

Umwelt

Einfluss von Komposten und Gärgut auf die Bodenfruchtbarkeit

Jacques G. Fuchs,¹ Alfred Berner¹, Jochen Mayer² und Konrad Schleiss³

¹Forschungsinstitut für Biologischen Landbau FiBL, CH-5070 Frick

²Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, CH-8046 Zürich

³Umwelt- und Kompostberatung, CH-2540 Grenchen

Auskünfte: Jacques G. Fuchs, E-Mail: jacques.fuchs@fibl.org, Tel. +41 62 865 72 30

Zusammenfassung

Um den Einfluss von Kompost und Gärgut auf die Bodenfruchtbarkeit und auf das Pflanzenwachstum abschätzen zu können wurden hundert, für die Schweiz repräsentative, Proben untersucht.

Die Gehalte an Nährstoffen und an Salz waren vom Ausgangsmaterialien abhängig. Die Gehalte an organischer Substanz sowie die Atmungs- und Enzymaktivitäten nahmen mit zunehmender Kompostreife ab. Bei einigen jungen Komposten konnten Stickstoffblockaden beobachtet werden. Der Nitratgehalt im Kompost erlaubt jedoch vorherzusagen, ob eine N-Immobilisierungsgefahr besteht oder nicht. Die Phytotoxizität der Komposte variierte auch bei den reiferen Produkten sehr stark. Dies weist auf die grosse Bedeutung der Rotteführung und der korrekten Lagerung der Produkte hin. Während die Mehrheit der Gurkenpflanzen von Komposten gegen *Pythium ultimum* geschützt wurden, reduzierten nur wenige Komposte die Inzidenz von *Rhizoctonia solani* auf Basilikum. Die Art der Reifungsprozesse scheint bei diesem Vorgang eine entscheidende Rolle zu spielen.

Im Feldversuche verursachten junge, landwirtschaftliche Komposte deutliche Stickstoffblockaden, was sich negativ auf das Maiswachstum auswirkte. Mit einer Zusatzdüngung war es jedoch möglich, diese negativen Effekte zu korrigieren. Gärgut und Komposte zeigten positive Effekte auf pH-Wert und biologische Aktivität im Boden welche auch nach der Maisernte noch deutlich beobachtet werden konnten.

Kompost und Gärgut können die Bodenfruchtbarkeit und die Pflanzengesundheit beeinflussen. Je nach Produktqualität und Anwendung können diese Einflüsse positiv oder negativ sein. Durch ungeeignete Führung des Kompostierprozesses können die Endprodukte sogar Krankheitserreger, Unkräuter oder toxische Verbindungen enthalten. Hochwertige Komposte hingegen können das Pflanzenwachstum fördern und die Kulturen gegen Krankheiten schützen (Fuchs 2002; Fuchs und Larbi 2005).

Um das positive Potential Schweizerischer Komposte und Schwei-

zerischen Gärguts abzuschätzen, wurden hundert repräsentative Proben analysiert. Parallel dazu wurden die Proben auch im Projekt «Organische Schadstoffe in Kompost und Gärgut» bezüglich Schadstoffen untersucht (siehe Seite 270 dieses Heftes).

Zusätzlich wurden zwei Feldversuche durchgeführt um die mittelfristige Beeinflussung der Bodenfruchtbarkeit durch Kompost und Gärgut aufzuzeigen.

Angewandte Methoden

Die Kompost- und Gärgutproben wurden in verschiedenen professionellen Vergärungs-

und Kompostieranlagen nach den Empfehlungen der FAC (1995) gezogen. Die Beschreibung der hergestellten Produkte erfolgte nach den VKS-Richtlinien (Fuchs *et al.* 2001). Alle Komposte waren aus getrennt gesammelten organischen Abfällen produziert worden. Die Anlagen wurden so ausgewählt, dass ein repräsentatives Bild der in der Schweiz hergestellten Komposte und des hergestellten Gärguts entstand. Die Proben wurden sofort nach ihrer Entnahme analysiert oder bei 3°C zwischengelagert.

Die Nährstoffgehalte sowie der Einfluss von Komposten auf die Stickstoffmineralisierung im Boden wurden nach den Schweizerischen Referenzmethoden (2005) untersucht.

Vier Enzymaktivitäten wurden analysiert: die Aktivität FDA (nach Inbar *et al.* 1991), die Dehydrogenase-, die Protease- und die Zellulaseaktivität (nach Alef and Nannipieri 1995). Mit den folgenden Pflanzen wurden Verträglichkeitstests (nach Fuchs and Bieri 2000) durchgeführt: Kresse (*Lepidium sativum* L.), Salat (*Lactuca sativa* L.) und Bohnen (*Phaseolus vulgaris* L. var. *nanus*). Für die Krankheitsunterdrückungstests verwendeten wir Gurken (*Cucumis sativus*)-*Pythium ultimum* und Basilikum (*Ocimum basilicum*)-*Rhizoctonia solani*: Torf oder eine Torf/Kompost-Mischung (80:20) diente als Substrat. Die Krankheitserreger wurden auf autoklavierten Hirsekörnern an-



Abb. 1. Anlegen des Mais-Feldversuches.

gezogen und dann der Erde beigemischt. Der Gurkenauflauf beim *Pythium*-Test wurde zwei Wochen nach der Saat ausgewertet und beim *Rhizoctonia*-Test wurden die Pflanzen pro Topf nach 1, 2 und 3 Wochen ausgezählt und daraus die Sterblichkeitsrate berechnet.

Chemische Eigenschaften von Kompost und Gärgut

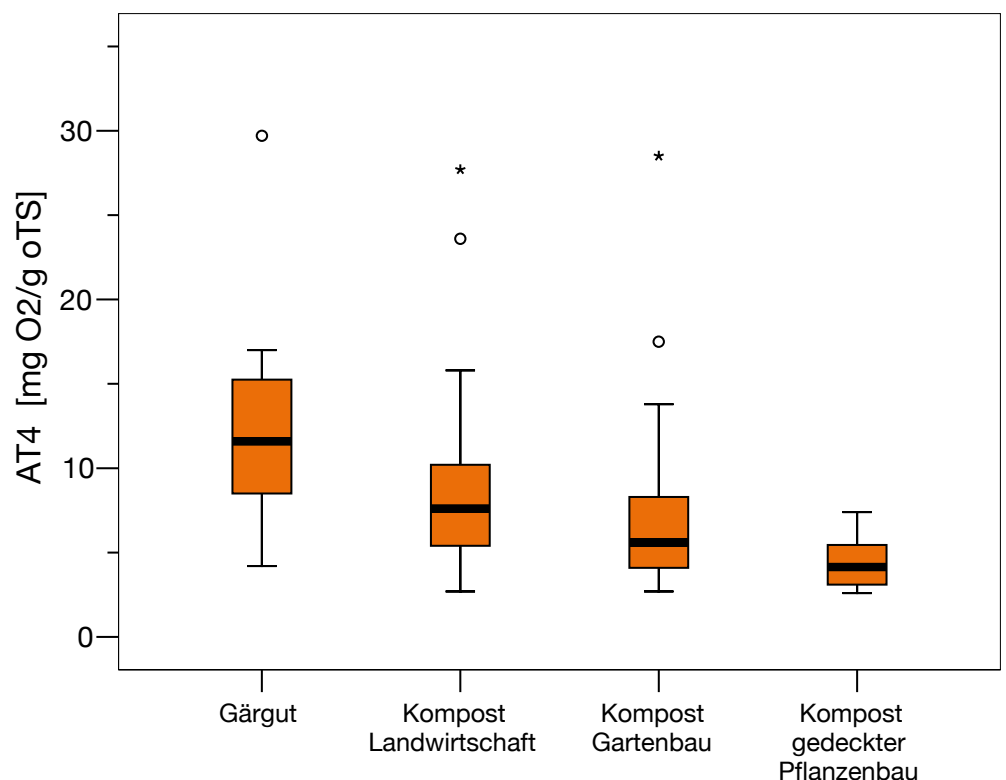
Die Werte variierten zum Teil stark zwischen den verschiedenen Produkten. Die Gehalte an Salz, Gesamtstickstoff, Phosphor, Kalium, Magnesium und Kalzium wurden vor allem durch die Rohmaterialien beeinflusst, die organische Substanz und die Dichte der Produkte vor allem durch den Reifegrad. Innerhalb einer Produktkategorie beobachteten wir grosse Variationen. Die Kategorie «Kompost für gedeckte Kulturen» zum Beispiel, die tiefe Salzgehalte aufweisen sollte, zeigte Werte zwischen 328 and 1539 [g KCL äquivalent/100 g FS]. Durch eine kon-

sequente Wahl der Rohmaterialien wäre es jedoch möglich, Produkte mit konstanteren Salzgehalten zu produzieren.

Biologische Eigenschaften von Kompost und Gärgut

Die Atmungsaktivität der Produkte sank, wenn die Reifung weiter

Abb. 2. Atmungsaktivität von Schweizer Gärgut und Kompost. Klassifizierung der Produkte nach den VKS-Richtlinien 2001 (Fuchs *et al.* 2001).



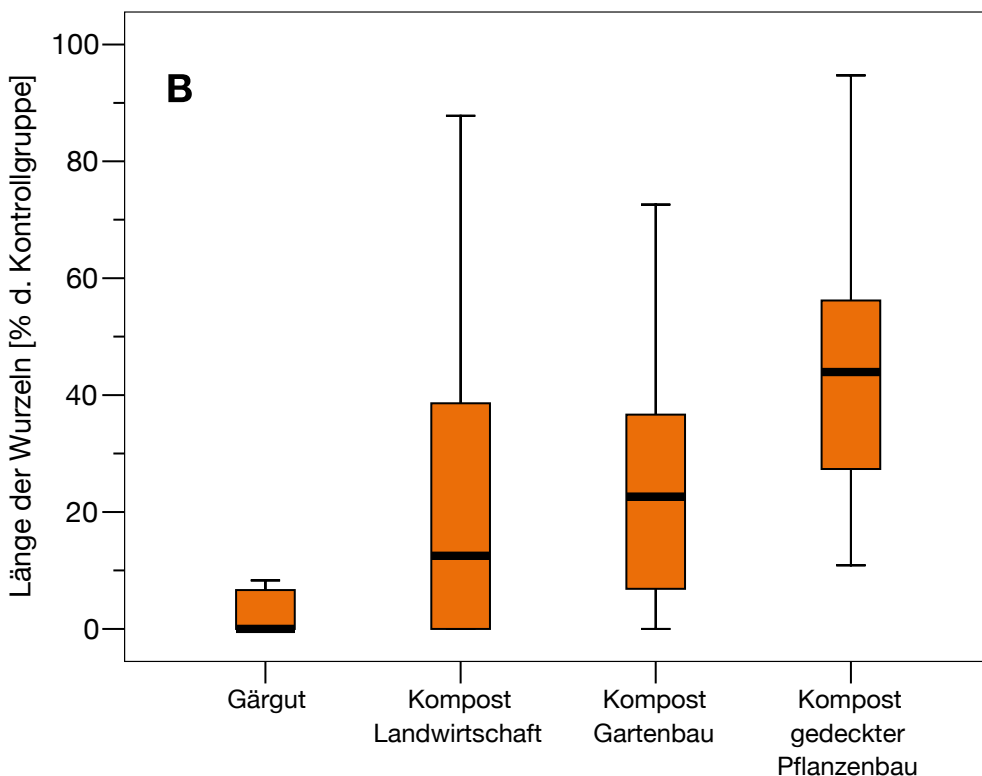
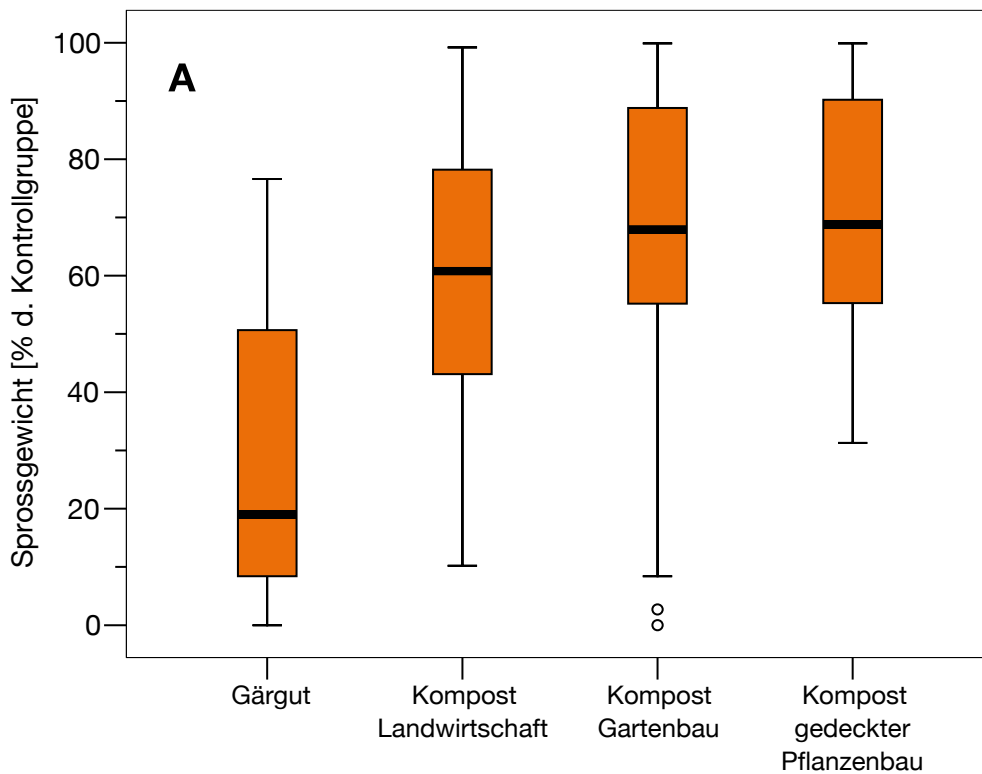


Abb. 3. Phytotoxizitätstests zur Charakterisierung von Schweizer Komposten und Gärgut: a) offener und b) geschlossener Kressetest.

fortgeschritten war (Abb. 2). Dies deckt sich mit den Beobachtungen von Lasaridi und Stentiford (1998). Interessant ist die hohe Reaktivität des Gärgutes sobald es in Kontakt mit Luft kommt. Ähnlich wie die Atmungsaktivi-

tät verhielten sich auch die Enzymaktivitäten. Die FDA- und die Proteaseaktivität wurden dabei am meisten durch den Reifeprozess beeinflusst, während die Dehydrogenaseaktivität am wenigsten reagierte.

Einfluss auf das Pflanzenwachstum

Pflanzen reagieren auf die Gesamtheit der Kompostqualität. Es wird immer wieder beobachtet, dass in einzelnen Kompostproben die Pflanzen schlechter wachsen, obwohl alle untersuchten chemischen Parameter in günstigen Bereichen liegen. Um jedes Risiko bei speziellen Kompostanwendungen zu vermeiden sind Phytotoxizitätstests empfehlenswert. Von allen Pflanzentests reagierte der offene Kressetest am wenigsten empfindlich; nur Pflanzen im Gärgut zeigten deutliche Wachstumshemmungen (Abb. 3a). Am empfindlichsten reagierte der geschlossene Kressetest. Dabei sind die Kressesamen nicht nur in direktem Kontakt mit dem Kompost, sondern auch mit den Gasen, die aus dem Kompost entweichen. Unter solchen Bedingungen kann Kresse nur in Komposten mit hoher Pflanzenverträglichkeit wachsen (Abb. 3b).

Allgemein erwies sich Gärgut deutlich weniger pflanzenverträglich als Kompost. Bei allen Pflanzentests konnte beobachtet werden, dass reifer Kompost ein besseres Pflanzenwachstum ermöglicht als Gärgut. Es wurde jedoch auch eine sehr hohe Variabilität innerhalb der Produktklassen festgestellt. Dies ist auf die Rotteführung und die Produktlagerung zurückzuführen, welche für die Produktqualität eine entscheidende Rolle spielen. Für diesen Teil der Qualitätssicherung liegt die Verantwortlichkeit beim Kompostmeister.

Einfluss auf die Pflanzengesundheit

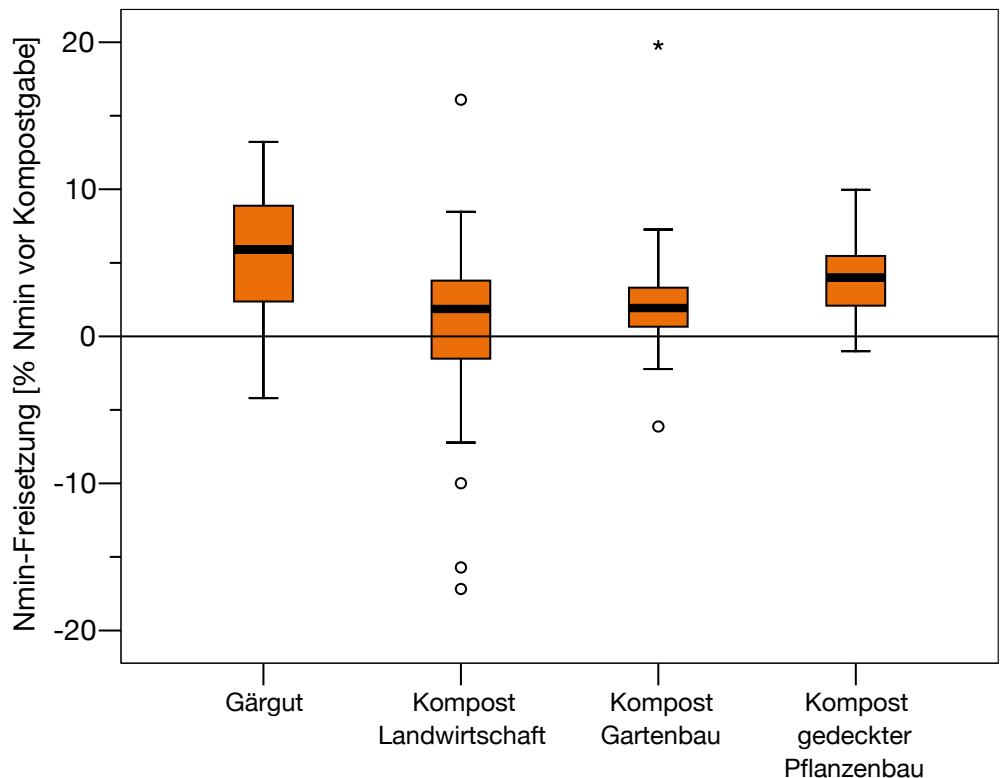
Die Mehrheit der Komposte und des Gärgutes reduzierten den Krankheitsbefall der Gurken durch *Pythium ultimum*. Es konnten aber keine Unterschiede zwischen den verschiedenen Produktklassen beobachtet werden. Der Schutz der Basilikumpflanzen gegen *Rhizocto-*

nia solani war weniger effizient. Die Komposte für den Gartenbau schienen dabei gegen *Rhizoctonia* tendenziell effizienter zu sein. Infolge der sehr grossen Variationen innerhalb der Produktklassen ist jedoch eine definitive Aussage nicht möglich. Wie bei den Pflanzenverträglichkeitstests beeinflusst die Rotteführung das Krankheitsunterdrückungspotential der Komposte stark.

Einfluss auf die Stickstoffverfügbarkeit

Der Nmin-Gehalt im Boden beeinflusst das Pflanzenwachstum stark. Die Auswirkungen von Gärgut und Komposten auf die Nmin-Gehalte im Boden hängen einerseits von ihren eigenen Gehalten an Nitrat und Ammonium ab, andererseits aber auch von ihrer mikrobiologischen Aktivität. Gärgut enthält normalerweise sehr viel Ammonium und wenig ligninhaltiges Material. Somit war bei der Verwendung solcher Produkte keine Stickstoffimmobilisierung im Boden zu erwarten, was jedoch nicht immer zutrifft (Abb. 3). Die Stickstoffblockaden einiger Gärgüter konnte auf eine falsche Behandlung der Produkte zurück geführt werden. Die Gärgüter waren bei der Nachrotte durch eine zu intensive Belüftung ausgetrocknet worden, so dass alles Ammonium als Ammoniak entwichen war.

Bei den Komposten konnte eine klare Evolution der Stickstoffimmobilisierung beobachtet werden (Abb. 4). Die Komposte für die Landwirtschaft sind noch relative junge Produkte, die zum Teil viel ungerottetes, ligninhaltiges Material enthalten. Die Mikroorganismen, die im Boden das holzige Material abbauen, konkurrieren mit den Pflanzen um den Stickstoff, was zu kurzfristigen Blockaden führt. Mit fortgeschrittener Reife wird das N-Immobilisierungsrisiko kleiner.



Jedoch nicht alle jungen Komposte legen Stickstoff fest. Sobald neben Ammonium auch Nitrat im Kompost zu messen war, bestand kein N-Blockaderisiko mehr.

Wirkung von Kompost und Gärgut im Feld

Wir führten zwei Versuche mit Mais durch: 2004 in einem schweren Boden und 2005 in einem leichten Boden: In jedem Jahr wurden zwei Verfahren mit Gärgut und sechs Verfahren mit Kompost angelegt. Vor der Saat im Frühjahr wurden je 100 m³/ha des entsprechenden Substrates ausgebracht. Die Kontrollparzellen wurden mit Handelsdünger auf das Nährstoffniveau der Kompostparzellen aufgedüngt.

Sowohl im leichten Boden (Abb. 5), wie im schweren, immobilisierten die getesteten Komposte der Landwirtschaftqualität Stickstoff. In diesen Par-

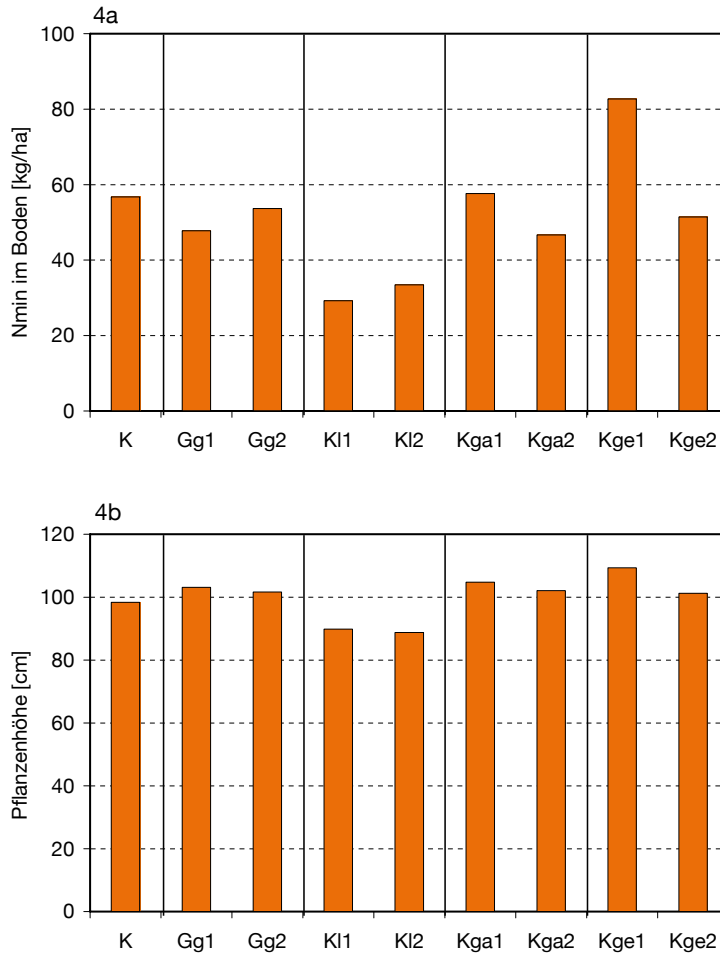
zellen wurde acht Wochen nach der Saat des Mais nur halb so viel mineralisierter Stickstoff gemessen wie in den Kontrollparzellen. Die Auswirkung dieser Stickstoffimmobilisierung war auch gut am Maiswachstum sichtbar: Die Pflanzen in den Parzellen mit den Landwirtschaftskomposten waren 10 bis 20 % kleiner als die Kontrollpflanzen. Nach einer Nachdüngung mit organischem Stickstoffhandelsdünger konnten die Pflanzen ihren Wachstumsrückstand jedoch aufholen, so dass zum Zeitpunkt der Maisernte keine signifikante Ertragsdifferenz zwischen den Pflanzen der verschiedenen Verfahren mehr gemessen werden konnte. Die im Feld erzielten Ergebnisse korrelieren sehr gut mit den N-Mineralisierungstests im Labor.

Die verwendeten Komposte und Gärgüter erhöhten die pH-Werte der Böden im Durchschnitt um

Abb. 4. Einfluss von Komposten und Gärgut auf die Freisetzung von Nmin im Boden während der ersten acht Wochen im Labormineralisierungsversuch.

Abb. 5. Einfluss von Gärgut- und Kompostgaben auf die Stickstoffverfügbarkeit und die Pflanzenhöhe in einem leichten Boden unter Mais acht Wochen nach der Saat.

K: Kontrollparzelle, **Gg:** Gärgut, **Kl:** Kompost für Landwirtschaft, **Kga:** Kompost für Gartenbau, **Kge:** Kompost für gedeckte Kulturen



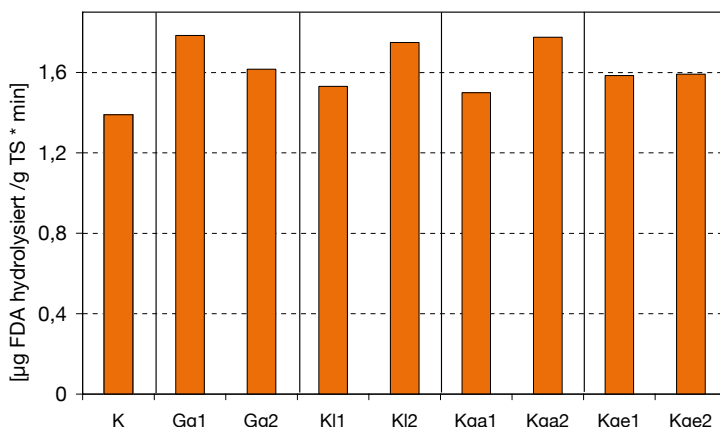
eine halbe Einheit. Dieser Effekt war auch nach der Maisernte noch deutlich messbar. Verantwortlich dafür könnte der relativ hohe Kalzium-Gehalt der Komposte sein.

Alle Versuchspartellen welche Kompost oder Gärgut erhalten

hatten, zeigten auch nach der Maisernte eine erhöhte biologische Aktivität (Abb. 6). Es konnten jedoch keine Unterschiede bezüglich der Krankheitsrezeptivität der Böden beobachtet werden. Dafür war entweder die Versuchsdauer (eine Maissaison) zu kurz und/oder die allge-

Abb. 6. Einfluss von Gärgut- und Kompostgaben auf die biologische Bodenaktivität nach einer Maissaison.

K: Kontrollparzelle, **Gg:** Gärgut, **Kl:** Kompost für Landwirtschaft, **Kga:** Kompost für Gartenbau, **Kge:** Kompost für gedeckte Kulturen



meine Krankheitsunterdrückung der Versuchsfelder, welche seit Jahren biologisch bewirtschaftet werden, war zu gut.

Schlussfolgerungen

Mit diesem Projekt konnte gezeigt werden, dass die Qualität der Schweizerischen Komposte und des Gärgutes im allgemein ausreichend ist. Gewisse Qualitätseigenschaften wie die Nährstoffgehalte werden vor allem durch die Wahl der Ausgangsmaterialien bestimmt. Andere Parameter wie die Produktdichte und das Stickstoffmineralisationspotential entwickeln sich parallel zu den Reifungsprozessen. Die Parameter der biologischen Qualität ihrerseits werden vor allem durch die Rotteführung und die Beherrschung der Prozessführung beeinflusst. Somit hat der Kompostmeister auf verschiedenen Niveaus die Möglichkeit, die Qualität seiner Produkte zu beeinflussen und kann die Komposte somit gezielt auf deren Anwendung hin optimieren.

Die Feldversuche haben die Laboruntersuchungen bestätigt. Für die Praktiker ist die Stickstoffdynamik besonders wichtig, insbesondere im Frühling, wenn die Böden noch kalt und wenig aktiv sind. Kompost und Gärgut bringen eindeutige Vorteile für die Bodenfruchtbarkeit, wie eine erhöhte biologische Aktivität oder die Erhöhung des Boden-pH.

Literatur

■ Alef K. & Nannipieri P., 1995. Methods in applied soil microbiology and biochemistry. Academic press Limited, London, 576 S.

Die Autoren danken dem BAFU, dem BFE, dem BLW, dem Kanton Zürich sowie dem VKS für die finanzielle und fachliche Unterstützung.

- FAC, 1995. Kompost und Klärschlamm. Weisungen und Empfehlungen der Eidg. Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene (FAC) im Bereich der Abfalldünger. EDMZ Art.-Nr. 730.920.d, vergriffen.
- Fuchs J.G. & Bieri B., 2000. New biotests to measure the biological qualities of composts. *Agrarforschung* **7**, 314-319.
- Fuchs J.G., 2002. Practical Use of Quality Compost for Plant Health and Vitality Improvement. In: *Microbiology of Composting* (Eds. H. Insam, N. Riddech, S. Klammer), Springer Verlag, Heidelberg, 435-444.
- Fuchs J.G., Galli U., Schleiss K. & Wellinger A., 2001. VKS-Richtlinie 2001: Qualitätseigenschaften von Komposten und Gärgut aus der Grüngutbewirtschaftung. Herausgegeben vom Verband Kompostwerke Schweiz (VKS) in Zusammenarbeit mit dem Biogas Forum Schweiz, 11 S.
- Fuchs J.G. & Larbi M., 2005. Disease control with quality compost in pot and field trials. Paper presented at I International Conference on SOIL and COMPOST ECO-BIOLOGY, León - Spain, 15.-17. Sep. 2004., SoilACE, Biomasa Peninsular, c/Cartagena, 58, 1, SP-Madrid 28028, 157-166.
- Inbar Y., Boehm M.J. & Hoitink H.A.J., 1991. Hydrolysis of Fluorescein Diacetate in Sphagnum peat container media for predicting suppressiveness to damping-off caused by *Pythium ultimum*. *Soil Biology and Biochemistry* **23**, 479-483.
- Lasaridi K. E. & Stentiford E. I., 1998. A simple respirometric technique for assessing compost stability. *Water Research Oxford* **32**, 3717-3723.
- Schweizerische Referenzmethoden, 2005: Schweizerische Referenzmethoden der Eidg. landwirtschaftlichen Forschungsanstalten. Band 4 - Düngeruntersuchungen (Abfall-, Hof-, Mineraldünger).

RÉSUMÉ

Influence des composts et digestats sur la fertilité des sols

Afin d'estimer le potentiel des composts suisses sur la fertilité des sols et sur la croissance des plantes, cent composts et digestats suisses représentatifs ont été analysés.

La teneur des produits en éléments fertilisants et leur salinité dépendent principalement des matériaux de départ. Le taux de respiration et l'activité enzymatique diminuent avec l'avancée de la maturité des produits. L'étude de l'influence des composts sur la disponibilité en azote du sol montre qu'une partie importante des jeunes composts bloquent l'azote. La teneur en nitrate des composts permet toutefois d'évaluer les risques d'immobilisation de l'azote dans le sol. La phytotoxicité des composts varie grandement même dans les produits matures, montrant l'importance de la conduite du processus et du stockage des produits finis. Alors que la majorité des composts et digestats protègent les plantes de concombre contre *Pythium ultimum*, seuls peu de produits protègent le basilic contre *Rhizoctonia solani*. La gestion de la maturation semble jouer ici un rôle décisif.

En champs, les jeunes composts ont immobilisé fortement l'azote minéral, ce qui a provoqué une croissance diminuée des plantes de maïs. Un apport d'azote a toutefois permis de corriger ce problème. Les composts et digestats ont augmenté le pH et l'activité biologique des sols. Ces effets étaient encore clairement observables après une saison de maïs.

SUMMARY

Influence of composts and digestats on soil fertility

In order to estimate the potential of Swiss composts to influence soil fertility and plant health, one hundred composts representative of the different composting systems and qualities available on the market were analyzed.

The nutrient content of the composts was predominantly influenced by the materials of origin. The organic matter content, respiration rate and enzyme activities decreased when the composts become more mature. The N-mineralization potential of compost added to soil showed that a high proportion of young composts immobilized the nitrogen in the soil. The NO_3^- -content of the compost allows it to predict the risk of nitrogen immobilization in soil. The phytotoxicity of the composts varied very much even in mature composts, showing that the storage of the compost plays a decisive role. While the majority of composts protected cucumber plants against *Pythium ultimum*, only a few composts suppressed *Rhizoctonia solani* in basil; the management of the maturation process seems to play a major role here.

In field experiments, some biologically immature composts immobilized nitrogen in soil and reduced growth of maize. With additional fertilization, however, it was possible to compensate this effect. Digestats and composts increased the pH-value and the biological activity of soil. These effects were still observable one season after compost application.

Key words: compost quality, plant growth, soil fertility, plant health