



Anwendung von aufbereitetem flüssigem Gärgut auf Selleriekultur



Jacques Fuchs, FiBL

Martin Koller, FiBL
Samuel Hauenstein, FiBL

13. Oktober 2017

Diese Arbeit ist Teil des Projektes „Qualitätssteigerung Gärgut flüssig (Presswasser)“, welches von Biomasse Suisse geleitet wurde. Dieses Projekt wurde vom BFE und BAFU finanziert.

EXCELLENCE FOR SUSTAINABILITY

Das FiBL hat Standorte in der Schweiz, Deutschland und Österreich
FiBL offices located in Switzerland, Germany and Austria
FiBL est basé en Suisse, Allemagne et Autriche

FiBL Schweiz / Suisse
Ackerstrasse, CH-5070 Frick
Tel. +41 (0)62 865 72 72
info.suisse@fibl.org, www.fibl.org

Anwendung von aufbereitetem flüssigem Gärgut auf Selleriekultur

1. Einführung und Ziel des Teilprojektes

Eine wirtschaftlich tragbare Lagerung und zeitgerechte Nutzung von flüssigem Gärgut aus der fest/flüssig Trennung, dem sogenannten Presswasser ist schwierig. Das Projekt „Qualitätssteigerung Gärgut flüssig (Presswasser)“, das durch das BFE finanziert ist, will Alternativen für die landwirtschaftlichen Nutzung aufzeigen.

Gemüsebaukulturen haben einen relativ hohen Nährstoffbedarf. Speziell im bio Gemüsebau stellt dies bedeutende Kosten dar. Die Möglichkeit, handelsüblichen bio Dünger mit aufbereitetem flüssigem Gärgut zu ersetzen soll hier in einem Feldversuch unter Praxisbedingungen untersucht werden.

In diesem Teilprojekt wurde somit die Wirksamkeit des flüssigen Gärguts auf das Wachstum von Knollensellerie, im Vergleich zu herkömmlichem, kommerziellem Biohandelsdünger, getestet. Dabei wurden drei verschiedenen Gärgutgaben-Strategien verglichen.

2. Material und Methoden

2.1. Standort des Versuches

Der Versuch wurde auf einen Feld der Firma Rathgeb Bioprodukte AG (Gemüseproduzent) an der Feldstrasse im Alten (/map.search.ch/Alten, Feldstr.@690159,272490) durchgeführt. Es handelt sich um eine mittelschwere Braunerde. Pro Verfahren wurde eine Bodenproben vor Versuchsbeginn genommen. Die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Bodens sind in Tabelle 1 dargestellt (Durchschnittswerte der fünf Proben, da die Ergebnisse homogen waren).

Tab. 1. Eigenschaften des Bodens der Versuchsparzelle¹

<u>Bodenkenngrößen</u>			<u>Spurenelemente</u>		
Humusgehalt	% G/G	2.5	Bor	mg/kg	0.4
Tongehalt	% G/G	17.0	Mangan	mg/kg	430.2
Schluffgehalt	% G/G	21.0	Kupfer	mg/kg	10.5
pH-Wert (1:2.5 H ₂ O)		7.8	Eisen	mg/kg	335.6
<u>Verfügbare Nährstoffe (H₂O₁₀)</u>			<u>Reservenährstoffe (AAE₁₀)</u>		
Nitrat	mg/kg	15.4	Phosphor	mg/kg	157.1
Phosphor	mg/kg	2.2	Kalium	mg/kg	151.3
Kalium	mg/kg	29.1	Calcium	mg/kg	8158.2
Calcium	mg/kg	120.5	Magnesium	mg/kg	193.4
Magnesium	mg/kg	10.0			

¹Analysen: Ibu, Labor für Boden- und Umweltanalytik, Eric Schweizer AG, Postfach 150, CH-3602 Thun. Jeder Wert entspricht dem Durchschnitt von fünf Analysen.

Die Interpretation der Bodeneigenschaften ist in Tab. 2 präsentiert (auf der Basis der Analyse einer der fünf Proben)

Tab. 2. Interpretation der Bodenanalysen der Versuchsparzelle¹

Bodenkenngrössen								
Parameter	Dimension	Resultat	Methode	Interpretation/Versorgungsstufen				
Humus	% G/G	2.5	Fühlprobe (FP)	schwach humos				
Ton	% G/G	16.0	Fühlprobe (FP)	sandiger Lehm				
Schluff	% G/G	21.0	Fühlprobe (FP)					
pH-Wert		7.8	pH (1:2.5 H ₂ O)	alkalisch				
Verfügbare Nährstoffe (H₂O₁₀)			Korr.-faktor	arm A	mässig B	genügend C	Vorrat D	angereichert E
Nitrat	mg/kg	15.0		[Bar chart: 15.0 mg/kg, level B]				
Phosphor	mg/kg	2.6	1.4	[Bar chart: 2.6 mg/kg, level B]				
Kalium	mg/kg	35.1	0.9	[Bar chart: 35.1 mg/kg, level C]				
Calcium	mg/kg	104.9		[Bar chart: 104.9 mg/kg, level C]				
Magnesium	mg/kg	9.9	1.3	[Bar chart: 9.9 mg/kg, level B]				
Reservenährstoffe (AAE₁₀)			Korr.-faktor	arm A	mässig B	genügend C	Vorrat D	angereichert E
Phosphor	mg/kg	168.6	0.0	[Bar chart: 168.6 mg/kg, level C]				
Kalium	mg/kg	166.3	1.0	[Bar chart: 166.3 mg/kg, level C]				
Calcium	mg/kg	7'040.0		[Bar chart: 7'040.0 mg/kg, level C]				
Magnesium	mg/kg	230.2	0.7	[Bar chart: 230.2 mg/kg, level C]				
Spurenelemente *			Korr.-faktor	arm A	mässig B	genügend C	Vorrat D	angereichert E
Bor	mg/kg	0.4		[Bar chart: 0.4 mg/kg, level B]				
Mangan	mg/kg	450		[Bar chart: 450 mg/kg, level C]				
Kupfer	mg/kg	10.5		[Bar chart: 10.5 mg/kg, level C]				
Eisen	mg/kg	366		[Bar chart: 366 mg/kg, level C]				

¹Analysen und Interpretation der Ergebnissen: Ibu, Labor für Boden- und Umweltanalytik, Eric Schweizer AG, Postfach 150, CH-3602 Thun.

2.2. Kulturführung

Die Eckdaten der Kulturführung sind in der Tabelle 3 präsentiert.

Tab.3. Eckdaten der Selleriekultur

<u>Pflanzen</u>			
Sellerie Sorte:	Alicia F1 (Bejo)		
<u>Feldvorbereitung</u>			
Bodenbearbeitung:	betriebsüblich	Grunddüngung:	keine
<u>Kulturführung</u>			
Pflanzdatum	KW 19	Pflanzdistanz	40 x 60 cm
Bewässerung	nach Bedarf	Unkrautregulierung	betriebsüblich
Erntedatum	19.9.2017		

2.3. Dünger

Das flüssige Gärgut (Filtrat vom Schwingsieb 0,166 mm) wurde in der gewerblichen industriellen Anlage vom SwissFarmerPower Inwil AG produziert. Die chemische Analyse des flüssigen Gärgutes ist in der Tabelle 4 präsentiert.

Tab. 4. Chemische Eigenschaften des angewandten flüssigen Gärgutes¹

Trockensubstanz TS	% FS	9.6	Spezifisches Gewicht	kg/l	1.0
Glühverlust 500°C (OS)	% TS	53.5	Kohlenstoff Corg	g/kg TS	310.1
pH-Wert		8.1	C/N-Verhältnis		5.7
Gesamt-N (nach Kjeldahl)	g/kg TS	54.3	Gesamt-N (nach Kjeldahl)	kg/m ³	5.2
NH ₄ -N	g/kg TS	23.2	NH ₄ -N	kg/m ³	2.2
NO ₃ -N	g/kg TS	0.05	NO ₃ -N	kg/m ³	0.005
N _{min}	g/kg TS	23.2	N _{min}	kg/m ³	2.2
P ₂ O ₅	g/kg TS	24.1	P ₂ O ₅	kg/m ³	2.3
K ₂ O	g/kg TS	43.4	K ₂ O	kg/m ³	4.2
Calcium	g/kg TS	29.0	Calcium	kg/m ³	2.8
Magnesium	g/kg TS	8.0	Magnesium	kg/m ³	0.8
Schwefel	g/kg TS	4.4	Schwefel	kg/m ³	0.4

¹Analysen: Ibu, Labor für Boden- und Umweltanalytik, Eric Schweizer AG, Postfach 150, CH-3602 Thun

Als Referenzdünger wurden Biorga Stickstoffdünger (12 N_{gesm}% bzw. 8.4 % N_{verf}, Hauert), Hühnermist (3.5% N, 4% P₂O₅, 2% K₂O, Vivasol) und Patentkali (30% K₂O und 6% Mg) angewendet.

Bei den Nährstoffgaben wurde von einem Grundbedarf des Selleries von 180 kg N/ha ausgegangen.

2.4. Versuchsdesign

Fünf Verfahren wurden verglichen (Tab. 5): drei Verfahren mit flüssigem Gärgut sowie ein mit Referenzdüngergedüngtes und ein ungedüngtes Verfahren.

Vier Wiederholungen pro Verfahren wurden angelegt. Jede Wiederholung hatte eine Fläche von 14,4 m³ (1,8 m breit und 8 m lang).

Tab. 5. Beschreibung der angesetzten Verfahren des Sellerie-Versuches

Verfahren	Düngung Termin 1		Düngung Termin 2		Düngung Termin 3	
	18.05.2017		09.06.2017		02.07.2014	
	pro ha	pro Parzelle	pro ha	pro Parzelle	pro ha	pro Parzelle
Verfahren 1	-	-	58 m ³	84 litres	-	-
Verfahren 2	29 m ³	42 litres	29 m ³	42 litres	-	-
Verfahren 3	19,3 m ³	28 litres	19,3 m ³	28 litres	19,3 m ³	28 litres
Verfahren 4	H ⁽¹⁾ : 1750 kg P ⁽¹⁾ : 883 kg	H ⁽¹⁾ : 2,52 kg P ⁽¹⁾ : 1,17 kg	B ⁽¹⁾ : 1414 kg	B ⁽¹⁾ : 2,04 kg	-	-
Verfahren 5	-	-	-	-	-	-

⁽¹⁾ H: Hühnermist, P: Patentkali, B: Biorga N



Fig. 1. Ansicht des Versuches beim ersten Düngungstermin.

Oben links: allgemeine Ansicht der Versuchsparzelle. Oben rechts: Entnahme von Bodenproben.
Unten links: Gabe von flüssigem Gärgut. Unten rechts: gedüngter Kontrolle vs. Gärgut-Verfahren

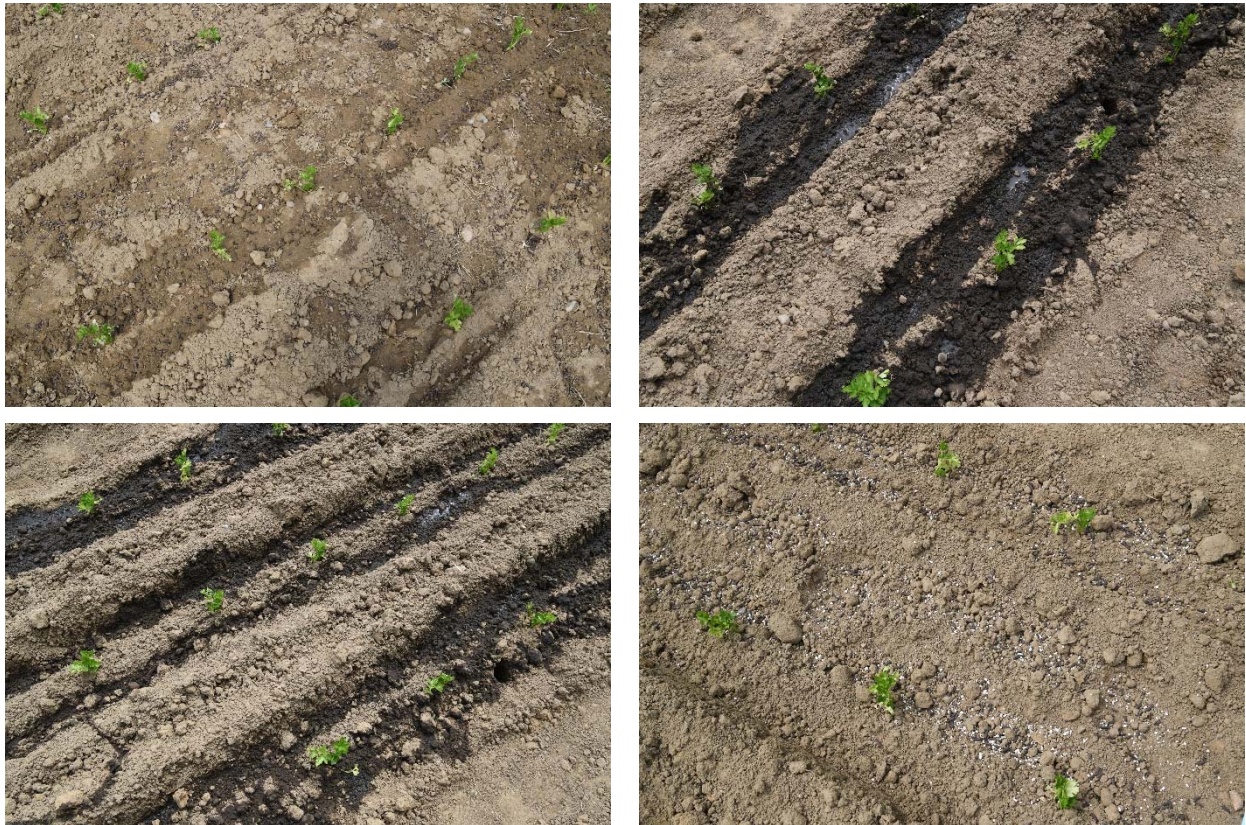


Fig. 2. Ansicht der Parzellen nach der ersten Düngungsgabe.
 Oben links: Verfahren 1: flüssiges Gärgut in einer Gabe (beim 2. Düngungstermin).
 Oben rechts: Verfahren 2: flüssiges Gärgut in zwei Gaben.
 Unten links: Verfahren 3: flüssiges Gärgut in drei Gaben.
 Unten rechts: Verfahren 4: gedüngte Kontrolle.

2.5. Durchgeführte Messungen und Analysen

2.5.1. Bodenanalysen

Vor jeder Düngungsgabe wurden pro Verfahren eine Mischprobe der oberen Bodenschicht (0-30 cm) sowie eine Mischprobe der unteren Bodenschicht (30-60 cm) entnommen. Daraufhin wurde eine H₂O-2:1 Extraktion diesen Proben realisiert, sowie die pH-Wert, Salzgehalt- und N_{min}-Werte analysiert.

2.5.2. Ernteerhebungen

Am Ende des Versuches wurde von jeder Parzelle das Blatt-(inkl. Stengel) und Knollengewicht von 3 m² aus der Parzellenmitte gewogen. Von vier Pflanzen wurde das Blattmaterial Spross und das Kraut zerkleinert, 2 Tagen bei 60°C getrocknet und deren Trockensubstanz bestimmt. Anschliessend wurden die Proben gemahlen und deren Stickstoffgehalt mit einem CHN Analyzergemessen).



Fig. 3. Sicht des Versuches am 16. Juni 2017 (nach zwei Düngungsgaben).

Oben links: Verfahren 1: flüssiges Gärgut in einer Gabe.

Oben rechts: Verfahren 2: flüssiges Gärgut in zwei Gaben.

Mitte links: Verfahren 3: flüssiges Gärgut in drei Gaben.

Mitte rechts: Verfahren 4: gedüngte Kontrolle.

Unten links: Verfahren 5: ungedüngte Kontrolle

Unten rechts: allgemeine Sicht des Versuches

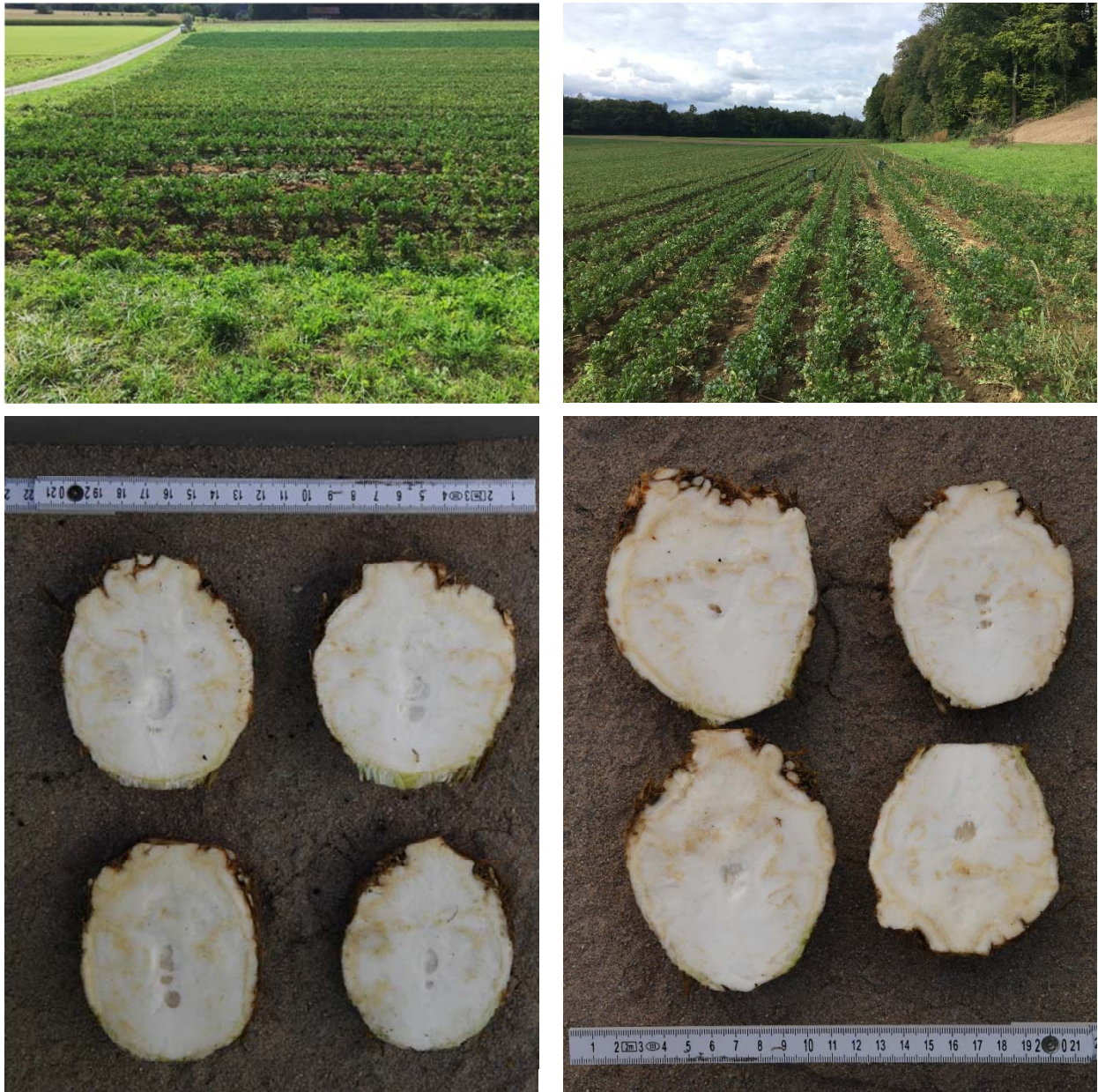


Fig. 4. Sicht des Versuches bei der Ernte (am 19 September 2017)

Oben: Sicht der Versuchsparzelle.

Unten: Sicht der Knollensellerie (links: Handelsdünger-Verfahren; rechts: Verfahren flüssiges Gärgut in 2 Gaben)

3. Ergebnisse

3.1. Allgemeine Beobachtungen

Bei seiner Ausbringung ist das Gärgut gut versickert, ausser beim Verfahren mit der Gabe des ganzen Gärgutes in einmal. Da ist eine verzögerte Versickerung beobachtet worden, was zu höheren Nährstoffverluste sowie eine Krustebildung am Bodenoberfläche führen kann.

Es wurde keine Qualitätsunterschieden zwischen die Knollen der verschiedenen Verfahren beobachtet. Speziell bei Böden mit hoher pH-Wert könnte Bor-Mangel entscheiden sein. Auch diesbezüglich könnte keine negative Auswirkung des Gärgutes festgestellt werden.

3.2. Bodenuntersuchungen

3.1.1 Trockensubstanz des Bodens

Der Trockensubstanzgehalt des Bodens war während des ganzen Versuches relativ homogen und befand sich sowohl im Ober- wie im Unterboden bei 85% (Fig. 4). Einzig bei den Verfahren 1 und 4 lag der TS-Gehalt des Oberbodens am Anfang des Versuchs ein wenig tiefer (Fig. 4).

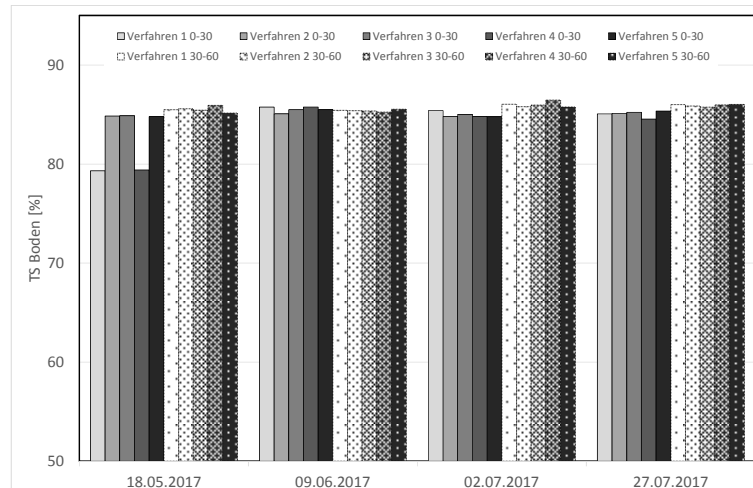


Fig. 4. Einfluss von flüssigem Gärgut auf die Entwicklung des Feuchtigkeitsgehaltes des Oberbodens (0-30 cm) und des Unterbodens (30-60 cm) während des Versuches einer mittelschweren Braunerde.

Verfahren 1: flüssiges Gärgut in einer Gabe. Verfahren 2: flüssiges Gärgut in zwei Gaben. Verfahren 3: flüssiges Gärgut in drei Gaben. Verfahren 4: gedüngte Kontrolle. Verfahren 5: ungedüngte Kontrolle.

3.1.2 pH-Wert des Bodens

Der pH-Wert des Oberbodens war am Anfang des Versuchs bei 7,2, derjenige vom Unterboden bei 7,6 (Fig. 5). Gegen Ende des Versuches waren praktisch alle Werte zwischen 7,6 und 7,7. Es konnten keine deutlichen Unterschiede zwischen den Verfahren beobachtet werden.

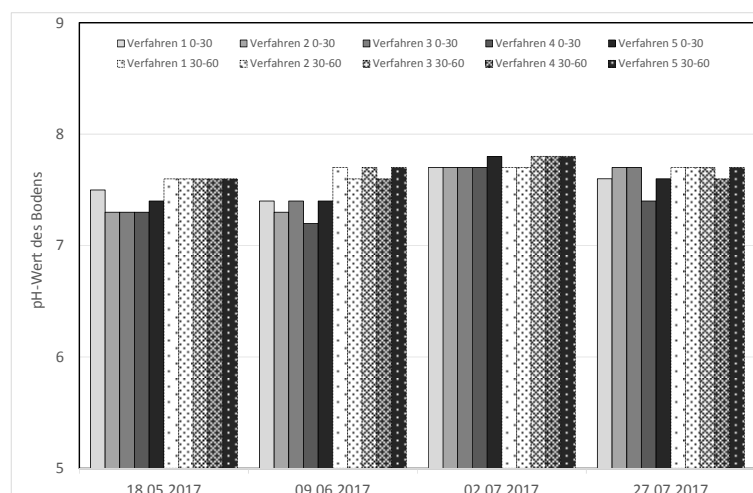


Fig. 5. Einfluss von flüssigem Gärgut auf die Entwicklung der pH-Wert des Oberbodens (0-30 cm) und des Unterbodens (30-60 cm) während des Versuches einer mittelschweren Braunerde.

Verfahren 1: flüssiges Gärgut in einer Gabe. Verfahren 2: flüssiges Gärgut in zwei Gaben. Verfahren 3: flüssiges Gärgut in drei Gaben. Verfahren 4: gedüngte Kontrolle. Verfahren 5: ungedüngte Kontrolle.

3.1.3 Salzgehalt im Boden

Der Salzgehalt im Oberboden war am Anfang des Versuchs bei allen Verfahren gleich niedrig (Fig. 6). Bei den gedüngten Parzellen stieg er im Laufe des Versuches; am deutlichsten war dieser Anstieg bei der mit Referenzdünger gedüngten Kontrolle (Fig. 6). Der tiefere Salzgehalt im Verfahren mit flüssigem Gärgut ist im Vergleich zum Referenzdünger vorteilhaft. Zwischen die verschiedenen Gärgutverfahren waren ab den 2. Juli keine entscheidenden Unterschiede zu beobachten.

Keine Unterschiede bezüglich des Salzgehaltes konnte zwischen die verschiedenen Verfahren im Unterboden gemessen werden. Der Salzgehalt im Unterboden war allgemein deutlich tiefer als im Oberboden (ausser für das ungedüngte Verfahren), was darauf hindeutet, dass kaum Salzauswaschung stattgefunden hat.

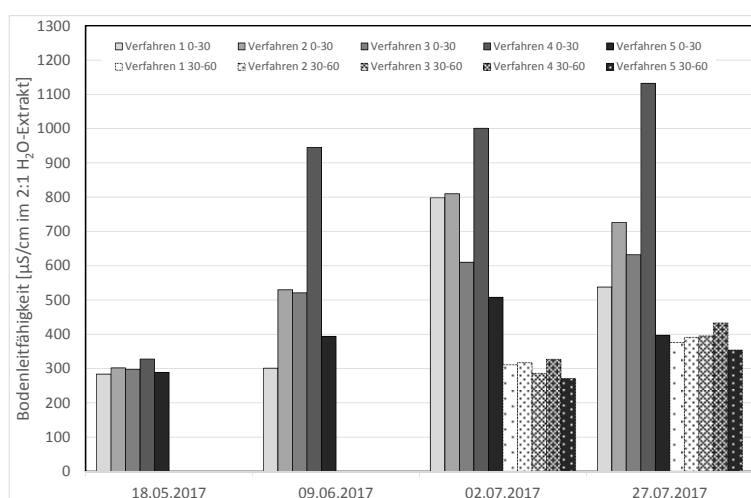


Fig. 6. Einfluss von flüssigem Gärgut auf die Entwicklung des Salzgehaltes des Oberbodens (0-30 cm) und des Unterbodens (30-60 cm) einer mittelschweren Braunerde.

Verfahren 1: flüssiges Gärgut in einer Gabe. Verfahren 2: flüssiges Gärgut in zwei Gaben. Verfahren 3: flüssiges Gärgut in drei Gaben. Verfahren 4: gedüngte Kontrolle. Verfahren 5: ungedüngte Kontrolle.

3.1.4 N_{min}-Gehalt im Boden

Der mineralische Stickstoffgehalt im Boden war am Anfang des Versuches bei allen Verfahren gleich niedrig (Fig. 7). Mit der Mineralisation stieg er dann im Oberboden bei allen Verfahren, auch in der ungedüngten Kontrolle. Bei den mit flüssigem Gärgut gedüngten Parzellen stieg er am Anfang des Versuches deutlich mehr als beim Handelsdünger-Verfahren, der bis dahin nur Hühnermist als N-Dünger bekam. Nach der Gabe des Biorga N stieg der N_{min}-Gehalt im Handelsdünger-Verfahren auch deutlich an. Ende Juli war auch im Oberboden dieses Verfahrens am meisten mineralischen Stickstoff vorhanden (Fig. 7).

Durch die Fraktionierung der Gaben vom flüssigen Gärgut war der N_{min}-Gehalt im Oberboden gleichmässiger während der Versuchsdauer. Mit der einmaligen Gabe von flüssigem Gärgut war eine hohe N_{min}-Menge im Oberboden anfangs Juli; jedoch Ende Juli war verfügbare Stickstoffmenge im Boden schon deutlich niedriger als bei den restlichen gedüngten Verfahren (Fig. 7).

Kaum Unterschiede zwischen den Verfahren konnten in Bezug auf den N_{\min} -Gehalt im Unterboden beobachtet werden.

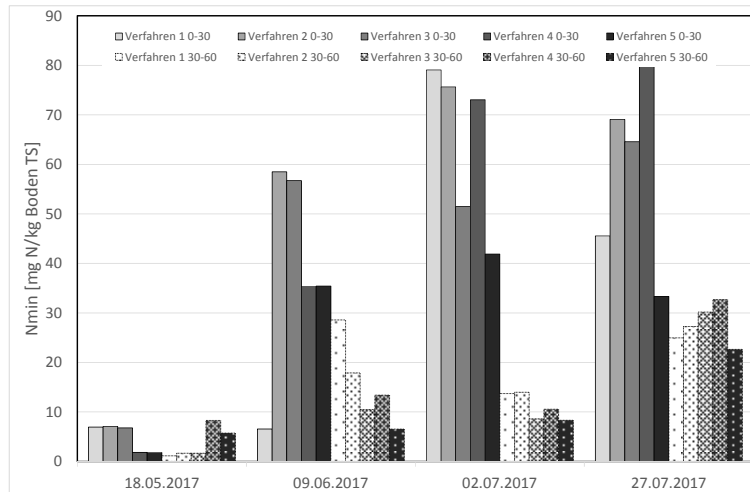


Fig. 8. Einfluss von flüssigem Gärgut auf die Entwicklung des N_{\min} -Gehaltes des Oberbodens (0-30 cm) und des Unterbodens (30-60 cm) einer mittelschweren Braunerde..
 Verfahren 1: flüssiges Gärgut in einer Gabe. Verfahren 2: flüssiges Gärgut in zwei Gaben. Verfahren 3: flüssiges Gärgut in drei Gaben. Verfahren 4: gedüngte Kontrolle. Verfahren 5: ungedüngte Kontrolle.

3.1.5 Nitrat-Gehalt in den Sellerieblättern

In den Verfahren mit Handelsdünger war der Gehalt an mineralischem Stickstoff leicht tiefer als bei allen anderen Verfahren, und dies vor allem Anfangs Juli (Fig. 8). Keine Unterschiede konnten sonst zwischen den verschiedenen Verfahren beobachtet werden. Anfangs Juli enthielten die Blätter ca. 0.75 mg NO_3 -N pro g Frischsubstanz. Ende Juli sank diese Menge knapp unter 0.6 mg NO_3 -N pro g Frischsubstanz. Diese Werte entsprechen die Referenzwerte für Sellerie.

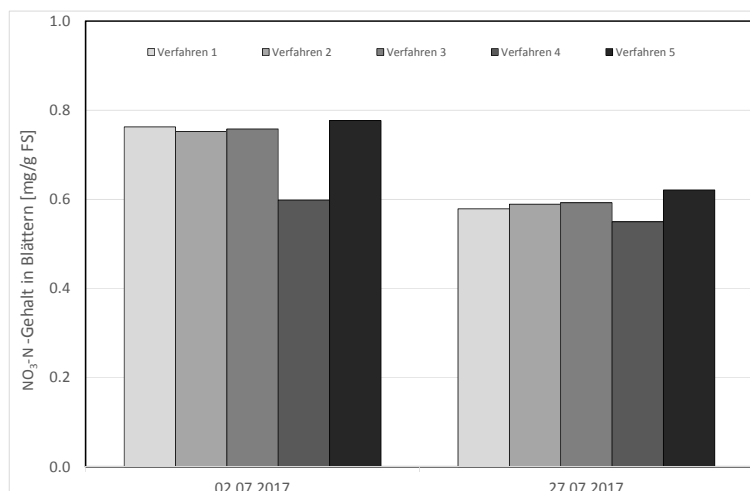


Fig. 8. Einfluss von flüssigem Gärgut auf die Entwicklung des NO_3 -N-Gehalt in den Sellerieblättern.
 Verfahren 1: flüssiges Gärgut in einer Gabe. Verfahren 2: flüssiges Gärgut in zwei Gaben. Verfahren 3: flüssiges Gärgut in drei Gaben. Verfahren 4: gedüngte Kontrolle. Verfahren 5: ungedüngte Kontrolle.

3.1.6 Pflanzenernte

Die angewandten Düngungsformen hatten keinen signifikanten Einfluss auf die Pflanzenausfälle während der Kultur. Beim Erntezeitpunkt standen bei allen getesteten Verfahren knapp 500 Knollen pro Are.

Das Blattgewicht der ungedüngten Pflanzen war signifikant kleiner als bei allen gedüngten Varianten (Fig. 9). Bei diesen war kein signifikanter Unterschied bezüglich des Blattgewicht festzustellen.

Das gleiche Bild konnte beim Knollenertrag beobachtet werden (Fig. 10). Auch wenn den Ertrag der mit flüssigem Gärgut gedüngten Varianten tendenziell leicht höher ausfiel als bei der gedüngten Kontrolle, konnte zwischen die gedüngten Varianten kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

In Bezug auf der TS-Gehalt der Blätter sowie der TS-Gehalt der Knollen konnten keine Unterschiede zwischen den Verfahren festgestellt werden. Bei allen Verfahren war der TS-Gehalt der Blätter bei 15% des Frischgewichtes, und bei der Knollen bei 10%.

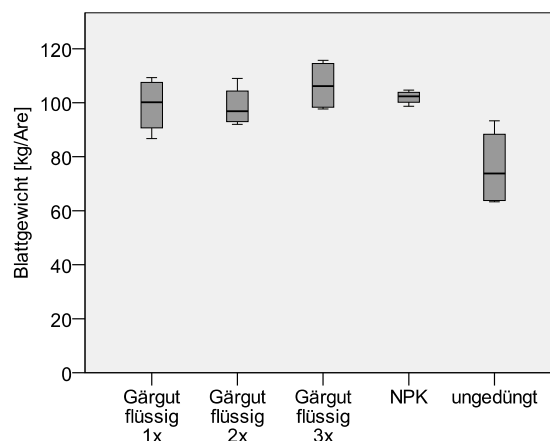


Fig. 9. Einfluss von flüssigem Gärgut auf dem Blattertrag von Knollensellerie. Die gleichen Düngermengen wurden bei allen gedüngten Verfahren gegeben. Beim Gärgut war die Applikation einmalig oder verteilt in 2 bzw, 3 Gaben.

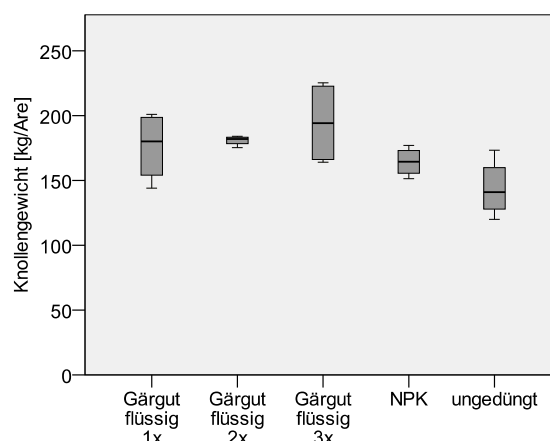


Fig. 10. Einfluss von flüssigem Gärgut auf dem Knollenertrag von Knollensellerie. Die gleichen Düngermengen wurden bei allen gedüngten Verfahren gegeben. Beim Gärgut war die Applikation einmalig oder verteilt in 2 bzw, 3 Gaben.

3.1.7 N-Gehalt in Sellerieknollen und -blättern

Der Stickstoffgehalt der Sellerieknollen betrug durchschnittlich 2,4% der Trockensubstanz, in den Blättern betrug er 3,2%. Zwischen den verschiedenen Verfahren wurden keine Unterschiede im Stickstoffgehalt beobachtet.

Der Export von Stickstoff mit dem geernteten Pflanzenmaterial (Knollen + Blätter) war höher in den gedüngten Verfahren (im Durchschnitt 86,3 kg N / ha) im Vergleich zum ungedüngten Verfahren (durchschnittlich 71,1 kg N / ha) (Fig. 11). Innerhalb der vier gedüngten Verfahren wurden hingegen keine Unterschiede beobachtet (weder zwischen den verschiedenen Strategien der Gärgutgabe noch zwischen flüssigem Gärgut und Handelsdünger).

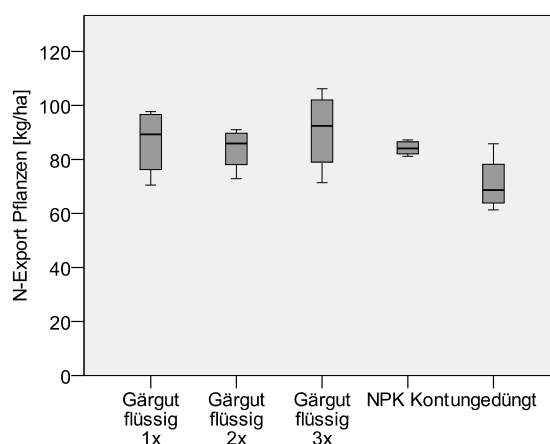


Fig. 11. Einfluss von flüssigem Gärgut auf dem N-Export mit der Sellerieernte (Knollen + Blätter).

Bei allen gedüngten Verfahren wurde die gleiche Düngermenge gegeben. Beim Gärgut war die Applikation einmalig oder verteilt auf 2 bzw. 3 Gaben.

3.1.8 Schätzung der finanziellen Auswirkung der Düngungsform

Für die Schätzung der finanziellen Auswirkung der Düngungsform im bio Sellerieanbau wurden folgenden Angaben gemacht:

- Kosten für Gärgut flüssig: CHF 0.- /m³ am Feldrand geliefert. Heutzutage wird in der Praxis vielenorts der Landwirt für die Übernahme von flüssigen Gärgut sogar entschädigt. Eine Variante mit einer Kosten von CHF 5.-/m³ flüssigem Gärgut wurde auch berechnet,
- Ausbringungskosten für flüssiges Gärgut: CHF 7.- /m³
- Ausbringungskosten für Handelsdünger: CHF 91.- / Durchgang (Berechnung mit „ProfiCost Gemüse“ vom SZG / VSGP)
- Die Schätzung der Düngerkosten pro Tonne Knollensellerie basieren sich auf dem Mittelwert der Ergebnisse des vorliegenden Versuches.

Somit haben wir die Düngungskosten mit flüssigem Gärgut einerseits mit den Handelsdünger, wie die im Versuch angewandt wurden. Dazu haben wir ebenfalls mit einer praxisübliche Düngungsvariante (Biorga Cuma). Die Berechnungen sind in der Tabelle 6 präsentiert.

Aus diesen Berechnungen wird deutlich, dass die Anwendung von flüssigem Gärgut im bio Gemüsebau durchaus wirtschaftlich interessant sein kann. Der Mehraufwand, den von die Transport und Ausbringung des Gärgutes resultiert, sollte sich, auf der Basis unseres Versuches, lohnen.

Für konventionelle oder integrierte Gemüsebau sind die N-Düngungskosten pro ha mit flüssigem Gärgut in ähnlichen Rahmen wie mit einem günstigen Handelsdünger. Dazu erhält der Produzent aber noch Phosphor, Kali und Magnesium.

Tab. 6. Vergleich der Kosten für die Düngung von bio Knollensellerie (in CHF)

Dünger	Ausbringungs- menge pro ha in t bzw m ³	Düngerpreis pro t bzw m ³	Ausbringungs- kosten pro ha	Düngerkosten pro ha inkl. Ausbringung	mittlerer Ertrag in t pro ha	Düngerkosten pro Tonne Knollensellerie
Flüssiges Gärgut	60	0	420	420	18.4	23
	60	5	420	720	18.4	39
Düngerkontrolle im Versuch						
Hühnermist	1.75	579	91	1104		
Patentkali	0.883	540.5	91	568		
Biorga N	1.414	1060	182	1681		
total			291.4	3353	16.4	204
Biorga Cuma ¹	2.2	830	273	2099	18.4 ²	114 ²
Ammonsalpeter (konv. Anbau)	0.58	379	273	436		

¹ in der Biopraxis werden P und K häufig nicht gedüngt. Meistens wird im Feldgemüsebau Biorga Cuma eingesetzt, da dieser Dünger günstiger als Biorga N ist. Dieser wird in drei Gaben ausgebracht.

² Berechnung mit der Annahme, dass die Knollenernte gleich gross ist wie mit flüssigem Gärgut

4. Schlussfolgerung

Die Anwendung von flüssigem Gärgut brachte bei der Knollenselleriekultur sehr gute Ergebnisse. Die Ernte der Knollen war mindestens gleich gut wie beim Verfahren, der mit Handelsdünger gedüngt war. Auch keine Unterschiede bezüglich Produktequalität konnte festgestellt werden. Die Nährstoffzusammensetzung passte ziemlich gut zum Bedarf, wobei Phosphor etwas zu hoch war (wichtig da limitierend in der Suisse Bilanz) und Kalium eher knapp war (in einem normalversorgten Boden – Versorgungsstufe C oder höher - irrelevant). Finanziell war jedoch die mit flüssigem Gärgut gedüngte Variante in Bezug auf die Düngungskosten deutlich günstiger. Es ist jedoch zu bemerken, dass der Ausbringungsaufwand für das flüssige Gärgut höher ist als für Handelsdünger, speziell wenn dieser in mehrere Durchgänge ausgebracht wird.

Es konnte keine wesentliche Unterschiede zwischen die getesteten Ausbringungsstrategien des Gärgutes im Versuch beobachtet werden, weder auf die Pflanzen noch auf dem Boden. Zumindest in diesem Fall konnte die gesamte Düngermenge in einer Gabe ausgebracht werden, ohne dass nennenswerte Verluste auftraten. Da muss aber unterstrichen werden, dass es beim Versuch um eine gut gepufferte mittelschwere Braunerde handelte, die die

höheren Düngungsmengen gut aufnehmen und speichern konnte. Trotzdem wurde beobachtet, dass, bei der Gabe des Gärgutes in einmal, gewisse Versickerung des Gärgutes im Boden schlecht war.

Generell kann somit empfohlen werden, dass das Gärgut in zwei Gaben ausgebracht werden soll mit max. 40 m³ pro ha und Ausbringung, falls ausschliesslich mit Gärgut gedüngt werden soll. Dies ist ein guter Kompromiss zwischen Pflanzenaufnahme und Aufwand. Aus dieser Sicht würden wir eine Ausbringung des flüssigen Gärgutes in zwei Durchgängen empfehlen.

Diese Versickerungsproblematik des flüssigen Gärgutes ist sicher ein Knackpunkt. Dies sollte auch in anderen Bodentypen (sandiger Boden, kalkarmer Boden, Schwarzerde, ...) getestet werden.

Der andere Knackpunkt zu betrachten ist die Phosphormenge, die mit dem flüssigen Gärgut mitgeliefert wird. Dies könnte je nach der Situation des Betriebes bezüglich Suisse Bilanz auch zu Hindernisfaktor bei der Gärgutanwendung kommen.

Im Vergleich zu herkömmlichem flüssigem Gärgut hat der 0,166 mm gesiebtes Gärgut sicher der Vorteil, dass er technisch viel einfacher auszubringen ist und dass er besser im Boden gelangt. Es ist durchaus vorstellbar, dass dieses aufbereitete Gärgut als Bewässerungsdüngung zum Beispiel in den Gewächshäusern angewendet werden konnte. Dies würden sehr interessante Anwendungsmöglichkeiten mit eine bedeutende Marktmöglichkeit bieten, im Speziellen für die bio Gemüseproduktion.

Jacques G. Fuchs, FiBL
Projektleiter

Martin Koller, FiBL
Samuel Hauenstein, FiBL

im Oktober 2017

Dank

Die Autoren dieser Studie danken folgenden Institutionen für die Finanzierung dieses Projektes:

- Bundesamt für Energie (BFE)
- Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Die Autoren danken ebenfalls der Firma Rathgeb Bioprodukte AG für die Benutzung einer Feldparzelle und für technische Unterstützung.