



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Wirtschaft,
Bildung und Forschung WBF

Agroscope

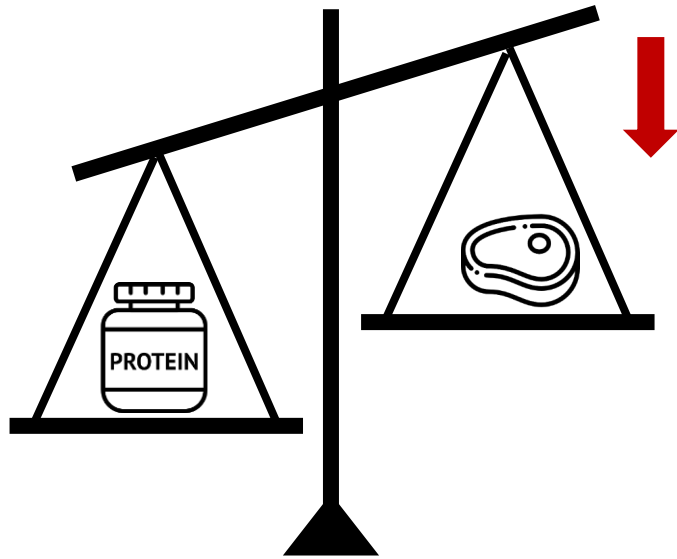
Zucht von Schweinen mit höherer Proteineffizienz: Die aktuelle Ausgangslage

Claudia Kasper
Tierische GenoPhenomik
Agroscope

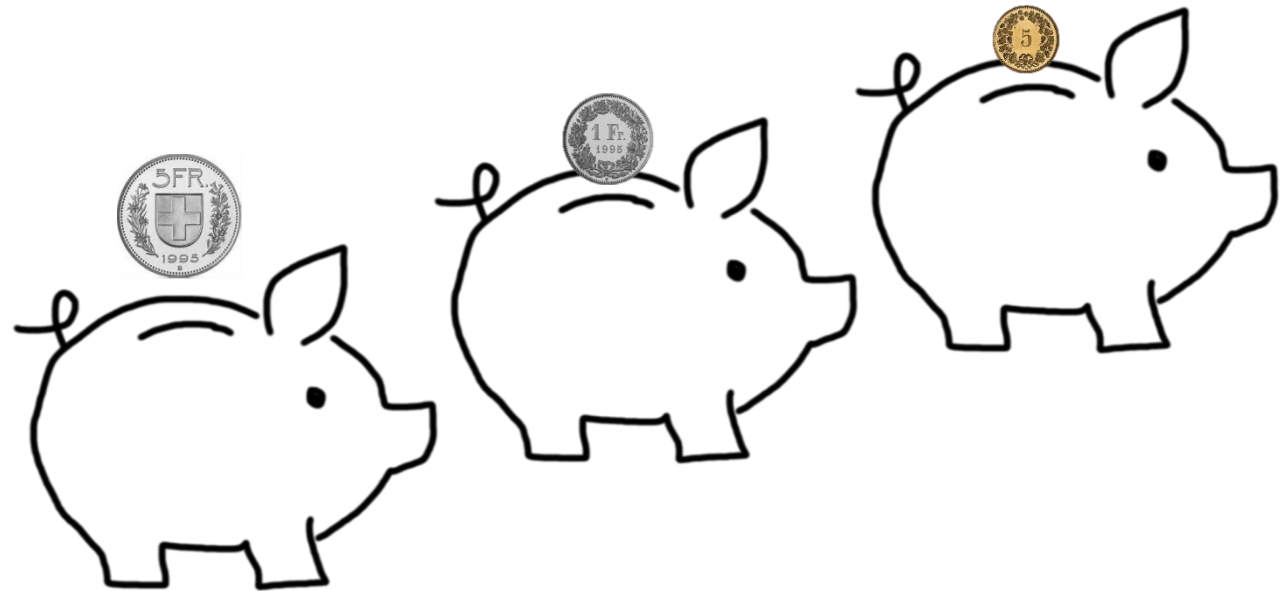
24. Internationale Bioland-Schweinefachtagung
20. Februar 2025

www.agroscope.ch | gutes Essen, gesunde Umwelt

Proteineffizienz

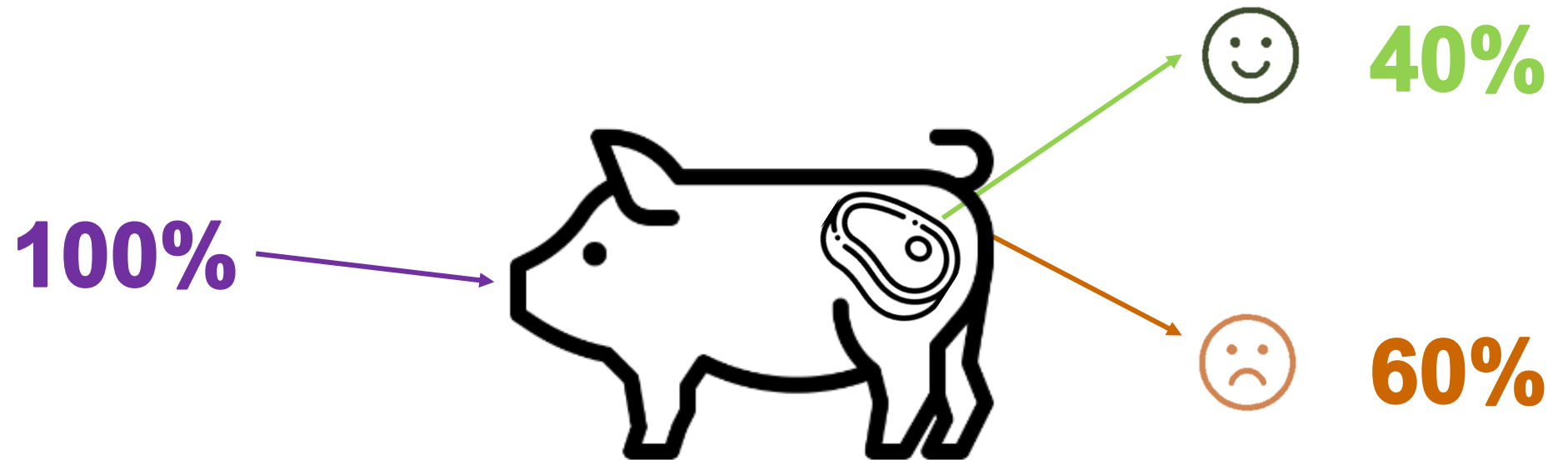


Proteineffizienz \neq Futtereffizienz

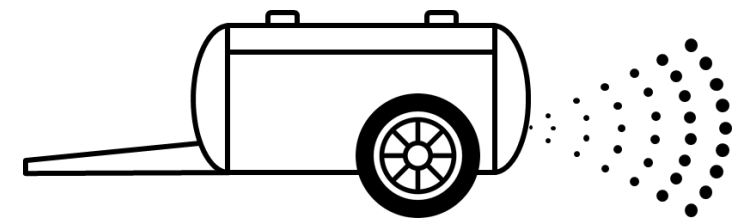




Aufnahme und Ausscheidung von Proteinen

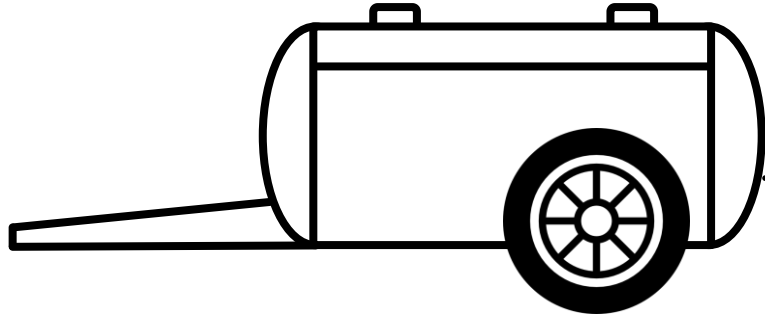


$$\text{Proteineffizienz} = \frac{\text{Proteinansatz (Muskelmasse)}}{\text{Proteinaufnahme (Nahrung)}}$$





Schäden an Umwelt und menschlicher Gesundheit



Import von Eiweissträgern
(Soja)

Water: Überdüngung (Marmarameer),
Trinkwasserverschmutzung

Air: Feinstaub (Atemwegsprobleme,
Krebs)

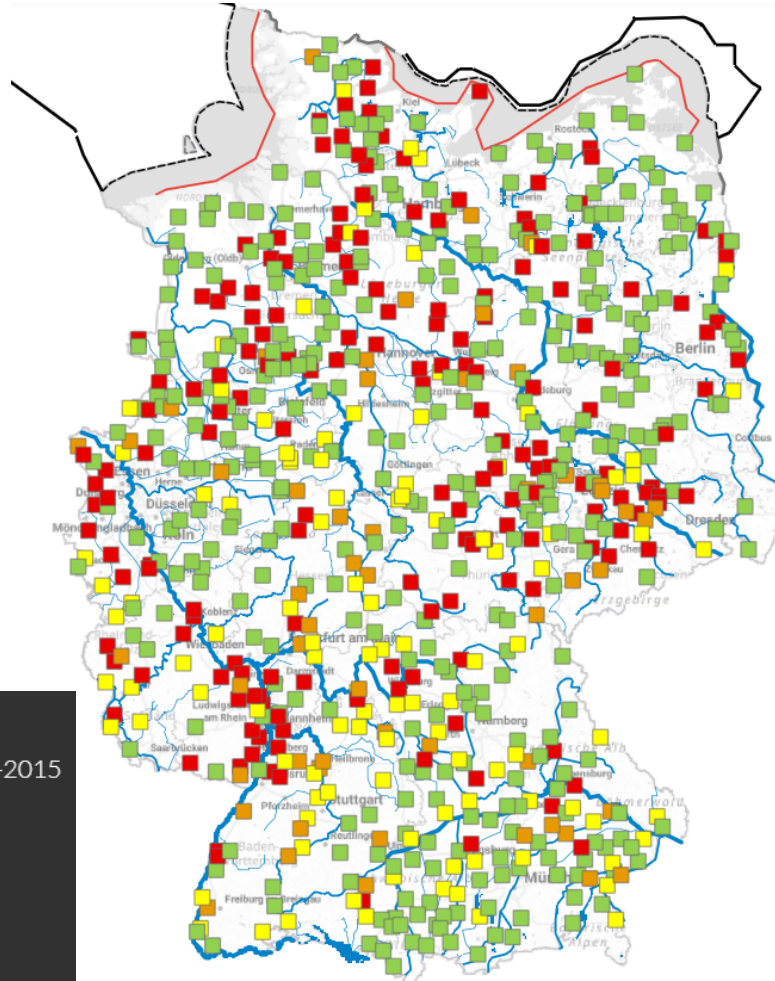
Greenhouse: Lachgas (N_2O);
> 100 Jahre, $298 \times CO_2$

Ecosystems: Biodiversitätsverluste,
Blattschäden

Soil: Versauerung (Wald),
Biodiversitätsverluste



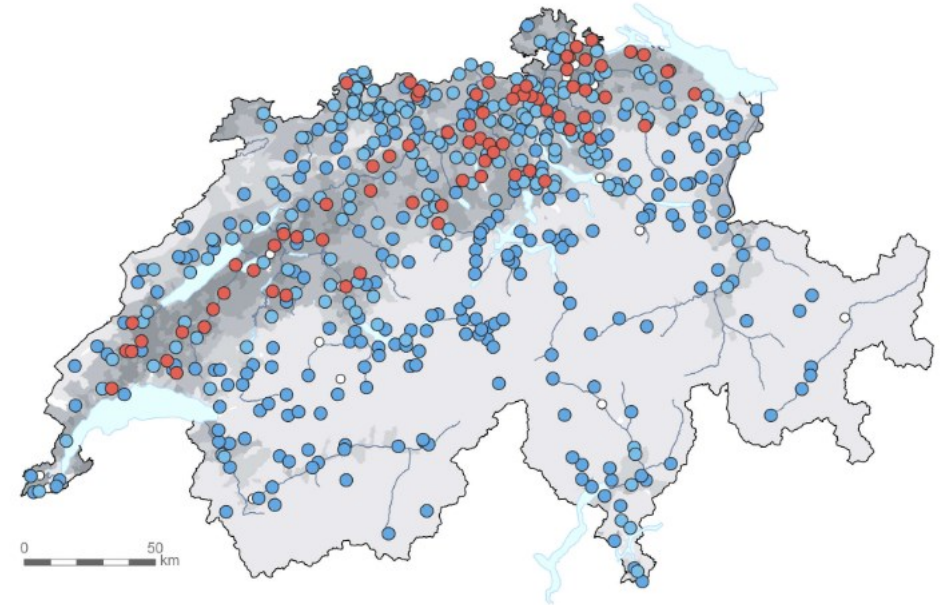
Schäden an Umwelt und menschlicher Gesundheit



Messstellen Grundwasser

gemittelte Jahresmittelwerte 2012-2015

- > 50 mg Nitrat/l
- 40 - < 50 mg Nitrat/l
- 25 - < 40 mg Nitrat/l
- < 25 mg Nitrat/l



Nitrat

- ≤ 10 mg/l
- 10 - 25 mg/l
- > 25 mg/l
- keine Daten

Offenes Ackerland

- ≤ 1 %
- 1 - 5 %
- 5 - 20 %
- 20 - 40 %
- > 40 %

Numerische Anforderung GSchV: 25 mg/l

Nitrat im Grundwasser sowie offenes Ackerland. Daten: NAQUA 2022.

© BAFU

Umweltbundesamt:

https://gis.uba.de/maps/resources/apps/nitratbericht_eu_richtlinie/index.html?lang=de

Bundesamt für Umwelt:

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/fachinformationen/zustand-der-gewaesser/zustand-des-grundwassers/grundwasser-qualitaet/nitrat-im-grundwasser.html/#>



Komplexe Probleme haben nicht nur eine Lösung



- Reduktion der Bestände
- «Circular Agriculture» (Suissebilanz seit 1998)
- Schleppschlauch
- Abdecken von Güllebehältern



- Ernährung
 - Reduktion von Proteinen (Mehrphasenfütterung – precision feeding)
 - Heimische Eiweissträger
 - «Feed no food»
- Genetik

Zucht auf erhöhte **Proteineffizienz**



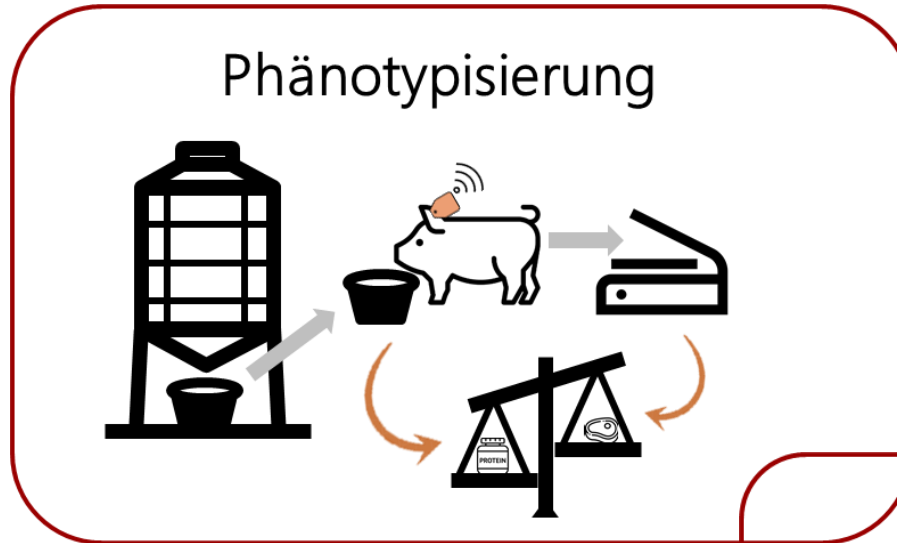
Genetik der Stickstoffeffizienz beim Schwein



▪ Projekt März 2019 – Okt 2023
▪ PhD Esther Ewaoluwabemiga



Versuchsaufbau



Genotypisierung



~1,000 Schweine
HD-genotypisiert und low-pass
(1X) sequenziert

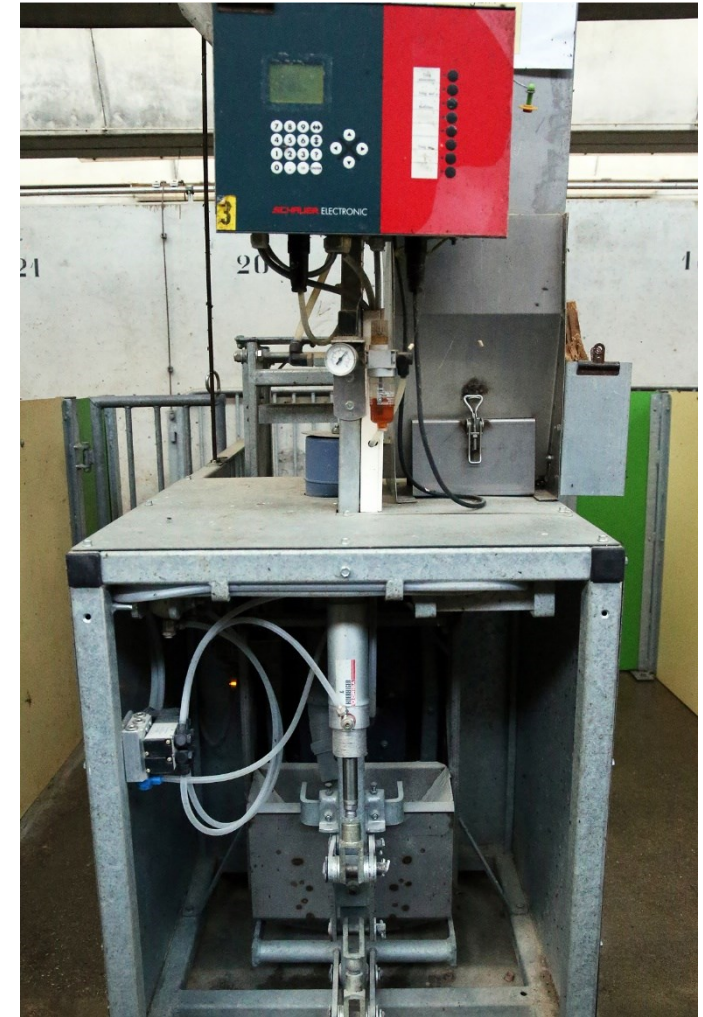


Tiere (1'071 Schweine)

- **Ernährung:** 80% des Rohproteins der Empfehlung (80% ess. AS)

Typ	Phase	Rohprotein (g/kg)	Verd. Lysin (g/kg)
Empfehlung	Aufzucht	163	9.72
	Ausmast	140	7.80
Diese Studie	Aufzucht	128	7.80
	Ausmast	112	6.06

- **Haltung** gemäss Schweizer Tierschutzverordnung in Gruppen (Minimum 1m²/Schwein)
- Futterautomaten mit individueller Erkennung mittels RFID (Schauer Maschinenfabrik GmbH & Co. KG)
- **Schlachtung** bei ca. 110 kg Lebendgewicht



Phänotypisierung

Dualenergie Röntgen-Absorptiometrie (DXA)



$$\hat{N} = -77.239 + 0.037 \times \text{lean}_{\text{DXA}}$$






Durchsatz:

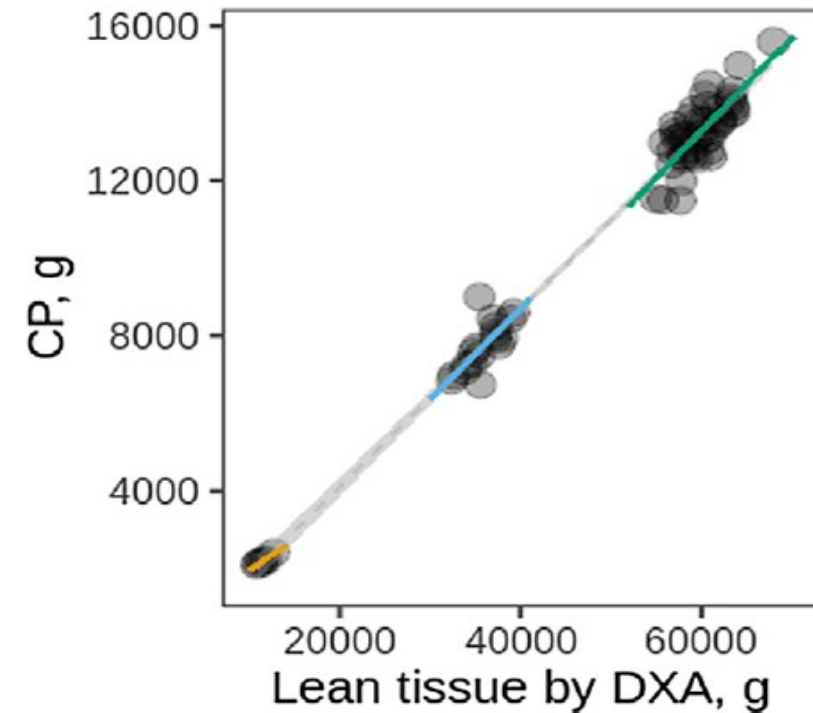
4-8 Schlachtkörper pro Stunde

Phänotypisierung



Dualenergie Röntgen-Absorptiometrie (DXA)

-  Kalibrierungsstudie Magerfleischanteil DXA vs. Protein/N-Gehalt chemische Analysen
-  Hohe Genauigkeit ($R^2=0.98$) und Präzision ($rCV=4.4\%$)
-  Knochenmineralisierung (P) und Fettgehalt möglich
-  Schlachthälften, aber auch Lebendmessung (leichte Narkose)
-  Kontinuierliche Verbesserung der Methode – H2020 Pigweb



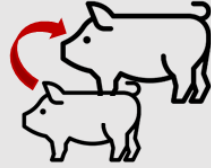


Zusätzliche Merkmale

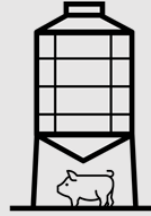
Phosphor-
effizienz



Ø Mastzuwachs



FCR



Ø Futterauf-
nahme



Sensorik



Fleischfarbe



Rot

Gelb

Hell

Intramuskuläres
Fett



Tropfsaftverlust



Kochsaftverlust



Scherkraft



LMC



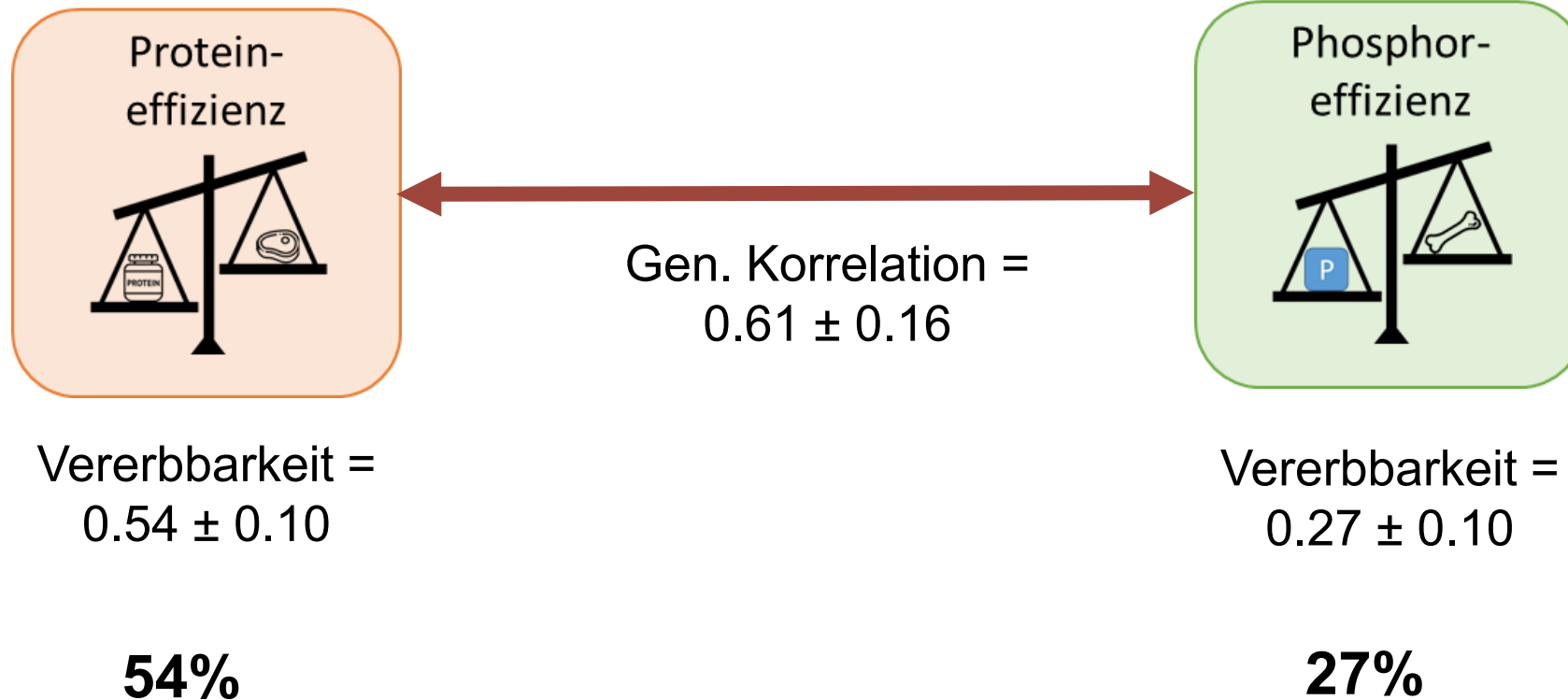
Rückenspeck-
dicke



(510 Schweine)



Vererbbarkeit und genetische Korrelationen

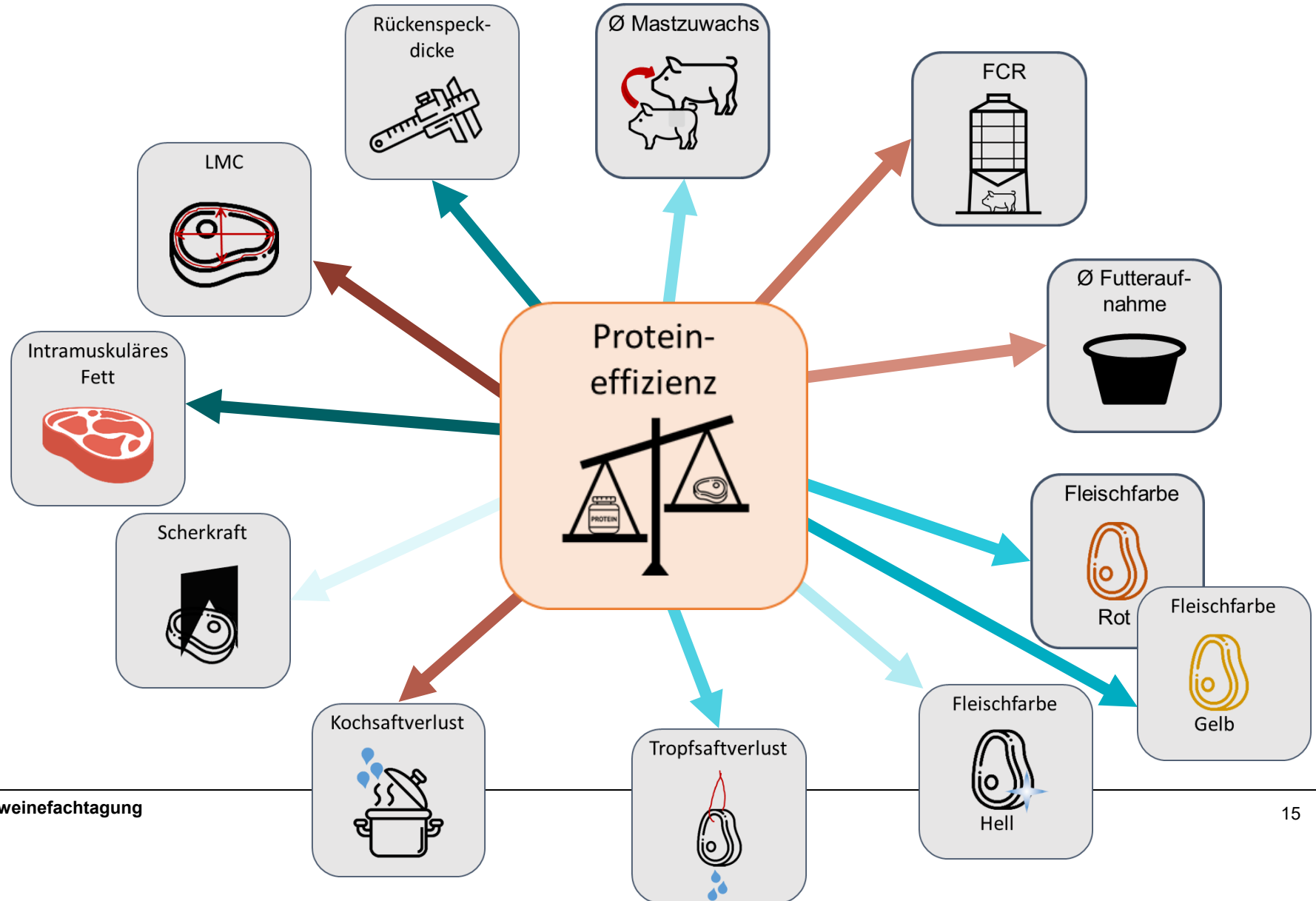


der beobachteten Variation aufgrund genetischer Unterschiede



Vererbbarkeit und genetische Korrelationen

0.00 ± 0.20
0.06 ± 0.20
-0.19 ± 0.19
0.22 ± 0.19
-0.27 ± 0.17
-0.31 ± 0.18
-0.37 ± 0.16
-0.39 ± 0.15
-0.53 ± 0.14
-0.55 ± 0.14
0.59 ± 0.15
0.61 ± 0.16
0.72 ± 0.16





Zwischenfazit

Zucht ist realistisch!

- Merkmal
 - hat hohe Relevanz
 - ist messbar
 - ist vererbbar
- Phosphoreffizienz wird zu gewissen Grad mitselektiert
- Zielkonflikte handhabbar

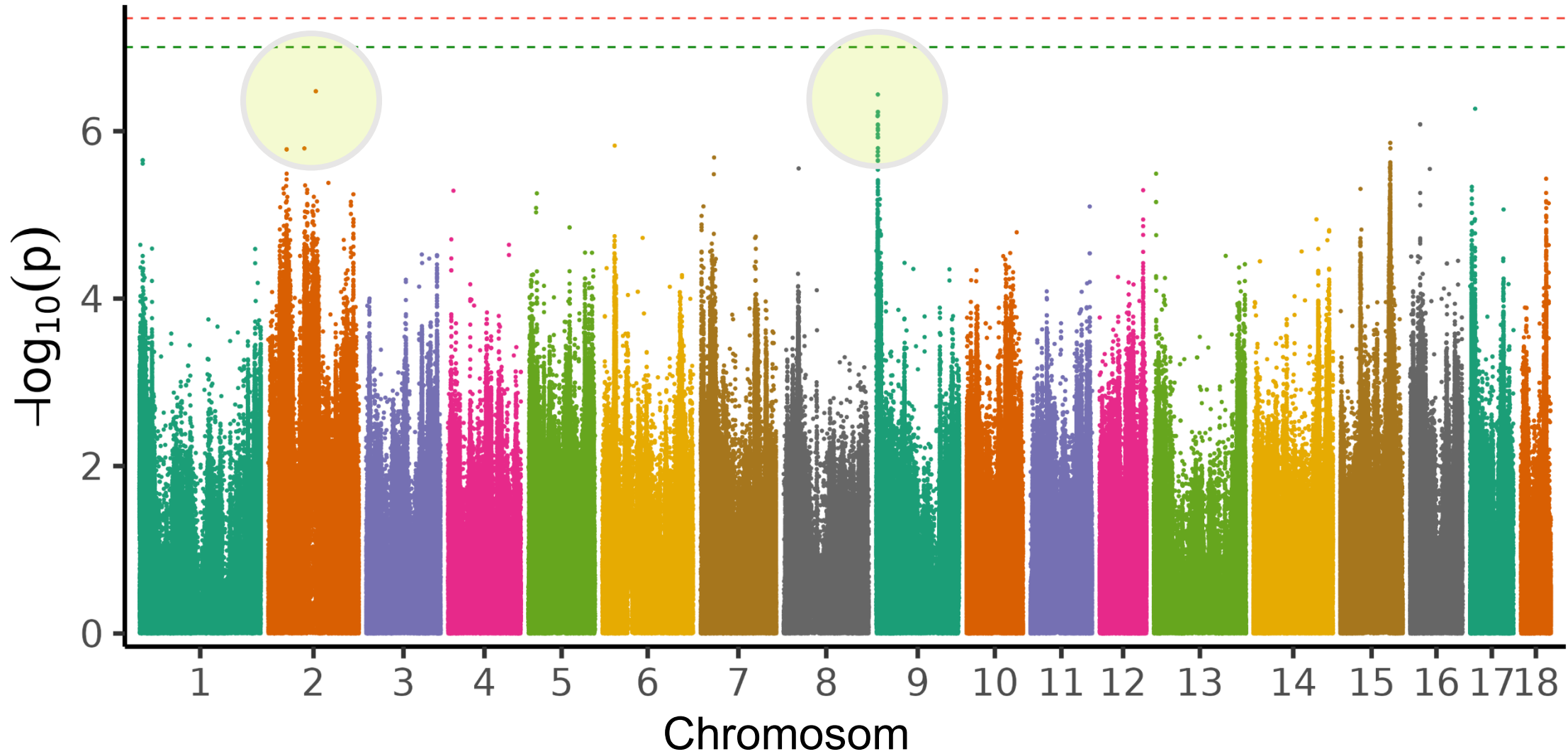


Welche Genomvarianten stehen mit der Proteineffizienz in Verbindung?





Genomweite Assoziationsstudie (~ 1'000)





Genomweite Assoziationsstudie

Chromosom 2

- ***COL23A1***:
 - Cholesterinspiegel (Schwein)
 - Body-Mass-Index
 - Taille-Hüfte-Verhältnis
 - Gewichtszunahme (Mensch)
- ***CLK4* und *PHYKPL***:
 - Stickstoffmetabolismus
 - Stickstoffausscheidung (Kühe)

Chromosom 9

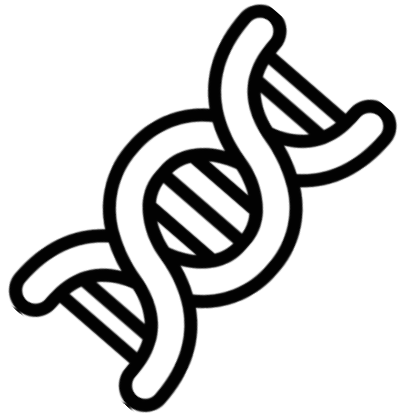
- ***PPFIBP2, OLFML1, SYT9, RBMXL2, NLRP14, ZNF215*, olfaktorische Rezeptor-Gene**:
- Zusammenhang mit
 - Futteraufnahme und -verwertung
 - Stoffwechsel von Muskel- und Fettgewebe
 - Körpergewicht
 - Milchprotein
 - Immunfunktion



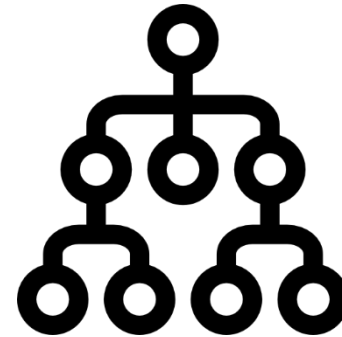
Genomweite Assoziationsstudie

genomische Vererbbarkeit nahe an Pedigree-Vererbbarkeit

0.42 ± 0.05



0.54 ± 0.10





Zwischenfazit

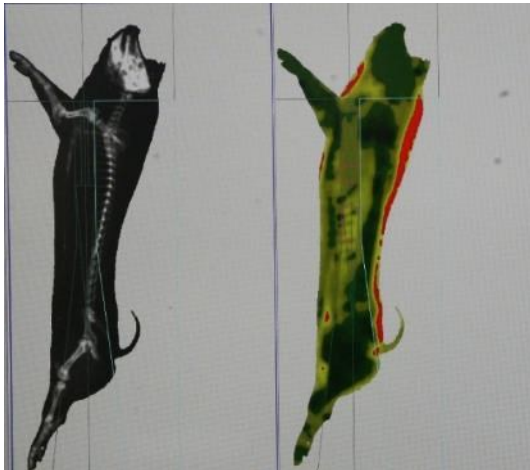


- **Aufwändige Phänotypisierung:** schwierig, nötige Stichprobengrösse zu erreichen
- **Genomische Varianten auf Chromosom 2 und 9** vielversprechend
- Meiste Vererbbarkeit in genomischen Daten «wiedergefunden»
- **Genomische Selektion scheint möglich**



Herausforderungen

Phänotypisierung (Messung auf Einzeltierebene) mit DXA



Durchsatz:
4-8 Schlachtkörper pro Stunde



Ausblick

Indirekte Selektion von Proteineffizienz via Futterumwandlung (FCR)?

Logische Überlappung Proteineffizienz – FCR, **aber:**

- direkte Selection effektiver und zielgerichteter (de Verdal *et al.*, 2011; Lassaletta *et al.*, 2019)
- Unklar, ob Proteineffizienz & FCR genetisch korreliert sind (Saintilan *et al.*, 2013; Ewaoluwabemiga *et al.*, 2023a; Schmid *et al.*, 2024) und ob diese über die Selektionsdauer konstant bleiben
- Wenig Überlappung in assoziierten Genomabschnitten
- Selektion auf FCR könnte vor allem Energieeffizienz, nicht Proteineffizienz erhöhen
- Schwierig, überhaupt assoziierte Genregionen für FCR zu finden (Ewaoluwabemiga *et al.*, 2023b)



Ausblick

Genomische Selektion

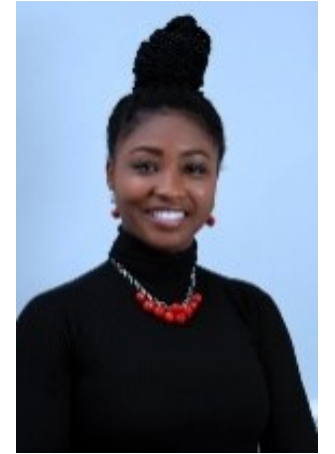
Proteineffizienz ist ein komplexes Merkmal:

- Sehr hohe Anzahl von Genvarianten, die möglicherweise assoziiert sind
- Abhängig von Wachstumsphase, Geschlecht, Ernährung
- Über das ganze Genom verteilt
- Schwer zu lokalisieren (belastbare statistische Evidenz)
- Etablierung einer ausreichend grossen Referenzpopulation für genomische Selektion schwierig
- **Hochdurchsatz-Phänotypisierungsmethode benötigt!**



Danksagung

Esther Ewaoluwabemiga (Doktorandin im Projekt)



Forschungsgruppe Schweine:

- Guiseppe Bee (Schweineernährung)
- Patrick Schlegel (Suissebilanz, Nährstoffkreisläufe)
- Marion Girard (Schweineernährung)

Versuchsstall und Schlachthof:

- Guy Maïkoff
- Bertrand Egger
- Fabrice Sansonnens

Chemie- und Biologielabor:

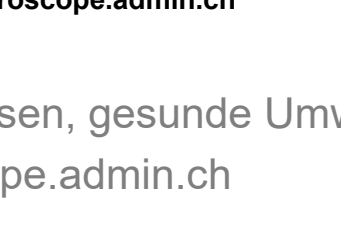
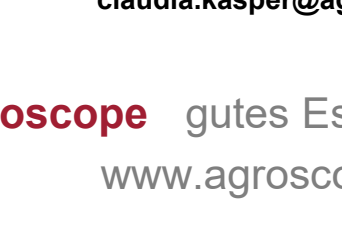
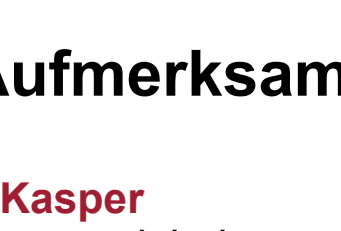
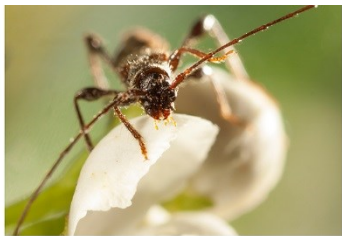
- Sébastien Dubois
- Paolo Silacci

Bildnachweise:

Fotos: Agroscope (Olivier Bloch, Patrick Schlegel, Claudia Kasper),
Rasbak CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1707757>

Grafiken und Animationen: erstellt mit Icons von “Smashicons”, “DinosoftLabs”, “Icongeek26”, “surang”,
“photo3idea_studio” und “Freepik” (Quelle: www.flaticon.com)





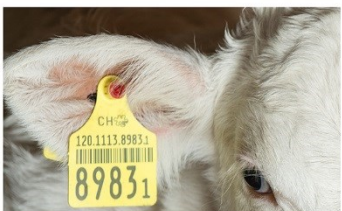
Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Claudia Kasper

claudia.kasper@agroscope.admin.ch

Agroscope gutes Essen, gesunde Umwelt

www.agroscope.admin.ch





Rezeptur Futter

Rohstoff	% Aufzuchtfutter	% Ausmastfutter
Gerste	50.00	50.00
Hafer	5.14	6.30
Mais	13.56	16.18
Weizen	20.00	20.00
Weizenfuttermehl	0.50	0.50
Kartoffelprotein	1.96	0.11
Rapskuchen >9% RL	3.82	2.41
Diffusionsschn getr	2.00	2.00
L-Lysin-HCl	0.34	0.27
DL-Methionin	0.01	0.00
L-Threonin	0.06	0.04
MCP	0.51	0.26
Kalk, kohlensaurer	1.09	0.97
Natriumchlorid (Vie	0.30	0.25
Pellan	0.30	0.30
ALP-S 467 Mast	0.40	0.40
Natuphos 5000 G	0.01	0.01

Dietary raw protein (digestible lysine content (g/kg)) ^a		
	Grower (20–60 kg BW)	Finisher I (60–100 kg BW)
	163 (9.72)	140 (7.80) [Empfehlung*]
	128 (7.80)	112 (6.06) [diese Studie]