

Vergleichende Bewertung mikrobiologisch-biochemischer Parameter zur Qualitätsbestimmung pflanzlicher Produkte anhand von Untersuchungen zu einem langjährigen Düngungsversuch

Joachim Raupp¹

Einleitung

Um die Auswirkungen organischer und mineralischer Düngung auf die Qualität der Ernteprodukte zu untersuchen, wurde im Jahr 1980 ein Feldversuch angelegt, der mit sehr ähnlichem Versuchsaufbau noch heute fortgeführt wird. In der Anfangszeit ging es darum, nicht nur die üblichen Kriterien zu untersuchen, sondern auch solche Tests durchzuführen, „deren Ergebnisse noch nicht definitiv interpretiert werden können (ABELE, 1987; S. 7). Bezüglich der Produktqualität sind damit vor allem mikrobiologisch-biochemische Parameter zur Untersuchung der Haltbarkeit gemeint, z.B. Trockenmasseverlust oder Verpilzung im Zersetzungstest, Dunkelfärbung von Gewebeproben oder Extrakt, elektrische Leitfähigkeit von Extrakt, Atmungsaktivität der Produkte im Lagerversuch oder im Zersetzungstest etc.

Aus der gesamten Versuchsdauer liegen mittlerweile umfangreiche Erhebungen zur Produktqualität mit einer breiten Palette von Parametern vor. Die mikrobiologisch-biochemischen Parameter sollen einer vergleichenden Bewertung unterzogen werden im Hinblick auf die Reproduzierbarkeit und Interpretierbarkeit der Ergebnisse sowie ihrer Aussagefähigkeit.

Material und Methoden

Der Feldversuch besteht aus folgenden Varianten: 1. Faktor Düngerart: 1.1 Mineraldüngung (MIN), 1.2 Düngung mit Rottemist und Jauche (RM) und 1.3 ebenfalls Rottemist und Jauche, aber mit Anwendung aller biologisch-dynamischer Dünge- und Feldpräparate (RMBD); 2. Faktor Düngermenge in dreifacher Abstufung (s.u.). Diese 9 Varianten sind in 4 Wiederholungen angelegt und werden mit 4 jährlich parallel angebauten Kulturen praktiziert. Das Versuchsfeld liegt ca. 100m ü. NN in trocken-warmem Klima (590mm; 9,5°C) und besteht aus einer sandigen Braunerde mit Tonbändern.

Die Versuchsdauer ist in 2 Phasen unterteilbar, die sich bezüglich Höhe der organischen Düngung (RM, RMBD) sowie Fruchtfolge unterscheiden. In der ersten Phase (1980-84) bestand das Ziel, mit der organischen und mineralischen Düngung vergleichbare Erträge zu erreichen. Daher wurden beträchtliche Mengen Rottemist ausgebracht. In **Tab. 1** sind

¹ Institut für biologisch-dynamische Forschung, Brandschneise 5, 64295 Darmstadt

die Nährstoff- und Düngermengen der mittleren Stufe angegeben; die Mengen der niedrigen und hohen Stufe verhalten sich hierzu wie 50% bzw. 150% für alle Düngerarten. Die Fruchtfolge jener Jahre enthielt Möhren, Rote Bete, Kartoffeln und Winterroggen.

Tab. 1: Nährstoffmengen (kg/ha) der mineralischen Düngung (MIN) und Düngermengen (dt/ha) der Rottemistvarianten (RM, RMBD) in den Jahren 1981-84, jeweils nur **mittlere** Düngungsstufe (ABELE, 1987)

Kultur	Düngungsart, Jahr	N/P ₂ O ₅ /K ₂ O (kg/ha)	Rottemist (dt/ha)
Roggen	MIN, 81-84	100/75/100	
	RM, RMBD, 81+82		400 dt/ha
	RM, RMBD, 83		240 dt/ha, 14,4 m ³ /ha Jauche
	RM, RMBD 84		100 kg N/ha als Rizinussschrot
Möhren	MIN, 81-84	120/90/200	
	RM, RMBD, 81+82		480 dt/ha
	RM, RMBD, 83		360 dt/ha
	RM, RMBD 84		0 dt/ha
Ro. Bete	MIN, 81-84	160/90/150	
	RM, RMBD, 81+82		640 dt/ha
	RM, RMBD, 83		480 dt/ha
	RM, RMBD 84		320 dt/ha
Kartoffeln	MIN, 81-84	120/100/160	
	RM, RMBD, 81+82		480 dt/ha
	RM, RMBD, 83		360 dt/ha
	RM, RMBD 84		240 dt/ha, 40 kg N/ha als Horngries

Seit 1985/86 werden die Düngermengen so bemessen, daß mit jeder Düngungsart in einer Stufe die gleiche Menge Gesamt-Stickstoff ausgebracht wird (**Tab. 2**). Der Abstand der Düngerstufen voneinander blieb gegenüber früher ungefähr gleich. Für die Rottemistvarianten bedeutet dies erheblich niedrigere, eher praxisübliche Mengen. Die Fruchtfolge wurde ebenfalls auf eine praxisnahe Relation von Leguminose, Getreide und Hackfrucht umgestellt und lautet nun: Rotklee (oder Luzerne), Sommerweizen, Kartoffeln (oder Möhren oder Rote Bete), Winterroggen.

Ergebnisse

Eine der ältesten Methoden, um die Lagerfähigkeit eines Produktes zu quantifizieren, ist der **Zersetzungstest**, beschrieben von SAMARAS (1978), der sich auf Quellen um 1940 bezieht. Zerkleinertes Probenmaterial wird unter kontrollierten Temperatur- und Feuchte-

bedingungen für einige Tage oder Wochen inkubiert. Trockenmasseverlust, CO₂-Abgabe oder visuelle Veränderungen (Farbe, Besiedelung mit Pilzen o.a.) werden normalerweise als Merkmale ausgewertet.

Tab. 2: Nährstoffmengen, berechnet als N/P₂O₅/K₂O (kg/ha) der mineralischen und organischen Düngung in den Jahren ab 1985

Kultur	Düngung	MIN	RM, RMBD (nur Gesamt-N)
Getreide	niedrig	60/50/75	60
	mittel	100/75/100	100
	hoch	140/100/125	140
Hackfrucht	niedrig	50/60/150	50
	mittel	100/90/200	100
	hoch	150/120/250	150

Tab. 3: Verhalten von unterschiedlich gedüngtem Gemüse in Zersetzungstests mehrerer Jahre; Ausmaß an Fäulnis oder Verpilzung (Bonitur), Trockenmasseverlust und CO₂-Abgabe während der Inkubation ; schematische Zusammenfassung der Ergebnisse von ABELE (1987); kU = kein Unterschied

Merkmal	Möhren	Rote Bete	Kartoffeln
Fäulnis,	MIN > RM ≥ RMBD	MIN > RM(BD)	MIN > RM(BD)
Verpilzung	(1981+83)	(1981)	(1981)
TM-Verlust	MIN > RM(BD)	kU	kU
	(1981+83)	(1983)	(1983)
CO ₂ -Abgabe	MIN = RM ≥ RMBD (83)	MIN > RM(BD) (83)	kU (83)
	kU (84)	MIN < RM(BD) (84)	kU (84)

ABELE (1987) hat nicht nur solche Zersetzungstests unternommen, sondern auch Lagerungsversuche mit unzerkleinerten Produkten unter optimal kühlen Temperaturen durchgeführt und festgestellt, daß die beiden Testmethoden keine kongruenten Ergebnisse liefern. Während unter optimalen Bedingungen die Atmungsaktivität unzerkleinerter Möhren, Rote Bete und Kartoffeln keine oder keine deutlichen Düngungsunterschiede zeigte, waren in den Zersetzungstests, je nach Gemüseart, Jahr und ausgewertetem Merkmal, oft sehr deutliche, düngungsbedingte Effekte nachweisbar (**Tab. 3**). Aber nur das Merkmal **Fäulnis und Verpilzung** zeigte an allen 3 Gemüsearten Einflüsse der Düngungsart auf, und zwar zugunsten der Rottemistvarianten. Die MIN-Proben waren zumeist überwiegend schwarzbraun vor Fäulnis oder weiß vor Schimmelpilzen, mehr oder weniger

breiig, insbesondere in den höheren Düngungsstufen. Das mit Rottemist gedüngte Gemüse dagegen war deutlich weniger zersetzt bzw. besiedelt. ABELE (1987) hat diese Beobachtungen in eindrucksvollen Fotos dokumentiert (S. 215-217, 219-220, 223).

Im Gegensatz zu den optisch wahrnehmbaren Veränderungen haben sich bei **Trockenmasseverlust** (in beiden Jahren) und **Atmungsaktivität** (in einem Jahr) nur mit Möhren Unterschiede zwischen organischer und mineralischer Düngung ergeben. Mit Rote Bete und Kartoffeln gab es entweder keine oder in 2 Jahren gegenteilige Effekte.

Tab. 4: Anteil verdorbener Ware bei gelagerten Roten Beten (Gew.%); Gehalt an Nitrat (mg/g TM) und freien Aminosäuren (mg/g TM) nach der Ernte; Zersetzungstest vor und nach der Lagerung (% TM-Verlust); jeweils in Abhängigkeit von Düngungsart und -höhe (HERMANNNS-SELLEN, 1989)

Düngung	Gew.%	NO ₃	FAA	%TM-V vor	%TM-V nach
MIN 1	6,2	23	28	34	36
MIN 2	5,4	32	42	36	35
MIN 3	1,1	44	57	38	33
Mittelw.	4,2 a	32,6 a	42,2	35,9	34,8
RM 1	12,9	23	13	30	32
RM 2	34,9	18	10	27	30
RM 3	10,2	22	16	33	35
Mittelw.	19,3 b	20,7 b	12,8	30,1	32,2
RMBD 1	11,8	29	19	35	37
RMBD 2	14,5	24	10	35	35
RMBD 3	12,4	27	19	32	36
Mittelw.	12,9 b	26,4 ab	15,8	34,1	36,0

In der zweiten Versuchsperiode wurden nochmals Rote Bete untersucht, und zwar im Herbst nach der Ernte und nach Lagerung im Frühjahr (HERMANNNS-SELLEN, 1989). Nach ca. 4,5 Monaten bei niedriger Temperatur wurde der Gewichtsanteil verdorbener in Relation zu noch vorhandener, gesunder Ware bestimmt. Bei den mineralisch gedüngten Varianten war der **Lagerverlust** mit 4% deutlich niedriger als bei den Rottemistvarianten mit 13 und 19% (**Tab. 4**). In Zersetzungstests trat diese Differenzierung jedoch weder vor noch nach der Lagerperiode auf. In allen Düngungsvarianten und zu beiden Terminen waren gleichermaßen 30-36% Verlust zu verzeichnen. Die **Nitratgehalte** der Roten Bete waren nach Mineraldüngung deutlich höher, 33 statt 21 und 26mg/g TM. Die Gehalte an **freien Aminosäuren** unterschieden sich in gleicher Weise, 42 mg/g TM in MIN und nur

13-16 mg/g TM in den organisch gedüngten Rüben.

Einen mikrobiologischen Test anderer Art hat ABELE (1987) mit Roggen angesetzt. In einer Mischung aus Roggenschrot und Wasser hat er die Anzahl *Lactobacillus*- und Hefe-Keime ausgezählt. Beide Organismen-Gruppen spielen bei der Sauerteigbereitung eine

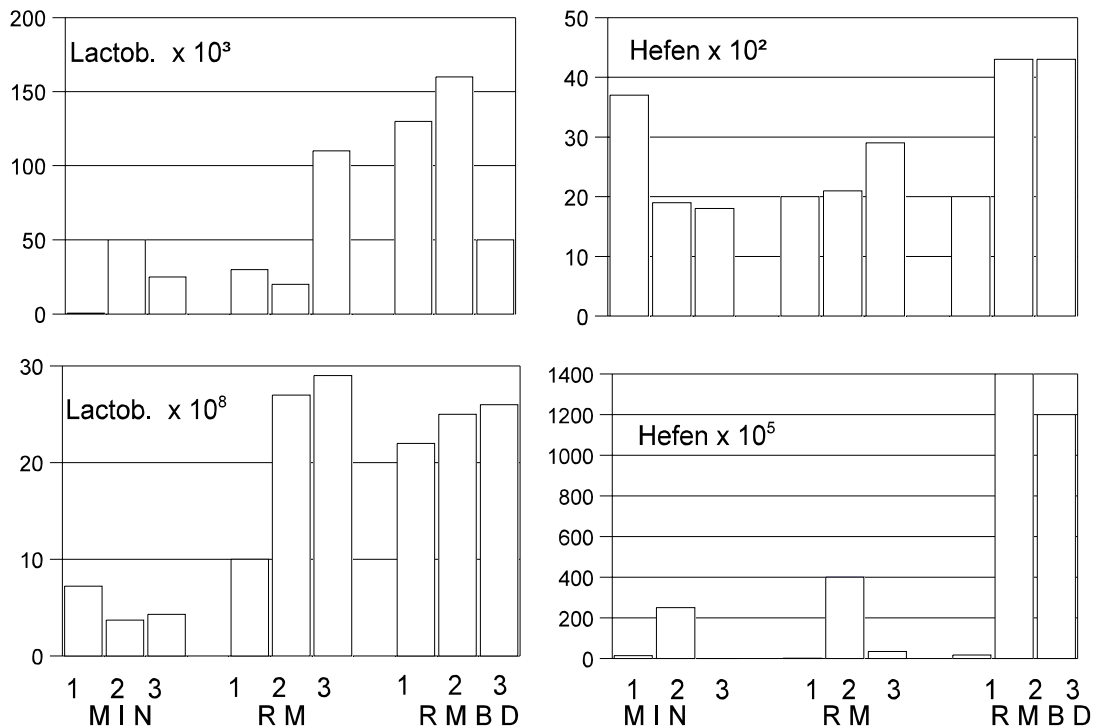


Abb. 1: Populationsgrößen von *Lactobacillus* spp. (links) und Hefen (rechts) in einer Roggenschrot-Wasser-Mischung (oben) und in einem Spontansauer-Ansatz (unten) in Abhängigkeit von Düngungsart und -höhe (ABELE, 1987)

Rolle. Deshalb hat er die gleichen Auswertungen 3 Tage später an den entstandenen **Spontansauer**-Proben wiederholt. Insgesamt waren die Populationsgrößen in den Proben von Rottemist-Varianten größer als in den Mineraldünger-Varianten und in vielen Fällen in den Präparate-Varianten RMBD besonders ausgeprägt (**Abb. 1**).

Weitere biochemische Merkmale an zerkleinerten Kartoffeln und Kartoffel-Extrakt wurden in den zurückliegenden Jahren untersucht (SABIWALSKY, 1995; **Tab. 5**). In Übereinstimmung mit ABELE (1987) hat die Autorin beim Trockenmasseverlust im Zersetzungstest keine Düngungseffekte gefunden, aber bei der Intensität der **Extrakt-Dunkelfärbung**, die bei den mineralisch gedüngten Proben stärker auftrat. Die dunkle Färbung beruht auf einer Oxidation phenolischer Inhaltsstoffe (zit. bei BROUWER, 1976). Intakte, ganze Knollen weisen normalerweise keine Dunkelfärbung auf; in verletztem Gewebe dagegen soll diese Reaktion sehr rasch ablaufen, und die dunklen Substanzen werden nicht effektiv abgebaut. Die **elektrische Leitfähigkeit** war ebenfalls im Extrakt

der mineralisch gedüngten Varianten und der höheren Düngungsstufen höher (allerdings nicht immer in signifikantem Ausmaß). Kartoffeln des folgenden Anbaujahres zeigten die gleichen Unterschiede in der Leitfähigkeit, aber in schwächerem, großenteils nicht signifikantem Ausmaß (SCHULZ & KÖPKE, 1995).

Tab. 5: Biochemische Parameter von Kartoffeln in 1993: TM-Verlust (%) im Zersetzungstest nach 10 und 14 Tagen, Extrakt-Dunkelfärbung (Extinktion bei 970nm) nach 48 Std., elektrische Leitfähigkeit ($\mu\text{S}/\text{cm}$) an Tag 1, 3 und 9 (SABIWALSKY, 1995)

Düngung	MIN	RM	RMBD	niedrig	mittel	hoch
Zersetz. 10	26,6	29,4	23,7	25,7	26,6	27,4
Zersetz. 14	37,4	35,6	32,1	30,5	37,6	36,9
Dunkelfärb.	105,31 a	71,67 b	65,2 b	75,82 a	80,36 ab	86,01 b
Leitfähigk. 1	718	689	689	652 a	719 b	725 b
Leitfähigk. 3	1239 a	1158 ab	1117 b	1105	1203	1205
Leitfähigk. 9	1331	1272	1258	1206 a	1318 b	1337 b

Diskussion und Schlußfolgerung

Zersetzungstests sind unter bestimmten Voraussetzungen in der Lage, Proben nach Düngungsvarianten voneinander zu unterscheiden, die sich bei optimaler Lagerung gleich verhalten. Allerdings führen Proben aus gleichen Varianten, aber unterschiedlichen Jahren oder Gemüsearten nicht immer zu gleich lautenden Ergebnissen. Die häufigsten Übereinstimmungen liefern noch die Merkmale Fäulnisbefall und Verpilzung, während Trockenmasseverlust und Atmungsaktivität für Düngungsversuche als unbrauchbare Merkmale anzusehen sind, da sie entweder keine Unterschiede nachweisen oder nicht reproduzierbare und kaum interpretationsfähige Ergebnisse liefern. Es scheint ferner keine Verknüpfung zwischen den Merkmalen zu geben in dem Sinne, daß ein hoher Befallsgrad an Mikroorganismen gleichzeitig hohe Atmungsaktivität und damit hohen Trockenmasseverlust mit sich brächte. Die abgebaute Gemüsesubstanz wird wahrscheinlich von den Mikroorganismen teilweise in ihre Biomasse eingebaut. Daher weist eine stark besiedelte Probe nicht zwangsläufig einen hohen Verlust an Trockenmasse auf, zumal die Trockenmassebestimmung nicht zwischen Gemüse und Mikroorganismen unterscheiden kann. Welche Mikroorganismen abhängig von welchen Produkteigenschaften das Lagergut befallen und zersetzen können, bleibt insgesamt unklar. Dies erschwert sowohl die Standardisierung der Zersetzungstests als auch die Interpretation der Ergebnisse.

Ein stark besiedeltes oder zersetztes Produkt wird gemeinhin als schlechte Qualität angesehen. Doch wie ist im Vergleich dazu der Test mit Roggen-Spontansauer zu interpretieren? Gute und schlechte, d.h. nützliche und unnütze Besiedelung zu unterscheiden ist

nur aufgrund anthropogener, subjektiver Maßstäbe möglich. Daher kann mikrobielle Zersetzung nicht generell als positiv oder negativ interpretiert werden und ist somit kein objektives, Produkt-immanentes Merkmal.

Das Konzept, eine physiologisch-harmonische Zusammensetzung des Ernteproduktes als Indiz seiner Reife und seiner positiven Qualität zu sehen (z.B. ABELE, 1987; S. 132-136), erscheint fraglich, solange weder Lagerversuche noch Zersetzungstests in ihren Ergebnissen eindeutig mit den analysierten Inhaltsstoffen, z.B. mit anorganischen oder niedermolekularen Stickstoff-Fraktionen (Nitrat, freie Aminosäuren) korrelieren.

Danksagung

Der vorliegende Düngungsversuch war ursprünglich ein Forschungsauftrag des Bundeslandwirtschaftsministeriums, Bonn, das dankenswerterweise in 1980-84 die finanzielle Förderung übernommen hatte. Seit 1985 tragen hauptsächlich Stiftungen u.a. private Einrichtungen die Kosten. Der Mahle-Stiftung, Stuttgart, die nunmehr seit Jahren den größten Teil zur finanziellen Unterstützung beiträgt, sei an dieser Stelle herzlich gedankt. Einige der Qualitätsuntersuchungen waren nur durch Zusammenarbeit mit öffentlichen Instituten möglich, hauptsächlich mit dem Institut für Mikrobiologie und Landeskultur, Abteilung Mikrobiologie, der Universität Gießen und dem Institut für Organischen Landbau der Universität Bonn.

Literatur

- Abele, U., 1987: Produktqualität und Düngung - mineralisch, organisch, biologisch-dynamisch. Angew. Wiss., Heft 345; Münster-Hiltrup
- Brouwer, W., 1976: Handbuch des speziellen Pflanzenbaues. Band II; Verlag P. Parey, Berlin u. Hamburg
- Hermanns-Sellen, M., 1989: Chemisch-physiologische Kennwerte und Lagerverhalten von organisch und mineralisch gedüngter Rote Bete eines Feldversuches. Diss. Univ. Gießen
- Samaras, I., 1978: Nachernteverhalten unterschiedlich gedüngter Gemüsearten mit besonderer Berücksichtigung physiologischer und mikrobiologischer Parameter. Diss. Univ. Gießen; Schriftenreihe "Lebendige Erde", Darmstadt
- Sabiwalsky, B., 1995: Untersuchung ausgewählter Parameter zur Beschreibung des Nachernteverhaltens von Kartoffelknollen: Abhängigkeit von unterschiedlicher Düngungsart und -intensität sowie der Behandlung mit biologisch-dynamischen Präparaten. Diplomarbeit, Inst. f. Organ. Landbau (Prof. Dr. U. Köpke), Landw. Fak., Univ. Bonn
- Schulz, D.G.; Köpke, U., 1995: Effects of intensified mineral and organic fertilizer and biodynamic preparations on yield, quality and shelf life of potatoes. In: Raupp, J. (ed.): Main effects of various organic and mineral fertilization on soil organic matter turnover and plant growth. Proc. St. Meeting Concerted Action Fertilization Systems in Organic Farming (AIR3-CT94-1940), Darmstadt, May 1995; 42-47