarf erzielt. Die niedrigsten Einsparungen bei der Umweltkategorie Abholzung.

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%. Von den Autoren wurde angemerkt, dass in den Berechnungen das grössere Potenzial für Krankheiten bei längeren Lebensdauern nicht berücksichtigt wurde. Gemäss Müller-Lindenlauf *et al.* (2014) beträgt das Einsparpotenzial 10% der THG-Emissionen bei einer Senkung der Remontierungsrate um 10%. Niedrigere Emissionen (aufgrund steigender Anzahl Laktationen und längeren Nutzungsdauern) werden damit erklärt, dass weniger neue Nachzuchttiere benötigt und somit bei der Färsenaufzucht entstehende Emissionen eingespart werden können (Zehetmeier *et al.*, 2017; Flachowsky & Brade, 2007). Verschiedene Autoren weisen auf die Relevanz des Koppelproduktes Fleisch hin. Bei längeren Nutzungsdauer fällt weniger Fleisch durch Bankkuhe an. Bleibt der Fleischbedarf gleich, wird diese fehlende Fleischmenge durch Mutterkuhhaltung kompensiert und somit steigen die THG-Emissionen (Zehetmeier *et al.*, 2017).

5.2.2 Soziales

Mit zunehmendem Alter nimmt die Anfälligkeit für Krankheiten zu (Marley *et al.*, 2010). Flint *et al.* (2016) empfehlen, die Nutzungsdauer der Kühe nicht zu verlängern, wenn dadurch das Tierwohl beeinträchtigt wird und beschreiben die Qualität der Nutzung als entscheidender im Vergleich zur Nutzungsdauer. Ivemeyer *et al.* (2008) ermittelten höhere Zellzahlen in der Milch bei längeren Nutzungsdauern. Schori (2017, persönliche Mitteilung) schätzt den Einfluss des Alters auf die Milchzusammensetzung als geringfügig ein. Unterschiede bestehen vor allem zwischen der ersten und zweiten Laktation.

5.2.3 Ökonomie

Bei einer Erhöhung der Anzahl Laktationen von 3.5 auf 4.5 sind sowohl positive (sinkender Aufwand für das Herdenmanagement) als auch negative (Mehraufwand für die Beobachtung der Tiergesundheit) Effekte auf den Arbeitsaufwand zu erwarten (Alig *et al.*, 2015). Bei den Kosten werden tiefere Bestandsergänzungs- und Gesamtkosten genannt, die mit einer Erhöhung der Anzahl Laktationen einhergehen (Horn *et al.*, 2013). Bei den Tierarztkosten widersprechen sich die Studienergebnisse: Während Dorfner & Sprengel (2008) davon ausgehen, dass mit einer höheren Lebensdauer auch die Tierarztkosten steigen, kann Römer (2011) diesbezüglich keine Differenzierung ausmachen. Mit einem Rückgang der Milchleistung pro Laktation muss laut Berger (2015) erst ab der neunten Laktation gerechnet werden. Nach Horn *et al.* (2013) könnte das Milchleistungsniveau aufgrund der tieferen Kosten auch sinken, ohne dass der Gewinn verringert würde. Alig *et al.* (2015) kommen zum Schluss, dass trotz sinkender Fleischerzeugnisse ein jährlicher Gewinn resultiert.

5.3 Krafffutterintensität

Zusammenfassung

Die Produktion von Krafffutter wirkt sich im Vergleich zur Produktion von Wiesenfutter mehrheitlich ungünstiger auf die Umwelt aus. Der Einsatz von Pestiziden ist im Ackerbau höher, die Bodenerosion ist stärker, es besteht eine Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion und das THG-Potenzial sowie der Energiebedarf sind oft höher. Der Flächenbedarf ist im Vergleich zur Produktion von Wiesenfutter tendenziell niedriger. Die Wirkung einer *niedrigeren Krafffutterintensität* (g Krafffutter/kg Milch) auf die Umwelt wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Die Wirkung ist abhängig von der aktuellen Milchleistung, der Qualität des Grundfutters, dem Grad der Leistungsänderung durch die Veränderung der Krafffutterintensität, dem Anteil Krafffutter an der Ration sowie dem genetischen Potenzial der Milchkuh resp. die Wahl der Milchkuhrasse. Die Auswirkungen auf die Milcheigenschaften werden kontrovers diskutiert. Ein hoher Krafffuttereinsatz hat negative Auswirkungen auf den Arbeitsverdienst. Auf der anderen Seite wirkt sich eine Erhöhung des Wiesenfutteranteils positiv auf den Arbeitsverdienst aus. Daher kann bei einer niedrigen Krafffutterintensität mit positiven Effekten auf die betriebliche Wirtschaftlichkeit gerechnet werden.

Da die Wahl der Futtermittel für mehrere Massnahmen entscheidend ist, sollen zuerst einige Begriffe geklärt werden.

- **Raufutter:** Futter von Dauer- und Kunstwiesen sowie Ackerfütterkulturen (inkl. Getreideganzpflanzen wie Silomais) (Agroscope, 2016)
- **Safffutter:** Futtermittel mit einem tiefen TS-Gehalt, die nicht zum Raufutter gehören. Beispiele sind Rüben, Wurzeln, Knollen, Maisnebenprodukte, Biertreber, Pressschnitzel, Zitrus- und Apfeltrester, Schlempen, LKS (Lieschkolbenschrotsilage), Molke, Magermilch oder Vollmilch. Safffutter liegen im Strukturwert zwischen Kraft- und Grobfutter (Menzi & Ziegler, 2015).
- **Grundfutter:** setzt sich zusammen aus Raufutter und Safffutter (Menzi & Ziegler, 2015)
- **Krafffutter:** Dazu zählen energie- oder proteinreiche Futtermittel wie Futtergetreide, andere Körner und Saaten, trockene Hülsenfrüchte, Nebenprodukte der Müllerei und der Ölherstellung, Graswürfel, Dextrose, Melasse, Gluten und Kartoffelprotein, Fütterhefe, Fleisch- und Knochenmehle sowie Fette und Öle

(SBV, 2011). Aufgrund ihres Einsatzes können Krafftutter auch noch nach Ausgleichs- und Leistungsfutter unterschieden werden. Ausgleichsfutter wird zum Ausgleich eines Energie- oder Proteindefizits in der Ration eingesetzt, während Leistungsfutter der Leistungssteigerung dient. Bei einer hohen Qualität des Grundfutters (hoher Nährstoffgehalt, hohe Verdaulichkeit) können auch mit geringem Krafftuttereinsatz noch vergleichsweise hohe Milchleistungen erzielt werden.

5.3.1 Umwelt

Bei einer Milchleistung von ca. 7100 kg/Kuh und Jahr in der Schweizer Talregion und einem Krafftuttereinsatz zwischen 132-189 g/kg Milch, war der Flächenbedarf von Ackerfläche (ha*Jahr/10000 kg Milch) bei einem mittleren Krafftuttereinsatz von 151 g/kg Milch laut Mack *et al.* (2009b) am niedrigsten. Bystricky *et al.* (2015) ermittelten einen höheren Flächenbedarf, wenn der Anteil Ackerfutter (Maissilage + Krafftutter) an der Ration 10% (der TS- Aufnahme) betrug im Vergleich zu einem Anteil von 47% (17% Krafftutter + 30% Maissilage). Begründet wird ein höherer Flächenbedarf bei einer niedrigeren Krafftutterintensität damit, dass der Energiegehalt und die Erträge des Ackerfutters höher sind, z.B. bei Körnermais. Damit bei niedrigeren Krafftutteranteilen aber dennoch dieselbe Menge Energie über die Fütterung bereitgestellt werden kann, bedarf es einer grösseren Fläche für die Futtermittelproduktion (Bystricky *et al.*, 2015). Generell ist relevant, welche Annahmen hinsichtlich der Grünlanderträge getroffen werden, welche Krafftuttermischungen und Fütterungsmengen dem Vergleich zugrunde gelegt werden und wie die Allokationen der Umweltwirkungen auf die Koppelprodukte des Krafftutters erfolgt.

Auch wenn der Milchertrag bei Systemen mit geringerer Krafftutterintensität niedriger ist, können solche Systeme in Hinblick auf die Lebensmittel-Konversionseffizienz vorteilhaft sein. Die Autoren Ertl *et al.* (2015) stellen eine negative Korrelation zwischen Lebensmittel-Konversionseffizienz und eingesetztem Anteil Krafftutter pro Kilogramm Milch fest. Steinwider *et al.* (2016) ermittelten für ein System mit niedrigerer Krafftutterintensität (Vollweide, 285 kg Krafftutter/Kuh/Laktation; 5681 kg ECM pro Laktation) für die tierischen Produkte zwischen 6.6 bis 11.2 mal mehr für den Menschen verwertbares Protein und 3.5 bis 6.6 mal mehr verwertbare Energie, als die Tiere über das eingesetzte Futter verbrauchten. Das System mit höherer Krafftutterintensität (Stallherde, 1094 kg Krafftutter/Kuh/Laktation; 9607 kg ECM/Laktation) produziert zwischen 1 bis 2.5 mal mehr für den Menschen verwertbares Protein und 0.9 bis 1.9 mal mehr verwertbare Energie als über die Fütterung aufgenommen wird.

In Bezug auf die Umweltkategorie Abholzung erhoben Bystricky *et al.* (2015) und Sutter *et al.* (2013) Vorteile der Fütterungsvarianten mit niedrigerem Krafftuttereinsatz. Abholzung ist vor allem relevant beim Sojaanbau in Brasilien. Da in der Schweiz anfangs 2017 jedoch fast nur zertifiziertes Soja (Soja Netzwerk Schweiz, 2017a) für Fütterungszwecke eingesetzt wurde, wäre bei dieser Umweltwirkung bei einer Studie aus heutiger Sicht kein Vorteil einer Fütterungsvariante mit niedrigerer Krafftutterintensität feststellbar.

Sutter *et al.* (2013) berechneten einen ähnlichen Energiebedarf bei den Fütterungsstrategien mit 1100 kg Krafftutter FS/Kuh und Laktation und ca. 300 kg Krafftutter FS/Kuh und Laktation. Bystricky *et al.* (2015) ermittelten einen höheren Energiebedarf pro kg Milch bei einer Fütterungsvariante mit weniger Krafftutter. Trotz höherem Energiebedarf der Inputgruppe Krafftutter, wurden restliche Inputgruppen wie zum Beispiel Gebäude und Einrichtungen wegen der höheren Leistung der ackerbasierten Fütterung auf eine grössere Milchmenge verteilt und der grössere Energiebedarf des Krafftutters wird überkompensiert. Mack *et al.* (2009b) berechneten hinsichtlich des Energiebedarfs bei einer Krafftuttermenge zwischen 132-189 g/kg Milch einen optimalen Krafftuttereinsatz von 132 g/kg Milch (ca. 12% Krafftutter an der Gesamtration) für Schweizer Tal Betriebe bei einer Milchleistung von 7100 kg /Kuh und Jahr. Werden ausschliesslich die Futterkomponenten betrachtet, kommt Zimmermann (2006) zum Ergebnis, dass Sojaschrot, Körnermais und Gerste pro 1000 MJ NEL einen höheren Energiebedarf als Frischgras und Weidegras haben. Der Autor hält fest, dass

die Umweltwirkungen von Krafftutter im allgemeinen grösser sind als jene von Raufutter, insbesondere dann, wenn die Krafftuttermittel weiterverarbeitet, getrocknet oder über weite Distanzen transportiert werden müssen.

In Bezug auf den Wasserbedarf ist laut Bystricky *et al.* (2015) die Fütterungsvariante mit einem niedrigeren Anteil Krafftutter in der Ration günstiger.

Der Bedarf an Kalium und Phosphor ist bei geringerem Krafftutteranteil niedriger (Bystricky *et al.*, 2015; Sutter *et al.*, 2013; Marton und Guggenberger, 2015) da weniger Kalium- und Phosphordünger für die Kultivierung der Krafftutterkomponenten aufgewendet werden müssen (Bystricky *et al.*, 2015).

Marton und Guggenberger (2015) ermittelten eine leicht signifikante positive Korrelation zwischen Krafftuttereinsatz und aquatischer Eutrophierung N. Mit niedrigerer Krafftutterintensität nimmt demnach die aquatische Eutrophierung N ab, weil die Hauptemission Nitrat vor allem aus der ackerbaulichen Produktion von Krafftutter stammt. Hörtenhuber *et al.* (2013) ermittelten einen Zusammenhang zwischen Anteil zugekauften Futtermitteln und N-Nährstoffverlusten, die über den Wirtschaftsdünger auf die hofeigenen Flächen ausgebracht werden. Je niedriger der Anteil zugekaufter Futtermittel an der Gesamtration, desto niedriger der N-Saldo und die N-Verluste in kg N pro ha Betriebsfläche.

In der Studie von Bystricky *et al.* (2015) waren das terrestrische Eutrophierungspotenzial und das Versauerungspotenzial pro kg Milch bei der Fütterungsvariante mit einem niedrigeren Krafftutteranteil höher als bei einer ackerbasierten Fütterung. Erklärt wird es mit den bei der Hofdüngerausbringung entstehenden Feldemissionen. Bei Grünland wird deutlich mehr Hofdünger ausgebracht im Vergleich zur Bewirtschaftung von Ackerland (Bystricky *et al.*, 2015). Bei einer Milchleistung (Talregion, Schweiz) von ca. 7100 kg/Kuh und Jahr und einem Krafftuttereinsatz zwischen 132-189 g/kg Milch, war das Eutrophierungspotenzial pro kg Milch bei der geringsten Krafftuttermenge pro kg Milch am tiefsten (Mack *et al.*, 2009b). Sutter *et al.* (2013) ermittelten ebenfalls ein niedrigeres Eutrophierungs- und Versauerungspotenzial pro kg ECM bei geringerem Krafftuttereinsatz (300 kg FS Krafftutter/Kuh zu Laktationsbeginn in einem Vollweidesystem) im Vergleich zur Stallherde (Krafftutter nach Bedarf ca. 1100 kg FS/Kuh/Laktation). Die Autoren begründen dies mit höheren Ammoniakemissionen der Stallherde. Die Studien Sutter *et al.* (2013) und Bystricky *et al.* (2015) unterscheiden sich vor allem in der Höhe des Eutrophierungs- und des Versauerungspotenzials der Stallherde bzw. ackerbasierten Fütterung. Bei der ersteren Studie handelt es sich um eine Fallstudie basierend auf einem 3-jährigen Versuch, bei der letzteren hingegen um eine Modellstudie. Werden nur die Futtermittel betrachtet, schneiden Gerste, Körnermais und Sojaschrot pro MJ NEL hinsichtlich der terrestrischen Ökotoxizität schlechter ab als Weide- und Frischgras sowie Grassilage (Zimmermann, 2006).

Bystricky *et al.* (2015) und Sutter *et al.* (2013) errechneten pro kg Milch höhere THG-Emissionen der Fütterungsvariante mit niedrigerem Krafftutteranteil an der Ration im Vergleich zu einer Variante mit höherem Anteil. Bei einer Milchleistung (Talregion, Schweiz) von ca. 7100 kg/Kuh und Jahr und einem Krafftuttereinsatz zwischen 132-189 g/kg Milch, war das Treibhauspotenzial bei 189 g/kg Milch am niedrigsten (Mack *et al.*, 2009b). Schader *et al.* (2014)¹ berechneten hingegen so gut wie keine Reduktion der THG-Emissionen wenn der Krafftutteranteil von 10% auf 0% Krafftutter reduziert wird und die Milchleistung gleich bleibt (Reduktion um 0.3% CO₂ eq.). Sinkt der Milchertrag um 3% bei der Fütterungsstrategie ohne Krafftutter, nehmen die THG-Emissionen pro kg FPCM hingegen um knapp 3% zu. Auch Hülsbergen & Rahmann (2013) beschreiben den Zukauf von Krafftutter als potentiell problematisch, da hohe THG-Emissionen in den Vorketten

¹ Methode nach Kirchgessner *et al.* (1995): Einfluss des Rohfasergehalts wird berücksichtigt.

der zugekauften Futtermittel entstehen können. Zehetmeier *et al.* (2017) ermittelten bei ihrer flächenbezogenen THG-Bilanz die niedrigsten THG-Emissionen für die Produktion von Heu im Vergleich zu Grassilage, Maissilage, Körnermais, Winterweizen, Futterwinterweizen, Wintergerste, Wintertriticale und Winterraps pro Hektar Kultur.

Der Krafftuttereinsatz wirkt sich auf die Menge der bei den Verdauungsprozessen entstehenden Methan-Emissionen der Tiere aus. Wird Krafftutter eingesetzt, entsteht tendenziell weniger Methan bei der Verdauung im Vergleich zur Fütterung von rohfaserreicherem Raufutter. Dies liegt daran, dass sich Wasserstoff bildet, wenn Fasern fermentiert werden. Bei der Fermentation von stärkereicherem Krafftutter, wird hingegen Wasserstoff verbraucht, der nun nicht mehr für die Bildung von Methan zur Verfügung steht. Es kann jedoch nicht zwangsläufig darauf geschlossen werden, dass krafftutterreiche Rationen die Methanemissionen senken. Der pH-Wert im Pansen oder auch der Lignifizierungsgrad der Futterkomponenten beeinflussen vermutlich ebenfalls die Höhe der Methanemissionen (Flachowsky & Brade, 2007). Einzelne Untersuchungen zeigen, dass Krafftutter zum Anstieg der Methanemissionen der Güllelagerung führen kann (Hindrichsen *et al.*, 2006).

Die kontroversen Ergebnisse können zum Teil auf unterschiedliche Methoden zurückgeführt werden. Die Ergebnisse sind zum Beispiel davon abhängig, ob eine Krafftutterration mit einem produktiven oder weniger produktiven Weidestandort verglichen wird. In Bezug auf die aus den Verdauungsprozessen stammenden Methanemissionen macht es einen Unterschied, ob die methanfördernde Wirkung des Rohfasergehalts in den Berechnungen berücksichtigt wird (Methode nach Kirchgessner *et al.*, 1995) oder nicht (Methode IPCC Tier 2). Ausserdem ist entscheidend, ob Landnutzungsänderungen berücksichtigt werden (Hörtenhuber *et al.*, 2013).

Sutter *et al.* (2013) stellten in ihrer Untersuchung fest, dass die Fütterungsvariante mit geringerem Krafftutteranteil ein deutlich niedrigeres Ökotoxizitätspotenzial (terrestrisch + aquatisch) aufweist als jene mit höherer Krafftutterintensität. Bei letzterer ist der Anbau von Mais (verfüttert als Körnermais oder Silage) hauptverantwortlich für das terrestrische und aquatische Ökotoxizitätspotenzial. Marton und Guggenberger (2015) und Nemecek und Braunschweig (2017) stellen ebenfalls ein geringeres Ökotoxizitätspotenzial bei geringerem Krafftuttereinsatz fest.

Grundsätzlich ist das Biodiversitätspotenzial auf Ackerflächen niedriger als auf extensiv bewirtschafteten Graslandflächen (Jeanneret *et al.*, 2008; Nemecek *et al.*, 2011). Sutter *et al.* (2013) begründen in ihrer Studie das höhere Biodiversitätspotenzial der Herde mit niedrigerem Anteil Krafftutter an der Ration, mit dem geringeren Maisanteil und einem höheren Biodiversitätspotenzial auf Weideflächen. Neuste Untersuchungen im Rahmen des Projektes Hohenrain II zeigen in Bezug auf das Biodiversitätspotenzial hingegen keine signifikanten Unterschiede zwischen krafftutterreichen und krafftutterarmen Fütterungsstrategien (Nemecek & Braunschweig, 2017). Abholzung und damit einhergehender Verlust von Biodiversität ist vor allem relevant beim Sojaanbau in Brasilien. Da in der Schweiz anfangs 2017 fast nur zertifiziertes Soja für Futterzwecke eingesetzt wurde, ist bei einer niedrigeren Krafftutterintensität mit geringeren Sojaanteilen kein Effekt zu erwarten.

5.3.2 Soziales

Gemäss Schori (2017) waren die Körperkonditionsnoten bei höheren Krafftuttergaben höher (0 kg Krafftutter pro Laktation und 5693 kg ECM vs. 750 kg Krafftutter pro Laktation und 6484 kg ECM). Bei der Fütterung von 6 kg Krafftutter pro Tag (bei 24.6 kg ECM pro Tag) im Vergleich zu 0 kg Krafftutter pro Tag (bei 22.7 kg ECM pro Tag) nahm die Aktivität der Kühe in der Untersuchung von Schori *et al.* (2014) ab. Ivemeyer *et al.* (2014) stellten bei einer Reduktion der Krafftuttermenge im Laufe von zwei Jahren von durchschnittlich 363

kg/Kuh/Jahr auf 276 kg/Kuh/Jahr keinen Einfluss auf die Fruchtbarkeit (Zwischenkalbezeit), Eutergesundheit (somatische Zellzahl) und den Body Score Index fest. In einem dreijährigen Systemvergleich verschiedener Fütterungssysteme (Hohenrain II) wurde kein Einfluss des Fütterungsregimes auf die Tiergesundheit festgestellt (Probst, 2017). Zu gleichem Ergebnis kommen Notz *et al.* (2013); eine signifikante Krafffutterreduktion (durchschnittliche Krafffuttermenge von 363 kg/Kuh/Jahr wurde um durchschnittlich 24% reduziert bei durchschnittlichen Tagesmilchleistung von 19.3 kg) zeigte keine negative Wirkung auf die Tiergesundheit und die Fruchtbarkeit. Gemäss der Autoren reduzieren eine krafffutterfreie Ration oder verringerte Krafffuttermengen das Risiko einer Pansenazidose. Dies wird damit erklärt, dass die Struktur des Raufutters die Speichelbildung anregt und dieser durch seine abpuffernde Wirkung auf den pH-Wert das Risiko der Pansenazidose abfedert. Bei Hochleistungskühen besteht allerdings die Gefahr, dass der Energiebedarf nicht alleine durch Raufutter gedeckt werden kann (Ivemeyer *et al.*, 2014, Little *et al.*, 2016).

In Bezug auf die Milcheigenschaften beobachteten Schori (2017), Notz *et al.* (2013), Wyss *et al.* (2014)² und Leiber *et al.* (2015)³ keinen Zusammenhang zwischen dem Anteil Krafffutter an der Ration und dem Proteingehalt der Milch. Der Einfluss auf den Fett- und Harnstoffgehalt sowie die Zellzahlen der Milch werden kontrovers bewertet (Notz *et al.*, 2013; Schori, 2017; Wyss *et al.*, 2014; Leiber *et al.*, 2015). Gemäss Leiber *et al.* (2015) nimmt der Anteil von Linolsäuren und konjugierten Linolsäuren im Milchfett bei geringerer Krafffutterintensität ab. Bisig *et al.* (2008) zeigten, dass krafffutterreduzierte Rationen zu höheren Konzentrationen an einfach ungesättigten Fettsäuren und mehrfach ungesättigte Fettsäuren sowie zu niedrigeren Konzentrationen von gesättigten Fettsäuren in der Milch führten als krafffutterbetonte Rationen. Die Auswirkung einer geringeren Krafffutterintensität hängt massgeblich davon ab, welche Futtermittelkomponente als Substitut zum Einsatz kommt.

Artenreiches Grünland (extensive Wiesen und Weiden) beeinflusst das Landschaftsbild positiv. Je höher der Anteil an artenreichem Grasland und je tiefer der Anteil an Ackerland, desto positiver bewerteten die Teilnehmer einer gesamtschweizerisch durchgeführten Umfrage das Landschaftsbild (Schüpbach *et al.*, 2009). Eine geringere Krafffutterintensität zugunsten von Grünlandfutter hat demnach tendenziell einen positiven Einfluss auf das Landschaftsbild ist aber auch abhängig von der Jahreszeit.

5.3.3 Ökonomie

Die Krafffutterimporte haben über die vergangenen Jahre stetig zugenommen (Agristat, 2016). Nach einer Modellberechnung von Mack *et al.* (2009a) wirken sich sinkende Krafffutterpreise positiv auf Produktionskosten und die Arbeitsproduktivität aus, jedoch nicht merklich auf die Flächenproduktivität. Nach Quantil-Regressionsberechnungen von Schorr & Lips (2017) fällt der Einfluss der Milchleistung auf den Arbeitsverdienst (Einkommen einer Vollzeit-Familienarbeitskraft) sehr unterschiedlich aus. Die Schätzung bezieht sich auf Dezile (erstes Dezil entspricht beispielsweise dem 10. von 100 Betrieben). Während ein zusätzliches Kilogramm Milch (Stalldurchschnitt) bei den ersten beiden Dezilen keinen Einfluss auf das Einkommen hat, beträgt der Effekt beim dritten Dezil Fr. 1.60 pro Jahr. Er steigt über die folgenden Dezile kontinuierlich an und erreicht beim 9. Dezil mit Fr. 8.- den höchsten Wert. Gleichzeitig verringert ein zusätzliches Kilogramm Krafffutter bei allen Dezilen das Einkommen.

Schmid & Lips (2013) stellten anhand eines Mittelwert-Regressionsmodells einen positiven Zusammenhang zwischen dem Arbeitsverdienst und einer Erhöhung des Wiesenfutteranteils in der Ration fest. Beim Vergleich mit dem Ausland zeigt sich, dass die Schweiz einen geringen Krafffuttereinsatz hat (Swissmilk, 2016;

² Vergleich Weideherde (285 kg Krafffutter pro Kuh und Jahr) und Stallherde (1094 kg Krafffutter pro Kuh und Jahr)

³ 2.5 kg individuell gefüttertes Krafffutter pro Tag im Vergleich zu keiner individuellen Fütterung von Krafffutter. Beide Testgruppen erhielten eine TMR.

Bystricky *et al.*, 2015). Bei einer Evaluation der Beiträge für graslandbasierte Milch- und Fleischproduktion (GMF) zeigte sich, dass sich der Krafffutteranteil in der Futtermischung bei den am Programm beteiligten Betrieben nicht weiter erhöhte im Vergleich zu den nicht beteiligten Betrieben (Mack *et al.*, 2017).

5.4 Wiesen- und Weidefutteranteil

Zusammenfassung

Die Produktion von Wiesen- und Weidefutter wirkt sich im Vergleich zur Produktion von Ackerfutter (Rau- und Krafffutter) mehrheitlich günstiger auf die Umwelt aus. Es werden Vorteile für das Treibhauspotenzial, den Energiebedarf, die terrestrische Ökotoxizität und die Biodiversität (vornehmlich bei extensiver Bewirtschaftung) festgestellt. Die Lebensmittel-Konversionseffizienz wird dann verbessert, wenn die Wiesenfutterproduktion auf Flächen erfolgt, die für den Ackerbau ungeeignet sind. Die landwirtschaftlich nutzbare Fläche in der Schweiz besteht grösstenteils aus Grasland und die Wiesenfutterproduktion steht deshalb in den meisten Fällen nicht in Konkurrenz zur direkten Nahrungsmittelproduktion. Der Flächenbedarf für die Wiesenfutterproduktion ist im Vergleich zu Ackerfutter höher, da der Energiegehalt in der Regel niedriger ist und für das Erzeugen der gleichen Energiemenge eine grössere Fläche notwendig ist.

Welche Umweltwirkungen ein *höherer Anteil Wiesen- und Weidefutter* an der Ration von Milchkühen verursacht, wird kontrovers diskutiert und ist abhängig von einer Vielzahl an Parametern. Festzustellen ist, dass mit Wiesenfutter tiefere Leistungen pro Kuh erzielt werden als mit Ackerfutter. Dies wirkt sich nachteilig auf die Effizienz aus. Die ernährungsphysiologische Zusammensetzung der Milch wird durch Wiesenfutter positiv beeinflusst. Ein hoher Wiesenfutteranteil hat grösstenteils positive Auswirkungen auf die ökonomische Dimension des Betriebs. Insbesondere ist mit einer höheren Arbeitsverwertung zu rechnen. Auch die GMF-Beiträge üben einen positiven Einfluss auf die betriebliche Wirtschaftlichkeit aus.

5.4.1 Umwelt

Bei Weidehaltung bzw. Weidegras basierter Fütterung ermittelten Sutter *et al.* (2013) einen höheren Flächenbedarf im Vergleich zur Stallhaltung mit Teil-Mischration pro Kilogramm verkaufter ECM. Auch Bystricky *et al.* (2015) ermittelten einen grösseren Flächenbedarf einer gras- oder weidebasierten Fütterungsvariante im Vergleich zu einer ackerbasierten Fütterung pro kg Milch. Begründet wird dies etwa damit, dass der Energiegehalt des Wiesenfutters niedriger ist. Damit aber dennoch dieselbe Menge Energie über die Fütterung bereitgestellt werden kann, bedarf es einer grösseren Fläche für die Futtermittelproduktion (Sutter *et al.*, 2013; Bystricky *et al.*, 2015). Sutter *et al.* (2013) berechneten einen zusätzlichen Flächenbedarf der Weidehaltung von 48% pro kg ECM im Vergleich zur Stallherde. Die Autoren weisen darauf hin, dass es bei Berechnungen zum Flächenbedarf relevant ist, welche Annahmen hinsichtlich der Grünlanderträge getroffen werden, welche Krafffuttermischungen und Fütterungsmengen dem Vergleich zugrunde gelegt werden und wie die Allokationen der Umweltwirkungen auf die Koppelprodukte des Krafffutters erfolgt. Beispielsweise haben einige Ackerkulturen wie Soja oder Getreide tiefere Flächenerträge als intensiv bewirtschaftetes Grasland.

Beim Flächenbedarf ist entscheidend, ob es sich bei der Weidefläche um produktive Ackerflächen handelt oder ob auf Flächen geweidet wird, die für den Ackerbau geeignet sind und somit Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion entsteht (Sutter *et al.*, 2013; Alig *et al.*, 2012). In der Schweiz ist der Anteil von Grasland an der landwirtschaftlichen Nutzfläche im europäischen Vergleich mit 69% hoch (Eurostat, 2016). Auch wenn der Milchertrag bei Systemen mit hohen Wiesenfutteranteilen und geringerer Krafffutterintensität niedriger ist, können grasbasierte Systeme in Hinblick auf die Lebensmittel-Konversionseffizienz vorteilhaft sein. Die Autoren Ertl *et al.* (2015) stellten eine positive Korrelation zwischen Lebensmittel-Konversionseffizienz und dem Graslandanteil in der Fütterung pro kg Milch fest. Je höher der Anteil Gras in der Fütterungsration, desto

grösser ist der Unterschied zwischen humanernährungstauglichem Input und humanernährungstauglichem Output (vgl. 5.3.1). Dies ist positiv zu bewerten.

Gemäss Bystricky *et al.* (2015) und Sutter *et al.* (2013) sind gras- und weidebasierte Fütterungsvarianten günstiger hinsichtlich der Abholzung im Vergleich zur Fütterung von Ackerfutter resp. Soja.

Sutter *et al.* (2013) ermittelten einen ähnlichen Energiebedarf der Weide- und Stallherde pro kg ECM. Bystricky *et al.* (2015) hingegen fanden einen höheren Energiebedarf pro kg Milch bei einer grünland- und weidebasierten Fütterung. Dies wird u.a. damit erklärt, dass der Energiebedarf der Inputgruppen Gebäude und Einrichtungen wegen der geringeren Milcherträge auf eine kleinere Milchmenge verteilt wird, als beim ackerbasierten System. Werden ausschliesslich die Futterkomponenten betrachtet, kam Zimmermann (2006) zu folgendem Ergebnis: Frischgras und Weidegras haben den niedrigsten Energiebedarf je 1000 MJ NEL im Vergleich zu Grassilage, Belüftungsheu, Bodenheu, Maissilage, Futterrüben, Kartoffeln, Ackerbohnen und Gerste. Mitentscheidend für den Energiebedarf der Komponenten ist die Trocknungsmethode der Futterkomponenten. Künstliche Heutrocknung sollte beispielsweise aufgrund des hohen Energiebedarfs vermieden werden (Deittert *et al.*, 2008; Alig *et al.*, 2012).

In Bezug auf den Bedarf an Kalium und 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 Kalium- und Phosphorbedarf bei einer ackerbasierten Fütterung resultiert aus einem höheren Bedarf an mineralischem Düngern für das Krafffutter (Bystricky *et al.*, 2015; Sutter *et al.*, 2013).

In der Studien von Bystricky *et al.* (2015) waren das terrestrische Eutrophierungspotenzial und das Versauerungspotenzial pro Liter Milch bei einer grasbasierten und weidebasierten Fütterungsvariante höher als bei einer ackerbasierten Fütterung. Erklärt wird das Ergebnis mit den bei der Hofdüngerausbringung entstehenden Feldemissionen. Bei Grünland wird deutlich mehr Hofdünger ausgebracht im Vergleich zur Bewirtschaftung von Ackerland (Bystricky *et al.*, 2015). Sutter *et al.* (2013) ermittelten hingegen ein niedrigeres Eutrophierungs- und Versauerungspotenzial pro Liter Milch der Weideherde im Vergleich zur Stallherde. Die Autoren begründen dies mit höheren Ammoniakemissionen der Stallherde, da auf der Weide weniger Ammoniak entsteht. Die Studien Sutter *et al.* (2013) und Bystricky *et al.* (2015) unterscheiden sich vor allem in der Höhe des Eutrophierungs- und des Versauerungspotenzials der Stallherde respektive der ackerbasierten Fütterung. Bei der ersteren Studie handelt es sich um eine Fallstudie basierend auf einem 3-jährigen Versuch, bei der letzteren hingegen um eine Modellstudie. Werden nur die Futtermittel betrachtet, schnitten Birtreber, Futterrüben und Silomais (Hochsilo) in Bezug auf das Eutrophierungspotenzial je MJ NEL günstiger ab als die Futtermittelkomponenten mit Wiesenanteil. Gerste, Kartoffeln, Sojaschrot, Ackerbohnen, Körnermais und Maiskleber schnitten ungünstiger ab (Zimmermann, 2006).

Bystricky *et al.* (2015) und Sutter *et al.* (2013) ermittelten pro kg Milch höhere THG-Emissionen einer gras- und weidebasierten Fütterungsvariante im Vergleich zu einer ackerfutterbasierten Fütterungsvariante, weil mehr Futter pro kg ECM benötigt wird. Schader *et al.* (2014) berechneten so gut wie keine Veränderung (-0.3% CO₂ eq.) der THG-Emissionen eines Milchproduktionsbetriebes, wenn Krafffutter durch einen höheren Grasfutteranteil substituiert wird. Die Emissionen reduzieren sich unter der Voraussetzung, dass die erzeugte Milchmenge gleich bleibt, da u.a. die THG-Emission aus dem Dünger- und Grünlandmanagement reduziert werden. Verringert sich die Milchleistung um 3%, steigen die THG-Emissionen pro FPCM kg Milch im ca. 3%. O'Neill *et al.* (2011) haben in ihrem Versuch am Tier niedrigere Methanemissionen der grasbasierten Fütterung pro kg ECM im Vergleich zur Fütterung einer Totalmischung gemessen. Die tieferen Methanemissionen aus der Verdauung werden mit der höheren Konzentration von Rohprotein im Weidegras und der pH-absenkenden Wirkung von Weidegras im Pansen erklärt. In der Studie wurde angenommen, dass

die Futtermittelverwertung in beiden Systemen gleich ist. Sutter *et al.* (2013) begründen die in ihrem Versuch modellierten höheren Methanemissionen aus der Verdauung der Weideherde-Silo mit einer grösseren Energieaufnahme (Weideherde-Silo 5.62 MJ NEL pro kg ECM vs. Stallherde 5.14 MJ NEL pro kg ECM) durch das Futter im Vergleich zur Stallherde.

Für ein besseres Verständnis der Auswirkungen von Wiesenfutter in der Ration auf die Methanemissionen und die Auswirkungen auf das gesamte Produktionssystem besteht weiterer Forschungsbedarf.

Im Grünland werden im Vergleich zum Ackerland weniger Pestizide eingesetzt. Das terrestrische Ökotoxizitätspotenzial des Wiesenfutters ist daher niedriger (Bystricky *et al.*, 2015; Nemecek *et al.*, 2014; Sutter *et al.*, 2013; Zimmermann, 2006).

Grundsätzlich ist das Biodiversitätspotenzial auf extensiv bewirtschafteten Graslandflächen höher als auf Ackerflächen (Jeanneret *et al.*, 2008; Nemecek *et al.*, 2014). Das Biodiversitätspotenzial auf intensiv bewirtschafteten Wiesenflächen ist allerdings nicht höher als im Ackerbau (Nemecek *et al.*, 2011). Für manche Organismen ist Ackerland zudem ein günstigeres Habitat.

5.4.2 Soziales

In einem dreijährigen Systemvergleich verschiedener Fütterungssysteme (Hohenrain II) wurde kein Einfluss des Fütterungsregimes auf die Tiergesundheit festgestellt (Probst, 2017). Andere Autoren bezeichnen den Anteil an strukturwirksamer Rohfaser als Kriterium für die Wiederkäuergerechtigkeit der Ration (Hörtenhuber *et al.*, 2013).

Drei Schweizer Studien ermittelten einen positiven Einfluss von Wiesenfutter auf die Milcheigenschaften. Der Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren inkl. Omega-3 Fettsäuren und an konjugierten Linolsäuren (CLA) in der Milch stieg mit zunehmendem Anteil von Wiesenfutter an der Ration an (Bisig *et al.*, 2008, Wyss *et al.*, 2011; Bär *et al.*, 2016). Gemäss Bär *et al.* (2016) führte 10 % mehr Wiesenfutter zu einem Anstieg des Omega-3-Fettsäuregehaltes um 0.1 g/100 g Fett in der Milch, im Bereich von 32% bis 97% Wiesenfutteranteil. Von 0.6 g/100 g Fett stieg der Wert auf 1.4 g/100 g Fett in der Milch. Der Gehalt an Omega-3 Fettsäuren in Wiesenmilch mit hohem Wiesenfutteranteil im Vergleich zur Milch von Kühen, die mit Mais und Kraftfutter gefüttert wurden, war somit mehr als doppelt so hoch. In dieser Studie stieg der Gehalt CLA um 0.11 g/100 g Fett in der Milch, von 0.4 auf 1.1 g/100 g Fett, was fast einer Verdreifachung entspricht. CLA haben eine krebshemmende Wirkung und regulieren den Körperfettanteil.

Schwankende Nährstoffgehalte und somit schwankende Inhaltsstoffe müssen bei der Weiterverarbeitung (z.B. zu Käse usw.) berücksichtigt werden (Wyss *et al.*, 2011). Die Autoren stellten in einem Vollweidesystem 0.3% tiefere und zudem stärker saisonal schwankende Fettgehalte fest im Vergleich zu Stallhaltung mit Teilmischration fest. Die Proteingehalte waren ähnlich. Für ein Naturprodukt wie Milch sind diese jedoch akzeptiert. Ein erhöhter Gehalt an ernährungsphysiologisch wertvollen Fettsäuren erhöht die Marktchancen von Milch. Im Business-to-Business-Handel ist dies ein wichtiger Wettbewerbsvorteil (Bisig, 2017, persönliche Mitteilung).

Das Landschaftsbild wird durch artenreiches Grünland positiv beeinflusst. Je höher der Anteil an artenreichem Grasland und je tiefer der Anteil an Ackerland, desto positiver wird das Landschaftsbild bewertet. Die Bewertung ist jedoch ebenfalls abhängig von der Jahreszeit, resp. der phänologischen Phase der Pflanze (Schüpbach *et al.*, 2009).

5.4.3 Ökonomie

Mittels linearer Regressionen konnten Schmid & Lips (2013) zeigen, dass bei einer Erhöhung des Grasanteils die Milchleistung zwar um 75.3 kg pro Kuh abnimmt, der Arbeitsverdienst (pro Jahresarbeitseinheit) jedoch um Fr. 773.- steigt. Insgesamt resultieren ein zusätzlicher Arbeitsverdienst von Fr. 419.- bei einem zusätzlichen Prozent Gras. Beim Vergleich von Sommerfütterungssystemen konnte ebenfalls gezeigt werden, dass die Vollweide mit Fr. 10.35 pro AKh die höchste Arbeitsverwertung aufweist. Das System *Eingrasen & Weide* liegt mit einer Arbeitsverwertung von Fr. 7.88 pro AKh im Mittelfeld. *Silage & Weide* hat mit Fr. 4.05 pro AKh die tiefste Arbeitsverwertung (Gazzarin & Schick, 2004). Ein dreijähriger Vergleich von drei Sommerfütterungssystemen auf 36 Praxisbetrieben konnte ebenfalls zeigen, dass Vollweidesysteme mit dem entsprechend höchsten Wiesenfutteranteil (und tiefsten Krafffutteranteil) die beste Arbeitsverwertung und das höchste Flächeneinkommen erreichten. Im Vergleich zu Durchschnittsbetrieben mit üblichem Krafffuttereinsatz bzw. Wiesenfutteranteil konnte die Milch um einen Drittel günstiger produziert werden (Gazzarin, 2017; Haas & Höltschi, 2017). Trotz dieser Werte wird die grasbasierte Fütterung der Rinder durch zunehmende Krafffutterimporte weiter zurückgedrängt (Baur, 2011). Die hohen Aufwände für die Futterproduktion können gedrosselt werden, indem die Futterkonservierung beschränkt und der Frischfutteranteil erhöht wird (Gazzarin *et al.*, 2011b; Gazzarin *et al.*, 2014). Hoop *et al.* (2015) stellten mit einer Regressionsanalyse fest, dass eine silofreie Produktion die Vollkosten pro kg Milch erhöht. Ein Vergleich zwischen Betrieben, die Silo- und silofreie Milch herstellen, zeigte, dass silofreie Betriebe den höheren Milcherlös pro kg haben. Die höheren Kosten im Bereich Gebäude und Elektrizität der Silobetriebe werden durch tiefere Maschinen-, Krafffutter-, Gesundheits- und Personalkosten (tieferer Arbeitszeitbedarf) ausgeglichen. Die Kosten pro kg Milch dürften gemäss Gazzarin (2008) tiefer liegen als bei den Silobetrieben. Schorr & Lips (2017) zeigten zudem, dass sich eine silofreie Produktion in mehreren Regionen signifikant positiv auf den Arbeitsverdienst pro Familien-Jahres-Arbeitseinheit (FJAE) auswirkt. Zulagen für verkäste Milch und für Fütterung ohne Silage scheinen hier eine entscheidende Rolle zu spielen.

Die Ausgaben des Bundes für diese beiden Zulagen teilen sich zu 90% auf die Verkäsungszulage und zu 10% auf die Zulage für silofrei produzierte Milch auf (Flury *et al.*, 2014). Laut einer Evaluation von Flury *et al.* (2014) steigern diese Zulagen die Wettbewerbsfähigkeit der Wertschöpfungskette Milch. Die Aufteilung der Zulagen sei allenfalls zu überprüfen. Im Vordergrund stehe eine Erhöhung der Zulagen für silofreie Milch, somit würde die gewerbliche Käseproduktion stärker gefördert.

Eine silofreie Produktion könnte für Schweizer Betriebe ausserdem ein Ansatz sein, um sich in der Milchqualität noch stärker zu profilieren (Heumilch, Rohmilchkäse; Gazzarin, 2015). Produkte aus silofreier Milch könnten langfristig einen Marktvorteil haben (Gazzarin, 2008) und bieten gewisse Möglichkeiten, sich in der Produktqualität zu differenzieren (Spörri *et al.*, 2016). Eine weitere Strategie ist es, mehr Zwischenfutter anzubauen. Der Futterbau kann so trotz geringem Maisanteil rentabel sein. Zwischenfutter ist zudem ein Puffer bei Ertragsschwankungen und ergibt qualitativ gutes Grundfutter. Die GMF-Auflagen können somit erreicht werden mit kaum negativen Auswirkungen (Hug, 2016).

Heu wird auch in grossen Mengen importiert (Rüssli, 2017a). Aktuell wird Importheu für Fr. 25.- (franko Hof) angeboten (Rüssli, 2017b). Zum Quervergleich: 2016 erzielte Schweizer Heu (unbelüftet, gepresst, franko Hof) einen Durchschnittspreis von Fr. 32.77 (Agridea, 2016).

Der Heupreis ist unter anderen abhängig von der Grenzbelastung. Diese wird monatlich vom Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) festgelegt. Im Dezember 2017 Betrag der Zollansatz für Heu Fr. 5.00 je 100 kg (Burren *et al.*, 2017).

Bei einer Evaluation der Beiträge für graslandbasierte Milch- und Fleischproduktion (GMF) zeigte sich, dass bei einer Programmteilnahme der Grasanteil in der Futtermittelration relativ konstant blieb, im Unterschied zu nicht teilnehmenden Betrieben, die einen sinkenden Grasanteil aufwiesen. Eine GMF-Teilnahme führt zudem zu

einer verlangsamten Zunahme der Milchleistung je Kuh. Das GMF-Programm senkt im Weiteren die Direktkosten, steigert die Erträge und verbessert so das Einkommen in der Milchproduktion (Mack *et al.*, 2017). Zudem erzielen die GMF-Betriebe tendenziell höhere Milchpreise (BLW, 2016b). Dadurch trägt das Programm zu einer langfristigen Sicherung des Wettbewerbsvorteils in der Milchviehhaltung bei. Von den Verkehrsmilchbetrieben erfüllten nur rund 50% der Betriebe die Programmanforderungen vor der GMF-Einführung (Mack *et al.*, 2017). In der Talregion lohnt sich für 54% aller Verkehrsmilchbetriebe, mit einem Krafftteranteil von durchschnittlich 15%, die Teilnahme am GMF-Programm nicht. Ihre Opportunitätskosten liegen deutlich über dem gegenwärtigen Direktzahlungsansatz (BLW, 2016b). Bei einer Befragung von Vertretern aus der Milchindustrie zeigte sich, dass die GMF-Anforderungen für ein neues Label zu restriktiv sind. Gefragt seien Labels, die eine Gesamtverbesserung über alle Kriterien beinhalten (Mack *et al.*, 2017).

5.5 Anteil Grundfutter aus der Schweiz

Zusammenfassung

Die Auswirkungen von *Grundfutter* werden in der Literatur kontrovers diskutiert. Die Produktion von Maissilage wirkt sich im Vergleich zur Produktion von Wiesenfutter ungünstiger auf die Umwelt aus. Mais kann hingegen die Milchleistung der Tiere und somit die Effizienz der Produktion steigern, dies ist wiederum positiv für die Umwelt zu bewerten. Die Wirkung auf Milcheigenschaften und Tierwohl ist ebenfalls kontrovers. Die arbeitswirtschaftlichen Kennzahlen der Raufutterproduktion können je nach Betrieb und Verfahren stark variieren auch die betrieblichen Strukturen bzw. Kapazitäten spielen eine entscheidende Rolle. Daher ist es nicht möglich, eine einheitliche Auswirkung auf die ökonomische Dimension der Betriebe zu eruieren. Welche Unterschiede hinsichtlich der Umweltwirkungen von Raufutter aus der Schweiz und aus anderen Ländern zu erwarten sind, wird in der Literatur nicht untersucht.

Die Wirkungen von Wiesenfutter und Ackerfutter sind in Kapitel 5.3 und 5.4 aufgeführt. Die noch nicht in vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Nachhaltigkeitswirkungen von Ganzpflanzenmais (frisch, siliert, getrocknet) und Getreide-Ganzpflanzensilage, werden in diesem Kapitel behandelt.

5.5.1 Umwelt

Nguyen *et al.* (2013) ermittelten in ihrer konsequentiellen Ökobilanz einen grösseren Flächenbedarf bei gleicher Milchmenge, wenn eine Umstellung von einer Maissilagefütterung auf eine grasbasierte Fütterung erfolgt. Bei einer Untersuchung von Betrieben im Kanton Freiburg erzielten Betriebe, die Maissilage und etwas Krafftter einsetzen, tendenziell höhere Flächenmilchleistungen im Vergleich zu Grünlandbetrieben. Die Autoren weisen jedoch darauf hin, dass es vor allem auf die Optimierung der einzelnen Produktionssysteme ankommt. Bei hervorragendem Weidemanagement ist eine ähnliche Flächenleistung zu erreichen (Winckler *et al.*, 2012).

Zimmermann (2006) kam in Bezug auf den Energiebedarf zu folgendem Ergebnis: Raufutter⁴ hat einen niedrigeren Energiebedarf je 1000 MJ NEL im Vergleich zu Ackerfutter⁵. Bystricky *et al.* (2015) stellten fest, dass Mais im Vergleich zu Grassilage und Dürrfutter mit weniger Energieaufwand ernt- und konservierbar. Auch in Bezug auf das Eutrophierungspotenzial schnitten die Raufutterkomponenten günstiger ab als Gerste, Körnermais, Kartoffeln, Sojaschrot oder Maiskleber (Zimmermann, 2006). Das Eutrophierungspotenzial und die Ökotoxizität war bei Maissilage höher als bei Grassilage, das Versauerungspotenzial was hingegen niedriger (Nemecek *et al.*, 2005).

⁴ Frischgras und Weidegras, Bodenheu, Belüftungsheu, Grassilage (Hoch- und Flachsilo) und Silomais (Hochsilo)

⁵ Körnermais, Maiskleber, Sojaschrot, Kartoffeln, Ackerbohnen und Gerste

Hinsichtlich der THG-Emissionen berechneten Müller-Lindenlauf *et al.* (2014) pro kg Milch etwas niedrigere Emissionen einer maissilagebasierten Fütterung im Vergleich zu einer grünlandbetonten Ration, sofern Landnutzungsänderungen unberücksichtigt bleiben. Nguyen *et al.* (2013) ermittelten höhere Emissionen bei einer Umstellung von einer Maissilagefütterung auf eine grasbasierte Fütterung. In Bezug auf die Emissionen aus der Verdauung zeigten Deittert *et al.* (2008), dass ein höherer Gehalt an Raufasern in der Ration, die bei den Verdauungsprozessen entstehenden Methanemissionen, vergrössert.

Bei der Erzeugung von Strom in der Schweiz entstehen im Vergleich zu anderen Ländern weniger CO₂-Emissionen, weil sie vor allem auf Wasserkraft und Atomenergie beruht. Die Verwendung von *Grundfutter mit Ursprung CH* kann demnach dies bezüglich vorteilhafter sein, für gesicherte Aussagen sind aber weitere Untersuchungen notwendig.

Die Fütterung von Maissilage wirkt sich im Vergleich zu grünlandbetonten Rationen ungünstiger auf die Biodiversität aus (Müller-Lindenlauf *et al.*, 2014).

Bezüglich Importen von Grundfutter in die Schweiz gibt es keine Untersuchungen. Allgemein kann aber festgehalten werden, dass Futter-Transporte in einer landwirtschaftlichen Ökobilanz nicht stark ins Gewicht fallen, solange sie nicht über weite Distanzen erfolgen.

5.5.2 Soziales

Der Rohfasergehalt und der Anteil an löslichen Kohlenhydraten in der Ration sind neben weiteren Komponenten wichtig für die Milchkuh. Hörtenhuber *et al.* (2013) und Deittert *et al.* (2008) beschreiben den Strukturwert des Futtermittels als entscheidendes Kriterium für die Bewertung der Wiederkäuergerechtigkeit des Futters. 400 g strukturwirksame Rohfaser ist der empfohlene Mindestanteil an der Ration für Milchkühe. Der Rohfasergehalt von Gras ist höher als jener von Maissilage. Jener von Krafffutter ist am geringsten. Lahmheit ist bei einigen Herden, die höhere Anteile an rohfaserreichem Futter im Vergleich zu intensiven Systemen erhalten, niedriger (Weller & Bowling, 1999 zit. nach Marley *et al.*, 2010). Bei Hochleistungskühen besteht die Gefahr, dass der Energiebedarf nicht alleine durch Raufutter gedeckt werden kann (Ivemeyer *et al.*, 2014). Dies kann sich ungünstig auf das Tierwohl auswirken.

In Bezug auf die Fett- und Eiweissgehalte, die Vitamin- und Mineralstoffgehalte und die Fettsäurezusammensetzungen der Milch stellten Schaeren *et al.* (2005) kaum Unterschiede zwischen einer silofreien und einer Silofütterung fest. Gemäss Wyss & Collomb (2011) ergeben sich keine Unterschiede beim Fett- und Proteingehalt der Milch bei einer Silagefütterung im Vergleich zu einer Fütterung mit Heu. Der Anwelkgrad der Silage beeinflusste den Gehalt an ungesättigten Fettsäuren. Die Omega-3-Fettsäuren waren zwischen den Varianten nicht verschieden. Morel *et al.* (2006) stellten bei der Silage ein verbessertes Omega-3/Omega-6 Verhältnis der Milch im Vergleich zur Grünfütterung fest. Gemäss Havemose *et al.* (2004) senkt ein höherer Anteil von Maissilage gegenüber einer grassilagebasierten Fütterung den Gehalt an Antioxidantien in der Milch. Wichtige Unterschiede zwischen silofreier Fütterung und Fütterung mit Silage ergeben sich in der mikrobiologischen Milchqualität. Insbesondere finden sich in der Milch von Kühen mit Silagefütterung Sporen von Clostridien. Ebenso enthält Milch von Kühen mit Silagefütterung öfters Listerien (Bisig, 2017, persönliche Mitteilung). Ferlay *et al.* (2006) sowie Chazal *et al.* (1987) merken an, dass die Verfütterung von Grassilage die Lipolyse des Milchfettes im Vergleich zu Gras oder Heu fördert.

5.5.3 Ökonomie

Im Mittel weist eine Futtermischung in der Schweiz folgende Zusammensetzung auf: 76% Wiesenfutter, 11% Mais (v.a. Silage), 11% Kraftfutter und 2% Saffutter (Reidy & Ineichen, 2015). Auch Vergleiche mit dem Ausland verdeutlichen, dass die Schweizer Milchproduzenten einen hohen Raufutter- und Wiesenfutteranteil haben (Gazzarin *et al.*, 2011b; Gazzarin *et al.*, 2014; Gazzarin, 2015). In der Schweiz wird mehr Wiesenfutter und weniger Kraftfutter verfüttert als in den umliegenden Ländern (Reidy & Ineichen, 2015). Dies schlägt sich in höheren Maschinen-, Arbeits- und Gebäudekosten nieder (Gazzarin, 2015; Gazzarin *et al.*, 2011b; Gazzarin *et al.*, 2014).

Nachstehende Auflistung zeigt, dass Frischfutter in der Herstellung günstiger ist, als konserviertes Futter (Häberli, 2006):

- Grassilage Ballen Fr. 41/dt TS
- Grassilage Silo Fr. 45/dt TS
- Bodenheu Fr. 44/dt TS
- Belüftungsheu Fr. 47/dt TS
- Eingrasen Fr. 31/dt TS
- Maissilage Fr. 34/dt TS

Häberli (2006) folgerte deshalb, dass im Winter ein hoher Silomaisanteil anzustreben und während der Vegetationszeit mit konserviertem Grundfutter kein Weidegras zu verdrängen sei. Bei dieser Vollkostenbetrachtung müssen allerdings auch die Strukturen und Kapazitäten berücksichtigt werden. Oft fehlen für die Herstellung der Maissilage Maschinen auf dem Hof, dies verteuert die Futterherstellung, da Lohnunternehmer einspringen müssen.

Ein Blick auf die arbeitswirtschaftlichen Kennzahlen der Raufutterherstellung zeigt, dass diese je nach angewandtem Verfahren stark variieren können. Die Silageherstellung bringt Arbeitsaufwände (inkl. Mähen, Bearbeiten und Schwaden) im Rahmen von 4.8 bis 7.3 AKh pro ha mit sich. Beim Belüftungsheu liegt der Arbeitsaufwand (inkl. Mähen, Bearbeiten und Schwaden) im Rahmen von 4.6 bis 7.1 AKh pro ha. Die Zahlen variieren in Abhängigkeit von dem Ernteverfahren, dem Einlagerungsverfahren, der Parzellengrösse, der Fahrgeschwindigkeit und der Feld-Hof-Entfernung (Schick & Stark, 2002). Eine Möglichkeit die hohen Aufwände der Raufutterproduktion zu reduzieren, ist die Konservierung auf das Nötigste zu beschränken und der Anteil an Frischfutter (Weide/Eingrasen) zu erhöhen (Gazzarin *et al.*, 2011b; Gazzarin *et al.*, 2014).

Neben den Kraftfutterimporten nehmen auch die Importe von Raufutter zu (Agristat, 2016). Weitverbreitet ist der Zukauf von Luzerne zur Ergänzung der Ration. Der Preis im Juni 2017 für Luzerne betrug Fr. 32 pro dt (pro Lastenzug franko Hof; Schoch, 2017). Luzerne aus dem Ausland ist demnach ein günstiges Substitut zum belüfteten inländischen Emd, das 2016 (Januar bis Juni) einen Durchschnittspreis von Fr. 38.71 pro dt (gepresst, franko Empfänger, Agridea, 2016) hatte. Die Einfuhr von Luzerne unterliegt einer Grenzbelastung, die vom BLW monatlich festgelegt wird (Burren *et al.*, 2017).

5.6 Soja zertifiziert nach Sojanetzwerk Schweiz

Zusammenfassung

Wird *Soja zertifiziert nach Sojanetzwerk Schweiz* verfüttert („aus verantwortungsvoller Quelle“), wirkt sich dies günstiger auf die Umwelt aus im Vergleich zur Verfütterung von unzertifiziertem Soja. Unzertifiziertes Soja ist zwar preisgünstiger als zertifiziertes, da in der Schweiz aber bereits zu 99% zertifiziertes Soja verwendet wird, ist von keinen grossen Auswirkungen auf die betriebliche Kostenstruktur auszugehen.

5.6.1 Umwelt

Die globale Produktion von Soja hat sich im Zeitraum 1961-2010 verzehnfacht. Nord- und Südamerika sind die bedeutendsten Sojaproduzenten und -Exporteure. Vor allem in Südamerika brachte der steigende Bedarf an Ackerflächen für die Kultivierung von Soja Landnutzungsänderungen mit sich, insbesondere die Rodung von Regenwäldern (Stopp *et al.*, 2012).

Alig *et al.* (2015) zeigten in ihrer Studie Vorteile für die Umwelt des zertifizierten Sojas (zertifiziert nach den Kriterien des Sojanetzwerks Schweiz) gegenüber dem nicht zertifizierten Soja in den Umweltwirkungskategorien Treibhauspotenzial und Abholzung. Die Verwendung von zertifiziertem Soja (Vergleich 100% zert. Soja und 82% zert. Soja) reduzierte die gesamtbetrieblichen CO₂-Emissionen um 1% und die Abholzung um 55%. Abholzung und ein damit einhergehender Verlust von Biodiversität ist vor allem beim Sojaanbau in Brasilien relevant. Lathuilliere *et al.* (2017) schätzen den Verlust von Arten pro Tonne Soja aufgrund von Flächenumwandlung im Amazonasgebiet auf $1.17 \cdot 10^4$ PDF⁶ m². Der finanzielle Schaden durch den Verlust von Ökosystemleistungen wird auf 532 \$ / Tonne geschätzt. Zertifiziertes Soja wird nur auf Flächen kultiviert, die vor 1994 zu Ackerflächen aus Ökosystemen (mit hohem Schutzwert) umgewandelt wurden.

5.6.2 Soziales

Es sind keine Auswirkungen auf soziale Aspekte bekannt.

5.6.3 Ökonomie

Da in die Schweiz bereits zu 99% zertifiziertes Soja eingeführt wird, ist diese Massnahme grösstenteils erfüllt (Soja Netzwerk Schweiz, 2017a), entsprechend sind keine Mehrkosten zu erwarten. Preis von unzertifiziertem Soja ist in der Schweiz schwierig zu eruieren (Soja Netzwerk Schweiz, 2017b).

5.7 Verbot Harnstofffütterung

Zusammenfassung

Ein Verbot des Einsatzes von *Futterharnstoff* wirkt sich je nach Umweltwirkungskategorie besser oder schlechter aus. Detaillierte Ökobilanzstudien zu verschiedenen Fütterungsvarianten mit Harnstoff fehlen jedoch bislang. Ein Verbot wirkt sich tendenziell positiv auf das Tierwohl aus. Die Wirkung auf die Milcheigenschaften wird kontrovers diskutiert. Auf der ökonomischen Seite hätte ein Harnstoffverbot negative Auswirkungen: Ein Preisvergleich mit Sojaschrot zeigt, dass Harnstoff ein grosses Sparpotenzial bietet.

5.7.1 Umwelt

Futterharnstoff wird als Stickstoffquelle für die Milchkühe eingesetzt. 800 g Sojaextraktionsschrot können beispielsweise durch ca. 670 g Maiskörner + 130 g Futterharnstoff ersetzt werden (Schori, 2017, persönliche Mitteilung). Die Umweltwirkungen der Maiskörner-Harnstoffmischung sind im Vergleich zu denen von 800 g Sojaextraktionsschrot vom Weltmarkt bei den Umweltwirkungskategorien Treibhauspotenzial, Eutrophierungspotenzial P und Phosphor- und Kaliumbedarf niedriger. Hinsichtlich des Energiebedarfs, dem Versauerungspotenzial, dem Eutrophierungspotenzial terrestrisch und bei der Ökotoxizität hingegen höher (eigene Berechnungen, ecoinvent Version 3). Ökobilanzstudien zu verschiedenen Fütterungsvarianten mit Harnstoff liegen nicht vor. Bei der Berechnung handelt es sich um keine vollständige Rationsberechnung sondern um ein theoretisches Beispiel. Für weitere Berechnungen müssen zunächst exakte Rationsmengen der Futtermischungen bestimmt werden.

⁶ Potentially disappeared fraction of species

5.7.2 Soziales

Die unsachgemässe Fütterung von Harnstoff kann langfristig zu einer Beeinträchtigung des Tierwohls führen, da Harnstoff zu Gesundheitsschädigung oder bei falscher Dosierung sogar zum Tod der Tiere führen kann (ZDL, 2012).

Der Zentrallausschuss der deutschen Landwirtschaft (ZDL) erwartet bei ordnungsgemässer Verwendung keine nachteiligen Auswirkungen einer Harnstoffzugabe auf die Milcheigenschaften. Der Harnstoffgehalt in der Milch steigt lediglich bei einer Überdosierung (ZDL, 2012). Bei einem steigenden Anteil von Harnstoff in der Fütterung stellten Imaizumi *et al.* (2015) sinkende Milcherträge und einen abnehmende Milchprotein- und Laktosegehalt fest. Der Harnstoff- und der Fettgehalt nahmen zu. Sinclair *et al.* (2012) untersuchten in ihrer Studie den Effekt einer partiellen Substitution von Sojamehl und Rapsmehl durch zwei verschiedenen Futterharnstoffzusätze. Die Autoren stellten keinen Effekt auf Milchertrag und Proteingehalt fest. Der Milchfettgehalt nahm tendenziell zu und der Harnstoffgehalt der Milch ebenfalls.

5.7.3 Ökonomie

Sojaschrot kostete 2016 (gesackt, franko Hof) Fr. 60.10 pro dt (Agridea, 2016), während sich die Kosten für Harnstoff im Juli 2017 auf Fr. 67 pro dt beliefen (Palette franko Hof; Agrokorn AG, 2017). 800 g Sojaextraktionsschrot können durch 130 g Harnstoff und 670 g Körnermais ersetzt werden (Schori, 2017, persönliche Mitteilung). Diese Substitution ist lediglich ein exemplarisches Beispiel, das das Einsparungspotenzial von Harnstoff verdeutlichen soll. Berechnungen zu einer vollständigen Futtermischung wurden keine durchgeführt. Oben genannte Zahlen deuten darauf hin, dass Harnstoff ein erhebliches Einsparungspotenzial bietet, da Körnermais 2016 (ÖLN, franko Hof) einen Richtpreis von Fr. 36.50 pro dt zu verzeichnen hatte (Agridea, 2016a).

5.8 Fettsäureoptimierte Fütterung

Zusammenfassung

Eine *fettsäureoptimierte Fütterung* verringert die aus den Verdauungsprozessen der Wiederkäuer stammenden Methanemissionen; dies wirkt sich günstig auf die Umwelt aus. Umfassende Ökobilanzstudien gibt es allerdings kaum. Die Milcheigenschaften werden ebenfalls günstig beeinflusst und bei sachgemässer Dosierung sind keine Auswirkungen auf das Tierwohl zu erwarten. Eine fettsäureoptimierte Fütterung bringt Mehrkosten mit sich. Auf ökonomischer Seite lohnt sich die Investition nur, wenn entsprechend höhere Preise realisiert werden können. Aus Marketingsicht erscheint dies grundsätzlich möglich.

5.8.1 Umwelt

Während der mikrobiellen Fermentation der Kohlenhydrate im Pansen entsteht Wasserstoff. Der Wasserstoff wird von den methanogenen Mikroorganismen an Kohlendioxid angelagert und somit Methan gebildet. Ungesättigte Fettsäuren wie zum Beispiel Lein- oder Rapsöl können den Wasserstoff binden und somit als Wasserstoffsenke die Methanbildung verlangsamen. Fette behindern ebenfalls das metabolische Potenzial der Pansen-Protozoen, die wiederum mit den methanogenen Bakterien verbunden sind (Flachowsky & Brade, 2007). Fette wirken sich ausserdem hemmend auf die Zellwandverdaulichkeit aus. Dadurch wird die Methanbildung ebenfalls gehemmt. Die meisten Studien, welche die Auswirkungen von Fütterungsstrategien analysieren, beziehen sich ausschliesslich auf die aus den Verdauungsprozessen der Wiederkäuer stammenden Methanemissionen. Sie ermitteln, dass das Zufüttern von Fetten diese senkt (Grainger & Beauchemin, 2011; Martin *et al.*, 2008; Wang *et al.*, 2017; Moss *et al.*, 2000; Martin *et al.*, 2016; Martin *et al.*, 2010). Die Methan senkende Wirkung ist abhängig vom Anteil gesättigten, mittellangkettigen Fettsäuren und von der Verarbeitungsstufe der Ölsaaten. Die Wirkung des reinen Öls ist wirksamer als die der geschroteten

Samen. Ganze Samen sind am wenigsten effektiv (Schwarm, 2017). Meistens wird ein Anteil zwischen 3-6% des Fettzusatzes an der TS empfohlen, da sonst die Gefahr besteht, dass keine Minderungen gezeigt werden. Doreau & Ferlay (2015) empfehlen, nicht mehr als zusätzlich 3% Fett zu füttern.

Der höchste Anteil der Methanemissionen stammt aus der Verdauung der Wiederkäuer. Es ist aber dennoch nur dann sinnvoll, diese Methanemissionen mit Fettsäuren zu senken, wenn dabei die Emissionen in der Gesamtheit nicht ansteigen. Gemäss Stoll *et al.* (2003) verringert sich bei der Fütterung von 1.5 kg Leinsamen der Gesamtverzehr, dies sollte ebenfalls berücksichtigt werden.

Eine Ökobilanzstudie aus den Niederlanden ermittelte eine Reduktion der Treibhausgase in Höhe von 9 kg CO₂ eq./Tonne FPCM bei einer zusätzlichen Fütterung von 1 kg Trockensubstanz (TS) extrudierte Leinsamen pro Kuh und Tag im Sommer und 2 kg im Winter. Der Fettgehalt in der Futtermischung lag um 9 g/kg TS höher im Vergleich zum Referenzszenario (van Middelaar *et al.*, 2014). Ökobilanzstudien, die sich auf die fettsäureoptimierte Fütterung in der Schweizer Milchproduktion beziehen, gibt es nicht. Eine Untersuchung über den Vergleich verschiedener Futtermittelkomponenten und deren Umweltwirkungen zeigte, dass die Umweltwirkungen von Leinsamen höher sind als jene von Hafer, Weizen oder Mais pro Kilogramm Erntegut. Ein Grund für die höheren Umweltwirkungen sind die vergleichsweise geringen Erträge bei Lein (Bystricky *et al.*, 2017).

5.8.2 Soziales

Eine fettsäureoptimierte Fütterung beeinflusst die ernährungsphysiologische Zusammensetzung der Milch günstig. Verschiedene Autoren stellten fest, dass durch die fettsäureoptimierte Fütterung der Anteil gesättigter Fettsäuren abnimmt und der Anteil von mehrfach ungesättigter Fettsäuren zunimmt (Hurtaud *et al.*, 2010⁷; Schori *et al.*, 2005⁸; Klop *et al.*, 2016⁹; Wyss *et al.*, 2005¹⁰; Collomb *et al.*, 2004¹¹; Wang *et al.*, 2017¹²). Erklärt wird dieser Effekt unter anderem durch den Einfluss der Fütterung auf die Fermentationsprozesse und die Biohydrierung im Pansen. Bei der zusätzlichen Fütterung von Fetten, muss die Höhe der Dosierung beachtet werden. Eine zu hohe Dosierung kann zu Störungen der Pansenprozesse führen (Flachowsky & Brade, 2007).

5.8.3 Ökonomie

Eine fettsäureoptimierte Fütterung wird oft durch Zufütterung von extrudierten Leinsamen optimiert. Leinartige Futtermittel unterscheiden sich unter anderem aufgrund des Gehalts und der Freisetzung der Öle. Dementsprechend variieren auch die Preise der Futtermittel sowie die Fettsäuremuster im Endprodukt, der Milch. Nachstehend wird das Produkt *Extrulin 135* der Firma *Trinova* als Beispiel verwendet, um die ökonomischen Auswirkungen einer fettsäureangepassten Fütterung abschätzen zu können.

Das Produkt *Extrulin 135* (Leinsamen extrudiert) kostet bei der Firma *Trinova* Fr. 840.- pro Tonne (abgeholt und exkl. MwSt.). Das ergibt je nach Dosierung folgende Kosten pro Kuh und Tag (Eggerschwiler, 2017):

- 0.8 kg *Extrulin 135* pro Tag Fr. 0.67 pro Kuh und Tag
- 1 kg *Extrulin 135* pro Tag Fr. 0.84 pro Kuh und Tag
- 1.5 kg *Extrulin 135* pro Tag Fr. 1.26 pro Kuh und Tag

Bis anhin war es Leinverarbeitern vorgeschrieben, Leinsamen aus der Nahrungskette zu beziehen. Ab Januar 2018 gelten nur noch Anforderungen an die Qualität und nicht mehr an den Ursprung. Die Firma *Trinova* wird nur noch ein Produkt unter dem Namen *TradiLin 135* anbieten. Der Preis von *TradiLin 135* wird ab 2018

⁷ Extrudierte Leinsamen

⁸ Sonnenblumenkernen, Leinsamen unbehandelt und extrudiert

⁹ Docosahexaensäure

¹⁰ Sonnenblumenkerne

¹¹ Rapssamen, Leinsamen, Sonnenblumensamen

¹² Färberdistelsamen, Mohnsamen, Hanfsamen, Leindotter und Kokosnussöl

bei ca. 650.- Fr. pro Tonne liegen. *TradiLin 135* wir den Qualitätsanforderungen der Vereinigung TradiLin genüge tragen: Das Produkt darf keine GVO enthalten und muss analysierbare Kriterien, wie Prozent der freigesetzten Öle, unter bzw. über entsprechenden Toleranzwerten aufweisen (TradiLin, 2017).

10% mehr Wiesenanteile in der Futterration erhöhen nach Bär *et al.* (2016) die Omega-3 Gehalte in der Milch um 0.1 g pro 100 g Fett. Durch eine Erhöhung des durchschnittlichen Schweizer Wiesenfutteranteils von 75.8% (Reidy & Ineichen, 2015) auf 100% könnte man den Omega-3-Gehalt im Schnitt um 0.242 g pro 100 g Fett erhöhen. Durch den Zusatz von Leinsamen können die Omega-3-Gehalte deutlich stärker erhöht werden, wie folgende Zahlen verdeutlichen:

- Ohne Ölsaaten 0.99 g/100g Fett (Stoll, 2002)
- 0.8 kg Leinsamen führten zu 1.5 g/100g Fett (Stoll, 2002)
- 1 kg Leinsamen führte zu ca. 1.8 g/100g Fett (Stoll, 2003)
- 1.5 kg Leinsamen führte zu 2.4 g/100g Fett (Stoll, 2003)

Milch mit angepasstem Fettsäuremuster führt zu einer Differenzierung in der Produktqualität (Spörri *et al.*, 2016). Die Wiesenmilch beispielweise zeichnet sich aufgrund einer graslandbasierten Fütterung durch erhöhte Omega-3-Gehalte aus (IP-SUISSE, 2015). Die Alpmilch, die eine Haltung und Fütterung der Milchkühe im Sömmerungsgebiet vorschreibt, weist im Vergleich zur Wiesenmilch noch einmal stark erhöhte Omega-3-Gehalte auf. Dies wird auf den höheren Kräuteranteil zurückgeführt (Spörri *et al.*, 2016). Auch durch die Zufütterung von Leinsamen kann eine Produktdifferenzierung erreicht werden. Beispiele hierfür sind der Rohmichkäse „Le Maréchal“ (Fromagerie Le Maréchal SA, 2016) und der „Mai-Käse“ des Schwyzer Milchhus (Schwyzer Milchhuus AG, 2006). Produkte, die in der Herstellung eine Beifütterung von Leinsaat erhalten, werden in Frankreich über das Label „Bleu Blanc Coeur“ vermarktet. In der deutschsprachigen Schweiz tritt das Label unter der Marke „TradiLin“ in Erscheinung (TradiLin, 2016).

Dustmann (2005) stuft in einer deutschen Studie die Vermarktung von Milch mit erhöhten Omega-3-Gehalten als machbar ein. Er weist jedoch darauf hin, dass Omega-3-Fettsäuren in der Bevölkerung relativ unbekannt sind. Die Informationsvermittlung über Produkt, Produktionsform und gesundheitsorientierter Wirkungsweise ist deshalb komplex in der Umsetzung. Auch Marette & Millet (2014) weisen in einer Studie, die sich auf Frankreich bezieht auf eine gesteigerte Kaufbereitschaft für Milch mit erhöhten Omega-3-Gehalten hin. Auch sie nennen Schwierigkeiten hinsichtlich der Vermarktung. Nach Wyss (2007) bietet graslandbasierte Milch durch das verbesserte Fettsäuremuster und das „naturnahe“ Image, eine Chance, um einen höheren Milchpreis zu realisieren.

5.9 Wertschöpfungskette Kälber/Kälbermanagement

Ein *Kälbermanagement*, welches die ausreichende Versorgung mit Kollostrum, eine bedarfsgerechte Fütterung mit Festfutter, eine ausreichende Zufuhr von Frischluft sowie eine Haltung zunächst in Einzelboxen und anschliessend in nach Alter separierter Gruppenhaltung umfasst, wirkt sich günstig auf das Tierwohl aus. Reduzierte Tiertransporte haben einen günstigen Einfluss auf das Tierwohl und die Umwelt. Die Transporte spielen im Vergleich zur landwirtschaftlichen Produktion jedoch eine untergeordnete Rolle in der Gesamtsumme der Umweltwirkungen. Die Literatur untersucht die Auswirkung von *Spermasexing* auf die Umwelt bislang kaum. Auch zu ökonomischen Auswirkungen gibt es keine Studien, die in der Schweiz durchgeführt wurden. Jedoch deutet die stark steigende Nachfrage nach gesextem Sperma auf eine positive Wirtschaftlichkeit hin. Die Verwendung von *Zweinutzungsrassen* wird kontrovers diskutiert. Zweinutzungsrassen produzieren zwar mehr Fleisch pro kg produzierter Milch, allerdings erbringen diese Tiere geringere Milchleistungen.

5.9.1 Umwelt

Laut Flessa *et al.* (2012) wäre 2012 eine Beschränkung der Anzahl weiblicher Kälber auf den effektiven Remontierungsbedarf und die Ausrichtung der weiteren (männlichen Kälberproduktion) auf die Mastnutzung mittels *Spermasexing* nur eingeschränkt möglich gewesen. Ein Grund lag in der fehlenden Verfügbarkeit männlich gesexter Spermas und dem in Niedersachsen (Deutschland) hohen Bedarf an weiblichen Kälbern für die Remontierung. Die Autoren bezeichneten *Spermasexing* als ungeeignete Massnahme für die Reduktion von Klimagasen.

Zweinutzungsrasen eignen sich für die Milchproduktion und für die Mast. Gemäss Schader *et al.* (2014) können die THG-Emissionen pro Milchviehbetrieb und Jahr um knapp 3% reduziert werden, wenn statt Schweizer Braunvieh Original Braunvieh verwendet wird. Auch Zehetmeier *et al.* (2012) berechnen Vorteile hinsichtlich des Treibhauspotenzials. Für die Auswirkung auf weitere Umweltwirkungskategorien besteht zusätzlicher Forschungsbedarf.

5.9.2 Soziales

Kälbermanagement

In der Schweiz werden Aufzuchtkälber in der Milchproduktion normalerweise kurz nach der Geburt von der Mutter getrennt. Sie müssen schnell lernen Festfutter aufzunehmen und der Pansen muss sich deutlich früher als unter natürlichen Bedingungen entwickeln. Diese Form der Aufzucht führt zu auftretenden Problemen für die Tiergesundheit. Typische Probleme sind Atemwegserkrankungen und Verdauungsprobleme sowie eine damit verbundene reduzierte Gewichtszunahme und erhöhte Sterblichkeit (Roth *et al.*, 2011). Die Versorgung mit Kollostrum ca. 2.5 Stunden nach der Geburt und 2-3 Stunden später nochmals sowie in den laufenden 5-7 Tagen täglich 0.5 Liter, führte zu einem deutlich besseren Immunstatus der Kälber. Das schnellstmögliche Trennen der Kälber von der Mutter und die Unterbringung in der ersten Woche in einer Einzelbox, sowie dessen Reinigung nach jeder Belegung, zeigten ebenfalls positive Wirkungen in Bezug auf den Keimdruck. Weitere Massnahmen wie eine verbesserte Frischluftversorgung, die Trennung von jüngeren und älteren Kälbern, sowie die Einrichtung eines Krafffutterautomats für ältere Kälber wirkten sich ebenfalls positiv aus. Insgesamt führten alle Massnahmen dazu, dass keine Kälberverluste mehr verzeichnet wurden und Lungenerkrankungen um 70% reduziert wurden. Gegenseitiges Besaugen der Kälber wurde durch individuelle Fütterungsstrategien reduziert, indem die tägliche Milchmenge individuell an die Krafffutteraufnahme angepasst wurde. Der Kontakt zur Mutter wird von den Autoren als weitere Möglichkeit benannt, das Besaugen zu reduzieren und krafffutterabhängiges Abtränken wird als Massnahme beschrieben, die Pansenentwicklung positiv zu beeinflussen und einen Wachstumsknick nach dem Absetzen zu verhindern (Roth *et al.*, 2011). Von Keyserlingk *et al.*, (2009) merken an, dass eine Massnahme nicht nur auf die Verbesserung eines Tierwohlaspekts abzielen sollte. Eine geeignete Massnahme im Kälbermanagement wäre zum Beispiel eine Fütterung, die negative Effekte wie Hunger vermeidet, eine Gewichtszunahme ermöglicht und dem natürlichen Saugverhalten der Kälber gerecht wird.

Transportvorgänge können sich negativ auf das Tierwohl auswirken, wenn Stress entsteht. Stressverursachende Faktoren sind neben dem Transport, das Verladen der Tiere oder die Separation von der Herde. Das Verladen der Tiere auf dem Heimbetrieb verursacht im Laufe des gesamten Transportverlaufs den grössten Stress (Terlouw *et al.*, 2008; Ferguson & Warner, 2008). Die Herzfrequenz und der Blut-Cortisol-Wert stiegen während des Verladevorgangs in einem Praxisversuch um durchschnittlich 80% an. Während des Transports sank die Herzfrequenz wieder. Dies wird damit begründet, dass sich die Tiere nach ca. zwei Stunden an die Fahrt gewöhnt haben, häufiger Autobahnen genutzt und seltener weitere Tiere zugeladen wurden. Sich ändernde Strassenverhältnisse, das Mischen von Tieren anderer Herkunft generell sowie gemischt-geschlechtliche Transporte, das Umladen auf andere Transportfahrzeuge und eine höhere Anzahl Stopps, sind weitere

tendenziell stressfördernde Faktoren (Henke, 2003). Schlachtungen auf dem Heimbetrieb sind eine Möglichkeit, den Stress im Laufe der Schlachtung zu reduzieren (Benfalk *et al.*, 2015; Friedrich *et al.*, 2014).

5.9.3 Ökonomie

Butler *et al.* (2014) fassten bisherige Publikationen über Spermasexing zusammen. Neben der Fruchtbarkeit wurden auch ökonomische Aspekte berücksichtigt. Oft wird auf ökonomische Modelle rückgegriffen, um die wirtschaftlichen Auswirkungen von Spermasexing abzuschätzen. Butler *et al.* (2014) weisen darauf hin, dass in ökonomischen Simulationen oft individuelle und spezifische Szenarien gerechnet werden. Zum Thema Spermasexing gibt es bis jetzt keine ökonomischen Analysen, die die Schweiz betreffen. Jedoch ist der Gebrauch von gesextem Sperma über die Jahre in der Schweiz stark angestiegen. Dies kann grundsätzlich als positives Zeichen gewertet werden (Schweizer Bauer, 2017). Zu den Themenbereichen Zweinutzungsrasen und Kälbermanagement konnten bezüglich der ökonomischen Dimension keine Publikationen gefunden werden.

5.10 Besonders tierfreundliche Stallhaltung (BTS)

Zusammenfassung

Die Wirkung von *BTS* auf die Umwelt ist tendenziell ungünstig, hauptsächlich wegen höheren Ammoniakemissionen. Die Wirkung auf das Tierwohl der Milchkühe ist günstig und es gibt keinen Einfluss auf die Milcheigenschaften. Das Direktzahlungsprogramm *BTS* hat positive Auswirkungen auf den Arbeitsverdienst. Es kann mit einem höheren Milcherlös gerechnet werden, jedoch auch mit tieferen Erträgen aus den Verkäufen von Kälbern und Schlachtkühen.

5.10.1 Umwelt

Die Förderung von besonders tierfreundlichen Haltungssystemen (*BTS*) trug zur starken Zunahme der Laufställe und Laufhöfe beim Rindvieh bei (Kupper *et al.*, 2015). Dies führt zur Zunahme der NH_3 -Emissionen und somit zu einem höheren Eutrophierungs- und Versauerungspotenzial (Cornaz *et al.*, 2005; Amon *et al.*, 2011). Werden die Laufflächen in den Laufställen und -höfen sauber gehalten, wirkt sich dies günstig auf das Eutrophierungs- und Versauerungspotenzial aus (Alig *et al.*, 2015; Schrade *et al.*, 2011; Zähler *et al.*, 2005). Der Einfluss auf weitere Umweltindikatoren ist bis anhin nicht untersucht.

5.10.2 Soziales

Regula *et al.* (2004) benennen einen anbindefreier Haltung sowie regelmäßige Bewegung im Freien als positiv für das Tierwohl im Vergleich zur Anbindehaltung. Untersucht wurde die Lahmheit, Veränderungen an den Sprunggelenken, Hautverletzungen um die Sprunggelenke, Callosities an Karpalgelenken, Verletzungen am Euter und an der Haut.

Bislang sind keine systematischen Probleme in Bezug auf Milcheigenschaften mit *BTS* aufgetreten. Danuser (2005) zeigte, dass tierfreundliche Stallhaltungssysteme die Milcheigenschaften nicht negativ beeinflussen. In der Untersuchung von Regula *et al.* (2002) war der Einfluss minimal. Die somatische Zellzahl der Milch war geringer, wenn die Tiere in der Vegetationsperiode regelmässigen Zugang zur Weide hatten. Die Bakterienzahl in der Milch war etwas geringer bei Laufställen im Vergleich zur Anbindehaltung. Sporen von sporenbildenden Bakterien waren häufiger in Betrieben, welche die Tiere unabhängig von Wetterbedingungen draussen liessen.

5.10.3 Ökonomie

Ein Laufstall kann im Vergleich mit einem Anbindestall Zeitersparnisse von 10 (Schick *et al.*, 2010) bis 25 (Badertscher, 2004) Arbeitskraftstunden (AKh) pro Kuh und Jahr mit sich bringen. Die Laufstallhaltung hat nach Regressionsberechnungen von Schorr & Lips (2017) einen positiven Einfluss auf den Arbeitsverdienst pro Familien-Jahres-Arbeitseinheit (FJAE).

Laut Badertscher (2004) ist die Nutzungsdauer der Kühe in Laufställen rund 100 Tage länger. Dies wirkt sich positiv auf die Lebensmilchleistung pro Kuh aus. Bei einer Milchleistung von 7000 kg führt dies zu einer Leistungssteigerung von 2%. Es sind um 9% weniger Besamungen notwendig und die Zahl der abgehenden Kühe vermindert sich um 8%. Es kann zudem mit einem höheren Milcherlös gerechnet werden, der aber durch tiefere Erträge aus dem Verkauf von Kälbern und Schlachtkühen gemindert wird (Badertscher, 2004). Der Investitionsbedarf kann bei Laufställen, im Vergleich mit einem Anbindestall, je nach Typ zwischen 5-40% tiefer sein. Mit Laufställen lassen sich günstigere Stallkonzepte realisieren, wodurch die Investitionen im Vergleich zum Anbindestall deutlich gesenkt werden können. Lediglich ein geschlossener Boxenlaufstall (Warmstall mit Innenfütterung, Laufhof angegliedert) wies, im Vergleich mit einem Anbindestall, einen klar höheren Investitionsbedarf auf (Gazzarin & Hilty, 2002).

5.11 Regelmässiger Auslauf im Freien (RAUS)/Weidehaltung

Zusammenfassung

Das Tierwohlprogramm RAUS bringt den Kühen Weidegang und fördert den Auslauf im Laufhof. Die Umweltwirkungen der Weidehaltung werden im Vergleich zur Stallhaltung kontrovers diskutiert. Der Flächenbedarf und die Lachgasemissionen der Weide sind im Vergleich zur Stallherde höher, die Ammoniakemissionen hingegen niedriger. Beim Laufhof sind die Ammoniakemissionen höher als bei der Weide. Die Auswirkungen auf den Flächenbedarf und das Treibhauspotenzial sind nicht eindeutig. Für das Tierwohl der Milchkühe ist das RAUS Programm günstig und die Milcheigenschaften werden durch Weidegras tendenziell positiv beeinflusst. Auf die Wirtschaftlichkeit hat das RAUS Programm mehrheitlich positive Auswirkungen. Eine höhere Arbeitseffizienz und zusätzliche Direktzahlungen können zu einer höheren Gesamtleistung führen.

5.11.1 Umwelt

Die RAUS-Vorgaben führten zu einer Zunahme der Weide (Cornaz *et al.*, 2005). Sutter *et al.* (2013) und Alig *et al.* (2012) kamen zum Schluss, dass bei der Weidehaltung der Flächenbedarf im Vergleich zur Stallhaltung höher ist. Begründet wird dies mit einem geringeren Energieertrags von Wiesen im Vergleich zu Ackerland (Bystricky *et al.*, 2015). Sutter *et al.* (2013) berechneten einen zusätzlichen Flächenbedarf der Weidehaltung von 48%, O'Brien *et al.* (2012) hingegen eine Flächeneinsparung der saisonalen Weidehaltung pro kg FPCM von durchschnittlich 23% im Vergleich zur Stallhaltung. Kontroverse Ergebnisse können unter anderem auf unterschiedliche Annahmen hinsichtlich der Grünlanderträge sowie der Art der Fütterungsrationen und -mengen beruhen. Bei Weideflächen ist ausserdem entscheidend, ob es sich bei der Fläche um produktive Ackerflächen handelt und somit eine Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion besteht oder nicht (Sutter *et al.*, 2013; Alig *et al.*, 2012).

O'Brien *et al.* (2012) errechneten einen 42% niedrigeren Energiebedarf einer saisonalen Weideherde im Vergleich zur Stallherde. Ein Grund für einen geringeren Energiebedarf der Weideherde sind die nicht notwendigen Bodenbearbeitungsmassnahmen bei der Weidehaltung (weniger Treibstoff- und Maschinenbedarf) (Alig *et al.*, 2012). Sutter *et al.* (2013) errechneten hingegen einen leicht höheren Energiebedarf (2%) der Weideherde pro kg ECM.

Ein Einfluss des Tierhaltungsprogramms RAUS auf die Höhe der P-Verluste durch Bodenerosion von Ackerflächen wurde nicht festgestellt (Cornaz *et al.*, 2005).

Beim Eutrophierungs- und Versauerungspotenzial schneidet eine Weidehaltung günstiger ab (Sutter *et al.*, 2013, O'Brien *et al.*, 2012), da die NH₃-Emissionen auf der Weide reduziert werden. Der Urin versickert auf der Weide schneller (Webb *et al.*, 2003); der Harnstoff wird erst später in Ammonium umgewandelt und der Stickstoff ist deshalb vor Emission teilweise geschützt. Zudem werden Emissionen eingespart, die bei der Güllelagerung entstehen (O'Brien *et al.*, 2012). Das Eutrophierungspotenzial terrestrisch ist gemäss Sutter *et al.* (2013) um 25% pro kg ECM reduziert. Das Versauerungspotenzial war in der Studie von O'Brien *et al.* (2012) bei der Weidehaltung im Vergleich zur Stallhaltung im Durchschnitt 42% geringer und bei Sutter *et al.* (2013) 25% niedriger. Das RAUS-Programm fördert auch den Auslauf im Laufhof oder Aussenklimabereich. Zu erwähnen ist, dass die Ammoniak-Emissionen durch den Auslauf im Laufhof gefördert werden, im Unterschied zur Weide (vgl. dazu Kapitel 5.10)

Die Höhe der THG-Emissionen einer Weide- im Vergleich zu einer Stallherde wird kontrovers diskutiert. Sutter *et al.* (2013) berechneten höhere THG-Emissionen pro kg Milch der Weideherde. Schader *et al.* (2014) ermittelten Einsparungen von THG-Emissionen bei einer Umstellung auf ein Vollweidesystem (Anzahl Weidestunden von 8.5 auf 20 Stunden erhöht und Mais- durch Weidefutter substituiert). Die Autoren berechneten Einsparungen der THG-Emissionen zwischen 2 und 4%. Auch Guerci *et al.* (2013) berechneten niedrigere THG-Emissionen bei Weidehaltung im Vergleich zur Stallhaltung und führen die reduzierten Bodenbearbeitungsmassnahmen und den höheren Anteil eigener Futtermittel als Gründe dafür auf. Bei der Untersuchung von O'Brien *et al.* (2012) waren die Ergebnisse je nach funktioneller Einheit unterschiedlich. Die saisonale Weidehaltung schnitt schlechter ab, wenn die Emissionen pro Gesamtbetriebsfläche betrachtet werden. Pro kg Milch emittierte die saisonale Weidehaltung weniger THG-Emissionen. Der Boden unter Grasland speichert grössere Mengen an Kohlenstoff als Ackerboden. Wird Grasland dauerhaft als solches bewirtschaftet, vermeidet man dadurch die Freisetzung grösserer Mengen CO₂, die sonst bei einem Umbruch entstehen würden. Dieser Umstand ist allgemein anerkannt (IPCC, 2006). Einige Wissenschaftler vertreten die Ansicht, dass auch bei langfristig gleicher Bewirtschaftung von Grasland die Humusmengen zunehmen (Soussana *et al.*, 2010). Dieser Zusammenhang ist allerdings umstritten und bislang fehlen dafür eindeutige experimentelle Belege. Schipper *et al.* (2014) beispielsweise stellen keine signifikante Veränderung von Bodenkohlenstoff bei langjähriger Weidemilchproduktion in Neuseeland fest.

O'Neill *et al.* (2011) erklären niedrigere aus den Verdauungsprozessen stammende Methanemissionen der Wiederkäuer bei grasbasierter Fütterung damit, dass bei der Verdauung von sehr gut verdaulichem Weidegras weniger Energieverluste in Form von Methan entstehen, weil zum einen ein höherer Proteingehalt den Methanausstoss im Vergleich zur Verdauung von Kohlenhydraten verringert und zum anderen hochverdauliches Weidegras zu einer Absenkung des pH-Wertes im Pansen führt.

Das Ökotoxizitätspotenzial ist gemäss Sutter *et al.* (2013) pro kg ECM bei der Weidehaltung niedriger als bei der Stallhaltung.

Die Weidehaltung wirkt sich günstig auf die Biodiversität aus (Sutter *et al.*, 2013; Rook *et al.*, 2004; Guerci *et al.*, 2013; Alig *et al.*, 2012). Es wird weniger Fläche zur Ackerfutterproduktion benötigt, dort ist das Biodiversitätspotenzial niedriger als auf extensiv bewirtschafteten Graslandflächen (Nemecek *et al.*, 2014, Jeanneret *et al.*, 2008). Auch der selektive Pflanzenverbiss, welcher zu einer heterogenen Flächenstruktur führt, wirkt sich günstig auf die Biodiversität aus (Rook *et al.*, 2004). Vor allem in Berggebieten, werden Grünlandflächen als wichtige Elemente für die Biodiversitätsförderung benannt. Darüber hinaus wird ein Zusammenhang zwischen Biodiversitätsverlust und zunehmendem Intensitätsniveau beschrieben (Alig *et al.*, 2012).

5.11.2 Soziales

Spycher *et al.* (2002) bewerteten die Wirkung von RAUS positiv für das Tierwohl. In Bezug auf Lahmheit, Veränderungen an Sprunggelenken und Liegeschwielen, waren in ihrer Untersuchung die Unterschiede zwischen den Betrieben ohne RAUS und mit RAUS günstiger. Bei RAUS-Betrieben war die Behandlungshäufigkeit mit Antibiotika niedriger im Vergleich zu Betrieben ohne Programm. Keil (persönliche Mitteilung, 2017) empfiehlt, die RAUS-Vorschriften ebenfalls für Kälber ab einem bestimmten Alter und Rinder geltend zu machen.

Weidehaltung

Die Literatur beschreibt eine höhere Fruchtbarkeit von Weidetieren und einen positiven Einfluss der Weide auf das Tierwohl (Bartussek 1996; Hofstetter *et al.*, 2011). Betonböden im Stall erhöhen die Gefahr von Klauenerkrankungen sowie Lahmheit (Vanegas *et al.*, 2006) und eine Weide kann diesem entgegenwirken. Die Weide sollte sich dabei in einem guten Zustand befinden (Lean *et al.*, 2008). Gemäss Arnott *et al.* (2016) zeichnen sich Weidetiere nicht nur durch weniger Lahmheiten, sondern auch durch weniger Klauenprobleme, Sprunggelenksverletzungen, Mastitis, Uteruserkrankungen und Mortalität im Vergleich zu eingestellten Tieren, aus. Ein Praxisversuch ging der Frage nach, ob Kühe die Weide oder den Stall vorziehen, wenn sie frei wählen können. Es wurde gezeigt, dass die Temperatur, die Luftfeuchtigkeit und die Niederschlagsmenge die Entscheidung der Tiere massgeblich beeinflussen. Bei Nacht bevorzugten die Tiere die Weide, bei steigenden Temperatur und Luftfeuchtigkeit während des Tages den Stall (Legrand *et al.*, 2009).

Die Literatur behandelt den Einfluss von RAUS auf die Milcheigenschaften oder das Landschaftsbild nicht. Eine Vielzahl von Studien berichtet jedoch über den positiven Einfluss der Weidehaltung resp. des Wiesenfutters auf die Milcheigenschaften (siehe Kapitel 5.3) und das Landschaftsbild (Schüpbach *et al.*, 2009).

5.11.3 Ökonomie

Das Vollweidesystem hat im Vergleich mit zwei Eingrassystemen die geringste Gesamtarbeitszeit und die höchste Arbeitseffizienz (Einhell, 2017). Beim Vergleich zwischen einer Weide- und einer Stallherde zeigte sich eine fast doppelt so hohe Arbeitsverwertung von Fr. 13.20 pro Stunde für die Weideherde (Gazzarin *et al.*, 2011a). Hochleistungssysteme haben aber eine höhere Arbeitsproduktivität (Gazzarin & Schick, 2004). Weideherden weisen im Vergleich mit Stallherden tiefere Maschinenkosten (Fr. 6.70 zu Fr. 7.10 pro 100 kg Milch) (Gazzarin *et al.*, 2011a) und Futterkosten (Hofstetter *et al.*, 2011) auf.

Dafür haben Weideherden aufgrund der silofreien Fütterung, die ein grosses Dürrfutterlager benötigt, deutlich höhere Gebäudekosten (Fr. 9.40 zu Fr. 5.90 pro 100 kg Milch) (Gazzarin *et al.*, 2011a). Eine Vollweidestrategie kann zu einer Kostenreduktion von Fr. 1.40 auf Fr. 1.- pro kg produzierter Milch führen (Blättler *et al.*, 2015). Stallherden haben eine höhere Futterverwertung und -effizienz (Hofstetter *et al.*, 2011) sowie die höheren Produktionserlöse (Gazzarin *et al.*, 2011a). Weideherden haben ihrerseits höhere Nebenerlöse (Gazzarin *et al.*, 2011a) und die besseren Fruchtbarkeitskennzahlen (Hofstetter *et al.*, 2011). Beim Vollweidesystem üben eine hohe Tierleistung und effiziente Winterfütterung einen positiven Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit und Arbeitsbelastung aus. Arrundierte Weideflächen, angepasste Kühe und das Weidemanagement sind entscheidend für den Erfolg (Gazzarin & Schick, 2004). Inklusive Direktzahlungen kann eine Weideherde auf eine um fast 2 Rappen pro kg Milch höhere Gesamtleistung kommen. Mit deutlich tieferen Fremdkosten ist es möglich, mit der Weidehaltung ein höheres Einkommen zu erzielen (Gazzarin *et al.*, 2011a). Beim Vergleich von Vollweide Betrieben mit Betrieben mit durchschnittlichem Kraffuttereinsatz, zeigte sich, dass Vollweidebetriebe im Mittel die höchsten Vollkosten aufweisen, durch höhere Direktzahlungen und höhere Erlöse aus Nebenprodukten weisen sie aber klar den höchsten Gewinn auf. Die positive Wirtschaftlichkeit der Vollweidebetriebe zeigt sich auch entsprechend auf Ebene der Arbeitsverwertung und des Landwirtschaftlichen Einkommens (Haas & Höltschi, 2017).

5.12 BTS & RAUS in Kombination

Zusammenfassung

BTS und RAUS wirken sich günstig auf das Tierwohl der Milchkühe aus. Für eine grössere Wirkung sollten auch Kälber und Aufzuchttiere von den Programmen profitieren. Eine Kombination der beiden Programme kann aus ökonomischer Sicht sinnvoll sein.

5.12.1 Umwelt

Die Literatur untersucht die Umweltwirkungen einer Kombination der beiden Programme nicht.

5.12.2 Soziales

Roesch *et al.* (2016) untersuchten die Einflüsse von BTS & RAUS und dem Tierschutzgesetz auf die verschiedenen Aspekte des Tierwohls. Die Ergebnisse sind in nachfolgender Tabelle aufgeführt. Je grösser der Balken, desto günstiger ist die Wirkung des Programms auf das Tierwohl.

Die Programme wirken vor allem in den Bereichen, in denen das Tierschutzgesetz wenig zu einem grösseren Tierwohl beiträgt; dies sind Komfort beim Ruhen, thermaler Komfort, Bewegungsfreiheit, Ausdruck von Sozialverhalten und anderem Verhalten.

	Milchkühe		
	TSchG	BTS & RAUS	TSchG + BTS & RAUS
Ausbleiben von anhaltendem Durst	■	■	■
Ausbleiben von anhaltendem Hunger	■	■	■
Komfort beim Ruhen	■	■	■
Thermaler Komfort	■	■	■
Bewegungsfreiheit	■	■	■
Ausbleiben von Verletzungen	■	■	■
Ausbleiben von Krankheiten	■	■	■
Ausbleiben von managementbedingtem Schmerz	■	■	■
Ausdruck von Sozialverhalten	■	■	■
Ausdruck von anderen Verhalten	■	■	■
Gute Mensch-Tier-Beziehung	■	■	■
Positiver emotionaler Zustand	■	■	■

Abbildung 1: Abdeckung der 12 Tierwohlaspekte durch das Tierschutzgesetz (TSchG) (in blau) und die Ethoprogramme BTS & RAUS (in grün) sowie insgesamt (in grau) für Milchkühe. Je grösser der Balken, desto besser wird der Aspekt durch die jeweilige Gesetzgebung abgedeckt. Ein ganzer Balken stellt nicht das Optimum, sondern eine im Rahmen der heutigen Haltungsbedingungen gut vertretbare Situation dar (Roesch *et al.* 2016).

Spycher *et al.* (2002) verglichen die Tiergesundheit von Herden mit BTS & RAUS anhand der Indikatoren Lahmheit, Veränderungen an den Sprunggelenken, Liegeschwielen an den Carpalgelenken, Verletzungen der Haut am Rumpf, Zitzenverletzungen, Sauberkeit Euter, Sauberkeit Beine, Body Condition Score. Die Autoren kamen zu folgendem Ergebnis: „Kühe in Betrieben mit BTS & RAUS hatten im Durchschnitt weniger Verletzungen an den Sprunggelenken und weniger Verdickungen der Karpalgelenke als Betriebe, die an keinem Programm teilnahmen. Lahmheiten kamen am häufigsten bei Kühen in Betrieben ohne Programm vor, gefolgt von Kühen in Anbindeställen mit RAUS und Kühen in Laufställen mit BTS & RAUS. Behandlungen mit Antibiotika waren in BTS & RAUS Betrieben seltener als in anderen Betrieben.“

5.12.3 Ökonomie

Werden die Direktzahlungsprogramme BTS und RAUS kombiniert, kann mit einer Senkung der Tierarztkosten gerechnet werden (Odermatt *et al.*, 2017).

5.13 Herdengesundheitsvorsorge

Zusammenfassung

Ein *Herdengesundheitsprogramm* wirkt sich günstig auf die Umwelt aus, wenn ein verbesserter Gesundheitszustand der Tiere erreicht wird. Gesündere Tiere leben länger, erbringen mehr Leistung und benötigen weniger Ressourcen. Bleiben Krankheiten aus, wirkt sich das positiv auf das Tierwohl und ggf. auf die Milcheigenschaften aus. Die Auswirkungen von Herdengesundheitsprogrammen auf die wirtschaftlichen Aspekte (betrieblichen Kosten und Erlöse) sind aufgrund der verfügbaren Literatur widersprüchlich.

Herdengesundheitsprogramme können wirksam sein und zu verbesserter Gesundheit der Tiere führen, besonders betreffend Mastitis und Lahmheiten (Tremetsberger & Winckler, 2015). In Norwegen, wo die Erfassung von Daten zur Tiergesundheit seit Jahren Routine ist und bei der Zucht und im Herdenmanagement berücksichtigt wird, konnte beispielsweise die Anzahl Mastitis-Behandlungen deutlich verringert werden (Østerås & Sølverød, 2009). Auch eine in Österreich durchgeführte Studie zeigte, dass Massnahmen betreffend Eutergesundheit zu einer Reduktion der Zellzahlen führen (Tremetsberger *et al.*, 2015). Es stellt sich nun die Frage, wie sich eine verbesserte Gesundheit der Milchkühe auf die verschiedenen Nachhaltigkeitsindikatoren auswirkt. Eine kürzlich veröffentlichte Studie auf 20 Milchproduktionsbetrieben im Jura (Fruttschi *et al.*, 2017) zeigte, dass mittels einer Bestandesbetreuung und Weiterbildungskursen die Anzahl der Antibiotikabehandlungen über die Projektdauer von zwei Jahren um ein Drittel gesenkt werden konnte (durchschnittlich 6760 kg Milch/Kuh und Jahr). Gleichzeitig wurde der Krafffuttereinsatz von 823 kg/Kuh und Jahr auf 642 kg gesenkt und die Krafffuttereffizienz von 112 g Krafffutter/kg Milch auf 87 g verbessert, bei nur geringfügiger Senkung der Milchleistung.

5.13.1 Umwelt

Zum Einfluss des Gesundheitszustandes der Kühe auf Umweltwirkungen sind in der Literatur einige Aussagen zu finden. Kranke Tiere erbringen tendenziell weniger Leistung, zudem kann Milch von kranken Kühen meist nicht verwertet werden. Durch die Teilnahme an einem Eutergesundheitsprogramm für Schweizer Biomilchbetriebe resultierten potenzielle Einsparungen von 7% der gesamten CO₂-Emissionen je Kuh und Jahr (Gattinger *et al.*, 2011). Eine Untersuchung von Hospido & Sonesson (2005) zeigte bei einer Reduktion der Fälle von klinischer Mastitis von 25% auf 18% (50 produktive Kühe im Vergleich zu 46 produktiven Kühen) eine Reduktion des Versauerungspotenzials um ca. 6% und eine Reduktion des Treibhauspotenzials um 2.5% pro Herde und Jahr. Eine Studie von Gülzari *et al.* (2018) zeigt ebenfalls, dass die Prävention von Mastitis die Umweltwirkungen reduzieren kann: sie errechneten eine Einsparung von 3.7% des Treibhausgaspotenzials pro kg FPCM, wenn die Zellzahl der Milch von 800'000 Zellen/ml auf 50'000 Zellen/ml zurückging. Weiter hat zum Beispiel auch Ketose einen Einfluss auf die Treibhausgasbilanz der Milch: Pro Tonne FPCM stiegen bei einer Studie die modellierten Treibhausgasemissionen im Schnitt um 20 kg CO₂eq pro Krankheitsfall an (Mostert *et al.*, 2018). Diese Erhöhung wird verursacht durch eine längere Zwischenkalbzeit, verworfene Milch, verringerte Milchproduktionsmenge sowie der Beseitigung von Kühen. Eine dänische Ökobilanzstudie berechnet hingegen mit einem Szenario der Milchproduktion, die auf Tierwohl setzt, pro kg ECM höhere Treibhausgasemissionen und einen höheren Verbrauch an fossilen Brennstoffen, als beim „weiter wie bisher“ Szenario (Oudshoorn *et al.*, 2011). Allerdings gehen sie von einer tieferen Milchleistung, als bei den beiden anderen Szenarien aus, das Szenario ist auf Tierwohl und nicht spezifisch auf Tiergesundheit ausgerichtet und Kälber wurden während drei Monaten gesäugt.

5.13.2 Soziales

Eine Vielzahl von Studien weist einen positiven Effekt von Tiergesundheitsplänen und Herdengesundheitsplänen für das Tierwohl nach. Der Medikamenteneinsatz kann reduziert werden (Heil *et al.*, 2006), die Eutergesundheit der Tiere wird verbessert (Brinkmann & March, 2010), die Langlebigkeit der Tiere erhöht sich (Heil *et al.*, 2016) und Krankheiten können frühzeitig erkannt werden (Brinkmann & March, 2010). de Vries *et al.* (2014) zeigten in ihrer Studie die Möglichkeit auf, mittels routinemässig erhobener Herdendaten nationaler Datenbanken in Industrieländern (z.B. Rasse, Milchertrag, Abkalbedatum, Milchzusammensetzung usw.), das Tierwohl der Herde vorherzusagen. Ivemeyer *et al.* (2012) zeigten, dass die Teilnahme an einem Herdengesundheitsprogramm die Zellzahl in der Milch deutlich reduzierte. Die oben erwähnte Studie von Frutschi *et al.* (2017) ergab als Folge einer Bestandesbetreuung eine Reduktion der Antibiotikabehandlungen von einem Drittel, allerdings begleitet von einer leichten Verschlechterung der Eutergesundheit (Erhöhung der Zellzahlen um 5%).

Der Umsetzungserfolg der Pläne hängt von weiteren Faktoren wie z.B. der Arbeitsbelastung, dem «Coaching» und der Begleitung der Betriebsleiter, den finanziellen Spielräumen, der Partizipationsbereitschaft der Beteiligten aber auch von den persönlichen Prioritäten der Betriebsleiter ab (Oppermann *et al.*, 2008; Brinkmann & March, 2010; Ivemeyer *et al.*, 2008; Vaarst *et al.*, 2010). Sind Akteure nicht an der Teilnahme an einer Herdengesundheitsplanung interessiert, sollten andere Anreizsysteme entwickelt werden. Eine weitere Möglichkeit ist das Konzept der «stable schools». Im Rahmen dieses Konzepts, werden Probleme auf dem eigenen Betrieb in einer Gruppe mit anderen Landwirten diskutiert (Vaarst *et al.*, 2007).

5.13.3 Ökonomie

Die Gesundheitsvorsorge ist auch ökonomisch von hoher Bedeutung. So kostet Mastitis beispielsweise die Schweizer Milchproduzenten CHF 129 Mio./Jahr (Heiniger *et al.*, 2014). Zu den Kosten von Krankheiten sind generell mehr Daten verfügbar, als zu den potenziellen Einsparungen mit der Einführung von Vorsorgeprogrammen. Das Norwegische Mastitis Control Programm konnte jedoch beispielsweise die Kosten von Mastitis pro kg Milch von 9.2% zu 1.7% des Milchpreises verringern (Østerås & Sølverød, 2009). Eine Dissertation in Österreich gibt zudem Hinweise, dass Betriebe mit besserer Tiergesundheit eine höhere Effizienz aufweisen (Tremetsberger, 2016). Betriebe, die sich im Laufe des Experiments verbesserten, zeigten jedoch keine Veränderung der Effizienz auf. Die dänische Ökobilanzstudie berechnet hingegen mit dem Szenario der Milchproduktion, die auf Tierwohl setzt, pro kg ECM höhere Kosten, als beim „weiter wie bisher“ Szenario (Oudshoorn *et al.*, 2011).

Die integrierte tierärztliche Bestandsbetreuung (ITB) steht für eine kurative, präventive und kontinuierliche Tätigkeit mit den Zielen, die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Tiere, die wirtschaftliche Situation des Betriebs, die Qualität der tierischen Produkte sowie die Berufszufriedenheit des Betriebspersonals zu steigern. Die ITB führt nach Hässig *et al.* (2010) nicht zu klaren Mehrkosten, jedoch auch nicht zu deutlichen finanziellen Vorteilen. Der Arbeitsaufwand wurde in dieser Studie nicht betrachtet. Friewald (2010) befragte in ihrer Dissertation Landwirte in Bayern zur ITB. Nach der Wahrnehmung der Landwirte hat die ITB ein diffuses Kosten-Nutzen Verhältnis. Von den wenigen Landwirten mit ITB gaben 59% an, dass der Betriebserfolg durch die ITB gestiegen sei. Bei der oben erwähnten Studie von Frutschi *et al.* (2017) führte die Bestandesbetreuung zu einer Reduktion der Kosten für die Eutergesundheit von 29%.

5.14 Antibiotikaeinsatz

Zusammenfassung

Der Verzicht auf den *prophylaktischen Einsatz von Antibiotika* und Wirkstoffe aus der Gruppe der *kritischen Antibiotika* wirkt sich günstig auf die Vermeidung von Resistenzen aus. Die Verteilung resp. die Wirkung von Antibiotika in der Umwelt sind bislang unzureichend untersucht. Die Wirkung eines Verzichts auf die Tiergesundheit und die Milcheigenschaften ist kontrovers. Zu den ökonomischen Auswirkungen konnten keine Studien gefunden werden.

Die Begriffe Reserveantibiotika und kritische Antibiotika sind nicht gleichzusetzen (Vetsuisse-Fakultät & GST, 2016). *Reserveantibiotika* sind definitionsgemäss die Ultima Ratio bei bestimmten Indikationen oder in spezifischen klinischen Fällen. Aufgrund Ihrer Definition (z. B. WHO) gehören aber Reserveantibiotika häufig auch zu den kritischen Antibiotika. *Kritische Antibiotika* ("Critically important antimicrobials") sind Wirkstoffe, welche folgenden Kriterien erfüllen: 1. eine eingeschränkte Verfügbarkeit von Alternativen für eine bestimmte Behandlung und 2. die Übertragung von Genen aus nicht-humanen Quellen. Beispiele sind Fluorchinolone, Cephalosporine der 3. und 4. Generation sowie Makrolide.

5.14.1 Soziales

Im Rahmen der Strategie Antibiotikaresistenzen Schweiz (StAR) hat sich der Bundesrat zum Ziel gesetzt, die Wirksamkeit von Antibiotika für Mensch und Tier langfristig zu erhalten. Obwohl seit 1991 ein Verbot für den Einsatz von Antibiotika als Leistungsförderer gilt und seit 2004 ein Einsatz ohne tierärztliche Verordnung verboten ist, besteht nach wie vor ein grosser Handlungsbedarf hinsichtlich der Vermeidung weiterer Antibiotikaresistenzen (Bundesrat, 2015). 50% der eingesetzten Medikamente in der Schweiz werden in der Tierhaltung eingesetzt. Wahrscheinlich können bereits kleine Mengen Resistenzen auslösen (NRP 49, 2007). In der Schweiz liegt bereits eine deutlich höhere Tetrazyklinresistenz im Vergleich zu nordischen Ländern vor (Bundesrat, 2015) und in Gülle sind resistente Bakterienstämme zu finden. Wie sich diese Bakterienstämme verteilen, ist bislang unzureichend erforscht (NRP 49, 2007).

Der Antibiotikaeinsatz variiert stark zwischen verschiedenen Betrieben. Mehr Informationen, Monitoring und Kontrolle können helfen, den Einsatz zu reduzieren. Betriebe, die ein optimales Management aufweisen, über einen höheren Gesundheitszustand der Herde verfügen und diesen pflegen, weisen geringere Resistenzen auf (NRP 49, 2007).

Eutererkrankungen sind ein Haupteinsatzgebiet für Antibiotika. Die Trockenperiode ist besonders entscheidend, da zu diesem Zeitpunkt die Gefahr für neue Infektionen hoch ist. Trockensteller mit und ohne Antibiotika werden eingesetzt, um die Gefahr von Neuinfektionen zu verringern. In der Regel, werden alle Viertel des Euters prophylaktisch behandelt. Barth & Knappstein (2017) zeigten in einem Praxisversuch, dass viertelselektives Trockenstellen erfolgreich ist. Angemerkt werden muss jedoch, dass 20-40% der erkrankten und infizierten Euter beim selektiven Trockenstellen nicht erkannt werden (Pieper *et al.*, 2013). Eine Studie aus den Niederlanden zeigte, dass Antibiotika beim Trockenstellen gespart werden konnten, wenn nicht alle Kühe routinemässig mit Antibiotika trockengestellt wurden (Scherpenzeel *et al.*, 2014).

Auch bei der Kälberaufzucht spielen Antibiotika eine Rolle. In einer Untersuchung zum Antibiotikaeinsatz in der Kälberaufzucht im Kanton Freiburg verwendeten 58% der Landwirte Antibiotika für die Behandlung von Kälberdurchfall. Reserveantibiotika machten 20% aller antibiotischen Behandlungen aus. Die Autoren stellen einen dringenden Handlungsbedarf fest, um Landwirte besser über den korrekten Umgang mit Antibiotika zu informieren (Pipoz & Meylan, 2016).

Darüber hinaus muss differenziert werden, ob eine Reduktion von Antibiotika auf eine gute Tiergesundheit zurückzuführen ist oder auf Unterlassen von notwendiger Antibiotikagabe. Der Verzicht eines prophylaktischen Einsatzes wirkt sich kurzfristig gesehen ebenfalls kontraproduktiv auf das Tierwohl aus, wenn der Verzicht nicht mit angepasstem Management einhergeht (Keil, 2017, persönliche Mitteilung). Im Therapieleitfaden für Tierärztinnen und Tierärzte wird festgehalten, dass bei Nutztieren keine kritischen Antibiotika zum Einsatz kommen sollten (Vetsuisse-Fakultät & GST, 2016).

Der Einfluss des Antibiotikaeinsatzes auf die Milcheigenschaften wird kontrovers diskutiert. Die Milcheigenschaften werden negativ beeinflusst, wenn durch fehlenden Medikamenteneinsatz Krankheiten verbreitet werden und steigende Zellzahlen in der Milch die Folge sind. Ein fachgerechter, sicherer Einsatz zugelassener Tierarzneimittel unter Einhaltung der vorgegebenen Absetzfristen gewährleistet zwar grundsätzlich, dass die Grenzwerte nach Fremd- und Inhaltsstoffverordnung (FIV) eingehalten werden. Trotzdem bedeutet dies nicht absolute Rückstandsfreiheit in der Milch (BLV, 2016). In diesem Zusammenhang stellt sich auch die Frage nach der Weiterverwendung der kontaminierten Milch (Schaaeren, 2014), da die Verfütterung dieser Milch an Kälber zur Bildung von resistenten Bakterienstämmen führen kann. Inwiefern diese resistenten Keime in die Nahrungsmittelkette gelangen, ist bislang nicht untersucht. Eine Untersuchung im Kanton Freiburg zeigte, dass 21% häufig und 39% der Landwirte selten antibiotikahaltige Milch an die Kälber verfüttern (Pipoz & Meylan, 2016).

5.14.2 Ökonomie

Es konnten keine ökonomischen Studien gefunden werden bezüglich einer Reduktion oder eines Stopps von kritischen Antibiotika. Jedoch geben die Eutergesundheitskosten pro Kuh und für die ganze Schweiz Aufschluss über die Relevanz dieses Themenbereichs: 2010 betragen die Eutergesundheitskosten einer durchschnittlichen Kuh Fr. 197.70 pro Jahr. Multipliziert mit der Anzahl an Milchkühen in der Schweiz (654 554) gibt dies gesamtschweizerische Mastitis-Kosten in der Höhe von 129,4 Mio. Franken (Heiniger *et al.*, 2014).

5.15 Biodiversität

Zusammenfassung

Die Teilnahme am *IP- Suisse Biodiversitätspunktesystem* wirkt sich günstig auf die Biodiversität aus. Die Erbringungskosten von ökologischen und landschaftspflegerischen Leistungen sind sehr heterogen. Daher können keine allgemeingültigen ökonomischen Auswirkungen abgeleitet werden.

5.15.1 Umwelt

Die Biodiversitätspunkteanzahl korreliert signifikant mit der Artenzahl und Dichte von Pflanzen, Tagfaltern und Brutvögeln. Steigt die Punktezahl zum Beispiel von 10 auf 20 an, kann im Mittel mit 19 Pflanzenarten mehr gerechnet werden (Birrer *et al.*, 2014). Die Massnahme wirkt sich demnach günstig auf die Biodiversität aus. Schüpbach *et al.* (2009) zeigten in ihrer Untersuchungen den positiven Effekt von Biodiversitätsförderflächen auf das Landschaftsbild.

5.15.2 Ökonomie

Die Erbringungskosten von ökologischen und landschaftspflegerischen Leistungen von Schweizer Landwirtschaftsbetrieben sind sehr heterogen. Die betrieblichen Erbringungskosten können je nach Element und Berechnungsmethode stark schwanken.

Für die Massnahme GMF beispielsweise variieren die Erbringungskosten zwischen null (Erbringung der Leistung auch ohne Zahlung) und dem vierfachen Wert der heutigen Ansätze der Direktzahlungen. Betriebe mit hoher Beteiligung zeigen weder eine starke Rentenbildung, noch eine wirtschaftliche Benachteiligung. Es

scheinen andere Faktoren, unabhängig von der Erbringung ökologischer und landschaftspflegerischer Leistungen, für die Unterschiede der Kostendeckung massgeblich zu sein; so zum Beispiel die betriebliche Kosten-Leistungsstruktur, die Betriebsgrösse und die Höhenlage (BLW, 2016b). Die Opportunitätskosten einer alternativen Nutzung bestimmen die Höhe der Erbringungskosten massgeblich mit. Die Erbringungskosten und der Produktions- und Opportunitätskosten einiger ökologischer und landschaftspflegerischer Leistungen wurden anhand von Unsicherheitsanalysen geschätzt und weisen eine grosse Streuung auf (Tabelle 5).

Tabelle 5: Erbringungskosten ökologischer und landschaftspflegerischer Leistungen (Huber & Flury, 2016; Mack, 2016)

Element	Durchschnittliche planerische Erbringungskosten [Fr.]	Produktions- und Opportunitätskosten (Mittelwerte der Grenzkosten) [Fr.]	DZ-Beitrag [Fr.]
Extensive Wiese QI	1358	2040	1350
Extensive Wiese QII	1825	2550	1650
GMF	-	262	200
Buntbrache	1754	4094	2500
Farbige Hauptkulturen	240	-	Max. 360

Viele Landwirte fühlen sich der marktorientierten Milchproduktion verpflichtet (Baur *et al.*, 2010). Die meisten Schweizer Landwirtschaftsbetriebe erhalten zwar Biodiversitätsbeiträge, Elemente wie Bunt- und Rotationsbrachen, Säume auf Ackerflächen, Ackerschonstreifen, Blühstreifen für Bestäuber und Uferwiesen entlang von Fließgewässern sind jedoch sehr selten (BLW, 2016b).

Auch bezüglich der Entscheidungsfindung sind Schweizer Landwirtschaftsbetriebe sehr heterogen: Neben Profitmaximierung sind Umweltbewusstsein, soziale Akzeptanz und Geschäftsentwicklung wichtige Entscheidungshintergründe hinsichtlich der Umsetzung einer freiwilligen Politikmassnahme (Karali *et al.*, 2013).

5.16 Partnerschaft durch mehrjährige Verträge

Nach einer deutschen Studie sind grundlegende Vertragsbestandteile zwischen Milchproduzenten und -Verarbeitern das Preissystem, die Vertragsdauer und die Mengenregelung (Steffen *et al.*, 2011). Dabei bestehen die Differenzen, gemäss einer österreichischen Studie, weniger in den Grundsätzen, als in den Vertragsdetails. Milchproduzenten haben ein zentrales Anliegen nach transparenter und nachvollziehbarer Vertragsregelung, vor allem bezüglich des Mengenmanagements und der Preisfindung (Larcher *et al.*, 2012). Unter Schweizer Rahmenbedingungen konnten für alle drei Dimensionen der Nachhaltigkeit keine Studien gefunden werden.

5.17 Nachhaltigkeitszuschlag

Nach einer Literaturanalyse von Balzarova *et al.* (2015) ist es bei der Umsetzung freiwilliger Umweltprogramme für die Landwirte zentral, dass Anreize bestehen und Unterstützung geboten wird. Die Akzeptanz eines Nachhaltigkeitsstandards seitens der Landwirte wird unter anderem auch durch extrinsische Anreize bestimmt. Zum Beispiel in Form einer finanziellen Honorierung (Luhmann *et al.*, 2016). Gemäss ökonomischer Theorie steigert ein höherer Preis die Erlöse, sofern die Menge konstant bleibt (Varian & Buchegger, 2004).

6 Schlussfolgerung und Ausblick

Anhand der Literaturstudie konnte eine Vielzahl von den zu erwartenden Wirkungen der Nachhaltigkeits-Massnahmen auf die Milchproduktion aufgezeigt werden. Betrachtet man die Ergebnisse der Literaturstudie zeigt sich jedoch auch, dass bei keiner Massnahme mit ausschliesslich günstigen oder ungünstigen Wirkungen zu rechnen ist. Es zeigt sich viel mehr eine komplexere, vielseitigere Beziehung zwischen einzelnen Massnahmen und deren Nachhaltigkeitswirkung.

Es gibt Massnahmen, bei denen mit mehrheitlich günstigen Auswirkungen zu rechnen ist. Bei der Massnahme *zertifiziertes Soja nach Sojanetzwerk Schweiz* ist, abgesehen vom höheren Preis, ausschliesslich mit positiven Wirkungen zu rechnen. Gleiches gilt für die Einführung eines Herdengesundheitsmanagements und angepassten Kälbermanagements, vorausgesetzt, die Programme verbessern die Tiergesundheit.

Massnahmen, die positive Wirkungen auf eine Dimension aufweisen und negative Auswirkungen auf eine andere Dimension, gibt es ebenfalls. Beispiele dafür sind die *besonders tierfreundliche Stallhaltung (BTS) und der regelmässige Auslauf im Freien (RAUS)*. Die Umwelt wird ungünstig beeinflusst, soziale Aspekte (wie zum Beispiel das Tierwohl) hingegen eher günstig. Auch die Autoren Roesch *et al.* (2016) und Pretty (2008) weisen auf Zielkonflikte zwischen verschiedenen Nachhaltigkeitsindikatoren hin. Oft verhindern beispielsweise zu hohe Kosten oder gekoppelte Mindererträge auf der ökonomischen Seite Umweltmassnahmen, die positive Effekte in der sozialen und/oder Umweltsphäre generieren würden (Pretty, 2008). Keine der untersuchten Massnahmen hatte mehrheitlich ungünstige Wirkungen auf die Nachhaltigkeit. In der ökonomischen Dimension weisen lediglich zwei Massnahmen negative Auswirkungen auf bestimmte ökonomische Indikatoren (höhere Kosten) auf: *Verbot von Harnstofffütterung* und *fettsäureoptimierte Fütterung*. Es gibt andererseits auch Massnahmen, die positive Auswirkungen auf ökonomische Indikatoren haben. Beispielsweise kann beim Direktzahlungsprogramm BTS mit einem tieferen Arbeitsaufwand und einem höheren Arbeitsverdienst gerechnet werden. Einige Massnahmen haben jedoch auch uneinheitliche Wirkungen, zum Beispiel weil die Wirkungsweise an betriebseigene Strukturen gekoppelt ist. Allgemeine Aussagen können, beispielsweise beim Futterbau und der Futterkonservierung, nur beschränkt gemacht werden. Für andere Massnahmen konnte zudem keine Literatur gefunden werden und demnach auch keine Aussage gemacht werden. Ein Beispiel hierfür sind die Massnahmen im Bereich Antibiotika.

Bei vielen Beziehungen zwischen Massnahmen und Indikatoren wurden kontroverse Aussagen in der Literatur eruiert. Die Gründe können in einer unterschiedlichen Methodik liegen; oft liegt es aber daran, dass es keine einfache (lineare) Beziehung zwischen Massnahme und Wirkung gibt, sondern, dass diese von verschiedenen beeinflussenden Faktoren abhängt. Dies war beispielsweise bei den Massnahmen *Zweinutzungsrasen, hohe Lebtagesleistung, niedrigere Kraffutterintensität* und *Anteil Grundfutter mit Ursprung CH* bei fast allen Indikatoren der Fall. Die Nachhaltigkeitswirkung ist abhängig von der Fütterungsstrategie, dem Managementverhalten, der Tierrasse und weiteren Parametern.

Bei einigen Beziehungen zwischen Massnahmen und Indikatoren fehlt zudem Literatur für eine fundierte Einschätzung der Wirkungen auf verschiedene Nachhaltigkeitsindikatoren, so dass im Rahmen dieser Studie keine abschliessende Beurteilung möglich ist. Dies betrifft die Massnahmen *Spermsexing, die fettsäureoptimierte Fütterung, das Verbot der Harnstofffütterung, die Teilnahme am Biodiversitätspunktesystem von IP-SUISSE* und der *Antibiotikaeinsatz*.

Im Rahmen weiterer Untersuchungen empfehlen wir eine quantitative Evaluation solcher Massnahmen, bei denen die Aussagen kontrovers waren oder nicht genügend Literatur vorlag. Dies gilt insbesondere für den Vergleich diverser Fütterungsstrategien (*höherer Anteil Grundfutter aus der Schweiz, höherer Anteil Wiesen-*

und Weidefutter, die niedrigere Kraffutterintensität, fettsäureoptimierte Fütterung, Verbot der Harnstofffütterung) oder auch für den Vergleich verschiedener Produktionsstrategien (hohe Lebtagesleistung, längere Nutzungsdauern, Zweinutzungsrasen).

Es empfiehlt sich eine quantitative Evaluation der Massnahmen, bei denen die Aussagen in der Literatur kontrovers waren oder keine Literatur vorlag. Zudem könnten weitere Massnahmen und Indikatoren in die Betrachtungen einbezogen werden. Für eine nachhaltig ausgerichtete Milchwertschöpfungskette sollten zudem Massnahmen ergriffen werden, die sich auf weitere Stufen der Wertschöpfungskette beziehen, wie beispielsweise auf die Stufe der Molkereien.

7 Literaturverzeichnis

- Agridea, 2016. Betriebswirtschaftliche Datensammlung. Agridea, Lindau.
- Agridea, BLW, 2016. Wegleitung Suisse-Bilanz.
- AgriStat, 2016. Statistische Erhebungen und Schätzungen über Landwirtschaft und Ernährung 2015. Schweizer Bauernverband (SBV) AgriStat, Brugg.
- Agrokorn AG, 2017. Telefonische Preisauskunft vom 17.07.2017, Bischofszell.
- Agroscope, 2016. Fütterungsempfehlungen für Wiederkäuer (Grünes Buch). Available at www.agroscope.admin.ch.
- Alig M., Mieleitner J., Baumgartner D., 2011. Umweltwirkung der Milchproduktion. In: Zentrale Auswertung von Ökobilanzen landwirtschaftlicher Betriebe (ZA-ÖB). Schlussbericht. Zürich und Ettenhausen, Hrsg. J.-L. Hersener, D. U. Baumgartner & D. Dux, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 64-74.
- Alig M., Grandl F., Mieleitner J., Nemecek T. & Gaillard G., 2012. Ökobilanz von Rind-, Schweine- und Geflügelfleisch. Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Zürich, 151 p.
- Alig M., Prechsl U., Schwitler K., Waldvogel T., Wolff V., Wunderlich A., Zorn A. & Gaillard G., 2015. Ökologische und ökonomische Bewertung von Klimaschutzmassnahmen zur Umsetzung auf landwirtschaftlichen Betrieben in der Schweiz. Agroscope, Zürich, Agroscope Science 29, 160 p.
- Alvåsen K., Jansson Mörk M., Hallén Sandgren C., Thomsen P.T., Emanuelson U. & Sveriges I., 2012. Herd-level risk factors associated with cow mortality in Swedish dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 95: 4352-4362.
- Amon B., Amon T., Boxberger J. & Alt C., 2001. Emissions of NH₃, N₂O and CH₄ from dairy cows housed in a farmyard manure tying stall (housing, manure storage, manure spreading). *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 60: 103-113.
- Arnott G., Ferris C.P. & O'Connell N.E., 2016. Review: welfare of dairy cows in continuously housed and pasture-based production systems. *Animal* 11(2): 261-273.
- Badertscher R., 2004. Tierwohl und Wirtschaftlichkeit: Ein Widerspruch? *Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V.*, 39: 525-533.
- BAFU, 2015. Switzerland's Greenhouse Gas Inventory 1990–2013. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, 596 S.
- Balzarova M., McWilliam W., Coghlan S. & Haas R., 2015. What constitutes an effective voluntary dairy scheme? *Jahrbuch der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie*, 24: 203-212.
- Bär C., Sutter M., Portmann R., Egger L., Reidy B. & Bisig W., 2016. Wiesenmilch – Inhaltsstoffe und Ökologie. Agroscope: Nationale Bioforschungstagung 2016.
- Barth K. & Knappstein K., 2017. Selektives Trockenstellen von Eutervierteln ein Ansatz zum gezielten Einsatz von Antibiotika.
- Bartussek H., 1996. TIERGERECHTHEITSINDEX FÜR RINDER TGI 35 L/1996 - Rinder.
- Bauernverband S., 2016. Milchstatistik der Schweiz.
- Baur I., Dobricki M. & Lips M., 2010. Einstellungen zu Hochleistungs- und Vollweidestrategie. *Agrarforschung Schweiz*, 1 (9), 326-333.
- Baur P., 2011. Sojaimporte Schweiz: Möglichkeiten und Grenzen der Reduktion/Vermeidung von Sojaimporten in die Schweiz. Agrofutura AG, Frick.
- Benfalk C., Lindgren K., Edström M., Geng Q. & Nordberg A., 2015. Mobile slaughter of cattle and pigs. JTI - Schwedisches Institut für Agrar- und Umwelttechnik, Uppsala.
- Berger J., 2011. Gibt es für unsere Kühe Leistungsgrenzen? *Swissgenetics*.
- Berger N., 2015. Persönliche Mitteilung. *Swissherdbook*, aus Alig *et al.* (2015).
- BFS, 2013. Bodennutzung in der Schweiz – Resultate der Arealstatistik. Raum und Umwelt, Bundesamt für Statistik BFS, Neuchâtel.
- BFS, 2017. SBV- Milchstatistik der Schweiz Tierische Produktion: Kuhmilch - Tausend Tonnen. Available at <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/land-forstwirtschaft/landwirtschaft/produktion-finanzielle-aspekte.assetdetail.2967943.html>.
- Birrer S., Zellweger-Fischer J., Stoekli S., Korner-Nievergelt F., Balmer O., Jenny M. & Pfiffner L., 2014. Biodiversity at the farm scale: A novel credit point system. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 197: 195-203.
- Bisig W., Collomb M., Bütikofer U., R. S., Bregy M. & Etter L., 2008. Saisonale Fettsäurezusammensetzung von Schweizer Bergmilch. *AGRARForschung*, 15: 38-43.

- Blättler T., Durgai B., Knapp L. & Haller T., 2015. Projekt Optimilch: Wirtschaftlichkeit der Vollweidestrategie - Ergebnisse 2000 bis 2010. *Agrarforschung Schweiz*, 6: 354-361.
- BLV, 2016. Information über den Umgang mit positiven Befunden in der amtlichen Milchprüfung beim Einsatz von Antibiotika, insbesondere Mastiplan. Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen, 3S.
- BLW, 2013. Agrarbericht 2013. Bundesamt für Landwirtschaft BLW, Bern. Available at www.agrarbericht.ch.
- BLW, 2016a. Agrarbericht 2016. Bundesamt für Landwirtschaft BLW, Bern. Available at www.agrarbericht.ch.
- BLW, 2016b. Kosten der Erbringung ökologischer und landschaftspflegerischer Leistungen. Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), Bern, 108 S.
- Brinkmann J. & March S., 2010. Tiergesundheit in der ökologischen Milchviehhaltung - Status quo sowie (Weiter-)Entwicklung, Anwendung und Beurteilung eines präventiven Konzeptes zur Herdengesundheitsplanung. Ph.D. Thesis. Georg-August-Universität Göttingen.
- Bundesrat, 2015. Strategie Antibiotikaresistenzen Schweiz.
- Burren J., Beyeler D. & Bruderer T., 2017. Raufutter in seiner grossen Vielfalt. *UFA-Revue*, 7-8: 62.
- Butler S.T., Hutchinson I.A., Cromie A.R. & Shallo L., 2014. Application and cost benefits of sexes semen in pasture-based dairy production systems. *Animal*, 8 (s1), 165-172.
- Bystricky M., Haupt C., Nyfeler-Brunner A., Lansche J. & Nemecek T., 2017. Futtermitteltool (Optifeed) – Methodischer Bericht.
- Bystricky M., Martina Alig M., Nemecek T. & Gaillard G., 2015. Ökobilanz von Schweizer Landwirtschaftsprodukten im Vergleich zum Import. *Agrarforschung Schweiz*, 6: 264-269.
- Chazal M.-P., Chilliard Y. & Coulon J.-B., 1987. Effect of nature of forage on spontaneous lipolysis in milk from cows in late lactation. *Journal of Dairy Research*, 54: 13-18.
- Collomb M., Sollberger H., Bütikofer U., Sieber R., Stoll W. & Schaeren W., 2004. Impact of a basal diet of hay and fodder beet supplemented with rapeseed, linseed and sunflowerseed on the fatty acid composition of milk fat. *International Dairy Journal*, 14: 549-559.
- Cornaz S., Decrem M., Flisch R., Herzog F., Lazzarotto P., Leifeld J., Liechti P., Menzi H., Murali R., Nievergelt J., Prasuhn V., Richner W. & Spiess E., 2005. Evaluation der Ökomassnahmen Bereich Stickstoff und Phosphor Schriftenreihe der FAL 57.
- Danuser J., 2005. Auswirkungen des Haltungssystems auf das Wohlergehen der Tiere, auf die Produktequalität und auf die Wirtschaftlichkeit. In: *Tierhaltung im Spannungsfeld zwischen Ökonomie - Ökologie - Tierwohl Schweizerische Vereinigung für Tierproduktion (SVT)*.
- de Boer I.J.M., 2003. Environmental impact assessment of conventional and organic milk production. *Livestock Production Science*, 80: 1-2.
- de Vries M., Bokkers E.A.M., van Schaik G., Engel B., Dijkstra T. & de Boer I.J.M., 2014. Exploring the value of routinely collected herd data for estimating dairy cattle welfare. *Journal of Dairy Science*, 97: 715-730.
- Deittert C., Müller-Lindenlauf M., Athmann M. & Köpke U., 2008. Ökobilanz und Wirtschaftlichkeit ökologisch wirtschaftender Milchviehbetriebe mit unterschiedlicher Fütterungsintensität und Produktionsstruktur. Available at <http://www.orgprint.org/>.
- Doreau M. & Ferlay A., 2015. Linseed: A valuable feedstuff for ruminants. *OCL - Oilseeds and fats*, 22: D611.
- Dorfner G. & Sprengel D., 2008. Deckungsbeitrag für die Lebensleistung. *Fleckvieh*, 1: 50-51.
- Dustmann H., 2005. Machbarkeitsstudie über die Vermarktungsmöglichkeiten für regional erzeugte Milch mit erhöhtem Omega 3 Gehalt - auf Basis von Untersuchungen in Teststudios beim Endverbraucher aus der Region München und Chiemgau. Projekt Omega 3 Herzmilch.
- Eggerschwiler L., 2017. Preisauskunft Leinsamen extrudiert. Pers. Mitteilung von L. Eggerschwiler, 04.07.2017.
- Einhell C., 2017. Vollweide vs. Eingrasen ein Verleich aus arbeitswirtschaftlicher Sicht - Schwachstellenanalyse und Optimierungsmöglichkeiten. Masterarbeit - Universität Hohenheim & Agroscope. Unveröffentlicht.
- Erdin D.G., Silvano 2011. Kraftfutterverbrauch der gemolkene Kühe. Bundesamt für Statistik (BFS), SBV Statistik.
- Ertl P., 2017. Netto-Lebensmittelproduktion der Milchviehhaltung und die Verfütterung von industriellen Nebenprodukten als potenzielle Verbesserungsstrategie. 44. Viehwirtschaftliche Fachtagung 2017, 97-100.
- Ertl P., Klocker H., Hörtenhuber S., Knaus W. & Zollitsch W., 2015. The net contribution of dairy production to human food supply: The case of Austrian dairy farms. *Agricultural Systems*, 137: 119-125.

- Fahr R.-D., von Lengerken, G., 2003. Milcherzeugung: Grundlagen - Prozesse - Qualitätssicherung. Dt. Fachverl, Frankfurt am Main.
- Ferguson D.M. & Warner R.D., 2008. Have we underestimated the impact of pre-slaughter stress on meat quality in ruminants? *Meat Science*, 80: 12-19.
- Ferlay A., Martin B., Pradel P., Coulon J.B. & Chilliard Y., 2006. Influence of Grass-Based Diets on Milk Fatty Acid Composition and Milk Lipolytic System in Tarentaise and Montbéliarde Cow Breeds. *Journal of Dairy Science*, 89: 4026-4041.
- Flachowsky G. & Brade W., 2007. Potenziale zur Reduzierung der Methan-Emissionen bei Wiederkäuern. *Züchtungskunde*, 79: 417-465.
- Flessa H., Müller D., Plassmann K., Osterburg B., Techen A.-K., Nitsch H., Nieberg H., Sanders J., Meyer zu Hartlage O., Beckmann E. & Anspach V., 2012. Studie zur Vorbereitung einer effizienten und gut abgestimmten Klimaschutzpolitik für den Agrarsektor. 361. VTI, Braunschweig,
- Flint L.K., H.; Laggner, B.; Lassen, B.; Nieberg, H.; Strohm, R., 2016. Prozess nachhaltige Milcherzeugung - Entwicklung eines Nachhaltigkeitsmoduls zur Erfassung und Bewertung von Nachhaltigkeitskriterien auf milchviehhaltenden Betrieben. Thünen Working Paper, 54.
- Flury C., Sorg L. & Gianluca G., 2014. Evaluation der Zulagen für verkäste Milch und für Fütterung ohne Silage. Schlussbericht zuhanden des Bundesamts für Landwirtschaft (BLW). Flury & Giuliani GmbH, Agrar- und regionalwirtschaftliche Beratung, Zürich.
- Fölsche C., 2012. Milchleistung als ein Faktor der Tiergesundheit und Fruchtbarkeit. Ph.D. Thesis. Freie Universität Berlin, Berlin.
- Friedrich M.S., Schiffer K.J., Retz S., Stehling C., Seuß-Baum I. & Hensel O., 2014. The Effect of On-Farm Slaughter via Gunshot and Conventional Slaughter on Sensory and Objective Measures of Beef Quality Parameters. *Journal of Food Research*, 4 (2), 27.
- Friewald R.M., 2010. Bedeutung und Entwicklungsstand der Integrierten Tierärztlichen Bestandsbetreuung (ITB) in milcherzeugenden landwirtschaftlichen Betrieben in Bayern. Dissertation, Klinische Tiermedizin der Tierärztlichen Fakultät, Ludwig-Maximilians-Universität München, München.
- Fromagerie Le Maréchal SA, 2016. Granges-prés-Marnand. URL: <http://www.le-marechal.ch>, besucht am 14.08.2017.
- Frutschi V., Altermath J. & Notz C., 2017. Reduktion des Antibiotikaeinsatzes und Erhöhung der Fütterungsautonomie in der Milchproduktion. *Agrarforschung Schweiz* 8 (11–12): 438-445.
- Gattinger A., Hörtenhuber S., Klocke P., Lindenthal T., Schader C. & Heublein C., 2011. Strategien zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen in der ökologischen Milchviehhaltung. Emissionen der Tierhaltung, Treibhausgase, Umweltbewertung, Stand der Technik, 340-344. KTBL.
- Gazzarin C., 2008. Silofreie Milchproduktion ist besser als ihr Ruf. *UFA REVUE*, 2008: 5-6.
- Gazzarin C., 2015. Wie viel günstiger ist Milch aus Bayern? *UFA-REVUE*, 11: 2-3.
- Gazzarin C., 2017. Systemvergleich Milchproduktion Hohenrain II: Optimierung von Milchproduktionssystemen mit frischem Wiesenfutter, Betriebswirtschaftliche Vergleichsrechnungen und Erfolgsfaktoren. Präsentation anlässlich der Fachtagung zum Projektabschluss vom 01.09.2017, Hohenrain.
- Gazzarin C., Brand R., Albisser G. & Wettstein N., 2011b. Milchproduktion auf Berg- und Hügelbetrieben in der Schweiz und Österreich. *ART-Bericht* 749.
- Gazzarin C., Frey H.-J., Petermann R. & Höltschi M., 2011a. Weide- oder Stallfütterung - was ist wirtschaftlicher? *Agrarforschung Schweiz*, 2: 418-423.
- Gazzarin C. & Hilty R., 2002. Stallsysteme für Milchvieh: Vergleich der Bauinvestitionen. *FAT-Bericht* 586.
- Gazzarin C., Kohler M. & Flaten O., 2014. Milchbetriebe: Warum produziert die Schweiz teurer als Norwegen? *Agrarforschung Schweiz*, 5: 248-255.
- Gazzarin C. & Schick M., 2004. Milchproduktionssysteme für die Talregion. *FAT-Bericht* 608.
- Gieseke D., Gauly M. & Lambertz C., 2014. Untersuchungen zum Zusammenhang von Leistung und Tierwohl bei Milchkühen.
- Grainger C. & Beauchemin K.A., 2011. Can enteric methane emissions from ruminants be lowered without lowering their production? *Animal Feed Science and Technology*, 166: 308-320.
- Guerci M., Knudsen M.T., Bava L., Zucali M., Schoenbach P. & Kristensen T., 2013. Parameters affecting the environmental impact of a range of dairy farming systems in Denmark, Germany and Italy. *Journal of Cleaner Production*, 54: 133-141.
- Gülzari Ş.Ö., Ahmadi B.V. & Stott A.W., 2018. Impact of subclinical mastitis on greenhouse gas emissions intensity and profitability of dairy cows in Norway. *Preventive Veterinary Medicine*, 150: 19-29.
- Haas T. & Höltschi M., 2017. Systemvergleich Milchproduktion Hohenrain II: Optimierung von Milchproduktionssystemen mit frischem Wiesenfutter, Betriebswirtschaftliche Resultate der

- Pilotbetriebe. Präsentation anlässlich der Fachtagung zum Projektabschluss vom 01.09.2017, Hohenrain.
- Häberli A., 2016. Fütterung von Silage: Kostengünstige Futtermitteln - Referatsunterlagen zum Referat an der AGFF-Waldhoftagung in Langenthal, gehalten am 13. September 2006. INFORAMA, Zollikofen.
- Hässig M., Kemper-Gisler D., Liesegang A. & Braun U., 2010. Comparison of productivity and veterinary expenses in Swiss dairy farms with and without integrated veterinary herd health service. Schweizer Archiv für Tierheilkunde, 152: 470-476.
- Havemose M.S., Weisbjerg M.R., Bredie W.L.P. & Nielsen J.H., 2004. Influence of feeding different types of roughage on the oxidative stability of milk. International Dairy Journal, 14: 563-570.
- Heil F., Ivemeyer S., Klocke P., Notz C., Maeschli A., Schneider C., Spranger J. & Walkenhorst M., 2006. pro-Q: Förderung der Qualität biologisch erzeugter Milch in der Schweiz durch Prävention und Antibiotikaminimierung Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL).
- Heiniger D., van den Borne B.H., Lechner I., Tschopp A., Strabel D., Steiner A. & Meier H., 2014. Kosten-Nutzen-Analyse einer Intervention zur Verbesserung der Eutergesundheit in Schweizer Milchviehbetrieben. Schweiz Arch Tierheilkd, 156: 473-81.
- Henke S., 2003. Einfluss von Kurzzeittransporten (<8 h) auf biochemische und physiologische Reaktionen von Rindern, sowie deren Schlachttierkörperqualität und Fleischbeschaffenheit. Dissertation Tierärztl. Hochschule Hannover.
- Hindrichsen I.K., Wettstein H.R., Machmüller A. & Kreuzer M., 2006. Methane emission, nutrient degradation and nitrogen turnover in dairy cows and their slurry at different milk production scenarios with and without concentrate supplementation. Agriculture, Ecosystems & Environment, 113: 150-161.
- Hofstetter P., Frey H., Petermann R., Gut W., Herzog L. & Kunz P., 2011. Stallhaltung versus Weidehaltung - Futter, Leistungen und Effizienz. Agrarforschung Schweiz, 2: 402-411.
- 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. The 20th International Farm Management Congress. July 12-17, Manitoba Forage & Grassland Association (MFGA), Quebec, 155-162.
- Horn M., Knaus W., Kirner L. & Steinwider A., 2013. Ökonomische Bewertung der Langlebigkeit von Milchkühen in der biologischen Landwirtschaft. Tagungsband der 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 458-461.
- Hörtenhuber S., Kirner L., Neumayr C., Quendler E., Strauss A., Drapela T. & Zolliitsch W., 2013. Integrative Bewertung von Merkmalen der ökologischen, ökonomischen und sozial-ethischen Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Produktionssysteme am Beispiel von Milchproduktionssystemen. Endbericht an das BMLFUW.
- Hospido A. & Sonesson U., 2005. The environmental impact of mastitis: a case study of dairy herds. Science of The Total Environment, 343: 71-82.
- Huber R. & Flury C., 2016. Auswirkung unterschiedlicher Einflussfaktoren auf die kalkulatorischen Vollkosten von ökologischen und landschaftspflegerischen Leistungen. Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), Bern, Modul II aus: Kosten der Erbringung ökologischer und landschaftspflegerischer Leistungen.
- Hug H., 2016. Futterbau im GMF-Zeitalter. UFA REVUE, 7-8, 48-49.
- Hülsbergen K.-J. & Rahmann G., 2013. Klimawirkungen und Nachhaltigkeit ökologischer und konventioneller Betriebssysteme - Untersuchungen in einem Netzwerk von Pilotbetrieben. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig. Thünen Report No. 8, 415 S.
- Hurtaud C., Faucon F., Couvreur S. & Peyraud J.L., 2010. Linear relationship between increasing amounts of extruded linseed in dairy cow diet and milk fatty acid composition and butter properties. J Dairy Sci, 93: 1429-43.
- Imaizumi H., Batistel F., de Souza J. & Santos F.A.P., 2015. Replacing soybean meal for wet brewer's grains or urea on the performance of lactating dairy cows. Tropical Animal Health and Production, 47: 877-882.
- Ingvartsen K.L., Dewhurst R.J. & Friggens N.C., 2003. On the relationship between lactational performance and health: is it yield or metabolic imbalance that cause production diseases in dairy cattle? A position paper. Livestock Production Science, 83: 277-308.
- IP-SUISSE, 2015. Wiesenmilch Leitfaden light, Version vom Januar 2016. URL: <http://www.ipsuisse.ch>, besucht am 14.08.2017.
- IPCC, 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4: Agriculture, forestry and other land use. IGES, Kanagawa, Japan.

- Ippolito A., Kattwinkel M., Rasmussen J. J., Schäfer R. B., Fornaroli R. & Liess M., 2015. Modeling global distribution of agricultural insecticides in surface waters. *Environmental pollution* (Barking, Essex: 1987) 198, 54–60.
- Ivemeyer S., Maeschli A., Walkenhorst M., Klocke P., Heil F., Oser S. & Notz C., 2008. Auswirkungen einer zweijährigen Bestandesbetreuung von Milchviehbeständen hinsichtlich Eutergesundheit, Antibiotikaeinsatz und Nutzungsdauer. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde*, 150: 499-505.
- Ivemeyer S., Smolders G., Brinkmann J., Gratzner E., Hansen B., Henriksen B.I.F., Huber J., Leeb C., March S., Mejdell C., Nicholas P., Roderick S., Stöger E., Vaarst M., Whistance L.K., Winckler C. & Walkenhorst M., 2012. Impact of animal health and welfare planning on medicine use, herd health and production in European organic dairy farms. *Livestock Science*, 145: 63-72.
- Ivemeyer S., Walkenhorst M., Holinger M., Maeschli A., Klocke P., Neff A.S., 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.
- Jeanneret P., Baumgartner D.U., Freiermuth Knuchel R. & Gaillard G., 2008. A new LCIA method for assessing impacts of agricultural activities on biodiversity (SALCA-Biodiversity). In: *Proceedings of the 6th International Conference on LCA in the Agri-Food Sector – Towards a sustainable management of the Food chain*, Nemecek, T. & Gaillard, G. (eds.). November 12–14, 2008, Zurich. Agroscope ART, 34-39.
- Karali E., Brunner B., Doherty R., Hersperger A.M. & Rounsevell M.D.A., 2013. The Effect of Farmer Attitudes and Objectives on the Heterogeneity of Farm Attributes and Management in Switzerland. *Hum Ecol* 915-926.
- Kirchgessner M., Windisch W. & Müller H.L., 1995. Nutritional factors for the quantification of methane production. In: *Ruminant physiology: Digestion, metabolism, growth and reproduction. Proceedings of the Eighth International Symposium on Ruminant Physiology*, Stuttgart. Ferdinand Enke Verlag.
- Klop G., Hatew B., Bannink A. & Dijkstra J., 2016. Feeding nitrate and docosahexaenoic acid affects enteric methane production and milk fatty acid composition in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 99: 1161-1172.
- Knaus W., 2009. Dairy cows trapped between performance demands and adaptability. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89: 1107-1114.
- Kupper T., Bonjour C. & Menzi H., 2015. Evolution of farm and manure management and their influence on ammonia emissions from agriculture in Switzerland between 1990 and 2010. *Atmospheric Environment*, 103: 215-221.
- Larcher M., Schönhart M. & Schmid E., 2012. Zukünftige Milchlieferverträge: Sichtweisen von MilchproduzentInnen und Milchverarbeitern. *Jahrbuch der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie*, 21: 95-104.
- Lathuilliere M.J., Miranda E.J., Bulle C., Couto E.G. & Johnson M.S., 2017. Land occupation and transformation impacts of soybean production in Southern Amazonia, Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 149: 680-689.
- Lean I.J., Westwood C.T. & Playford M.C., 2008. Livestock disease threats associated with intensification of pastoral dairy farming. *New Zealand Veterinary Journal*, 56: 261-269.
- Legrand A.L., von Keyserlingk M.A.G. & Weary D.M., 2009. Preference and usage of pasture versus free-stall housing by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 92: 3651-3658.
- Leiber F., Dorn K., Probst J.K., Isensee A., Ackermann N., Kuhn A. & Neff A.S., 2015. Concentrate reduction and sequential roughage offer to dairy cows: effects on milk protein yield, protein efficiency and milk quality. *Journal of Dairy Research*, 82: 272-278.
- 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: 7102-7122.
- Lopez H., Satter L.D. & Wiltbank M.C., 2004. Relationship between level of milk production and estrous behavior of lactating dairy cows. *Animal Reproduction Science*, 81: 209-223.
- Luhmann H., Schaper C. & Theuvsen L., 2016. Die Akzeptanz eines Nachhaltigkeitsstandards durch MilcherzeugerInnen. *Jahrbuch der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie*, 25: 45-54.
- Mack G., 2016. Betriebliche Produktions- und Opportunitätskosten. Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), Bern, Modul III aus: *Kosten der Erbringung ökologischer und landschaftspflegerischer Leistungen*.
- Mack G., Heitkämper K., Käufeler B. & Möbius S., 2017. Evaluation der Beiträge für Graslandbasierte Milch- und Fleischproduktion (GMF). Agroscope, Ettenhausen.

- Mack G., Zimmermann A. & Moriz C., 2009a. Nachhaltigkeit des Krafftuttereinsatzes in der Milchviehhaltung. *Agrarforschung Schweiz*, 16: 342-347.
- Mack G., Zimmermann A. & Moriz C., 2009b. Wie nachhaltig ist der Krafftuttereinsatz in der Milchviehhaltung? *Journal of Socio-Economics in Agriculture*, 2: 177-204.
- 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.
- Marley C.L., Weller R.F., Neale M., Main D.C.J., Roderick S. & Keatinge R., 2010. Aligning health and welfare principles and practice in organic dairy systems: a review. *Animal*, 4: 259-271.
- Martin C., Ferlay A., Mosoni P., Rochette Y., Chilliard Y. & Doreau M., 2016. Increasing linseed supply in dairy cow diets based on hay or corn silage: Effect on enteric methane emission, rumen microbial fermentation, and digestion. *Journal of Dairy Science*, 99: 3445-3456.
- Martin C., Morgavi D.P. & Doreau M., 2010. Methane mitigation in ruminants: from microbe to the farm scale. *Animal*, 4: 351-365.
- Martin C., Rouel J., Jouany J.P., Doreau M. & Chilliard Y., 2008. Methane output and diet digestibility in response to feeding dairy cows crude linseed, extruded linseed, or linseed oil. *J Anim Sci*, 86: 2642-50.
- Marton S. & Guggenberger T., 2015. Umweltanalyse am Beispiel Milch. In: Abschlussstagung des Projektes FarmLife, 2015, HBLFA Raumberg-Gumpenstein.
- Menzi H. & Ziegler R., 2015. Definition von Grundfutter. Interner Bericht zuhanden des BLW. Agroscope, Posieux, 43 S.
- Morel I., Wyss U. & Colomb M., 2006. Grünfütter- oder Silagezusammensetzung und Milchhaltsstoffe. *Agrarforschung*, 13: 228-233.
- Moss A.R., Jouany J.-P. & Newbold J., 2000. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. *Annales de Zootechnie*, 49: 231-253.
- Mostert P.F., van Middelaar C.E., Bokkers E.A.M. & de Boer I.J.M., 2018. The impact of subclinical ketosis in dairy cows on greenhouse gas emissions of milk production. *Journal of Cleaner Production*, 171: 773-782.
- Müller-Lindenlauf M., Cornelius C., Gärtner S., Reinhardt G., Rettenmaier N. & Schmidt T., 2014. Umweltbilanz von Milch und Milcherzeugnissen Status quo und Ableitung von Optimierungspotenzialen ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH.
- Nemecek T., Alig Ceesay M. & Sutter M., 2014. Ökobilanz der graslandbasierten Milchproduktion: Stärken, Schwächen und Verbesserungspotenziale. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau*, 16: 11-16.
- Nemecek T. & Braunschweig M., 2017. Ökobilanzierung der Milchproduktionssysteme mittels Methode SALCA. In: Optimierung von Milchproduktionssystemen mit frischem Wiesenfutter. Präsentation Fachtagung Projekt Hohenrain II, 1. September 2017, BBZN Hohenrain.
- Nemecek T., Huguenin-Elie O., Dubois D. & Gaillard G., 2005. Ökobilanzierung von Anbausystemen im schweizerischen Acker- und Futterbau. Agroscope FAL Reckenholz, Zürich, Schriftenreihe der FAL, 155 p.
- Nemecek T., Huguenin O., Dubois D., Gaillard G., Schaller B. & Chervet A., 2011. Life cycle assessment of Swiss farming systems: II. Extensive and intensive production. *Agricultural Systems*, 104: 233-245.
- Nguyen T.T.H., Corson M.S., Doreau M., Eugene M. & van der Werf H.M.G., 2013. Consequential LCA of switching from maize silage-based to grass-based dairy systems. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 18: 1470-1484.
- Notz C., Maeschli A., Walkenhorst M., Staehli P. & Ivemeyer S., 2013. "Feed no Food" - Auswirkungen einer krafftutterreduzierten Fütterung auf Tiergesundheit, Leistung und Fruchtbarkeit von Milchkühen. *Tierärztliche Umschau*, 68: 307-310.
- NRP 49, 2007. National Research Programme NRP 49 Antibiotic Resistance Final Report.
- O'Brien D., Shalloo L., Patton J., Buckley F., Grainger C. & Wallace M., 2012. A life cycle assessment of seasonal grass-based and confinement dairy farms. *Agricultural Systems*, 107: 33-46.
- O'Neill B.F., Deighton M.H., O'Loughlin B.M., Mulligan F.J., Boland T.M., O'Donovan M. & Lewis E., 2011. Effects of a perennial ryegrass diet or total mixed ration diet offered to spring-calving Holstein-Friesian dairy cows on methane emissions, dry matter intake, and milk production. *Journal of Dairy Science*, 94: 1941-1951.
- O'Brien D., Shalloo L., Patton J., Buckley F., Grainger C. & Wallace M., 2012. A life cycle assessment of seasonal grass-based and confinement dairy farms. *Agricultural Systems*, 107: 33-46.

- Odermatt B., Keil N. & Lips M., 2017. Veterinarian and insemination costs for dairy cows in relation to increased welfare standards on Swiss dairy farms. Agroscope. Internes Dokument.
- Oppermann R., Rahmann G., Göritz M., Demuth G. & Schumacher U., 2008. Soziologische Untersuchungen zur Implementation von Tiergesundheitsplänen im ökologischen Landbau. *Landbauforschung Völkenrode*, 58: 179-190.
- Østerås O. & Sølverød L., 2009. Norwegian mastitis control programme. *Irish Veterinary Journal*, 62: S26-S33.
- Oudshoorn F.W., Sørensen C.A.G. & de Boer I.J.M., 2011. Economic and environmental evaluation of three goal-vision based scenarios for organic dairy farming in Denmark. *Agricultural Systems*, 104: 315-325.
- Pfister S., Bayer P., Koehler A. & Hellweg S., 2011. Environmental Impacts of Water Use in Global Crop Production: Hotspots and Trade-Offs with Land Use. *Environmental Science & Technology*, 45: 5761-5768.
- Pfister S., Koehler A. & Hellweg S., 2009. Assessing the Environmental Impacts of Freshwater Consumption in LCA. *Environ. Sci. Technol.*, 43: 4098-4104.
- Pieper J., Hoedemaker M. & Krömker V., 2013. Zur Bedeutung der Trockenperiode für die Entstehung und Vorbeugung von Neuinfektionen der bovinen Milchdrüse. *Tierärztliche Praxis Großtiere*, 41: 315-324.
- Pipoz F. & Meylan M., 2016. Gesundheit und Antibiotikaverbrauch bei Aufzuchtälbern in Milchviehbetrieben: Managementfaktoren, Prävalenz und Behandlung von Kälberkrankheiten. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde*, 158: 389-396.
- Pretty P., 2008. Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 363: 447-465.
- Probst S., 2017. Effizienz und Tiergesundheit. In: Optimierung von Milchproduktionssystemen mit frischem Wiesenfutter Systemvergleich Hohenrain II. Präsentation Fachtagung Projekt Hohenrain II, 1. September 2017, BBZN Hohenrain.
- Regula G., Badertscher R., Schaeren W., Dalla Torre M. & Danuser J., 2002. The effect of animal friendly housing systems on milk quality. *Milchwissenschaft*, 57: 428-431.
- Regula G., Danuser J., Spycher B. & Wechsler B., 2004. Health and welfare of dairy cows in different husbandry systems in Switzerland. *Preventive Veterinary Medicine*, 66: 247-264.
- Reidy B. & Ineichen S., 2015. Rotationszusammensetzung und Futterautonomie von Schweizer Milchproduktionsbetrieben. 59. Jahrestagung der AGGF, Tagungsband 35-39.
- Roesch A., Gaillard G., Isenring J., Jurt C., Keil N., Nemecek T., Rufener C., Schüpbach B., Umstätter C., Waldvogel T., Walter T. & Zorn A., 2016. Umfassende Beurteilung der Nachhaltigkeit von Landwirtschaftsbetrieben. Agroscope, Institute for Sustainability Sciences, Zürich, Agroscope Science 33.
- Römer A., 2011. Untersuchungen zur Nutzungsdauer bei Deutschen Holstein Kühen. *Züchtungskunde*, 83: 8-20.
- Rook A.J., Dumont B., Isselstein J., Osoro K., WallisDeVries M.F., Parente G. & Mills J., Matching type of livestock to desired biodiversity outcomes in pastures – a review. *Biological conservation* 119 (2): 137-150.
- Roth B.A., Huillmann E. & Keil N., 2011. Kälberaufzucht optimieren Management rund um die Geburt, Tierbeobachtung und Fütterung sind wichtige Bausteine. ART-Bericht 742.
- Rüssli H., 2017a. Pferdeheue ergänzt die Liste. *Bauernzeitung*. Schweizer Agrarmedien AG, Bern. URL: <http://www.bauernzeitung.ch>, besucht am 23.06.2017.
- Rüssli H., 2017b. Preisauskunft Importheu, persönlicher e-Mail Kontakt vom 24.07.2014. Schweizer Bauernverband (SBV), Brugg.
- SBV, 2011. Stärkung der Versorgung mit Schweizer Kraftfutter. Bericht der Arbeitsgruppe Futtermittel. Schweizerischer Bauernverband, 21 p., Available at https://www.sbv-usp.ch/fileadmin/user_upload/bauernverband/Taetigkeit/Dossiers/Futtermittel/Bericht_AG_Futtermittel_publiziert_d.pdf.
- Schader C., Jud K., Meier M.S., 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.
- Schaeren W., 2014. Mögliche Ansatzpunkte und Massnahmen, die zu einer Reduktion des Einsatzes von Antibiotika in der Milchproduktion beitragen könnten. *Agroscope Science*, 10.
- Schaeren W., Maurer J. & Luginbühl W., 2005. Kaum Unterschied zwischen Silo- und silofreier Milch. *AGRARForschung*, 12: 34-39.

- Scherpenzeel C.G.M., Den Uijl I.E.M., Van Schaik G., Olde Riekerink R.G.M., Keurentjes J.M. & Lam T.J.G.M., 2014. Evaluation of the use of dry cow antibiotics in low somatic cell count cows. *Journal of Dairy Science*, 97: 3606-3614.
- Schick M., Heitkämper K. & Riegel M., Work economics and ergonomics in dairy farming. Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART. Research Group Buildings, Animals and Work, Ettenhausen.
- Schick M. & Stark R., 2002. Arbeitswirtschaftliche Kennzahlen zur Raufutterernte. FAT-Bericht 588.
- Schipper L.A., Parfitt R.L., Fraser S., Littler R.A., Baisden W.T. & Ross C., 2014. Soil order and grazing management effects on changes in soil C and N in New Zealand pastures. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 184: 67-75.
- Schmid D. & Lips M., 2013. Erhöhung des Grasanteils in der Milchviehfütterung: Auswirkungen auf Milchleistung und Einkommen (Posterzusammenfassung). Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V. (GEWISOLA).
- Schoch H., 2017. Persönlicher e-Mail Kontakt vom 10.07.2017. Agridea, Lindau.
- Schori F., 2017. Milchkühe gefüttert mit 0 oder 750 kg Krafffutter. In: ETH-Schriftenreihe zur Tierernährung M. Kreuzer, T. Lanzini, A. Liesegang, R. Bruckmaier, H.D. Hess, S.E. Ulbrich, 40, 129-130.
- Schori F., Heublein C., Südekum K.-H. & Dohme-Meier F., 2014. Die Auswirkungen von Krafffutter bei weidenden schweizerischen und neuseeländischen Holsteinkühen auf die Milchleistung, Futteraufnahme, Aktivität und das Verzehrverhalten In: Internationale Weidetagung: Grasland- und weidebasierte Milchproduktion, Zollikofen.
- Schorr A. & Lips M., 2017. Kapitel 3, Bestimmungsgrößen für den Arbeitsverdienst pro Familienarbeitseinheit für Verkehrsmilchbetriebe in der Tal-, Hügel- und Bergregion, p.32-50. In: Lips, M., (Ed.). 2017. Wirtschaftliche Heterogenität auf Stufe Betrieb und Betriebszweig. *Agroscope Science* Nr. 53, Ettenhausen.
- Schrade S., Keck M., Zeyer K. & Emmenegger L., 2011. Ammoniak-Emissionen von Milchviehlaufställen mit Laufhof: Im Winter weniger Verluste. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Zürich, ART-Bericht 745.
- Schüpbach B., Junge X., Briegel R., Lindemann-Matthies P. & Walter T., 2009. Ästhetische Bewertung landwirtschaftlicher Kulturen durch die Bevölkerung. Schriftenreihe Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART in Zusammenarbeit mit dem Institut für Umweltwissenschaften der Universität Zürich, ART-Schriftenreihe 10.
- Schwarm A., 2017. Senkung der Methanemissionen von Wiederkäuern über die Ernährung. In: Frühjahrstagung 2017, Zurich, Switzerland, May 18, 2017 ETH Zürich.
- Schweizer Bauer, 2017. Gesextes Sperma ist gefragt. Bern. URL: <https://www.schweizerbauer.ch/tiere/milchvieh/gesextes-sperma--ist-gefragt-29033.html>, besucht am 21.09.2017.
- Schwyz Milchhuus AG, 2006. Schwyz. URL: <http://www.milchhuus.ch/kaeserei/qualitaetsversprechen/>, besucht am 14.08.2017.
- Sinclair L.A., Blake C.W., Griffin P. & Jones G.H., 2012. The partial replacement of soyabean meal and rapeseed meal with feed grade urea or a slow-release urea and its effect on the performance, metabolism and digestibility in dairy cows. *Animal*, 6: 1-8.
- Soja Netzwerk Schweiz, 2017a. Auf verantwortungsbewusste Soja umgestellt. Soja Netzwerk Schweiz, Basel, Medienmitteilung vom 31.03.2017. Available at <https://www.sojanetzwerk.ch/>.
- Soja Netzwerk Schweiz, 2017b. Telefonische Auskunft vom 07.12.2017. Soja Netzwerk Schweiz, Basel.
- Soussana J.F., Tallec T. & Blanfort V., 2010. Mitigating the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands. *Animal*, 4: 334-350.
- Spörri M., Janker J., Zorn A. & Lips M., 2016. Differenzierung bei der Produktqualität landwirtschaftlicher Rohstoffe - eine Beispielsammlung. *Agroscope Science*, 38: 6-53.
- Spycher B., Regula G., Wechsler B. & Danuser J., 2002. Gesundheit und Wohlergehen von Milchkühen in verschiedenen Haltungssystemen. *Schweiz. Arch. Tierheilk.*, 144: 519-530.
- Steffen N., Schlecht S., Hellberg-Bahr A. & Spiller A., 2011. Vertragssysteme in der deutschen Milchwirtschaft nach dem Ende der Milchquote. *Jahrbuch der Österreichischen Gesellschaft für Agrarökonomie*, 20: 77-86.
- Steinwider A., Hofstetter P., H. F. & Gazzarin C., 2016. Lebensmittel-Konversionseffizienz von stall- und weidebasierten Milchproduktionssystemen. *Agrarforschung Schweiz* 7: 448-455.
- Stoll W., 2002. Raps- und Leinsamen in der Milchviehfütterung. *Agrarforschung Schweiz*, 9 (11-12): 518-520.

- Stoll W., Sollenberger, H., Collomb, M. & Schaeren, W. 2003. Raps- und Leinsamen sowie Sonnenblumenkerne in der Milchviehfütterung. *Agrarforschung Schweiz*, 10 (9): 354-359.
- Stopp A., Schüler I., Krutzinna C. & Heß J., 2012. Alternativen zu importierter Soja in der Milchviehfütterung. WWF Deutschland, 340 S.
- Swissmilk, 2016. Gras, Heu & Kraffutter. Accessed 12.07.2017. Available at <http://milchumwelt.swissmilk.ch/issue/futterproduktion/>.
- Terlouw E.M.C., Arnould C., Auperin B., Berri C., Le Bihan-Duval E., Deiss V., Lefèvre F., Lensink B.J. & Mounier L., 2008. Pre-slaughter conditions, animal stress and welfare: current status and possible future research. *Animal*, 2: 1501-1517.
- The Crop Site, 2015. Growing more food with less water. Zugang: <http://www.thecropsite.com/focus/5m/50/growing-more-food-with-less-water-improving-water-usage-in-agriculture> [7.10.2015].
- Thomet P.B., M.S., 2007. Kuhtyp für die graslandbasierte Milchproduktion *AGRARForschung*, 14: 412-417.
- TradiLin, 2016. Wangen. URL: <http://www.tradilin.ch>, besucht am 14.08.2017.
- TradiLin, 2017. Preisauskunft Leinsamen, E-Mail Kontakt vom 31.08.2017, Wangen.
- Tremetsberger L., 2016. Animal health and welfare planning in dairy cattle - Effects on animals and farm efficiency. Ph.D. Thesis. University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna. 82 p.
- Tremetsberger L., Leeb C. & Winckler C., 2015. Animal health and welfare planning improves udder health and cleanliness but not leg health in Austrian dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 98: 6801-6811.
- Tremetsberger L. & Winckler C., 2015. Effectiveness of animal health and welfare planning in dairy herds: A review. *Animal Welfare* 24 (1), 55-67.
- Vaarst M., Gratzer E., Walkenhorst M., Ivemeyer S., Brinkmann J., March S., Whistance L., Smolders G., Stöger E., Huber J., Leeb C., Roderick S., Winckler C., Henriksen B., Nicholas P., Hansen B. & Mejdell C., 2010. Farmer groups for animal health and welfare planning in European organic dairy herds. In: 9th European IFSA Symposium, Wien.
- Vaarst M., Nissen T.B., Østergaard S., Klaas I.C., Bennedsgaard T.W. & Christensen J., 2007. Danish stable schools for experiential common learning in groups of organic dairy farmers. *Journal of Dairy Science*, 90: 2543-2554.
- van der Werf H.M.G., Kanyarushoki C. & Corson M.S., 2009. An operational method for the evaluation of resource use and environmental impacts of dairy farms by life cycle assessment. *Journal of Environmental Management*, 90: 3643-3652.
- Vanegas J., Overton M., Berry S.L. & Sisco W.M., 2006. Effect of Rubber Flooring on Claw Health in Lactating Dairy Cows Housed in Free-Stall Barns. *Journal of Dairy Science*, 89: 4251-4258.
- van Middelaar C.E., Berentsen P.B.M., Dijkstra J. & de Boer I.J.M., 2014. Integrated modeling of feeding and breeding strategies to reduce greenhouse gas emissions along the production chain of milk. In: *Proceedings of the Life Cycle Assessment Food Conference (LCA Food 2014)*. 1445-1454.
- Varian H.R. & Buchegger R., 2004. *Grundzüge der Mikroökonomik*. 6. Oldenbourg München, Wien
- Vetsuisse-Fakultät & GST, 2016. Therapieleitfaden für Tierärztinnen und Tierärzte Erarbeitung durch die Vetsuisse-Fakultät in Zusammenarbeit mit der Gesellschaft Schweizer Tierärztinnen und Tierärzte (GST) unter Koordination des Bundesamtes für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV).
- von Keyserlingk M.A.G., Rushen J., de Passille A.M. & Weary D.M., 2009. Invited review: The welfare of dairy cattle—Key concepts and the role of science. *Journal of Dairy Science*, 92: 4101-4111.
- Wall E., Simm G. & Moran D., 2010. Developing breeding schemes to assist mitigation of greenhouse gas emissions. *Animal*, 4: 366-376.
- Wang S., Kreuzer M., Braun U. & Schwarm A., 2017. Effect of unconventional oilseeds (safflower, poppy, hemp, camelina) on in vitro ruminal methane production and fermentation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97: 3864-3870.
- Webb J., Balsdon S. & Chadwick D., 2003. Investigation of how ammonia emissions from buildings housing cattle vary with the time cattle spend inside those buildings. In: *Proceedings of the sixth Conference of Construction, Engineering and Environment in Livestock Farming*, Vecha.
- Weller R.F. & Bowling P.J., 1999. Animal health and welfare. Organic milk production: post-conversion phase. MAFF Final Report. Part 1: Scientific Report, 75–90.
- Winckler I., Cutullic E. & Aeby P., 2012. Effizienz der Futterbauflächen für die Milchproduktion im Kanton Freiburg. *Agrarforschung Schweiz*, 3: 74-81.
- Wittmer I., Moschet C., Simovic J., Singer H., Stamm C., Hollender J., Junghans M. & Leu C., 2014. Über 100 Pestizide in Fliessgewässern. *Aqua & Gas* 3, 32–43.
- World Energy Council, 2013. *World Energy Resources – 2013 Survey*. London, 468 S.

- Wyss U., 2007. Omega-3 und CLA - Der besondere Wert graslandbasierter Milch. Medienmitteilung - Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux (ALP).
- Wyss U., Mauer J., Frey H. & Hofstetter P., 2014. Fettsäurenmuster der Milch bei Vollweide oder TMR-Fütterung. In: Internationale Weidetagung, vom 21.-22. August 2014, Zollikofen, Schweiz. Reidy, B., Gregis, B., Thomet, P. (eds.). Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau Band 16, 49-52.
- 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 9: 412-417.
- Wyss U.C., M., 2005. Sonnenblumenkerne und Grünfütterung: Milchfettzusammensetzung. AGRARForschung, 12: 208-513.
- Zähler M., Keck M. & Hilty R., 2005. Ammoniak-Emissionen von Rindviehställen - Minderung beim Bau und Management. Agroscope FAT Tänikon, FAT-Bericht 641.
- ZDL, 2012. Merkblatt für den Einsatz von Futtermittel-Zusatzstoffen im landwirtschaftlichen Betrieb: Teil 2 Harnstoff und seine Derivate. Zentrallausschuss der deutschen Landwirtschaft (ZDL), 3 S.
- Zehetmeier M., Walter Zickgraf W., Effenberger M. & Zerhusen B., 2017. Treibhausgas-Emissionen in bayerischen landwirtschaftlichen Betrieben Verknüpfung von erhobenen Betriebsdaten, Modellen und Geodaten als Grundlage für die Bewertung von Treibhausgas- Vermeidungsoptionen. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur, Schriftenreihe.
- Zimmermann A., 2006. Kosten und Umweltwirkungen der Milchvieh- Fütterung: Beurteilung verschiedener Futtermittel und Fütterungsvarianten mittels Vollkostenrechnung und Ökobilanzierung. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, ART-Bericht 622.