

Tag des Ökolandbaus 2006

**Bio statt billig****Wege zu neuem Wohlstand**

---

**In Stoffkreisläufen denken und gewinnen**Dr. Edwin Scheller, Fachgebiet Bodenbiologie und Pflanzenernährung, Universität Kassel

---

Als die biologisch-dynamische Wirtschaftsweise auf der Grundlage der landwirtschaftlichen Vorträge Rudolf Steiners 1924 entstand, war der landwirtschaftliche Betrieb noch vielfältig, sowohl in der Fruchtfolge als auch in der Viehhaltung. Die Nährstoffkreisläufe waren auf Grund der Kombination von Ackerbau und Viehhaltung auf einem Betrieb noch annähernd geschlossen. Steiner sah den landwirtschaftlichen Betrieb als einen eigenen Organismus an, ja sogar als eine Art von Individualität. Er betonte für diesen Zusammenhang die Notwendigkeit der Vielfalt und die Wichtigkeit weitgehend geschlossener Substanzkreisläufe. Dieses Konzept wurde von Rusch auf Grund seiner mikrobiologischen Untersuchungen theoretisch untermauert und liegt auch dem organisch-biologischen Landbau zu Grunde. Welche Vorteile bringt nun die Vielfalt und die Kombination von Ackerbau und Viehhaltung auf einem Betrieb, welche Konsequenzen für das Ökosystem hat die Reduktion der Vielfalt und die Spezialisierung der Betriebe in Marktfrucht- und Veredelungsbetriebe?

Die Organismusorganisation ist sehr komplex und naturwissenschaftlich noch zu wenig bearbeitet. Einfacher begreifen wir Systeme als Teilbereiche von Organismen, weil wir sie in der Technik handhaben. Ein System zeichnet sich dadurch aus, dass durch die Kombination und das Zusammenwirken von Einzelteilen neue Eigenschaften und Leistungen entstehen, die keines der Einzelteile in sich trägt. „Das Ganze ist mehr als die Summe der Teile“. Als ein Beispiel wäre das Radio zu nennen. Keines der Einzelteile gibt ein Konzert wieder, aber ihr geordnetes Zusammenwirken in Verbindung mit Energie. Das Gleiche gilt für das Auto als Transformator von chemischer Energie in individuell handhabbare Bewegungsenergie. Fehlt nun ein Teil oder ist es defekt, das wissen wir aus Erfahrung, dann kann das System seine Leistung nicht mehr hervorbringen.

Auch im landwirtschaftlichen Betrieb haben wir eine Vielzahl von Zusammenhängen und Abhängigkeiten, die wir als System betrachten können. Am augenfälligsten sind die Systemzusammenhänge „Boden – Pflanze“ oder „Boden – Pflanzenbau – Tierhaltung – Dünger – Boden“. Ferner können wir horizontale und vertikale Stoffkreisläufe und Systemzusammenhänge unterscheiden. An drei Beispielen möchte ich solche Systemzusammenhänge kurz skizzieren:

- Pflanze – Boden am Beispiel der Grundnährstoffe
- Humusaufbau
- Stickstoffkreislauf

**Aktive Nährstoffmobilisierung**

Die Pflanzen nehmen nicht nur gelöste Elemente aus dem Boden auf, sondern sie geben in noch größerem Maße Stoffe in den Boden ab. Neben den Wurzelresten sind dies vor allem die Wurzelausscheidungen, die bis 19% der Photosyntheseleistung ausmachen können. Bei hohem Ertragsniveau können das 2 – 3 Tonnen organische Trockenmasse/Hektar sein. Je höher der Ertrag, desto mehr Wurzeln und Wurzelausscheidungen liefert ein Pflanzenbestand in den Boden, desto größer wird die mikrobielle Biomasse, die sich davon

ernährt. Die größere mikrobielle Biomasse setzt auch wieder mehr Humus um und die Verfügbarkeit von Phosphor und Nitratstickstoff steigt. Eine gute Stickstoffversorgung bewirkt, dass sich die Wurzelausscheidungen qualitativ verändern und mehr Aminosäuren in den Boden abgegeben werden.

Mit Hilfe dieser Aminosäuren können wiederum die Mikroorganismen stärker wachsen, die organische Säuren in den Boden ausscheiden.

Die organischen Säuren komplexieren die Strukturionen der Bodenmineralien und zerlegen diese. Dadurch werden deren Nährstoffe freigesetzt. Bei Zuckerrüben wurde eine Kaliumfreisetzung bis 900 kg K<sub>2</sub>O/ha gemessen, im Durchschnitt von 10 Jahren bis über 200 kg K<sub>2</sub>O/ha jährlich auf Lössböden. Die Nährstoffmengen, die aus den Bodenmineralien freigesetzt werden, müssen natürlich nicht aus Lagerstättenvorräten gedüngt werden. Auf einem Hektar Acker haben wir auf den meisten Böden 150.000 – 450.000 kg K<sub>2</sub>O/ha an Vorrat. Das meiste Kalium findet man in den grünen Pflanzenteilen, im Gras, Klee und im Stroh. Milch und Fleisch enthalten sehr wenig Kalium, so dass die Tiere über 90% des aufgenommenen Kaliums mit dem Kot und Harn wieder ausscheiden und dieses wieder auf die Felder und Wiesen zurückwandert.

### **Humusaufbau**

Huminstoffe bestehen zu einem hohen Anteil aus Aminosäuren, den Bausteinen des Eiweißes, Aminoazuckern und Zuckern. In den oberen 20 cm Ackerboden haben wir bei 2% Humus ca. 15.000 – 20.000 kg Eiweißstickstoffmasse. Um Humus aufzubauen, müssen deshalb große Mengen an Aminosäuren und Aminoazuckern in den Boden eingespeichert werden. Besonders eiweißreich sind die Wurzeln der Feldfutterleguminosen. Sie enthalten 4 – 7 mal mehr Eiweiß als Getreide- und Gräserwurzeln, zudem haben sie eine wesentlich größere Wurzelmasse. Der oberirdische Aufwuchs von Klee und Luzerne wird an Rinder verfüttert. Der Mist wandert wieder zurück auf das Feld. Der Rindermist ist in erster Linie ein Eiweißdünger und liefert wertvolle Humusbausteine. Gleichzeitig fördert er den Aufbau von Makroaggregaten, das sind die stabilen Bodenkrümel, in denen das pflanzenverfügbare Wasser gespeichert wird. In diesen Makroaggregaten findet ein vorwiegender Aufbaustoffwechsel statt, das heißt, es wird mehr von der zugeführten Pflanzensubstanz eingebaut und weniger veratmet. In den Mikroaggregaten, die besonders durch den Mineraldünger gefördert werden, ist es umgekehrt. Die Rinder geben zwar Methan durch ihren besonderen Verdauungsvorgang an die Atmosphäre ab, dieses kann bei guter Bodenstruktur aber wieder von den Böden eingeatmet werden. Der Rindermist verändert qualitativ den Bodenstoffwechsel in Richtung Aufbau, fördert den Humusaufbau, die Enzymaktivitäten, die Bildung stabiler Bodenkrümel, fördert indirekt die Methan-Einatmung der Böden und deren Wasserspeicherkapazität.

### **Stickstoff-Kreislauf**

50 – 70% des Stickstoffs, den die Pflanzen aufnehmen, liefert in einem durchschnittlichen Ackerboden der Humus. Je höher der Ertrag, desto mehr Wurzelausscheidungen und –rückstände, desto größer die mikrobielle Biomasse, desto größer die N-Nachlieferung aus dem Humus. Die N-Freisetzung aus dem Humus erfolgt in unserem Klimabereich für gewöhnlich in drei Phasen. Der im Herbst aus dem Humus und den Ernte- und Wurzelrückständen freigesetzte Stickstoff unterliegt auf leichteren Böden leicht der Auswaschung. Bei geringer Grundwasserneubildung wird der überschüssige Nitratstickstoff nur wenig verdünnt und wandert in einer hohen Konzentration in den Unterboden. In den Trockengebieten wurde bis ca. 1970 vorwiegend Luzerne als Feldfutter angebaut. Die Luzerne erhöht die Futtermenge und bindet pro Jahr 500 – 600 kg N/ha aus der Luft. Sie verbessert dadurch die Stickstoffnachlieferung der Böden und erhöht die Erträge der Folgefrüchte. Das Futteraufkommen für die Tierhaltung steigt, diese liefert dann mehr Mist oder Gülle und diese wieder um steigert den

Humusaufbau, die Nährstoff- und Wasserversorgung. Durch den erhöhten N-Umsatz kann auch die Auswaschung von Nitrat ansteigen.

Nun bildet die mehrjährige Luzerne ein besonders tiefgehendes Hauptwurzelsystem im tieferen Unterboden aus, bis 5 – 8 m Tiefe. Mit dem Wasser aus diesen Bodenschichten nimmt sie auch die darin gelösten Nährstoffe auf und führt sie in den landwirtschaftlichen Nährstoffkreislauf zurück. Gleichzeitig liefert sie Wurzeln und Wurzelauausscheidungen in den tieferen Unterboden und erhöht dort die mikrobielle Biomasse. Da diese Bodenzone in der Regel sauerstoffarm ist, entziehen die Mikroorganismen den Sauerstoff dem Nitrat und zerstören es. Fazit: Die Einführung des Luzerneanbaus vergrößerte zwar den N-Umsatz und die N-Auswaschung, gleichzeitig wird durch sie ausgewaschenes Nitrat aus dem Unterboden zurückgeführt und über die Wurzelrückstände und Wurzelauausscheidungen die Reinigungskapazität des Unterbodens für Nitrat erhöht.

### **Die Folgen der Spezialisierung**

Ersetzt man nun die Luzerne durch Mais, dann vergrößert man die Nitratauswaschung und vermindert die Nitratabbaukapazität des Unterbodens. Werden die Betriebe auf Marktfruchtanbau oder Tierhaltung spezialisiert, dann entsteht ein hoher Nährstofftransfer zwischen den Betrieben. Die intensiven Tierhaltungsbetriebe hatten 1980 einen N-Überschuss zwischen 220 – 270 kg N/ha und Jahr und erzeugen Umweltbelastungen. Die Marktfruchtbetriebe müssen hohe Nährstoffmengen in Form von Mineraldünger aus begrenzten Lagerstättenvorräten ausbringen. Die Folgen sind hohe Belastungen der Oberflächen- und Sickerwässer mit unerwünschten Stoffen, reduzierte Humusgehalte, verdichtete Böden und ein hoher Oberflächenabfluss verbunden mit Bodenerosion und einem schnellen Verbrauch der Lagerstättenvorräte an Nährstoffen.

### **Die Vorteile der Vielfalt – die Vorteile des organischen Landbaus**

Mit den drei Beispielen wollte ich exemplarisch einen Einblick in komplexe Systemzusammenhänge in der Landwirtschaft geben. Der organische Landbau hat die Vielfalt im landwirtschaftlichen Betrieb als Leitbild. Aus der Vielfalt entstehen Systemleistungen, die die Bodenfruchtbarkeit aufbauen, die Erträge erhöhen, die Nahrungsqualität verbessern, den Betriebsmittelaufwand senken, den Energieaufwand reduzieren, ein hochwertiges Trinkwasser erzeugen und den Oberflächenabfluss vermindern, um nur einige zu nennen. Inwieweit die Vielfalt als Leitidee des landwirtschaftlichen Betriebsorganismus zu verwirklichen ist, hängt stark an den Produktpreisen. Viele der Systemleistungen, die aus der Vielfalt resultieren, sind bis jetzt nur wenig erforscht. Hier bietet sich noch ein weites Aufgabenfeld.