

## Pflanzenkohle im Weinbau – Neueste Resultate

von Hans-Peter Schmidt  
und Claudio Niggli

**Zitierweise:** Schmidt HP, Niggli C:  
Pflanzenkohle im Weinbau – Neueste Resultate  
Ithaka Journal 1|2011: 41–52 (2011)  
www.ithaka-journal.net  
**Herausgeber:** Delinat-Institut für Ökologie und  
Klimafarming, CH-1974 Arbaz  
www.delinat-institut.org, www.ithaka-journal.net.  
ISSN 1663-0521

## Pflanzenkohle im Weinbau – Neueste Resultate

von Hans-Peter Schmidt und Claudio Niggli

**Der Weinbau entwickelt sich immer deutlicher zur Pionierkultur der Pflanzenkohleforschung. In diesem Frühjahr wurden quer durch Europa großflächige Pflanzenkohleversuche im Weinbau angelegt. Die Hoffnungen sind groß und stützen sich nicht zuletzt auf die Resultate des bereits 2007/8 angelegten Großversuches am Delinat-Institut. Die neuesten Resultate bestätigen die Erwartungen, zeigen aber auch, dass erst der wissenschaftlich begleitete Einsatz in vielen verschiedenen Klimazonen und Bodentypen endgültigen Aufschluss über den Einfluss der Pflanzenkohle auf das Rebwachstum und die Weinqualität bringen wird.**

In den letzten drei Jahren zeigte sich deutlich, dass biologisch aktivierte Pflanzenkohle nicht nur in den Tropen, sondern in allen untersuchten Bodentypen und Klimazonen positive Auswirkungen auf das Boden-Pflanzen-System aufweist (Crane-Droesch [eingereicht], Ogawa [2010], IBI [2011]). Während sich in trockenen oder saisonal trockenen Landwirtschaftszonen insbesondere die Wasserverfügbarkeit für Pflanzen und Mikroorganismen durch die Pflanzenkohle verbessert, spielt in niederschlagsreichen Anbauzonen die verbesserte Nährstoffdynamik und die Verhinderung von Nährstoffauswaschungen die größte Rolle. In extremen Klimazonen (Tropen oder Halbwüste) lassen sich daher teils spektakuläre Erntezuwächse verzeichnen, was insbe-

sondere darauf zurückzuführen ist, dass die Verfügbarkeit stark limitierender Elemente (Wasser in der Halbwüste; nicht ausgewaschene Nährstoffe in den Tropen) durch die Pufferleistung der Pflanzenkohle ausgeglichen wird.

In gemäßigten Klimazonen hingegen, wo kein solch extrem limitierendes Element ausgeglichen werden muss, sind die zu erzielenden Erntezuwächse geringer. Hinzu kommt, dass durch gezielte Düngemittelgaben und Saatgutselektion in der traditionellen Landwirtschaft gemäßigter Klimazonen die physischen Wachstumsgrenzen vieler Pflanzenarten erreicht sind. In gemäßigten Klimazonen liegt der Vorteil des Einsatzes von Pflanzenkohle daher auch weniger im Ertragszuwachs, sondern in der Qualitätsverbesserung durch Optimierung der Pflanzenernährung. Hierbei stehen folgende Kriterien im Vordergrund:

- 1 Erhöhung der Widerstandsfähigkeit der Pflanzen und damit Reduktion von Pflanzenschutzmitteln
- 2 Stimulation der mikrobiellen Bodenaktivität und der Symbiosen zwischen Pflanzen und Bodenorganismen
- 3 Reduktion des Düngemittelsatzes durch Optimierung der Nährstoffversorgung, Limitierung der Nährstoffverluste
- 4 Verbesserung des Geschmacks und der Nährstoffgehalte des Ernteguts
- 5 Verbesserung der Haltbarkeitsdauer
- 6 Verringerung von Klimagasemissionen und Grundwasserbelastung

Standort des Pflanzenkohleversuches am Delinat-Institut  
(Foto Patrick Rey)



### Qualitätssteigerung durch Pflanzenkohle im Weinbau

Der Weinbau ist flächenmäßig die weltweit größte Landwirtschaftskultur, bei der die Qualität der Ernte im Verhältnis zum bloßen Ertrag den größten Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit eines Gutes hat. Während sich Erntemengen von 8 bis 12 Tonnen pro Hektar, wie sie von den Kontrollorganen (AOC) vorgegeben werden, auf fast allen Standorten erreichen lassen, schwanken die Literpreise je nach Qualität zwischen 0,50 Euro und 20 Euro. Auch wenn Marketing und Lage des Weinbergs hierbei eine große Rolle spielen, so lässt sich doch durch Verbesserung der Traubenqualität die Gewinnspanne eines Betriebes leicht verdoppeln oder sogar um ein Mehrfaches steigern. Aus diesem Grund kommt dem Einsatz von Pflanzenkohle im Weinbau ein ganz besonderes Interesse zu und erklärt, weshalb der Weinbau in Europa mittlerweile eine klare Vorreiterposition bei der Umsetzung der Pflanzenkohleforschung in die

Praxis einnimmt. So wurden in diesem Jahr auf mehr als 15 Betrieben in allen wichtigen Weinbauregionen Europas Pflanzenkohlefeldversuche auf mehr als 15 Hektar angelegt.

Der erste große Feldversuch im Weinbau wurde bereits 2007/2008 am Delinat-Institut im schweizerischen Wallis angelegt. Jährlich werden hier umfassende Parameter an Pflanze, Boden und Lesegut aufgenommen und ausgewertet. Die Beschreibung des Versuchsaufbaus sowie die Resultate der vorausgehenden Jahrgänge finden Sie bei Niggli et al. (2010).

### Datenaufnahme – Methoden

Eine Beschreibung der Methoden bezüglich Blattstickstoffgehalt, Triebdurchmesser und Gescheinzahl sind Niggli (2009) zu entnehmen. Es folgen hier die Ergänzungen.

*Blattanahmen:* Pro Probe wurden 30 Blätter von 30 Rebstöcken

entnommen. Dabei wurde jeweils das dem zweiten Geschein gegenüberliegende Blatt (vom Fruchtriebsansatz her gesehen) entnommen. Zeitpunkt der Probeentnahme war der 30. 8. 2009.

*Traubenanalysen:* Pro Probe wurden 400 Beeren entnommen. Diese wurden jeweils der zweiten Traube (vom Fruchtriebsansatz her gesehen) aus dem Mittelbereich der Traube entnommen. In den Parzellen M/G/K wurden pro Stock jeweils 4 bis 6 Beeren von 4 bis 6 Trauben entnommen (ca. 80 Stöcke pro Probe). Bei Parzelle C jeweils 10 Beeren von 4 bis 6 Trauben (40 Stöcke insgesamt) Zeitpunkt war hier die Vollreife in der frühesten Parzelle (Cleg3), am 18. 10. 2010.

*Erntemengen:* Jeweils zum Erntetag wurde in den untersuchten Parzellen die gesamte selektionierte (nur einwandfreie Trauben) Ernte von 20 Stöcken gewogen.

*Phänologie:* Das Weichwerden der Beeren setzte im Untersuchungsgebiet in der letzten August-Woche ein. Die Datenauf-

nahmen zum Blatt-N erfolgten am 26. 8. 2010 die Blatt-Probenentnahme erfolgte am 30. 8. 2010

*Statistik:* Die Datensätze zu den Triebdurchmessern und Gescheinezahlen wurden mit einem Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung getestet. Wenn die Annahme einer Normalverteilung nicht verworfen werden konnte, wurde ein zweiseitiger t-Test durchgeführt.

Der Versuch wurde in einer bis dahin konventionell bewirtschafteten Parzelle mit extrem erodiertem Boden angelegt. Die Versuchsparzelle beinhaltet 4 Varianten:

- 1 **spo:** Spontanbegrünung ohne Schnitt
- 2 **leg:** Leguminosenbegrünung ohne Kompostgabe
- 3 **leg/co:** Leguminosebegrünung mit einmaliger Kompostgabe
- 4 **leg/co/bc:** Leguminosenbegrünung, Kompost und Pflanzenkohle

Die einmalige Kompostgabe entsprach 40 m<sup>3</sup>/ha, die einmalige Pflanzenkohlegabe 10t/ha.

## Resultate

### Blattstickstoff (optisch)

Nach der optischen Methode zeigt die Pflanzenkohle-Variante den höchsten Blattstickstoff-Gehalt, die mit nur mit Leguminosen begrünete den niedrigsten (Abb. 1). Die Standardfehler bei leg/co und leg/co/bc sind verhältnismäßig groß.

### Mineralstoffversorgung nach Blattanalysen

Bei allen Hauptnährelementen liegen die Unterschiede zwischen leg/co und leg/co/bc im Bereich von 12% (N) bis 23% (Mg) (Abb. 2 und 3). Die Pflanzenkohlevariante zeigt bei Phosphor (P) leicht erhöhte Werte, bei allen anderen Nährelementen liegt sie nach Vanek (1978) und Fardossi (2001) im Optimalbe-

reich. Der Kalziumgehalt (Ca) im Blatt ist bei leg/co/bc erhöht. Richtet man sich nach den Optima von Spring et al. [2003], sieht die Bilanz für Magnesium und Kalium anders aus: Für Magnesium müsste man bei leg/co von einer Überversorgung ausgehen, in leg/co/bc von einer erhöhten Aufnahme. Für Kalium resultiert bei leg/co/bc eine Unterversorgung, bei leg/co sogar eine starke Unterversorgung.

In Bezug auf die Spurenelemente liegen beide Varianten im Normalbereich. Hier bewegen sich die Unterschiede im Bereich von 26% für Zink (Zn) bis 56% für Mangan (bezogen auf den niedrigeren Wert) (Abb. 4).

### Wuchskraft

Der Mittelwert der Triebdurchmesser ist bei spo am größten, unterscheidet sich aber nicht signifikant von leg/co/bc (zweiseitiger t-Test). Sowohl leg/co als auch leg zeigen signifikant niedrigere Triebdurchmesser als spo und leg/co/bc (Abb. 5).

### Gescheinansatz

Die Anzahl Gescheine ist bei spo am höchsten und signifikant höher als bei den anderen Varianten, leg/co und leg/co/bc unterscheiden sich nicht signifikant (Abb. 6).

### Erntemenge

Die vinifizierbare Ernte ist bei leg/co/bc am größten, rund doppelt so hoch wie bei spo und fast dreimal so hoch wie bei leg/co (Abb. 7).

### Traubenqualität

Die Gehalte an Anthocyanen und Säuren zeigen die größten Unterschiede zwischen den Varianten. Für leg/co/bc ist der höchste Anthocyangehalt zu verzeichnen, bei spo der geringste. Die Gesamtsäure und die Apfelsäure sind bei der Pflanzenkohle

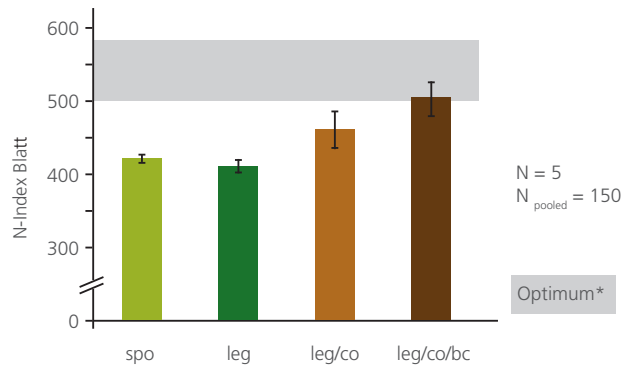
variante deutlich geringer, bei spo am höchsten. leg/co liegt dazwischen. Die Unterschiede im Polyphenol- und im Kaliumgehalt zwischen den Varianten sind geringer als 10% (Abb. 8).

## Diskussion

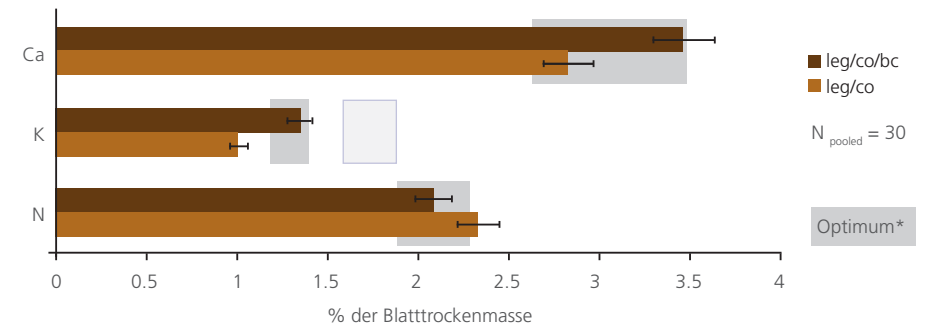
Die Reben der Versuchsparzelle zeigen in Teilen der Bepflanzung immer wieder ausgeprägte Trockenstress-Symptome in niederschlagsarmen Sommerperioden (Vergilbung der ältesten Blätter). Wir schließen daraus, dass der Untergrund wenig tiefgründig ist. Es wird zudem vermutet, dass eine gewisse Varianz der Untergrundstruktur innerhalb der Versuchsfläche vorliegt, was die teilweise recht hohe Varianz der Resultate erklären könnte (Abb. 7).

### Blattstickstoff

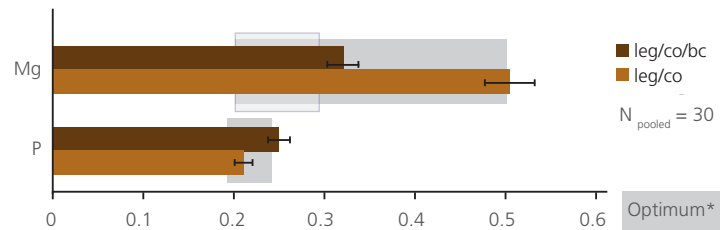
Die sehr niedrigen Werte bei der Variante spontan sind auf den stark erodierten Boden sowie die fehlende Düngung im Versuchszeitraum zurückzuführen. Die N-Reserven aus Düngungen vor dem Versuchsbeginn scheinen bereits aufgebraucht. Bei der Variante leg stellt offenbar auch im 3. Jahr nach der Ansaat die Begrünung einen starken Konkurrenzfaktor dar. Der große Unterschied im Vergleich zu leg/co, leg/co/bc und anderen dauerbegrüneten Versuchspartzen ist am ehesten in der Flachgründigkeit des Bodens und der stärkeren Exposition zu suchen. Die gute N-Versorgung in der Pflanzenkohle-Variante könnte primär auf die Begrünung und nur sekundär auf eine direkte Wirkung der Pflanzenkohle zurückzuführen sein: Die angenommene Erhöhung der Wasserspeicherkapazität führte allgemein zu einer erhöhten Produktivität der Begrünung und auch der biologischen Aktivität des Bodens, was eine bessere Nährstoffmineralisierung zur Folge hat.



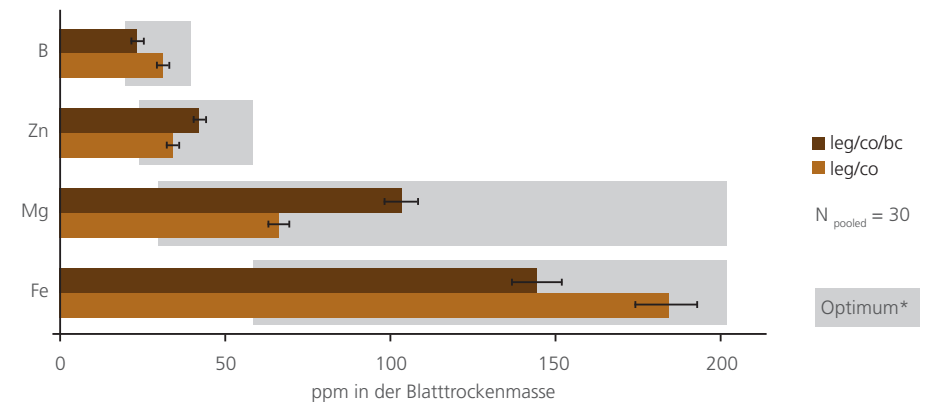
**Abb. 1:** Stickstoff(N)-Indices der Blätter (Yara N-Tester).  
 spo: Spontanbegrünung ohne Schnitt; leg: Leguminosenbegrünung ohne Kompostgabe; eg/co: Leguminosebegrünung mit einmaliger Kompostgabe; leg/co/bc: Leguminosenbegrünung, Kompost und Pflanzenkohle.  
 Fehlerbalken 5%. \*Die Markierung bezieht sich auf das Optimum nach Fardossi (1978) und Vanek (2001)



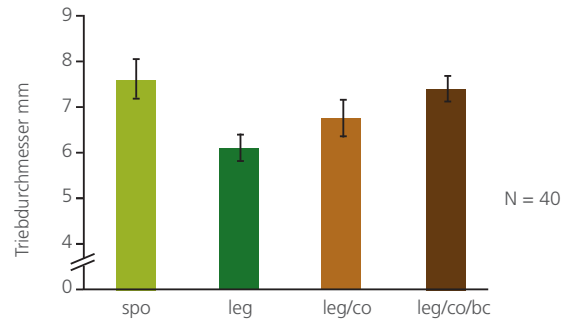
**Abb. 2:** Gehalt an Kalzium (Ca), Kalium (K) und Stickstoff (N) in den Rebblättern. Fehlerbalken 5%. \*Die gerahmte Markierung des Optimums entspricht den Angaben des Agroscope Changins (Spring et al. 2003), die nicht umrahmte Markierung bezieht sich auf das Optimum nach Fardossi (1978) und Vanek (2001)



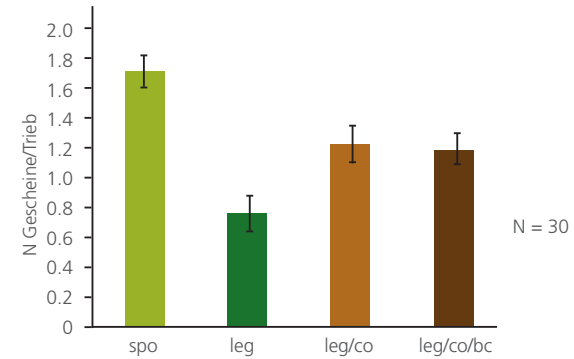
**Abb. 3:** Gehalt an Magnesium (Mg) und Phosphor (P) in den Rebblättern. Fehlerbalken 5%. \*Die gerahmte Markierung des Optimums entspricht den Angaben des Agroscope Changins (Spring et al. 2003), die nicht umrahmte Markierung bezieht sich auf das Optimum nach Fardossi (1978) und Vanek (2001)



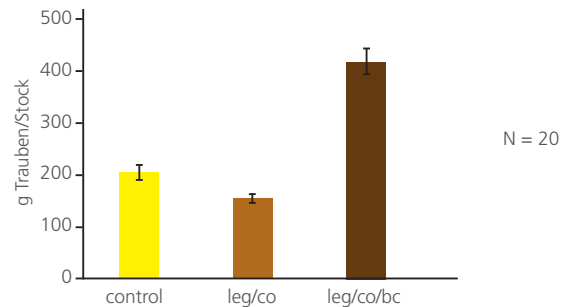
**Abb. 4:** Gehalt an Bor (B), Zink (Zn), Mangan (Mg) und Eisen (Fe) in den Rebblättern. Fehlerbalken 5%. \*Die Markierung bezieht sich auf das Optimum nach Fardossi (1978) und Vanek (2001)



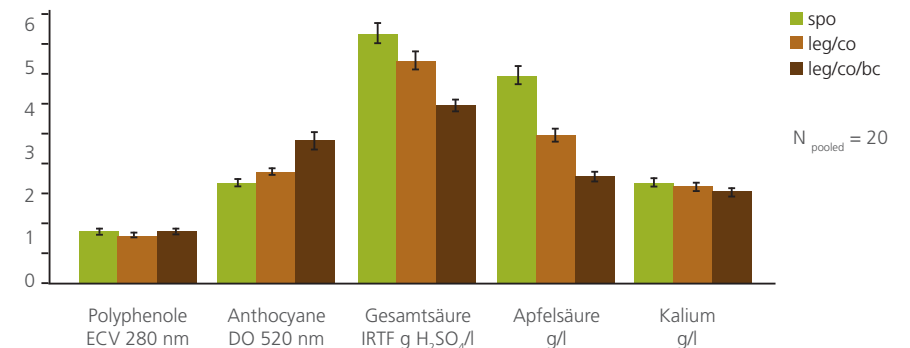
**Abb. 5:** Mittlere Wuchskraft der Reben.  
 spo: Spontanbegrünung ohne Schnitt; leg: Leguminosenbegrünung ohne Kompostgabe; eg/co: Leguminosebegrünung mit einmaliger Kompostgabe; leg/co/bc: Leguminosenbegrünung, Kompost und Pflanzenkohle. Fehlerbalken 5%



**Abb. 6:** Mittlere Gescheinzahl pro Rebtrieb.  
 spo: Spontanbegrünung ohne Schnitt; leg: Leguminosenbegrünung ohne Kompostgabe; eg/co: Leguminosebegrünung mit einmaliger Kompostgabe; leg/co/bc: Leguminosenbegrünung, Kompost und Pflanzenkohle. Fehlerbalken 5%



**Abb. 7:** Mittlere Erntemengen.  
 spo: Spontanbegrünung ohne Schnitt; leg: Leguminosenbegrünung ohne Kompostgabe; eg/co: Leguminosebegrünung mit einmaliger Kompostgabe; leg/co/bc: Leguminosenbegrünung, Kompost und Pflanzenkohle. Fehlerbalken 5%



**Abb. 8:** Mittlerer Gehalt verschiedener Inhaltsstoffen im Traubengut.  
 Fehlerbalken 5%

In bestehenden Kulturen kann die Pflanzenkohle nicht tief in den Boden eingearbeitet werden, da sonst das Wurzelwerk und das Bodenleben massiv gestört würden. Reben bilden als Tiefwurzler besonders in begrüntem, minimal bewässerten Parzellen nur relativ wenige Wurzeln in den oberflächennahen Bodenschichten aus. So kann in der Umstellungsphase vor allem die Begrünung unmittelbar von der Pflanzenkohle profitieren, wodurch die Rebkultur vor allem indirekt über die verstärkte Leistung der leguminösen Gründüngung sowie die verminderte Konkurrenz mit der Begrünung um Wasser und Nährstoffe bevorteilt wird. Durch die biologische Aktivierung des Bodens gelangen mit der Zeit Partikel aus der feineren Kohlefraktion auch in tiefere Bodenschichten. Der direkte Zugang der Rebwurzeln zu den Pflanzenkohlestrukturen sollte also dank der Arbeit von wühlenden Destruenten wie Regenwürmern, welche das Erdreich auch in der Vertikalen durchmischen, mit den Jahren zunehmen.

Nach Kammann [2010] und Van Zwieten [2009] kann vermutet werden, dass sich durch die Pflanzenkohle die Nitrifikationsleistung im Boden deutlich verbessert, wodurch weniger Stickstoff durch Ausgasung verloren geht und als Nitrat in gut pflanzenverfügbarer Form vorliegt. Durch die hohe Kationenaustauschkapazität werden zudem Ammonium und Aminosäuren an den Oberflächen der Pflanzenkohle fixiert, wodurch deren Auswaschung verhindert oder zumindest gebremst wird.

#### Blattanalysen

Bezüglich der N-Gehalte der Blätter ergibt sich ein scheinbarer Widerspruch zu den spektralen N-Indices in den Blättern. Da die Blätter der Variante leg/co aber deutlich geringere Calcium-Werte aufweisen als bei leg/co/bc, könnte dadurch der relative N-Gehalt in leg/co positiv beeinflusst sein. Zudem ist die von

den Labors vorgeschlagenen Teilstichprobengröße von 30 bei den gegebenen Schwankungen zwischen Blättern und auch Rebindividuen sehr wahrscheinlich zu gering für methodenübergreifende Vergleiche. Diese Stichprobengröße soll im Zuge weiterer Analysen erhöht werden.

Die höheren Gehalte von Kalium, Phosphor und Calcium in leg/co/bc sind wohl am ehesten auf den erhöhten Gehalt dieser beiden Elemente in der Pflanzenkohle zurückzuführen. Die bessere Phosphorverfügbarkeit liegt zudem wohl in dem durch die Pflanzenkohle begünstigten Biomasseumsatz der Begrünung begründet. Leguminosen sind relativ phosphorbedürftig, was zu einer erhöhten Mobilisierung, Fixierung und bei genügend hoher Bodenaktivität dann auch Remineralisierung des Elementes führt.

#### Wuchskraft

Die Wuchskraft korreliert bei der Variante spo wenig mit den gemessenen Blattstickstoffwerten. Die für das Sproßwachstum limitierenden Elemente sind offenbar noch besser verfügbar als Stickstoff, der für das Blattwachstum und den Blattmetabolismus von größerer Bedeutung ist. In den anderen Varianten entsprechen die Werte den Erwartungen, die man von den Blattstickstoffwerten ableiten kann.

#### Gescheineansatz

Die Resultate lassen vermuten, dass die Versorgung der Rebe mit den für die Blütenbildung wichtigen Elementen in der spontan (sehr spärlich) begrüntem Kontrolle spo zu den benötigten Zeitpunkten besser ist als in den anderen Varianten.

Die Gescheinezahl in der Pflanzenkohle-Variante ist trotz höherer K- und P-Gehalte in den Blättern nicht größer als bei leg/co. Es ist also anzunehmen, dass die Verfügbarkeit in den für

die Blütenbildung kritischen Phasen entscheidend ist und weniger auf eine eindeutige und grundsätzliche Mangelsituation zurückgeht. Hier verstärkt sich der Verdacht, dass die Begrünung im Versuchsgebiet besonders als K-Konkurrenz fungiert.

#### Erntemenge

Die hohen Erntemengen bei leg/co/bc im Vergleich zu leg/co decken sich mit der ausgewogeneren Nährstoffversorgung gemäß den Blattanalysen, wobei die Verfügbarkeit am ehesten im besseren Wasserhaushalt dank der Pflanzenkohle und auch im höheren Biomasseumsatz des begrüntem, reaktivierten Bodens begründet liegt. Die Variante spo hat trotz sehr guten Gescheineansatzes eine niedrige Ernte gebracht, weil der Befall durch Oidium und Peronospora sehr stark ausgefallen ist. Dies deckt sich mit der Erkenntnis der Metastudie, welche gezeigt hat, dass eine strategische Begrünung in den allermeisten Fällen den Krankheitsdruck vermindert (Flügel 2009). Diese Beobachtung wird durch systematische Datenaufnahmen im nächsten Jahr überprüft.

#### Erntequalität

Die nach Blattanalysen deutlich bessere (aber immer noch niedrige) K-Versorgung in leg/co/bc drückt sich im Traubengut nicht durch höhere Gehalte aus. Alle Varianten sind auf einem hohen Kalium-Niveau.

Die massiven Unterschiede im Säuregehalt sind schwierig zu erklären. Bei spo hat wohl der starke Oidium-Befall und die deutliche Unterversorgung der Reben mit Stickstoff zum Zeitpunkt der Veraison den Reifungsprozess der Beeren gebremst. Die geringeren Säuregehalte sind für den erzeugten Pinot Noir erwünscht. Es bleibt allerdings zu überprüfen, ob die Senkung der Säurewerte eine generelle Tendenz auch bei

Standorte der vom Delinat-Institut angelegten Pflanzenkohleversuche im Weinbau.



anderen Rebsorten und Klimata ist, was dann nicht in jedem Fall erwünscht wäre.

Die totalen N-Gehalte in den Trauben entsprechen in etwa den Erwartungen, welche man von den Blatt-Stickstoff-Werten ableiten kann. Interessant ist, dass in der Pflanzenkohlevariante deutlich mehr Stickstoff in Form von Aminosäuren in die Beeren eingelagert worden ist, sowohl absolut als auch relativ zu  $\text{NH}_4^+$ . Höherer N-Gehalt in Form von Aminosäuren ist ein Qualitätsparameter, der sowohl für eine höhere Resistenz der Trauben gegenüber Pathogenen spricht, als auch für die Hefeernährung während der Gärung von Bedeutung ist. Die signifikante Zunahme von Amino-N in den Trauben bestätigt die Resultate der vorhergehenden Versuchsjahre.

Der Gehalt an Anthocyanen ist in der Pflanzenkohlevariante signifikant höher und bestätigt die Resultate der vorhergehenden Jahrgänge. Die Erhöhung der Anthocyanengehalte ist sowohl für die Farb- als auch die Geschmacksentwicklung des Pinot-Noir-

Weins von hoher Qualitätsrelevanz. Sie könnten zudem den geringeren Befall durch *Oidium*, *Peronospora* und *Botrytis* erklären.

### Schlussfolgerungen

Die 2010 erhobenen Daten des Pflanzenkohle-Versuches bestätigen die Ergebnisse der Vorjahre und zeigen, dass der Einsatz von Pflanzenkohle in Bezug auf sämtliche Parameter einen Einfluss zeigt, welcher in den meisten Fällen signifikant ist. Aufgrund der deutlich verbesserten Traubengesundheit, höherer Anthocyan-, höherer Amino-N- und niedrigerer Säurewerte lässt sich eine verbesserte Weinqualität bei der Pflanzenkohlevariante erwarten. Es bestätigt sich die in der Fachliteratur geäußerte Vermutung (Lehmann 2003), dass sich die Nährstoffaufnahme der Pflanze in den jeweiligen Optimalbereich verschiebt. Dies bedeutet für einige Elemente eine zunehmende und für andere eine abnehmende Aufnahme.

Trotz dieser deutlich positiven Tendenzen ist es noch zu früh, aus diesem einen Versuch Verallgemeinerungen auf den Weinbau insgesamt zu ziehen. Die Einflüsse von Bodentyp, Klima, Rebsorte, Sekundärvegetation und mikrobieller Besiedelung sind zu groß, um von einem spezifischen Terroir bereits auf andere Standorte schließen zu können. Aus diesem Grund wurden im Frühjahr 2011 zahlreiche großflächige Feldversuche in verschiedensten Weinbauregionen mit verschiedenen Rebsorten angelegt. Bei diesem Großversuch wurde jeweils die gleiche Pflanzenkohle in gleicher Konzentration (10t/ha) und mit gleicher Aufladungsart (siehe: Aktivierung von Pflanzenkohle) eingesetzt. Die Datenaufnahme wird nach den gleichen Methoden wie im obigen Versuch durchgeführt. Erst aus diesem großen Serienversuch werden verlässliche Resultate gewonnen werden können, auf Grund derer eine Verallgemeinerung auf den Weinbau insgesamt möglich werden sollte.

### Literaturverzeichnis

- Crane-Droesch A, Abiven S, Torn MS, Schmidt MW: *A Meta-Analysis of Plant Biomass Response to Biochar, with Implications for Climate Change Mitigation via Biosequestration*, submitted
- Fardossi A: *Aspekte der Rebernährung in der Praxis, Beratung und Forschung*. Der Winzer 2001/6: 6–14 (2001)
- Flügel I: *Gesunder Weinberg durch Begrünung: Erfolgsfaktoren für eine hohe Weinqualität in Weinanbau*, VDM Verlag Dr. Müller, Saarbrücken (2007)
- IBI – *Projecte Profils – Herausragende Beispiele für den Einsatz von Biokohle aus der Praxis*. (<http://www.biochar-international.org/projects/practitioner/profiles>) (2011)
- Kammann C.: *Biokohle in Böden: C-Sequestrierungsoption und Veränderung der N<sub>2</sub>O-Emissionen nach Biokohleapplikation*. In: S. D. KTBL (S. Wulf (Ed.), *Emissionen landwirtschaftlich genutzter Böden*. KTBL – Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Kloster Banz, Bad Staffelstein, Germany (2010)
- Lehmann, J. et al., *Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: Fertilizer, manure and charcoal amendments*. Plant Soil, 249, 343–357 (2003)
- Ogawa M, Okimori Y: *Pioneering works in biochar research*. Australian Journal of Soil Research (2010), 48, 489–500 (2010)
- Spring JL, Ryser JP, Schwarz JJ, Basler P, Bertschinger L, Häseli A: *Grundlagen für die Düngung der Reben*. Rev. suisse Vitic., Arboric., Hortic. 35 (4), 24 S. (2003)
- Vanek, G.: *Diagnostische Möglichkeiten von Rebernährungsstörungen. Symptomatik und chemische Blattanalysen – die Blattdiagnostik*. Weinwissenschaft 33: 15–35 (1978).
- Van Zwieten L, Singh B, Joseph S, Kimber S, Cowie A, Chan Ky: *Biochar and emissions of non-CO<sub>2</sub> greenhouse gases from soil*. In: Lehmann J, Joseph S (Eds). *Biochar for environmental management – science and technology*. earthscan, London 227–249 (2009)

## Humusaufbau statt Hungersnot

von Hans-Peter Schmidt

Über eine Milliarde Menschen leiden weltweit an Hunger. Hauptgrund ist die Zerstörung der landwirtschaftlichen Böden durch ungeeignete Bewirtschaftungsmethoden. Zynisch predigt die Politik, dass die erwarteten 9 Milliarden Menschen nur durch Intensivierung der Landwirtschaft mit synthetischen Düngemitteln, Pestiziden, genmodifiziertem Saatgut und großen Maschinen ernährt werden können, obwohl genau das bereits heute der Grund für die schlimmste Hungersnot der Menschheitsgeschichte ist. Wissenschaftlich ist hinreichend nachgewiesen, dass einzig ein gezielter Humusaufbau in den Entwicklungsländern die Ernährung der Bevölkerung sichern kann. Die Erntemengen würden linear mit der Erhöhung der Humusgehalte zunehmen, gleichzeitig würde CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre entzogen und die Umwelt stabilisiert.

Weltweit durchgeführte Studien zeigen seit über einem halben Jahrhundert, dass die Verringerung des Humusgehaltes der Böden zu verringerten Erntemengen führt [Lal 2006] und ab einem bestimmten Grenzwert auch nicht mehr durch höhere Düngemittelmengen kompensiert werden kann. Trotz dieses Wissens schreitet der Humusverlust landwirtschaftlicher Böden unvermindert voran. Obwohl die Maßnahmen zur Verhinderung des Humusverlustes und zum Wiederaufbau der Humusgehalte bekannt und wissenschaftlich abge-

sichert sind, gehört der Schutz der Böden und Ökosysteme in keinem Land der Welt zu den politischen Prioritäten. Seit Beginn der Landwirtschaft vor über 10 000 Jahren haben die Böden zwischen 55 [IPCC 2001] und 320 Milliarden Tonnen Kohlenstoff [Ruddiman 2003] verloren. Das entspricht einem Verlust des ursprünglichen Humusgehaltes von 25% bis 75% [Lal 2011]. Der größte Teil des aus den Böden verlorenen Kohlenstoffes ging dabei in Form von CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre und hat somit einen erheblichen Anteil am Klimawandel.

Für gesunde Böden gelten Humusgehalte zwischen 3,5% und 6%. Diese lassen sich aber nur durch weitgehend geschlossene Stoffkreisläufe und die Arbeit mit organischen Bodenverbesserungen wie Kompost und Mulch sowie durch minimale Bodenbearbeitung erhalten. In zielgerichtet aufgebauten Böden tropischer Regionen mit hohen Niederschlägen lassen sich sogar Humusgehalte von 10% bis 15% erreichen, wie es die von Menschen geschaffene Terra Preta im Regenwald des Amazonas besonders eindrucksvoll zeigt. Böden hingegen, auf denen industrialisierte Landwirtschaft betrieben wird, verlieren durch ungeeignete Bearbeitungsmethoden sehr rasch an Humus. Häufige Bodenbearbeitung und Bodenverdichtung, halbsaisonal nackte Böden, Monokulturen ohne Fruchtrotation und ohne Feldrainbewuchs, Einsatz von Herbiziden und mineralisch-synthetischer Dün-

gung, Entwaldung und Verbrennung von Biomasse (sowohl Ernterückstände als auch Viehdung) führen zu Verlust der Ackerkrume. Die meisten intensiv genutzten landwirtschaftlichen Böden in den gemäßigten Klimazonen Mitteleuropas, Asiens und Nordamerikas weisen nur noch Humuswerte zwischen 1% und 2% auf, wobei zahlreiche Flächen bereits Humuswerte von deutlich unter 1% (z.B. die norddeutschen Sandböden) aufweisen und bereits mehr als den halben Weg zur Verwüstung hinter sich gelegt haben.

Die kritische Grenze des Humusgehaltes, unter der die Erntemengen deutlich zurückgehen, liegen für die gemäßigten Klimazonen bei 2% [Lal 2006; Kemper et al. 1966; Loveland et al 2003] und für die meisten tropischen Böden bei 1,1% [Aune und Lal, 1997]. Unterhalb dieser Grenzen nimmt die Wasserspeicherkapazität der Böden schnell ab, wodurch das Potential der Pflanzen, längere Trockenperioden zu überstehen, schnell sinkt. Ebenso rasch sinkt die Nährstoffspeicherkapazität der Böden, was bedeutet, dass Düngemittel schneller ausgewaschen werden oder vergasen und jedenfalls den Pflanzen und symbiotischen Mikroorganismen nicht mehr in ausreichendem Maße zur Verfügung stehen. Mit sinkendem Humusgehalt sinkt zudem die Kapazität des Bodens, sich gegen Schädlinge zu wehren und Schadstoffe abzubauen, womit auch die Krankheitsanfälligkeit der Pflanzen steigt.

Um unter diesen Bedingungen die Flächenerträge zu halten, müssen mehr Düngemittel, spezifisch gezüchtetes Saatgut und immer wirksamere Pestizide eingesetzt werden. Und genau da ist wahrscheinlich auch die Ursache des Übels zu suchen: So wie die Pharmaindustrie die höchsten Gewinne bei chronisch Kranken mit langer Lebenserwartung erzielt, fährt die Agrochemie ihre höchsten Profite bei humusar-

Einfluss des organischen Kohlenstoffes auf Erntemengen in den Tropen und Subtropen (Lal 2006)

Country	Crop	Soil/region	Yield increase (Kg ha-1 y-1 Mg-1 of SOC)	Reference
Kenya	Maize	Kikuyu red clay	243	Kapkiyai et al, 1999
Kenya	Beans	Kikuyu red clay	50	Kapkiyai et al, 1999
Nigeria	Maize	Egbeda/Alfisol	254	Lal, 1976
Nigeria	Cowpea	Egbeda/Alfisol	20	Lal, 1976
Argentina	Wheat	Haplundolls/Haplustoll	64	Diaz-Zorita et al, 1999
Thailand	Maize	Northeastern	408	Petchawee and Chaitep, 1995
India	Mustard	Inceptisol/UP	360	Shankar et al, 2002
India	Maize	Inceptisol/faryane	210	Kanchikerimath and Sing, 2001
India	Wheat	Inceptisol/Faryane	38	Kanchikerimath and Sing, 2001
Sri Lanka	Rubber	Alfisol/Ultisol	66	Samarppuli et al, 1999

men, ausgelaugten Böden mit industrieller Bewirtschaftung ein.

Doch während mit dem beschriebenen agrochemischen Cocktail in gemäßigten Klimazonen noch bei Humusgehalten von 0,9% bis 1,5% einigermaßen stabile Erntemengen erzielt werden können, ist dies in den Tropen bei Humusgehalten unter 1% schlicht nicht mehr möglich. Die Ernten sinken von Jahr zu Jahr bis schließlich keine traditionelle Bewirtschaftung mehr möglich ist, die Böden verwüsten und die Bauern sich nicht einmal mehr selbst versorgen können. In Kenya haben einige landwirtschaftliche Flächen innerhalb von 30 Jahren 2% bis 3% ihres Humusgehaltes verloren [Quellen in Lal 2006]. Im Senegal fiel der Humusgehalt in der

Oberbodenschicht bereits vor der «grünen Revolution» von 2,8% auf 1% [Siband 1974]. Dieses Bild zieht sich über den gesamten afrikanischen Kontinent und ebenso über Südostasien und Lateinamerika. Fast 90% der einen Milliarde hungernder Menschen wohnen in jenen Klimazonen, wo der Humusgehalt unter die kritische Grenze gesunken ist und wo dementsprechend die Erträge nicht mehr zur Eigenversorgung der Landbewohner ausreichen.

#### Mehr Humus im Boden, mehr Korn in der Mühle

Rattan Lal vom Carbon Management and Sequestration Center in Columbus (Ohio), einer der verdienstvollsten Forscher auf diesem Gebiet, zeigt seit über 35 Jahren durch ausge-

dehnte Feld- und Sammelstudien in Afrika, Mittelamerika und Südostasien, dass innerhalb des kritischen Bereiches von 0,5% bis 2,5% Humus die Erntemengen linear mit der Erhöhung des Humusgehaltes zunehmen. Nicht die mechanische und chemische Intensivierung der Landwirtschaft, wie Agrochemie und Politik noch immer stur und zynisch behaupten, sondern nur die Erhöhung des Humusgehaltes durch nachhaltige landwirtschaftliche Methoden kann die Nahrungsmittelversorgung für die wachsende Weltbevölkerung sichern.

Durch eine jährliche Erhöhung des Humusgehaltes in der Wurzelzone von 1t C/ha/a (ca. 0,035% Humus) könnte die Getreideproduktion in den Entwicklungsländern um jährliche 32 +/- 11 Millionen Tonnen gesteigert werden [Lal 2006]. Diese Menge entspricht dem Nahrungsmittelbedarf von 150 Millionen Menschen. Jede zusätzliche Tonne Kohlenstoff in einem Hektar landwirtschaftlichen Bodens der Tropen und Subtropen könnte die Erträge um durchschnittlich 20–70 kg/ha Weizen, 10–50 kg /ha Reis, 30–300 kg/ha Mais und 40–60 kg/ha Bohnen [Lal 2006] steigern.

Die Steigerung des Humusgehaltes landwirtschaftlicher Böden von jährlich 0,035% ist mit den bekannten Methoden des Klimafarmings sehr wohl zu erreichen, wobei die Zahl sogar äußerst konservativ gerechnet ist. Bei vollständiger Umsetzung der Methoden wäre sogar das drei- bis fünffache dieser Humuszuwächse durchaus realistisch.

### Klimafarmingmethoden

Die Methoden des Klimafarmings gehören im Grunde seit Jahrhunderten zur guten landwirtschaftlichen Praxis, sie sind weltweit erprobt und wissenschaftlich bestätigt, jedoch in den letzten 50 bis 100 Jahren weitgehend aus der üblichen

Praxis verschwunden. Dank der modernen Wissenschaft und der erweiterten Kenntnisse über die Bodenbiologie sowie über die Kohlenstoff-, Stickstoff und sonstigen Nährstoffkreisläufe konnten die Methoden gezielt optimiert und auf verschiedene Standortbedingungen angepasst werden. Die folgenden acht Elemente sind von zentraler Bedeutung:

- 1 Dauerhafte Bodenbedeckung (Der Boden sollte nie nackt liegen. Nackte Böden fördern die Erosion, die Verdunstung des Bodenwassers, die Auswaschung und Ausgasung von Nährstoffen; sie schwächen die Bodenbiodiversität und die Ernährung der Symbionten, sie führen zu fehlender Nutzung des Bodenpotentials zur Assimilierung von atmosphärischen Kohlenstoff, Stickstoff und Wasser. Die Bodenabdeckung kann durch Mulching mittels Ernterückständen oder Gründüngungssystemen erreicht werden.)
- 2 Pflugloser Anbau, Direktsaat (Schont die Bodenstruktur und deren Porosität; Bodenschichten bleiben erhalten; es kommt nicht zu Bodenverdichtungen, die Biozönose wird gefördert; die Ausgasung von Bodenkohlenstoff und anderen Nährstoffen wird gebremst.)
- 3 Schließung der Nährstoffkreisläufe (Einsatz von Kompost, Bokashi, Mist – die Nährstoffe die dem Boden entzogen werden, müssen dem Boden in geeigneter Weise zurückgeführt werden.)
- 4 Mischkulturen / Ackerforst (Mischkulturen fördern die Bodenbiodiversität und damit die biologische Nährstofffixierung sowie die Krankheitsresistenz des Agro-Ökosystems. Ackerforst verhindert Erosion, nutzt besser die verschiedenen Bodenhorizonte, erhöht die Assimilation von atmosphärischem Kohlenstoff, der im Boden angereichert wird)

- 5 Gründüngung/Leguminosen (Förderung der biologischen Stickstofffixierung, Bildung von Bodenaggregaten, erhöhte Biomasseproduktion)
- 6 Kulturrotation (3-Felderwirtschaft)
- 7 Wassermanagement (Wasser ist eines der limitierenden Elemente sowohl für das Pflanzenwachstum als auch für die biologische Aktivität des Bodens, die für den Humusaufbau von entscheidender Bedeutung ist. Durch gezielte Wurzelbewässerung, Kondenswasserrückgewinnung, und Steigerung des Wasserrückhaltvermögens lässt sich das System rasch optimieren.)
- 8 Einsatz von Pflanzenkohle (Erhöhung der Wasser- und Nährstoffspeicherung, Bildung von Bodenkomplexen, Stimulation der mikrobiellen Bodenaktivität)

### Probleme bei der Umsetzung

Die landwirtschaftlichen Ökosysteme in den Tropen und Subtropen sind bereits seit vielen Jahrzehnten überfordert. Dieser Zustand hat sich durch das Bevölkerungswachstum, die Intensivierung der Landwirtschaft und den Klimawandel weiter akzentuiert. Anstatt die Ernterückstände als Mulch auf den Feldern zu belassen oder zu kompostieren, werden sie verbrannt oder als Viehfutter verwendet. Und anstatt wenigstens den Dung der so gefütterten Tiere zur Herstellung von Bodensubstraten zu nutzen, wird er als Brennstoff verwendet, wodurch den Böden insgesamt jährlich bedeutend mehr Kohlenstoff und Nährstoffe entzogen, als ihnen zurückgeführt werden.

Um einen Wandel der landwirtschaftlichen Methoden zu erreichen, sind drei entscheidende Eckpunkte zu beachten:

- 1 Umschichten der Entwicklungshilfe für industrielle Landwirtschaft, Düngemittel- Saatgut- und Nahrungs-

mittelimporte zu einer Entwicklungshilfe für landwirtschaftliche Schulen und Beratungsnetzwerke

- 2 Wandel der Subventionen für Düngemittel in Subventionen für Humusaufbau
- 3 Förderung alternativer Brennstoffe (Pyrolysekoher, Solarkoher, Anbau von Brennholzstreifen (Ackerforst), damit Ernterückstände wieder auf den Felder verbleiben können und die Nährstoffkreisläufe geschlossen werden.

Insofern die Erträge der Flächen vom ersten Jahr an steigen, wäre dieser Methodenwandel auch wirtschaftlich nachhaltig. Eine zusätzliche Finanzierung der neuen landwirtschaftlichen Schulen und der Ausbau alternativer Brennstoffe und Energiequellen ließe sich zudem über Klimazertifikate aufbauen. Denn...

### Humusaufbau führt zur Reduktion des CO<sub>2</sub>-Gehaltes der Atmosphäre

Durch die Erhöhung des Kohlenstoffgehaltes der Böden von weltweit 10% in den nächsten 100 Jahren könnte das Äquivalent von 900 Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub> im Boden sequestriert werden [Lal 2011]. Allein dadurch könnte der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Atmosphäre um 110 ppm reduziert werden, womit dieser, sofern er nicht durch weitere industrielle Emissionen erhöht würde, wieder auf vorindustrielles Niveau sinken würde.

Die Bodensequestrierung von Kohlenstoff durch die Landwirtschaft ist daher auch laut McKinsey&Co (2009) die kosteneffizienteste Möglichkeit, um den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Atmosphäre zu reduzieren.

Laut Berechnungen ebenfalls von McKinsey&Co (2009) liegen im Vergleich dazu die Kosten für die Sequestrierung von CO<sub>2</sub> durch das neue, von der Bunderregierung geförderte CCS-

Verfahren (Carbon Capture Storage) zur Abscheidung von CO<sub>2</sub> aus Rauchgas und dessen unterirdische Lagerung bei \$60 bis \$100 pro Tonne CO<sub>2</sub>. Laut StatoilHydro betragen die Kosten sogar bis zu \$280 [Reuters 2009], wobei jeweils die Risiken – ebenso wie bei der Atomenergie – nicht einberechnet sind!

Würden die Bauern für einen durchschnittlichen Humusaufbau von 0,03% pro Jahr (1t C/ha) entsprechend der oben genannten Summen über CO<sub>2</sub>-Zertifikate gefördert, könnten sie mit jährlichen Einnahmen zwischen \$210 und \$360 (McKinsey) pro Hektar rechnen. Für die meisten Bauern in den Tropen und Subtropen wäre dies mehr als sie je an Ertrag erwirtschaftet haben. Aber vor allem würden ihre Böden wieder genug Nahrung für die Ernährung der Kinder hergeben.

Solang jedoch die Globalisierung vor allem eine Zentralisierung der Gewinne ist, wird eher die halbe Welt verhungern, als dass das Naheliegende getan wird.

### Literaturnachweis

- Aune JB, Lal R.: *Agricultural productivity in the tropics and critical limits of properties of Oxisols, Ultisols and Alfisols*. Tropical Agriculture 74: 96–103 (1997)
- FAO: *More People than ever are Victim of Hunger*. Press Release, FAO, Rome, Italy (2009)
- IPCC: *Climate Change 2001. Scientific Basis*. IPCC, Cambridge University Press: Cambridge; 851 pp (2001)
- Kemper WD, Koch EJ: *Aggregate Stability of Soils from Western United States and Canada*. USDA Technical Bulletin No. 1355, Washington, DC (1966)
- Lal, R: *Enhancing crop yields in the developing countries through restoration of the soil organic carbon pool in agricultural lands*. Land Degradation and Development 17, 197–209 (2006)
- Lal R: *Sequestering carbon in soils of agri-ecosystems*. Food Policy 36, 33–39 (2011)
- Loveland P, Webb J.: *Is there a critical level of organic matter in the agricultural soils of temperate regions: a review*. Soil & Tillage Research 70: 1–18 (2003)
- McKinsey & Co: *Pathways to a Low Carbon Economy: Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve*. McKinsey & Co., London, UK (2009)
- Reuters: <http://www.reuters.com/article/2009/05/29/us-statoilhydro-carbon-idUSTRE54S4UF20090529> (2009)
- Ruddiman W: *The anthropogenic greenhouse era began thousands of years ago*. Climatic Change 61: 261–293 (2003)
- Siband P: *Evolution des caractères et de la fertilité d'un sol rouge de Casamance*. L'Agronomie Tropicale 29: 1228–1248 (1974)

## Waldgärten und Stadtgärten – Terra Preta 2.0

von Ute Scheub

**Zitierweise:** Scheub U:  
Waldgärten und Stadtgärten – Terra Preta 2.0  
Ithaka Journal 1|2011: 57–59 (2011)  
www.ithaka-journal.net  
**Herausgeber:** Delinat-Institut für Ökologie und  
Klimafarming, CH-1974 Arbaz  
www.delinat-institut.org, www.ithaka-journal.net.  
ISSN 1663-0521

## Waldgärten und Stadtgärten – Terra Preta 2.0

von Ute Scheub

Unter dem Motto «Nährstoffe statt Abfälle – biotische Vielfalt statt Hunger» debattierten in Leipzig Praktiker und Wissenschaftler über konkrete Auswege aus der ökologischen Krise. Mit den Mitteln der Terra-Preta-Strategie und des Klimafarming könnte das Hunger- und Klimaproblem gleichzeitig gelöst werden. Die Klimakatastrophe ließe sich ausbremsen, die Nahrungsmittelversorgung stabilisieren, die Artenvielfalt retten, die Verwüstung aufhalten, die Rohstoffe schonen und die Abwasserprobleme lösen.

Wenn weltweit ökologisches Kreislaufwirtschaften und Klimafarming betrieben würde, könnte die Menschheit in paradiesisch anmutenden Waldgärten und Gartenstädten leben. Auch eine Bevölkerungszahl von neun Milliarden Menschen im Jahr 2050 wäre in einer solchen Kreislaufökonomie im Grunde kein Problem mehr. Das Wissen für die Umsetzung in die Wirklichkeit ist vorhanden, allein der Wille und die sozio-kulturellen Voraussetzungen fehlen. Zu diesem Schluss jedenfalls konnte kommen, wer der Fachtagung «Chancen für eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft» des Abwassernetzwerkes BDZ Ende Mai in Leipzig beiwohnte. «Mit steigender Bevölkerungszahl wächst die Bodenfruchtbarkeit», so Moderator Haiko Pieplow vom deutschen Bundesumweltministerium – alle organischen Abfälle und Exkremate würden

nämlich konsequent als Wertstoffe dem Boden wieder zugeführt.

Die gegenwärtige Situation gibt mit der EHEC-Seuche allerdings wieder mal Anlass zur Sorge. Welcher Erreger wo auch immer die EHEC-Seuche verursacht hat – die Epidemie könnte ein Vorbote sein. Ärzte und Wissenschaftlerinnen beobachten immer öfter, dass die Industrialisierung der Landwirtschaft neue unbekannte Krankheiten bei Haustieren und Bauern verursacht. Auch Biogasanlagen mit Gülle aus Massentierhaltung stehen im Verdacht, neue Keime auszubrüten, weil Mikroorganismen dort antibiotika-resistente Gene austauschen. «Wenn wir das nicht in den Griff kriegen», warnte der Arzt und Biokohlehersteller Bernd Schottdorf, «werden wir jeden Sommer EHEC-Saison haben.»

Bodenkundler Pieplow sieht die industrielle Landwirtschaft aus anderen Gründen vollständig in der Sackgasse. Wenig bekannt, aber dramatisch: Schon in 40 bis 60 Jahren gehen die für Kunstdünger nötigen Phosphor-Vorräte zu Ende. Seine Alternative: Die Kombination uralter asiatischer und lateinamerikanischer Anbautechniken und konsequente Kreislaufwirtschaft mithilfe von Terra Preta. Das ist der portugiesische Name für jene legendäre, ebenso langlebige wie fruchtbare «Schwarzerde» aus dem Amazonasgebiet, die vor Ankunft der spanischen Kolonisatoren üppige Gartenstädte mit Hunderttausenden von indigenen Einwohnern ernährte.

Pieplow hat zusammen mit zwei weiteren Wissenschaftlern ihre Herstellung experimentiell nachgestellt und dabei herausgefunden, dass Landwirte und Hobbygärtnerinnen weltweit Terra Preta selbst produzieren können – auf Äckern, in Gärten, auf Balkons, auf Stapelmist, in Abfalleimern und Kompostkisten. Organische Abfälle und Exkremate werden luftdicht verpresst, durch Milchsäurebakterien fermentiert («Bokashi») und mit Biokohle versetzt. Die Biokohle speichert Nährstoffe und Wasser und gibt sie, in den Boden gebracht, gleichmäßig an die Pflanzen ab. Die Erträge steigen, magere oder wasserarme Böden können wieder fruchtbar gemacht werden. Dem Treibhaus Erdatmosphäre wird so durch Verkohlung von Biomasse Kohlendioxid entzogen und in Form von Kohlenstoff als Bodenverbesserer unter die Erde verbracht.

Hans-Peter Schmidt, Leiter des Delinat-Instituts für Ökologie und Klimafarming im schweizerischen Kanton Wallis, sieht in diesen Kulturtechniken einen entscheidenden Beitrag zur Rettung der Menschheit. Agrochemie, Gentechnik und große Maschinen hätten zu Hunger, sprichwörtlichen Verwüstungen und riesigen Humusverlusten geführt. Die meisten Hungernden lebten in Gegenden, wo der Humusgehalt der Böden unter die kritische Grenze gesunken sei. Viele Ackerflächen wiesen Humuswerte von unter einem Prozent auf, gesunde Böden hätten fünf Prozent, mit Terra Preta ließen sich in den Tropen sogar 10 bis 15 Prozent erreichen. Humuswirtschaft, Mischkulturen und Öko-Anbau, glaubt Schmidt, könnten den Flächenertrag in den Tropen und Subtropen vervielfachen. Und wenn die Menschheit mittels Klimafarming den Humusgehalt der Böden in den nächsten 50 Jahren um 10 Prozent anhöbe, könnte der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Atmosphäre auf vorindustrielles Niveau gesenkt werden.

Weitere Wissenschaftler, darunter die Professoren Monika Krüger und Bruno Glaser, bestätigten auf der Tagung das riesige Potenzial von Terra Preta. Bruno Glaser stellte einen großen Feldversuch auf einem sandigen Acker in Brandenburg vor. Dabei konnte er zeigen, dass es durch Biokohle-Kompost-Substrate zu verbessertem Pflanzenwachstum, höherer Wasserspeicherung und zu Humusaufbau kam. Monika Krüger, Leiterin des Leipziger Instituts für Bakteriologie und Mykologie der Veterinärmedizinischen Fakultät, stellte eine höchst vielversprechende Untersuchung vor, bei der sie tierische Fäkalien unter Zusatz von Biokohle einer Milchsäuregärung unterzog. Sie konnte zeigen, dass innerhalb von 4 bis 8 Wochen eine vollständige Hygienisierung der Problemstoffe stattfand. Spulwurmeier, bakterieller Pathogene wie *E. coli* (EHEC), Viren und sonstige Pathogene wurden durch die Fermentationsflora degradiert. Angesichts der enormen Gefahren, die durch intensive Viehhaltung, Gülleabfuhr und Biogasanlagen provoziert werden, sind diese Forschungsergebnisse von größter Bedeutung. Denn durch die Terra-Preta-Technik könnten nicht nur die hochtoxischen Schadstoffe unschädlich gemacht werden, sondern gleichzeitig nachhaltige Bodennährstoffe zur Schließung der Stoffkreisläufe hergestellt werden.

Die rund 150 Bodenkundler, Landwirte und Agrarwissenschaftlerinnen in Leipzig waren sich weitgehend einig: Wir müssen mit der Natur arbeiten und nicht gegen sie. «Wir sind nicht die Krönung der Natur, wir sind nur ein Teil von ihr. Wir können naturkonforme Systeme entwickeln, um ein Paradies zu bauen», so formulierte es der Bauernaktivist Christoph Fischer, der im bayrischen Chiemgau die erfolgreiche «Zivilcourage»-Bewegung gegen Gentechnik ins Leben gerufen hat. In Thailand und anderen asiatischen Ländern

hatte er schon vor vielen Jahren die segensreiche Wirkung von Bokashi auf Pflanzen und Böden beobachtet und stellt sie nun selbst her. Bokashi wirkt, vereinfacht gesagt, über Milchsäurebakterien, durch die Biomassen fermentiert und somit hygienisiert und stabilisiert werden. Die Verarbeitung von Kohl zu Sauerkraut ist übrigens ein ebensolcher Prozess. Asiatische Landwirte, die seit mehr als zweitausend Jahren Abfallfermentierung betrieben, hätten eine unglaubliche Bodenproduktivität hervorgebracht, von der die ganze Welt lernen könne, ergänzte Haiko Pieplow.

Im Chiemgau ist die Bewegung rund um Christoph Fischer auf mittlerweile rund 700 Bauern und Gärtnerinnen angewachsen, die nachhaltige Landwirtschaft betreiben. «Wir kombinieren Mulch, Mischfruchtanbau, Kompostierung und Bokashi», berichtete der Agrarexperte. Nicht alle sind Ökobauern, etliche wirtschaften auch konventionell. Als Haiko Pieplow im Mai 2010 einen Vortrag über Terra Preta vor 120 Bauern hielt, machten die sich in ihrer Begeisterung sofort an die praktische Umsetzung: Sie schafften sämtliche verfügbare Grillkohle heran, zerkleinerten sie mit Hämmern und Betonmischer, fügten Hühnermist, Melasse, Kleie und Stroh hinzu und verpressten das Ganze, indem sie mit dem Stapler darüber fuhren. Nach wenigen Monaten war das Ergebnis so gut, dass die Herstellung von Terra Preta oder genauer gesagt «Chiemgauer Schwarzerde» nunmehr ebenfalls in ihr Programm gehört.

Inzwischen verarbeiten die Landwirte im Chiemgau auch Klärschlämme und Trester aus Bierbrauereien. Oder sie verbringen aktivierte Biokohle in Ställe und lassen sie von Kühen und Schweinen breittreten. «Das Stallklima ist sofort besser», so Christoph Fischer, denn ein Liter Biokohle auf der Gülle könne die Emission von 800 Liter Ammoniak ver-

hindern. Auch laufen erste Versuche, Gülle damit zu versetzen. Ergebnisse liegen noch nicht vor, aber «der Geruch ist sofort weg», berichtete Fischer.

Von einem gesunden Stallklima und gesunden Tieren berichtete auch sein Chiemgauer Kollege Bernhard Hennes, Halter von 18 000 Legehennen. Er lässt im Hühnerstall Milchsäurebakterien versprühen und Biokohle auf die Kotförderbänder streuen. Sein «Langensbacher Hof» produziert nunmehr neben Eiern und Nudeln auch «Schwarzes Gold»: Terra Preta aus Hühnermist und Biokohle, duftend wie eine Mischung aus Vanille und Tabak.

Kohle im Boden, erzählte Hennes begeistert in breiter bayrischer Mundart, «dös is a Sparbuch, wo koiner find'!»

*Ute Scheub ist Mitbegründerin der TAZ. Sie lebt als frei Journalisting und Autorin in Berlin.*

## Denn wir wissen nicht, was wir essen

von Hans-Peter Schmidt

Wir kennen noch die Namen der Nahrungsmittel, die wir in den Regalen der Supermärkte sehen oder im Restaurant serviert bekommen, aber wir wissen nicht, woher sie kommen und wer sie wie hergestellt hat. Im Grunde wissen wir nicht mehr, was wir essen. Wir vertrauen einer Reihe von Großhändlern und Produzenten, die ihrerseits jeden direkten Kontakt zum Konsumenten verloren haben. Aus Lebensmitteln sind Produkte geworden, die von externen Kontrollorganen stichprobenartig überprüft werden. Die entscheidende selbstregulative Kontrolle zwischen Produzenten und Konsumenten ist jedoch im Prozess der Massenproduktion ausgeschaltet worden. Grundprinzip der Nahrungsmittelindustrie ist die Verheimlichung der Prozesse hinter dem bloßen ästhetischen Anschein des Produktmarketings geworden.

Fragen Sie in Ihrem Restaurant einmal, ob der Koch weiß, woher das Gemüse seiner Beilagen kommt. Fragen Sie in der Küche der Schule Ihrer Kinder, in welchem Boden die Kartoffeln gewachsen sind, mit welchen Pestiziden und Konservierungsstoffen sie behandelt, mit welchen Mitteln sie gereinigt oder gar geschält wurden. Fragen Sie im Supermarkt, was das Schwein, dessen Kotelett eingeschweißt in der Kühltruhe liegt, zu fressen bekam, wie es aufwuchs und geschlachtet wurde.

Die EHEC-Krise ist ein Warnschuss, der jedoch, wie es scheint, kaum als solcher wahrgenommen wird. Solange man nur nach einem Infektionsherd sucht, um dann den Gurken- oder Sprossenbetrieb zu schließen und die Bevölkerung beruhigt an die Salatbar zurückschickt, wird man dem vielschichtigen Problem, das die Grundfesten der modernen Agrar- und Lebensmittelbranche erschüttert, nicht gerecht. Die eigentlichen Symptome des EHEC-Skandals sind doppelter Natur.

1 Selbst nach über 4000 Erkrankungen konnte trotz fieberhaftem Einsatz verschiedenster Kontrollorgane nicht nachvollzogen werden, woher das infizierte Essen kam, das die 4000 Leute an verschiedenen Orten der Republik zu sich genommen haben. Egal ob im Restaurant oder in der eigenen Küche, die Wege vom Produzenten zum Konsumenten sind zu lang, als dass sie sicher nachvollzogen werden könnten. Bei lokaler Nahrungsmittelversorgung, wo zwischen Produzent und Konsument maximal zwei Händler oder Verarbeiter liegen, hätte innerhalb kürzester Zeit die akute Infektionsquelle herausgefunden und geschlossen werden können. Die Gefahr einer Epidemie hätte gebannt und die Wirtschaftskrise des gesamten europäischen Agrarsektors verhindert werden können. Das Problem der nicht rückführbaren Verteilungswege massenhaft erzeugter Nahrungsmittel darf allerdings nicht darüber hinwegtäuschen, dass die EHEC-Erreger zwar durch Gewächshausgemüse auf

den Menschen übertragen werden können, dass die eigentliche Quelle des Erregers aber nicht das Gemüse, sondern die Gedärme infizierter Tiere sind.

- 2 Noch schwerwiegender allerdings wiegt das Verschweigen der Ursache, weshalb so gefährliche bakterielle Mutagene überhaupt entstehen und sich so rasant vermehren können. EHEC-Bakterien sind in den Verdauungstrakten von Rindern entstanden, wo sie nicht nur Resistenzen gegen Antibiotika entwickelt haben, sondern ein Gegenmittel zur Verteidigung gegen Antibakteria produzieren, welches für den Menschen besonders toxisch ist. Es können daher zur Behandlung von EHEC beim Menschen keine Antibakteria eingesetzt werden. Hintergrund dieser EHEC-Mutation ist, dass die gleichen Antibiotika, die den Menschen in Krankheitsfällen verabreicht werden, vielen Rindern täglich ins Futter gegeben werden, wodurch sich ideale Selektionsbedingungen für die Anzucht resistenter Erreger ergeben. Da in Industrieställen zudem hunderte, oft gar tausende Rinder auf zu engem Raum auf ihren Exkrementen hausen, infizieren sich die Rinder gegenseitig in kürzester Zeit. Und wenn die Bauern nicht wie in Hochsicherheitslabors in hermetischer Schutzkleidung arbeiten, ist ihre Ansteckung vorprogrammiert. Schon heute haben viele Bauern die gleichen Krankheiten wie ihre Kühe.

Die Massentierhalter streiten jede Verantwortung ab, weil Gemüse angeblich nicht mit Gülle gedüngt werde. Doch zum einen kann auch Gemüse unter der Bezeichnung »Kompost« mit Fäkalien, Gülle und Gärresten aus der Biogasproduktion gedüngt werden und zum anderen reicht es schon, wenn auf den Feldern vorher andere Pflanzen mit Gülle gedüngt wurden, denn die Erreger können außerhalb des Darms bis zu ein Jahr lang überleben. Dass die Bakterien so übertragen werden

können, wurde bereits vor etwa zehn Jahren von Solomon et al nachgewiesen.

Andreas Zappf, der Präsident des Bayerischen Landesamtes für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL), hat darauf hingewiesen, dass «Infektionen mit dem EHEC-Erreger in den häufigsten Fällen durch das Essen von Fleisch verursacht werden» (dapd-Meldung vom 3.6.2011). Die Albert-Schweitzer-Stiftung schreibt diesbezüglich: «Tiere in der Intensivhaltung sind besonders anfällig für Krankheiten, weil ihre Immunsysteme zum einen durch den Mangel an Licht und Bewegung geschwächt sind und zum anderen ihre Verdauungssysteme aufgrund der falschen Ernährung mit Kraftfutter besonders anfällig für Durchfallerreger wie EHEC sind» (Quelle siehe hier).

Es ist beinahe als Wunder anzusehen, dass nicht schon längst viel schlimmere Epidemien über unsere Städte hereingebrochen sind. Doch nach Rinderwahnsinn, Geflügelgrippe, Schweinegrippe und EHEC ist es nur eine Frage der Zeit, wann die nächste Katastrophe, die vielleicht nicht mehr mit so viel Glück überstanden wird, über uns hereinbricht.

Viehställe sind längst zu Zuchtanstalten von Krankheitserregern geworden. In Biogasanlagen wird die Zuchtarbeit unter besten Temperaturbedingungen fortgesetzt und auf den Feldern, wo die Reststoffe dieser Anlagen ebenso wie Gülle unhygienisiert ausgebracht werden, wird schließlich für deren Massenverbreitung gesorgt. Dass Spanien Entschädigungszahlungen aus Deutschland fordert, weil auf ihren Gurken zwar EHEC gefunden wurde, nicht aber jener für die derzeitige Seuche verantwortliche Stamm, grenzt an absurdes Theater.

### **Genmodifiziertes Saatgut oder das Herbizid im Blut**

Anteil an dem immer massiveren Auftreten bakterieller Krankheiten in der Viehzucht haben aber nicht nur die industriellen Haltungs- und Produktionsbedingungen, sondern insbesondere auch die eingesetzten Futtermittel. Ein großer Teil des europäischen Viehfutters besteht aus Soja und Mais, die aus Süd- und Nordamerika importiert werden, wo sie aus genmodifiziertem Saatgut heranwachsen. Ob die genmodifizierten Pflanzen an sich schädlich für Tier- und Mensch sind, bleibt zunächst dahingestellt. Aber was nachgewiesenermaßen extrem schädlich ist, ist das Unkrautvernichtungsmittel Glyphosat, mit dem die dagegen resistenten Pflanzen regelmäßig eingesprüht werden, um konkurrierendes Unkraut zu eliminieren. Sogar kurz vor der Ernte wird Getreide noch einmal mit Glyphosat eingesprüht, damit die zu erntenden Pflanzen gleichmäßig absterben und somit vor der Ernte besser trocknen. Der Wirkstoff des Herbizids gelangt so direkt ins Futter. Die Tiere nehmen also über die Nahrung Herbizide auf, die über Milch und Fleisch in die Nahrungskette des Menschen geraten, und die Tiere anfällig gegen jedwede Krankheitserreger machen. Das von der amerikanischen Firma Monsanto hergestellte Glyphosat (Handelsname: RoundUp, das auch in vielen Kleingärten und bei der Stadtpflege eingesetzt wird) kann mittlerweile nicht nur im Fett und Fleisch der Tiere, sondern ebenso im Blut von Bauern, schwangeren Frauen und Föten nachgewiesen werden. Kinder kommen mit Unkrautex im Blut zur Welt. Bei Tieren kann Glyphosat zu Unfruchtbarkeit und Fehlgeburten führen (Quellen hier – und hier ein ausführlicher Bericht über Hintergründe und Gefahren von Glyphosat).

Der ehemalige Militärberater für biologische Kriegsführung und Leiter des US-Komitees für neue Epidemien und Krank-

heitserreger, Don M. Huber, schrieb sowohl an den amerikanischen Landwirtschaftsminister als auch an den Präsidenten der Europäischen Kommission einen öffentlichen Brief. Darin schätzt er die Situation in der Viehproduktion als Notlage ein: «In den letzten 40 Jahren arbeitete ich als Wissenschaftler für professionelle und militärischen Agenturen, die biologische Gefahren evaluieren und Gegenmaßnahmen planen, was auch biologische Kriegsführung und Schutz vor Epidemien beinhaltet. Gestützt auf diese Erfahrungen glaube ich, dass die Gefahr, die von diesem [durch Glyphosat verursachten] Krankheitserreger ausgeht, unvergleichlich und äußerst riskant ist. Es sollte als absoluter Notfall für die Gesellschaft begriffen werden.» (siehe vollständigen Brief von Don M. Huber) Eine von der Bundestagabgeordneten Ulrike Höfken beauftragten Studie über «Gentechnisch veränderte Pflanzen in Futter- und Lebensmitteln» kommt zu dem Schluss, dass in der EU zwischen 2010 und 2011 schätzungsweise 13 Millionen Tonnen Sojabohnen und 23 Millionen Tonnen Sojamehl importiert wurden. Ein großer Teil davon ist glyphosatolerantes Soja (RoundUp-Ready-Soja) aus den USA, Argentinien und Brasilien. Produkte von Tieren, die mit diesen Sojabohnen gefüttert werden, kommen in den Handel, ohne dass sie mit einem Gentechnik-Label gekennzeichnet werden müssen. Zitat: «Da beispielsweise in Deutschland bis zu 80% der Eiweißfuttermittel importiert werden und «seit 1996 jedes Jahr Millionen Tonnen gentechnisch veränderten Sojas in Europa und Deutschland, hauptsächlich für Futtermittel eingesetzt werden, muss man davon ausgehen, dass die meisten Verbraucher zu Produkten von Tieren greifen, die mit gentechnisch veränderten Sojabohnen gefüttert wurden. [...] Der Anbau und die Verwertung von herbizidtoleranten und insektengiftproduzierenden Pflanzen führen zu einer nie da

gewesenen großflächigen und permanenten Exposition der Umwelt mit bestimmten Herbiziden und Insektiziden. Diese Stoffe, ihre Abbauprodukte und Beistoffe und die sich daraus ergebenden «Giftcocktails» sind zu einem festen Bestandteil der Nahrungskette geworden. Fahrlässigkeiten oder Fehleinschätzungen bei der Bewertung der damit einhergehenden Risiken führen zu einer kaum einzugrenzenden Gefährdung von Mensch und Umwelt.»

Allein in Argentinien wurden auf 47 Millionen Hektar mit Roundup-Ready-Sojabohnen angebaut. Im Jahr 2008 wurden in den transgenen Sojakulturen Argentiniens etwa 200 Millionen Liter Glyphosat ausgebracht (Trigona, 2009, Valente 2009, zitiert nach PAN AP, 2009).

#### **Gen-Lobby fordert subversive Massnahmen gegen Europa**

Offenbar genügt es dem militärisch-industriellen Komplex der USA nicht, dass die europäische Viehbestände und Konsumenten mit Glyphosat über die importierten Futtermittel verseucht werden, sondern sie wollen, dass auch in Europa der Milliardenmarkt für Millionen Tonnen über die Maisfelder gesprühten Glyphosates in Gang kommt. Daher rief der ehemalige amerikanische Botschafter in Frankreich, Craig Stapleton, 2007 in einer kürzlich von Wikileaks veröffentlichten Botschaftsdepesche zu Vergeltungsmaßnahmen gegen die europäische Landwirtschaft auf. Nur so könne die EU vor weiteren Verboten genetisch modifizierten Saatgutes abgehalten werden. Wörtlich schrieb er: «Die Landesgruppe Paris empfiehlt, dass wir eine Liste gezielter Vergeltungsmaßnahmen erstellen, die quer durch die EU schmerzhaft Folgen verursachen, denn schließlich handelt es sich hier um einen Fall kollektiver Verantwortung. Die Liste soll insbesondere auf die schlimmsten Schuldigen abzielen. Die Liste sollte eher

maßvoll als wirklich grausam sein und vor allem langfristig wirken, denn ein schneller Sieg ist nicht zu erwarten.» (Wikileaks Quelle)

#### **Urban Farming – Stadtgärten**

In Deutschland haben während der EHEC-Krise rund 50% der Bevölkerung ihre Ernährung umgestellt und frisches Gemüse von ihrem Speiseplan gestrichen. Zugleich haben fast 30% der Deutschen einen eigenen Garten und konnten sich so auch während der Krise gefahrlos ernähren. Stadtgärten, Dachgärten, Terrassen und mobile Gärten fördern nicht nur die Biodiversität, sondern werden in Zukunft in immer größerem Maße für eine sichere, gehaltvolle Ernährung der Bevölkerung sorgen, sorgen müssen. Ob es die Bevölkerung in Europa retten kann, ist trotzdem fraglich, solange der Massentierhaltung keine Schranke gesetzt wird. Die größte Gefahr für die zivilisierte Welt ist derzeit weder der Klimawandel noch der Peak Oil noch die Jugendarbeitslosigkeit noch das Finanzsystem, sondern eine sich ungebremst ausbreitende Seuche aus den Ställen der Massentierhaltung, die Düngung mit unaufbereiteter Gülle und die Ausbringung von unkompostierten Reststoffen aus Biogasanlagen.

Es ist nicht auszuschließen, dass die verzweifelt agierende Politik bald den absurdesten, ihr aber am sichersten scheinenden Ausweg beschließt, nämlich Gülle und Gärreste ebenso wie schon jetzt die menschlichen Fäkalien zu Sondermüll zu erklären. Dann dürften diese nicht einmal mehr kompostiert werden und wären für den Einsatz in der Landwirtschaft verboten. So würde der natürliche Nährstoffkreislauf komplett zerstört und die Agrochemie mit ihren perfiden Marionetten wie Craig Stapleton hätten den Endsieg errungen, denn ab diesem Moment müssten flächendeckend synthetische Dün-

gemittelt und die mit ihnen einhergehenden Pestizide zum Schutz kranker Gemüse- und Getreide eingesetzt werden. Gestraft wären alle vorbildlich arbeitenden Viehzüchter, die gesamte ökologische Landwirtschaft, die Gewässer, das Klima, die biologische Vielfalt und schließlich sogar die Ernährungssicherheit.

Die Alternative wären gesunde Futtermittel für gesunde Tiere mit genügend Auslauf. Dann könnte auch der Viehmist wieder, wie in den letzten 8000 Jahren der Landwirtschaftsgeschichte, gefahrlos auf die Felder ausgebracht werden und zur nachhaltigen Nährstoffversorgung unserer Kulturpflanzen beitragen. Solange sich unsere Gesellschaft darauf nicht einigen kann, bleibt EHEC – anstatt heilender Warnschuss – das Fanal einer höchstens mit der mittelalterlichen Pest zu vergleichenden Seuche, die früher oder später durch Europa und die Welt fegen wird.

Hilflos ist der Mensch sich selbst ausgeliefert. Er würde gern anders. Doch so wie es ihn dreimal pro Minute atmet, ihm das Blut durch die Adern pumpt und ihm das Essen im Leib verdaut, so macht es ihm auch ständig Lust auf Dinge, von denen er weiß, dass er sich besser fern von ihnen halten sollte.

## Pflanzenkohle

von Hans-Peter Schmidt

**Zitierweise:** Schmidt HP:  
Pflanzenkohle  
Ithaka Journal 1/2011: 64–71 (2011)  
www.ithaka-journal.net  
**Herausgeber:** Delinat-Institut für Ökologie und  
Klimafarming, CH-1974 Arbaz  
www.delinat-institut.org, www.ithaka-journal.net.  
ISSN 1663-0521

## Pflanzenkohle

von Hans-Peter Schmidt

**Zwei Jahre lang galt Biokohle als ein ziemlich ungeschickter Begriff für eine der vielversprechendsten Entwicklungen in der Landwirtschaft des 21. Jahrhunderts. Da Namen mitunter über das Schicksal von Dingen entscheiden, haben sich die führenden Hersteller und Forscher darauf geeinigt, den Begriff zu ändern und künftig Pflanzenkohle anstatt Biokohle zu sagen. Denn Pflanzenkohle ist ein Produkt aus Pflanzen und für Pflanzen.**

Bis vor zwei Jahren etwa, als sich eigentlich nur die Wissenschaft mit dem Thema Pflanzenkohle beschäftigte, wurde ausschließlich der englische Begriff Biochar dafür verwendet. Erst als die Entwicklung der Technik den großflächigen Einsatz in der Landwirtschaft möglich machte, schlich sich die etwas unglückliche Übersetzung Biokohle in den Sprachgebrauch. Das «Bio» des englischen Biochar steht jedoch lediglich als Abkürzung für Biomasse und nicht für das «Bio» eines bio-zertifizierten Produktes wie Bioapfel oder Biowein. Das «Bio» von Biokohle kennzeichnet also ebenso wenig wie Biogas oder Biobenzin die ökologisch nachhaltige Herstellung des Produktes, sondern besagt lediglich, dass organische Ausgangsmaterialien, also «Biomasse», als Rohstoff verwendet wurden.

Vertreter der Biobranche reagierten verständlicherweise gereizt, weil das Bio-Kürzel fälschlich verwendet wurde. Und die

sogenannten konventionellen Bauern, Beamten und Politiker reagierten wie gegenüber vielen «Bioideen» unnötig skeptisch und suchten nicht selten den schwachen Punkt für einen verhängnisvollen Angriff.

Mit Pflanzenkohle wurde nun ein korrekter deutscher Begriff für ein wichtiges Produkt und Mittel nachhaltiger Land- und Klimawirtschaft geprägt. Die Hersteller, Praktiker und Wissenschaftler des Gebietes hoffen, dass sich mit dem Begriff der Pflanzenkohle das damit verbundene Konzept regionaler Stoffkreisläufe und ressourcenschonender Land- und Gartenwirtschaft auch in der breiten Gesellschaft verankern lässt. Pflanzenkohle ist ein bildreicher, sympathischer, einprägsamer Name, der durch die Pflanzen das verbindende Kreislaufglied im Namen hält: Es ist aus Pflanzen und für Pflanzen. Es ist sicher und ist nachwachsend.

Gleichzeitig mit dem Namenswechsel hat sich die Branche auch auf eine gemeinsame, unabhängig kontrollierte Zertifizierung der ökologisch nachhaltigen Herstellung und Anwendung geeinigt (siehe unten). Anstatt Bio-Biokohle und Nichtbio-Biokohle wird es künftig Pflanzenkohle und Bio-Pflanzenkohle geben.

Ganz neu ist der Begriff Pflanzenkohle freilich nicht. Schon seit Jahrzehnten ist Pflanzenkohle als Nahrungsergänzungsmittel (E153) und Futtermittel zugelassen, wobei die gleichen Reinheitsgrade und Qualitätsstandards eingehalten werden,

wie sie für die landwirtschaftlich genutzte Pflanzenkohle gefordert und kontrolliert werden.

Der Namenswechsel ist keine Frage einer schönen Marketingstrategie, sondern ein ziemlich seltenes Beispiel, wo eine ganze Branche mit all ihren unterschiedlichen Interessengruppen und Konkurrenten sich auf die Änderung des Namens ihres Hauptproduktes und Forschungsgegenstandes einigt, um die Chance zu wahren, mit Pflanzenkohle die Gefahren des Klimawandels und der sinkenden Nahrungsmittelproduktion zu verringern.

Die Gelegenheit des Namenswechsels soll im Folgenden genutzt werden, um die wichtigsten Eigenschaften, Anwendungsmöglichkeiten und Perspektiven von Pflanzenkohle noch einmal zusammenzufassen. Die Zusammenstellung stützt sich auf zahlreiche Artikel, die in den letzten beiden Jahren im Ithaka-Journal erschienen sind und dient auch als Grundlage für den Wikipedia-Eintrag zum Thema Pflanzenkohle.

### Definition von Pflanzenkohle

Pflanzenkohle (engl. biochar, früher auch Biokohle genannt) wird durch pyrolytische Verkohlung rein pflanzlicher Ausgangsstoffe hergestellt. Es handelt sich um spezielle, zertifizierte Pyrokohlen, die durch zusätzliche ökologisch nachhaltige Produktions-, Qualitäts- und Einsatzbedingungen charakterisiert sind. Pflanzenkohle wird in der Landwirtschaft als Bodenverbesserer und Trägerstoff für Düngemittel sowie als Hilfsstoff für die Kompostierung und Nährstofffixierung von Gülle eingesetzt. Pflanzenkohle dient auch als Futtermittelzusatz und Nahrungsergänzungsmittel.

Pflanzenkohle – man sieht sehr schön, wie die ursprüngliche Struktur des pflanzlichen Rohstoffs erhalten bleibt.  
(Foto: Andreas Thomsen)



### Pflanzenkohle als Bodenverbesserer

Pflanzenkohle wird bereits seit über 2500 Jahren von vielen verschiedenen Kulturen und in zahlreichen Regionen der Welt als Bodenverbesserungsmittel eingesetzt. Dabei wurde die Pflanzenkohle meist nicht pur, sondern in Mischung mit anderen organischen Reststoffen wie Viehmist, Kompost oder Bokashi eingebracht. Die Pflanzenkohle diente dabei vor allem als Trägermittel für Nährstoffe sowie als Mikrohabitat für Bodenmikroorganismen wie Bakterien und Pilze. Das bekannteste Beispiel für den Einsatz von Pflanzenkohle zur nachhaltigen Fruchtbarmachung verwitterter Böden ist die brasilianische Terra Preta.

Nachdem der Einsatz von Pflanzenkohle bis in die Mitte des letzten Jahrhunderts weitestgehend in Vergessenheit geraten war, ist seit Ende der 1990er Jahre das wissenschaftliche Interesse an den agronomischen Möglichkeiten der Pflanzenkohle

insbesondere im Zusammenhang mit den Fragen von Humusaufbau und Kohlenstoffsequestrierung stark angewachsen. Seit 2010 wurden erste industrielle Anlagen zur Produktion von Pflanzenkohle in Betrieb genommen, wodurch Pflanzenkohle wieder vermehrt Eingang in die landwirtschaftliche Praxis gewinnt.

Durch den Eintrag von aktivierter Pflanzenkohle in landwirtschaftlich genutzte Böden lassen sich äußerst positive Auswirkungen auf die Bodenaktivität, Bodengesundheit und Ertragskapazität erzielen. In wissenschaftlichen Untersuchungen konnten unter anderem folgende Vorteile für die Bodenkulturen nachgewiesen werden:

- Deutliche Verbesserung des Wasserspeichervermögens der Böden, wodurch die aufgrund des Klimawandels auch in der Schweiz immer häufiger drohenden Trockenperioden ohne nennenswerte Ernteauffälle überstanden wer-

- den könnten. [Lehmann 2009, Glaser 2001, Pichler 2010]
- Zuwachs der Bodenbakterien, die in den Nischen der hochporösen Kohle geschützten Lebensraum finden, wodurch die Nährstoffumsetzung für die Pflanzen gefördert wird. [Thies 2009, Steinbeiss 2009]
  - Zunahme der Wurzelmykorrhizen, wodurch eine verbesserte Wasser- und Mineralstoffaufnahme sowie wirksamer Schutz gegen Pflanzenschädlinge gewährleistet wird. [Warnock 2007]
  - Adsorption toxischer Bodenstoffe wie OCP und Schwermetalle, wodurch die Lebensmittelqualität und der Grundwasserschutz verbessert werden. [Hibler 2009, Smernik 2009]
  - Höhere Bodendurchlüftung sowie bessere Aktivität von N-Bakterien und somit deutliche Reduktion der klimaschädlichen Methan- und Lachgas-Emissionen. [Kuzyakov et al. 2009, van Zwieten et al. 2009, Kammann 2010].
  - Verbesserte Nährstoffdynamik, was sowohl für erhöhtes Pflanzenwachstum als auch für Klima- und Grundwasserschutz sorgt [Chan 2009].
  - Verbesserung der Pflanzengesundheit durch induzierte Resistenz [Elad et al., 2010]

### Herstellung von Pflanzenkohle

Pflanzenkohle wird unter Luftabschluss bei Temperaturen zwischen 350° und 800° C hergestellt (Pyrolyse). Unter diesen Prozessbedingungen brechen die langkettigen Moleküle der pflanzlichen Zellen auf, wobei Pflanzenkohle, Synthesegase und Wärme entstehen. Die Mineralstoffe der ursprünglichen Biomasse werden in den Poren und an der Oberfläche der Pflanzenkohle gebunden.

**Traditionelle Herstellung** Pflanzenkohle wurde bereits seit Beginn der Eisenzeit in sogenannten Kohlemeilern hergestellt. Als Ausgangsstoff wurde dafür meist Holz aber auch Stroh verwendet. Bei diesem traditionellen Verfahren ist die Ausbeute an Kohle relativ gering und die Synthesegase entweichen ungenutzt in die Atmosphäre.

**Technische Pyrolyse** Durch moderne technische Verfahren, die seit den 1990er Jahren entwickelt wurden, können nunmehr alle pflanzlichen Rohstoffe mit einem Feuchtigkeitsgehalt von bis zu 50% zu hochwertiger Pflanzenkohle pyrolysiert werden. Die bei der Pyrolyse entstehenden Synthesegase werden durch flammenlose Oxydation sehr schadstoffarm verbrannt. Ein Teil der dabei entstehenden Wärme wird zur Erhitzung der nachgeförderten Biomasse verwendet, so dass es sich insgesamt um einen energieautonomen Prozess handelt. Der weitaus größere Teil der Abwärme lässt sich zu Heizzwecken nutzen oder über Kraft-Wärme-Kopplung in Elektrizität und Wärme umwandeln.

Zwei Drittel der durch Photosynthese akkumulierten Pflanzenenergie wird in der bei der Pyrolyse entstehenden Pflanzenkohle gespeichert.

**Hersteller von Pyrolyseanlagen** Bekannte Hersteller von Pyrolyseanlagen zur Herstellung von Pflanzenkohle sind die deutschen Pyreg GmbH, European Charcoal AG und die australischen Eprida, Best Energies, Pacpyr. Weitere industrielle Anlagenhersteller gibt es in China und Japan.

Laut Aussage der Anlagenhersteller European Charcoal, Pyreg und Carboilino Energy sollen bis 2012 mindestens 20 Pflanzenkohle-Anlagen in Deutschland, der Schweiz und Österreich in Betrieb genommen werden. Standorte sind Kompostwerke, Stadtgärtnereien, Bauernhöfe, Gemeinden, Klärwerke und Abfallentsorger.

2010 wurden zwei industrielle Anlagen zur Herstellung von Hydrokohle (HTC-Kohle) in Betrieb genommen (Terra Nova Energy in Düsseldorf sowie AVA-CO<sub>2</sub> in Karlsruhe). Bei Hydrokohle handelt es sich im Vergleich zur Pflanzenkohle zwar um ein verwandtes, chemisch und physikalisch aber unterschiedliches Produkt, das gleichwohl interessante Perspektiven für den Einsatz in der Landwirtschaft aufweist [Libra 2010].

Neben den oben erwähnten industriellen Anlagen werden derzeit zahlreiche Klein- und Kleinstpyrolyse-Anlagen entwickelt, die sowohl im Haus- und Gartengebrauch als auch in Entwicklungsländern zum Einsatz kommen (siehe: Bühler & Schmidt (2010) Pflanzenkohle für Entwicklungsländer, sowie Bühler & Schmidt (210) Kochen mit Bioabfällen).

### Aufladung von Pflanzenkohle

Pflanzenkohle ist kein Dünger, sondern vor allem ein Trägermittel für Nährstoffe sowie Habitat für Mikroorganismen. Um ihre bodenverbessernden Eigenschaften rasch und effizient zur Wirkung zu bringen, muss die Pflanzenkohle zunächst aufgeladen und biologisch aktiviert werden. Neben der Vermischung der Pflanzenkohle mit Kompost gibt es zahlreiche andere Methoden der Aktivierung und Herstellung von Düngern und Terra Preta ähnlichen Substraten.

Pflanzenkohle ist äußerst porös und besitzt eine enorme spezifische Oberfläche von teilweise über 300 m<sup>2</sup> pro Gramm. Aufgrund der hohen Porosität vermag die Pflanzenkohle bis zur fünffachen Menge ihres Eigengewichtes an Wasser und den darin gelösten Nährstoffen aufzunehmen. Diese Eigenschaft nennt man die Adsorptionskapazität (AK) der Pflanzenkohle, die einerseits von der pyrolysierten Biomasse und andererseits von der Pyrolysetemperatur abhängt. Im Be-

### Charakterisierung von Pflanzenkohle

- 1 Nährstoffgehalte: Die Schwankungen der Nährstoffgehalte verschiedener Pflanzenkohlen sind sehr hoch (zwischen 170 g/kg und 905 g/kg). Laut Bodenverordnung müssen die Nährstoffgehalte ermittelt werden. Aufgrund der ermittelten Nährstoffgehalte ergeben sich die maximal zulässigen Mengen für die Bodeneinarbeitung. Entscheidend wären allerdings nicht die absoluten Nährstoffgehalte, sondern die jeweilige Nährstoffverfügbarkeit, welche aber schwierig zu ermitteln ist (z.B. Nährstoffverfügbarkeit von Phosphor liegt bei ca. 15%, die von Stickstoff liegt teilweise unter 1%). Nach der Bodenverordnung werden aber generell nur die absoluten Werte in Betracht gezogen.
- 2 C-Gehalt >50% [Der Kohlenstoffgehalt von Pyrokohlen schwankt je nach verwendeter Biomasse und Prozesstemperatur zwischen 25 und 95%. (z.B. Hühnermist: 26%, Buchenholz: 86%). Bei sehr mineralreichen Biomassen wie Viehmist überwiegt im Pyrolyseprodukt der Aschegehalt, entsprechend fallen diese Produkte unter die Kategorie von Aschen mit mehr oder weniger hohem Anteil an Pflanzenkohle. Solche mineralreichen Biomassen sollten im Sinne möglichst effizienter Stoffströme eher kompostiert oder fermentiert anstatt pyrolysiert werden, so dass die Nährstoffe möglichst rasch wieder pflanzenverfügbar werden.]
- 3 Molares H/C-Verhältnis <0.6 und >0.1 [Aus dem molaren H/C lässt sich der Verkohlungsgrad und damit auch die Stabilität der Pflanzenkohle ableiten. Das H/C-Verhältnis gehört zu den wichtigsten Charakterisierungsmerkmalen von Pflanzenkohle. Die Werte schwanken je nach Biomasse und Verfahren. Werte außerhalb dieses Bereiches lassen auf mangelhafte Pyrolyse-Verfahren schließen.]
- 4 Schwermetallgehalt in mg/kg: Cd 0,8 / Cr 50 / Cu 50 / Hg 0,5 / Ni 20 / Pb 67 / Zn 200 / As 10 [Wie im Falle der Kompostierung bleibt auch bei der Pyrolyse fast die gesamte Menge an Schwermetallen der ursprünglich verwendeten Biomasse im Endsubstrat erhalten. Allerdings werden die Schwermetalle sehr effizient von der Pflanzenkohle fixiert und langfristig blockiert. Wie dauerhaft diese Blockierung ist, kann jedoch bisher nicht sicher angegeben werden. Da Pflanzenkohle anders als Kompost nur einmalig (bzw. mehrfach bis zu einer maximalen Endkonzentration) in den Boden eingebracht wird, lässt sich eine toxische Akkumulierung der Schwermetalle ausschließen. Trotzdem wird es politisch kaum möglich sein, für Pflanzenkohle höhere Schwermetallgehalte als für Komposte durchzusetzen. Jedenfalls würde es einen sehr langwierigen Gang durch die Behörden nach sich ziehen. Es gibt allerdings ohnehin wenig Grund, nicht die vorgeschriebenen Grenzwerte für Schwermetalle einzuhalten. Für stärker belastete Pyrokohle gibt es hinreichend andere Einsatzmöglichkeiten.]
- 5 PAK-Gehalte (Summe der 16 Leitverbindungen der EPA) <15 mg/kg TM / PCB-Gehalt <0,2 mg/kg TM [Pflanzenkohle fixiert sehr effizient PAK, wo sie relativ rasch von Bakterien abgebaut werden. Das PAK-Risiko ist daher wahrscheinlich relativ gering. Trotzdem werden sich vorläufig keine höheren Grenzwerte für PAK durchsetzen lassen. Es ist zu beachten, dass aufgrund der hohen Absorptionskraft der Pflanzenkohle die meisten Standardmethoden zur Analyse von PAK nicht für Pflanzenkohle geeignet sind und lediglich Werte im Bereich von unter 10% des Realwertes ergeben. Eine Standardmethode wird derzeit erarbeitet.]
- 6 Furane <20 ng/kg (I-TEQ OMS);
- 7 pH-Wert – [die pH-Werte schwanken zwischen 4 und 12, stellen für die Zertifizierung kein Ausschlusskriterium dar. Sie müssen aber zwingend angegeben werden, da eine Verschiebung des Boden-pH-Wertes großen Einfluss auf die Bodenkultur hat.]
- 8 Spezifische Oberfläche und Porenvolumen [sind zwei wichtige Werte zur Charakterisierung von Pflanzenkohlen. Beide Werte hängen sowohl von der pyrolysierten Biomasse als auch von dem verwendeten Pyrolyseverfahren (v.a. Höchsttemperatur, Verweildauer, Partikelgröße) ab. Die Erhebung beider Werte ist methodisch bisher nicht standardisiert. Die Werte schwanken je nach verwendeter Methode relativ stark. Es lassen sich keine Ausschlusskriterien auf Basis dieser beiden Werte angeben.]

Für weitere Informationen über das Zertifizierungsprotokoll, das ab September 2011 von dem unabhängigen Kontrollorgan bio.inspecta europaweit abgenommen werden wird, siehe: Richtlinien für den Einsatz von Pflanzenkohle.

reich von 450° C bis 700° C entstehen Pflanzenkohlen mit der höchsten Adsorptionskapazität.

Eine weitere wichtige Eigenschaft zur Erklärung der besonderen Nährstoffdynamik der Pflanzenkohle ist die hohe Kationenaustauschkapazität (KAK). Die KAK der Pflanzenkohle ist ein Maß für die Fähigkeit, positiv geladene Ionen (Kationen) an der Oberfläche der Pflanzenkohle zu binden und bei entsprechenden Verhältnissen wieder für Pflanzen und Mikroorganismen verfügbar zu machen. Die KAK hängt ebenfalls von der Oberfläche der Pflanzenkohle ab, ist aber eine chemische Größe, die durch Sauerstoff und Bodenkontakt zunimmt und erst nach einiger Zeit ihren Höchstwert erreicht. Eine hohe KAK verhindert das Auswaschen von mineralischen wie organischen Nährstoffen und sorgt insgesamt für eine höhere Nährstoffverfügbarkeit. Eine hohe KAK bindet zudem auch toxische Moleküle, wodurch das Bodenleben geschützt wird. Die hohen AK und KAK der Pflanzenkohle führen dazu, dass sich die Pflanzenkohle hervorragend als Nährstoffträger eignet. Die von der Pflanzenkohle aufgenommenen Nährstoffe wiederum führen dazu, dass Mikroorganismen ideale Lebensräume in und um die Pflanzenkohle finden, was wiederum der gesamten mikrobiellen Belebung des Bodens und damit dem Potential für Symbiosen von Mikroorganismen und Pflanzenwurzeln zugute kommt.

**Prinzipien der Nährstoffaufladung von Pflanzenkohle** Würde man Pflanzenkohle unbehandelt in den Boden einarbeiten, würden deren hohe Adsorptionsleistung und die wachsende KAK dazu führen, dass verfügbare Nährstoffe und Wasser im Boden von der Pflanzenkohle aufgenommen und fixiert würden. Dies wiederum würde zumindest in der Anfangszeit (einige Monate bis zu einem Jahr) und je nach Nährstoffgehalt des Bodens zur Hemmung des Pflanzenwachstums füh-

ren. Um dies zu verhindern, sollte die Pflanzenkohle vor der Eintragung in den Boden:

- 1 mit Nährstoffen und Wasser aufgeladen werden
- 2 mit Mikroorganismen besiedelt werden, wodurch die fixierten Nährstoffe leichter pflanzenverfügbar werden
- 3 durch Oxidation gealtert werden, um die KAK vor dem Eintrag in den Boden in die Nähe ihres Maximums zu bringen.

Es gibt viele verschiedene praktikable Verfahren zur Aufladung von Pflanzenkohle und damit zur Herstellung von Düngern und Bodensubstraten. Je nach Standort, Kultur, Klima, und vorhandener Technik können diese jeweils angepasst und modifiziert werden. Viele dieser Verfahren sind historisch gewachsen oder entsprechen der guten landwirtschaftlichen Praxis. Es gibt kein allgemein gültiges Patentrezept (auch wenn bereits Patente angemeldet wurden...), sondern nur die folgenden grundlegenden Prinzipien:

- 1 genügend Feuchtigkeit, damit die Nährstoffe in Lösung gehen können und die Poren der Kohle sich aufladen
- 2 eine möglichst hohe Vielfalt an möglichst organischen Nährstoffen, um keinen Mangel an bestimmten Nährstoffen aufkommen zu lassen
- 3 die wichtigsten Nährstoffe für die mikrobielle Besiedlung sind organischer Kohlenstoff und Stickstoff, welche in frischer Kohle besonders limitierend sind
- 4 das C/N-Verhältnis des Pflanzenkohle-Substrates sollte zwischen 25 und 35 liegen
- 5 die Dauer der Aufladung sollte mindestens 14 Tage betragen
- 6 Inokulation mit bodenbürtigen Mikroben durch Zusatz humusreicher Erde, Komposttee, Kompost oder durch selektierte Mikroorganismen.

#### Einsatzbereiche von Pflanzenkohle

- 1 Bodenhilfsstoff für die Landwirtschaft (organisch aktivierte Pflanzenkohle)
- 2 Terra Preta ähnliche Erden mit Zusatz von Pflanzenkohle (Torfersatz)
- 3 Komposthilfsstoff
- 4 Zusatzstoff für die Futtermittelsilage
- 5 Güllezusatz
- 6 Stall-Einstreu auf Basis von mikrobiell aktivierter Pflanzenkohle
- 7 Futterzusatz
- 8 Trägermittel für organische und mineralische Dünger (Carbon Fertilizer)
- 9 Nahrungsergänzungsmittel (E152)
- 10 Filtermittel für Abwasserreinigung
- 11 Boden- und Seewassersanierung
- 13 Wasserzusatz für Fischzucht und Aquarien
- 13 Saatgutpellets
- 14 Isolationsmaterial für Hausbau und damit Verbesserung des Raumklimas
- 15 Pellets für Metallurgie
- 16 Pellets für Pelletheizung
- 17 Pflanzenkohle als Ausgangsstoff für Kohlefaser, Plaste etc.

Die praktische Beschreibung verschiedener Aufladungsverfahren und Methoden zur Herstellung von Terra Preta finden Sie in: Schmidt HP: *Wege zu Terra Preta – Aktivierung von Pflanzenkohle*. Ithaka Journal 1/2011: 28–32.

### Klimabilanz

Pflanzenkohle besteht zu überwiegendem Anteil aus reinem Kohlenstoff, der von Mikroorganismen nicht bzw. nur sehr langsam abgebaut werden kann. Wird diese Pflanzenkohle in landwirtschaftliche Böden eingearbeitet, bleibt ein Anteil von über 80% ihres Kohlenstoffes für mehr als 1000 Jahre stabil [Kuzakov 2009, Schmidt 2000, Lehmann 2007] und stellt somit eine Möglichkeit dar, das ursprünglich von Pflanzen assimilierte CO<sub>2</sub> langfristig der Atmosphäre zu entziehen und dadurch den Klimawandel abzubremesen.

Da Pflanzenkohle über Jahrtausende relativ stabil im Erdboden verbleibt und somit Kohlenstoffsenken bildet, ist sie neben ihrer Rolle als Bodenverbesserer zunehmend als Mittel des Klimaschutzes ins Blickfeld gerückt.

Biologische Reststoffe wie Grünschnitt, Trester oder Mist werden derzeit entweder der Kompostierung, Fermentierung oder Verrottung zugeführt. Beim Kompostieren und Verrotten vergast jedoch die Biomasse zu 60%, respektive 99% als CO<sub>2</sub> und Methan. Bei der technisch relativ einfach konstruierbaren und somit auch dezentral einsetzbaren Pyrolyse verschwelt die Biomasse zu 40% zu reiner Pflanzenkohle; und bei der Verbrennung des Synthesegases entstehen nur relativ geringe Mengen CO<sub>2</sub> und keinerlei Methan oder gar Lachgas. Wird die Pflanzenkohle in den Erdboden eingearbeitet, wird der Atmosphäre dauerhaft Kohlenstoff entzogen, der folglich nicht mehr zur Klimaerwärmung beitragen kann. Da zudem die Energie des Synthesegases zur Elektri-

zitätsgewinnung eingesetzt werden kann und somit fossile Brennstoffe ersetzt, ist die Klimabilanz bei der Pyrolyse von biologischen Reststoffen im Vergleich zu deren bloßer Verrottung nahezu 95% klimapositiv. Die Pyrolyse kann zudem höchst effizient in der Reststoffverwertung eingesetzt werden. So lassen sich Reststoffe aus Biogasanlagen, Pressreste aus der Sonnenblumen-, Raps- oder Olivenöl-Herstellung, Gärreste aus der Bioethanolherstellung verwenden.

Mittels einer Pyreg-Pyrolyse-Anlage lassen sich aus je 2 Tonnen Grünschnitt rund 1 Tonne CO<sub>2</sub> dauerhaft der Atmosphäre entziehen (siehe Sequestrierungspotential: [www.ithaka-journal.net/82](http://www.ithaka-journal.net/82)). Alle Energieaufwendungen wie für den Transport des Grüngutes, dessen Zerkleinerung, den Betrieb der Anlage sowie das Einbringen der Pflanzenkohle in den Boden sind dabei bereits berücksichtigt. Die verwendete Pyrolyse-Anlage ist energieautonom und wird im kontinuierlichen Prozess betrieben. Die Energie, die zur Aufheizung der Biomasse auf über 400 Grad benötigt wird, stammt aus der Biomasse selbst und wird durch die Verbrennung des bei der Pyrolyse entstehenden Gases erzeugt [Gerber 2009].

### CO<sub>2</sub>-Zertifikate durch Einarbeitung von Pflanzenkohle in landwirtschaftliche Böden

Wird die durch Pyrolyse gewonnene Pflanzenkohle in landwirtschaftliche Böden eingebracht, lagert sie dort ähnlich wie Erdöl oder Braunkohle über mehrere Jahrtausende stabil. Der Kohlenstoff der Pflanzenkohle wird somit dem Kohlenstoffzyklus entzogen, da er weder durch Verbrennung noch durch Verrottung zu CO<sub>2</sub> oder Methan umgewandelt wird. Durch den Bodeneintrag der Pflanzenkohle würden die landwirtschaftlichen Böden zu Kohlenstoffsenken, die im Unterschied zu instabilem Humus als CO<sub>2</sub>-Zertifikate

geltend gemacht werden könnten. Bei den letzten Weltklimakonferenzen gab es jedoch keinen Entscheid, derartige Sequestrierungen in einen globalen Kohlestoffhandel einzubinden. Grund dafür ist die bisher ungeklärte Frage, ob die Methode in Maßstäben durchführbar ist, die ein hinreichendes Minderungspotential enthalten und damit den administrativen Aufwand einer Aufnahme in den Kohlenstoffmarkt rechtfertigen. Die gleichzeitig bestehende Skepsis gegenüber dem realen Nutzen für die Minderung von Treibhausgasen ist der Befürchtung geschuldet, dass eine großindustrielle Pflanzenkohleproduktion eine Umwandlung von natürlichen Wäldern oder landwirtschaftlichen Flächen in Holzplantagen nach sich ziehen würde.

### Klimafarming

Land- und Forstwirtschaft sind die einzigen Industriezweige, die durch Nutzung natürlicher Prozesse gezielt Kohlendioxid aus der Atmosphäre entziehen können. Alle anderen Umwelttechnologien können höchstens den Kohlendioxid ausstoß vermindern. Ob der Kampf gegen den Klimawandel jedoch tatsächlich durch die intelligente Nutzung der Land- und Forstwirtschaft zu Gunsten der Menschheit entschieden werden kann, entscheidet sich aber vor allem daran, ob es gelingt, die Arbeit der Pflanzen und die Arbeit der Ökosysteme nachhaltig in die Klimastrategie einzubinden.

James Lovelock bezeichnete Pflanzenkohle einst als die vielleicht letzte Chance für die Menschheit, doch ist die ökologische und soziale Krise, in die die Zivilisation sich im letzten Jahrhundert manövriert hat, viel zu komplex, als dass sie sich durch ein einfaches Wundermittel noch auflösen ließe. Aber Pflanzenkohle könnte tatsächlich zu einem entscheidenden Anstoß des Umdenkens werden.

Das Klimafarming-Konzept beruht nicht auf Pflanzenkohle, sondern auf Humuswirtschaft mit geschlossenen Stoffkreisläufen, Biodiversitätsförderung, Düngemittelreduktion, Ackerforstmethoden, Mischkulturen, Gründüngung, Kompost, Biogasgewinnung, Energieerzeugung, pfluglosem Anbau, nachhaltiger Tierhaltung und Artenschutz. Doch der intelligente Einsatz von Pflanzenkohle, durch den sich fast alle diese Bereiche optimieren lassen, könnte zum verbindenden Ansatzpunkt und Trojanischen Pferd zur Verwirklichung einer neuen Klima-Landwirtschaftkultur werden.

#### Konkreter Einsatz

Je nach angebaute Kultur werden einmalig zwischen 10 und 50 Tonnen Pflanzenkohle pro Hektar oberflächlich in den Boden eingetragen. Über die ideale Körnungsgröße können noch keine endgültigen Empfehlungen abgegeben werden. Verschiedene Versuche [Lehmann 2003] lassen aber annehmen, dass im Bereich von 2 mm bis 20 mm keine tendenziellen Unterschiede nachweisbar sind.

Die Pflanzenkohle sollte stets mit pflanzenverfügbarem Kohlenstoff und Stickstoff vermischt werden, um Nährstoffblockierungen durch die Pflanzenkohle zu verhindern. Sehr gute Erfahrungen liegen hierbei mit gut ausgereiften Komposten [siehe: Pichler 2010, Pflanzenkohle im Weinbergboden], aber auch mit Vinasse und Bokashi vor. Die Vermischung mit biologisch hochaktivem Kompost sorgt für die Aufladung der Pflanzenkohle mit Nährstoffen und vor allem für die Inokulation mit wertvollen Mikroorganismen. Wird die Pflanzenkohle unvermischt in humusarme Böden eingearbeitet, kann es zu Wachstumsverzögerungen kommen, so dass sich erst über mehrere Jahre eine positive Wirkung einstellt.

Bei zahlreichen Topf- und auch Freilandversuchen konnten bei Kulturen wie Gerste, Mais, Tomaten, Kürbis, Maniok teils erhebliche Wachstums- und Qualitätszunahmen beobachtet werden. [Crane-Droesch 2010; siehe auch: Niggli & Schmidt (2010) Pflanzenkohleversuche in Kleingärten]

In den Weinbergen des Delinat-Instituts werden seit 2008 verschiedene großflächige Feldversuche sowie zahlreiche Topfversuche zum Einsatz von Pflanzenkohle angelegt. So wurden auf einer Parzelle von 3000m<sup>2</sup> die Auswirkungen von Pflanzenkohle-Kompost Mischungen mit Varianten aus reinem Kompost, aus Gründüngung und unbehandelten Kontrollflächen verglichen. Auch wenn der Versuch über mehrere Jahre angelegt ist und es für eine abschließende Auswertung noch zu früh ist, konnte bereits gezeigt werden, dass die Wasserverfügbarkeit in Trockenperioden deutlich stieg, dass sich die Nährstoffversorgung und damit die Traubenqualität verbesserte und im Vergleich zur reinen Kompostvariante ein erhöhtes Wachstum zu verzeichnen war (siehe: Schmidt HP 2011, Pflanzenkohle im Weinbau).

#### Quellenverzeichnis

- Bühler L, Schmidt HP: *Pflanzenkohle in Entwicklungsländern*. Ithaka-Journal 1/2010: 284–287
- Bühler L, Schmidt HP: *Kochen mit Bioabfällen und dabei Kohle produzieren*. Ithaka-Journal 1/2010: 288–291
- Chan KY: *Biochar: Nutrient Properties and Their Enhancement in: Biochar for environmental management – science and technology*, Lehmann J, Joseph S (Eds). earthscan, London 67–84 (2009)
- Cheng C-H, Lehmann J, Thies JE, Burton SD: *Stability of black carbon in soils across a climatic gradient*. Journal of Geophysical Research 113, doi:10.1029/2007JG000642 (2007)
- Crane-Droesch A, Abiven S, Torn MS, Schmidt MW: *A Meta-Analysis of Plant Biomass Response to Biochar, with Implications for Climate Change Mitigation via Biosequestration* (2011), submitted
- Elad Y, Rav D, Meller Y, Borenshtein M, Ben Kalifa H, Silber A, Graber ER: *Induction of systemic resistance in plants by biochar, a soil-applied carbon sequestering agent*. Phytopathology 100, 913–921 (2010)
- Gerber H: *Biomassepyrolyse mit Pyregreaktor*. Ithaka-Journal 2009, ISSN 1663–0521
- Gerber H: *CO<sub>2</sub>-Bilanz des Pyregreaktors*. Ithaka-Journal 2009, www.ithaka-journal.net/60, ISSN 1663–0521
- Glaser B, Haumaier L, Guggenberger G, Zech W: *The 'terra preta' phenomenon: A model for sustainable agriculture in the humid tropics*. Naturwissenschaften 88, 37–41 (2001)
- Hilber I: *Pestizidbindung durch Aktivkohle*. Ithaka-Journal 2009, ISSN 1663-0521
- Kammann C: *Biotoxizität verschiedener Biokohlen*, eingereicht
- Kammann C: *Biokohle in Böden: C-Sequestrierungsoption und Veränderung der N<sub>2</sub>O-Emissionen nach Pflanzenkohleapplikation*, in: S. D. KTBL (S. Wulf (Ed.), Emissionen landwirtschaftlich genutzter Böden,

- KTBL – Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Kloster Banz, Bad Staffelstein, Germany (2010)
- Kaszozi GN, Zimmerman AR, Nkedi-Kizza P, Bin Gao: *Catechol and Humic Acid Sorption onto a Range of Laboratory-Produced Black Carbons (Biochars)*, Environmental Science & Technology 2010 44 (16), 6189–6195
- Kuzyakov Y, Subbotina I, Chen H, Bogomolova I, Xu X: *Black carbon decomposition and incorporation into soil microbial biomass estimated by <sup>14</sup>C labeling*. Soil Biology & Biochemistry 41, 210–219 (2009)
- Lehmann J, Czimczik C, Laird D, Sohi S: *Stability of biochar in soil*. In: Biochar for environmental management – science and technology, Lehmann J, Joseph S (Eds). earthscan, London 183–205 (2009)
- Lehmann J: *Bio-energy in the black*. in Ecology and the Environment 5(7), 381–387 (2007)
- Lehmann J: *Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments*, Plant and Soil 249: 343–357 (2003)
- Libra JA, Ro KS, Kammann C, Funke A, Berge ND, Neubauer Y, Titirici M-M, Fühner C, Bens O, Kern J, Emmerich K-H: *Hydrothermal carbonization of biomass residuals: A comparative review of the chemistry, processes and applications of wet and dry pyrolysis*. Biofuels. in press
- Niggli C, Schmidt HP: *Pflanzenkohleversuche in Kleingärten – Erste Ergebnisse*. Ithaka-Journal 1/2010: 327–333
- Pichler B: *Pflanzenkohle in Weinbergböden*, Ithaka-Journal II/2010
- Pyreg, www.pyreg.de (2010)
- Schmidt HP: *Pflanzenkohle, ein historischer Bodenverbesserer in Europa*, Ithaka-Journal, 2009, ISSN 1663-0521
- Richtlinien für den Einsatz von Pflanzenkohle im biologischen Anbau von Biochar Science Network – Version 2.3, Ithaka-Journal 1/2010: 355–359
- Schmidt, HP: *Pflanzenkohle im Weinbau II*, Ithaka-Journal, 2011: 44–52
- Schmidt, HP: *Terra Preta, Pflanzenkohle, Klimafarming*, Ithaka-Journal, 2009, ISSN 1663-0521
- Schmidt HP: *Wege zu Terra Preta – Aktivierung von Pflanzenkohle*. Ithaka Journal 1/2011: 28–32
- Schmidt HP & Niggli C: *Pflanzenkohle im Weinbau I*, Ithaka-Journal, 2010, ISSN 1663-0521
- Schmidt MWI, Noack A. G: *Black carbon in soils and sediments: Analysis, distribution, implications, and current challenges*. GlobalBiogeochemical Cycles 14, 777–794 (2000)
- Smernik RJ: *Biochar and Sorption of Organic Compounds*. In: Biochar for environmental management – science and technology, Lehmann J, Joseph S (Eds). earthscan, London 289–300 (2009)
- Steinbeiss S, Gleixner G, Antonietti M: *Effect of biochar amendment on soil carbon balance and soil microbial activity*. Soil Biology and Biochemistry 41(6), 1301–1310 (2009)
- Thies J, Rillig M: *Characteristics of biochar: Biological properties*. In: Biochar for environmental management: Science and technology, Lehmann J, Joseph S (Eds). Earthscan, London, U.K. 85–105 (2009)
- Van Zwieten L, Singh B, Joseph S, Kimber S, Cowie A, Chan Ky: *Biochar and emissions of non-CO<sub>2</sub> greenhouse gases from soil*. In: Biochar for environmental management – science and technology, Lehmann J, Joseph S (Eds). earthscan, London 227–249 (2009)
- Warnock DD, Lehmann J, Kuyper TW, Rillig MC: *Mycorrhizal responses to biochar in soil – concepts and mechanisms*, Plant and Soil, vol 300, pp9–20 (2007)