

Wie produktiv ist das Schweizer Grasland? Ein Ansatz für eine räumlich-differenzierte Ertragsabschätzung

Amelie Kreuzer¹, Pierluigi Calanca², Daniel Bretscher², Olivier Huguenin-Elie³ und Sonja Kay¹

¹Integrative Agrarökologie, Agroscope, 8046 Zürich, Schweiz

²Klima und Landwirtschaft, Agroscope, 8046 Zürich, Schweiz

³Futterbau und Graslandssysteme, Agroscope, 8046 Zürich, Schweiz

Auskünfte: Sonja Kay, E-Mail: sonja.kay@agroscope.admin.ch

<https://doi.org/10.34776/afs17-221> Publikationsdatum: 15. September 2026



Die Schweiz wird von Grasland geprägt. Die Grasproduktion variiert unter anderem nach Höhenlage, Exposition und Management.

Foto: Gabriela Brändle, Agroscope

Zusammenfassung

Das Grasland hat eine wesentliche Bedeutung für die landwirtschaftliche Produktion in der Schweiz und macht 58 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche aus. Zusätzlich wird knapp 30 % der Ackerfläche als Kunstwiesen genutzt. Nicht alle Flächen sind gleich produktiv. Um regionale Ertragsmuster sichtbar zu machen, sowie Flächen mit unterschiedlich hohem Produktionspotenzial zu identifizieren, präsentiert diese Studie einen räumlich differenzierten Ansatz zur Abschätzung der Graslandproduktivität. Der Fokus

liegt auf den Grasflächen in der Tal-, Hügel- und Bergzone; das Sömmerungsgebiet wird nicht berücksichtigt. Die Abschätzung der durchschnittlichen Graserträge ($\text{dt TS ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$) pro Fläche erfolgt mithilfe eines mehrstufigen Modellierungsverfahrens, das Geodaten sowie Literatur- und Experten basierte Kennwerte kombiniert. Zunächst werden die durchschnittlichen Graserträge auf Basis i) der landwirtschaftlichen Nutzflächen des Jahres 2023 und ii) den Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen (GRUD2017) in Abhängigkeit von Nutzungsintensität und -art sowie Höhenstufe berechnet. Um eine Aussage über die graslandbasierte Futterproduktion machen zu können, wurden zudem iii) Lagerverluste berücksichtigt. In einer bikriteriellen Bewertung werden die ermittelten Durchschnittserträge auf Basis der standortspezifischen Faktoren, solare Einstrahlung und Trockenheit, korrigiert. Die räumliche Analyse schätzt einen Gesamtertrag von rund 60 Mio. dt TS a^{-1} auf einer Fläche von 726 000 ha, der sich unter Berücksichtigung der Standortfaktoren auf circa 57 Mio. dt TS a^{-1} korrigiert. Je nach Höhenstufe und Nutzungsintensität variieren die modellierten Erträge zwischen 23 (extensive Nutzung) und 122 $\text{dt TS ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ (intensive Nutzung), beziehungsweise nach Korrektur durch die Standortfaktoren zwischen 22 und 116 $\text{dt TS ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$. Die Studie liefert Karten mit räumlich-expliziten Ertragsschätzungen. Daraus können sich Handlungsempfehlungen für Praxis und Politik ableiten lassen, beziehungsweise können diese bei der Planung betrieblicher Arbeitsvorgänge im Rahmen digitaler Hofmanagementsysteme Anwendung finden.

Key words: grass yields, agricultural land use, grassland use intensity, spatial analysis.

Einleitung

Mit einer Gesamtfläche von 1040512 ha umfasst die landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) der Schweiz 58 % Dauergrünland, 38 % Ackerland und 4 % Dauerkulturen (BfS, 2025b). Das Dauergrünland hat eine wesentliche Bedeutung für die landwirtschaftliche Produktion da etwa 81 % der Schweizer Landwirtschaftsbetriebe Viehhaltungsbetriebe mit Raufutterverzehrnern sind (BLW, 2025). Zudem ist das Dauergrünland für den Erhalt von ökologischen Funktionen bedeutend, als Kohlenstoffspeicher (Bai & Cotrufo, 2022; Stockmann *et al.*, 2013) oder als Fläche zur Förderung der Biodiversität (Knop *et al.*, 2006; Petermann & Buzhdygan, 2021; Veen *et al.*, 2014; Wilson *et al.*, 2012). Kunstwiesen, die als Ansaatwiesen Teil der Fruchtfolge von Ackerbaubetrieben mit Raufutterverzehrnern darstellen (Allen *et al.*, 2011; Martin *et al.*, 2020), machen knapp 30% der Ackerfläche aus (BFS, 2024, BLW, 2024). Während Kunstwiesen vor allem in der Talzone vorkommen, findet sich das Dauergrünland vorwiegend in der Hügel- und Bergzone und für den Ackerbau weniger günstigen Lagen (Lüscher *et al.*, 2019). Zur landwirtschaftlichen Nutzfläche kommen zusätzlich rund 503 000 ha Sömmerungsflächen (BLW, 2024), die ausschliesslich für die Beweidung der Tiere in den Sommermonaten genutzt werden. Letztere werden in dieser Studie nicht berücksichtigt.

Im Zukunftsbild 2050 hat der Bundesrat die zukünftige Ausrichtung der Schweizer Land- und Ernährungswirtschaft bis zum Jahr 2050 formuliert (Bundesrat, 2022). Ein schonender Umgang mit natürlichen Ressourcen (u.a. Erhalt der Bodenfruchtbarkeit), die Steigerung der Ressourceneffizienz und die Ausdehnung der Flächen zur Förderung der Biodiversität sind darin wesentlich, um eine nachhaltige Ernährungssicherheit entlang der gesamten Wertschöpfungskette – von der Produktion bis zum Konsum – langfristig sicher zu stellen. Es wird zudem angestrebt, Wiederkäuer bevorzugt mit Gras aus Dauergrünland sowie mit Nebenprodukten aus der Lebensmittelherstellung zu versorgen. Es muss dementsprechend nach den richtigen Trade-offs gesucht werden. Eine systematische Quantifizierung des verfügbaren Grasertrags und die Identifikation räumlicher Ertragsmuster ermöglichen eine fundierte Abschätzung des graslandbasierten Futterangebots und sind von zentraler Bedeutung für die Ableitung nachhaltiger und standortangepasster Tierbestände auf nationaler, regionaler und betrieblicher Ebene.

Das Grasland in der Schweiz ist regional sehr unterschiedlich verteilt, was dazu führt, dass auch die Verfügbarkeit des Grases sehr variabel ist (Reinermann *et al.*,

2025; Weber *et al.*, 2024). Trotz vorhandener Schätzungen zu Graserträgen in der Schweiz (Agristat, 2023; Stettler & Probst, 2023; Sutter & Reidy, 2021), gibt es bislang keinen Datensatz, der eine räumlich differenzierte Analyse der Ertragsverteilung und regionaler Ertragsmuster zulässt. Sutter und Reidy (2021) leiteten mithilfe einzelbetrieblicher Flächendaten und den höhenstufenabhängigen Erträgen nach Huguenin-Elie *et al.* (2017) potenzielle Erträge auf Wiesen und Weideland ab. Ihre Berechnung für das Jahr 2015 ergab Graserträge von 61,9 Mio. dt Trockensubstanz (TS) auf einer Fläche von 728 000 ha. Einen analogen Ansatz verfolgten Stettler und Probst (2023), die auf Basis der verfügbaren Graslandressourcen die Anzahl an Nutztieren in der Schweiz abschätzten. Für eine Fläche von 685 000 ha schätzten sie Graserträge von rund 53 Mio. dt TS a⁻¹. Ergänzend dazu erhebt der statistische Dienst des Schweizer Bauernverbandes jährlich Produktionsdaten von Wiesen und Weiden (Agristat, 2023). In den vergangenen 30 Jahren lag die geschätzte Gesamtproduktion im Grasland – ausgenommen der Sömmerungsgebiete – zwischen 45 Mio. dt TS und 57 Mio. dt TS pro Jahr, bei einer bewirtschafteten Grasfläche von 700 000 und 800 000 ha (Agristat, 2011, 2024; Schweizerisches Bauernsekretariat, 1990).

Diese bisherigen Schätzungen der Graserträge weisen deutliche Unterschiede auf. Sie basieren überwiegend auf aggregierten Annahmen, wodurch sich regionale Ertragsunterschiede sowie räumliche Muster nur bedingt erkennen lassen. Mit der vorliegenden Studie wird diese Lücke geschlossen und eine erste räumlich differenzierte Abschätzung der Erträge im Schweizer Grasland erstellt. Diese erlaubt es räumliche Ertragsmuster der Graslandproduktivität – die sich aus Management, Höhenlage und Standorteinflüssen ergeben – sichtbar zu machen und Gebiete mit hoher, beziehungsweise niedriger Produktion zu identifizieren.

Daten und Methoden

Datengrundlage und Vorgehen

Die Abschätzung der Erträge im Grasland basierte auf einem mehrstufigen Modellierungsverfahren, das räumliche Daten mit Literatur- und Experten basierten Kennwerten kombinierte. Der Fokus lag auf Grasflächen in der Tal-, Hügel- und Bergzone. Das Sömmerungsgebiet wurde nicht berücksichtigt. Im ersten Schritt wurden die durchschnittlichen Graserträge, im Folgenden als «Referenzerträge» ausgewiesen, für das Grasland als Funktion der Höhe (m ü.M.) sowie der

Nutzungsintensität auf Basis der Grundlagen für die Düngung landwirtschaftlicher Kulturen in der Schweiz (GRUD2017, Huguenin-Elie *et al.*, 2017) berechnet. Um allfällige Lagerungsverluste zu berücksichtigen und die Menge der graslandbasierten Futterproduktion zu quantifizieren, wurden die Referenzerträge um 5 % reduziert. In einem zweiten Schritt wurden diese Erträge mithilfe einer bikriteriellen Bewertung der standortspezifischen Faktoren angepasst. Für diese Anpassung wurden zusätzlich die solare Einstrahlung (Strahlung) und Trockenheit (Referenzverdunstung) berücksichtigt. Die Studie basierte auf der Ausdehnung der LN aus dem Jahr 2023 (BLW, 2023), die sich aus den bundesweiten einzelbetrieblichen Flächendaten zusammensetzt und den landwirtschaftlich genutzten, direktzahlungsberechtigten Flächen entspricht. Da die Einzelbetriebsdaten kantonal unterschiedlich strukturiert waren und keiner einheitlichen Geodatenstruktur entsprachen, wurden sie zu einem schweizweit konsistenten Datensatz harmonisiert. Alle Geodaten wurden auf eine räumliche Auflösung von 25×25m standardisiert und in das nationale Schweizer Projektionssystem (CH1903+LV95) projiziert. Die Verarbeitung der Geodaten und Berechnungen wurde in einem ArcGIS Pro Geodatenmodell durchgeführt (Esri, 2022).

Modellierung der Referenzerträge

Die Modellierung der Graserträge erfolgte auf Grundlage der GRUD2017 (Huguenin-Elie *et al.*, 2017), welche durchschnittliche Erträge und deren Streuung in Dezitonnen Trockensubstanz pro Hektar und Jahr ausweist ($\text{dt TS ha}^{-1} \text{a}^{-1}$). Die in dieser Arbeit als Referenzerträge ausgewiesenen Erträge wurden als Funktion der Höhe ü.M. modelliert, wodurch sich für jede Nutzungsart und -intensität ein durchschnittlich erzielbarer Ertrag pro Höhenstufe abschätzen lässt. Im Rahmen dieser Berechnung wurden die in der LN als Grasland ausgewiesenen Flächen (Wiesen und Weiden) zuerst anhand von Expertenwissen in Nutzungsintensitätsstufen eingeteilt. Die Zuordnung der landwirtschaftlichen Nutzungsflächen-Codes (LNF-Codes) orientierte sich dabei an Huguenin-Elie *et al.* (2017) und umfasste die Stufen «intensiv», «mittel-intensiv», «wenig-intensiv» und «extensiv» (Tab. 1). Zur Ableitung höhenspezifischer Erträge wurde das digitale Höhenmodell der Schweiz (DHM25) herangezogen (Swisstopo, 2022). Die Verknüpfung der Höheninformationen mit den Grasflächen erfolgte mittels räumlicher Overlay-Analyse mit dem DHM25. Bei der Grasernte fallen zudem durch Anwelken oder Bodentrocknung Feldverluste an, die in der Schätzung der Referenzerträge bereits berücksichtigt werden. Die-

se sind abhängig von der Nutzungsart, sowie von den eingesetzten Konservierungsverfahren (u.a. Eingrasen, Silage, Belüften oder Trocknen), die wiederum von der Nutzungsintensität beeinflusst werden. Insgesamt liegen sie zwischen 6,25 % und 40 % (Frick *et al.*, 1999; Frick & Ammann, 2000; LBL, 2000). Auch während der Lagerung des Grases treten Verluste auf. Diese werden in der GRUD nicht berücksichtigt, da für die Düngungsempfehlungen lediglich der Biomass-Export vom Feld relevant ist und nicht die Futterproduktion. Zur vollständigen Abbildung der entstehenden Verluste (Borreani *et al.*, 2018; Resch *et al.*, 2024) wurden daher zusätzlich Lagerungsverluste von 5 % einkalkuliert (Agridea & BLW, 2023). Die modellierten Referenzerträge wurden entsprechend um diese Verluste reduziert.

Standortbedingte Bewertung

Die Graserträge variieren nicht nur auf Grund von Nutzungsart, -intensität und Höhenstufe, sondern werden auch durch standortspezifische Boden- und Klimabedingungen zusätzlich beeinflusst. In der GRUD werden diese potenziellen Ertragsunterschiede als relative Abweichungen von ± 15 % gegenüber dem durchschnittlichen Referenzertrag ausgewiesen (Huguenin-Elie *et al.*, 2017). Diese Variabilität der Erträge wurde im Modell durch die Strahlung und die Trockenheit berücksichtigt, die das Graswachstum begünstigen, beziehungsweise limitieren können.

Im vorliegenden Kontext wurde die Exposition (Swisstopo, 2024) als bestimmender Faktor für die einfallende Strahlungsmenge berücksichtigt. Die Variation der Strahlung beeinflusst das Temperaturregime an der Oberfläche, die Verdunstungsmenge und die Bodenfeuchtigkeit (Bennie *et al.*, 2008; Liefering *et al.*, 2019), wodurch Wachstum und Produktivität der Grasbestände massgeblich bestimmt werden (Gong *et al.*, 2008). Des Weiteren wurde die Trockenheit auf Basis der langjährigen Referenzverdunstung nach Calanca *et al.* (2022) als zusätzlicher Standortfaktor miteinbezogen, da die Ertragsmenge des Graslands auf Trockenheit reagiert (Deléglise *et al.*, 2015; Lüscher *et al.*, 2022). Calanca *et al.* (2022) konnten zeigen, dass die jährlichen Schwankungen der Graserträge auf nationaler Ebene sehr gut mit den entsprechenden Schwankungen der relativen Verdunstung korrelieren, die häufig zur Beschreibung der Dürreintensität verwendet wird.

Beide Standortfaktoren wurden in je drei Klassen eingeteilt: günstig (Kategorie 1), mässig-günstig (Kategorie 2) und ungünstig (Kategorie 3). Die Klassifikation der Exposition (Swisstopo, 2024) erfolgte wie folgt: günstig (Kategorie 1, 135°–225°), mässig-günstig (Kategorie 2,

45°–135° und 225°–315°) und ungünstig (Kategorie 3, 315°–45°). Die Trockenheit wurde folgendermassen klassifiziert: günstig (Kategorie 1, Werte > 0,9, Realisierung von über 90 % des theoretisch erreichbaren Ertrags), mässig-günstig (Kategorie 2, Werte 0,7 – 0,9, zwischen 70 % und 90 % des maximalen Ertrags kann erreicht werden) sowie ungünstig (Kategorie 3, Werte < 0,7, Realisierung von weniger als 70 % des maximal möglichen Ertrags).

Für jedes Pixel wurden die Kategorien der beiden Standortfaktoren nach dem Minimalprinzip verknüpft, was eine Einstufung der Grasflächen in die Kategorien günstig, mässig-günstig und ungünstig ermöglichte. Die Zuordnung erfolgte auf Grundlage eines Entscheidungsmodells, wobei für jedes Pixel die jeweils restriktivste Ausprägung der Standortbedingungen hinsichtlich

Strahlung und Trockenheit ausschlaggebend war. Ausgehend vom berechneten Referenzertrag wurde die standortspezifische Ertragshöhe je Pixel berechnet. So wurde bei günstigen Standortbedingungen (Kategorie 1) der berechnete Referenzertrag um 15 % erhöht (Multiplikation mit dem Faktor 1,15), da an diesen Standorten auf Grund vorteilhafter Wachstumsbedingungen höhere Erträge erzielt werden können. Unter ungünstigen Standortbedingungen (Kategorie 3) erfolgte eine Reduktion des Referenzertrages (Multiplikation mit dem Faktor 0,85). Die Standortfaktoren bedingen somit unmittelbar die angenommenen maximalen Abweichungen von 15 % vom Referenzertrag. Bei mässig-günstigen Standortbedingungen (Kategorie 2) blieb der in der GRUD ausgewiesene Referenzertrag unverändert.

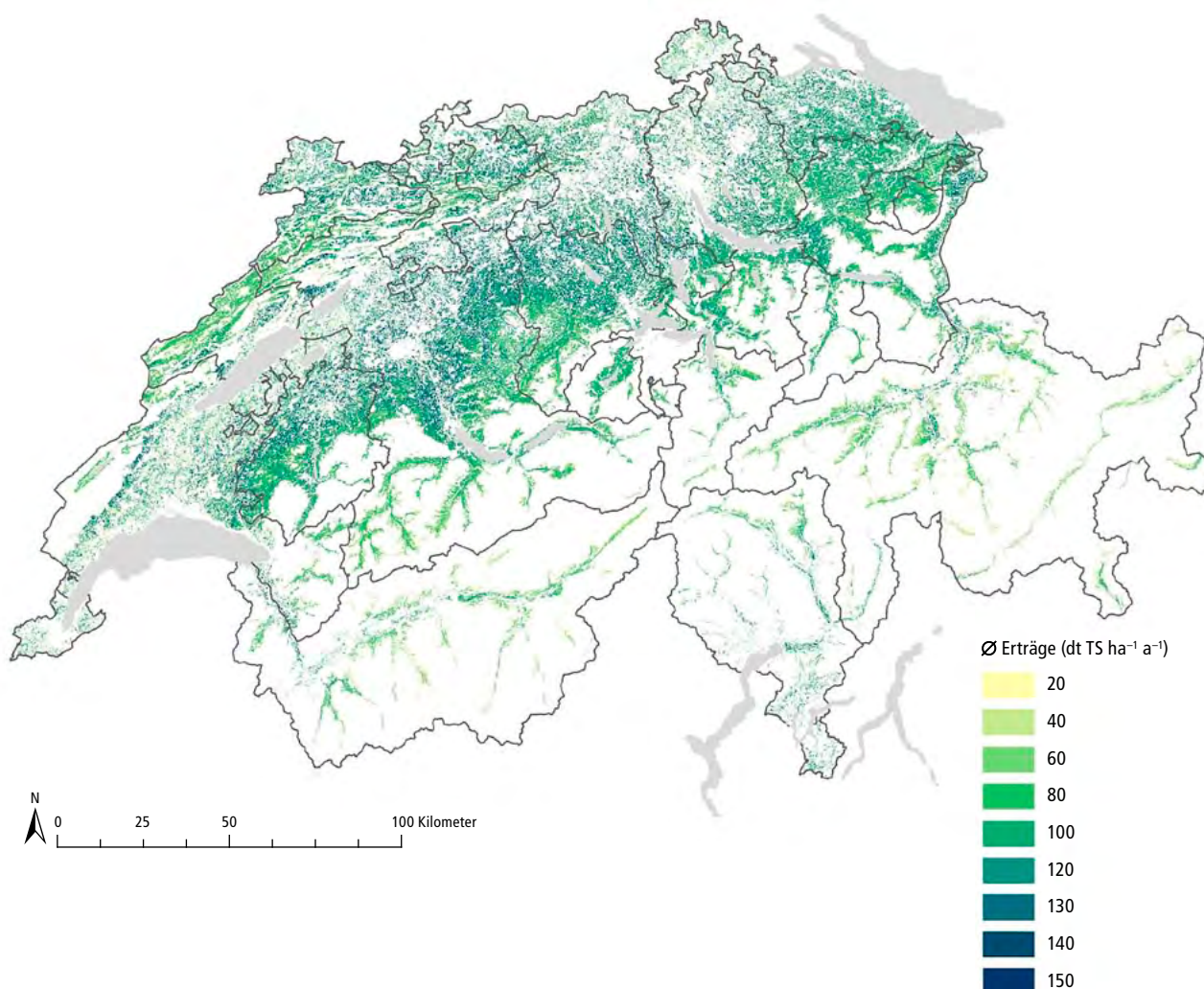


Abbildung 1 | Räumliche Verteilung der mittleren Erträge im Grasland (dt TS ha⁻¹ a⁻¹) der landwirtschaftlichen Nutzfläche gemäss GRUD abzüglich 5 % Lagerverluste für das Jahr 2023 unter Berücksichtigung der Standortfaktoren Strahlung und Trockenheit. Die Erträge sind in einer räumlichen Auflösung von 25 × 25 m dargestellt.

Resultate

Grasland heute: Nutzung und räumliche Verteilung der Erträge

Die Graslandnutzung erstreckt sich von der Talzone, die mehrheitlich von intensiv genutzten Kunstwiesen geprägt ist, bis in ertragsarme Alpgebiete, in denen Dauergrünland dominiert (Abb. 1). Gemäss unserer Einteilung in Nutzungsintensitäten sind mittel-intensiv genutzte Wiesen (346457 ha, 48 %, «übrige Dauerwiesen») und intensiv genutzte Wiesen (120888 ha, 17 %) flächenmässig am weitesten verbreitet, gefolgt von wenig-intensiven Wiesen (14685 ha, 2 %). Weiden werden zu 13 % intensiv (93 124 ha) und zu 12 % extensiv (56687 ha) genutzt (Tab. 1). Die untersuchten Wiesen- und Weideflächen – exklusive Sömmerungsflächen – liefern, gemäss den Modellierungen, einen Referenzertrag

von circa 60 Mio. dt TS a⁻¹ auf einer Gesamtfläche von etwa 726000 ha (Stand: 2023). Unter Berücksichtigung der Standortfaktoren beträgt der Gesamtertrag rund 57 Mio. dt TS a⁻¹. Abhängig von Höhenstufe und Nutzungsintensität reichen die modellierten Flächenenerträge im Mittel von 23 bis 122 dt TS ha⁻¹ a⁻¹, beziehungsweise von 22 bis 116 dt TS ha⁻¹ a⁻¹, unter Einbezug der Standortfaktoren Strahlung und Trockenheit (Tab. 1).

Regionale Ertragsveränderungen nach Standortkorrektur

Deutliche Unterschiede in der Verteilung der Grasenerträge zeigen sich nach standortspezifischer Korrektur durch Strahlung und Trockenheit nicht nur auf lokaler, sondern auch auf regionaler Ebene. Der Effekt der Er-

Tabelle 1 | Überblick über die modellierten mittleren Erträge (dt TS ha⁻¹ a⁻¹) und Gesamterträge (dt TS a⁻¹) im Grasland der landwirtschaftlichen Nutzfläche in Abhängigkeit von Nutzungsart- und intensität sowie Höhe ü. M. Die mittleren Erträge basieren bei 1) auf der GRUD abzüglich 5 % Lagerverluste und bei 2) werden zusätzlich die Standortfaktoren Strahlung und Trockenheit berücksichtigt. Die Werte sind gerundet.

Nutzungsart und -intensität	LNF-Code	Beschreibung der Flächennutzung	Flächen-grösse [ha], [%]	Ø Ertrag¹ [dt TS ha⁻¹ a⁻¹]	Ø Ertrag korrigiert² [dt TS ha⁻¹ a⁻¹]	Gesamt-erträge¹ [dt TS a⁻¹]	Gesamterträge korrigiert² [dt TS a⁻¹]
Wiesen							
intensiv	601	Kunstwiesen (ohne Weiden)	120888 (17)	122	116	14748000	14023000
	602	Übrige Kunstwiese, beitragsberechtigt (z.B. Schweineweide, Geflügelweide)					
	632	Futterleguminosen für die Samenproduktion (Vertragsanbau)					
	631	Futtergräser für die Samenproduktion (Vertragsanbau)					
	697	Übrige Grünfläche (Dauergrünfläche), beitragsberechtigt					
mittel-intensiv	613	Übrige Dauerwiesen (ohne Weiden)	346457 (48)	87	84	30142000	29102000
wenig-intensiv	612	Wenig intensiv genutzte Wiesen (ohne Weiden)	14685 (2)	50	48	734000	705000
extensiv	611	Extensiv genutzte Wiesen (ohne Weiden)	90093 (12)	34	32	3063000	2883000
	694	Regionsspezifische Biodiversitätsfläche (Grünflächen ohne Weiden)					
Weiden							
intensiv	616	Weiden (Heimweiden, übrige Weiden ohne Sömmerungsweiden)	93124 (13)	105	100	9778000	9312000
mittel-intensiv	698	Übrige Grünfläche (Dauergrünflächen), nicht beitragsberechtigt	646 (0)	77	73	49742	47158
wenig-intensiv	625	Waldweiden (ohne bewaldete Fläche)	3240 (0)	41	40	132840	129600
extensiv	617	Extensiv genutzte Weiden	56687 (8)	23	22	1304000	1247000
	618	Waldweiden (ohne bewaldete Fläche)					
	635	Uferwiesen (ohne Weiden)					
	693	Regionsspezifische Biodiversitätsfläche (Weide)					
Total			725820			59952000	57449000

tragsdifferenz zwischen den modellierten Referenzerträgen und den nach der Standortkorrektur angepassten Durchschnittserträgen wird an zwei Beispielen veranschaulicht (Abb. 2). Das erste Beispiel zeigt Grasflächen im Kanton Wallis (Abb. 2a). Die Grasflächen in der Talebene erreichen Ertragswerte von bis zu 130 dt TS ha⁻¹ a⁻¹, die sich mit zunehmender Höhenstufe auf 20 bis 60 dt TS ha⁻¹ a⁻¹ reduzieren. In den oberen Höhenlagen nehmen die durchschnittlichen Erträge nach der Standortkorrektur vereinzelt zu, was vornehmlich auf den günstigen Strahlungswinkel zurückzuführen ist. Die Verringerung der Graserträge in der Talebene lässt sich dahingegen auf den ungünstigen Strahlungswinkel zurückführen, welcher das Pflanzenwachstum beeinträchtigt.

Höchstserträge von 130 dt TS ha⁻¹ a⁻¹ werden auf den betroffenen Flächen nicht mehr erreicht. Ein Großteil der Grasflächen zeigt nach der Standortkorrektur jedoch keine Veränderungen der Erträge. Ein ähnliches Muster zeigt sich im Kanton Bern (Abb. 2b). Der dargestellte Ausschnitt weist einen hohen Anteil an Grasflächen mit hohen Erträgen auf. Diese liegen überwiegend zwischen 100 und 130 dt TS ha⁻¹ a⁻¹. Gleichermassen ist eine Abnahme der Graserträge auf die Kombination von ungünstiger Strahlung mit mässig-günstiger Trockenheit zurückzuführen. Grosse Teile der Grasflächen weisen nach Standortkorrektur keine Veränderungen in den Erträgen auf.

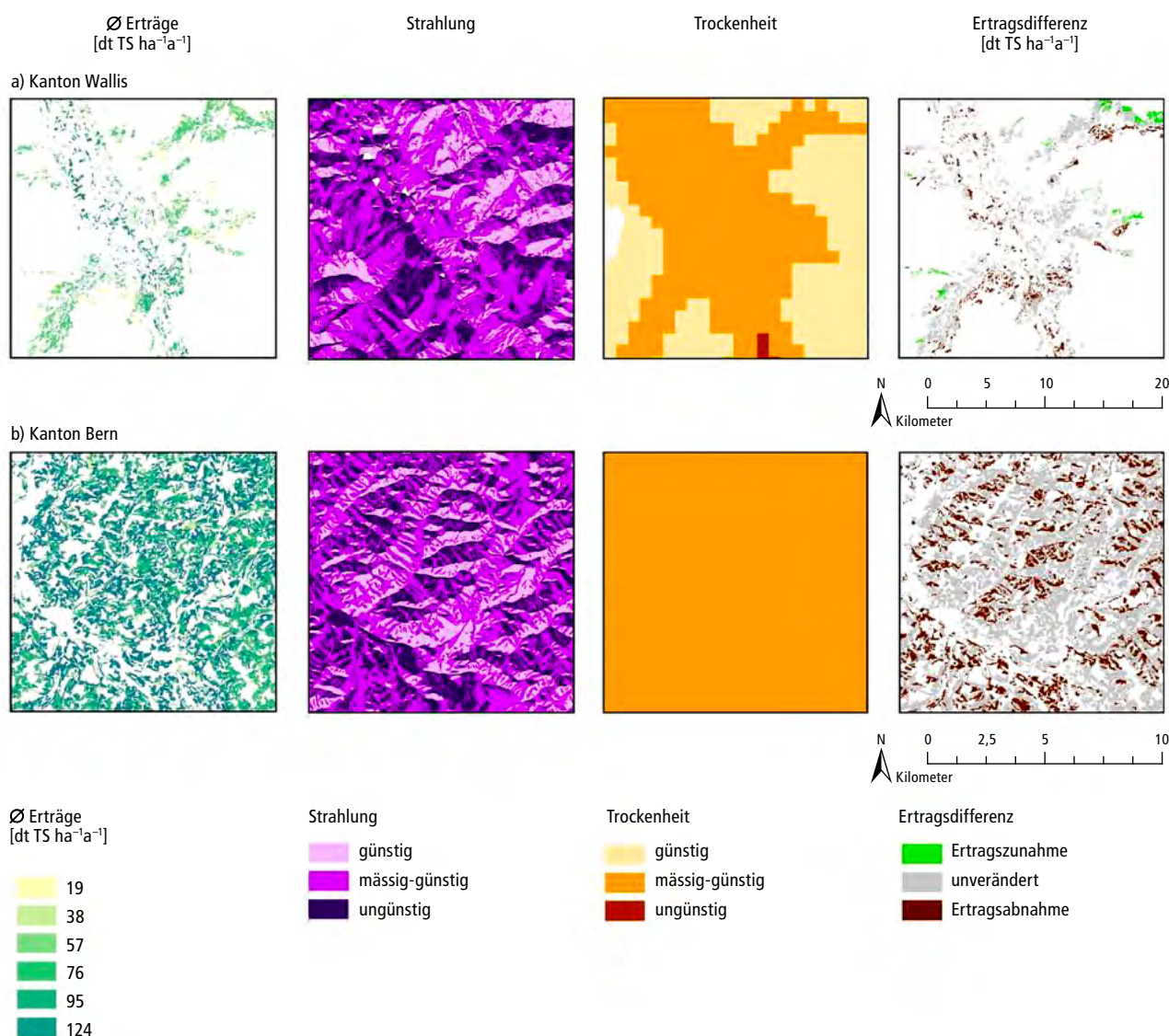


Abbildung 2 | Räumliche Verteilung der mittleren Graserträge (dt TS ha⁻¹ a⁻¹) der landwirtschaftlichen Nutzfläche im Jahr 2023 am Beispiel von zwei Regionen a) im Kanton Wallis und b) im Kanton Bern. Es werden die Referenzerträge, die Standortfaktoren Strahlung und Trockenheit sowie die Ertragsdifferenz zwischen Referenzertrag und standortkorrigiertem Ertrag dargestellt (räumliche Auflösung 25 x 25 m).

Diskussion und Schlussfolgerungen

In dieser Arbeit wurde ein Modellierungsverfahren entwickelt, das basierend auf der Grasfläche und ausgewählten Standortfaktoren eine räumlich differenzierte Ertragsabschätzung von Wiesen und Weiden unterschiedlicher Nutzungsart und -intensität sowie Höhenstufe erlaubt.

Einordnung der Ertragswerte

Die räumliche Analyse ergab ein jährliches Gesamtproduktionspotenzial von ~ 60 Mio. dt TS, beziehungsweise ~57 Mio. dt TS (standortkorrigierte Erträge) auf einer Fläche von rund 726 000 ha. Die modellierten Erträge sind vergleichbar mit den Schätzwerten von Sutter & Reidy (2021), die ebenfalls unter Anwendung der GRUD und einzelbetrieblicher Flächendaten für eine Fläche von 728 000 ha einen Ertrag von 61,9 Mio. dt TS a⁻¹ angeben. Unterschiede in den Erträgen lassen sich in erster Linie auf die unterschiedliche Kategorisierung der Nutzungsintensitätsstufen der landwirtschaftlichen Nutzungsflächen-Codes sowie auf die Flächengrösse zurückführen. Besonders deutlich wird dies bei den intensiv und mittel-intensiv genutzten Wiesen. Während in dieser Studie intensiv genutzte Wiesen etwa 120 888 ha und mittel-intensiv genutzte Wiesen (u.a. «übrige Dauerwiese») etwa 346 457 ha umfassen, sind es bei Sutter & Reidy (2021) rund 244 380 ha (intensiv) sowie 245 530 ha (mittel-intensiv). Die Differenz zum ebenfalls auf dem GRUD-basierenden Ansatz von Stettler und Probst (2023) fällt dahin grösser aus. Für eine Fläche von 685 000 ha schätzten sie Graserträge von rund 53 Mio. dt TS a⁻¹. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die betrachtete Gesamtfläche kleiner ist und der Kunstwiesenanteil, mit lediglich 20 %, geringer angenommen wurde. Gemäss Agristat lagen die tatsächlichen Graserträge im Zeitraum von 2010 bis 2023 zwischen 49 Mio. dt TS a⁻¹ (Agristat, 2011) und 57 Mio. dt TS a⁻¹ (Agristat, 2023). Diese Spannweite lässt sich unter anderem durch wechselnde Witterungsbedingungen von Jahr zu Jahr (Aebischer *et al.*, 2025; Emadodin *et al.*, 2021) und teilweise auch auf den Rückgang der LN und damit der Graslandfläche erklären (BfS, 2025a). Zudem unterlag die landwirtschaftliche Produktion seit dem Jahr 2000 Anpassungen der Agrarpolitik (BLW, 2025), wodurch die Bewirtschaftung von Grasland regional unterschiedlich entweder extensiviert oder intensiviert wurde (Spörri *et al.*, 2023).

Kritische Beurteilung der Ergebnisse

Die Studie stellt einen Ansatz zur Abschätzung von Graslanderträgen dar und ermöglicht räumliche Ertragsmuster detailliert darzustellen. Die Ertragsmodellierung erfolgte auf einer experten-basierten Zuordnung der LNF-Codes zu den jeweiligen Nutzungsintensitäten. Die Gegenüberstellung der Gesamtertragsschätzungen sowie der Flächengrössen der jeweiligen Nutzungsintensitäten zeigt jedoch, dass die höhenabhängigen, flächenspezifischen Erträge je nach Standorteigenschaften in der Praxis von dieser Einstufung abweichen können (Stettler & Probst, 2023; Sutter & Reidy, 2021). Zudem unterliegen die Erträge im Grasland aufgrund wechselnder Witterungsbedingungen jährlichen Schwankungen (Agristat, 2011, 2016, 2021, 2023), die in der vorliegenden Studie nicht abgebildet werden können. Im Rahmen dieser Studie wurden nur zwei von zahlreichen potenziellen Standortfaktoren in die Quantifizierung einbezogen. Neben der Strahlung und der Trockenheit können jedoch weitere Einflussgrössen die Erträge und deren räumliche Muster beeinflussen. Ähnlich wie Trockenheit, wirkt sich auch Staunässe negativ auf das Graswachstum und damit auf die Erträge aus (Frisk *et al.*, 2022; Nichols, 2024). Auch die Gründigkeit des Bodens (Mosimann, 2005) sowie dessen Qualität und weitere Bodenparameter können eine wichtige Rolle spielen. Darüber hinaus können Schäden am Pflanzenbestand, die zum Beispiel durch Trittschäden bei Beweidung – insbesondere an steilen Hängen – verursacht werden, zu Produktivitätseinbussen führen. Des Weiteren können auch biotische Stressfaktoren zu Ertragsverlusten beitragen (Bogunovic *et al.*, 2022; Centeri, 2022; Klötzli *et al.*, 2024; Milazzo *et al.*, 2023). In zukünftigen Anwendungen könnte daher der hier vorgeschlagene Ansatz um weitere Standortfaktoren erweitert werden. Auch könnte die bisher betrachtete Kategorisierung (günstig, mässig günstig und ungünstig) zu einer differenzierteren Einstufung (Holzkämper & Fuhrer, 2015) bis hin zu einer kontinuierlichen Bewertungsskala übergehen.

Aspekte der Futterqualität wurden in dieser Arbeit nicht bewertet, sie spielt aber für die Effizienz der Wiederkäuer-Produktionssysteme eine entscheidende Rolle (Wróbel *et al.*, 2025). Auch wurden die Lagerverluste pauschal auf 5% festgelegt, obwohl diese je nach Produktions- und Konservierungsverfahren unterschiedlich ausfallen können. Gleichermassen wurden Wirkungen von Klimaveränderungen auf die Grasproduktion nicht in die Modellierung integriert (Batbaatar *et al.*, 2023; Gilgen & Buchmann, 2009; Vogel *et al.*, 2012). Der Trend

zu zunehmend trockeneren Sommern in der Schweiz (MeteoSwiss & ETH Zurich, 2025; Rassl et al., 2022; Scherrer et al., 2022) könnte langfristig grosse Auswirkungen auf die Ertragsmenge und die Qualität des Futters haben (Erdin, 2018; Meisser et al., 2013; Michel & Seneviratne, 2021; Mosimann et al., 2013). Abschätzungen der Graserträge im Kontext des Klimawandels sind für die Diskussion von Anpassungsmassnahmen wichtig und sollten in Folgearbeiten integriert werden.

Überdies empfehlen Barrachina et al. (2015) die Verwendung von hochaufgelösten Wetterdaten, um die interannuelle und intrasaisonale Variabilität in den Erträgen abzubilden. Der Trockenheitsindex (Calanca et al., 2022) geht einen ersten Schritt in diese Richtung, indem er es ermöglicht, regionale klimatische Unterschiede bei der Ertragsschätzung zu berücksichtigen. Da sich die Berechnung des Trockenheitsindex auf Klimadaten mit einer räumlichen Auflösung von 1 × 1 km (Meteo Schweiz 2021) stützt, werden kleinräumige Ertragsmuster nur eingeschränkt sichtbar. Ebenso wurden bodenspezifische Parameter sowie jährliche Niederschlags- oder Temperaturdynamiken nicht berücksichtigt. Die Wasserverfügbarkeit hängt jedoch stark von der Bodenbeschaffenheit, der Bodenbedeckung und von der Hangneigung ab. Werden diese Aspekte nicht berücksichtigt, führt dies unweigerlich zu einer mehr oder weniger starken Verzerrung der tatsächlichen Gegebenheiten. So ist anzunehmen, dass das reale Wasserdefizit auf durchlässigen Kalksteinböden, zum Beispiel im Jura (Meisser et al., 2013), höher ausfallen würde als durch die alleinige Betrachtung der relativen Verdunstung. Die Interpretation der in dieser Arbeit vorgestellten regionalen Grasertragsmuster sollte daher mit Bedacht erfolgen.

Ausblick

Die vorliegende Studie ist ein erster Schritt in Richtung einer systematischen, räumlichen Schätzung der Graserträge sowie der Identifikation von regionalen Ertragsmustern, aus denen Handlungsempfehlungen für Praxis und Politik abgeleitet werden können. Auf dieser Basis liesse sich beispielsweise ein lokal angepasster Tierbesatz bei einer (rein) grasbasierten Fütterung abschätzen (Stettler & Probst, 2023) oder Futtersysteme neu konfigurieren. Darüber hinaus kann dieser Ansatz auch als Planungstool dienen, um Bewirtschaftenden und Entscheidungsträgern eine umfassende Bewertung der Verfügbarkeit von Grasmengen zu ermöglichen (Martin et al., 2011). Dies kann eine gezielte Steuerung der Landnutzung unterstützen, beispielsweise bei der Planung betrieblicher Arbeitsvorgänge im Rahmen digitaler Hofmanagementsysteme (El Benni et al., 2020). Parallel zu dieser flächen-spezifischen Ertragsschätzung rücken Methoden, die Graserträge räumlich spezifisch und dynamisch erfassen, immer stärker in den Fokus. So zeigen Studien, dass Fernerkundungstechniken auf Basis von Vegetationsindizes in Kombination mit biophysikalischen Parametern und Bewirtschaftungscharakteristiken die Erträge im Grasland immer besser abschätzen können (Ali et al., 2018; Barrachina et al., 2015; Dusseux et al., 2022; Eder et al., 2023). Diese Entwicklungen eröffnen zusätzliche Möglichkeiten, die regionale Heterogenität der Grasproduktion zukünftig noch genauer zu erfassen.

Data Availability Statement

Die im Rahmen dieser Studie generierten und analysierten Daten sind auf Zenodo, Agroscope Community offen verfügbar, <https://doi.org/10.5281/zenodo.21233080>. ■

Literatur

- Aebischer, P., Kramer, K., Felten, C., Klöcker, D., Conter, G., Schori, F., Calanca, P., & Reidy, B. (2025). Understanding grassland productivity: A modelling perspective. *Grassland Science in Europe*. <https://doi.org/10.24451/dspace/12146>
- Agridea, & BLW. (2023). *Wegleitung Suisse-Bilanz*. https://agridea.abacuscity.ch/abauserimage/Agridea_2_Free/2724_2_D.pdf?xet=1749010373016
- Agristat, (Statistik der Schweizer Landwirtschaft). (2011). *Statistische Erhebungen und Schätzungen über Landwirtschaft und Ernährung*. https://www.sbv-usp.ch/fileadmin/sbvuspch/04_Medien/Publikationen/SES/Archiv/SES_2011-88.pdf
- Agristat, (Statistik der Schweizer Landwirtschaft). (2016). *Statistische Erhebungen und Schätzungen über Landwirtschaft und Ernährung. Kapitel 2 Pflanzenbau. Statistische Erhebungen und Schätzungen über Landwirtschaft und Ernährung. Schweizer Bauernverband*. https://www.sbv-usp.ch/fileadmin/sbvuspch/04_Medien/Publikationen/SES/Archiv/SES_2016-93.pdf
- Agristat, (Statistik der Schweizer Landwirtschaft). (2021). *Statistische Erhebungen und Schätzungen über Landwirtschaft und Ernährung. Kapitel 2 Pflanzenbau. Statistische Erhebungen und Schätzungen über Landwirtschaft und Ernährung. Schweizer Bauernverband*. https://www.sbv-usp.ch/fileadmin/user_upload/SES_2021-98.pdf
- Agristat, (Statistik der Schweizer Landwirtschaft). (2023). *Statistische Erhebungen und Schätzungen über Landwirtschaft und Ernährung. Kapitel 2 Pflanzenbau. Statistische Erhebungen und Schätzungen über Landwirtschaft und Ernährung. Schweizer Bauernverband*. https://www.sbv-usp.ch/fileadmin/sbvuspch/04_Medien/Publikationen/SES/Archiv/SES_2023-100.pdf
- Agristat, (Statistik der Schweizer Landwirtschaft). (2024). *Statistische Erhebungen und Schätzungen über Landwirtschaft und Ernährung*. https://www.sbv-usp.ch/fileadmin/sbvuspch/04_Medien/Publikationen/SES/Archiv/SES_2024-101.pdf

- Ali, F., Mann, S., & Zimmermann, A. (2018). An evaluation of Swiss agriculture's contribution to food security with decision support system for food security strategy. *British Food Journal*, **120**. <https://doi.org/10.1108/BFJ-12-2017-0709>
- Allen, V. G., Batello, C., Berretta, E. J., Hodgson, J., Kothmann, M., Li, X., McIvor, J., Milne, J., Morris, C., Peeters, A., Sanderson, M., & The Forage and Grazing Terminology Committee. (2011). An international terminology for grazing lands and grazing animals. *Grass and Forage Science*, **66**(1), 2–28. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2010.00780.x>
- Bai, Y., & Cotrufo, M. F. (2022). Grassland soil carbon sequestration: Current understanding, challenges, and solutions. *Science*, **377**(6606), 603–608. <https://doi.org/10.1126/science.abc2380>
- Barrachina, M., Cristóbal, J., & Tulla, A. F. (2015). Estimating above-ground biomass on mountain meadows and pastures through remote sensing. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, **38**, 184–192. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2014.12.002>
- Batbaatar, A., Carlyle, C. N., Bork, E. W., Chang, S. X., & Cahill, J. F. (2023). Differential sensitivity of above- and belowground plant biomass to drought and defoliation in temperate grasslands. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **356**, 108660. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108660>
- Bennie, J., Huntley, B., Wiltshire, A., Hill, M. O., & Baxter, R. (2008). Slope, aspect and climate: Spatially explicit and implicit models of topographic microclimate in chalk grassland. *Ecological Modelling*, **216**(1), 47–59. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2008.04.010>
- BFS, (Bundesamt für Statistik). (2024). *Landwirtschaftliche Nutzfläche ohne Sömmerungsweiden* [Dataset]. <https://dam-api.bfs.admin.ch/hub/api/dam/assets/35270943/master>
- BFS, (Bundesamt für Statistik). (2025a). *Bodennutzung, -bedeckung. Arealstatistik Schweiz*. BFS-Arealstatistik. <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/raum-umwelt/bodennutzung-bedeckung.html>
- BFS, (Bundesamt für Statistik). (2025b). *Strukturen*. <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/land-forstwirtschaft/landwirtschaft/strukturen.html>
- BLW, (Bundesamt für Landwirtschaft). (2023). *Nutzungsflächen – Minimale Geodatenmodelle Landwirtschaftliche Bewirtschaftung* [Dataset].
- BLW, (Bundesamt für Landwirtschaft). (2024). *Agrarbericht 2024*. <https://www.agrarbericht.ch/de/produktion/standortangepasste-produktion/grasland-schweiz?highlight=s%C3%B6mmerung>
- BLW, (Bundesamt für Landwirtschaft). (2025). *Agrarbericht 2025*. <https://www.agrarbericht.ch/de>
- Bogunovic, I., Kljak, K., Dugan, I., Grbeša, D., Telak, L. J., Duvnjak, M., Kisic, I., Solomun, M. K., & Pereira, P. (2022). Grassland Management Impact on Soil Degradation and Herbage Nutritional Value in a Temperate Humid Environment. *Agriculture*, **12**(7). <https://doi.org/10.3390/agriculture12070921>
- Borreani, G., Tabacco, E., Schmidt, R. J., Holmes, B. J., & Muck, R. E. (2018). Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *Journal of Dairy Science*, **101**(5), 3952–3979. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13837>
- Bundesrat. (2022). *Zukünftige Ausrichtung der Agrarpolitik. Bericht des Bundesrates in Erfüllung der Postulate 20.3931 der WAK-S vom 20. August 2020 und 21.3015 der WAK-N vom 2. Februar 2021*. <https://www.news.admin.ch/news/message/attachments/72187.pdf>
- Calanca, P., Wüst-Galley, C., Giuliani, S., & Erdin, D. (2022). *Auswirkungen der Trockenheit auf die Produktivität des Schweizer Grünlands*. <https://doi.org/10.34776/AFS13-155>
- Centeri, C. (2022). Effects of Grazing on Water Erosion, Compaction and Infiltration on Grasslands. *Hydrology*, **9**(2). <https://doi.org/10.3390/hydrology9020034>
- Deléglise, C., Meisser, M., Mosimann, E., Spiegelberger, T., Signarbieux, C., Jeangros, B., & Buttler, A. (2015). Drought-induced shifts in plants traits, yields and nutritive value under realistic grazing and mowing managements in a mountain grassland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **213**, 94–104. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.07.020>
- Dusseux, P., Guyet, T., Pattier, P., Barbier, V., & Nicolas, H. (2022). Monitoring of grassland productivity using Sentinel-2 remote sensing data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, **111**, 102843. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2022.102843>
- Eder, E., Riegler-Nurscher, P., Prankl, J., & Prankl, H. (2023). Grassland Yield Estimation Using Transfer Learning from Remote Sensing Data. *KI - Künstliche Intelligenz*, **37**(2–4), 187–194. <https://doi.org/10.1007/s13218-023-00814-9>
- El Benni, N., Ryser, U., Mattmann, M., Abt, F., Paupe, L., & Gusset, M. (2020). *Die Charta zur Digitalisierung der Schweizer Land- und Ernährungswirtschaft: Digitalisierung*. <https://doi.org/10.34776/AFS11-91>
- Emadodin, I., Corral, D. E. F., Reinsch, T., Kluß, C., & Taube, F. (2021). Climate Change Effects on Temperate Grassland and Its Implication for Forage Production: A Case Study from Northern Germany. *Agriculture*, **11**(3). <https://doi.org/10.3390/agriculture11030232>
- Erdin, D. (2018). Das Trockenjahr 2018 2018, année de sécheresse. *AGRISTAT*. https://www.sbv-usp.ch/fileadmin/sbvuspch/04_Medien/Agristat_aktuell/2018/Aktuell_AGRISTAT_2018-11.pdf
- Esri. (2022). Copyright © 1995–2023 Esri. All rights reserved [Software].
- Frick, R., & Ammann, H. (2000). *Futterwerbung mit dem Schwadwender. Geringere Verluste, besseres Raufutter, längere Trocknungszeit*. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/Page/Einzelpublikation/Download?einzelpublikationid=20046>
- Frick, R., Ammann, H., Wyss, U., & Daccord, R. (1999). *Einsatz von Intensivauflbereitern in der Futterwerbung* (FAT-Berichte No. 532).
- Frisk, C. A., Xistris-Songpanya, G., Osborne, M., Biswas, Y., Melzer, R., & Yearsley, J. M. (2022). Phenotypic variation from waterlogging in multiple perennial ryegrass varieties under climate change conditions. *Frontiers in Plant Science*, **13**. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.954478>
- Gilgen, A. K., & Buchmann, N. (2009). Response of temperate grasslands at different altitudes to simulated summer drought differed but scaled with annual precipitation. *Biogeosciences*, **6**(11), 2525–2539. <https://doi.org/10.5194/bg-6-2525-2009>
- Gong, X., Brueck, H., Giese, K. M., Zhang, L., Sattelmacher, B., & Lin, S. (2008). Slope aspect has effects on productivity and species composition of hilly grassland in the Xilin River Basin, Inner Mongolia, China. *Journal of Arid Environments*, **72**(4), 483–493. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2007.07.001>
- Holzkämper, A., & Fuhrer, J. (2015). Wie sich der Klimawandel auf den Maisanbau in der Schweiz auswirkt. *Agrarforschung Schweiz*, **6**(10). https://www.agrarforschungschweiz.ch/wp-content/uploads/2019/12/2015_10_2107.pdf
- Huguenin-Elie, O., Mosimann, E., Schlegel, P., Lüscher, A., Kessler, W., & Jeangros, B. (2017). 9/Düngung von Grasland. *Agrarforschung Schweiz*, **9**. https://www.agrarforschungschweiz.ch/wp-content/uploads/2019/12/2017_06_2302.pdf
- Klötzli, J., Suter, M., Beaumont, D., Kolmanič, A., Leskovšek, R., Schaffner, U., Storkey, J., & Lüscher, A. (2024). Finding a needle in a haystack: Case-control studies can identify measures to prevent weeds in grassland. In *EGF 2024. Why grasslands?* https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/pflanzenbau/futterbau-grasland/publikationen/_jcr_content/par/externalcontent.bitexternalcontent.exturl.pdf/aHR0cHM6Ly9p-cmEuYWdyb3Njb3BILmNoL2l0LUNIL1BhZ2UvRWVuemVscHVibGlrYXRpb-24vRG93bmVYWQ_ZWluemVscHVibGlrYXRpb25JZD02MTA1OQ==.pdf
- Knop, E., Kleijn, D., Herzog, F., & Schmid, B. (2006). Effectiveness of the Swiss agri-environment scheme in promoting biodiversity. *Journal of Applied Ecology*, **43**(1), 120–127. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01113.x>
- LBL, (Landwirtschaftliche Beratungszentrale Lindau). (2000). *Betriebsplanung*.
- Liewering, M., Newton, P. C. D., Brock, S. C., & Theobald, P. W. (2019). Some effects of topographic aspect on grassland responses to elevated CO₂. *Plant Production Science*, **22**(3), 345–351. <https://doi.org/10.1080/1343943X.2019.1587301>
- Lüscher, A., Barkaoui, K., Finn, J. A., Suter, D., Suter, M., & Voltaire, F. (2022). Using plant diversity to reduce vulnerability and increase drought resilience of permanent and sown productive grasslands. *Grass and Forage Science*, **77**(4), 235–246. <https://doi.org/10.1111/gfs.12578>

- Lüscher, A., Grieder, C., Huguenin-Elie, O., Klaus, V., Reidy, B., Schneider, M. K., Schubiger, F., Suter, D., Suter, M., & Kölliker, R. (2019). *Grassland systems in Switzerland with a main focus on sown grasslands* [Application/pdf]. 14 p. <https://doi.org/10.3929/ETHZ-B-000353583>
- Martin, G., Durand, J.-L., Duru, M., Gastal, F., Julier, B., Litrico, I., Louarn, G., Médiène, S., Moreau, D., Valentin-Morison, M., Novak, S., Parnaudeau, V., Paschalidou, F., Vertès, F., Voisin, A.-S., Cellier, P., & Jeuffroy, M.-H. (2020). Role of ley pastures in tomorrow's cropping systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 40(3), 17. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00620-9>
- Meisser, M., Deléglise, C., Mosimann, E., Jeangros, B., Signarbieux, C., Mills, R., Schlegel, P., & Buttler, A. (2013). Auswirkungen einer ausgeprägten Sommer-trockenperiode auf eine montane Dauerweide im Jura. *Agrarforschung Schweiz*, 4, 476–483.
- MeteoSchweiz. (2021). *MeteoSwiss Spatial Climate Analyses: Documentation of Datasets for Users*. https://www.meteoschweiz.admin.ch/dam/jcr:215c313a-dc13-4b67-bca0-dbd966597f9a/2024-ProdDoc_Cover-dfie.pdf
- MeteoSwiss, & ETH Zurich. (2025). *Climate CH2025 Scientific Report*. <https://doi.org/10.18751/climate/scenarios/ch2025/sr/1.0/>
- Michel, D., & Seneviratne, S. I. (2021). *Alpine Humid Grassland Site: Dataset Overview, Drought Responses, and Effects of Land Management*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3997592>
- Milazzo, F., Francksen, R. M., Abdalla, M., Enri, S. R., Zavattaro, L., Pittarello, M., Hejduk, S., Newell-Price, P., Schils, R. L. M., Smith, P., & Vanwalleghem, T. (2023). An Overview of Permanent Grassland Grazing Management Practices and the Impacts on Principal Soil Quality Indicators. *Agronomy*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/agronomy13051366>
- Mosimann, E. (2005). Caractéristiques des pâturages pour vaches laitières dans l'ouest de la Suisse. *Revue suisse d'agriculture*, 37(3), 99–106. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/6315>
- Mosimann, E., Deléglise, C., Demenga, M., Frund, D., Sinaj, S., & Charles, R. (2013). Wasserverfügbarkeit und Futterproduktion im Ackerbaugesbiet. *Agrarforschung Schweiz*, 4(11–12), 468–475.
- Nichols, S. (2024). *Impact of waterlogging on growth of perennial ryegrass* [Report]. Bioeconomy Science Institute, AgResearch Group. <https://doi.org/10.57935/AGR.28030673.v1>
- Petermann, J. S., & Buzhdygan, O. Y. (2021). Grassland biodiversity. *Current Biology*, 31(19), R1195–R1201. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.06.060>
- Rassel, A., Michel, D., Hirschi, M., Duguay-Tetzlaff, A., & Seneviratne, S. I. (2022). Climatological Drought Monitoring in Switzerland Using EUMETSAT SAF Satellite Data. *Remote Sensing*, 14(23), 5961. <https://doi.org/10.3390/rs14235961>
- Reinermann, S., Boos, C., Kaim, A., Schucknecht, A., Asam, S., Gessner, U., Annuth, S. H., Schmitt, T. M., Koellner, T., & Kiese, R. (2025). *Grassland yield estimations – potentials and limitations of remote sensing, process-based modelling and field measurements*. Remote Sensing: Terrestrial. <https://doi.org/10.5194/egusphere-2024-4087>
- Resch, R., Thaysen, J., & Köhler, B. (2024). *Review zu TM-Verlusten an Gras- und Feldfutterprodukten in den Phasen Ernte, Konservierung, Lagerung, Entnahme und Futtervorlage*. (78. ALVA-Tagung, Hotel Heffterhof, Salzburg, 2024). https://raumberg-gumpenstein.at/downloads/FODOK/2024/fodok_2_29962_2024_alva_review_tm_verluste_gras_und_feldfutterprodukte_resch_thaysen_k_hler.pdf
- Scherrer, S. C., Hirschi, M., Spirig, C., Maurer, F., & Kotlarski, S. (2022). Trends and drivers of recent summer drying in Switzerland. *Environmental Research Communications*, 4(2), 025004. <https://doi.org/10.1088/2515-7620/ac4fb9>
- Schweizerisches Bauernsekretariat. (1990). *Statistische Erhebungen und Schätzungen über Landwirtschaft und Ernährung. 67. Jahreshft*. https://www.sbv-usp.ch/fileadmin/sbvuspch/04_Medien/Publikationen/SES/Archiv/SES_1990-67.pdf
- Spörri, M., El Benni, N., Mack, G., & Finger, R. (2023). Spatio-temporal dynamics of grassland use intensity in Switzerland. *Regional Environmental Change*, 23(1), 23. <https://doi.org/10.1007/s10113-022-02023-w>
- Stettler, A., & Probst, S. (2023). Wie viele Nutztiere braucht die Schweiz zur optimalen Landnutzung? *Agrarforschung Schweiz*, 14. <https://doi.org/10.34776/AFS14-236>
- Stockmann, U., Adams, M. A., Crawford, J. W., Field, D. J., Henakaarchchi, N., Jenkins, M., Minasny, B., McBratney, A. B., Courcelles, V. D. R. D., Singh, K., Wheeler, I., Abbott, L., Angers, D. A., Baldock, J., Bird, M., Brookes, P. C., Chenu, C., Jastrow, J. D., Lal, R., ... Zimmermann, M. (2013). The knowns, known unknowns and unknowns of sequestration of soil organic carbon. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 164, 80–99. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.10.001>
- Sutter, M., & Reidy, B. (2021). *Teilevaluation «Nationale Suisse-Bilanz – Fokus Selbstdeklaration» mit ergänzenden Validierungsarbeiten für die Erträge Futterbau*. <https://www.aramis.admin.ch/?DocumentID=67604>
- Swisstopo (Hrsg.). (2022). *DHM 25. Das digitale Höhenmodell der Schweiz*. <https://backend.swisstopo.admin.ch/fileservice/sdweb-docs-prod-swisstopo-files/files/2023/11/14/fe65089f-4a10-4972-a24b-d8e3c97fa466.pdf, von 2005>
- Swisstopo. (2024). *swissALTI3D*. <https://www.swisstopo.admin.ch/de/hoehenmodell-swissalti3d>
- Veen, P., Jefferson, R., Smidt, J. de, & Straaten, J. van der. (2014). Grasslands in Europe: Of High Nature Value. In *Grasslands in Europe*. KNNV Publishing. <https://brill.com/display/title/25573>
- Vogel, A., Scherer-Lorenzen, M., & Weigelt, A. (2012). Grassland Resistance and Resilience after Drought Depends on Management Intensity and Species Richness. *PLOS ONE*, 7(5), e36992. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036992>
- Weber, D., Schwieder, M., Ritter, L., Koch, T., Psomas, A., Huber, N., Ginzler, C., & Boch, S. (2024). Grassland-use intensity maps for Switzerland based on satellite time series: Challenges and opportunities for ecological applications. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 10(3), 312–327. <https://doi.org/10.1002/rse2.372>
- Wilson, J. B., Peet, R. K., Dengler, J., & Pärtel, M. (2012). Plant species richness: The world records. *Journal of Vegetation Science*, 23(4), 796–802. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2012.01400.x>