

Upgrade Biogas-Höfe nach EEG-Förderung

Sicherung von regionalen Wärmenetzen durch Umstellung auf Pyrolyse



Probleme

- Nach Auslaufen EEG-Förderung ist der Weiterbetrieb von Biogas-Anlagen oft unwirtschaftlich. Bestehende lokale, Wärmenetze brauchen neue Wärmequellen.
- Biogas-/Stromerzeugung auf Basis von Mais ist ineffizient im Vergleich zu PV und Wind. Solarer Wirkungsgrad: 1-2% (Mais) vs. Ca. 20% (PV).

Vorteile

- Wärmenetze bleiben in Betrieb.
- Zusätzliche Entsorgungserlöse möglich (z.B. bei Landschaftspflege-Material oder Biotonne). Löst kommunales Entsorgungsproblem.
- Einnahmen für C-Senken-Zertifikate von Pflanzenkohle.
- Mais-Anbaufläche wird frei für nachhaltigere Nutzung.

Lösung in Landwirtschaft 5.0:

- Ersatz Biogas-Anlage durch Pyrolyse-Anlage zur Erzeugung von Strom, Wärme und Pflanzenkohle (Drop-in replacement), C-Senken-Zertifikate und ggf. Wasserstoff.
- APV-Anlage erzeugt zusätzlich grünen Strom mit hoher Effizienz.

Literatur-Quellen:

[1] EBC (2020), Certification of the carbon sink potential of biochar, Ithaka Institute, Arbaz, Switzerland. (<http://European-biochar.org>).

Version 2.1E of 1st February 2021

[2] EBC (2012), European Biochar Certificate - Guidelines for a Sustainable Production of Biochar. European Biochar Foundation (EBC), Arbaz, Schweiz

Upgrade Kläranlagen: Klares Klima-Wasser

Pflanzkohle rein, Mikroplastik & Medikamentenrückstände raus



Probleme

- Mikroverunreinigungen (Medikamentenrückstände) gefährden unsere Gewässer.
- Phosphor muss für einen nachhaltigen Ressourcenschutz rückgewonnen werden.
- Klärschlamm-Verbrennung ist klimaschädlich, teuer und erfordert große (zentrale) Anlagen, Klärschlamm-Aschen sind aufwendig aufzubereiten.

Vorteile

- Mikroplastik und Medikamentenrückstände werden sicher vollständig eliminiert.
- Phosphor wird energieeffizient rückgewonnen.

Lösung in Landwirtschaft 5.0:

- Konzept mit 2 Pyrolyse-Anlagen: (1) Klärschlamm-Pyrolyse zur Elimination von Mikroplastik und zur Erzeugung von Kohle mit Düngereffekt (enthält P, K, Ca und Mg) (2) Pyrolyse von Altholz zur Herstellung von Aktivkohle für 4. Reinigungsstufe. Nutzung der Abwärme zur Klärschlamm-Trocknung als Vorbereitung für die Pyrolyse (1).
- PV-Anlage über Belebtecken: Stromproduktion

- Kläranlage erzeugt eigene Aktivkohle aus landwirtschaftlichen Abfällen vor Ort. Zusätzliche Entsorgungserlöse.
- Kläranlage kann klimapositiv werden.

Literatur-Quellen:

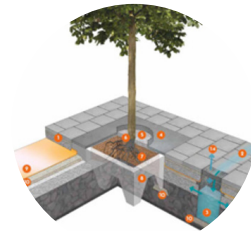
- [1] Hagemann et al. (2020) Wood-based activated biochar to eliminate organic micropollutants from biologically treated wastewater. Science of the Total Environment. 10.1016/j.scitotenv.2020.158417
- [2] Buss et al. (2020) Unlocking the Fertilizer Potential of Waste-Derived Biochar. ACS Sustainable Chem. Eng. 2020, 8, 32, 12295–12303

- [3] Wang X, Guo Z, Hu Z, Zhang J. 2020. Recent advances in biochar application for water and wastewater treatment: a review. PeerJ 8:e9164 <https://doi.org/10.7717/peerj.9164>
- [4] Siipola, V.; Pflugmacher, S.; Romar, H.; Wendling, L.; Koukkari, P. Low-Cost Biochar Adsorbents for Water Purification Including Microplastics Removal. Appl. Sci. 2020, 10, 788. <https://doi.org/10.3390/app10030788>

- [5] Aktivkohle - Made in Switzerland: <https://tip.de/a002>
- [6] Optimierte Pyrolyse von Klärschlamm – Kalium- und Phosphor-Dünger: <https://tip.de/o8zx>

„Schwamm-Stadt“: Urbane Räume klimafit

Hochwertige Pflanzenkohle aus Grünabfällen für Stadtbäume und Stadtgrün



Probleme

- Hohe Entsorgungskosten und -aufwände für kommunalen Grünschnitt.
- Stadtbäume leiden unter Trockenstress und Bodenverdichtung.
- Starkniederschläge überfordern das Abwassersystem.

Lösung in Landwirtschaft 5.0:

- Pyrolyse-Anlagen bei Grüngutannahme / Kompostplatz erzeugt hochwertige Pflanzenkohle, C-Senken-Zertifikate und Energie aus kommunalem Grünschnitt.
- Pflanzsubstrate für Stadtbäume werden mit der Pflanzenkohle erzeugt: Besseres Anwachsen neuer Bäume oder Sanierung von Bestandsbäumen.
- Pflanzenkohle-Substrate als Pufferspeicher und Vorklärung für Straßenabwässer („Schwammstadt“).

Vorteile

- Geringe Kunststoff-Verunreinigungen werden in Pyrolyse eliminiert.
- Sinnvolle Nutzung schwer kompostierbarer Bestandteile (Gehölzschnitt) in Pyrolyse.
- Material kann direkt in Kompostierung mit Grünschnitt (ohne Kunststoffverunreinigung) zur Herstellung von Erdsubstraten verwendet werden.
- Material sehr gut geeignet für Stadtbaumssubstrate nach dem Stockholm-System [1-2].

Literatur-Quellen:

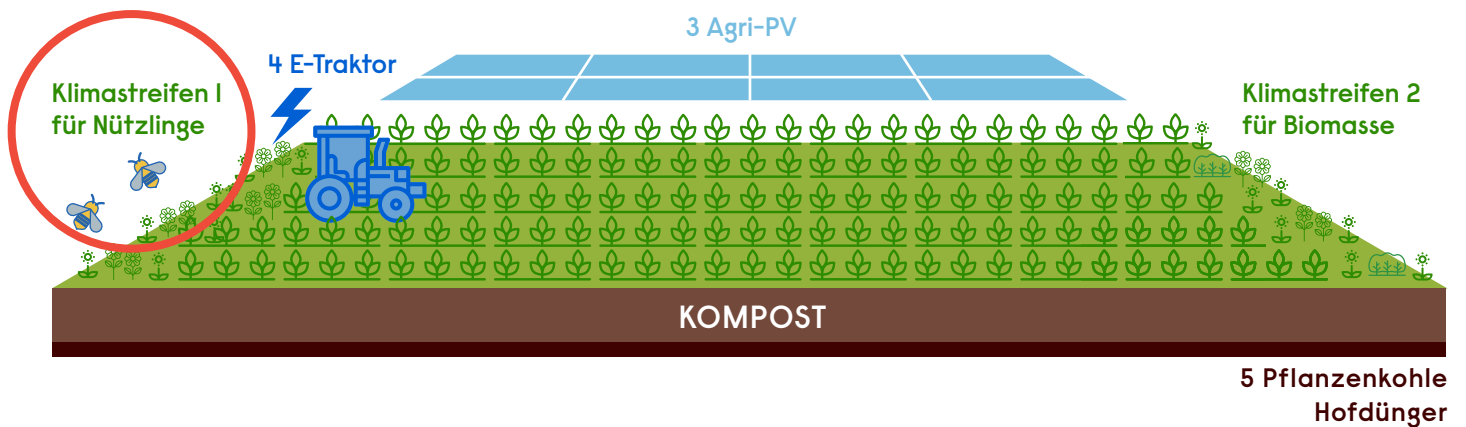
[1] Björn Embrén, Pionier der Pflanzenkohle-
Anwendung bei Stadtbäumen (Stadt Stockholm)

Vortrag beim Fachverband Pflanzenkohle:
<https://tip.de/491n>

[2] Fachartikel im the Biochar Journal: <https://tip.de/dion>

Insekten-Highways & Habitatvernetzung

Von Blühstreifen zu Blühstreifen: Flächige Steigerung der Artenvielfalt durch Vernetzung.



Probleme

- Geringer Flugradius vieler Wildbienen- und Insektenarten schränkt Lebensraum ein, sofern Blühflächen nicht direkt benachbart.
- Öffentliche Flächen oft zu nährstoffreich für artenreiche Habitate.
- Aushagerung der Habitate scheitert an fehlendem Nutzungskonzept der abzufahrenden Biomasse

Vorteile

- Vernetzte Biotope erweitern Lebensraum u.a. von vielen Wildbienenarten und erhöhen das Potential der Nützlingsleistung im Pflanzenschutzkonzept der Agrarökosysteme.
- Grünschnitt von Blühflächen kann zu Pflanzenkohle verarbeitet werden. Abfuhr des Grünschnitts -> Abhagerung öffentlicher Flächen.

Lösung in Landwirtschaft 5.0:

- Regional angepasste, mehrjährige Blühstreifen an Ackerrändern und auf öffentlichen Grünflächen mit Einsatz von Pflanzenkohle.
- Reduktion der Nährstoffverfügbarkeit in den Blühstreifen durch die Abfuhr des Aufwuchses (nach Winter) und Nutzung als Substrat in der lokalen Pyrolyseanlage.

- Zusätzliche spontane Abhagerung von Flächen durch den Einsatz von Pflanzenkohle erwartet.
- Positive Wahrnehmung in der Öffentlichkeit, gute Möglichkeiten für Marketing.

Hecken, Bäume & Biomasse vom Acker

Artenvielfalt steigern und Biomasse gewinnen.



Probleme

- Bodenerosion durch windausgesetzte, flurbereinigte Landschaft.
- Humusaufbau in tieferen Bodenschichten erfordern Tiefwurzler.

Vorteile

- Gesteigerter Humusaufbau in Baumstreifen [1]
- Bäume und Sträucher stellen wichtige Habitatstrukturen für eine Vielzahl von Tierarten bereit [2]
- Vernetzte Biotope steigern die Biodiversität beträchtlich.
- Baumstreifen als langfristige Kohlenstoffspeicher [3]
Möglichkeiten für Marketing

Lösung in Landwirtschaft 5.0:

- Regional angepasste, Biomassestreifen mit Bäumen und Sträuchern an Ackerrändern (Agroforstsysteme) und auf öffentlichen Grünflächen mit Einsatz von Pflanzenkohle.

Literatur-Quellen:

[1] Pardon, P., Reubens, B., Reheul, D., Mertens, J., De Frenne, P., Coussemont, T., Janssens, P., Verheyen, K., 2017. Trees increase soil organic carbon and nutrient availability in temperate agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 247, 98-111.
[2] Hallmann CA, et al. (2017) More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS ONE* 12(10): e0185809.

[3] Nair PKR, et al. (2009) Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. *J Plant Nutr Soil Sci* 172, 10-23.
[4] Riggers, C. et al. (2021). How much carbon input is required to preserve or increase projected soil organic carbon stocks in German croplands under climate change?. *Plant and Soil*, 460(1), 417-433.
[5] Viaud, V. et al., T. (2021). Additional soil organic carbon stocks in hedgerows in crop-

livestock areas of western France. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 305, 107174.
[6] Walter, C. et al. (2003). The effect of hedgerows on soil organic carbon storage in hillslopes. *Soil Use and Management*, 19(5), 201-207.
[7] Pardon, P. et al. 2017. Trees increase soil organic carbon and nutrient availability in temperate agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 247, 98-111.

[8] Blanco-Canqui, H. et al. 2020. Soil carbon increased by twice the amount of biochar carbon applied after 6 years: Field evidence of negative priming. *GCB Bioenergy* 12, 240-251.

Summen statt dieseln

Für Höfe mit eigener Solar-Tankstelle.



Probleme

- Treibhausgas- und Feinstaub-Emissionen durch fossilen Dieselantrieb.
- Gefahr von Öl- und Diesel-Eintrag in Böden.

Lösung in Landwirtschaft 5.0:

- Elektrische Landmaschinen und Nutzfahrzeuge.
- Strategie: Ersatz schwerer Schlepper durch Schwarm-lösungen solarbetriebener selbstfahrender Roboter.

Vorteile

- 100% erneuerbar betrieben. Treibhausgasemissionen reduziert.
- Bessere Luftqualität für Landwirt*innen.
- Keine Feinstaubbelastung.
- Deutlich höhere Energieeffizienz.
- Fahrzeuge können durch eigene Solar-Tankstelle auf dem Hof aufgeladen werden.
- Geringere Lärmbelastung.
- Verringerung der Bodenverdichtung durch kleinere, leichtere Fahrzeuge

Literatur-Quellen:

[1] www.rigitrac.ch/produkte-1/rigitrac-ske-40-electric

[2] evum-motors.com

[3] organic-agrar.de/farmdroid

[4] elektro-kraftfahrzeuge.com/

elektrofahrzeuge/elektro-landmaschinen/

Power-Sonnenschirm für Feldfrüchte

Klimawandel-Anpassung: Erntesicherung und Hagelschutz statt Sonnenbrand



Probleme

- Trockenstress + Hagelschäden durch fortschreitenden Klimawandel
- Ausbau erneuerbarer Energien muss drastisch beschleunigt werden

Vorteile

- Eigener Solarstrom für Hofbedarf (z.B. für Elektromobilität) und Vermarktung
- Verschattung zur Reduktion von Verdunstung, dadurch geringerer Wasserbedarf, Förderung Humusaufbau ist Forschungsthema.
- Ertragssteigerung bei geeigneten Kulturen
- Hagel- und Frostschutz

Lösung in Landwirtschaft 5.0:

- Horizontale oder vertikale Agri-PV-Anlagen.
- Nutzung der Pfostenreihen für Biodiversitäts- und Biomasse-Streifen.

Literatur-Quellen:

[1] Weselek, Axel, et al. "Agrophotovoltaic Systems: Applications, Challenges, and Opportunities. A Review." *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 39, no. 4, 2019, doi:10.1007/s13593-019-0581-3.
[2] Schindele, Stephan, et al. "Implementation of Agrophotovoltaics: Techno-Economic Analysis of the Price-Performance Ratio and Its Policy Implications." *Applied Energy*, vol. 265, 2020, p. 114737., doi:10.1016/j.apenergy.2020.114737.

[3] Trommsdorff, Max, et al. "Combining Food and Energy Production: Design of an Agrivoltaic System Applied in Arable and Vegetable Farming in Germany." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 140, 2021, p. 110694., doi:10.1016/j.rser.2020.110694.
[4] Barron-Gafford, Greg A., et al. "Agrivoltaics Provide Mutual Benefits across the Food-Energy-Water Nexus in Drylands." *Nature Sustainability*, vol. 2, no. 9, 2019, pp. 848-855., doi:10.1038/s41893-019-0364-5.

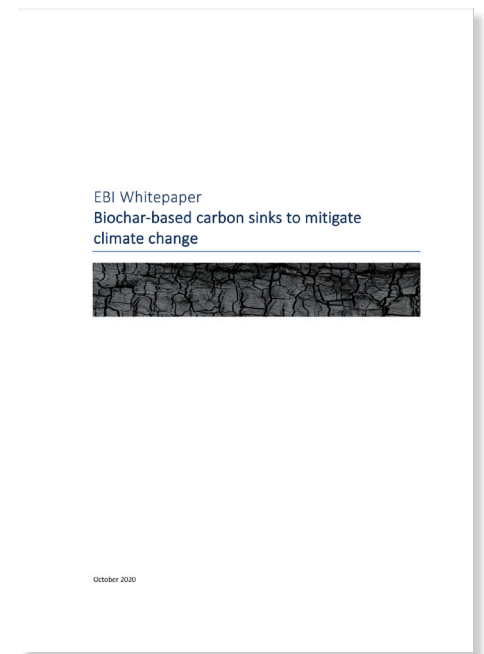
[5] Marrou, H., et al. "Microclimate under Agrivoltaic Systems: Is Crop Growth Rate Affected in the Partial Shade of Solar Panels?" *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 177, 2013, pp. 117-132., doi:10.1016/j.agrformet.2013.04.012.

[6] Valle, B., et al. "Increasing the Total Productivity of a Land by Combining Mobile Photovoltaic Panels and Food Crops." *Applied Energy*, vol. 206, 2017, pp. 1495-1507., doi:10.1016/j.apenergy.2017.09.113.

[7] GOETZBERGER, A., and A. ZASTROW. "On the Coexistence of Solar-Energy Conversion and Plant Cultivation." *International Journal of Solar Energy*, vol. 1, no. 1, 1982, pp. 55-69.,

Wissenschaftliche Literatur zu LW 5.0

Die einzelnen Elemente von Landwirtschaft 5.0 sind gut validiert.
Nun gilt es, die Synergien durch großflächige Demonstration zu bestimmen.
Jetzt ist die Zeit der Umsetzung.



Literatur-Quellen:

- [1] <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/46567>
- [2] www.biochar-industry.com/why
- [3] Böhm C, Hübner R (2020): Bäume als Bereicherung für landwirtschaftliche Flächen: Ein Innovationskonzept für die verstärkte Umsetzung der Agroforstwirtschaft in Deutschland
- [4] LfL (2017): Hecken, Feldgehölze und Feldraine in unserer Landschaft; LfL Information, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) Hrsg., 2. Aufl.; Freising
- [5] IPBES (2016). The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. Bonn, Germany
- [6] Reeg T, Bemmann A, Konold W, Murach D, Spiecker H (2009) Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen. Weinheim: Wiley-Vch.
- [7] EBC (2020), Certification of the carbon sink potential of biochar, Ithaka Institute, Arbaz, Switzerland. (<http://European-biochar.org>). Version 2.1E of 1st February 2021
- [8] EBC (2012) ‚European Biochar Certificate - Guidelines for a Sustainable Production of Biochar.‘ European Biochar Foundation (EBC), Arbaz, Schweiz
- [9] Björn Embrén, Pionier der Pflanzenkohle-Anwendung bei Stadtbäumen (Stadt Stockholm) Vortrag beim Fachverband Pflanzenkohle: <https://t1p.de/491n>
- [10] Weselek, Axel, et al. "Agrophotovoltaic Systems: Applications, Challenges, and Opportunities. A Review." *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 39, no. 4, 2019, doi:10.1007/s13593-019-0581-3.
- [11] Schindele, Stephan, et al. "Implementation of Agrophotovoltaics: Techno-Economic Analysis of the Price-Performance Ratio and Its Policy Implications." *Applied Energy*, vol. 265, 2020, p. 114737., doi:10.1016/j.apenergy.2020.114737.
- [12] Trommsdorff, Max, et al. "Combining Food and Energy Production: Design of an Agrivoltaic System Applied in Arable and Vegetable Farming in Germany." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 140, 2021, p. 110694., doi:10.1016/j.rser.2020.110694.
- [13] <http://www.ithaka-journal.net/klimapositive-landwirtschaft>

Klimaneutrale Höfe

Von der Karotte bis zu Milch und Steak.
Alles klimaneutral dank Landwirtschaft 5.0.



Probleme

- Durch landwirtschaftliche Prozesse entstehen Treibhausgase Methan und Lachgas.
- Die Emissionen aus Böden, Nutztieren und landwirtschaftlichen Prozessen können nicht vollständig vermieden werden.

Vorteile

- Alle Produkte des Hofes können als klimaneutral ausgezeichnet werden.
- Zusätzliches Einkommen durch Vergütung von Ökosystem-

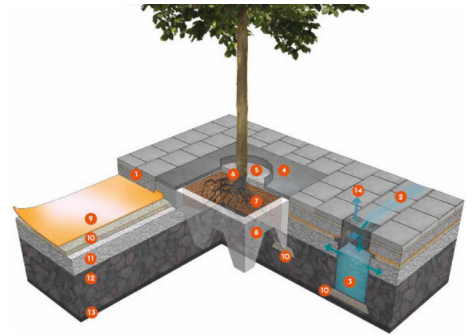
Lösung in Landwirtschaft 5.0:

- Durch Kombination der Elemente zusätzlicher Biomasse-Anbau, Pflanzenkohle und Kompostierung sowie APV können Höfe rechnerisch mehr CO₂ binden als sie ausstoßen.

Dienstleistungen möglich, z.B. C-Senken-Zertifikate.

Siebüberläufe aus der Kompostierung

Wertvolle Pflanzenkohle in der Stadt selbst herstellen,
statt kostenpflichtig verbrennen lassen.



Probleme

- Siebüberläufe aus der Kompostierung sehr ligninhaltig, schwer abbaubar.
- Hohe Entsorgungskosten.
- Bisher der Verbrennung zugeführt mit entsprechenden CO₂-Emissionen.

Vorteile

- Entsorgungskosten werden eingespart, ein Wertstoff für kommunale Grünflächen wird hergestellt.
- CO₂-Emissionen aus der Verbrennung werden eingespart, Kohlenstoff kann zum Teil dauerhaft aus der Atmosphäre entzogen werden.
- Verbesserung der Böden auf Grünflächen, Spielplätzen, etc.

Lösung in Landwirtschaft 5.0:

- Durch Pyrolyse kann wertvolle Pflanzenkohle hergestellt werden. Nach Inkrafttreten der EU-DüMV darf diese z.B. auf städtischen Flächen in den Boden eingebracht werden

- Erfolgreiches Stockholm-System zur Pflanzung von Stadtbäumen kann mit eigener Pflanzenkohle umgesetzt werden.
- Plastik-Verunreinigungen im Kompost können durch bessere Aussiebung minimiert werden.

Literatur-Quellen:

[1] Björn Embrén, Pionier der Pflanzenkohle-
Anwendung bei Stadtbäumen (Stadt Stockholm)

Vortrag beim Fachverband Pflanzenkohle:
<https://tip.de/491n>

[2] Fachartikel im the Biochar Journal:
<https://tip.de/dion>

Humuseffiziente Bewirtschaftung

Humusaufbau durch angepasste ackerbauliche Bewirtschaftungskonzepte



Probleme

- Ökonomisierte Fruchtfolgen verringern das Potential zum Humusaufbau: Trend in konventionellen, aber auch zunehmend in ökologischen Bewirtschaftungssystemen.
- Klimawandel induziert Humusabbau: Trockene Sommer, wärmere Winter.
- Rückläufiger Anbau mehrjähriger Kulturen (wie Klee gras).

Vorteile

- Höhere Zufuhr an organischer Substanz zum Humusaufbau.
- Verbesserung der Bodengesundheit/-Fruchtbarkeit.
- Anbausysteme mit besserer Klimawandel-Resilienz.
- Stabile Kohlenstoffsенke auch auf Sandböden.
- Pflanzenkohle mindert Nährstoffauswaschung und schützt das Grundwasser.

Lösung in Landwirtschaft 5.0:

- Optimierte Integration von organischen Düngern (Bewirtschaftungskonzepte).
- Integration von artenreichen Zwischenfrüchten und tiefwurzelnden Untersaaten.
- Integration von Körnerleguminosen.
- Integration von Pflanzenkohle (vor allem auf Standorten mit geringer Humusbildungsrate und -Stabilität).
- Agroforstsysteme.

Literatur-Quellen:

- [1] Poeplau, C. et al., 2015. Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops – A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 200, 33-41.
- [2] Fließbach, A. et al., 2007. Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 118, 273-284.
- [3] Gättinger, A. et al., 2012. Enhanced top

- soil carbon stocks under organic farming. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109, 18226-18231.
- [4] Paustian, K. et al., 2016. Climate-smart soils. *Nature* 532, 49-57.
- [5] Borchard, N. et al., 2019. Biochar, soil and land-use interactions that reduce nitrate leaching and N₂O emissions: A meta-analysis. *Science of The Total Environment* 651, 2354-2364.