

# Umweltwirkungen extensiver Produktionsverfahren im Dauergrünland mit und ohne Almnutzung (Von Dr. Thomas Guggenberger)

## 1. Zusammenfassung

In Begleitung zur Forschungsfrage des Projektes 101586 wurde für drei extensive Produktionsverfahren mit Wiederkäuern ein Datenmodell erstellt und im Rahmen einer Ökobilanzierung jeweils mit und ohne Almanteil bewertet. Bestehende Ergebnisse aus der biologischen Milchproduktion ergänzen den Datenbestand. Die Forschungsfrage nach der Nachhaltigkeit von Fleisch aus den extensiven Produktionsverfahren wurden so beantwortet:

- Grundsätzlich entscheidet das Produktionsverfahren die Ausgangslage der Bewertung. In ansteigender Reihenfolge entstehen bei den untersuchten Produktionsverfahren pro ha immer mehr an Umweltwirkungen: Schafhaltung < Mutterkuhhaltung < Ochsenmast/biologische Milchviehhaltung. Aus der Sicht der Umweltwirkungen pro Nahrungseinheit (verdauliche Nahrungsenergie VE bzw. Nahrungsprotein XP) entsteht folgende Reihenfolge: Biologische Milchviehhaltung < Mutterkuhhaltung < Ochsenmast < Schafhaltung. Entscheidende Einflussfaktoren sind bei Milchviehhaltung die höhere Effizienz der Milchproduktion gegenüber der Fleischproduktion, bei der Ochsenmast die hohe Wertigkeit der zugekauften Tiere und bei der Schafhaltung die geringe Ausschachtung der Tiere.
- Der Almanteil wirkt maßgeblich und positiv auf das Endergebnis der Produktionsverfahren. Die Almperiode selber ist weitgehend unbelastet von direkten und indirekten Emissionen. Selbst die Treibhausgasbelastung kann unter der Prämisse der Netto-Null-Ziele als neutral betrachtet werden. Die Erträge der Almwirtschaft gehören zu den nachhaltigsten Produkten, die die Landwirtschaft hervorbringen kann. Ihre hohe Wertigkeit wird durch den Beitrag zur Artenvielfalt und dem Wohl der Tiere noch gesteigert.
- Ein Quervergleich der Umweltwirkungen mit anderer Nutzungsvarianten der Grünlandbewirtschaftung oder der Nutztierhaltung ist möglich. Ein Vergleich mit der Bereitstellung von pflanzenbaulichen Produkten ist nur dann sinnvoll, wenn diese auch vor Ort angebaut werden können. Auf der Alm ist keine derartige Alternative bekannt. Wenn überhaupt, ist ein Quervergleich nur über die Flächenbelastung zulässig.

## 2. Einleitung

Auf der Stufe fünf von sieben möglichen Stufen rät die österreichische Ernährungspyramide (AGES 2022) neben mehrerer Portionen Fisch zu einem mäßigen Fleischkonsum mit fettarmen Fleisch. Fisch wird wegen seiner günstigen Fettsäuren (BUNDESAMT FÜR GESUNDHEIT 2011, AGES 2022) empfohlen. Für Fleisch aus der Almhaltung wird dieser Vorzug im vorliegenden Abschlussbericht ebenso besprochen. Während der nationale Versorgungsgrad für Fisch bei nur 6,3 % liegt, bietet die heimische Landwirtschaft bei Rindfleisch einen Versorgungsgrad von 145 % an (BMLRT 2020). Der hohe Versorgungsgrad bei Rindfleisch ist nicht Ausdruck einer fehlgeleiteten Produktion, sondern die logische Folge der pflanzenbaulichen Grundlagen in der heimischen Landwirtschaft. Permanentes Grünland im Dauersiedlungsraum, große Almen und ein spezifischerer Anteil an Feldfutterbau in den Fruchtfolgen des Ackerbaues sowie der Anbau von Silomais führen dazu, dass bis zu 70 % der Fläche ausschließlich mit Wiederkäuern genutzt werden kann (GUGGENBERGER et al. 2022). Ihre Kernkompetenz, die mikrobielle und biochemische Zerlegung der Faser-Kohlenhydrate im Wiesenfutter, ist eine der zentralen Grundlagen für die weltweite Besiedelung von Grünlandgebieten durch den Menschen (SCHIEBLER und SCHLUMBAUM 2006). Die dabei entstehenden Hauptprodukte, die Milch der Muttertiere und das Fleisch der Alttiere bzw. der nicht zur Reproduktion benötigten Anteile in der Herde, liefern den Menschen was sie zur Ernährung benötigen. Das ist bei der Milch eine anteilige Versorgung mit Energie durch das Butterfett und ein Versorgungsbeitrag mit wertvollem Protein durch das Milcheiweiß. Beim Fleisch der Wiederkäuer steht eindeutig die Proteinversorgung im Vordergrund. Fette fallen nur bei einer Endmast mit energiereichem Futter an. Dieses muss in Grünlandgebiete importiert werden, weshalb in aller Regel eine Endmast nur so weit vorangetrieben wird, bis der Schlachtkörper den Qualitätswünschen der Kunden entspricht. Der hohe Anteil an hochverdaulichen, unverzichtbaren Aminosäuren, ausgedrückt im DIAAS (ERTL et al. 2016) macht das Fleisch der Wiederkäuer bei Einhaltung der empfohlenen Mengen vor allem aber zu einer unverzichtbaren Nährstoffquelle für eine gesunde Proteinversorgung außerhalb der Ackerbaugelände.

## 3. Fragestellung

Obwohl der Beitrag von Wiederkäuern ganz offensichtlich eine wesentliche Säule der Ernährungssicherheit in Österreich ist, wird ihre Produktionsleistung im Zusammenhang mit der Klimaerwärmung und anderen Nutzungskonflikten in der medialen Öffentlichkeit immer kritischer gesehen. „Kein Fleisch essen!“ ist in den meisten Berichten der Gegenwart die Regel Nummer zwei, um einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Dieser Bericht prüft, ob diese Aufforderung für extensiven Haltungsformen von Wiederkäuern gültig ist. Dafür werden die Methoden der Ökobilanzierung verwendet. Ein Vergleich mit der intensiven Nutztierhaltung oder der Erzeugung pflanzlicher Nahrung wurde nicht angestrebt, weil diese Betriebsformen an den definierten Standorten im Berggebiet nicht umgesetzt werden können.

## 4. Methoden

Mit den Methoden der Lebenszyklusanalyse (LCA) (KLÖPFER und GRAHL 2007) wird in diesem Beitrag die Umweltbeziehung der Wiederkäuerhaltung in ihren extensiven Ausprägungsformen geprüft. Ausgerichtet an grundlegende ISO-Normen (ISO 1996, ISO 1998, ISO 2000a, ISO 2000b, ISO 2006) hat die Forschungsgruppe Ökoeffizienz der HBLFA Raumberg-Gumpenstein im Projekt FarmLife zwischen 2012 und 2016 mit dem Projektpartner Agroscope, Reckenholz das schweizerische Werkzeug SALCA (BOCKSTALLER et al. 2006, NEMECEK et al. 2010) an die österreichischen Bedingungen angepasst (HERNDL et al. 2016). Aus dem Projekt ist das Betriebsmanagement-Tool FarmLife hervorgegangen, das sich auf die einzelbetriebliche Ökobilanzierung landwirtschaftlicher Betriebe spezialisiert hat. Dieses Werkzeug steht einzelnen Betrieben kostenlos zur Verfügung. Für Forschungszwecke organisiert die HBLFA mit verschiedenen Partnern in Österreich thematische Netzwerke landwirtschaftlicher Betriebe. Deren Datenerfassung wird nach den beschriebenen Standards unter Ergänzung landwirtschaftlicher Fachmodelle so aufbereitet, dass damit eine Ökobilanz mit der Software Simapro (PRÉ CONSULTANTS 2011) gerechnet werden kann. Dieser Prozess wurde bereits für die Milchviehhaltung, wie sie in der biologischen Landwirtschaft in Österreich praktiziert wird, in einem Projekt umgesetzt und veröffentlicht (GUGGENBERGER und HERNDL 2017a, GUGGENBERGER et al. 2019). Die Ergebnisse aus der biologischen Milchviehhaltung werden als Basisreferenz verwendet, weil sie die intensivste Form der Wiederkäuerhaltung in der extensiven Landwirtschaft darstellt. Alle anderen in Tabelle 1 dargestellten extensiven Betriebsformen zur Fleischproduktion wurden in einer Simulation mit FarmLife berechnet. Für jede Variante wurde ein gesamtheitliches Betriebsmodell definiert, das einem landwirtschaftlichen Betrieb entsprechen könnte. Alle Eckdaten des Modells wurden in FarmLife eingegeben, um die beschriebenen Berechnungen durchzuführen. Die Ergebnisse wurden gemäß vorgesehener DIN-Normen interpretiert.

### 4.1. Untersuchte Varianten und Definition der Modelle

Für die Bewertung von Umweltwirkungen wurden insgesamt sieben verschiedene Varianten erstellt. Sechs Varianten beschreiben die extensiven Wiederkäuerhaltung (Tabelle 1). Aus der Codierung geht das Produktionsverfahren (S=Schafhaltung, M=Mutterkuhhaltung, O=Ochsenmast) und der Bezug zur Alpung (MA = mit Alpung, OA = ohne Alpung) hervor.

Tabelle 1: Untersuchte extensive Produktionsformen

| Produktionsverfahren              | mit Alpung | ohne Alpung |
|-----------------------------------|------------|-------------|
| Schafhaltung und Lämmerproduktion | SMA        | SOA         |
| Mutterkuhhaltung und Jungrinder   | MMA        | MOA         |
| Ochsenmast                        | OMA        | OOA         |

Milchviehhaltung, biologische Landwirtschaft, ohne spezieller Referenz zur Alpung, MIL. (GUGGENBERGER et al. 2019)

Für die Varianten SMA, SOA, MMA, MOA, OMA, OOA gilt gemeinsam folgende grundlegende Definition von Produktinventaren:

- Biologische Landwirtschaft
- Betriebsflächen: 10 ha Betriebsfläche in der Tallage auf 750 Meter Seehöhe. Ertragserwartung von 6.000 kg Trockenmasse (T) pro ha bei 1.000 mm Niederschlag und einer Jahresmitteltemperatur von 7,2°C. Zusätzliche Deckung des Futterbedarfes für die Varianten MA durch eine eigene Almfläche. In den Varianten MMA und OMA Bereitstellung einer ertragreichen Reinweidefläche mit einem Angebot von 3.000 kg T/ha im Ausmaß von 7 ha, für die Variante SMA eine intensivere Form mit einer Größe von 10 ha.
- Flächennutzung: Dreimähdige Heunutzung. In allen Varianten eine vorbereitende Weidephase von Mitte April bis Mitte Mai. Bei den Varianten MA eine Almweide von 15. Mai bis 15. September. Bei den Varianten OA eine vergleichbare Weidenutzung am Heimbetrieb. Bei allen Varianten eine Herbstweide bis Mitte Oktober.
- Maschinenausstattung: Vollständige, leichte Eigenmechanisierung für die Heuwerbung und das Ausbringen von Mist im Frühjahr und Herbst. Dieserverbrauch MA bei 100 kg Diesel pro ha, bei OA 80 kg Diesel. Strombedarf bei 300 kWh pro GVE.
- Gebäudeausstattung: Tiefstreustall in einer an die Herdengröße angepassten Form mit einer mittleren Menge an Stroh als Einstreu. Eine Garage für den Traktor und ein Gebäude für andere Maschinen. Ein Raufutterlager in einer an die Ernte angepassten Größe zur Lagerung von Heu und Stroh.
- Tierbestand: Der Tierbestand wurde so konfiguriert, dass auf allen Varianten MA in Summe ein Bestand mit einem Lebendgewicht von 11.000 kg und auf allen Varianten OA in Summe ein Bestand mit einem Lebendgewicht von 7.600 kg vorhanden ist (Tabelle 2).
- Dünger: Ausschließlich betriebseigenen Dünger aus der Ausbringung des Mists aus dem Tiefstreustall. Feldfallende Dünger der Beweidung. Keine zusätzliche Düngung auf der Alm.
- Zukauf von Futtergetreide: Zum Ausgleich des Eiweißüberhangs im Wiesenfutter erhalten die Varianten SMA, SOA, MMA, MOA eine geringe Ergänzung von 0,5 kg Getreide pro kg Lebendgewicht. In den Varianten OMA, OOA beträgt diese Menge 0,7 kg Gerste pro kg Lebendgewicht. Nur marginale Fütterung von Futtergetreide auf der Alm. Keine Verschiebung von Grundfutter des Heimbetriebes auf die Alm.
- Zukauf von Stroh als Einstreu: Für eine artgerechte Haltung der Tiere wird in allen Varianten eine Menge von 1,5 kg Stroh pro kg Lebendgewicht bereitgestellt.
- Sonstige Betriebsmittel: Es werden keine sonstigen Betriebsmittel verwendet.

Tabelle 2: Tierbestand

| Produktionsverfahren              | mit Alpung               | ohne Alpung             |
|-----------------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Schafhaltung und Lämmerproduktion | 111 Mutterschafe*        | 75 Mutterschafe*        |
| Mutterkuhhaltung und Jungrinder   | 12 Mutterkühe*           | 8 Mutterkühe*           |
| Ochsenmast                        | 11 Rinder 1/2 bis 1 Jahr | 7 Rinder 1/2 bis 1 Jahr |
|                                   | 11 Rinder 1 bis 2 Jahre  | 7 Rinder 1 bis 2 Jahre  |
|                                   | 8 Ochsen über 2 Jahre    | 6 Ochsen über 2 Jahre   |

\* mit ihren Lämmern bzw. Jungrindern

## 4.2. Untersuchungsrahmen und funktionelle Einheit

Für den Untersuchungsrahmen wurde als Systemgrenze die Produktion von Fleisch an der Hoftorschwelle definiert. Weiterführende Produkte/Leistungen (z.B. die Wolle beim Schaf) wurden ausgeschlossen. Als funktionelle Einheit werden:

- die Betriebsfläche (ha) definiert. Die Betriebsfläche ist Ausdruck des gesetzlichen Auftrags zur Landbewirtschaftung in Österreich.
- die Bereitstellung von für den Menschen verdaulicher Nahrungsenergie (MJ VE) definiert. Die Nahrungsenergie entspricht dem Auftrag zur Sicherung der Ernährung für die Bevölkerung in Österreich. Im speziellen Fall wird noch einmal angeführt, dass die Hauptprodukte dieser Untersuchung, das ist die Milch aus der Milchkuhhaltung und das Fleisch aus der extensiven Haltung von Wiederkäuern zwar gut mit Energie ausgestattet sind, mit den Energiedichten, die für Fettgewebe oder für Stärke aus pflanzlichen Produkten bekannt sind, hat das an sich magere Muskelfleisch von Wiederkäuern wenig gemein. Wir setzen in dieser Arbeit einen mittleren Wert von 6,5 MJ VE pro kg Schlachtkörpergewicht ein und verweisen darauf, dass dieser Wert bereits einer sehr guten Verwertung des Schlachtkörpers voraussetzt. Für Milch wird ein Wert von 2,8 MJ VE pro kg Milch verwendet. Dieser berücksichtigt bereits anteilig den Schlachtkörperanteil der Altkuh.
- die Bereitstellung von für den Menschen nutzbarem Protein (g XP) definiert. Die Bereitstellung von Nahrungsprotein ist die zentrale Leistung der Fleischproduktion. Nahrungsprotein aus extensiven Wiederkäuern hat wegen seinem Anteil an nicht ersetzbaren, essentiellen Aminosäuren einen hohen Wert für die gesunde Ernährung von Menschen. Ebenso wie beim Energiegehalt hängt der nutzbare Anteil an Eiweiß von der Verwertung des Schlachtkörpers ab. Bei einer mittleren Verwertung gehen wir von einem Anteil von 15 % am Schlachtkörpergewicht aus.

## 4.3. Parameter der Umweltbewertung

Folgende Parameter wurden bei der Ökobilanzierung bewertet:

- Einsatz von nicht erneuerbarer Energie aus fossilen oder nuklearen Quellen in MJ: Stellvertretende für die gesamte Infrastruktur, den Treibstoff und Strombedarf auf dem Betrieb und in den Vorleistungsketten.
- Treibhauspotenzial GWP 100 Jahren in CO<sub>2</sub>e: Stellvertretende für die Verbrennung von fossiler Energie auf dem Betrieb und in den Vorleistungsketten. Stellvertretende für die biologischen Prozesse bei der Lachgasbildung im Boden und der enterischen Fermentation der Wiederkäuer im Pansen und in den Wirtschaftsdüngern.
- Stickstoffeintrag in das Wasser in kg N: Stellvertretende für die durch den Futterzukauf veränderten Nährstoffkreisläufe und der Umsetzung des Wirtschaftsdüngermanagements.
- Phosphoreintrag in das Wasser als kg P: Stellvertretende für die potenziellen Bodenverluste durch Erosion. P-Düngung spielt in den gewählten Modellen keine Rolle.
- Wirkung von Schwermetallen auf den Boden in kg 1,4-DBe: Toxizität, die durch die Infrastruktur ausgelöst wird. Mineraldüngung und Pestizideinsatz spielen auf den Biobetrieben keine Rolle.

## 5. Ergebnisse

Unter den angenommenen Bedingungen haben die Produktionsverfahren die in Tabelle 3 dargestellten Produktionsergebnisse erreicht. Die mögliche Ausschachtung in % ist für MA/OA gleich. Zwischen MA und OA bestimmt die Linearität der Herdengröße aus Tabelle 2 das Endergebnis. Unterschiede sind in der Praxis wohl möglich, es konnte jedoch kein gesicherter Einfluss aus der Literatur übernommen werden.

Tabelle 3: Ausschachtungsanteil und Gesamtgewicht der Schlachtkörper in den Produktionsverfahren

| Produktionsverfahren              | Ausschlachtung % | Gesamtgewicht der Schlachtkörper kg |             |
|-----------------------------------|------------------|-------------------------------------|-------------|
|                                   |                  | mit Alpung                          | ohne Alpung |
| Schafhaltung und Lämmerproduktion | 44               | 2.563                               | 1.872       |
| Mutterkuhhaltung und Jungrinder   | 55               | 3.746                               | 2.698       |
| Ochsenmast                        | 57               | 5.558                               | 3.705       |

Für die fünf ausgewählten Umweltwirkungen ergibt sich für die einzelnen Produktionsverfahren das in Abbildung 1 fein aufgelöste Gesamtbild. Für jede Umweltwirkung zeigt die linke Grafik das Ergebnis für die funktionelle Einheit der Landwirtschaft. In allen Fällen fallen bei einer Alpung geringere Umweltwirkungen pro ha an. Diese liegt daran, dass die am Heimbetrieb notwendige Grundlast für die Beschaffung und den Einsatz der Infrastruktur auf eine größere Fläche verteilt werden kann. Die Varianten OMA bzw. OOA erreichen bei den extensiven Fleischproduktionsvarianten die höchste Belastung. Diese ist in der Nähe der Milchproduktion angesiedelt. Die Grafiken in der Mitte und rechts zeigen die Umweltwirkungen der Nahrungsbereitstellungen. Die Verhältnisse, die sich durch den konstanten Energie- und Proteingehalt beim Fleisch ergeben, sind immer gleich. Bei der Säule der Milchproduktion gibt es kleinere Schwankungen. Innerhalb des Wertefensters der extensiven Fleischproduktionsvarianten gibt es leichte Vorteile zu Gunsten von MMA. Die Ergebnisse der Schafhaltung sind meistens etwas höher als die der Ochsenmast. Bei der Schafhaltung wird der Vorteil in der schonenden Flächenbewirtschaftung durch die geringe Ausschachtung wieder zurückgesetzt. Umgekehrt reduziert die höhere Produktivität der Ochsenmast die Umweltwirkungen aus dem Flächenbezug. Der Tierzukauf kann wegen der höheren Produktivität noch recht vernünftig im Fußabdruck der Nahrung untergebracht werden. Immer aber hat die Milchproduktion einen Vorteil in der Nahrungsbereitstellung und erzeugt den kleinsten Fußabdruck.

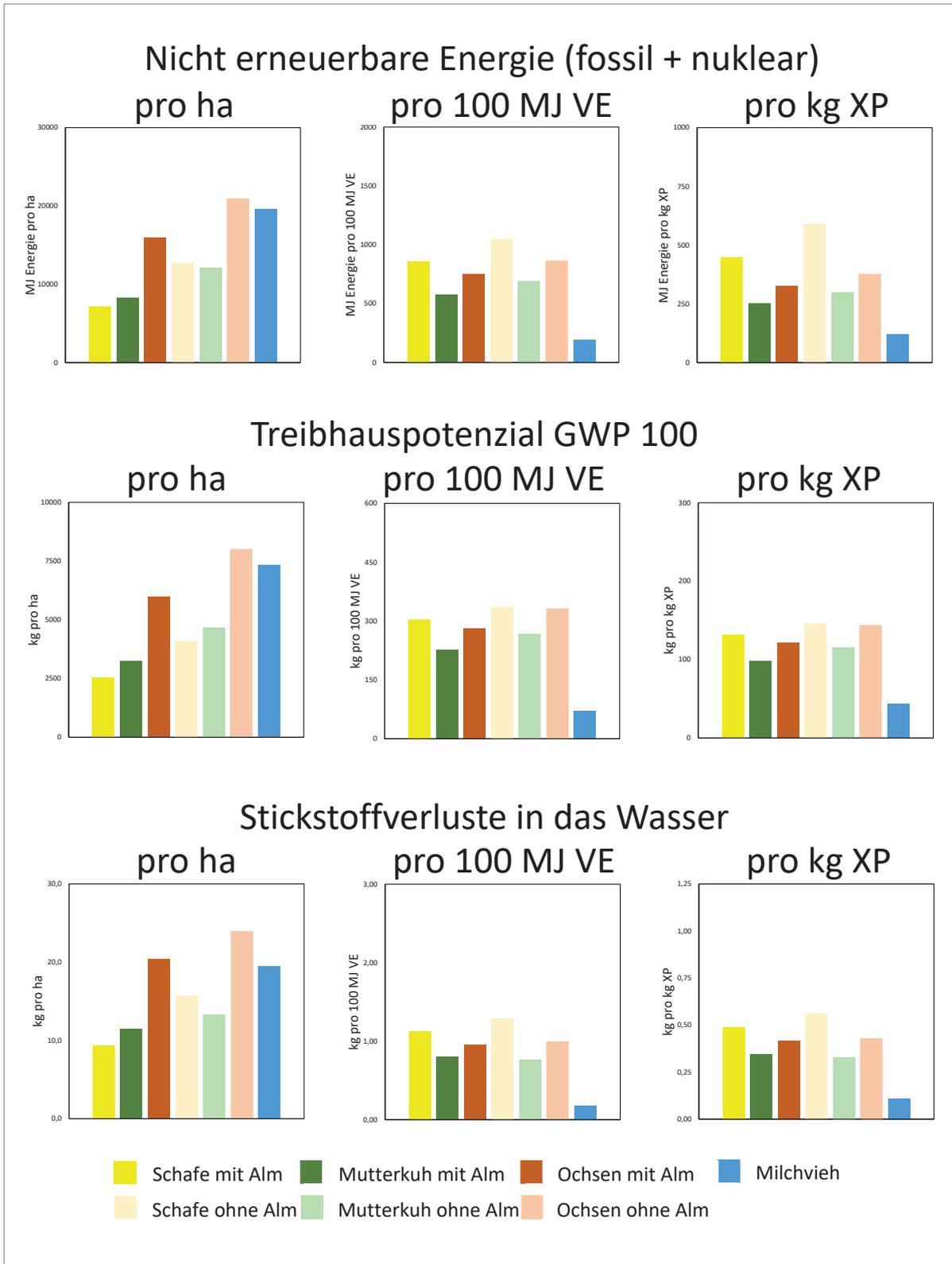


Abbildung 1a: Umweltwirkungen der Produktionsverfahren mit und ohne Alm (Teil 1)

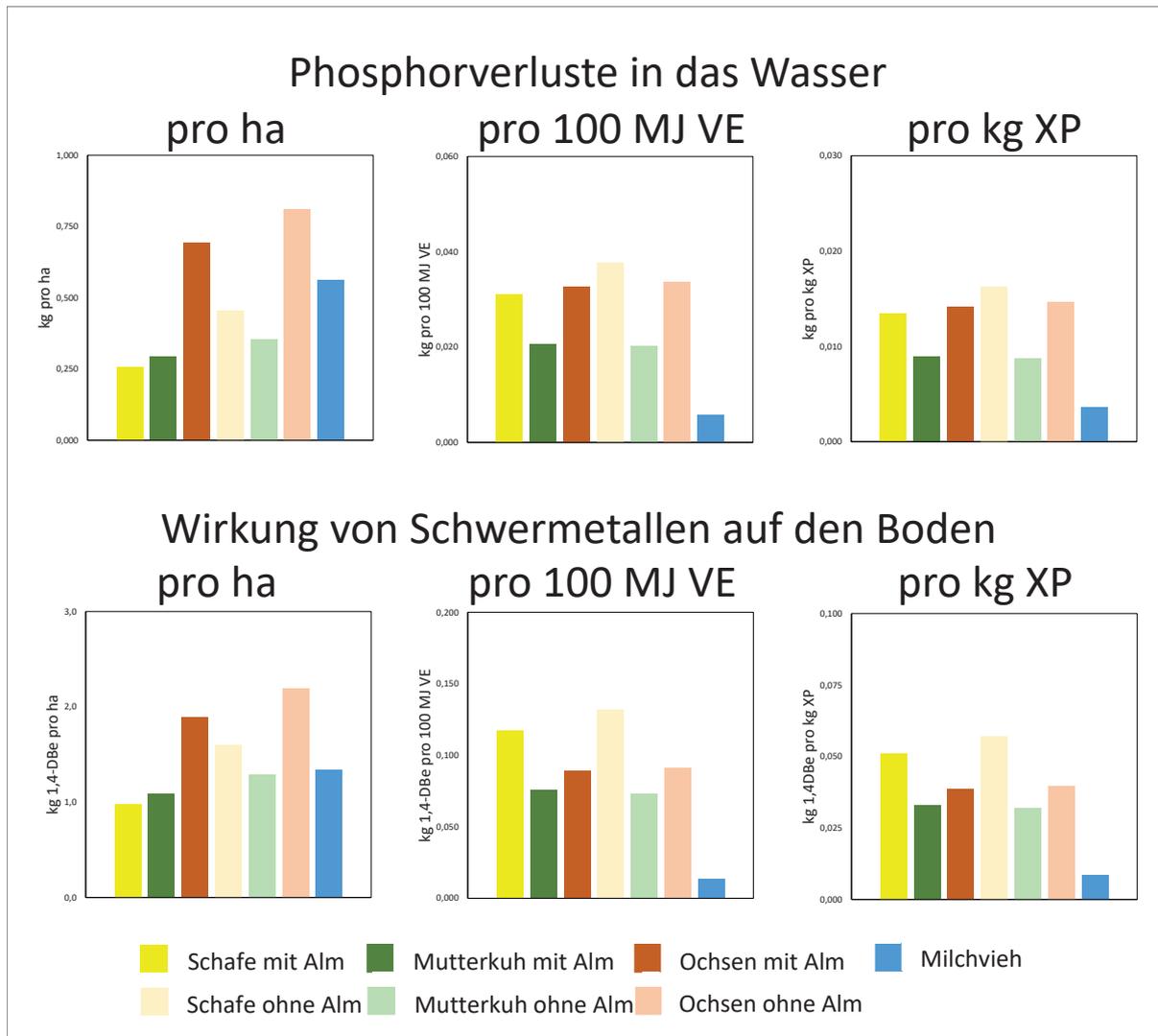


Abbildung 1b: Umweltwirkungen der Produktionsverfahren mit und ohne Alm (Teil 2)

Für die weiterführende Diskussion wurden die drei Produktionsformen Schafhaltung, Mutterkuhhaltung und Ochsenmast der Varianten MA und OA in einem arithmetischen Mittelwert zusammengefasst und für die jeweilige funktionelle Einheit in den Tabellen 4 bis 6 dargestellt. Die Mittelwerte wurden an der gewählten Referenz, das ist die Milchviehhaltung, normiert. Deutlich zeigt sich was schon angedeutet wurde. Die extensiven Produktionsverfahren haben einen sehr kleinen ökologischen Fußabdruck in der Fläche. Das ist besonders wichtig, weil die meisten Umweltwirkungen in der Fläche/Boden oder bei gasförmigen Emissionen im Raum wirken, während der Bezug zur Nahrung immer eher ein Signal an den Kunden ist. Dieses wird meist falsch oder durch Marketingaktivitäten verzerrt interpretiert, da (mit Ausnahmen) geringe Werte pro Nahrungseinheit mit einer hohen Produktionsintensität verbunden sind und umgekehrt.

Tabelle 4: Einfluss der Almbewirtschaftung auf die Umweltwirkungen pro ha

| <b>Umweltwirkungen pro ha (Landbewirtschaftung)</b> |                      |                         |          |           |                         |          |           |
|---|----------------------|-------------------------|----------|-----------|-------------------------|----------|-----------|
| Umweltwirkung                                       | Einheit              | Wert                    |          |           | Normierung              |          |           |
|   |                      | Extensive Rinderhaltung |          | Milchvieh | Extensive Rinderhaltung |          | Milchvieh |
|   |                      | mit Alm                 | ohne Alm |           | mit Alm                 | ohne Alm |           |
| Nicht erneuerbare Energie                           | MJ                   | 10.474                  | 15.239   | 19.623    | 0,5                     | 0,8      | 1         |
| Treibhauspotenzial GWP 100                          | kg CO <sub>2</sub> e | 3.921                   | 5.591    | 7.323     | 0,5                     | 0,8      | 1         |
| Potenzielle Stickstoffverluste                      | kg N                 | 13,73                   | 17,66    | 19,54     | 0,7                     | 0,9      | 1         |
| Potenzielle Phosphorverluste                        | kg P                 | 0,42                    | 0,54     | 0,56      | 0,7                     | 1,0      | 1         |
| Schwermetalle im Boden                              | kg 1,4-DBe           | 1,32                    | 1,60     | 1,34      | 1,0                     | 1,2      | 1         |

Tabelle 5: Einfluss der Almbewirtschaftung auf die Umweltwirkungen pro 100 MJ VE

| <b>Umweltwirkungen pro 100 MJ VE (Ernährungsauftrag)</b> |                      |                         |          |           |                         |          |           |
|--|----------------------|-------------------------|----------|-----------|-------------------------|----------|-----------|
| Umweltwirkung  | Einheit              | Wert                    |          |           | Normierung              |          |           |
|  |                      | Extensive Rinderhaltung |          | Milchvieh | Extensive Rinderhaltung |          | Milchvieh |
|  |                      | mit Alm                 | ohne Alm |           | mit Alm                 | ohne Alm |           |
| Nicht erneuerbare Energie                                | MJ                   | 730                     | 868      | 190       | 3,8                     | 4,6      | 1         |
| Treibhauspotenzial GWP 100                               | kg CO <sub>2</sub> e | 271                     | 312      | 71        | 3,8                     | 4,4      | 1         |
| Potenzielle Stickstoffverluste                           | kg N                 | 0,96                    | 1,02     | 0,17      | 5,5                     | 5,8      | 1         |
| Potenzielle Phosphorverluste                             | kg P                 | 0,028                   | 0,030    | 0,006     | 4,9                     | 5,3      | 1         |
| Schwermetalle im Boden                                   | kg 1,4-DBe           | 0,094                   | 0,099    | 0,014     | 6,9                     | 7,3      | 1         |

Tabelle 6: Einfluss der Almbewirtschaftung auf die Umweltwirkungen pro kg Eiweiß

| <b>Umweltwirkungen pro kg Nahrungseiweiß (Ernährungsauftrag)</b> |                      |                         |          |           |                         |          |           |
|--|----------------------|-------------------------|----------|-----------|-------------------------|----------|-----------|
| Umweltwirkung  | Einheit              | Wert                    |          |           | Normierung              |          |           |
|  |                      | Extensive Rinderhaltung |          | Milchvieh | Extensive Rinderhaltung |          | Milchvieh |
|  |                      | mit Alm                 | ohne Alm |           | mit Alm                 | ohne Alm |           |
| Nicht erneuerbare Energie  | MJ                   | 316                     | 376      | 119       | 2,7                     | 3,2      | 1         |
| Treibhauspotenzial GWP 100                                       | kg CO <sub>2</sub> e | 117                     | 135      | 44        | 2,7                     | 3,1      | 1         |
| Potenzielle Stickstoffverluste                                   | kg N                 | 0,42                    | 0,44     | 0,11      | 3,8                     | 4,0      | 1         |
| Potenzielle Phosphorverluste                                     | kg P                 | 0,012                   | 0,013    | 0,004     | 3,4                     | 3,7      | 1         |
| Schwermetalle im Boden   | kg 1,4-DBe           | 0,041                   | 0,043    | 0,009     | 4,8                     | 5,0      | 1         |

Zur Einordnung der Umweltwirkungen aus den verschiedenen Produktionsverfahren wird das Ergebnis aus Tabelle 4 um einzelne aus FarmLife ausgewählte Fallstudien erweitert und in Tabelle 7 dargestellt. Für die Spalte der extensiven Rinderhaltung wurden die Ergebnisse MA und OA gemittelt, die Spalte der biologischen Milchviehhaltung wurde übernommen. Zusätzlich findet sich ein konventioneller Milchviehbetrieb mit einer Herdenleistung von 8.800 kg Milch pro Kuh und Jahr, ein mittelgroßer Schweinemastbetrieb mit einem kleinen Anteil an Marktfrüchten und ein konventioneller Ackerbaubetrieb mit einem Schwerpunkt Körnermais in der Vergleichsauswahl. Die Unterschiede in Tabelle 7 sind allgemein hoch, die Werte müssen aber im Kontext der Produktionsverfahren bewertet werden. Bei der Abhängigkeit von Energie spielt der technische Einsatz am Betrieb und die Form der Tierhaltung eine große Rolle. In der Schweinemast wirkt die Bereitstellung thermischer Energie auf fossiler Basis besonders negativ. Das Treibhauspotenzial wird von der fossilen Energie, der Infrastruktur und der Tierart beeinflusst. N-Verluste sind an die Besatzdichten und das Düngeverfahren gekoppelt, P-Verluste an die P-Düngung und an mögliche Erosionsverluste. Hier schlägt der Maisanbau im Schweinemastbetrieb durch. Die Schwermetallwirkung ist an die Infrastruktur und den Einsatz mineralischer Dünger gekoppelt. Innerhalb der Varianten der Nutztierhaltung besteht eine enge Beziehung zur Produktivität, weshalb eine alternative Tabelle auf Basis der funktionellen Einheiten der Nahrungsenergie bzw. Nahrungsprotein nur ein inverse zur Tabelle 7 der Ergebnisse pro ha wäre. Der Ackerbau wird sich auf der Fläche und bei der Nahrungsenergie immer deutlich absetzen. Der im Getreideanbau z.B. sehr geringe Aufwand pro ha wird durch eine große Ertragsmenge leicht löslicher Kohlenhydrate begleitet. Das kann die Nutztierhaltung niemals bieten, zumal sie ja auf die Proteinproduktion ausgerichtet ist.

Tabelle 7: Quervergleich verschiedener Produktionssysteme auf der Basis der Landwirtschaft

| Umweltwirkungen pro ha |                      |                                      |                             |                             |                                |                            |
|------------------------|----------------------|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| Umweltwirkung          | Einheit              | Extensive Rinderhaltung <sup>1</sup> | Milchvieh, bio <sup>2</sup> | Milchvieh, kon <sup>3</sup> | Schweinemast, kon <sup>4</sup> | Ackerbau, kon <sup>5</sup> |
| Nicht erneuerbare      |                      |                                      |                             |                             |                                |                            |
| Energie                | MJ                   | 12.856                               | 19.623                      | 23.749                      | 66.881                         | 13.078                     |
| Treibhauspotenzial     |                      |                                      |                             |                             |                                |                            |
| GWP 100                | kg CO <sub>2</sub> e | 4.756                                | 7.323                       | 8.997                       | 13.977                         | 880                        |
| Potenzielle            |                      |                                      |                             |                             |                                |                            |
| Stickstoffverluste     | kg N                 | 15,69                                | 19,54                       | 32,60                       | 40,50                          | 7,50                       |
| Potenzielle            |                      |                                      |                             |                             |                                |                            |
| Phosphorverluste       | kg P                 | 0,48                                 | 0,56                        | 0,70                        | 2,80                           | 0,40                       |
| Schwermetalle im Boden | kg 1,4-DBe           | 1,46                                 | 1,34                        | 2,80                        | 8,30                           | 1,70                       |

<sup>1</sup> Mittelwert der Modelle aus Tabelle 4; <sup>2</sup> Ergebnisse aus GUGGENBERGER et al. 2019; <sup>3,4,5</sup> Ergebnisse eines repräsentativen Einzelbetriebes in FarmLife

Der letzte Aspekt im Bereich der Ergebnisse befasst sich mit der Produktivität extensiver Grünlandgebiete im Hinblick auf die Almnutzung. Heimfutterflächen stellen die Basis der meisten Betriebe im Berggebiet dar. Die Menge an Futtermitteln für den Winter bestimmt dabei die maximale Höhe des Tierbestandes am Betrieb. Umso mehr Tiere auf die Alm gebracht werden und umso länger die Nutzung der Alm sein kann, umso mehr Tiere können am Betrieb gehalten werden (Abbildung 2). Diese Erkenntnis ist mit dem Urgedanke jedes Almbauern und mit der ökonomischen Existenz der Höfe eng verbunden. Die Alm wird damit zu einer skalierenden Größe des Heimbetriebes.

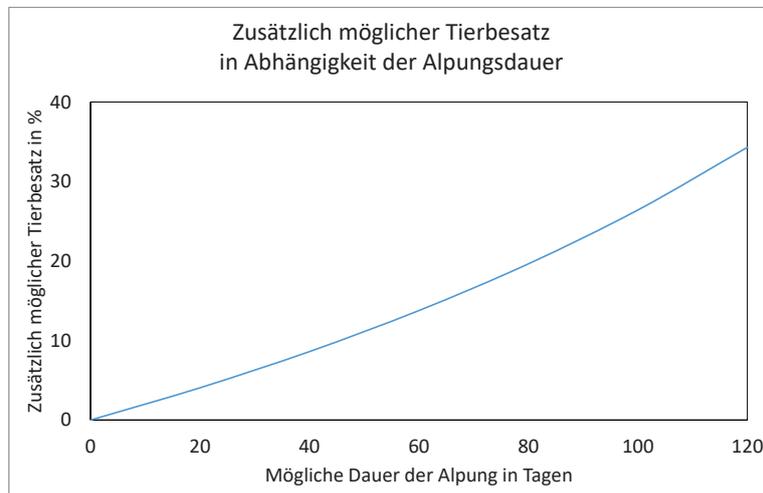


Abbildung 2: Umweltwirkungen der Produktionsverfahren

## 6. Diskussion

Ausgehend von den Flächen des landwirtschaftlichen Betriebes, diese ist der physikalische Träger vieler Umweltwirkungen (GUGGENBERGER und HERNDL 2017b), lässt sich feststellen, dass die Anreicherung von Betriebsmittel im Allgemeinen zu einem Ansteigen der Umweltwirkungen führt. Dies gilt auf jeden Fall für Betriebsmittel, die zu einer Skalierung der Erträge verwendet werden. Futtermittelzukäufe aller Art führen in der Tierhaltung zu einer höheren Tier- bzw. Leistungsdichte. Diese wiederum löst, wenn nicht durch einen höheren Ertrag der Felder vollständig kompensiert, steigende Verluste an Nährstoffen und in Folge in aller Regel eine verändertes Dünge- und Nutzungsverfahren aus. Folgewirkungen in angeschlossenen Bereich, etwa bei der Biodiversität, sind möglich. Die Fracht der gasförmigen Emissionen steigt an. Ob sich dieser Zusammenhang auch auf das Produkt übertragen lässt, hängt von der Effizienz der Produktion ab. Wird durch den Betriebsmittelzukauf ein Mangel in der natürlichen Produktionskette behoben, kann ein überproportionaler Ertrag erwartet werden und der Betriebsmittelzukauf hat trotz höherer Fracht insgesamt eine positive Wirkung. Überfrachtet der Betriebsmittelzukauf bereits natürliche Wirkungen des Produktionssystems, verschlechtert der Zukauf die Umweltbeziehung auch pro Nahrungseinheit und führt zu einem degressiven, abnehmenden Ertragszuwachs (MITSCHERLICH 1909). Es ist die Kunst der landwirtschaftlichen Betriebsführung für den eigenen Standort gerade die optimale Betriebsmittelnutzung zu definieren (GUGGENBERGER et al. 2020, GUGGENBERGER et al. 2021). Dieser Zusammenhang gilt auch für den Acker-, Gemüse-, Wein- und Obstbau. Hier eröffnet der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln allerdings noch ein zusätzliches Diskussionsfeld.

Dieser Ausführung zur Festlegung der Intensität geht die Auswahl eines geeigneten Produktionsverfahren voraus. Aus der Sicht der Humanernährung hat hier das Staatsvolk eine verantwortungsvolle Gemeinschaftsaufgabe zu lösen. Nicht der Wunsch nach Gütern kann die Festlegung von Produktionsverfahren dominieren, sondern die Möglichkeit der Standorte. Die pflanzliche Ernährung bleibt klar den Ackerbaustandorten vorenthalten. Was der Mensch von diesen Standorten an Marktfrüchten nicht nutzen will (Qualitätsfrage) oder nutzen kann (Mengenfrage), soll möglichst mit Schweinen und Geflügel verwertet werden. Nicht marktgängige Biomasse aus dem Ackerbau und alle Grünlandstandorte sind den Wiederkäuern zuzuführen. Als bevorzugte Ergänzung sollen geeignete Nebenprodukte der Nahrungsproduktion verwendet werden (ERTL und KNAUS 2015). Ein Quervergleich der Systeme ist erst dann von Nutzen, wenn die Fütterung von Nutztieren mit Marktfrüchten aus dem Ackerbau zu einer Nahrungsmittel-Konkurrenz mit den Menschen führt (ERTL et al. 2016). Diese Arbeit zeigt, dass dieser Aspekt weder bei den extensiven Fleischproduktionsformen auf Grünlandbasis noch bei der biologischen Milchproduktion eintreten kann. Die geringen Futterzukaufe führen dazu, dass bei den Varianten SMA, SOA, MMA, MOA durch die Produktion ein deutlicher Zuwachs bei der Netto-Lebensmittelproduktion entsteht. Die Systeme geben 3- bis 5-mal mehr an Nahrungsenergie an die Gesellschaft zurück als sie selber benötigen. Beim Nahrungsprotein liegt dieser Wert sogar beim 13- bis 18-Fachen. Die Varianten OMA und OOA sind immer noch positiv, liegen aber tiefer, weil der Tierzukauf eine Kaskade von Abhängigkeiten auslöst. Für die Nahrungsenergie wird das Zweifache und für Nahrungsprotein das Fünffache an die Gesellschaft zurückgegeben.

Innerhalb der extensiven Standorte zeigt sich die Milchviehhaltung auf biologisch wirtschaftenden Betrieben als jenes Verfahren, das den Wunsch nach Nahrungsenergie bzw. Nahrungsprotein am umweltverträglichsten erfüllen kann. Obwohl die Fracht der Wirkungen auf der Fläche insgesamt höher ist als bei den extensiven Varianten der Fleischproduktion, kann doch ein überproportionaler Rückgang der Umweltwirkungen pro 100 MJ VE bzw. pro kg Nahrungseiweiß beobachtet werden. Dieser Rückgang hat mit der hohen Produktionseffizienz der Milchkuh zu tun. Aus der Faustzahlenlehre wissen wir, dass ein kg Futter bei der Milchkuh zu einem Liter Milch führt. In der Trockenmasse sind das 100 Gramm an Fett, Eiweiß und Laktose. Ein intensiv gefüttertes Mastrind erzeugt aus einem kg Futter, dieses muss aber von höherer Qualität sein, ebenso 100 Gramm an

Fleisch. Bei einem Wassergehalt von 70 % beträgt der Extrakt somit nur 30 Gramm. Letztendlich ist die Milchproduktion der Fleischproduktion in Hinblick auf die Nahrungsbereitstellung um das Drei- bis Fünffache überlegen. Im Hinblick auf die Bereitstellung von Nahrungsprotein wird das Verhältnis etwas enger, weil der Proteinanteil im Fleisch proportional höher ist als in der Milch. Das auf vielen Betrieben heute trotzdem Schafe, Mutterkühe und Ochsen gehalten werden, liegt nicht an der Produktionseffizienz der gewählten Verfahren, sondern an ökonomischen Aspekten und persönlichen Vorlieben. Vor allem aber liegt es an der Arbeitswirtschaft. Milchwirtschaft lässt sich Nebenerwerb sehr schlecht organisieren.

Wendet sich die Betriebsleitung in extensiven Gebieten von der Milchproduktion ab, stellt sich die Frage, ob die reproduzierenden Tiere am eigenen Betrieb gehalten werden sollen oder ob die Jungtiere für die Mast zugekauft werden. Werden, wie bei der Schaf- bzw. Mutterkuhhaltung, die Muttertiere selber gehalten, entsteht eine Grundlast, die später auf die Lämmer bzw. Jungrinder verteilt werden muss. Dieser Aspekt wiegt allerdings bei der Mutterkuhhaltung nicht so schwer, weil auch die Altkuh gut vermarktet werden kann. Für Altschafe ist die stoffliche Verwertung allerdings eine Herausforderung. In beiden Fällen profitieren die Jungtiere, die mit der Milch der Mutter ein zügiges Jugendwachstum erfahren und bald hochwertig verwertet werden können. Das dafür wenig Futter zugekauft werden muss, begünstigt die anfallende Fracht aller Umweltwirkungen pro ha. Dass die Umweltwirkungen der Schafhaltung im Hinblick auf die Nahrungsenergie/-protein doch deutlich höher ausfallen als bei der Mutterkuhhaltung, liegt an der geringeren Ausschachtung der Lämmer und Altschafe. In der Haltung von Ochsen spielt der Zukauf der Jungtiere eine entscheidende Rolle. Diese Tiere sind nicht nur „teuer“ im ökonomischen Sinne, sondern belasten das gesamte Produktionssystem mit Umweltwirkungen.

Der Effekt der Almnutzung auf die Umweltwirkungen ist eindeutig. Ungeachtet der funktionellen Einheit führt der zusätzliche Nutzungsanteil der großen, extensiven Almfläche zu einer Verdünnung aller Wirkungen. Umweltwirkungen, die den Heimbetrieb betreffen, das sind die Infrastruktur der Maschinen und Gebäude sowie der Verbrauch an fossiler Energie und Strom, werden durch die höhere Produktionskapazität des Almbetriebes besser verwertet. Selbst bei gleichbleibenden direkten Emissionen an Treibhausgasen durch die Tiere sinkt durch die bessere Ausnutzung der konstanten indirekten Emissionen der CO<sub>2</sub>e-Fußabdruck der Produktionsvarianten. Die Nutzung des Heimbetriebes erfolgt bei einem höheren Almanteil etwas weniger intensiv. Das hat leicht positive Einflüsse auf die Nährstoffbilanzen. Würden wir die Alm systematisch vom Heimbetrieb entkoppeln (was nur theoretisch möglich ist), entsteht ein ökologisch höchst interessanter Produktionsraum. Die geringe Last bestehender Infrastruktur führt zu einer minimalen Belastung mit indirekten Umweltwirkungen. Die Nährstoffkreisläufe bleiben unbelastet, weil nur das auf der Alm ausgeschieden werden kann, was auch an Futter auf der Alm gewachsen ist. Eher findet ein Entzug statt als eine Anreicherung. Selbst aus der Sicht der Netto-Null-Definition der Klimaziele stellt sich eine neutrale Situation ein, weil die heute noch bestehenden Almen in aller Regel bereits am Beginn der Industrialisierung in Europa existiert haben. Dies wurde durch den damaligen Tierbestand erzwungen (ÖSTERREICHISCHE STATISTIK 1890). Somit ist auch der Anteil an direkten Emissionen marginal. In Summe stehen den Erträgen der Tiere während der Almpériode so gut wie keine Emissionen gegenüber. Das ist der Idealfall anthropogener Einflüsse auf die Nachhaltigkeit der Nahrungsproduktion. Dieser Effekt tritt bei keinem anderen Verfahren im Marktfruchtanbau oder in der Nutztierhaltung ein. Eine extensive Nutzung der Almen ist der beste Beitrag zur Nachhaltigkeit in der Haltung von Wiederkäuern. Je länger die Nutzungszeit der Alm sein kann, umso mehr verdünnt sich die Gesamtwirkung des Produktionssystems. Das die Ertragsleistung in solchen extensiven Produktionsverfahren am Ende aber nur gering sein kann, führt dazu, dass die Argumentation von Entscheidungen über die funktionellen Einheiten der Nahrungsmittelproduktion (MJ VE und kg XP) mit bedacht und nur innerhalb der vergleichbaren Verfahren angewandt werden soll. Der Vergleich mit anderen Produktionsverfahren ist über den Flächenbezug zur führen. Deutlicher: Natürlich ist der Anbau von Brotgetreide pro Nahrungseinheit mit weniger Umweltwirkungen behaftet als die Mutterkuhhaltung. Auf der Fläche, besonders wenn ein hoher

Almanteil möglich ist, hat die extensive Nutzung durch Wiederkäuer aber einen geringeren Fußabdruck. Weil außer der forstlichen Nutzung auf diesen Flächen keine weitere Option besteht, führt eine Entscheidung gegen den Verzehr von extensiv produziertem Rindfleisch vor allem zu einer Abnahme der Versorgungsleistung und bedeutet nur eine geringe Verbesserung der Umweltwirkungen. Dieser Zusammenhang ist bei intensiven Produktionsverfahren der Nutztierhaltung anders. Das rechtfertigt aber keinen allgemeinen Aufruf zum Fleischverzicht. Wer zum Fleischverzicht aufruft, der soll sagen, welches Fleisch gemeint ist und in welchen Ländern es unter welchen Produktionsbedingungen erzeugt wurde!

Umweltwirkungen, die in den Modellen nicht explizit besprochen werden, das sind die Artenvielfalt und das Tierwohl, werden durch die Almnutzung ungeachtet der bisher besprochenen Zusammenhänge positiv beeinflusst. Unbestritten ist die Wirkung der Weidenutzung zur Aufrechterhaltung der Artenvielfalt auf den extensiven Almwiesen. Vor allem im Sukzessionsaum kann nur eine ständige Beweidung die Verbuschung/Verwaldung und damit eine Abnahme der Artenzahlen verhindern (PÖTSCH et al. 1998). Die Beurteilung der Almnutzung im Hinblick auf das Tierwohl führt in einen ambivalenten Entscheidungsraum. Natürlich entspricht das freie Grasens in strukturierten Lebensräumen vollständig der Natur aller Wiederkäuer und ist deshalb bei der Bewertung des Tierwohls als Goldstandard zu betrachten (OFNER-SCHRÖCK et al. 2020). Zugleich ist die Alm ein exponierter Lebensraum mit vielen Gefahren. Verletzungen, ungeachtet, ob sie durch Eigenschuld der Tiere oder durch Naturgefahren hervorgerufen werden, kosten jährlich einer nicht zu bestimmenden Anzahl an Tieren das Leben. Parasitäre Erkrankungen schwächen die Tiere ebenso wie die in heißen Jahren mangelhafte Futterqualität gegen Ende der Almperiode. Die Obsorge durch das Almpersonal wird in diesen Punkten aber die größten Mängel beheben. Das derzeit in Österreich übliche Behirtungsverfahren, die Standweide, bietet keinen geeigneten Schutz gegen die immer häufiger werdenden Übergriffe durch große Beutegreifer. Deren stark kritisierte, aber derzeit gesetzlich legitimierte Ausbreitung steht in vollständiger Opposition zu allen positiven Effekten der Almwirtschaft. Es liegt im Auftrag der Gesetzgebung die Gesamtschäden in der Ökologie und Produktionsbereitschaft durch geeignete Maßnahmen zu minimieren.

Die Diskussion wird mit einer kurzen ökonomischen Betrachtung der Almwirtschaft beendet. Der Wirtschaftswert der Alm geht, wie in Abbildung 2 dargestellt, vom Skalenwert des Tierbestandes aus. Ohne die österreichischen Almflächen würde heute das Futter für rund 25.000 Schafe, 3.000 Ziegen, 17.000 Milchkühe, 75.0000 Stück Rinder in verschiedenen Altersklassen und 6.000 Ochsen fehlen. Der Ertragswert dieser Tiere, berechnet auf der Basis des DB-Rechners der Bundesanstalt für Agrarwirtschaft und Bergbauernfragen liegt, bei rund 76 Millionen Euro pro Jahr. Gemeinsam mit der Wirkung der Almfläche in den Ausgleichszahlungen und den im Paket 6 der GAP 2023-2027 geplanten Maßnahme stellt der Staat für die Gesamtheit der Ökosystemleistungen eine Summe von 138 Millionen Euro bereit. Der direkte ökonomische Gesamtwert der Almwirtschaft für die Landwirtschaft beträgt über 200 Millionen Euro. Damit ist die Almwirtschaft nicht nur ökologisch, sondern auch ökonomisch erfolgreich. Die Almwirtschaft ist damit ökoeffizient!

## 7. Literatur

- AGES, 2022: Die Österreichische Ernährungspyramide.
- BMLRT, 2020: Grüner Bericht 2020. Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus, 272 S.
- BOCKSTALLER, C., G. GAILLARD, D.U. BAUMGARTNER, R. FREIERMUTH KNUCHEL, M. REINSCH, R. BRAUNER und E. UNTERSEHER, 2006: Betriebliches Umweltmanagement in der Landwirtschaft: Vergleich der Methoden INDIGO, KUL/USL, REPRO und SALCA. Abschlussbericht zum Projekt 04 – „COMETE“. ITADA Arbeitsprogramm III, 134 S.
- BUNDESAMT FÜR GESUNDHEIT, 2011: Proteine in der Ernährung des Menschen: Empfehlungen, 4 S.
- ERTL, P. und W. KNAUS, 2015: Einsatz von Nebenprodukten in der biologischen Milchviehfütterung zur Verbesserung der Lebensmittelkonversionseffizienz. 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Beitrag archiviert unter <http://orgprints.org/view/projects/int-conf-wita-2015.htm>.
- ERTL, P., A. STEINWIDDER, M. SCHÖNAUER, K. KRIMBERGER, W. KNAUS und W. ZOLLITSCH, 2016: Net food production of different livestock: a national analysis for Austria including relative occupation of different land categories/Netto-Lebensmittelproduktion der Nutztierhaltung: Eine nationale Analyse für Österreich inklusive relativer Flächenbeanspruchung. *Journal of Land Management, Food and Environment* 67, 91-103.
- GUGGENBERGER, T. und M. HERNDL, 2017a: Ökoeffiziente Milchviehhaltung. Abschlussstagung des Projektes "Praktische Anwendung des Betriebsmanagement-Werkzeuges FarmLife in der Modellregion Bezirk Liezen", 17.-18. Oktober 2017, 22-54.
- GUGGENBERGER, T. und M. HERNDL, 2017b: Bedeutung der funktionellen Einheit für die Ökobilanzierung in der Landwirtschaft. 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Freising.
- GUGGENBERGER, T., A. BLASCHKA, C. FRITZ, M. HERNDL und G. TERLER, 2019: Bedeutende Entscheidung auf dem Weg zur Ökoeffizienz am Bio-Milchviehbetrieb. Fachtagung für Biologische Landwirtschaft, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 37-44.
- GUGGENBERGER, T., C. FRITZ, E. FINOTTI, M. HERNDL, E. OFNER-SCHRÖCK, G. TERLER und A. STEINWIDDER, 2020: Grundzüge einer standortgerechten Landwirtschaft. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Forschungsgruppe Ökoeffizienz, 63 S.
- GUGGENBERGER, T., G. TERLER, C. FRITZ, M. HERNDL und E. OFNER-SCHRÖCK, 2021: Mit der „Standortgerechten Landwirtschaft“ besser (be-) wirtschaften! 48. Viehwirtschaftliche Fachtagung, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 107-128.
- GUGGENBERGER, T., G. STÖGMÜLLER, L. GRUBER, S. GAPPMAIER und G. TERLER, 2022: Die Grundfutterqualität in Österreich zwischen 1985 und 2021 und ihre räumlichen Unterschiede in den Kleinproduktionsgebieten. Aktualisierung der Energie- und Proteinbewertung von Grundfuttermitteln auf Basis von chemischen Analysen und in vitro-Untersuchungen. Abschlussbericht Dafne-Forschungsprojekt Nr. 101150, 7-47.
- HERNDL, M., D.U. BAUMGARTNER, T. GUGGENBERGER, M. BYSTRICKY, G. GAILLARD, J. LANSCHKE, C. FASCHING, A. STEINWIDDER und T. NEMECEK, 2016: Einzelbetriebliche Ökobilanzierung landwirtschaftlicher Betriebe in Österreich. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 93 S.
- KLÖPFER, W. und B. GRAHL 2007: Ökobilanz (LCA). Wiley-VCH, Weinheim.
- MITSCHERLICH, A.E., 1909: Das Gesetz des Minimums und das Gesetz des abnehmenden Bodenertrages. *Landwirtschaftliche Jahrbücher* 38, 537-552.
- NEMECEK, T., R. FREIERMUTH KNUCHEL, M. ALIG und G. GAILLARD, 2010: The advantages of generic LCA Tools für agriculture: Examples SALCAcrop ans SALCAfarm. Proceedings of the 7th International conferenc of Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector, Università degli Studi die Bari Aldo Moro, Bari, 433-438.
- OFNER-SCHRÖCK, E., T. GUGGENBERGER, A. STEINWIDDER, M. HERNDL, G. TERLER, C. FRITZ, E. SCHERZER, I. ZAMBERGER und J. GASTEINER, 2020: Entwicklung eines Beurteilungssystems für

- Tiergerechtheit zur Implementierung in das Betriebsmanagement-Werkzeug FarmLife. Abschlussbericht Projekt-Nr. 2440, HBLFA Raumberg-Gumpenstein.
- ÖSTERREICHISCHE STATISTIK, 1890: Band 34, Heft 1: Die Ergebnisse der Viehzählung vom 31. December 1890. K. K. Statistische Central-Commission, 86 S.
- PÖTSCH, E.M., F. BERGLER und K. BUCHGRABER, 1998: Ertrag und Futterqualität von Alm- und Waldweiden als Grundlage für die Durchführung von Wald-Weide-Trennverfahren-Bewertungsmodelle. 4. Alpenländisches Expertenforum in Gumpenstein, 95-109.
- PRÉ CONSULTANTS, 2011: SimaPro 7.3.3. PRE CONSULTANTS, ed. Amersfoort.
- SCHIEBLER, J. und A. SCHLUMBAUM, 2006: Geschichte und wirtschaftliche Bedeutung des Hausrindes (*Bos taurus* L.) in der Schweiz von der Jungsteinzeit bis ins frühe Mittelalter. Schweiz.Arch.Tierheilk. 149, 23-29.