

# Stickstoff-Effizienz: Output-Input-Verhältnis im

A. Dubois, W. Richner und D. Dubois Proficrops, Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, CH-8046 Zürich

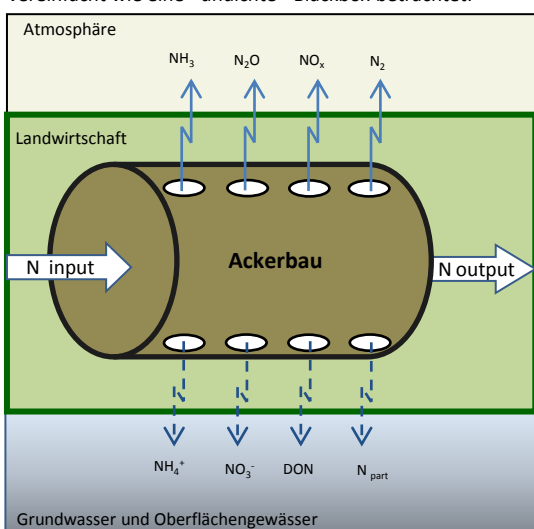
## Einleitung

### N-Effizienz im Pflanzenbau

Die Landwirtschaft ist bestrebt, die Effizienz des Ressourceneinsatzes (Energie, Stickstoff etc.) zu optimieren, um die Produktionskosten und Umweltbelastungen weiter zu senken. Das Agroscope-Forschungsprogramm ProfiCrops befasst sich in Modul 1 mit der N-Effizienz im Schweizerischen Pflanzenbau.

### Indikator NOI

Es gibt verschiedene Ansätze und Systemebenen, um die N-Effizienz zu studieren (Weih et al. 2011). Um die N-Effizienz umfassend aus agronomischer und Umweltsicht zu beschreiben, verwendet die OECD einen Agrar-Umweltindikator, der auf einer Input/Output-Betrachtung basiert (Brenttrup and Palliere 2010). Dabei wird die Landwirtschaft vereinfacht wie eine «undichte» Blackbox betrachtet:



Der Indikator NOI wird berechnet:

$$N \text{ Effizienz (NOI)} = \frac{N \text{ Output}}{N \text{ Input}} = \frac{N - \text{Entzug der Ernte (kg/ha)}}{N - \text{Dünger (kg/ha)}}$$

NOI ist eine vereinfachte Darstellung der Effizienz der Nutzung von gedüngtem N und gibt auch Auskunft über potenzielle N-Verluste, welche die Umwelt belasten können.

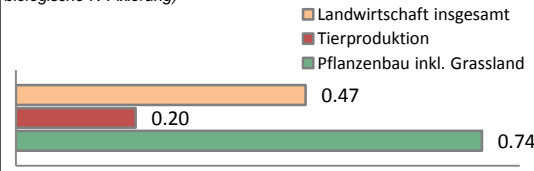
Nicht berücksichtigt bei NOI sind Prozesse wie Mineralisation, Immobilisation, atmosphärische Deposition. Auch werden Umfang und Form der verschiedenen N-Verluste sowie betroffene Umweltkompartimente nicht benannt.

### Kennzahlen aus der Schweiz

Für die gesamte schweizerische Landwirtschaft beträgt die NOI 0.47. Dieser Wert resultiert aus der tiefen NOI der Tierproduktion und der höheren NOI des Pflanzenbaus inklusive Grasland von 0.74:

### NOI der schweiz. Landwirtschaft

(Berechnet aus Angaben von Spiess 2011, ohne N-Deposition und biologische N-Fixierung)



Um die N-Effizienz beim Anbau der häufigsten Ackerkulturen in der Schweiz abzuschätzen, haben wir die Resultate der GRUDAF 2009 verwendet (Tabelle 1). Diese Daten stammen von mehrjährigen Feldversuchen von ACW und ART aus verschiedenen Regionen der Schweiz:

- Raps bzw. Getreide wandeln 65% bis 87% der Menge an Stickstoff in Ertrag um, die sie durch die Düngung erhalten. Der Überschuss kann unter ungünstigen Bedingungen in die Umwelt verloren gehen.
- Mais und Kartoffeln entziehen im Verhältnis zur Düngung am meisten Stickstoff. Berücksichtigt man die atmosphärische N-Deposition von 24 kg N/ha/Jahr (Spiess 2011), ist die Bilanz Input-Output jedoch positiv.
- Der Anbau von Leguminosen erhöht die NOI einer Fruchtfolge im Ackerbau deutlich.

Tabelle 1	N Düngungsnorm (kg N/ ha)	Ertrag (dt/ha)	N-Entzug (kg N / ha)	NOI (kg N-Entzug / kg N-Dünger)	NOI + (kg N-Entzug / (kg N-Dünger + Deposition )
Winterraps	140	35	91	0.65	0.56
Wintergerste	110	60	89	0.81	0.66
Winterweizen (WW)	140	60	121	0.87	0.74
Zuckerrüben	100	750	90	0.90	0.73
Körnermais	110	95	124	1.12	0.92
Kartoffeln (Ka)	120	450	135	1.13	0.94
Soja	0	30	180		
Soja/Ka/WW	240*		436	1.82	1.40

\* -20 kg N/ ha nach Soja-Anbau (GRUDAF 2009)

Obige Zahlen stellen Durchschnittswerte aus der Schweiz bei guter landwirtschaftlicher Praxis dar. Aufgrund der zahlreichen Einflussfaktoren weist die NOI für die einzelne Kultur eine gewisse Streuung auf. Zum Beispiel am eher warmen und trockenen Löss-Standort des DOK-Versuches (Therwil BL) erzielte Weizen eine NOI von über 1.1, vor allem nach Vorfrucht Kartoffeln. Kürzliche Kartoffelsortenversuche in Changins und Reckenholz erlangten hingegen nur eine mittlere NOI zwischen 0.8 bis 1.0. Während Kartoffelanbau bei rein mineralischer Düngung im DOK-Versuch eine NOI von 0.7 bis 1.4 aufweist, erreicht das Verfahren mit Hofdüngereinsatz eine NOI von nur 0.5. Neben Düngermenge und -form behalten eine standortgerechte Kulturenwahl und Anbautechnik deshalb eine grosse Bedeutung für eine effiziente Nutzung des Düngerkstoffes.

## NOI-Vergleich mit anderen Ländern

Obwohl die Stickstoffeffizienz heute ein aktuelles Thema ist, sind oft erst wenige repräsentative Angaben zum N-Gehalt des Erntegutes und zum N-Ertrag verfügbar. Beispielhaft präsentieren wir Daten von Winterweizen und Körnermais (Abb.1).

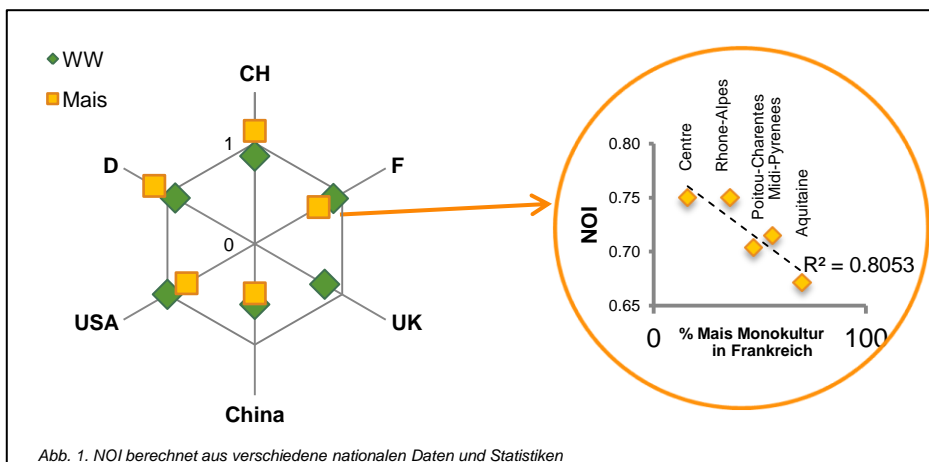


Abb. 1. NOI berechnet aus verschiedenen nationalen Daten und Statistiken

Die momentan verfügbaren Daten zeigen, dass die Schweiz beim Weizenanbau ähnliche NOI-Werte wie andere europäische Länder und die USA erreicht. Beim Körnermais erzielt sie mit Deutschland die höchsten Werte. In Frankreich erreichen Regionen mit hohen Mais-Monokultur-Anteilen eine NOI von unter 0.7 (Abb. 1). Die NOI berechnet aus Angaben aus China ist für beide Kulturen deutlich tiefer. Möglicherweise liegt dies an einem übermässigen Einsatz der subventionierten N-Dünger.

Technische Weiterentwicklungen und Düngerempfehlungen haben in den letzten zwanzig Jahren zu Verbesserungen im N-Management beigetragen. Nun gilt es diejenigen Situationen zu erkennen, in denen noch Schwierigkeiten bestehen und generell die Umsetzung der Massnahmen für eine gezielte Düngung weiterzuführen.

## Massnahmen im Pflanzenbau zur Erhöhung der NOI:

### 1. Bessere Synchronisation zwischen N-Entzug durch Kultur und N-Angebot:

- N-Gaben-Splitting und Wahl der N-Düngerform
- Angepasste N-Dossierung (Bsp. Winterweizen):

### 2. Ertragsbildungspotenzial/N-Entzug hoch halten:

- Erfolgreiche Anlage, Sortenwahl und Pflege der Kultur
- Pflanzenschutz

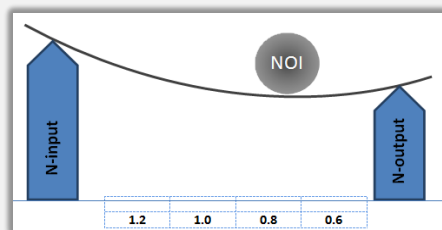
### 3. Verluste an Nährstoffen mindern:

- Platzierte Düngerausbringung an den Ort des Bedarfes (Reihendüngung)
- N-Catch-crops
- Oberflächenabfluss und Erosion nährstoffreichen Oberbodens vermeiden
- .....

### 4. Vermehrter Anbau von Körnerleguminosen:

- Leguminosen benötigen dank biologischer N-Fixierung keine N-Düngung
- Aufgrund des guten Vorfruchtwertes von Leguminosen kann die N-Düngung der Folgekultur um mindestens 20 kg N/ha reduziert werden

Zu Vegetationsbeginn	Bestimmung bedarfsgerechte N-Düngung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realistische Ertrags Erwartung</li> <li>• Erste Schätzung der N-Nachlieferung aus Boden</li> <li>• Schlagspezifische Untersuchung des verfügbaren N in Boden z.B. Nmin-Analyse</li> </ul>
Während Ertragsbildung	Nährstoffversorgung der Pflanzen beurteilen (z. B. optisch)



## ProfiCrops-Projekte

Im Rahmen von Proficrops wurden bisher und werden Kennzahlen zu N-Effizienz und N-Verlusten ermittelt und Verbesserungsmassnahmen erarbeitet:

1. Weitere Kennzahlen NOI unter CH Bedingungen erheben. Vergleichszahlen aus dem Ausland.
2. N-Verluste quantifizieren.
3. Optimierungsmassnahmen entwickeln und testen.
4. Praxistaugliche Instrumente und Entscheidungshilfen erarbeiten.

Zur Zeit sind bei ProfiCrops folgende Projekte gemeldet:

Ist-Analyse	Kontaktperson
N-Bilanz der Schweizerischen Landwirtschaft und von AUI-Betrieben	E. Spiess ART
Entwickeln und Prüfen von Massnahmen	Kontaktperson
Aktualisierung der GRUDAF 2014	S. Sinaj ACW, W. Richner ART
Einfluss von Anbautechnik, Gründüngung und Vorfrucht auf die Düngereffizienz	S. Sinaj, R. Charles ACW
Verbesserung der Nährstoffeffizienz; Gezielter Einsatz von Hof- und Recyclingdüngern	W. Richner ART
Menge und Umsatz des von Leguminosen fixierten N	J. Mayer ART
Einfluss des Vorkommens von Mykorrhiza auf die N-Auswaschung	F. Bender, M. Van der Heijden ART
Einfluss von Düngung und Biochar auf N <sub>2</sub> O-Verluste	J. Leifeld ART
Einfluss der Anbautechnik und Fruchtfolge auf das Nitrat-Auswaschrisiko	V. Prasuhn ART

## Literatur

- Agreste Primeur (2008). Fertilisation azotée minérale du maïs grain : progrès attendus. Agreste : la statistique agricole 216.
- Barraclough, P. B. et al (2010). Nitrogen efficiency of wheat: Genotypic and environmental variation and prospects for improvement. *European journal of agronomy* 33(1): 1-11.
- BMELV (2009). Minderung de Stickstoff-Überschüsse in der Landwirtschaft durch Verbesserung der Stickstoff-Effizienz der Düngung. Wissenschaftlicher Beirat für Düngungsfragen. Deutschland.
- British survey of fertiliser practice 2010.
- Brentrup, F. and Palliere, C. (2010). Nitrogen use efficiency as an agroenvironmental indicator. In *OECD workshop " Agri-environmental indicators: lessons learned and future directions"*, Leysin, Switzerland.
- GRUDAF (2009). Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau. *Agrarforschung* 16(2).
- Jarvis, S. (2011). Nitrogen flows in farming systems across Europe. *The European Nitrogen Assessment*, ed. Mark A. Sutton et al. Published by Cambridge University Press.: 211-228.
- Liu, J. et al (2010). Nitrogen efficiency in long-term wheat-maize cropping systems under diverse field sites in China. *Field crops research* 118(2): 145-151.
- Rahimizadeh, M. et al (2010). Nitrogen use efficiency of wheat as affected by preceding crop, application rate of nitrogen and crop residues. *Australian Journal of Crop Science* 4(5): 363-368.
- Spiess, E. (2011). Nitrogen, phosphorus and potassium balances and cycles of Swiss agriculture from 1975 to 2008. *Nutr. Cycling Agroecosyst.* 91: 351-365.
- USDA Economic Research Service : [www.ers.usda.gov/data/](http://www.ers.usda.gov/data/)
- Weih, M et al. (2011). Assessment of nutrient use in annual and perennial crops: A functional concept for analysing nitrogen use efficiency. *Plant Soil.* 339: 519-520.