

ERKO

**Ertragssteigerung durch konzentrierte Einbringung
eines Kohle-Gülle-Gemisches in den Wurzelraum**

Ein Projekt der Ökoregion Kaindorf



MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION



LE 14-20



Europäischer
Landwirtschaftsfonds für
die Entwicklung des
ländlichen Raumes
Hier investiert Europa in
die ländlichen Gebiete



IN KOOPERATION mit:

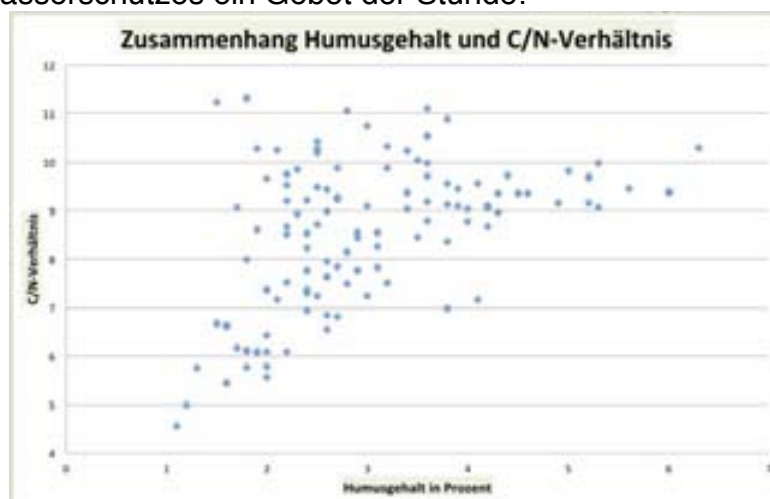


Versuchsaufbau für Unterfussdüngung mit Gülle-Kohle-Gemisch

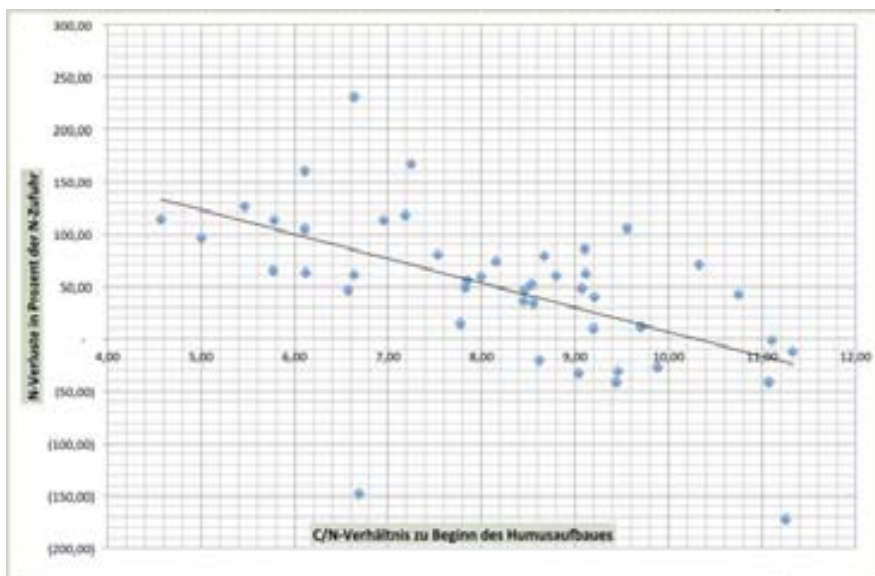
Vorbemerkung:

Die Idee für den angelegten Großversuch basiert auf den vielen Erfahrungen der letzten Jahre, die im Rahmen des Humusprojektes der Ökoregion Kaindorf gewonnen wurden. Im Wesentlichen sollen hierbei folgende Erkenntnisse umgesetzt werden:

- 1) Die Einbringung von Kohle (in welcher Form auch immer) unterstützt den Humusaufbau, war aber bislang großflächig nicht wirtschaftlich, da für einen sichtbaren Erfolg entweder die Aufwandsmengen zu hoch oder aufgrund der niedrigen Mengen kein Mehrertrag messbar war. Ziel muss es also sein, mit niedrigen Kohlemengen (1 t/ha) messbare Mehrerträge zu erzielen.
- 2) In über 300 Feldversuchen in Nepal konnte Hans Peter Schmidt zeigen, dass durch Ablöschen der Kohle mit Kuhurin, der anschließenden Vermischung mit Kompost und Einbringung als Konzentrat im Wurzelbereich extreme Ertragssteigerungen (bis zu 400%) möglich waren. Diese Erkenntnisse sollen nun erstmals in einem Großflächenversuch umgesetzt werden.
- 3) In Norddeutschland wurde das sogenannte „Cultan“-Verfahren entwickelt, wobei Gülle in eine Tiefe von 20 cm eingeschlitzt wird. Durch diesen Fäulniskern bleibt der Ammoniumstickstoff stabil, wird in den Randzonen zu Nitrat oxidiert und hier von den Wurzeln kontinuierlich abgeholt. Damit kann die N-Effizienz erhöht und der Austrag ins Grundwasser reduziert werden.
- 4) Eine Auswertung der Humusdatenbank der Ökoregion Kaindorf zeigte einen direkten Zusammenhang zwischen dem Humusgehalt und dem C/N-Verhältnis des Bodens. Bei niedrigen C/N-Verhältnissen kommt es gemäß dieser Auswertung immer zu sehr starken N-Verlusten. Eine Anhebung des C- und damit des Humusgehaltes ist also auch aus Sicht des Grundwasserschutzes ein Gebot der Stunde!



Zusammenhang zwischen Humusgehalt und dem C/N-Verhältnis des Bodens. Ab 4,5 % Humus gibt es ausnahmslos ein stabiles C/N-Verhältnis von 9-10



Zusammenhang zwischen C/N-Verhältnis und N-Verlusten. Je niedriger das C/N-Verhältnis, desto mehr des zugeführten Stickstoffs geht verloren. Bei C/N < 7 sind es immer 50 % oder mehr, bei einem C/N-Verhältnis < 6 geht praktisch der gesamte zugeführte Stickstoff verloren. (Über 100 % bedeutet, dass zusätzlich Boden-N mobilisiert wurde und verloren gegangen ist)

Herausforderungen in der Umsetzung:

Die derzeit am Markt befindlichen Maschinen für das Einschlitzen der Gülle sind nur für sehr leichte Sandböden gebaut worden. Es war also die Entwicklung einer neuen Maschine erforderlich. Die anfängliche Idee, ein einreihiges Gerät mit eigener Pumpe und einem 1m³-IBC-Container zu bauen wurde rasch verworfen, da die benötigten Güllemengen zu hoch sind und damit der Aufwand für eine derart große Pumpe in keiner Relation zum Ergebnis steht. Daher wurde mit der Entwicklung eines Anbaugerätes für einen zur Verfügung stehenden Gülletrack begonnen. Aufgrund der günstigen (trockenen) Witterungsverhältnisse konnten im Winter 2016 ausreichend Testfahrten durchgeführt und damit das Gerät bis zum Saisonstart Anfang April 2016 fertiggestellt werden (siehe Abb.1).

Wie in so vielen Projekten war und ist auch hier die Finanzierung eine spannende Frage. Die Versuchskosten belaufen sich mittlerweile auf knapp 120.000 EUR und setzen sich vor allem aus der Geräteentwicklung, Miete Gülletrack, zertifizierte Probenahme für Nitratmessung, Nährstoffuntersuchungen, Kohlelieferung und der gesamten Versuchsbetreuung zusammen. Neben der LEADER-Förderung in der Höhe von 42.000 EUR wurde daher versucht, die Landwirtschaftskammer und die Landesregierung für dieses Projekt zu gewinnen und zusätzliche Fördermittel zu lukrieren. Im Herbst 2016 wurden von der steirischen Landesregierung eine pauschale Versuchsförderung von 60.000 EUR einstimmig beschlossen. Durch den zweckgebundenen Reingewinn aus den Humustagen war dieser Versuch somit zur Gänze ausfinanziert.

Trotz vermeintlich guter Planung gab es auf nahezu jedem Betrieb Überraschungen und damit viele verschiedene Versuchsvarianten – also verschiedene Gülle, verschiedene Kohlen und verschiedene Mengen. Diese Tatsache macht den Versuch aber umso spannender!



Der Gülletrack im Einsatz mit dem neu entwickelten „Güllejet“. Hier werden 8-reihig (je nach Einstellung) 10-50 m³/ha exakt in 20cm Bodentiefe eingeschlitzt.



Das Arbeitswerkzeug ist ein sehr schmaler, hohler Eisenzinken mit einer Hohlräumformenden Spitze. Die Gülle wird durch dieses Werkzeug durchgepumpt und in den geformten Tunnel abgelegt. Vorne ist ein Schneidrad, dahinter ein Krümmler und weiter dahinter sind zwei Andrückwalzen montiert.

N-Kohle:

Diese Kohle wird bei Sonnenerde standartmäßig produziert und besteht aus Getreidespelzen und Zellulosefasern. Die Verkohlung erfolgt in einem Pyreg-Reaktor bei 600 °C und 20-30 min. Aufenthaltszeit. Die Löschung der Kohle erfolgt 3-stufig und beginnt mit sehr geringen Mengen an Wasser, welches zur Gänze verdampft und eine Oberflächenaktivierung bewirken soll. Im zweiten Schritt wird 25%ige Phosphorsäure aufgesprüht, um den pH-Wert unter sieben zu bringen und damit Stickstoff besser halten zu können. Im dritten Schritt wird dann letztendlich die Gülle aufgespritzt und damit die Kohle auf einen Wassergehalt von 30 % angefeuchtet. Die Gülle stammt aus einer Biogasanlage, wo als Gärs substrat ausschließlich Rindermist verwendet wird. Der Feststoff wurde zuvor mit einem „Bauer-Separator“ herausgeholt.

Aktivator:

Um diese nährstoffangereicherte „N-Kohle“ auch mikrobiologisch zu aktivieren, wurde diese anschließend in eine Biokompostmiete mit abklingender Temperatur (kleiner 40 °C) gemischt. In dieser Phase ist die humusaufbauende Mikrobiologie am aktivsten und soll in die nährstoffreiche Kohle einwandern. Nach rund drei Wochen hat dieser Aktivator einen sehr angenehmen und intensiven Duft nach Pilzen und wird auf 8 mm gesiebt.

In sehr vielen Versuchen der letzten Jahre konnte die hervorragende Düngewirksamkeit dieses Aktivators bestätigt werden. Neu daran war allerdings die Verwendung von Gülle als organischer N-Träger.

Die Betriebe:



Die Betriebe befinden sich im Südosten Österreichs und decken damit wichtige Ackerbaugebiete in dieser Region ab. Im Raum Wr. Neustadt und im Raum Leibnitz befinden sich die Betriebe im Grundwasserschongebiet.

Versuchsvarianten:

| Nr. | LW | Name | Bodenart | ha | Varianten pro ha | Kohle | Gülle | Frucht |
|-----|----------|-----------------|------------------------------------|-----|--------------------------------------|-----------|-------------------------------------|---------------|
| 1 | Tatzl | in Wagendorf | schluffiger Lehm | 0.5 | Jet: 30 m ³ + 3,6 to | Aktivator | Schweine | Mais |
| | | | | 0.5 | Jet: 30 m ³ | | | |
| | | | | 4.0 | Flä: 30 m ³ | | | |
| 2 | Kaufmann | Lagerhausacker | feinsandiger schluffiger Lehm | 1.0 | Jet: 30 m ³ + 1,2 to | N-Kohle | Biogas 33% | Mais |
| | | | | 0.5 | Jet: 30 m ³ | | | |
| | | | | 0.5 | Flä: 30 m ³ | | | |
| 3 | Nagl | Steinbachacker | schluffiger Lehm mit Grobsand | 1.0 | Jet: 30 m ³ + 1,2 to | N-Kohle | Speiserest 67% Nawaro mit Stallmist | Mais |
| | | | | 0.7 | Jet: 30 m ³ | | | |
| | | | | 0.3 | Flä: 30 m ³ | | | |
| 4 | Trummer | Klingeracker | schluffiger Lehm viele Erntereste! | 0.5 | Jet: 30 m ³ + 1,2 to | N-Kohle | | Mais |
| | | | | 0.5 | Jet: 30 m ³ | | | |
| 5 | Trummer | Scheucheracker | sandiger Lehm hoher Tongehalt | 0.5 | Jet: 30 m ³ + 1,2 to | N-Kohle | | Kürbis |
| | | | | 0.6 | Jet: 30 m ³ | | | |
| 6 | Spindler | Leithenacker | sandiger Lehm | 1.8 | Jet: 50 m ³ + 2,5 to | Aktivator | Schweine | Kürbis |
| | | | | 1.8 | Jet: 50 m ³ | | | |
| 7 | Spindler | Höhenacker | sandiger Lehm sehr humos | 1.2 | Jet: 50 m ³ + 2,5 to | Aktivator | | Mais |
| | | | | 0.6 | Jet: 50 m ³ | | | |
| | | | | 0.4 | Flä: 50 m ³ | | | |
| 8 | Dunst | Pointacker | sandiger Lehm | 1.0 | Jet: 30 m ³ + 1,5 to | Aktivator | | Mais + Bohnen |
| | | | | 0.2 | Flä: Vkgelb 212kgN | | | |
| 9 | Dunst | Löffelbachacker | sandiger Lehm tot - sehr kantig | 0.5 | Jet: 27m ³ +1,5to+75 | Aktivator | | Mais |
| | | | | 0.5 | Jet: 30 m ³ + 75kgN | | | |
| | | | | 2.0 | Flä: Vkgelb 150kgN | | | |
| 10 | Höfler | Humusacker | schluffiger Lehm Humusacker | 1.0 | Jet: 30 m ³ + 1,2 to 25cm | N-Kohle | Biogas + Komp-Tee | Mais |
| | | | | 1.0 | Jet: 30 m ³ + 1,2 to 20cm | | | |
| | | | | 1.0 | Jet: 30 m ³ | | | |
| | | | | 1.0 | Flä: 35 m ³ | | | |
| 11 | Zisser | Safenacker | lehmiger Schluff | 1.0 | Jet: 15 m ³ + 1,3 to | Aktivator | Hühner | Kürbis |
| | | | | 0.5 | Jet: 15 m ³ | | | |
| | | | | 0.5 | Flä: 15 m ³ | | | |
| 12 | Haspl | Hornfeldacker | lehmiger Sand | 0.9 | Jet: 35 + 20m ³ + 2,0 to | Aktivator | Schweine | Mais |
| | | | | 0.5 | Jet: 35 + 20m ³ | | | |
| | | | | 0.5 | Flä: 35 + 20 m ³ | | | |
| 13 | Haspl | Holzfeldacker | lehmiger Sand | 0.3 | Jet: 35 + 20 m ³ + 2,0 to | Aktivator | | Mais |
| | | | | 0.3 | Jet: 35 + 20 m ³ | | | |
| | | | | 0.6 | Flä: 35 + 20m ³ | | | |
| 14 | Eiböck | Kurz Lissen | lehmiger Sand | 0.5 | Jet: 30 m ³ + 1,2 to | N-Kohle | 12 T Komp 5 T Jauche | Mais |
| | | | | 0.5 | Jet: 30 m ³ | | | |
| | | | | 1.5 | Flä: 30 m ³ | | | |
| 15 | Eiböck | Viertelacker | lehmig/schluffiger Feinsand | 0.5 | Jet: 30 m ³ + 1,2 to | N-Kohle | | Mais |
| | | | | 2.5 | Flä: 30 m ³ | | | |

Die Bestimmung der Bodenart erfolgte visuell und sensorisch (Ausrolltest) Jet: mit dem neuen Güllejet auf 20cm Bodentiefe eingeschlitzt, Flä: Flächenausbringung und oberflächliche Einarbeitung

Einmischen der Kohle:

Die Kohle, bzw. der Aktivator wurden meist einige Tage zuvor in die Grube eingemischt und täglich gerührt. Für Versuchsfläche 10 wurden zusätzlich täglich (4x) 200 Liter Komposttee eingerührt.

Für die Flächen 1, 14 und 15 wurde die Kohle erst ins Zubringerfass eingemischt. Um eine homogene Mischung zu erhalten, wurde bei der Entnahme durch den Gülletrack das Gemisch 2 Mal in das Zubringerfass zurückgepumpt.



Zugabe der N-Kohle direkt in das Zubringerfass



Bei der Entnahme durch den Gülletrack wurde die Gülle 2 Mal zurückgepumpt, um eine homogene Gülle-Kohle-Mischung zu erhalten.

Einschlitzten der Gülle:

Das Einschlitzten funktionierte problemlos und exakt auf die voreingestellte Tiefe. Der Reihenabstand betrug 70cm, bzw. für Kürbis 140cm. Für die Flächen 14 und 15 wurde auf 75cm Reihenabstand umgerüstet. Um den exakten Anschluss sicherzustellen wurde eigens für diesen Versuch ein exaktes GPS-System nachgerüstet – der Gülletrack fuhr somit selbstlenkend und auf wenige Zentimeter genau.



Bildschirm in der Fahrerkabine für die GPS-Steuerung

Herstellung des Flüssigkompostes:

Für die Schläge 14 und 15 wurde Reifkompost auf 15mm gesiebt und in einer Jauche verflüssigt:



Einmischen des Kompostes in Jauche mit Rührwerk und Pumpe

Durch Vorversuche wurde das Mischungsverhältnis von 12 Teilen Kompost zu 5 Teilen Jauche eruiert, um einen möglichst dickflüssigen Brei zu bekommen, der gerade noch pumpfähig ist. Um den eingebrachten Kompost aufzulösen wurde mit der Güllepumpe im Kreis gefahren – also Jauche aufgesaugt und über den Kompost wieder in die Grube gespritzt. Besser funktioniert aber ein richtig positionierter Güllemixer und die portionsweise Zugabe des Kompostes mit einer Frontladerschaufel.

Da bei diesen Flächen die Kohle erst im Zubringerfass dazu gemischt wurde, entstand dann doch ein zu dickflüssiger Brei, was dann in der Folge zu einem Dichtungsriß bei der Saugpumpe des Gülletracks geführt hat (deshalb konnte auf Fläche 15 auch keine Vergleichsvariante (ohne Kohle eingeschlitzt) hergestellt werden).

Die Saat:

Für die Aussaat der Kulturen gab es lediglich die Vorgabe, möglichst genau über der eingeschlitzten Gülle zu säen. Dies hat mit jeder der gewählten Sätechnik einigermaßen gut funktioniert. Die eingeschlitzten Reihen sind durch das Andrücken gut sichtbar und man kann ohne GPS (also nur auf Sicht) die Reihen relativ gut erkennen. Eine Nachbearbeitung des Feldes oder eine Wartezeit ist nach dem Einschlitzten nicht erforderlich.



Gesät wurde auf Sicht mit einfachen oder kombinierten Sämaschinen

Nährstoffbilanzen

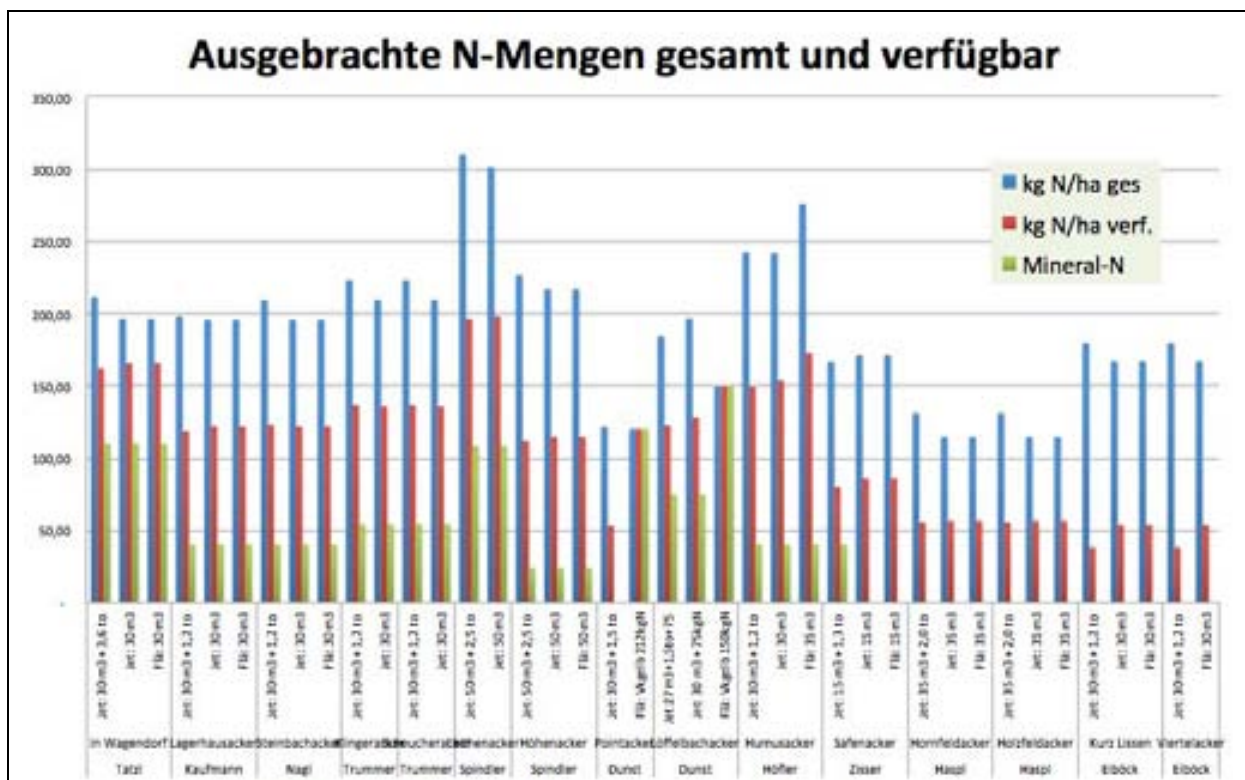
Von allen ausgebrachten Düngern wurden Proben gezogen und auf die Hauptnährstoffe analysiert. Die Ergebnisse wurden auf Plausibilität geprüft und entsprechend dem Ergebnis korrigiert:

Da vor allem die N-Bestimmung bei den Kohle-Gülle-Gemischen nicht plausibel war, wurden diese Daten zur Gänze berechnet (Fehler könnten sowohl durch inhomogene Mischung dieser Komponenten, durch die nicht repräsentative Probenahme, sowie auch im Labor erfolgt sein).

| Kaufmann | % TS | tonnen FS | to TS | N ges kg/toFS | N verf.kg/toFS | kg N ges. | kg N verf. |
|----------|-------|-----------|-------|---------------|----------------|-----------|------------|
| TS Akt.% | 60,00 | 1,20 | 0,72 | 7,63 | 0,07 | 9,16 | 0,08 |
| TS Gülle | 2,38 | 30,00 | 0,71 | 5,18 | 2,73 | 155,40 | 81,90 |
| Mischung | 4,60 | 31,20 | 1,43 | 5,27 | 2,63 | 164,56 | 81,98 |

Durch eine Aufsummierung der in den Einzelfractionen enthaltenen N-Mengen wurden die N-Gehalte in den hergestellten Mischungen berechnet und für die weiteren Auswertungen verwendet. (Im obigen Beispiel für den Betrieb Kaufmann)

Aktivator-Gülle-Gemisch von Tatzl: Die Probe wurde leider erst im Feld – nach der Ausbringung gezogen. Dementsprechend war die Gülle auch mit Erdmaterial versetzt, was beispielsweise klar durch den hohen TS-Gehalt von 73,35% zum Ausdruck kam. Sämtliche Nährstoffwerte in diesem Gemisch wurden daher aus den Einzelfractionen berechnet.



Tatsächlich ausgebrachte N-Mengen „gesamt“, „verfügbar“ und mineralisch

| Nr. | LW | Bodenart | ha | Varianten pro ha | Kohle | Gülle | Frucht | Mineral -N | kg N/ha ges. | kg N/ha verf. |
|-----|----------|---------------------------------------|-----|--------------------------|-----------|---|------------------|---------------|-----------------|------------------|
| 1 | Tatzl | schluffiger Lehm | 0.5 | Jet: 30 m3 + 3,6 to | Aktivator | Schweine | Mais | 110 | 211.70 | 162.20 |
| | | | 0.5 | Jet: 30 m3 | | | | 110 | 196.22 | 165.53 |
| | | | 4.0 | Flä: 30 m3 | | | | 110 | 196.22 | 165.53 |
| 2 | Kaufmann | feinsandiger schluffiger Lehm | 1.0 | Jet: 30 m3 + 1,2 to | N-Kohle | Biogas 33% | Mais | 40 | 198.10 | 118.90 |
| | | | 0.5 | Jet: 30 m3 | | | | 40 | 195.45 | 121.84 |
| | | | 0.5 | Flä: 30 m3 | | | | 40 | 195.45 | 121.84 |
| 3 | Nagl | schluffiger Lehm mit Grobsand | 1.0 | Jet: 30 m3 + 1,2 to | N-Kohle | Speiserest 67% Nawaro mit Stallmist | Mais | 40 | 209.35 | 122.89 |
| | | | 0.7 | Jet: 30 m3 | | | | 40 | 195.45 | 121.84 |
| | | | 0.3 | Flä: 30 m3 | | | | 40 | 195.45 | 121.84 |
| 4 | Trummer | schluffiger Lehm viele Erntereste! | 0.5 | Jet: 30 m3 + 1,2 to | N-Kohle | | Mais | 54 | 223.35 | 136.89 |
| | | | 0.5 | Jet: 30 m3 | | | | 54 | 209.45 | 135.84 |
| 5 | Trummer | sandiger Lehm hoher Tongehalt | 0.5 | Jet: 30 m3 + 1,2 to | N-Kohle | | Kürbis | 54 | 223.35 | 136.89 |
| | | | 0.6 | Jet: 30 m3 | | | | 54 | 209.45 | 135.84 |
| 6 | Spindler | sandiger Lehm | 1.8 | Jet: 50 m3 + 2,5 to | Aktivator | Schweine | Kürbis | 108 | 310.50 | 196.00 |
| | | | 1.8 | Jet: 50 m3 | | | | 108 | 301.17 | 198.30 |
| 7 | Spindler | sandiger Lehm sehr humos | 1.2 | Jet: 50 m3 + 2,5 to | Aktivator | | Mais | 24 | 226.50 | 112.00 |
| | | | 0.6 | Jet: 50 m3 | | | | 24 | 217.17 | 114.30 |
| | | | 0.4 | Flä: 50 m3 | | | | 24 | 217.17 | 114.30 |
| 8 | Dunst | sandiger Lehm | 1.0 | Jet: 30 m3 + 1,5 to | Aktivator | | Mais + Bohnen | 0 | 121.50 | 52.80 |
| | | | 0.2 | Flä: Vkgelb 212kgN | | | | 120 | 120.00 | 120.00 |
| 9 | Dunst | sandiger Lehm tot - sehr kantig | 0.5 | Jet:27m3+1,5to+75 | Aktivator | | Mais | 75 | 184.35 | 122.52 |
| | | | 0.5 | Jet: 30 m3 + 75kgN | | | | 75 | 196.50 | 127.80 |
| | | | 2.0 | Flä: Vkgelb 150kgN | | | | 150 | 150.00 | 150.00 |
| 10 | Höfler | schluffiger Lehm Humusacker | 1.0 | Jet: 30 m3 + 1,2 to 25cm | N-Kohle | Biogas + Komp-Tee | Mais | 40 | 242.80 | 149.50 |
| | | | 1.0 | Jet: 30 m3 + 1,2 to 20cm | | | | 40 | 242.80 | 149.50 |
| | | | 1.0 | Jet: 30 m3 | | | | 40 | 242.03 | 153.70 |
| | | | 1.0 | Flä: 35 m3 | | | | 40 | 275.70 | 172.65 |
| 11 | Zisser | lehmiger Schluff | 1.0 | Jet: 15 m3 + 1,3 to | Aktivator | Hühner | Kürbis | 0 | 166.80 | 80.10 |
| | | | 0.5 | Jet: 15 m3 | | | | 0 | 171.10 | 85.95 |
| | | | 0.5 | Flä: 15 m3 | | | | 0 | 171.10 | 85.95 |
| 12 | Haspl | lehmiger Sand | 0.9 | Jet: 35 + 20m3 + 2,0 to | Aktivator | Schweine | Mais | 0 | 130.90 | 55.55 |
| | | | 0.5 | Jet: 35 + 20m3 | | | | 0 | 114.28 | 56.27 |
| | | | 0.5 | Flä: 35 + 20 m3 | | | | 0 | 114.28 | 56.27 |
| 13 | Haspl | lehmiger Sand | 0.3 | Jet: 35 + 20 m3 + 2,0 to | Aktivator | | Mais | 0 | 130.90 | 55.55 |
| | | | 0.3 | Jet: 35 + 20 m3 | | | | 0 | 114.28 | 56.27 |
| | | | 0.6 | Flä: 35 + 20m3 | | | | 0 | 114.28 | 56.27 |
| 14 | Eiböck | lehmiger Sand | 0.5 | Jet: 30 m3 + 1,2 to | N-Kohle | 12 T Komp 5 T Jauche | Mais | 0 | 179.65 | 38.04 |
| | | | 0.5 | Jet: 30 m3 | | | | 0 | 167.12 | 53.49 |
| | | | 1.5 | Flä: 30 m3 | | | | 0 | 167.12 | 53.49 |
| 15 | Eiböck | lehmig/schluff. Feinsand | 0.5 | Jet: 30 m3 + 1,2 to | N-Kohle | | Mais | 0 | 179.65 | 38.04 |
| | | | 2.5 | Flä: 30 m3 | | | | 0 | 167.12 | 53.49 |
| 10 | Höfler | schluffiger Lehm Humusacker | 1.0 | Jet: 30 m3 + 1,2 to 25cm | N-Kohle | Biogas + Komp-Tee | Mais | 40 | 242.80 | 149.50 |
| | | | 1.0 | Jet: 30 m3 + 1,2 to 20cm | | | | 40 | 242.80 | 149.50 |
| | | | 1.0 | Jet: 30 m3 | | | | 40 | 242.03 | 153.70 |
| | | | 1.0 | Flä: 35 m3 | | | | 40 | 275.70 | 172.65 |

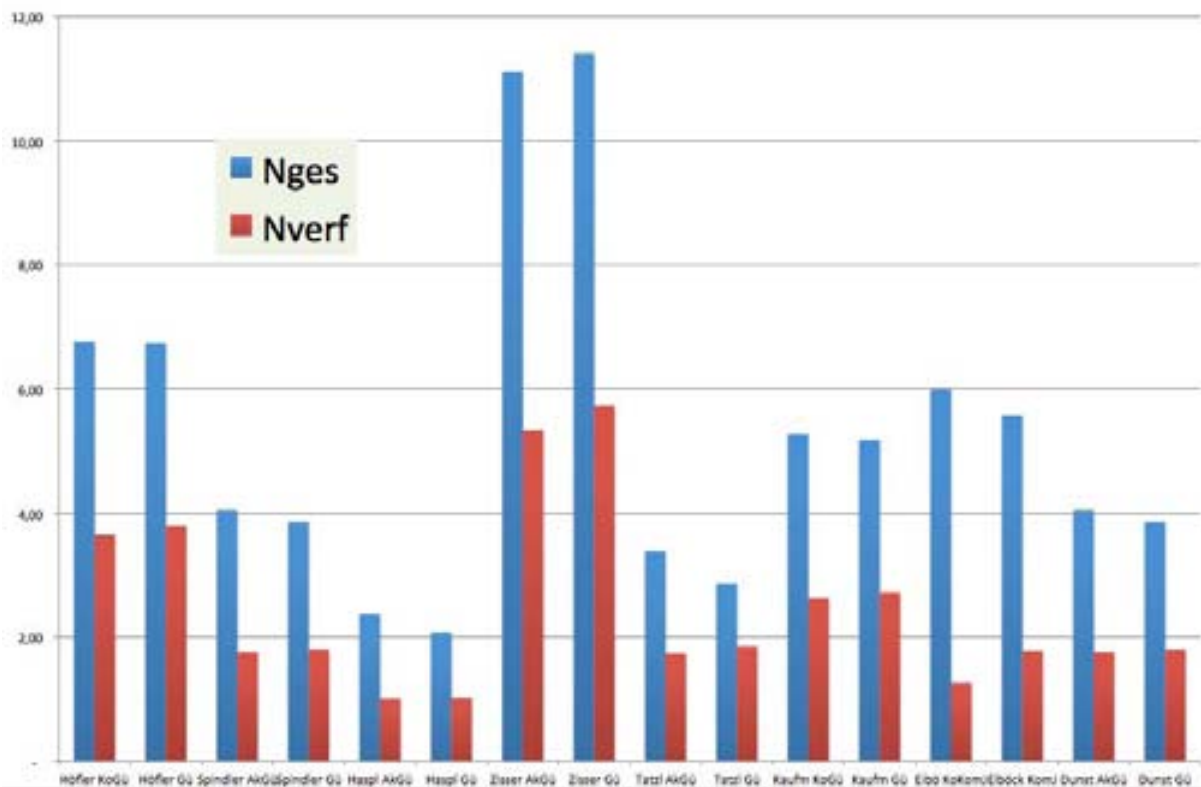
In dieser Tabelle sind die ausgebrachten Nährstoffmengen aufsummiert. Spalte 1: mineralische Ergänzungsdüngung. In den nachfolgenden Spalten (gesamt und verfügbar) sind die Mengen der Spalte 1 bereits enthalten, wobei der Mineraldünger zu 100 % als „verfügbar“ bewertet wurde.

Eine mineralische Nachdüngung ist auf nahezu allen Flächen erfolgt (mit Ausnahme von Zisser (Kürbis) und Eiböck (Bio)). Auf dem Betrieb Haspl (Schläge 12 und 13) wurden im Juni 20 m³ Gülle flächig in den Bestand ausgebracht.

Die verfügbaren N-Gaben sind auf den Betrieben Haspl und Eiböck auffallend niedrig ausgefallen.

Wie die nachfolgende Grafik zeigt, wurde der N-Gehalt der Gülle durch die Zugabe des Aktivators kaum verändert (Ermittlung durch Berechnung), da die zugeführte Kohle, bzw. der „Aktivator“ ähnlich hohe Nährstoffgehalte aufweist wie die Gülle selbst.

Sehr niedrig sind die N-Gehalte (2-4 kg/m³) naturgemäß in der Schweinegülle (Spindler, Haspl, Tatzl) und extrem hoch in der Hühnergülle (11 kg/m³ - Zisser). Die Biogasgülle liegen mit 5-7 kg/m³ im Mittelfeld. Bei der Kompostvariante (Eiböck) ist der Gesamtstickstoff zwar relativ hoch, der verfügbare Stickstoff aber erwartungsgemäß sehr niedrig.



Kilogramm Stickstoff pro Kubikmeter ausgebrachte Gülle (bzw. Gemisch)

KoGü = Kohle-Gülle-Gemisch

AkGü = Aktivator-Gülle-Gemisch (Aktivator = Kohle + Kompost)

KoKomJ = Kohle-Kompost-Jauche-Gemisch

KomJ = Kompost-Jauche-Gemisch

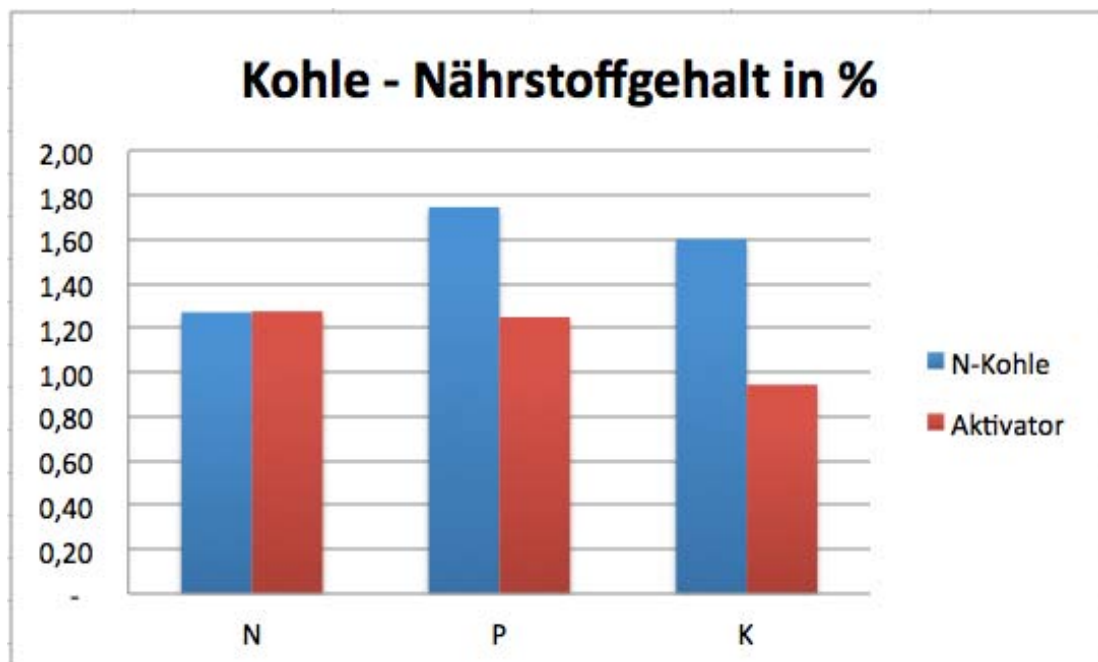
Die Nährstoffgehalte in den zugeführten Produkten sind in der nachfolgenden Tabelle aufgelistet. Der hohe P-Gehalt in der N-Kohle erklärt sich durch die erfolgte Ansäuerung der Kohle mit Phosphorsäure, bevor die Gülle zur „Aktivierung“ aufgesprüht wurde. Bei der Aktivatorherstellung wurde dieser hohe P-Gehalt wieder durch den zugesetzten Kompost etwas verdünnt.

Der Gehalt an verfügbarem N ist im Aktivator überraschend niedrig – durch die Mikrobiologie des Kompostes wird dieser Wert wieder deutlich erhöht und beträgt dann 11% des Gesamtstickstoffs.

| | N-Kohle | Aktivator |
|-------|---------|-----------|
| TS | 600,00 | 604,80 |
| Nges | 7,63 | 7,72 |
| Nverf | 0,07 | 0,85 |
| Pges | 10,48 | 7,56 |
| Pverf | 3,46 | 2,42 |
| Kges | 9,62 | 5,71 |
| Kverf | 9,62 | 4,92 |
| Cges | 282,06 | 164,14 |

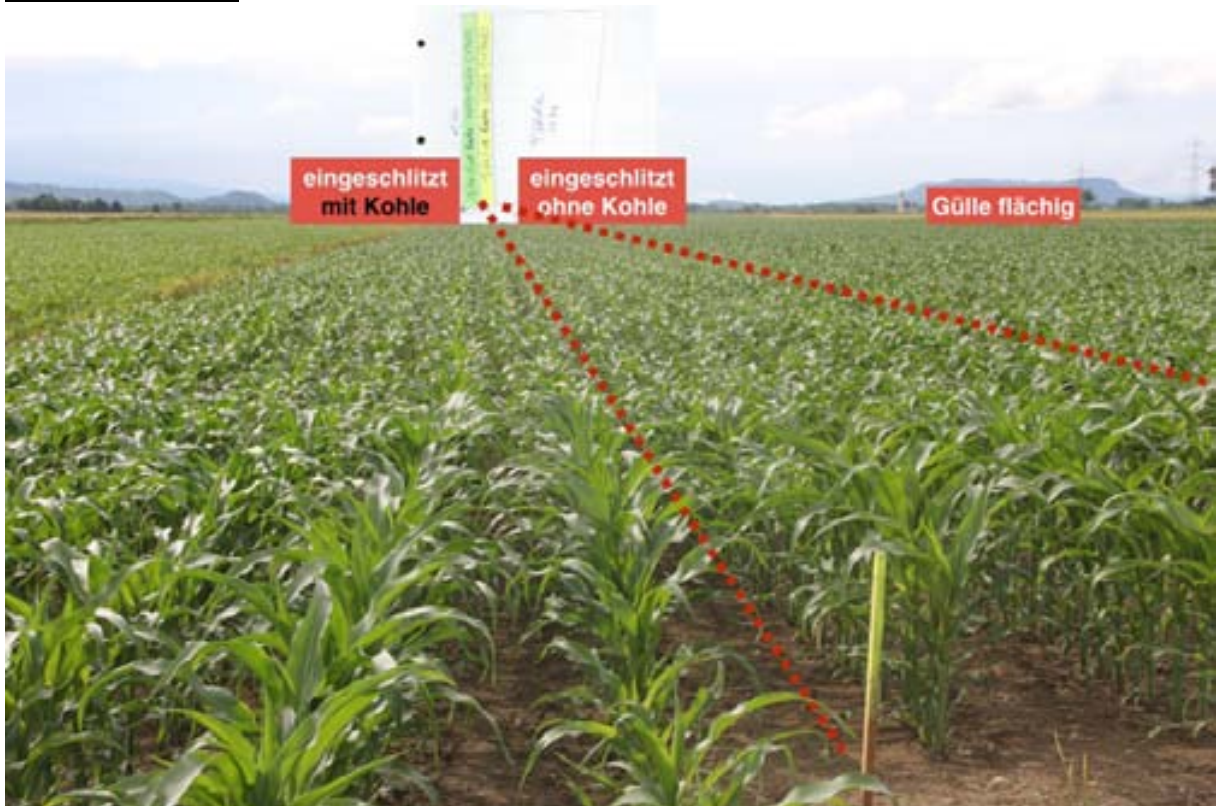
Diese Tabelle zeigt den Nährstoffgehalt der zugeführten Kohleprodukte in kg pro Tonne Frischsubstanz.

In Summe können die durch die Kohleprodukte zugeführten Nährstoffe allerdings vernachlässigt werden. In der obigen Tabelle sind die Nährstoffgehalte in kg pro Tonne Frischsubstanz angeführt.



Beobachtungen auf Einzelflächen

Dieter Tatzl



Wagendorfacker 14.6.2016: Sehr schöner Bestand, eingeschlitzte Variante ohne Kohle tendenziell schwächer im Vergleich zu den beiden anderen Varianten.

Maßnahmen:

240 kg Harnstoff bei Saat

Kaufmann Johann



Lagerhausacker am 14.6.2016: Generell sehr schöner Bestand, Pflanzen mit Kohle tendenziell etwas höher.

Maßnahmen:

150 kg NAC bei Saat



Bei der Ernte war ein optischer Unterschied zwischen den Varianten „flächig“ (links) und „eingeschlitzt ohne Kohle“ deutlich sichtbar. Die Stauden waren bei der eingeschlitzten Variante deutlich höher. Dieser Unterschied zeigte sich auch im Kornertrag.

Josef Nagl



Steinbachacker 14.6.2016: keine Unterschiede zwischen den Varianten erkennbar, sehr wohl aber von den unterschiedlichen Humusgehalten (Diese Fläche wurde vor einigen Jahren aus mehreren Teilflächen mit unterschiedlicher Bewirtschaftung zusammengelegt)

Maßnahmen:

150 kg NAC bei Saat

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION



LE 14-20

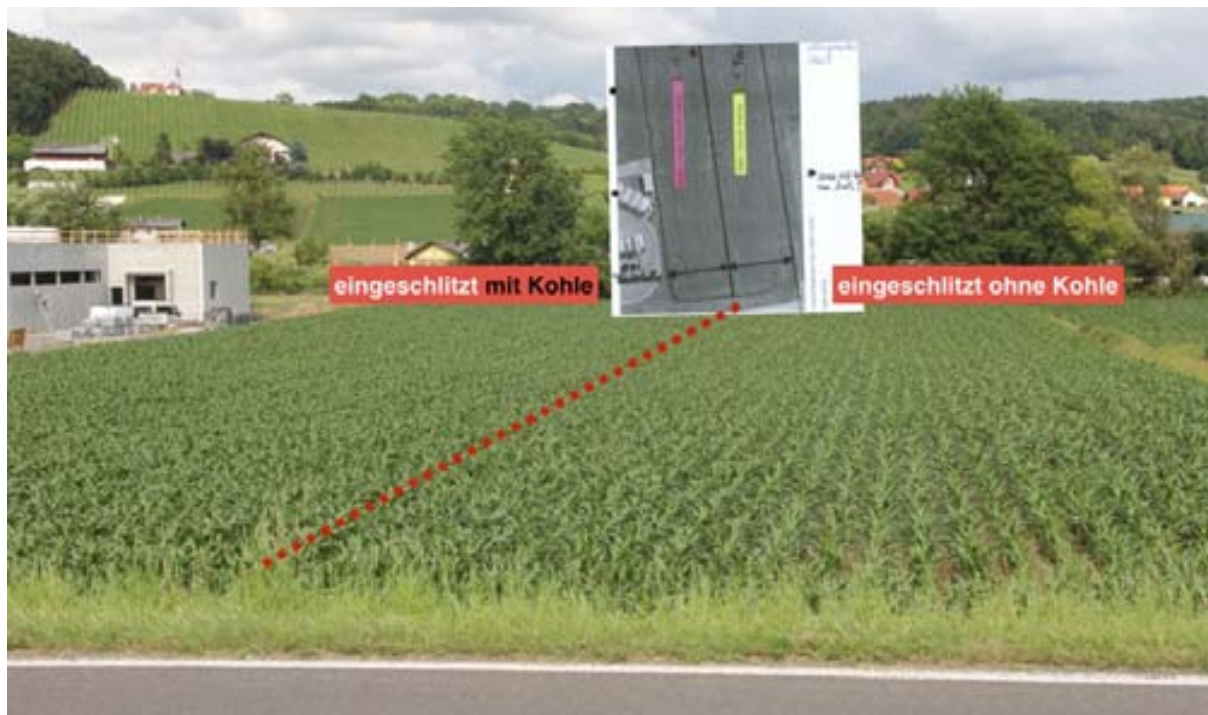


Trummer Rudolf



Scheucheracker 14.6.2016: Die Variante mit Kohle hat einen deutlichen Wachstumsvorsprung. Auf der gesamten Fläche wurde 200kg NAC vor dem Anbau ausgebracht

Maßnahmen:
200 kg NAC bei Saat



Trummer, Klingeracker 14.6.2016: Keine Unterschiede erkennbar, tendenziell hat die Kohlevariante eine dunklere Färbung. 200 kg NAC wurden als Kopfdüngung verabreicht.

Maßnahmen:

200 kg NAC bei Saat

Spindler Hans-Peter



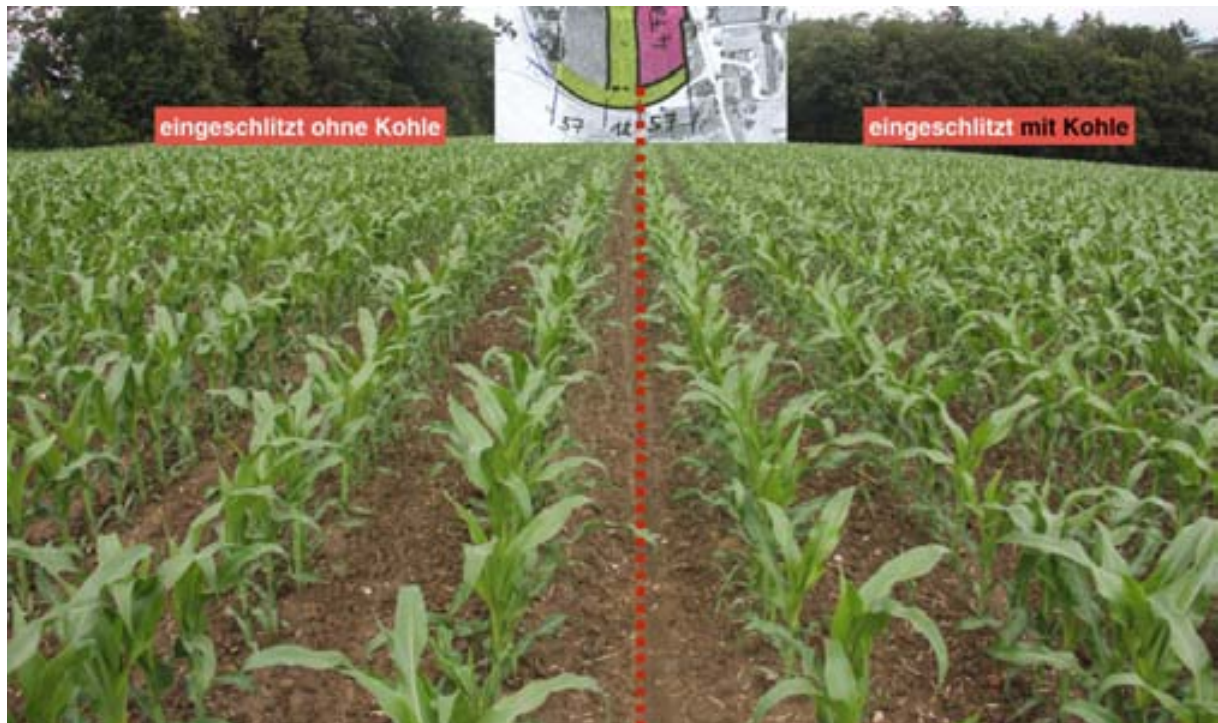
Feld in Kopfing 16.6.2016: Auf einem Feld in Kopfing wurde das restliche Kohle-Gülle-Gemisch flächig ausgebracht (rechte Seite). Der Rest der Fläche wurde mit normaler Gülle gedüngt (jeweils die gleiche Menge: 50m³ Gülle – das entspricht 90 kg N) Zusätzlich wurden 300kg NAC (81 kgN) auf der Kohle-Variante und 400kg NAC (108 kg N) auf der Gülle-Variante direkt bei der Saat mitgestreut. Gesamt als links: 198kg N und rechts 171kg N verfügbar.



Leithenacker-Großsteinbach, 16.6.2016: Keine Unterschiede zwischen den Varianten erkennbar. Zusätzlich zu den 50m³ eingeschlitzter Gülle wurden hier direkt bei der Saat 400 kg NAC gestreut. Somit wurden insgesamt 198 kg N verfügbar ausgebracht.



Verdichtungen durch den Gülletrack deutlich zu sehen (Fahrgasse mitten im Feld, wo der Track mehrmals hin und her gefahren ist)



Spindler-Höhenacker, 16.06.2016: Keine Unterschiede feststellbar

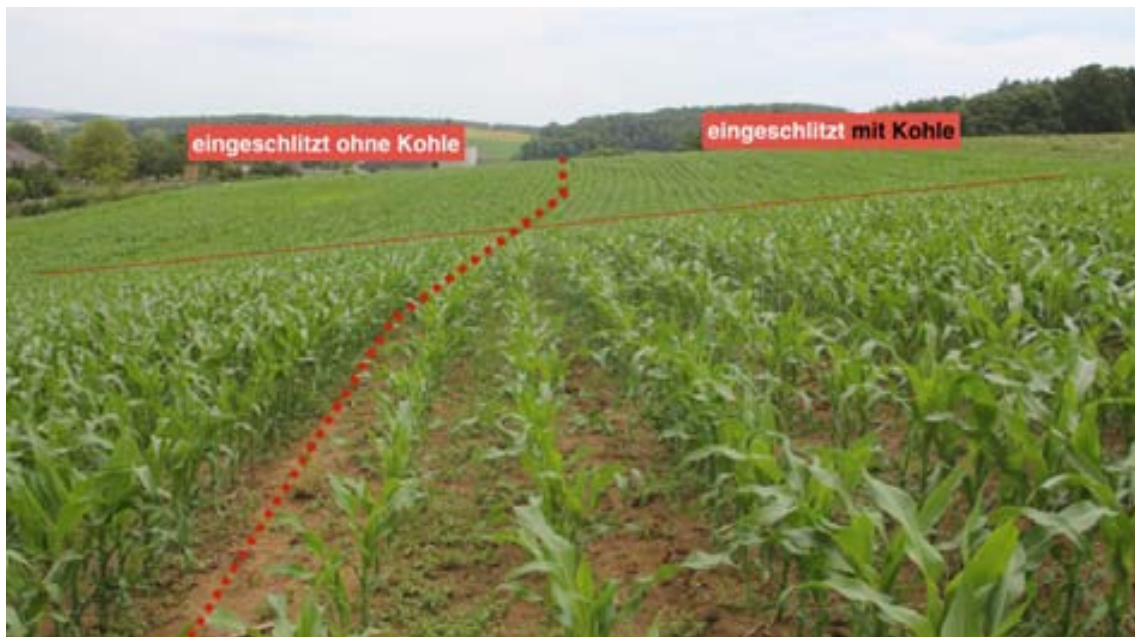
Höfler Johann



Ein Vergleichstreifen ohne Düngung zeigt den Düngungseffekt durch Einschlitzen in der Jugendentwicklung



Humusacker Höfer, 16.06.2016: Vollflächige „Untersaat“ mit Ehrenpreis. Bestand wurde am 17.06. mit 40 kg N nachgedüngt (also 1 Tag nach dieser Aufnahme)



Humusacker Höfer, 16.06.2016: Im Vordergrund Vergleichsfläche, im Hintergrund die Humusfläche: Kein Unterschied erkennbar. Auch zwischen den Varianten mit/ohne Kohle ist kein Unterschied ersichtlich.



Auffällig war, dass auf der Humusfläche der Güllekanal tiefer lag und daher noch nicht so intensiv durchwurzelt war. Die einzige denkbare Erklärung ist, dass sich der Boden der Vergleichsfläche stärker gesetzt hatte – die Lagerung war deutlich dichter als auf der Humusfläche.



Vergleichsfläche Höfler 16.06.2016: Die flächige Gülleausbringung zeigt noch immer einen leichten Vorsprung – allerdings wurde hier auch 5 Tage früher gesät.



Anfang Juli wurde der Bestand durch ein Hagelunwetter massiv geschädigt. Durch die Versicherung wurde der Schaden mit 70% geschätzt. (Geerntet wurden rund 50% vom Normalertrag, eine Interpretation der Ergebnisse ist aber aufgrund dieses Schadens nicht möglich).

Zisser Ludwig



Zisser Ludwig, 14.6.2016 links (ingeschlitzt ohne Kohle) um eine Spur besser als rechts (ingeschlitzt mit Kohle). Generell ist der Bestand sehr uneinheitlich und im Vergleich zur Nachbarfläche deutlich hinten. (Nachbarfläche wurde 1 Woche früher gesät). Der ungleiche Bestand dürfte auf die kalten Witterungsverhältnisse nach der Saat zurückzuführen sein.

Maßnahmen: Querreihe 2x gehackt, Rest 1x gehackt. Punktbehandlung mit Glyphosat



Beim Zusammenschieben wurde in der „Kohleparzelle“ ein Bereich (ca. 15 % der Fläche) mit einem deutlich niedrigeren Ertrag beobachtet (2/5 – also 2, anstelle der sonst üblichen 5 Kürbisse nebeneinander). Auf diesem Teil des Ackers war auch ein schlechterer Aufgang zu beobachten. Diese bodenbürtige Problemzone wurde im Ertragsresultat rechnerisch bereinigt und der Ertrag auf dieser Parzelle um 9 % höher als tatsächlich gemessen ausgewiesen. (Auf 15 % der Fläche fehlten als 60 % des Ertrages)

Josef Haspl



Hornfeldacker am 14.6.2016: sehr geringe Unterschiede, tendenziell besser bei Variante mit Kohle.

Ende Juni erfolgte eine Nachdüngung mit 20 m³ Gülle



Hofacker 14.6.2016: generell sehr schwacher Bestand (gesamter Acker mit Kohle-Gülle eingeschlitzt) – auch hier wurde Ende Juni mit 20 m³ Gülle nachgedüngt.

Generell ist der Bestand am Betrieb Haspl aufgrund der nasskalten Witterung und im Vergleich deutlich kühleren Klima weit hinter den Beständen im Süden der Steiermark.



Bei der Ernte waren deutliche Unterschiede festzustellen: Unten auf der Parzelle „flächige Gülleausbringung“ war der Bestand deutlich schwächer – hier war offensichtlich die Beschattung des Waldes mitverantwortlich.

In der Mitte war der Bestand am schönsten (Parzelle: „Gülle eingeschlitzt“), und oben (am Bild links) war der Bestand wieder deutlich schwächer. Auch hier war ein Schatteneinfluss durch die nachfolgende Reihe an Hirschbirnen deutlich zu sehen.

Die Ertragsergebnisse aus dieser Parzelle spiegeln diese Einflüsse deutlich wieder und können daher nicht für die Interpretation eines unterschiedlichen Düngeeffekts verwendet werden.

Dunst David



Pointacker, 17.06.2016: Bei der Mineraldüngervariante ist leider das Saatgut ausgegangen und es wurde ein altes Saatgut verwendet – daher der lückige Aufgang von Mais. Die Maispflanzen dienen hier aber ohnehin nur als Stützpflanzen für die Stangenbohnen – auf eine Ertragsauswertung wurde hier aufgrund dieser Verschiedenheiten verzichtet.



Bohnen und Mais wurden am selben Tag gesät und wachsen gleichzeitig.



Löffelbachacker 17.06.2016: Zwischen den Varianten ist wenig Unterschied zu erkennen, die Mineraldüngervariante hat einen leichten Vorsprung.



Auffällig sind auf den Güllevarianten, dass die beiden äußeren Reihen der 5-reihigen Sämaschine im Vergleich zu den drei mittigen Reihen immer deutlich hinten sind – es gibt also am ganzen Feld immer drei besser entwickelte Reihen und dann 2 schlechter entwickelte Reihen.

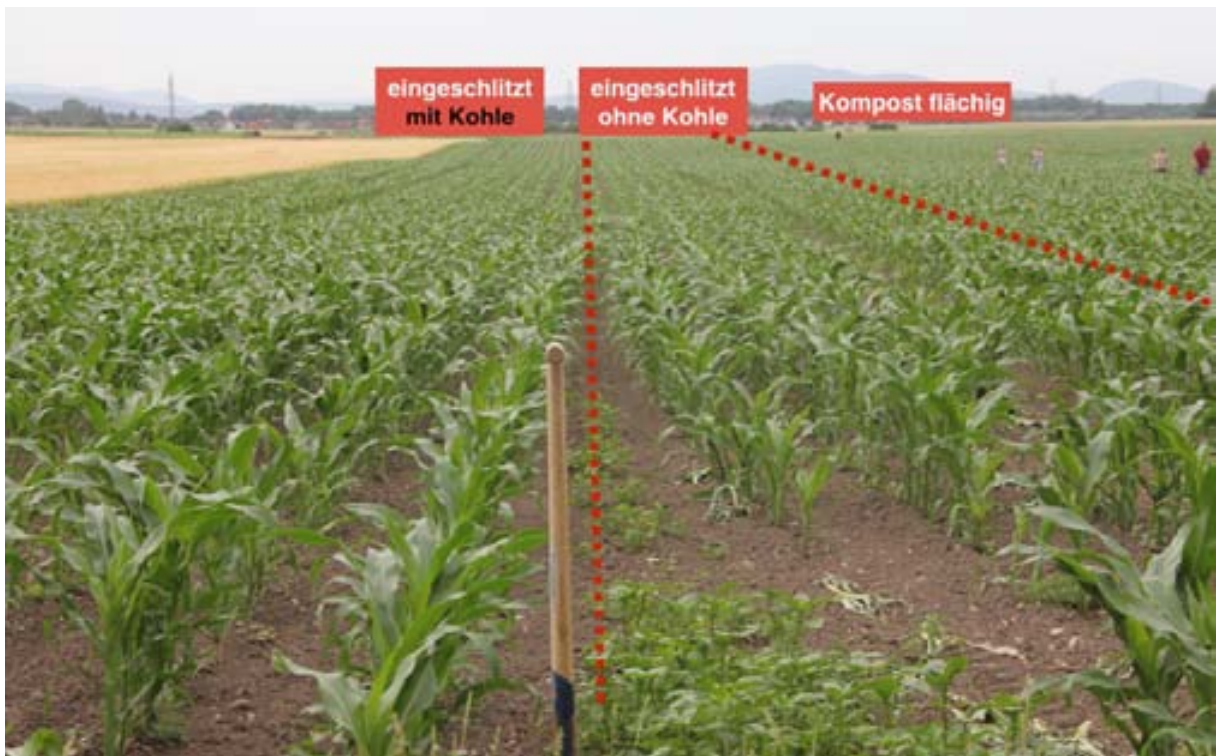
Im Hintergrund ist der Mais aufgrund der nassen Witterung abgesoffen, die Vergleichsernte sollte deshalb nur bis zum Waldrand erfolgen.

Die Ertragsmessungen zeigten sehr niedrige Ergebnisse, aufgrund der Feuchtigkeit in diesem Jahr und der Probleme bei der Saat können auch diese Ergebnisse nicht für eine Interpretation der Düngevarianten verwendet werden.

Eiböck Christoph



Kompost wurde in einer Güllegrube mit Jauche bis zur Dickflüssigkeit vermengt.



Eiböck, „Kurz Lissen“ 16.06.2016: 30 m³ Kompost/Jauche-Gemenge wurde eingeschlitzt. Noch keine Unterschiede zwischen den Varianten erkennbar.

Maßnahmen:

Keine zusätzliche Düngung, 2 x Blindstriegele, 1 x Reihenstriegele, 2 x Hacke + händische Hacke. Aufgrund der feuchten Witterung und des großen Unkrautdruckes waren 5 Arbeitsgänge zur Unkrautbekämpfung erforderlich.



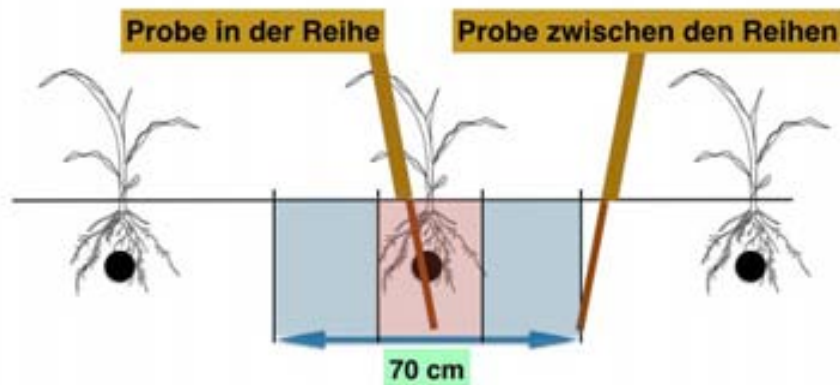
Eiböck, Viertelacker 16.06.2016: Kompost mit Kohle eingeschlitzt, rechts flächige Ausbringung, keine zusätzliche Düngung (Biobetrieb). Keine Unterschiede erkennbar.

Maßnahmen: 2 x Blindstriegele, 1 x Reihenstriegele, 1 x Hacke, 1 x Häufeln



Erste Feinwurzeln im Kompostkanal sichtbar

Messung des mineralischen Bodenstickstoffs:



Auf vier Versuchsflächen wurde monatlich (Mai – Oktober) der verfügbare Bodenstickstoff gemessen. Die Beprobung erfolgte bei den eingeschlitzten Varianten einmal „in der Reihe“, mit der Vorgabe, den eingeschlitzten Güllekern zu treffen. Die zweite Beprobung erfolgte genau „zwischen den Reihen“.

Für die Ermittlung des verfügbaren Stickstoffs in kg pro Hektar wurden die beiden Ergebnisse arithmetisch gemittelt und zwar so, dass die Probe „zwischen den Reihen“ doppelt bewertet wurde. (Es wurde also unterstellt, dass der Einfluss aus dem eingeschlitzten Kanal nur auf rund 1/3 der Gesamtfläche wirksam ist).

Die erste Beprobung erfolgte am 9. Mai – also rund 1 Monat nach der Gülleausbringung (diese erfolgte bei den beprobten Flächen am 6.-7. April). Es kann also davon ausgegangen werden, dass der beobachtete Effekt des Ammoniums im Güllekanal, bzw. der Reduktion des verfügbaren Stickstoffs durch das Einschlitzten im ersten Monat noch deutlich ausgeprägter gewesen ist.

Die Beprobungen erfolgten am: 9. Mai, 6. Juni, 4. Juli, 16. August, 26. September und 10. Oktober. auf 2 Bodentiefen: 0-30 cm und 30-60 cm. Die Proben von den Flächen „Tatzl“ und „Nagl“ wurden eingefroren und gemeinsam im Oktober untersucht. Die Proben von der Versuchsfläche Höfler wurden immer sofort nach der Probenahme untersucht. Die Untersuchung und Berechnung in kg N-min/ha erfolgte durch die AGES.

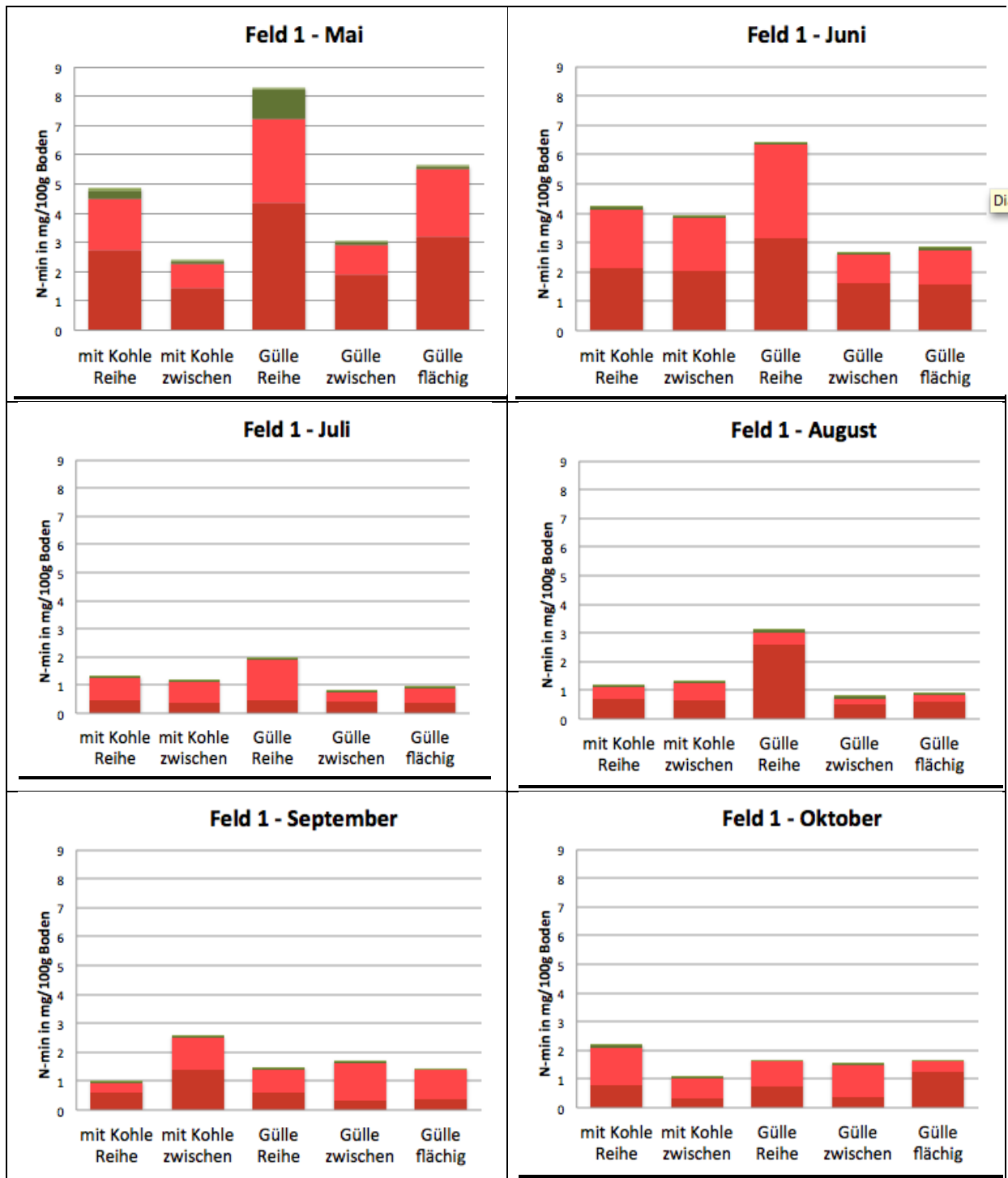
Zusammenfassung der Ergebnisse:

Durch das Einschlitzten wird vor allem im ersten Monat (Mai), wo noch kaum Stickstoff verbraucht wird, der N-min-Gehalt im Boden und damit die Gefahr durch Auswaschung reduziert. Dieser Effekt kann durch die Kohle noch verstärkt werden.

Eine zusätzliche Düngung mit Mineraldünger-N scheint nicht erforderlich zu sein und hat offensichtlich auch keine Auswirkung auf den Ertrag. Am Betrieb Tatzl wurde der Einschlitz-Effekt durch die hohe Mineraldüngergabe (240 kg Harnstoff bei der Aussaat) überdeckt. Die Erträge waren zwar sehr gut, dies war aber auch bei anderen Betrieben mit deutlich niedrigeren Düngegaben der Fall.

Die erhoffte Ammonium-Wirkung ist nur im ersten Monat (Mai) erkennbar. In dieser Zeit besteht aber aufgrund des geringen Wachstums auch eine erhöhte Auswaschungsgefahr.

Auswertung der Einzelmessungen:

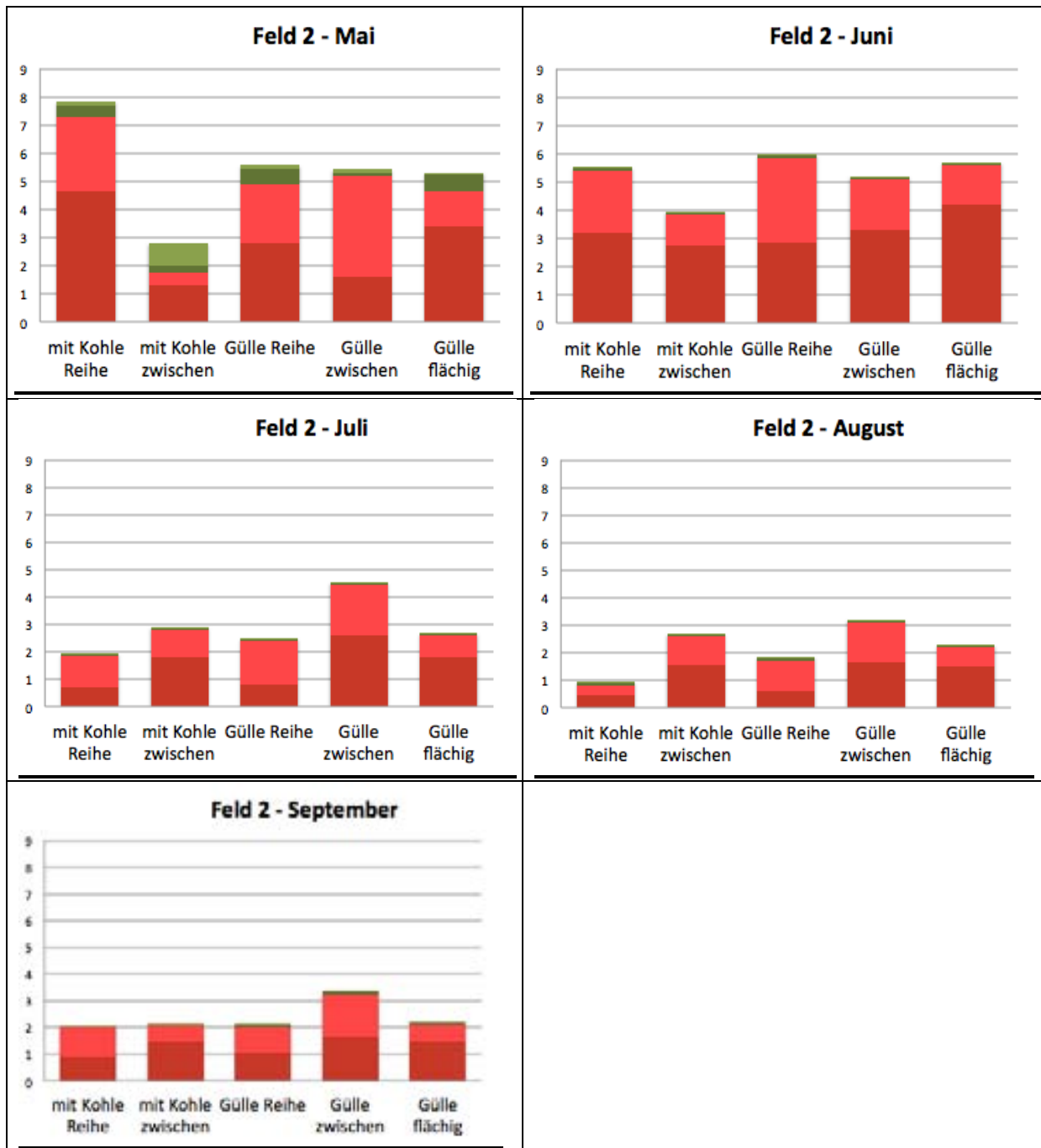


N-min-Gehalte in mg/100g Boden, dunkelrot: Nitrat 0-30cm, hellrot: Nitrat 30-60cm, Dunkelgrün: Ammonium 0-30cm, hellgrün: Ammonium 30-60cm.

K=mit Kohle injektiert, G=reine Gülle injektiert, F=flächige Gülleanwendung, R in der Reihe, Z=zwischen den Reihen.

Interpretation:

Ammonium-Effekt nur im ersten Monat relevant, das deutlich höhere Nährstoffdepot unter der Pflanze ist ab Juli nicht mehr erkennbar. Kohle reduziert das verfügbare N im Mai. Ab Juli generell sehr niedrige N-min-Gehalte.



N-min-Gehalte in mg/100g Boden, dunkelrot: Nitrat 0-30cm, hellrot: Nitrat 30-60cm, Dunkelgrün: Ammonium 0-30cm, hellgrün: Ammonium 30-60cm.

K=mit Kohle injiziert, G=reine Gülle injiziert, F=flächige Gülleanwendung, R in der Reihe, Z=zwischen den Reihen.

Interpretation:

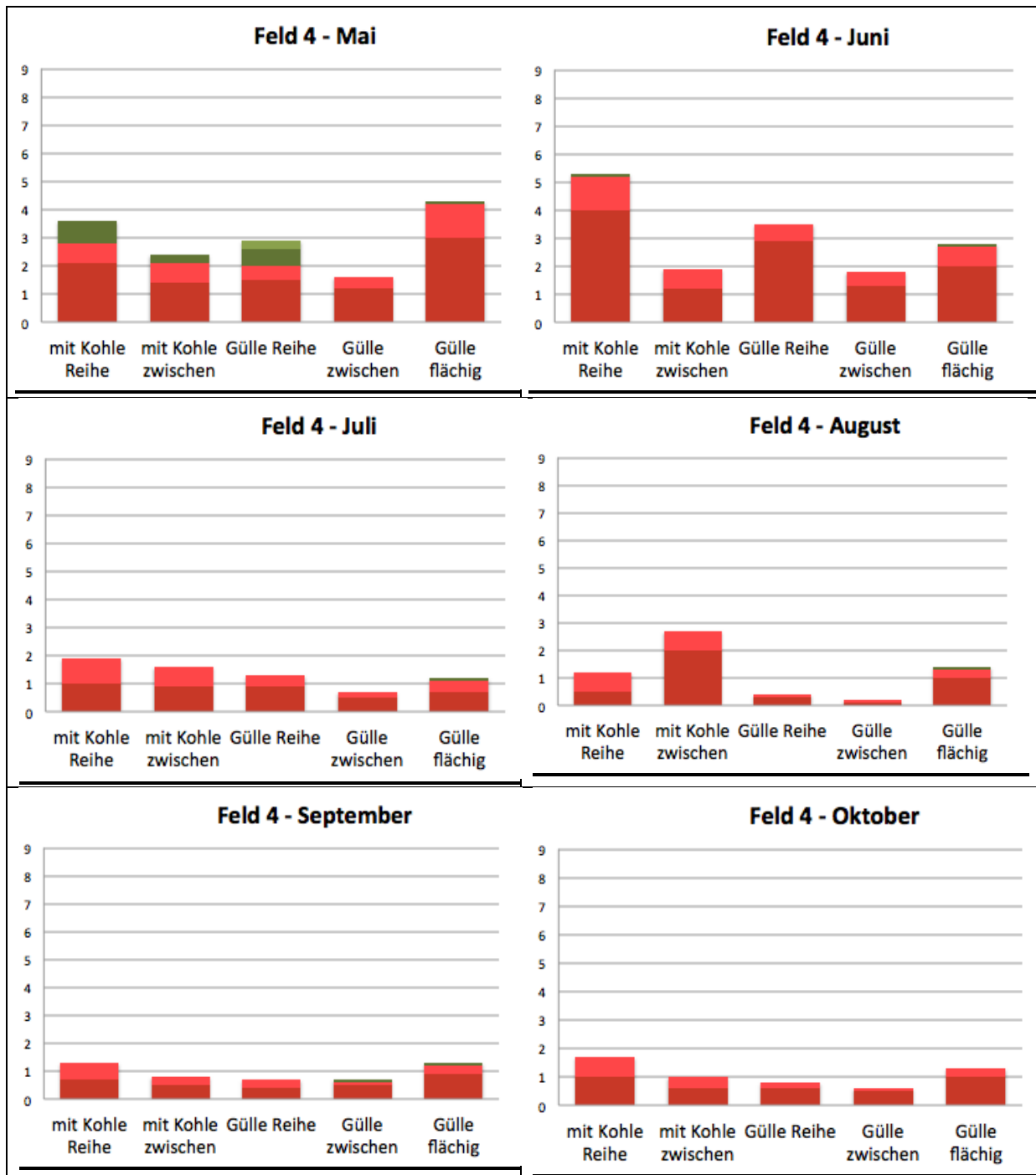
Generell deutlich höheres Nährstoffniveau im Vergleich zum Feld 1. Der Ammoniumeffekt durch Einschlitzen ist hier nicht erkennbar und wurde durch die Harnstoffdüngung bei der Saat scheinbar überdeckt. Die N-min-Gehalte wurden durch die Kohlezugabe reduziert (mit Ausnahme vom Mai). Die relativ hohen N-min-Gehalte zwischen den Reihen sind durch die Düngung mit 240 kg/ha Harnstoff erklärbar.



N-min-Gehalte in mg/100g Boden, dunkelrot: Nitrat 0-30cm, hellrot: Nitrat 30-60cm, Dunkelgrün: Ammonium 0-30cm, hellgrün: Ammonium 30-60cm.
 K=mit Kohle injiziert, G=reine Gülle injiziert, F=flächige Gülleanwendung, R in der Reihe, Z=zwischen den Reihen.

Interpretation:

Bei der Saat wurde kein anderer Dünger verabreicht, daher sind die Unterschiede der Varianten gut zu sehen. Durch das Einschlitzen bleibt ein großer Teil des Stickstoffs in Ammoniumform – dieser Effekt ist aber auch hier nach spätestens 4 Wochen verschwunden. In den ersten beiden Monaten sind die Unterschiede bei den verschiedenen Probenahmestellen gut erkennbar – der Depotdünger wurde also genau in der Reihe abgelegt.

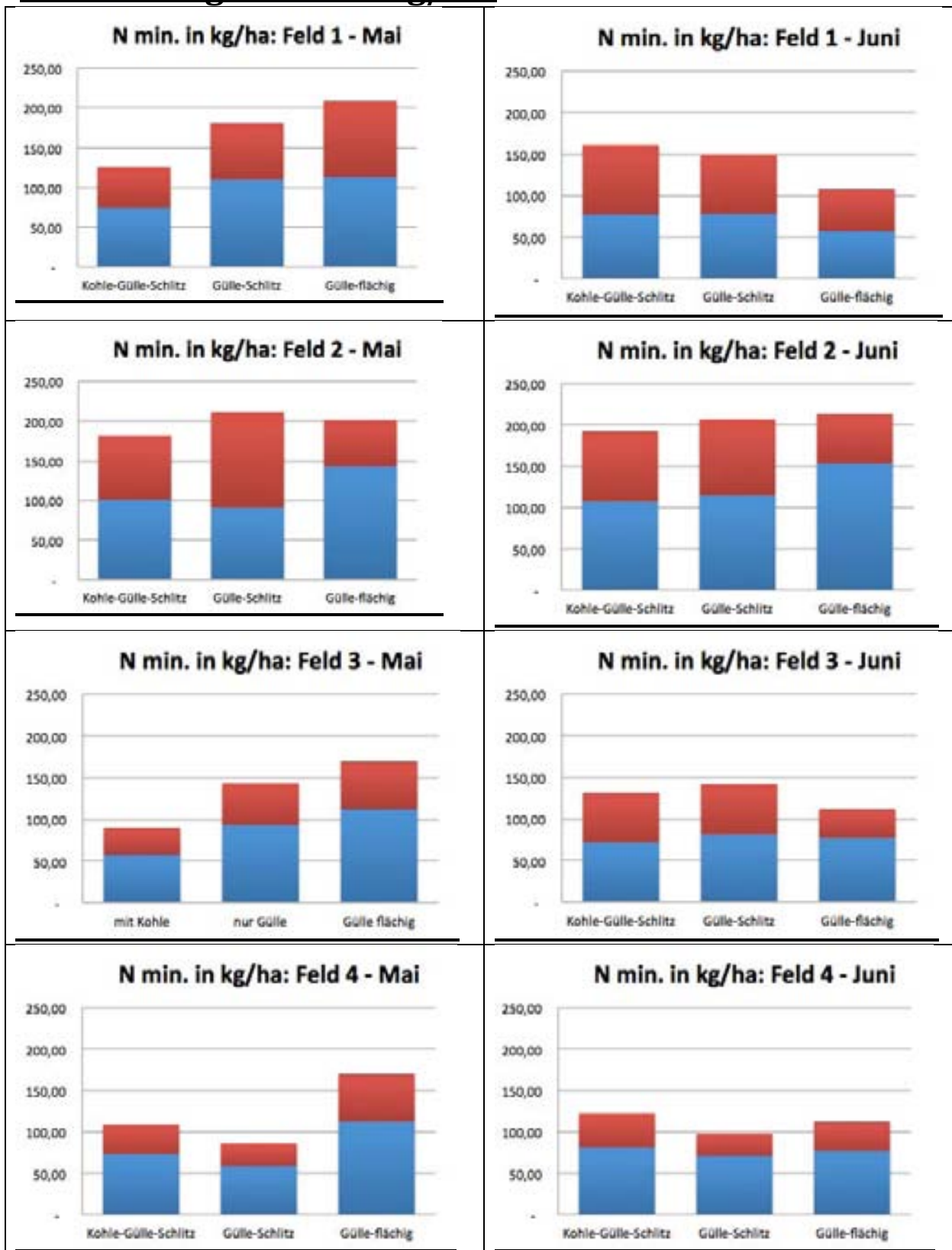


N-min-Gehalte in mg/100g Boden, dunkelrot: Nitrat 0-30cm, hellrot: Nitrat 30-60cm, Dunkelgrün: Ammonium 0-30cm, hellgrün: Ammonium 30-60cm.
 K=mit Kohle injiziert, G=reine Gülle injiziert, F=flächige Gülleanwendung, R in der Reihe, Z=zwischen den Reihen.

Interpretation:

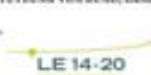
Diese Fläche ist die Referenzfläche zu „Höfler Humus“ – der Humusgehalt liegt hier in 0-30 cm bei um 0,5 Prozentpunkte niedriger als auf der Humusfläche (2,5 % anstelle von 3%). Das N-min-Niveau ist auf dieser Fläche extrem niedrig – auch in den ersten beiden Monaten nach der Düngung. Die Variante mit Kohle zeigt auf diesem Boden tendenziell höhere N-min-Werte.

Auswertung N-min in kg/ha:



N-min-Gehalte in kg/ha. K=mit Kohle eingeschlitz, G=reine Gülle eingeschlitz, F=flächige Ausbringung. Blau=N-min-Gehalt in 0-30cm, rot=N-min-Gehalt in 30-60cm. Bei den Varianten „K“ und „G“ erfolgte die Umrechnung auf kg/ha durch die Bildung eines arithmetischen Mittels aus den Ergebnissen „in der Reihe“ und „zwischen den Reihen“, wobei die Werte „Zwischen den Reihen“ doppelt bewertet wurden, da deren Flächenwirkung auf 2/3 der Gesamtfläche geschätzt wurde.

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LAND UND EUROPÄISCHER UNION



In den Grafiken auf Seite 36 wurden von allen vier Feldern die N-min-Gehalte von Mai und Juni zusammengefasst. Feld 1 und 3 zeigen einen typischen und gut interpretierbaren Verlauf. Auf Feld 2 wurden die Effekte durch die hohe mineralische Zusatzdüngung überdeckt. Am Feld 4 besteht der Verdacht, dass die Variante „Gülle eingeschlitzt“ unterbewertet wurde, bzw. bei der Probenahme etwas passiert sein könnte.

Feld1: Bei der ersten Probenahme (4 Wochen nach der Ausbringung, Anfang Mai) konnte durch das Einschlitzen eine Reduktion des N-min-Gehaltes um 13%, und durch den Kohlezusatz eine Reduktion von 40 % erreicht werden. Anfang Juni war vor allem bei der flächigen Ausbringung der N-min-Gehalt deutlich reduziert – es kann daher davon ausgegangen werden, dass diese Mengen an Nährstoffen verloren gegangen sind, da in diesem Zeitraum (Anfang Mai bis Anfang Juni) noch sehr geringe Mengen an Stickstoff entzogen werden. Die verfügbaren Mengen bei der eingeschlitzten Variante bleiben jedoch nahezu gleich – das heißt, dass in diesem Zeitraum kein, bzw. nur sehr geringe Mengen an Stickstoff verloren gegangen sind. Beim Kohlezusatz steigt der N-min-Gehalt etwas an – hier wurde offensichtlich zusätzlich ein Teil aus dem organischen Vorrat (Güllekanal) mobilisiert.

Im **Feld 3** wird dieses Ergebnis bestätigt, wobei die Reduktion des N-min-Gehaltes noch deutlicher ist (-16 % durch Einschlitzen, bzw. -47 % durch Einschlitzen mit Kohle).

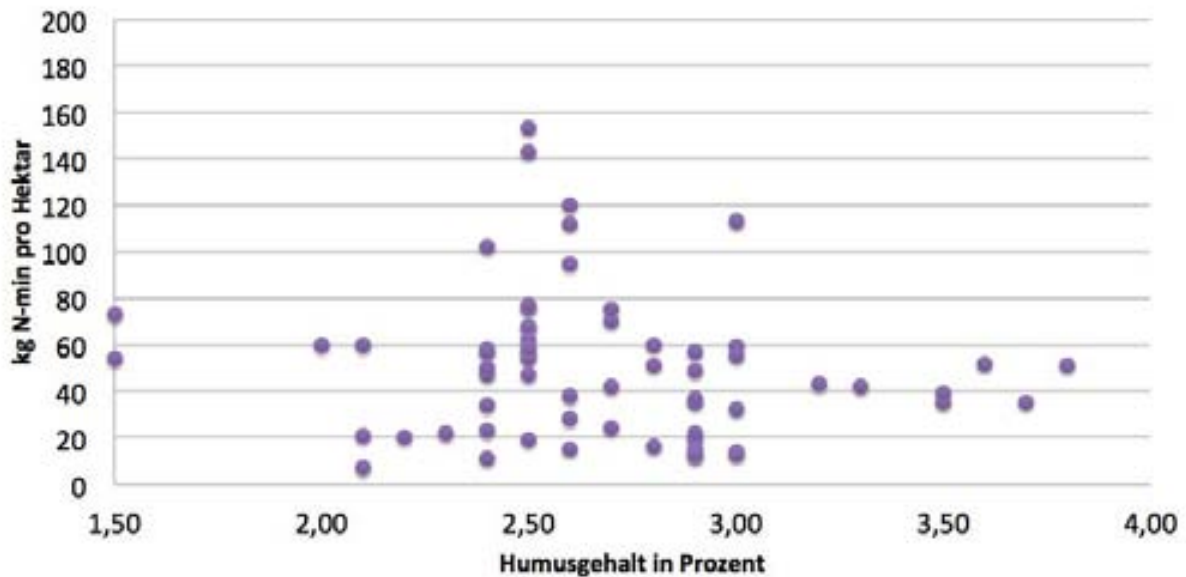
Zusammenfassend können durch das Einschlitzen mit Kohle also folgende Effekte beobachtet werden:

Der N-min-Gehalt wird im Zeitraum nach der Ausbringung bis zum Beginn der Hauptwachstumsphase deutlich (um 40-47 %) reduziert und steigt bis zum tatsächlichen Bedarf (Anfang Juni) kontinuierlich an. Im Vergleich zur konventionellen flächigen Ausbringung können dadurch die N-Verluste deutlich reduziert, und somit die N-Effizienz der Wirtschaftsdünger entsprechen erhöht werden.

Es kann davon ausgegangen werden, dass durch das Einschlitzen mit Kohle der zusätzliche Einsatz von mineralischen Stickstoff nicht mehr erforderlich ist.

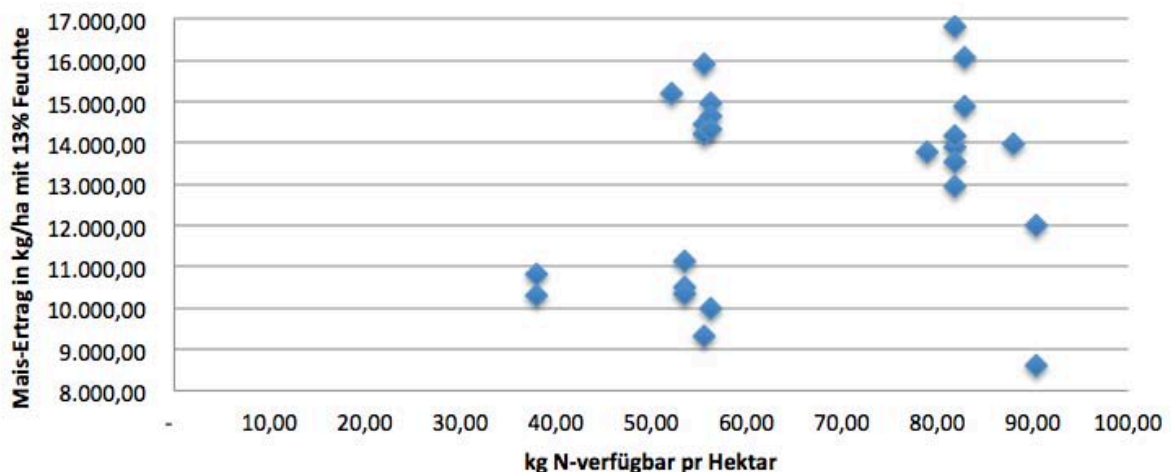
Interessant ist in diesem Zusammenhang auch die Beobachtung, dass bei einem sehr niedrigen Nährstoffniveau (siehe Feld 4 – Juli bis Oktober, Seite 35), die Parzellen mit Kohle etwas höhere N-min-Gehalte aufweisen. Die Kohle dürfte also generell ausgleichend wirken (reduziert also zu hohe Werte, bzw. erhöht sehr niedrige Werte).

Humusgehalt und verfügbarer Stickstoff



Es wurde versucht, einen Zusammenhang zwischen absoluten Humusgehalt und dem verfügbaren Stickstoff in der oberen Bodenschicht (0-30 cm) herzustellen. Die Werte „in der Reihe“ wurden dazu ausgeblendet, da nur der Boden ohne Güllekanal abgebildet werden sollte. Dabei ist kein Zusammenhang zu erkennen, wobei jedoch auffällt, dass es ab 3 % Humus keine Ausreißer mehr nach oben gibt – die N-min-Gehalte bleiben hier im Bereich von 30-50 kg/ha.

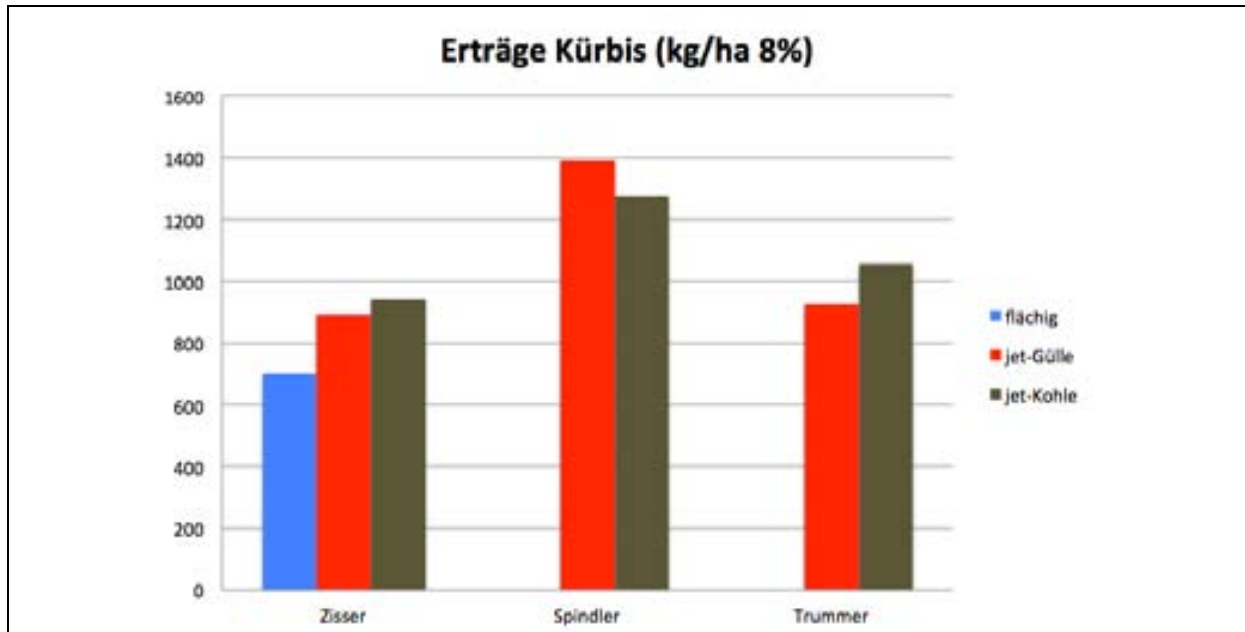
kg TM / ha - verfügbarer Stickstoff



Der Zusammenhang zwischen der Ausbringung von verfügbarem Stickstoff und dem Ertrag ist erkennbar. Es wurden aber auch bei geringeren Mengen (50-60 kg) Spitzenerträge erzielt.

Ertragsmessungen:

Die Ergebnisse bei Kürbis waren sehr unterschiedlich – diese Unterschiede sind derzeit nicht erklärbar. Leider gab es auf zwei der drei Flächen keinen Vergleich zum Einschlitzen, sodass nur die beiden Varianten mit- bzw. ohne Kohle zu vergleichen sind.



Am Betrieb „Zisser“ herrschte ein mittleres Ertragsniveau. Durch das Einschlitzen konnte ein Mehrertrag von 176kg erzielt werden. Am Feld mit Kohle gab es einen Teilbereich (rund 15% der Fläche), wo ein sehr schlechter Aufgang und damit auch ein deutlich niedrigerer Ertrag (2/5) zu verzeichnen war. Dies wurde rechnerisch berücksichtigt und der gemessene Ertrag um 9% erhöht. Dadurch ergibt sich ein leichter Ertragszuwachs im Vergleich ohne Kohle.

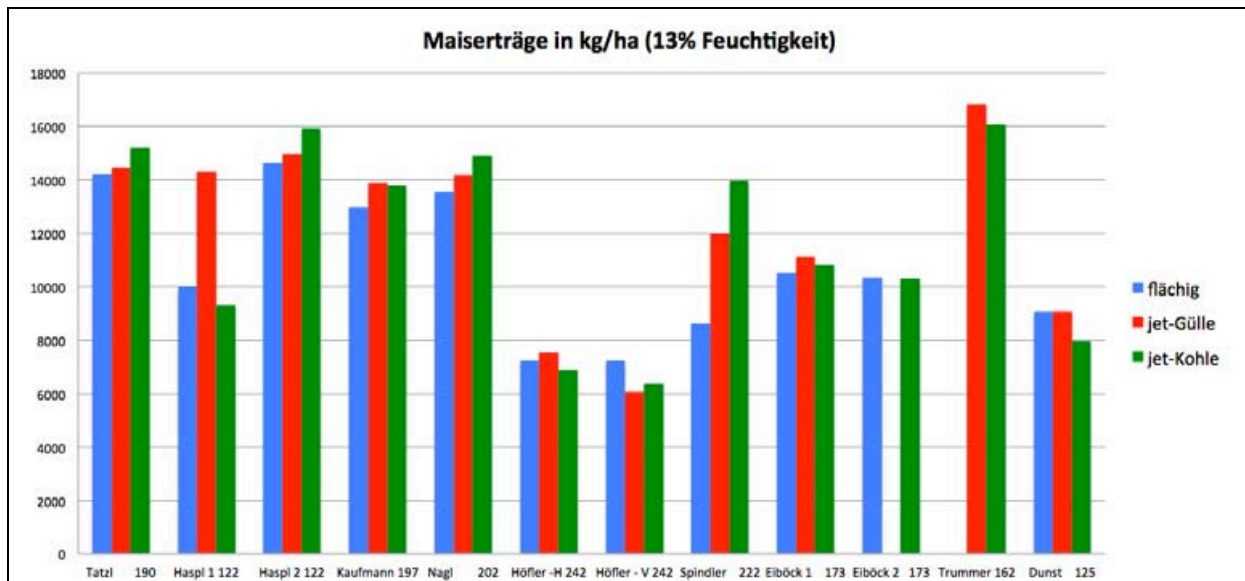
Auf der Fläche Spindler war ein extrem hoher Ertrag zu verzeichnen. Der Abfall der Kohle-Variante ist am ehesten mit der Fahrspur zu erklären, da auf dieser Parzelle der Gülletrack ständig hin und her gefahren ist um auf die dahinterliegende Parzelle ebenfalls Gülle einschlitzen zu können.

Auf der Fläche Trummer war der Unterschied auch optisch zu sehen – im Frühjahr war die Varianten, wo Kohle-Gülle eingeschlitzt wurde deutlich schneller im Wachstum. In Summe kann durch die Kohlezugabe aber kein eindeutiger Ertragsunterschied festgestellt werden.

Wirtschaftlichkeit:

Im Jahr 2016 betrug der vertraglich gesicherte Preis für trockene Kürbiskerne 4,00€. Um die Kohle nur über den Kürbisertrag rechtfertigen zu können, hätte also ein Mehrertrag von zumindest 125kg erzielt werden müssen. Dies wurde bei dem Betrieb Trummer erreicht (132 kg Mehrertrag). Beim Betrieb Zisser gab es die einzige Vergleichsfläche mit flächiger Ausbringung. Durch das Einschlitzen konnte ein Mehrertrag von 190 kg/ha erzielt werden.

Maiserträge:



In dieser Grafik sind alle erhobenen Erträge in kg/ha (bezogen auf eine Restfeuchtigkeit von 13 %) angeführt. Bei der Zahl nach dem Namen handelt es sich um die ausgebrachte Menge an Gesamt-Stickstoff.

Die nachfolgende Grafik wurde um die nicht interpretierbaren Ergebnisse bereinigt:

Haspl1: Schatteneinfluss

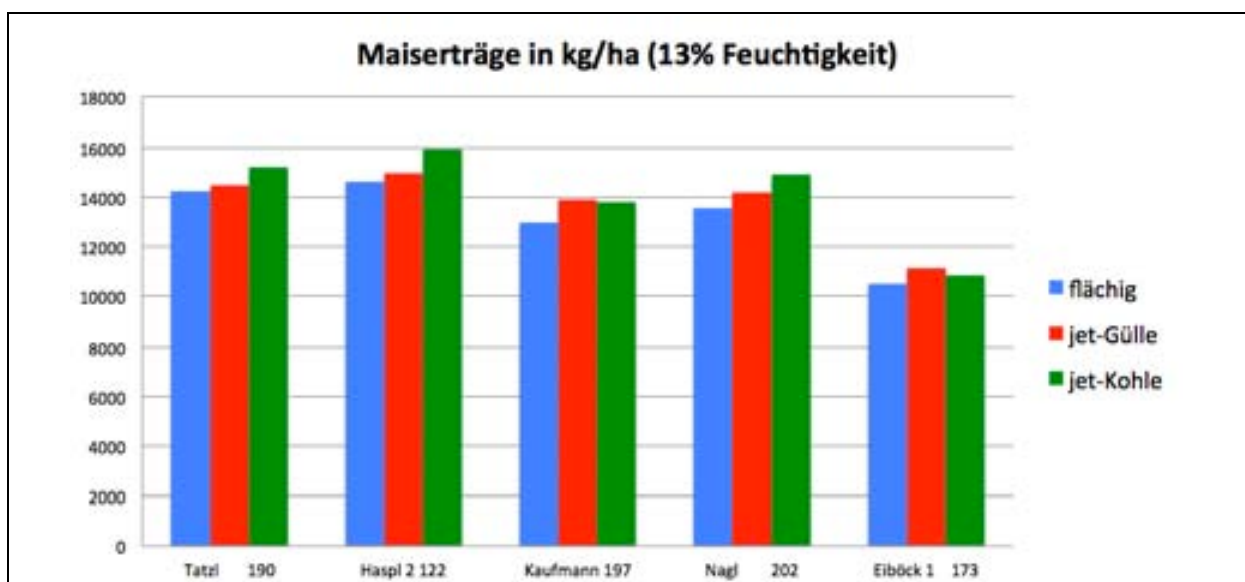
Höfler (beide Flächen): Hagelschaden

Spindler: bei der flächigen Ausbringung gab es einen Spritzschaden

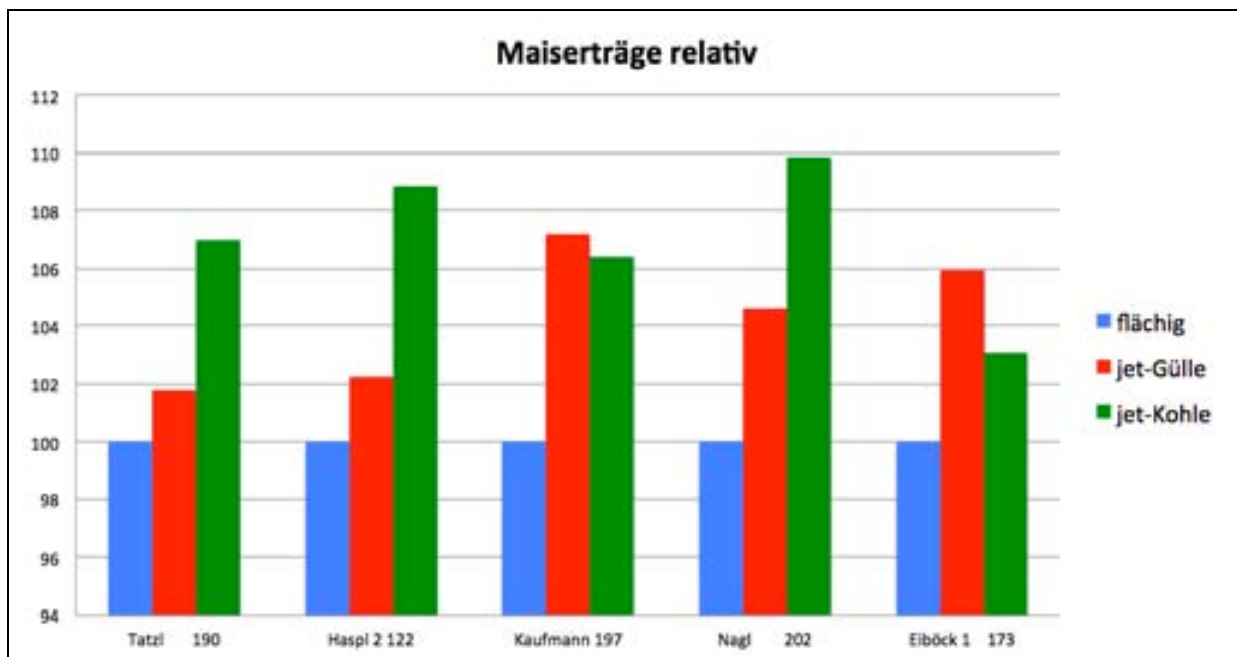
Eiböck2: fehlende Variante „Einschlitzten ohne Kohle“

Trummer: es fehlt die Vergleichsfläche

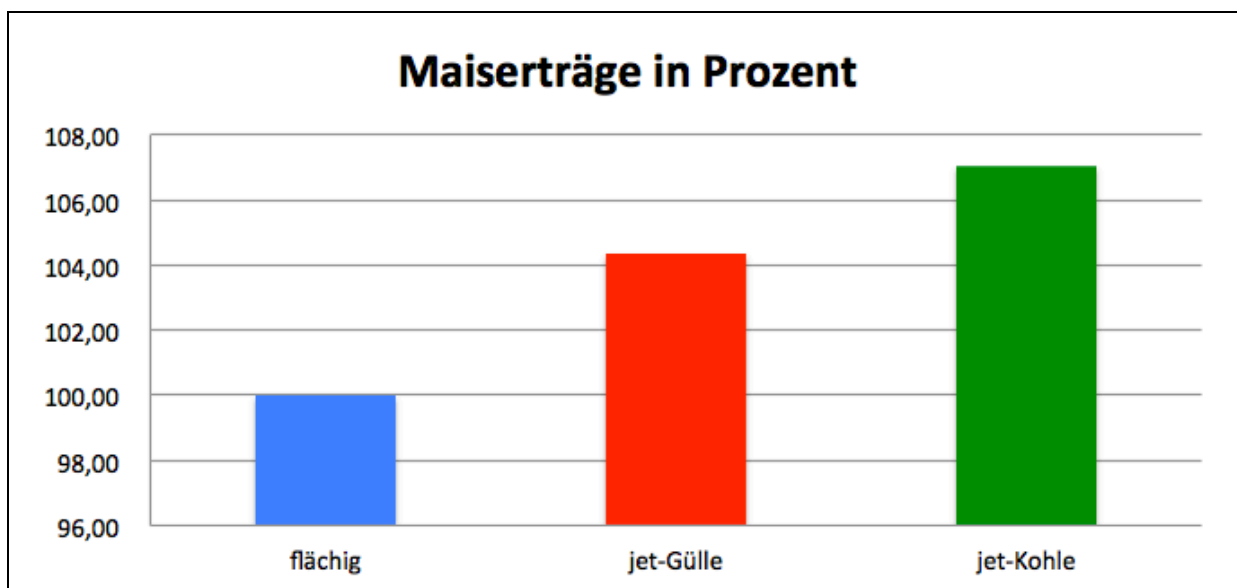
Dunst: Hochwasser, Staunässe



Wenn nun von den tatsächlich verwertbaren Ertragsergebnissen die Erträge verglichen werden, so ergibt sich folgendes Bild: (Die Variante „flächig“ wurde als Basis herangezogen und mit 100 % fixiert).



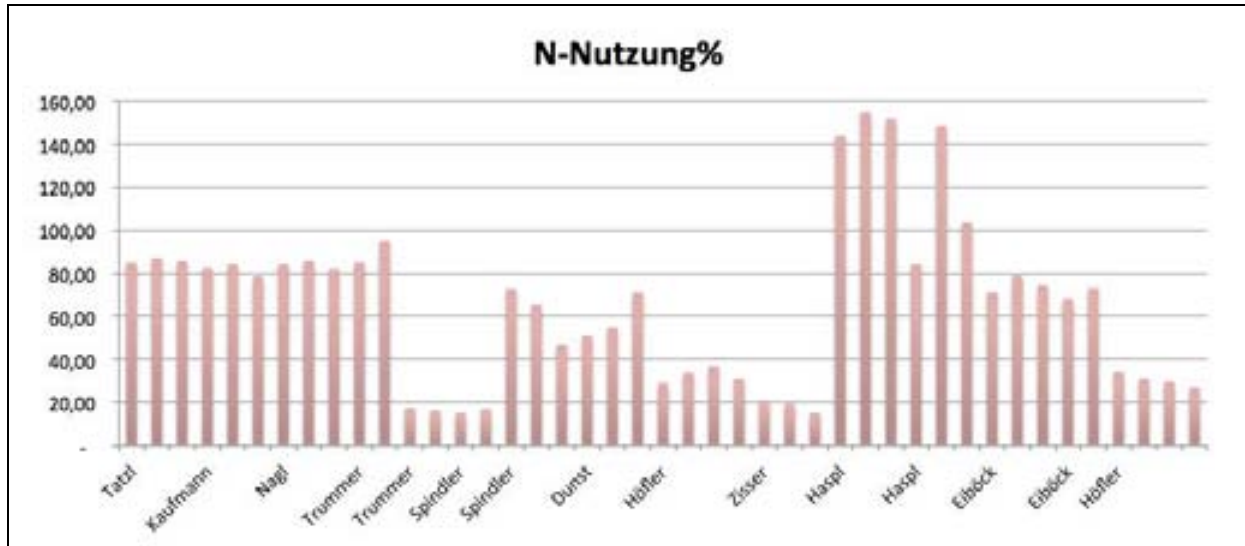
Durch das Einschlitzen konnte ein Ertragszuwachs von 2-7 % erzielt werden. Die Kohlezugabe wirkte zusätzlich ertragssteigernd – hier wurden 3-10 % erreicht.



Im Durchschnitt betrug der Ertragszuwachs 4,35 % durch das Einschlitzen, bzw. 7,04 % durch Einschlitzen mit Kohlezugabe. Dies entspricht einem zusätzlichen Ertrag von 552 kg ohne Kohle bzw. 956 kg mit Kohle.

Ausnützungsrate von Stickstoff:

Hier wurde berechnet, wie viel vom zugeführten Gesamtstickstoff in Ertrag umgesetzt werden konnte.



Extrem niedrig ist die N-Nutzung bekannterweise bei Kürbis (Annahme: Eiweißgehalt der Kerne = 25 %). Bei den Maisflächen von Höfler wurde die niedrige Ausnutzungsrate durch den Hagelschaden verursacht.

Gute Nutzungsraten gab es bei den Maisflächen von Tatzl, Kaufmann, Nagl, Trummer und Eiböck (um die 80 %).

Bei Spindler war der Ertrag zwar hoch, aber die Düngungsmenge sehr hoch (222 kg/ha). Aufgrund des hohen Humus- und Tongehaltes dieser Fläche kann aber davon ausgegangen werden, dass der nicht umgesetzte Stickstoff erhalten bleibt und in Humus umgewandelt werden kann.

Bei Dunst war der Ertrag aufgrund der Überschwemmung zu niedrig – auf dieser Fläche können entsprechend hohe N-Verluste als „wahrscheinlich“ angenommen werden.

Bei Haspl ist aufgrund der niedrigen Düngungsmenge und der teilweise sehr hohen Erträge zusätzlich Stickstoff vom Bodenvorrat verbraucht worden. Es wurde hier also mehr N mit der Ernte abgeführt, als über die Düngung zugeführt wurde. Diese Art der Bewirtschaftung geht also auf Kosten des Bodenvorrates und kann als „nicht nachhaltig“ bezeichnet werden.

Erkenntnisse und Ausblick:

Zusammenfassend können nach diesem Versuch folgende Aussagen getroffen werden:

- 1) Durch das Einschlitzen der Gülle verbleibt der enthaltene Stickstoff länger in der Ammoniumform (1-2 Monate), wodurch die N-Verluste reduziert und die N-Effizienz erhöht werden können.
- 2) Der N-min-Gehalt auf der Fläche (kg/ha in 0-60 cm) wird im ersten Monat um 13-16%, bei Kohlezusatz sogar um 40-47 % reduziert.
- 3) Auf eine mineralische Ergänzungsdüngung kann und soll verzichtet werden. Der gesamte Ertrag kann auf einem sehr hohem Niveau mit Wirtschaftsdünger erzielt werden.
- 4) Bei Mais sind durch das Einschlitzen Ertragssteigerungen zu erwarten. Selbst im Jahr 2016, wo für den Mais beste Bedingungen und damit ein sehr hohes Ertragsniveau vorherrschte, waren um 4,35 % höhere Erträge zu beobachten, (entspricht rund 600 kg Mehrertrag) bzw. um 7,04 % bei Zugabe der Pflanzenkohle (rund 1.000 kg).
- 5) Es konnte kein Unterschied zwischen den beiden Kohlevarianten „Bodenaktivator“ und „N-angereicherte Kohle“ festgestellt werden.
- 6) Die entwickelte Maschine funktioniert einwandfrei und ist praxistauglich.

Für den Folgeversuch sollten folgende Punkte beachtet werden:

- 1) Vor allem auf schweren Böden sollte die Gülle seichter (15cm) eingeschlitzt werden.
- 2) Die Flächen müssen genauer ausgewählt werden – sie müssen sehr einheitlich sein und es dürfen auf den einzelnen Teilflächen keine unterschiedlichen Einwirkungen sein (zB. Schatten vom Waldrand)
- 3) Der angestrebte Effekt kann erhöht werden, wenn die (Schweine)Gülle eingedickt wird (zB. Kompost einmischen)
- 4) Eine Aufbereitung der Gülle (Fermentierung) wäre ein zusätzlicher spannender Versuchsansatz, da die Einbringung von Fäulnis in den Boden langfristig für die Bestrebungen des Humusaufbaues kontraproduktiv ist.
- 5) Bessere Schulung der teilnehmenden Betriebe, dass auf eine Ergänzungsdüngung tatsächlich verzichtet wird.
- 6) Das Einmischen der Kohle sollte wesentlich früher erfolgen, damit sich die Kohle entsprechend aufladen kann.
- 7) Verschiedene Kohlen mit verschiedenen Beladungen sollten getestet werden (die großen Erfolge wurden bislang nur mit „Kon-Tiki-Kohlen“ erreicht).
- 8) Die Nährstoffbeladung der Kohle (vor allem mit Stickstoff) war zu niedrig.

Abschließende Bemerkungen:

Das Jahr 2016 war für Mais und Kürbis ein perfektes Jahr mit generell sehr hohen Erträgen. Zusätzlich wurde von vielen teilnehmenden Landwirten ohne Absprache eine mineralische Ergänzungsdüngung verabreicht. Trotzdem konnten erste Tendenzen herausgearbeitet werden und es lohnt sich mit diesen Erkenntnissen eine Wiederholung des Versuches.

Wie diese ersten Ergebnisse zeigen, können durch das Einschlitzen der Gülle mit Kohlezusatz folgende Ziele erreicht werden:

- + höherer Grundwasserschutz,**
- + Erhöhung der N-Effizienz**
- + Erhöhung des Ertrages bei gleichzeitigem Verzicht auf Mineraldünger**

Kaindorf, 5.1.2017

Versuchsleiter: Gerald Dunst

Anhänge:

- Nitratmessungen – Übersichtstabelle
- Flächenaufzeichnungen

| | | | | Humus | Nitrat | Ammon. | N min. |
|----------------|-----------------------------|-------|-------|-------|---------|---------|---------|
| | | Tiefe | Tiefe | % TOC | mg/100g | mg/100g | kg / ha |
| Kennung | Probestelle | von | bis | 650°C | Boden | Boden | Boden |
| Kohle Reihe | Nagl/St.Stefan 9.Mai 2016 | 0 | 30 | 2,50 | 2,74 | 0,29 | 109 |
| Kohle Reihe | Nagl/St.Stefan 9.Mai 2016 | 30 | 60 | 1,00 | 1,75 | 0,09 | 82 |
| Kohle ZW | Nagl/St.Stefan 9.Mai 2016 | 0 | 30 | 2,50 | 1,45 | 0,13 | 57 |
| Kohle ZW | Nagl/St.Stefan 9.Mai 2016 | 30 | 60 | 1,10 | 0,80 | 0,02 | 36 |
| Injektor Reihe | Nagl/St.Stefan 9.Mai 2016 | 0 | 30 | 2,80 | 4,35 | 1,02 | 189 |
| Injektor Reihe | Nagl/St.Stefan 9.Mai 2016 | 30 | 60 | 1,50 | 2,87 | 0,07 | 124 |
| Injektor ZW | Nagl/St.Stefan 9.Mai 2016 | 0 | 30 | 2,70 | 1,89 | 0,09 | 70 |
| Injektor ZW | Nagl/St.Stefan 9.Mai 2016 | 30 | 60 | 1,40 | 1,03 | 0,02 | 45 |
| Fläche | Nagl/St.Stefan 9.Mai 2016 | 0 | 30 | 3,00 | 3,20 | 0,07 | 113 |
| Fläche | Nagl/St.Stefan 9.Mai 2016 | 30 | 60 | 1,70 | 2,32 | 0,02 | 96 |
| Kohle Reihe | Tatzl/Wagendorf 9.Mai 2016 | 0 | 30 | 2,40 | 4,62 | 0,40 | 183 |
| Kohle Reihe | Tatzl/Wagendorf 9.Mai 2016 | 30 | 60 | 1,20 | 2,64 | 0,19 | 124 |
| Kohle ZW | Tatzl/Wagendorf 9.Mai 2016 | 0 | 30 | 2,10 | 1,32 | 0,24 | 60 |
| Kohle ZW | Tatzl/Wagendorf 9.Mai 2016 | 30 | 60 | 0,70 | 0,42 | 0,83 | 59 |
| Injektor Reihe | Tatzl/Wagendorf 9.Mai 2016 | 0 | 30 | 2,50 | 2,77 | 0,57 | 120 |
| Injektor Reihe | Tatzl/Wagendorf 9.Mai 2016 | 30 | 60 | 1,60 | 2,10 | 0,14 | 93 |
| Injektor ZW | Tatzl/Wagendorf 9.Mai 2016 | 0 | 30 | 2,50 | 1,61 | 0,07 | 76 |
| Injektor ZW | Tatzl/Wagendorf 9.Mai 2016 | 30 | 60 | 1,00 | 3,60 | 0,15 | 135 |
| Fläche | Tatzl/Wagendorf 9.Mai 2016 | 0 | 30 | 2,50 | 3,40 | 0,58 | 143 |
| Fläche | Tatzl/Wagendorf 9.Mai 2016 | 30 | 60 | 1,30 | 1,25 | 0,08 | 58 |
| Kohle Reihe | Nagl/St.Stefan 6.Juni 2016 | 0 | 30 | 2,60 | 2,15 | 0,07 | 79 |
| Kohle Reihe | Nagl/St.Stefan 6.Juni 2016 | 30 | 60 | 0,90 | 1,98 | 0,02 | 91 |
| Kohle ZW | Nagl/St.Stefan 6.Juni 2016 | 0 | 30 | 2,70 | 2,06 | 0,05 | 75 |
| Kohle ZW | Nagl/St.Stefan 6.Juni 2016 | 30 | 60 | 0,80 | 1,76 | 0,02 | 82 |
| Injektor Reihe | Nagl/St.Stefan 6.Juni 2016 | 0 | 30 | 2,80 | 3,14 | 0,06 | 112 |
| Injektor Reihe | Nagl/St.Stefan 6.Juni 2016 | 30 | 60 | 1,70 | 3,19 | 0,03 | 131 |
| Injektor ZW | Nagl/St.Stefan 6.Juni 2016 | 0 | 30 | 2,80 | 1,64 | 0,07 | 60 |
| Injektor ZW | Nagl/St.Stefan 6.Juni 2016 | 30 | 60 | 0,90 | 0,93 | 0,02 | 43 |
| Fläche | Nagl/St.Stefan 6.Juni 2016 | 0 | 30 | 2,90 | 1,57 | 0,07 | 57 |
| Fläche | Nagl/St.Stefan 6.Juni 2016 | 30 | 60 | 1,40 | 1,17 | 0,03 | 51 |
| Kohle Reihe | Tatzl/Wagendorf 6.Juni 2016 | 0 | 30 | 2,40 | 3,17 | 0,08 | 118 |
| Kohle Reihe | Tatzl/Wagendorf 6.Juni 2016 | 30 | 60 | 1,20 | 2,22 | 0,02 | 98 |
| Kohle ZW | Tatzl/Wagendorf 6.Juni 2016 | 0 | 30 | 2,40 | 2,73 | 0,06 | 102 |
| Kohle ZW | Tatzl/Wagendorf 6.Juni 2016 | 30 | 60 | 1,00 | 1,12 | 0,02 | 51 |
| Injektor Reihe | Tatzl/Wagendorf 6.Juni 2016 | 0 | 30 | 2,60 | 2,84 | 0,09 | 104 |
| Injektor Reihe | Tatzl/Wagendorf 6.Juni 2016 | 30 | 60 | 1,50 | 3,00 | 0,03 | 127 |
| Injektor ZW | Tatzl/Wagendorf 6.Juni 2016 | 0 | 30 | 2,60 | 3,28 | 0,07 | 120 |
| Injektor ZW | Tatzl/Wagendorf 6.Juni 2016 | 30 | 60 | 1,70 | 1,81 | 0,02 | 75 |
| Fläche | Tatzl/Wagendorf 6.Juni 2016 | 0 | 30 | 2,50 | 4,19 | 0,07 | 153 |
| Fläche | Tatzl/Wagendorf 6.Juni 2016 | 30 | 60 | 1,30 | 1,39 | 0,02 | 61 |
| Kohle Reihe | St.Stefan/Nagl 4.Juli 2016 | 0 | 30 | 2,50 | 0,46 | 0,06 | 19 |
| Kohle Reihe | St.Stefan/Nagl 4.Juli 2016 | 30 | 60 | 1,10 | 0,78 | 0,03 | 36 |
| Kohle ZW | St.Stefan/Nagl 4.Juli 2016 | 0 | 30 | 2,60 | 0,37 | 0,06 | 15 |
| | | | | Humus | Nitrat | Ammon. | N min. |

| | | Tiefe | Tiefe | % TOC | mg/100g | mg/100g | kg / ha |
|----------------|-----------------------------|-------|-------|-------|---------|---------|---------|
| Kennung | Probestelle | von | bis | 650°C | Boden | Boden | Boden |
| Kohle ZW | St.Stefan/Nagl 4.Juli 2016 | 30 | 60 | 1,00 | 0,75 | 0,03 | 35 |
| Injektor Reihe | St.Stefan/Nagl 4.Juli 2016 | 0 | 30 | 3,10 | 0,46 | 0,06 | 18 |
| Injektor Reihe | St.Stefan/Nagl 4.Juli 2016 | 30 | 60 | 1,60 | 1,43 | 0,03 | 61 |
| Injektor ZW | St.Stefan/Nagl 4.Juli 2016 | 0 | 30 | 2,80 | 0,41 | 0,05 | 16 |
| Injektor ZW | St.Stefan/Nagl 4.Juli 2016 | 30 | 60 | 1,20 | 0,35 | 0,02 | 16 |
| Fläche | St.Stefan/Nagl 4.Juli 2016 | 0 | 30 | 3,00 | 0,38 | 0,03 | 14 |
| Fläche | St.Stefan/Nagl 4.Juli 2016 | 30 | 60 | 1,40 | 0,51 | 0,02 | 23 |
| Kohle Reihe | Tatzl/Wagendorf 4.Juli 2016 | 0 | 30 | 2,50 | 0,71 | 0,06 | 28 |
| Kohle Reihe | Tatzl/Wagendorf 4.Juli 2016 | 30 | 60 | 1,70 | 1,12 | 0,04 | 47 |
| Kohle ZW | Tatzl/Wagendorf 4.Juli 2016 | 0 | 30 | 2,50 | 1,82 | 0,05 | 68 |
| Kohle ZW | Tatzl/Wagendorf 4.Juli 2016 | 30 | 60 | 1,10 | 0,99 | 0,03 | 45 |
| Injektor Reihe | Tatzl/Wagendorf 4.Juli 2016 | 0 | 30 | 2,50 | 0,79 | 0,06 | 31 |
| Injektor Reihe | Tatzl/Wagendorf 4.Juli 2016 | 30 | 60 | 1,80 | 1,59 | 0,02 | 65 |
| Injektor ZW | Tatzl/Wagendorf 4.Juli 2016 | 0 | 30 | 2,60 | 2,60 | 0,06 | 95 |
| Injektor ZW | Tatzl/Wagendorf 4.Juli 2016 | 30 | 60 | 1,60 | 1,83 | 0,02 | 76 |
| Fläche | Tatzl/Wagendorf 4.Juli 2016 | 0 | 30 | 2,50 | 1,81 | 0,05 | 67 |
| Fläche | Tatzl/Wagendorf 4.Juli 2016 | 30 | 60 | 1,30 | 0,76 | 0,01 | 33 |
| Kohle Reihe | Nagl/St.Stefan 16.8.2016 | 0 | 30 | 2,60 | 0,69 | 0,05 | 26 |
| Kohle Reihe | Nagl/St.Stefan 16.8.2016 | 30 | 60 | 1,30 | 0,44 | 0,03 | 20 |
| Kohle ZW | Nagl/St.Stefan 16.8.2016 | 0 | 30 | 2,70 | 0,63 | 0,06 | 24 |
| Kohle ZW | Nagl/St.Stefan 16.8.2016 | 30 | 60 | 1,00 | 0,62 | 0,02 | 29 |
| Injektor Reihe | Nagl/St.Stefan 16.8.2016 | 0 | 30 | 3,20 | 2,59 | 0,07 | 90 |
| Injektor Reihe | Nagl/St.Stefan 16.8.2016 | 30 | 60 | 1,80 | 0,43 | 0,03 | 19 |
| Injektor ZW | Nagl/St.Stefan 16.8.2016 | 0 | 30 | 2,90 | 0,50 | 0,06 | 19 |
| Injektor ZW | Nagl/St.Stefan 16.8.2016 | 30 | 60 | 1,40 | 0,21 | 0,03 | 10 |
| Fläche | Nagl/St.Stefan 16.8.2016 | 0 | 30 | 2,90 | 0,60 | 0,05 | 22 |
| Fläche | Nagl/St.Stefan 16.8.2016 | 30 | 60 | 1,50 | 0,23 | 0,02 | 10 |
| Kohle Reihe | Tatzl/Wagendorf 16.8.2016 | 0 | 30 | 2,50 | 0,47 | 0,09 | 20 |
| Kohle Reihe | Tatzl/Wagendorf 16.8.2016 | 30 | 60 | 1,50 | 0,34 | 0,03 | 15 |
| Kohle ZW | Tatzl/Wagendorf 16.8.2016 | 0 | 30 | 2,40 | 1,53 | 0,06 | 58 |
| Kohle ZW | Tatzl/Wagendorf 16.8.2016 | 30 | 60 | 1,30 | 1,05 | 0,02 | 46 |
| Injektor Reihe | Tatzl/Wagendorf 16.8.2016 | 0 | 30 | 2,50 | 0,59 | 0,09 | 24 |
| Injektor Reihe | Tatzl/Wagendorf 16.8.2016 | 30 | 60 | 1,90 | 1,13 | 0,03 | 46 |
| Injektor ZW | Tatzl/Wagendorf 16.8.2016 | 0 | 30 | 2,50 | 1,67 | 0,07 | 62 |
| Injektor ZW | Tatzl/Wagendorf 16.8.2016 | 30 | 60 | 1,80 | 1,41 | 0,01 | 57 |
| Fläche | Tatzl/Wagendorf 16.8.2016 | 0 | 30 | 2,40 | 1,52 | 0,05 | 57 |
| Fläche | Tatzl/Wagendorf 16.8.2016 | 30 | 60 | 1,40 | 0,67 | 0,03 | 30 |
| Kohle Reihe | St.Stefan/Nagl 26.9.2016 | 0 | 30 | 2,60 | 0,60 | 0,05 | 24 |
| Kohle Reihe | St.Stefan/Nagl 26.9.2016 | 30 | 60 | 1,50 | 0,32 | 0,04 | 15 |
| Kohle ZW | St.Stefan/Nagl 26.9.2016 | 0 | 30 | 2,80 | 1,39 | 0,06 | 51 |
| Kohle ZW | St.Stefan/Nagl 26.9.2016 | 30 | 60 | 2,90 | 1,09 | 0,03 | 39 |
| Injektor Reihe | St.Stefan/Nagl 26.9.2016 | 0 | 30 | 3,20 | 0,62 | 0,03 | 22 |
| Injektor Reihe | St.Stefan/Nagl 26.9.2016 | 30 | 60 | 1,10 | 0,79 | 0,04 | 37 |
| | | | | Humus | Nitrat | Ammon. | N min. |
| | | Tiefe | Tiefe | % TOC | mg/100g | mg/100g | kg / ha |

| Kennung | Probestelle | von | bis | 650°C | Boden | Boden | Boden |
|----------------|---------------------------|-------|-------|-------|---------|---------|---------|
| Injektor ZW | St.Stefan/Nagl 26.9.2016 | 0 | 30 | 2,90 | 0,33 | 0,03 | 12 |
| Injektor ZW | St.Stefan/Nagl 26.9.2016 | 30 | 60 | 1,80 | 1,31 | 0,05 | 55 |
| Fläche | St.Stefan/Nagl 26.9.2016 | 0 | 30 | 2,90 | 0,39 | 0,03 | 15 |
| Fläche | St.Stefan/Nagl 26.9.2016 | 30 | 60 | 1,50 | 0,99 | 0,04 | 43 |
| Kohle Reihe | Wagendorf/Tatzl 26.9.2016 | 0 | 30 | 1,70 | 0,92 | 0,03 | 38 |
| Kohle Reihe | Wagendorf/Tatzl 26.9.2016 | 30 | 60 | 1,10 | 1,06 | 0,06 | 50 |
| Kohle ZW | Wagendorf/Tatzl 26.9.2016 | 0 | 30 | 2,00 | 1,47 | 0,06 | 60 |
| Kohle ZW | Wagendorf/Tatzl 26.9.2016 | 30 | 60 | 2,30 | 0,56 | 0,02 | 21 |
| Injektor Reihe | Wagendorf/Tatzl 26.9.2016 | 0 | 30 | 0,70 | 1,06 | 0,08 | 53 |
| Injektor Reihe | Wagendorf/Tatzl 26.9.2016 | 30 | 60 | 2,50 | 0,94 | 0,03 | 35 |
| Injektor ZW | Wagendorf/Tatzl 26.9.2016 | 0 | 30 | 1,50 | 1,66 | 0,07 | 73 |
| Injektor ZW | Wagendorf/Tatzl 26.9.2016 | 30 | 60 | 1,70 | 1,60 | 0,03 | 66 |
| Fläche | Wagendorf/Tatzl 26.9.2016 | 0 | 30 | 2,50 | 1,43 | 0,06 | 54 |
| Fläche | Wagendorf/Tatzl 26.9.2016 | 30 | 60 | 1,20 | 0,67 | 0,04 | 31 |
| Kohle Reihe | St.Stefan/Nagl 10.10.2016 | 0 | 30 | 2,70 | 0,80 | 0,08 | 31 |
| Kohle Reihe | St.Stefan/Nagl 10.10.2016 | 30 | 60 | 1,10 | 1,29 | 0,04 | 59 |
| Kohle ZW | St.Stefan/Nagl 10.10.2016 | 0 | 30 | 3,00 | 0,33 | 0,03 | 13 |
| Kohle ZW | St.Stefan/Nagl 10.10.2016 | 30 | 60 | 1,10 | 0,70 | 0,05 | 33 |
| Injektor Reihe | St.Stefan/Nagl 10.10.2016 | 0 | 30 | 2,80 | 0,75 | 0,03 | 27 |
| Injektor Reihe | St.Stefan/Nagl 10.10.2016 | 30 | 60 | 1,10 | 0,86 | 0,05 | 40 |
| Injektor ZW | St.Stefan/Nagl 10.10.2016 | 0 | 30 | 2,90 | 0,36 | 0,02 | 13 |
| Injektor ZW | St.Stefan/Nagl 10.10.2016 | 30 | 60 | 1,20 | 1,13 | 0,06 | 53 |
| Fläche | St.Stefan/Nagl 10.10.2016 | 0 | 30 | 1,50 | 1,23 | 0,03 | 54 |
| Fläche | St.Stefan/Nagl 10.10.2016 | 30 | 60 | 1,50 | 0,38 | 0,02 | 17 |
| Kohle Reihe | Höfler Vergleich Mai | 0 | 30 | 2,60 | 2,10 | 0,80 | 102 |
| Kohle Reihe | Höfler Vergleich Mai | 30 | 60 | 0,50 | 0,70 | - | 34 |
| Kohle ZW | Höfler Vergleich Mai | 0 | 30 | 2,50 | 1,40 | 0,30 | 58 |
| Kohle ZW | Höfler Vergleich Mai | 30 | 60 | 0,70 | 0,70 | - | 37 |
| Injektor Reihe | Höfler Vergleich Mai | 0 | 30 | 2,20 | 1,50 | 0,60 | 82 |
| Injektor Reihe | Höfler Vergleich Mai | 30 | 60 | 0,60 | 0,50 | 0,30 | 38 |
| Injektor ZW | Höfler Vergleich Mai | 0 | 30 | 2,40 | 1,20 | - | 47 |
| Injektor ZW | Höfler Vergleich Mai | 30 | 60 | 0,60 | 0,40 | - | 22 |
| Fläche | Höfler Vergleich Mai | 0 | 30 | 2,60 | 3,00 | 0,10 | 112 |
| Fläche | Höfler Vergleich Mai | 30 | 60 | 0,60 | 1,20 | - | 58 |
| Kohle Reihe | Höfler Vergleich Juni | 0 | 30 | 2,50 | 4,00 | 0,10 | 149 |
| Kohle Reihe | Höfler Vergleich Juni | 30 | 60 | 0,70 | 1,20 | - | 57 |
| Kohle ZW | Höfler Vergleich Juni | 0 | 30 | 2,50 | 1,20 | - | 47 |
| Kohle ZW | Höfler Vergleich Juni | 30 | 60 | 0,60 | 0,70 | - | 33 |
| Injektor Reihe | Höfler Vergleich Juni | 0 | 30 | 2,20 | 2,90 | - | 112 |
| Injektor Reihe | Höfler Vergleich Juni | 30 | 60 | 0,40 | 0,60 | - | 27 |
| Injektor ZW | Höfler Vergleich Juni | 0 | 30 | 2,40 | 1,30 | - | 50 |
| Injektor ZW | Höfler Vergleich Juni | 30 | 60 | 0,60 | 0,50 | - | 27 |
| Fläche | Höfler Vergleich Juni | 0 | 30 | 2,50 | 2,00 | 0,10 | 77 |
| | | | | Humus | Nitrat | Ammon. | N min. |
| | | Tiefe | Tiefe | % TOC | mg/100g | mg/100g | kg / ha |
| Kennung | Probestelle | von | bis | 650°C | Boden | Boden | Boden |

| | | | | | | | |
|----------------|----------------------------|-------|-------|-------|---------|---------|---------|
| Fläche | Höfler Vergleich Juni | 30 | 60 | 0,50 | 0,70 | - | 35 |
| Kohle Reihe | Höfler Vergleich Juli | 0 | 30 | 2,50 | 1,00 | - | 38 |
| Kohle Reihe | Höfler Vergleich Juli | 30 | 60 | 0,70 | 0,90 | - | 43 |
| Kohle ZW | Höfler Vergleich Juli | 0 | 30 | 2,40 | 0,90 | - | 34 |
| Kohle ZW | Höfler Vergleich Juli | 30 | 60 | 0,70 | 0,70 | - | 32 |
| Injektor Reihe | Höfler Vergleich Juli | 0 | 30 | 2,10 | 0,90 | - | 35 |
| Injektor Reihe | Höfler Vergleich Juli | 30 | 60 | 0,40 | 0,40 | - | 19 |
| Injektor ZW | Höfler Vergleich Juli | 0 | 30 | 2,10 | 0,50 | - | 21 |
| Injektor ZW | Höfler Vergleich Juli | 30 | 60 | 0,50 | 0,20 | - | 12 |
| Fläche | Höfler Vergleich Juli | 0 | 30 | 2,60 | 0,70 | 0,10 | 28 |
| Fläche | Höfler Vergleich Juli | 30 | 60 | 0,60 | 0,40 | - | 18 |
| Kohle Reihe | Höfler Vergleich August | 0 | 30 | 2,40 | 0,50 | - | 21 |
| Kohle Reihe | Höfler Vergleich August | 30 | 60 | 0,70 | 0,70 | - | 31 |
| Kohle ZW | Höfler Vergleich August | 0 | 30 | 2,40 | 2,00 | - | 11 |
| Kohle ZW | Höfler Vergleich August | 30 | 60 | 0,70 | 0,70 | - | 35 |
| Injektor Reihe | Höfler Vergleich August | 0 | 30 | 2,00 | 0,30 | - | 13 |
| Injektor Reihe | Höfler Vergleich August | 30 | 60 | 0,40 | 0,10 | - | 10 |
| Injektor ZW | Höfler Vergleich August | 0 | 30 | 2,10 | 0,10 | - | 7 |
| Injektor ZW | Höfler Vergleich August | 30 | 60 | 0,40 | 0,10 | - | 9 |
| Fläche | Höfler Vergleich August | 0 | 30 | 2,70 | 1,00 | 0,10 | 42 |
| Fläche | Höfler Vergleich August | 30 | 60 | 0,80 | 0,30 | - | 13 |
| Kohle Reihe | Höfler Vergleich Sept. | 0 | 30 | 2,50 | 0,70 | - | 27 |
| Kohle Reihe | Höfler Vergleich September | 30 | 60 | 0,80 | 0,60 | - | 32 |
| Kohle ZW | Höfler Vergleich September | 0 | 30 | 2,50 | 0,50 | - | 19 |
| Kohle ZW | Höfler Vergleich September | 30 | 60 | 0,80 | 0,30 | - | 16 |
| Injektor Reihe | Höfler Vergleich September | 0 | 30 | 2,30 | 0,40 | - | 18 |
| Injektor Reihe | Höfler Vergleich September | 30 | 60 | 0,50 | 0,30 | - | 14 |
| Injektor ZW | Höfler Vergleich September | 0 | 30 | 2,30 | 0,50 | 0,10 | 22 |
| Injektor ZW | Höfler Vergleich September | 30 | 60 | 0,70 | 0,10 | - | 9 |
| Fläche | Höfler Vergleich September | 0 | 30 | 2,90 | 0,90 | 0,10 | 35 |
| Fläche | Höfler Vergleich September | 30 | 60 | 0,90 | 0,30 | - | 15 |
| Kohle Reihe | Höfler Vergleich Oktober | 0 | 30 | 2,50 | 1,00 | - | 38 |
| Kohle Reihe | Höfler Vergleich Oktober | 30 | 60 | 0,60 | 0,70 | - | 32 |
| Kohle ZW | Höfler Vergleich Oktober | 0 | 30 | 2,40 | 0,60 | - | 23 |
| Kohle ZW | Höfler Vergleich Oktober | 30 | 60 | 0,60 | 0,40 | - | 19 |
| Injektor Reihe | Höfler Vergleich Oktober | 0 | 30 | 2,20 | 0,60 | - | 25 |
| Injektor Reihe | Höfler Vergleich Oktober | 30 | 60 | 0,40 | 0,20 | - | 12 |
| Injektor ZW | Höfler Vergleich Oktober | 0 | 30 | 2,20 | 0,50 | - | 20 |
| Injektor ZW | Höfler Vergleich Oktober | 30 | 60 | 0,40 | 0,10 | - | 7 |
| Fläche | Höfler Vergleich Oktober | 0 | 30 | 2,60 | 1,00 | - | 38 |
| Fläche | Höfler Vergleich Oktober | 30 | 60 | 0,60 | 0,30 | - | 16 |
| Kohle Reihe | Höfler Humus Mai | 0 | 30 | 3,20 | 1,40 | 1,50 | 97 |
| Kohle Reihe | Höfler Humus Mai | 30 | 60 | 0,60 | 0,70 | - | 37 |
| | | | | Humus | Nitrat | Ammon. | N min. |
| | | Tiefe | Tiefe | % TOC | mg/100g | mg/100g | kg / ha |
| Kennung | Probestelle | von | bis | 650°C | Boden | Boden | Boden |
| Kohle ZW | Höfler Humus Mai | 0 | 30 | 2,90 | 1,00 | - | 37 |

| | | | | | | | |
|----------------|------------------------|----|----|------|------|------|-----|
| Kohle ZW | Höfler Humus Mai | 30 | 60 | 0,90 | 0,60 | - | 31 |
| Injektor Reihe | Höfler Humus Mai | 0 | 30 | 3,40 | 3,60 | 2,20 | 193 |
| Injektor Reihe | Höfler Humus Mai | 30 | 60 | 0,60 | 1,20 | - | 61 |
| Injektor ZW | Höfler Humus Mai | 0 | 30 | 3,20 | 1,10 | 0,10 | 43 |
| Injektor ZW | Höfler Humus Mai | 30 | 60 | 0,70 | 0,90 | - | 45 |
| Fläche | Höfler Humus Mai | 0 | 30 | - | - | - | 0 |
| Fläche | Höfler Humus Mai | 30 | 60 | - | - | - | 0 |
| Kohle Reihe | Höfler Humus Juni | 0 | 30 | 3,20 | 3,20 | 0,10 | 112 |
| Kohle Reihe | Höfler Humus Juni | 30 | 60 | 0,50 | 1,50 | - | 74 |
| Kohle ZW | Höfler Humus Juni | 0 | 30 | 3,80 | 1,50 | 0,10 | 51 |
| Kohle ZW | Höfler Humus Juni | 30 | 60 | 0,70 | 1,10 | - | 53 |
| Injektor Reihe | Höfler Humus Juni | 0 | 30 | 3,60 | 5,20 | 0,10 | 173 |
| Injektor Reihe | Höfler Humus Juni | 30 | 60 | 0,70 | 1,60 | - | 78 |
| Injektor ZW | Höfler Humus Juni | 0 | 30 | 3,70 | 1,10 | - | 35 |
| Injektor ZW | Höfler Humus Juni | 30 | 60 | 0,70 | 1,10 | - | 52 |
| Fläche | Höfler Humus Juni | 0 | 30 | - | - | - | 0 |
| Fläche | Höfler Humus Juni | 30 | 60 | - | - | - | 0 |
| Kohle Reihe | Höfler Humus Juli | 0 | 30 | 2,90 | 1,40 | - | 50 |
| Kohle Reihe | Höfler Humus Juli | 30 | 60 | 0,70 | 1,50 | - | 71 |
| Kohle ZW | Höfler Humus Juli | 0 | 30 | 3,00 | 1,60 | - | 59 |
| Kohle ZW | Höfler Humus Juli | 30 | 60 | 0,70 | 0,60 | - | 31 |
| Injektor Reihe | Höfler Humus Juli | 0 | 30 | 3,10 | 1,60 | - | 57 |
| Injektor Reihe | Höfler Humus Juli | 30 | 60 | 0,70 | 0,90 | - | 45 |
| Injektor ZW | Höfler Humus Juli | 0 | 30 | 3,50 | 1,00 | - | 35 |
| Injektor ZW | Höfler Humus Juli | 30 | 60 | 0,70 | 0,70 | - | 35 |
| Fläche | Höfler Humus Juli | 0 | 30 | - | - | - | 0 |
| Fläche | Höfler Humus Juli | 30 | 60 | - | - | - | 0 |
| Kohle Reihe | Höfler Humus August | 0 | 30 | 2,90 | 0,80 | - | 31 |
| Kohle Reihe | Höfler Humus August | 30 | 60 | 0,80 | 1,10 | - | 50 |
| Kohle ZW | Höfler Humus August | 0 | 30 | 3,00 | 0,80 | 0,10 | 32 |
| Kohle ZW | Höfler Humus August | 30 | 60 | 0,90 | 0,90 | - | 41 |
| Injektor Reihe | Höfler Humus August | 0 | 30 | 3,40 | 1,20 | - | 42 |
| Injektor Reihe | Höfler Humus August | 30 | 60 | 0,80 | 1,20 | - | 57 |
| Injektor ZW | Höfler Humus August | 0 | 30 | 3,30 | 1,20 | 0,10 | 42 |
| Injektor ZW | Höfler Humus August | 30 | 60 | 0,70 | 0,80 | - | 37 |
| Fläche | Höfler Humus August | 0 | 30 | - | - | - | 0 |
| Fläche | Höfler Humus August | 30 | 60 | - | - | - | 0 |
| Kohle Reihe | Höfler Humus September | 0 | 30 | 3,00 | 1,30 | - | 49 |
| Kohle Reihe | Höfler Humus September | 30 | 60 | 0,80 | 1,10 | - | 56 |
| Kohle ZW | Höfler Humus September | 0 | 30 | 3,00 | 1,50 | - | 55 |
| Kohle ZW | Höfler Humus September | 30 | 60 | 0,90 | 0,90 | - | 42 |
| Injektor Reihe | Höfler Humus September | 0 | 30 | 3,40 | 1,30 | 0,10 | 47 |
| Injektor Reihe | Höfler Humus September | 30 | 60 | 1,00 | 1,10 | - | 51 |
| Injektor ZW | Höfler Humus September | 0 | 30 | 3,60 | 1,40 | 0,10 | 52 |
| Injektor ZW | Höfler Humus September | 30 | 60 | 0,80 | 0,90 | - | 45 |
| Fläche | Höfler Humus September | 0 | 30 | - | - | - | 0 |
| Fläche | Höfler Humus September | 30 | 60 | - | - | - | 0 |

| | | | | | | | |
|----------------|----------------------|----|----|------|------|---|----|
| Kohle Reihe | Höfler Humus Oktober | 0 | 30 | 3,10 | 1,50 | - | 54 |
| Kohle Reihe | Höfler Humus Oktober | 30 | 60 | 0,70 | 1,10 | - | 53 |
| Kohle ZW | Höfler Humus Oktober | 0 | 30 | 2,90 | 1,40 | - | 49 |
| Kohle ZW | Höfler Humus Oktober | 30 | 60 | 0,80 | 0,80 | - | 39 |
| Injektor Reihe | Höfler Humus Oktober | 0 | 30 | 3,00 | 1,30 | - | 47 |
| Injektor Reihe | Höfler Humus Oktober | 30 | 60 | 0,60 | 0,90 | - | 43 |
| Injektor ZW | Höfler Humus Oktober | 0 | 30 | 3,50 | 1,10 | - | 39 |
| Injektor ZW | Höfler Humus Oktober | 30 | 60 | 0,60 | 0,70 | - | 36 |
| Fläche | Höfler Humus Oktober | 0 | 30 | - | - | - | 0 |
| Fläche | Höfler Humus Oktober | 30 | 60 | - | - | - | 0 |