



Schätzung von Futterertrag und -qualität mittels multispektraler Messungen – erste Erkenntnisse

Alexander Dovas, Samireh Yazdani,
 Markus Gatterer, Moritz Wierer, Ulrich Figl, Lisa Fracchetti, Alois Fundneider, Christoph Wedmann, Paula Jara,
 Myriam Hofer, Marco Floriano, Evelyn Soini, Ralf Loges,
 Giovanni Peratoner

10. Expertenforum Berglandwirtschaft, FS Salern, 12.12.2025

1

Inhaltsverzeichnis

1. Begriffserklärung
2. Ziele der Untersuchung
3. Datensammlung und Versuchsaufbau
4. Modellierung der Daten
5. Ergebnisse
6. Ausblick

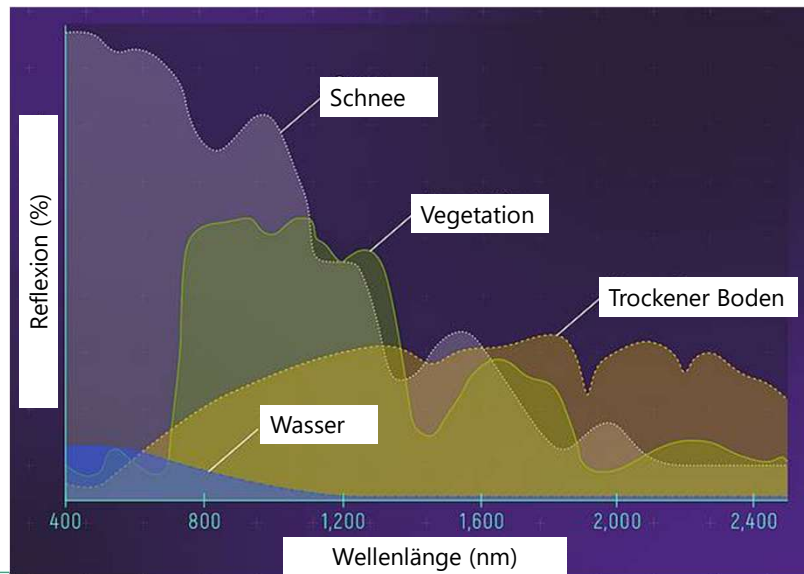
2

Spektrale Daten?

- Körper reflektieren unterschiedlich!
- Messung der Reflexion des einfallenden Spektrums mit einem Spektrometer möglich



Reflexionsspektren verschiedener Oberflächen



3

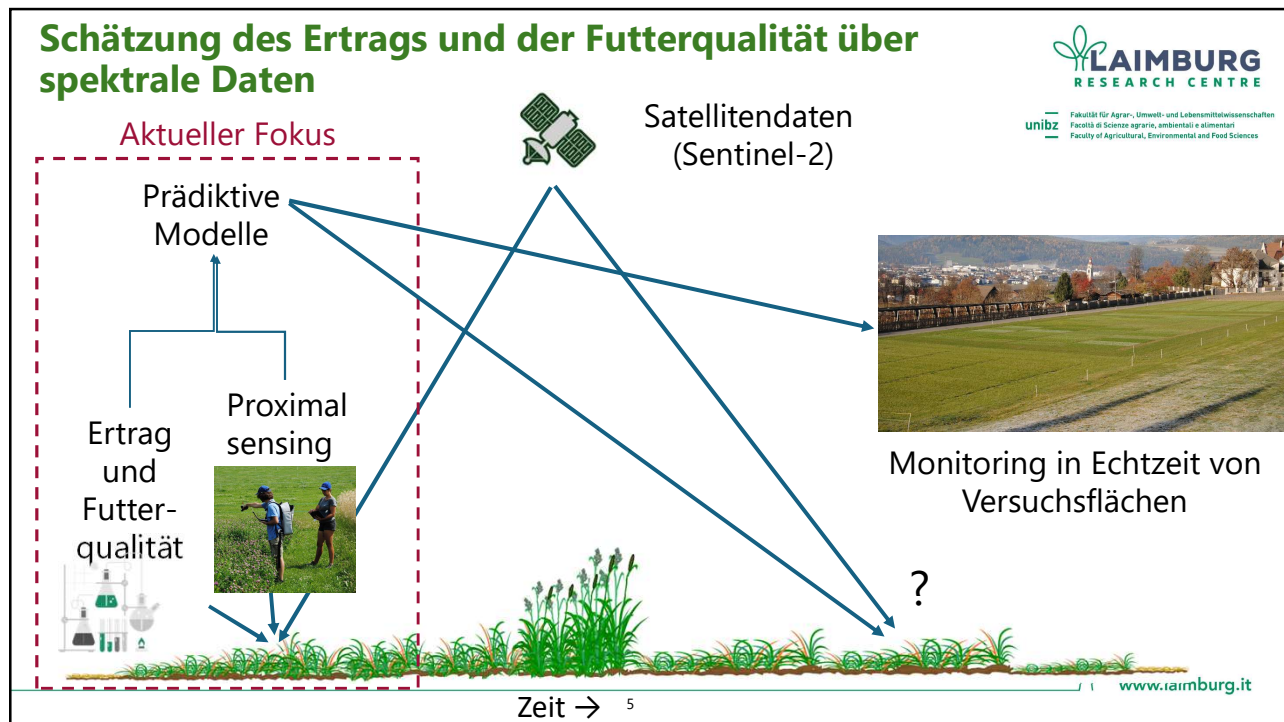
Frage...

Können wir anhand von Unterschieden in den reflektierenden Spektren den Ertrag und die Futterqualität von Grünland bestimmen?

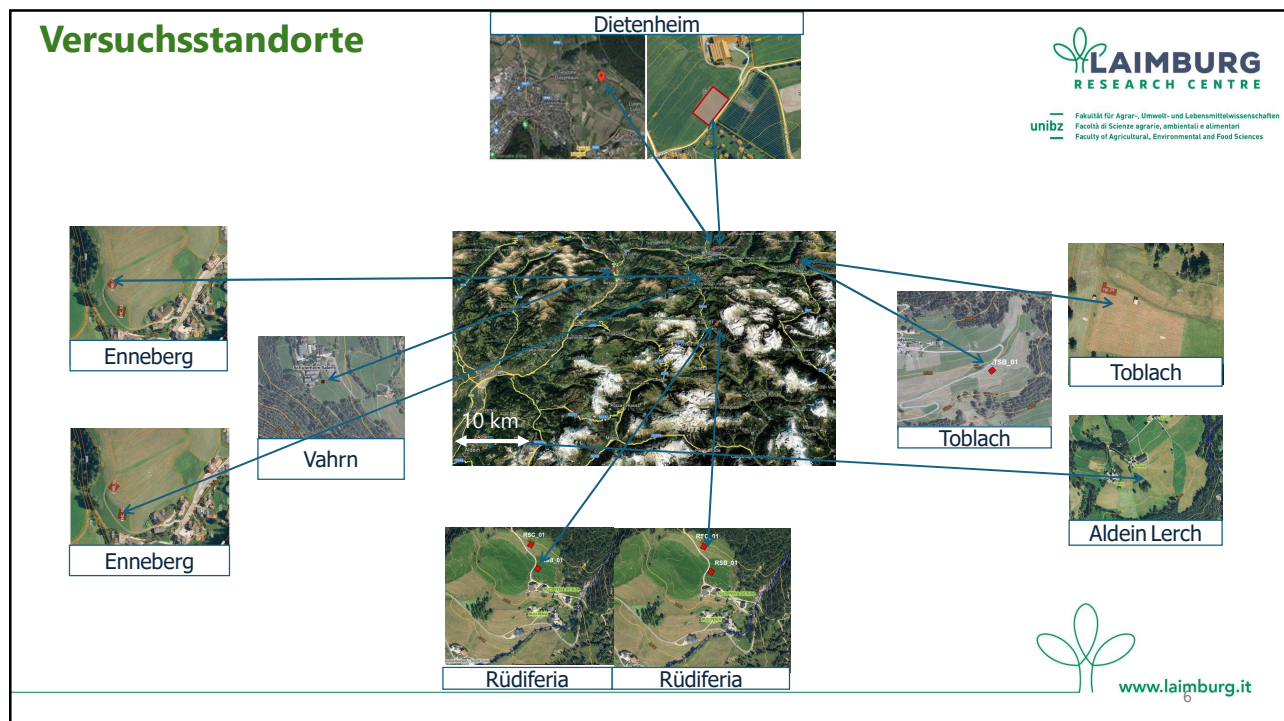


www.laimburg.it

4



5



6

Datenüberblick

Standort	Grünlandtyp	Artenvielfalt (min)	Artenvielfalt (max)	Aufwüchse	Meereshöhe (m)	Exposition	Neigung (%)	Beobachtungen (N)	Beobachtungen unter optimalen Wetterbedingungen (N)	Parzellengröße (m ²)	Sequentielle Probenahmen (N)	Behandlungen (N)	Düngungsniveaus (N)	Abgedeckter Zeitraum (Tage)
Aldein-Lerch	Dauergrünland	35	35	1-3	1415	SE	10	212	66	0.25	53	1		475
Dietenheim		22	22	1-3	920	SW	9	204	74	0.25	43	1	1	385
Vahn		24	24	1-3	730	E	18	272	71	0.25	49	1		430
Enneberg-1	Dauergrünland	23	43	1-3	1120	WNW	9	216	76	0.25	6	7		216
Enneberg-2		41	52	1-2	1112	WNW	32	180	67	0.25	5	7		169
Rüdiferia-1		31	39	1-3	1678	S	22	216	52	0.25	6	7	3	188
Rüdiferia-2		41	47	1-2	1697	SSE	42	140	93	0.25	4	7		137
Toblach-1		32	39	1-2	1542	SSE	33	180	41	0.25	5	7		174
Toblach-2		40	49	1-2	1714	S	34	140	51	0.25	4	7		106
Dietenheim	Wechselgrünland	1	13	2-3	920	SW	4	144	100	10.3	2	2	2	43

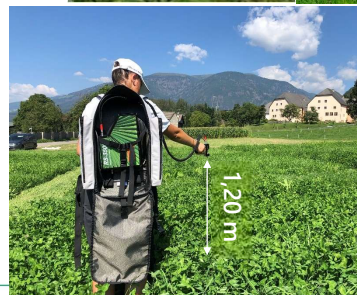
Probenahmen während der Jahre 2023-2025
 Insgesamt 1905 Proben (1035 unter optimalen Wetterbedingungen)

7

Probenahme

Spektralmessungen

- **RS-3500 Radiospektrometer**
- **Wellenlängen → 350 bis 2500 nm**
- **Vorgang:**
 - Aufzunehmender Bereich wird mit Plastikstäben abgegrenzt
 - Referenzmessung
 - Spektralmessung des abgegrenzten Bereichs (drei Messungen für jede Probe)



8

Probenahme

Futterproben

- Probenahme in 0.5 x 0.5 m Rahmen
- Trocknung und Analyse auf FQ im Labor
- Weiters wurden folgende **Zusatzinformationen** erhoben:
 - i. Wetterbedingungen (1-nicht bewölkt, 2-Leicht bewölkt, 3-vollkommen bewölkt)
 - ii. Pflanzenbestandstyp (G: gräserreich, K: kräuterreich, L: leguminosenreich, A: ausgewogen)



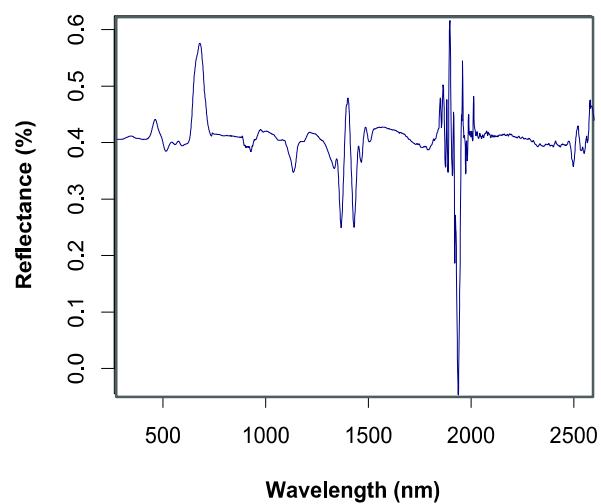
9

Datenvorverarbeitung

Ansatz 1.

□ Hyperspektrale Daten:

- Originales Spektrum —
- Savitzky-Golay Filter —
- Multiplicative Scatter Correction (MSC) —
- Erste und zweite Ableitung —



10

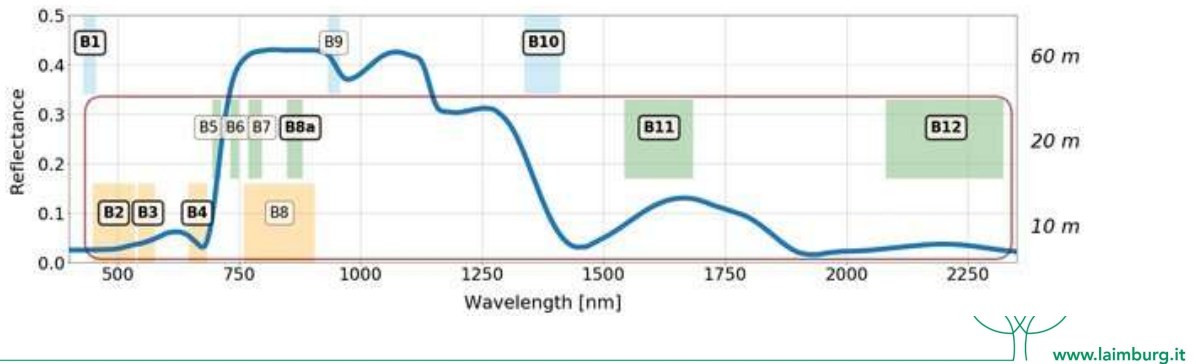
10

Datenvorverarbeitung

Ansatz 2.

□ Sentinel-2 Bänder

- Anstatt des gesamten Spektrums (350-2500 nm) werden nur die Wellenlängen des S2-Satelliten verwendet.



11

Datenanalyse

□ Modellierung:

- Prädiktives PLSR-Modell auf 70% der Daten gebildet
- Die optimale Anzahl an Komponenten wurde mithilfe einer wiederholten 5-fachen-Kreuzvalidierung bestimmt (Komponente welche niedrigsten RMSE aufwies wurde gewählt). Anschließend wurde mit dieser Komponentenanzahl ein PLSR-Modell auf dem Trainingsdatensatz angepasst.

□ Testen des Modells:

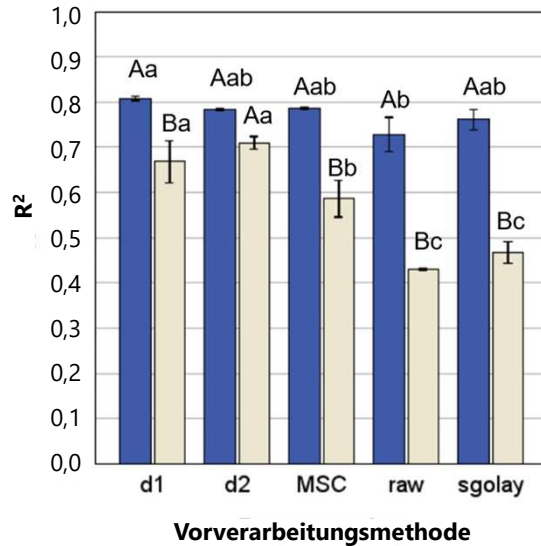
- Auf 30% der Daten
- Vorhersage der Beobachtungen des Test Sets (R^2 , RMSE)

12

1) Einfluss der verschiedenen Datenvorverarbeitungsmethoden und der Wetterbedingungen auf die Modellgenauigkeit bei Verwendung von hyperspektralen Daten



unibz
Fakultät für Agrar-, Umwelt- und Lebensmittelwissenschaften
Facoltà di Scienze agrarie, ambientali e alimentari
Faculty of Agricultural, Environmental and Food Sciences



Wetterbedingungen

■ optimal
■ alle

d1 = erste Ableitung
d2 = zweite Ableitung
MSC = Multiplicative Scatter Correction
raw = originales Spektrum
sgolay = Savitzky-Golay Filter

Multiple Mittelwertvergleiche nach LSD
Großbuchstaben: Unterschiede zwischen Wetterbedingungen
Kleinbuchstaben: Unterschiede zwischen Vorverarbeitungsmethoden



www.laimburg.it

Error bars: +/- 1 SE

13

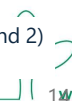
2) Wie gut/schlecht funktionieren die Modelle wenn wir anstatt hyperspektraler Daten nur die Bänder des Sentinel-2 Satelliten verwenden?



unibz
Fakultät für Agrar-, Umwelt- und Lebensmittelwissenschaften
Facoltà di Scienze agrarie, ambientali e alimentari
Faculty of Agricultural, Environmental and Food Sciences

Abhängige Variable	Hyperspektrale Daten		VS	Sentinel-2 Bänder	
	R²	RMSE		R²	RMSE
Ertrag	0,82 (0,78-0,89)	0,69 (0,55-0,76)	BVM SGF+d1	0,86	0,6
Rohprotein	0,76 (0,72-0,81)	20,46 (18,2-22,4)	SGF+d1	0,83	17,5
Proteinерtrag	0,68 (0,64-0,74)	112,8 (102,6-121,1)	SGF+d1	0,74	102,8
ELOS (%)	0,72 (0,57-0,79)	28,3 (25,1-35,6)	SGF+d1	0,76	23,9
ADF	0,62 (0,55-0,69)	16,5 (16,5-20,1)	SGF+d2	0,62	17,5
UE	0,61 (0,54-0,64)	0,33 (0,33-0,37)	SGF+d2	0,45	0,39
NDF	0,28 (-0,6-0,33)	42,5 (40,9-53,6)	SGF+d2	0,38	39

Genauigkeit der Vorhersageergebnisse von Modellen, die unter 1) Verwendung des gesamten Spektrums und 2) der Sentinel-2 Bänder gebildet wurden. **BVM**: Beste Vorverarbeitungsmethode

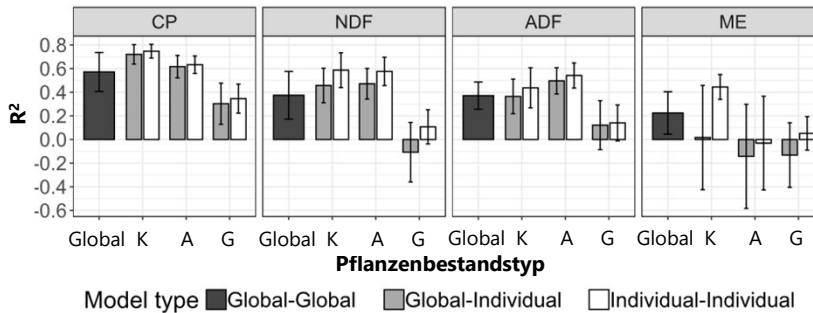


www.laimburg.it

Quelle: Dovas et al. (2025), Yazdani et al. (2025)

14

3) Gibt es Unterschiede in der Vorhersageleistung für unterschiedliche Pflanzenbestandstypen? Sind eigens für jeden Pflanzenbestandstyp gebildete Modelle präziser als ein globales Modell?



R^2 von Vorhersagemodellen für Futterqualitätsparameter, die unter Verwendung verschiedener Modellierungsszenarien erstellt wurden: a) Training und Test anhand eines globalen Datensatzes, der alle Pflanzenbestandstypen zu gleichen Anteilen enthält, b) Training anhand eines globalen Datensatzes und Test auf den einzelnen Pflanzenbestandstypen, c) Training und Test auf den einzelnen Pflanzenbestandstypen. **K = kräuterreich** (Gräser < 50 %, Hülsenfrüchte < 50 %), **A = ausgewogen** (50–70 % Gräser), **G = gräserreich** (> 70 % Gräser)

Quelle: Dovas et al. (2026, im Druck)

15

Modell Nr.	Modell	Pflanzen bestands typ	Ertrag		Rohproteinertrag	
			R^2	RMSE	R^2	RMSE
a	Global- global_equal_prop		0.60	0.72	0.37	81
b1	Global-individual_84	A	0.58	0.69	0.39	74.2
b2		G	0.50	0.87	0.44	90.4
b3		K	0.66	0.59	0.26	76.1
c1	Individual-individual	A	0.63	0.65	0.52	67.8
c2		G	0.53	0.81	0.51	90.0
c3		K	0.70	0.56	0.29	75.4

Quelle: Yazdani et al. (2026, im Druck)

16

Ausblick:

- Gute vorläufige Ergebnisse v.a. für Vorhersage von Ertrag und Rohprotein
- Verwendung der Sentinel-2 Wellenlängen liefert vergleichbar gute Vorhersagen wie Verwendung der Hyperspektraldaten.
- Potential für ein umfassendes System zur Schätzung von Ertrag und einiger Futterqualitätsparameter über Daten des Sentinel-2 Satelliten.
- Noch ausstehend:
 - i. Verbesserung der Modelle durch Vergrößerung des Datensatzes und testen neuer Modellierungstechniken.
 - ii. Überprüfen der Vergleichbarkeit der Daten des Radiospektrometers mit jenen des Sentinel-2 Satelliten. Eventuelle Möglichkeit unsere Modelle direkt auf die Daten des Satelliten zu übertragen?



17

Quellenangabe:

Dovas A., Yazdani S., Soini E., Loges R., Gatterer M., Wierer M. and Peratoner G. (2025) Predicting yield, crude protein, and crude protein yield of multispecies leys with spectral data. In: Barker Z.E., Crotty F.V., Goatman T.P., Marley C.L., Pattinson S.E. and Reynolds C.K. (eds) Multi-species swards. Proceedings of the 23rd Symposium of the European Grassland Federation, Reading, United Kingdom, 15–17 September 2025. The organising committee of the 23rd Symposium of the European Grassland Federation, pp. 238-240.

Yazdani S., Dovas A., Loges R., Gatterer M., Wierer M. and Peratoner G. (2025) Assessment of forage quality of multi-species swards by means of hyperspectral measurements. In: Barker Z.E., Crotty F.V., Goatman T.P., Marley C.L., Pattinson S.E. and Reynolds C.K. (eds) Multi-species swards. Proceedings of the 23rd Symposium of the European Grassland Federation, Reading, United Kingdom, 15–17 September 2025. The organising committee of the 23rd Symposium of the European Grassland Federation, pp. 167-169.

Dovas A., Yazdani S., Fundneider A., Figl U., Soini E. and Peratoner G. (2026) Effect of botanical composition on forage quality prediction using multispectral data. Grassland Science in Europe, Vol. 31 (im Druck).

Yazdani S., Dovas A., Fundneider A., Figl U., Soini E. and Peratoner G. (2026) Effect of sward type on the estimation accuracy of yield through multispectral measurements. Grassland Science in Europe, Vol. 31 (im Druck).



18

Danke für Ihre Aufmerksamkeit



unibz
Fakultät für Agrar-, Umwelt- und Lebensmittelwissenschaften
Facoltà di Scienze agrarie, ambientali e alimentari
Faculty of Agricultural, Environmental and Food Sciences



Autonome Provinz Bozen
Provincia autonoma di Bolzano
Provincia autonoma de Bulsan
SÜDTIROL · ALTO ADIGE