

# Zucht von Schweinen mit effizienter Stickstoffverwertung

**Autorin:** Claudia Kasper  
**Version :** 1 / Oktober 2024

Die züchterische Verbesserung der Stickstoff(N)-Effizienz erscheint realistisch, da sie eine erhebliche Erblichkeit aufweist. Des Weiteren gibt es keine wesentlichen Konflikte zwischen der N-Effizienz und anderen wichtigen Zuchtmerkmalen. Deshalb ist anzunehmen, dass eine gezielte Zucht auf N-Effizienz eine langfristige und dauerhafte Senkung der N-Emissionen ermöglicht, da durch die gesteigerte Nutzungseffizienz der Bedarf an Proteinträgern im Futter sinkt. Um das N-Reduktionspotenzial von auf höhere N-Effizienz gezüchteten Schweinen voll ausschöpfen zu können und die N-Emissionen dementsprechend zu senken, muss der Proteingehalt des Futters angepasst werden, da von einem geringeren Proteinbedarf ausgegangen werden muss. Zuchtorganisationen, Futtermittelhersteller und Landwirtinnen und Landwirte könnten somit über die Wahl geeigneter genetischer Linien in Zukunft zusätzlich zur Senkung der N-Emissionen aus der Schweineproduktion beitragen, wenn die N-Effizienz bei der Selektion der Mastschweine entsprechend berücksichtigt wird.

Tabelle 1: Eckdaten der Massnahme

<b>Anwendungsgebiet</b>	Schweinehaltung
<b>Umsetzungsebene</b>	Zuchtverbände, Beratung, Landwirte/-innen
<b>Wirkungsebene</b>	Betrieb, Stall
<b>Wirtschaftlichkeit</b>	Variabel/ungewiss, noch keine allgemeingültige Aussage möglich
<b>Wirkungsziel</b>	Massnahme hat Auswirkung auf Stickstoff (N)
<b>Unterkategorie Wirkungsziel</b>	Reduktion der N-Einträge in den landwirtschaftlichen N-Kreislauf
<b>Wirkungszeitraum</b>	Langfristig (> 5–10 Jahre)
<b>Wirkung/Reduktionspotenzial</b>	Pro 1%iger Steigerung verbleibt ca. 1% mehr Nahrungs-N im Schlachtkörper

## Wirkungsprinzip

Die Stickstoff(N)-Effizienz wird als derjenige Anteil an Futter-N definiert, der im Schlachtkörper – hauptsächlich in Form von Muskelmasse – eingebaut wird. Die durchschnittliche N-Effizienz liegt bei  $0.39 \pm 0.04$  in der Population der Mutterlinie des Schweizer Edelschweins (Ewaoluwabemiga et al., 2023a). Dieses Merkmal ist bei Mastschweinen individuell unterschiedlich ausgeprägt und wird durch verschiedene Faktoren, z. B. Proteingehalt des Futters, Geschlecht und Alter, beeinflusst (Ruiz-Ascacibar et al., 2017).

Die Genetik spielt ebenfalls eine bedeutende Rolle. So konnte kürzlich eine mittlere Erblichkeit ( $0.54 \pm 0.10$ , Ewaoluwabemiga et al., 2023a) für dieses Merkmal geschätzt werden. Die genetischen Korrelationen der N-Effizienz mit den weiteren Zuchtmerkmalen des grössten Schweizer Zuchtverbandes für die Vaterlinie des Schweizer Edelschweins sind meist günstig, oder die Merkmale sind genetisch unabhängig, wodurch keine bzw. nur geringe Konflikte mit den derzeitigen Zuchtzielen zu erwarten sind (Abb. 1). Für den Futtermittelverzehr sind sogar Synergieeffekte bei der Zucht auf höhere N-Effizienz zu erwarten. Lediglich bei einigen Fleischqualitätsmerkmalen könnte es zu geringfügigen Konflikten kommen, die aber wahrscheinlich durch züchterische Massnahmen gelöst werden können.



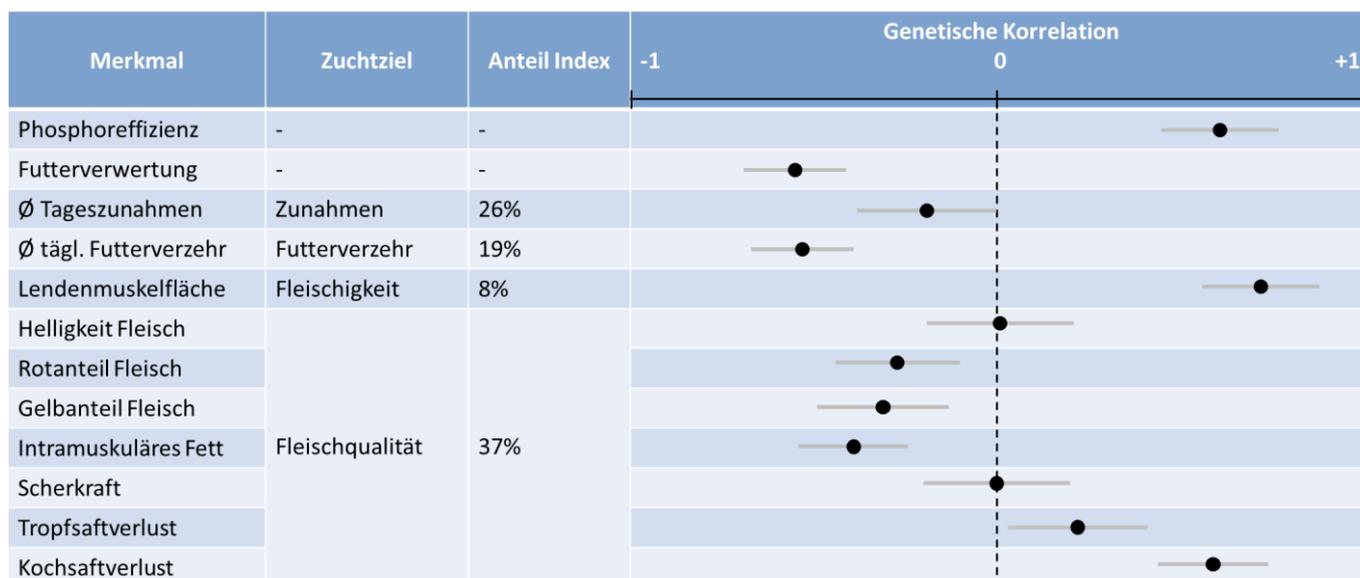


Abbildung 1: Genetische Korrelationen von N-Effizienz mit Phosphoreffizienz, Futterverwertung sowie weiteren Zuchtmerkmalen des Schweizer Edelschweins.

Die N-Effizienz umfasst eine Reihe verschiedener Prozesse wie die Verdaulichkeit und Absorptionsfähigkeit von Proteinen, die Zusammensetzung des Darmmikrobioms, den Bedarf an Aminosäuren für die Instandhaltung des Körpers, das Wachstumspotenzial, den Muskelstoffwechsel sowie die Zuteilung von Aminosäuren zu verschiedenen Körperfunktionen wie Wachstum, Instandhaltung und Immunabwehr. Diese Prozesse laufen in verschiedenen Geweben ab und sind durch Gene, Umwelteinflüsse bzw. deren Wechselwirkung gesteuert. Diese Komplexität spiegelt sich in der Schwierigkeit wider, die entsprechenden Gene bzw. Genomregionen, die massgeblich zur Ausprägung der N-Effizienz beitragen, statistisch zweifelsfrei zu identifizieren (Ewaoluwabemiga et al., 2023b). So konnten nur wenige Gene, die jeweils nur einen kleinen Anteil der Erblichkeit erklären, mit der N-Effizienz in Verbindung gebracht werden. Anhand der aktuellen Ergebnisse ist davon auszugehen, dass es viele weitere Varianten gibt, die bisher nicht identifiziert werden konnten. Bei der heute üblichen genomischen Selektion kann jedoch das «genomische Profil», d. h. die Gesamtheit aller Varianten im Genom, die durchaus einen beträchtlichen Teil der Variation in der N-Effizienz erklären, genutzt werden. Dadurch ist die Identifikation einzelner Marker nicht mehr notwendig. Diese Methode ermöglicht einen schnelleren Zuchtfortschritt bei schwer messbaren Merkmalen. So stieg der Zuchtfortschritt im Gesamtselektionsindex einer Schweinelinie nach Einführung der genomischen Selektion um 50% (Knol et al, 2016).

**Vorteile/Synergien**

Die Futterverwertung beschreibt die Fähigkeit, Futter effizient in Körpermasse umzuwandeln und ist ein etabliertes Zuchtziel. Es ist davon auszugehen, dass sie vor allem die Energieeffizienz steigert. Die genetische Korrelation zwischen Futter- und N-Effizienz deutet darauf hin, dass die Selektion auf Futterverwertung allein die N-Effizienz nur begrenzt verbessert. Eine gezielte Verbesserung der N-Effizienz (als eigenständiges Zuchtziel oder zusätzlich zur Futterverwertung) könnte daher sinnvoller sein. So kann die N-Effizienz über Generationen langfristig und kontinuierlich gesteigert werden, sodass weniger N über Urin und Kot ausgeschieden wird. Im Laufe der Zucht ist zu erwarten, dass der Proteinbedarf dieser Schweine sinkt, was zu einer Anpassung, d. h. Senkung des Proteingehaltes sowie der essentiellen Aminosäuren im Futter führen sollte. In der Folge könnten Futtermittelimporte reduziert bzw. die Flächenkonkurrenz zwischen Nahrungs- und Futtermittelanbau verringert werden, da weniger Eiweissträger (z. B. Extraktionsschrote oder Kartoffelprotein) benötigt werden. Theoretisch könnten auch die Futtermittelpreise durch einen geringeren Proteingehalt sinken. Der voraussichtlich sinkende Bedarf an essentiellen Aminosäuren kann die Optimierung der Rezeptur hinsichtlich N-Eintrag, N-Ausscheidung oder Wirtschaftlichkeit vereinfachen. Ausserdem würde eine Verringerung des Proteingehaltes zu einer Verringerung des Güllevolumens führen, da weniger Stoffwechselprodukte bzw. überschüssige Nährstoffe ausgeschieden werden müssen (Shaw et al., 2006). Kürzlich wurde gezeigt, dass eine Reduktion des Rohproteingehaltes im Futter um 3 % zu einer 11%igen Senkung des Güllevolumens und zu einer Reduktion des N-Gehaltes in der Gülle um 22 % führt (Soldevila et al., 2024). Diese Massnahme kann auch für die biologische Schweineproduktion wertvoll sein.

**Nachteile/Limitierungen/Zielkonflikte**

Die Eingliederung des Merkmals in das aktuelle Zuchtprogramm könnte eine Herausforderung darstellen. In vielen Zuchtprogrammen werden, entsprechend dem Zuchtziel, mehrere Merkmale in einem einzigen Selektionsindex zusammengefasst. Dabei wird jedem Merkmal ein ökonomisches Gewicht zugewiesen, das auf seiner relativen Bedeutung und seinem Einfluss auf die Gesamtrentabilität beruht. Je höher die Gewichtung, desto stärker wird das Merkmal selektiert. Die ökonomische Gewichtung des Merkmals N-Effizienz ist schwierig. Die technischen Voraussetzungen für die Messung des N-Gehaltes im Schlachtkörper von Hunderten bis Tausenden von Tieren in einem kurzen Zeitraum, wie es für die genomische Zuchtwertschätzung erforderlich

ist, sind noch nicht verfügbar. Die Entwicklung einer solchen Hochdurchsatz-Phänotypisierung in den nächsten Jahren ist jedoch ein realistisches Ziel.

### **Interaktionen**

Es wurde eine mittlere positive genetische Korrelation mit der Phosphoreffizienz festgestellt. Bei einer Zucht auf N-Effizienz würde somit die Phosphoreffizienz zu einem gewissen Grad «mitgezüchtet». Ebenso würden Futtermittelverwertung und Futtermittelverzehr züchterisch weiter verbessert werden, da beide eine mittlere negative genetische Korrelation mit N-Effizienz aufweisen.

### **Umsetzung: Aufwand/Ablauf/Anwendung/Durchführbarkeit**

Die Durchführbarkeit erscheint aufgrund der ausgeprägten Erbllichkeit, die einen schnellen Zuchtfortschritt erwarten lässt, hoch. Genetische Korrelationen mit anderen Merkmalen in den Zuchtzielen lassen keine nennenswerten Zielkonflikte erwarten. Allerdings ist die einzeltierbezogene Messung der N-Effizienz noch schwierig und für eine routinemässige genomische Zuchtwertschätzung noch zu aufwändig. Eine Marker basierte Selektion ist aufgrund der Beteiligung vieler genomischer Varianten, von denen jede nur einen kleinen Einfluss hat, nicht empfehlenswert. Die genomische Zuchtwertschätzung könnte eine praktikable Option sein.

### **Voraussetzungen/Bedingungen**

Die Entwicklung einer Hochdurchsatz-Phänotypisierungsstrategie, z. B. durch Schätzgleichungen, die eine Umrechnung des mit Ultraschallmessgeräten (AutoFOM) direkt am Schlachthof gemessenen Magerfleischanteils in den N-Gehalt ermöglichen, wäre erforderlich. Auf diese Weise könnte eine ausreichende Anzahl von Tieren in einem akzeptablen Zeitrahmen für die genomische Zuchtwertschätzung gemessen werden. Der Bedarf an essentiellen Aminosäuren der gezüchteten Schweine muss von Zeit zu Zeit ermittelt und die Fütterungsempfehlungen entsprechend angepasst werden, da nicht davon ausgegangen werden kann, dass der Bedarf an allen Aminosäuren im gleichen Masse sinkt.

## **Bewertungen**

### **Wirtschaftlichkeit**

Im Gegensatz zu anderen Merkmalen, deren züchterische Verbesserung sich direkt in einem finanziellen Vorteil niederschlägt, ist die Wirtschaftlichkeit hier noch weitgehend unklar. Im Folgenden wird eine grobe Beurteilung der Wirtschaftlichkeit aus der Perspektive der Zuchtorganisationen, der Mischfutterhersteller und der Landwirtschaftsbetriebe vorgenommen. Diese Beurteilung erfolgt überwiegend qualitativ und dient nur als erste Orientierung.

Zuchtorganisation(en): Um das Merkmal für die Aufnahme in den Selektionsindex zu entwickeln, sind Investitionen erforderlich. Dies beinhaltet Ausgaben für die Phänotypisierung und für den Aufbau einer Referenzpopulation für die genomische Zuchtwertschätzung.

Mischfutterhersteller: Das Futter könnte schrittweise an die neue Genetik angepasst werden, indem der Rohproteingehalt sowie der Gehalt an essentiellen Aminosäuren, im Sinne einer Optimierung der Rezepturen im Hinblick auf N-Eintrag bzw. N-Ausscheidung (siehe Merkblatt Nr. 214 «Optimierung von Mischfutterrezepturen auf Nährstoffeintrag in die Landwirtschaft oder auf Nährstoffausscheidung der Nutztiere»), reduziert wird. Dies würde den Bedarf an Importen von Eiweissträgern verringern. Eine Senkung der Futtermittelpreise ist jedoch ungewiss, da die Reduktion des Rohproteingehaltes den Zusatz von synthetischen Aminosäuren erforderlich machen könnte, um die ausreichende Versorgung mit essentiellen Aminosäuren sicherzustellen.

Landwirtschaftsbetriebe: Bei entsprechend angepasster Fütterung ermöglicht die Mast proteineffizienter Schweine eine Reduktion des N (und in geringerem Masse auch des P) im Hofdünger. Mit einem geringeren Rohprotein- sowie Aminosäuregehalt im Futter kann die gleiche Mastleistung wie heute erreicht werden. Dies würde sich evtl. positiv auf die Futterkosten auswirken. Bei einer züchterischen Erhöhung der N-Effizienz um 1 % pro Jahr könnte der Rohproteingehalt des Futters entsprechend um 1 % pro Jahr gesenkt werden. Da die tatsächlichen Gehalte an Rohprotein und synthetischen essentiellen Aminosäuren des an den Zuchtfortschritt angepassten Futters erst noch ermittelt werden müssen, sind Berechnungen zu den zu erwartenden Futterpreisen zum jetzigen Zeitpunkt nicht möglich.

### **Reduktionspotenzial**

Das Reduktionspotenzial ist schwierig zu beziffern, da es von diversen unbekanntenen Faktoren abhängt (v. a. der Gewichtung im Selektionsindex, die den genetischen Fortschritt bestimmt). Andere Zuchtziele, z. B. Fleischqualitätsmerkmale, dürfen nicht zu stark vernachlässigt werden, sodass die Selektionsintensität für N-Effizienz nicht allzu hoch gewählt werden kann. Je nach Gewichtung des Merkmals im Selektionsindex ist mittel- bis langfristig mit einer Reduktion der N-Emissionen zu rechnen. Die erreichten Verbesserungen bleiben jedoch bestehen und werden kontinuierlich gesteigert.

Unter der Annahme, dass eine züchterische Steigerung der N-Effizienz um 1 % pro Jahr erreicht werden kann, sollte der Rohproteingehalt des Futters entsprechend um 1 % pro Jahr gesenkt werden. Wird die Fütterung nicht entsprechend angepasst,

könnten die N-Ausscheidungen aufgrund des reduzierten Aminosäurebedarfs der Schweine dementsprechend um 1 % pro Jahr ansteigen. Bei einer entsprechenden Reduktion des Rohproteingehaltes im Futter müsste im Vergleich zu heute weniger Eiweissträger importiert werden. Die N-Ausscheidung pro Tier würde alleine aufgrund des reduzierten Proteingehalts um ca. 2 % nach einem Jahr bzw. um ungefähr 8.5 % nach 5 Jahren kontinuierlichen jährlichen Steigerung der N-Effizienz und einer Anpassung der Rohproteingehalte sinken (siehe [Agroscope Merkblatt Nr. 212](#) «Proteinernährung des Schweins basierend auf verdaulichen Aminosäuren mit begrenztem Stickstoffeintrag»). Bei einer Optimierung des Protein- bzw. Aminosäuregehaltes des Futters könnte dementsprechend mit einem höheren Anteil an inländischen Proteinträgern und einer entsprechenden Reduktion der Importe und damit einer Verringerung des N-Eintrags aus Futtermitteln in die Schweizer Landwirtschaft gerechnet werden (siehe Agroscope Merkblatt Nr. 214 «Optimierung von Mischfutterrezepten auf Nährstoffeintrag in die Landwirtschaft oder auf Nährstoffausscheidung der Nutztiere»).

### Erfolgs-/Qualitätskriterien

Für eine genaue Quantifizierung der verminderten N-Ausscheidungen müsste eine Stichprobe der gezüchteten Tiere in Stoffwechselläufigen getestet werden. Auf Betriebsebene könnte der N-Gehalt des Hofdüngers stichprobenartig gemessen werden. Auf nationaler Ebene könnte sich der geringere Rohproteinbedarf in geringeren Importen von Proteinträgern für die Futtermittelherstellung auswirken.

### Stakeholder-Perspektiven

Die Zuchtorganisationen müssen in der Lage sein, derart gezüchtete Schweine besser zu vermarkten. Die Futtermittelhersteller müssen den Rohproteingehalt im Futter dieser Zuchtlinien anpassen. Unter Umständen muss die Düngung angepasst (Ausgleich durch zugekauften Hof- oder Mineraldünger bei Bedarf oder weniger Abtransport) werden. Die Mast von N-effizienteren Zuchtlinien muss in die Betriebsoptimierung und -bilanzierung einbezogen werden.

### Fazit

Der Schweinesektor kann durch die Zucht von N-effizienten Schweinen einen wichtigen Beitrag zur Senkung der N-Einträge sowie N-Emissionen der Schweizer Landwirtschaft leisten. Aufgrund einer erhöhten N-Effizienz verbleibt ein höherer Anteil des mit dem Futter aufgenommenen N im Schlachtkörper, der Proteinbedarf der Schweine wird reduziert, und Futterkosten sowie Futtermittelimporte könnten gesenkt werden.

### Weitere Informationen

#### Literatur

- Ewaoluwabemiga E.O., Bee G., Kasper C. (2023a). Genetic analysis of protein efficiency and its association with performance and meat quality traits under a protein-restricted diet. *Genetics Selection Evolution* 55, 35. <https://doi.org/10.1186/s12711-023-00812-3>
- Ewaoluwabemiga E.O., Lloret-Villas A., Nosková A., Pausch H., Kasper C. (2023b). Genome-wide association study and regional heritability mapping of protein efficiency and performance traits in Swiss Large White pigs. *bioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2023.11.28.568963>
- Knol E.F., Nielsen B., Knap P.W. (2016). Genomic selection in commercial pig breeding. *Animal Frontiers* 6 (1), 15–22, <https://doi.org/10.2527/af.2016-0003>
- Ruiz-Ascacibar I., Stoll P., Kreuzer M., Boillat V., Spring P., Bee G. (2017). Impact of amino acid and CP restriction from 20 to 140 kg BW on performance and dynamics in empty body protein and lipid deposition of entire male, castrated and female pigs. *Animal* 11 (3), 394–404. <https://doi.org/10.1017/S1751731116001634>
- Shaw M.I., Beaulieu A.D., Patience J.F. (2006). Effect of diet composition on water consumption in growing pigs. *Journal of Animal Science* 84 (11), 3123–3132, <https://doi.org/10.2527/jas.2005-690>
- Soldevila C., Coma, J., Aymerich, P. (2024). Nutritional management to reduce nitrogen excretion. *Pig333*, [https://www.pig333.com/articles/nutritional-management-to-reduce-nitrogen-excretion-in-pigs\\_20317/](https://www.pig333.com/articles/nutritional-management-to-reduce-nitrogen-excretion-in-pigs_20317/)

#### Impressum

Herausgeber	Agroscope Rte de la Tioleyre 4 1725 Posieux www.agroscope.ch
Series Editor	Frank Liebisch
Download	<a href="http://www.agroscope.ch/naehrstoffverluste">www.agroscope.ch/naehrstoffverluste</a>
Copyright	© Agroscope 2024

#### Haftungsausschluss

Agroscope schliesst jede Haftung im Zusammenhang mit der Umsetzung der hier aufgeführten Informationen aus. Die aktuelle Schweizer Rechtsprechung ist anwendbar.