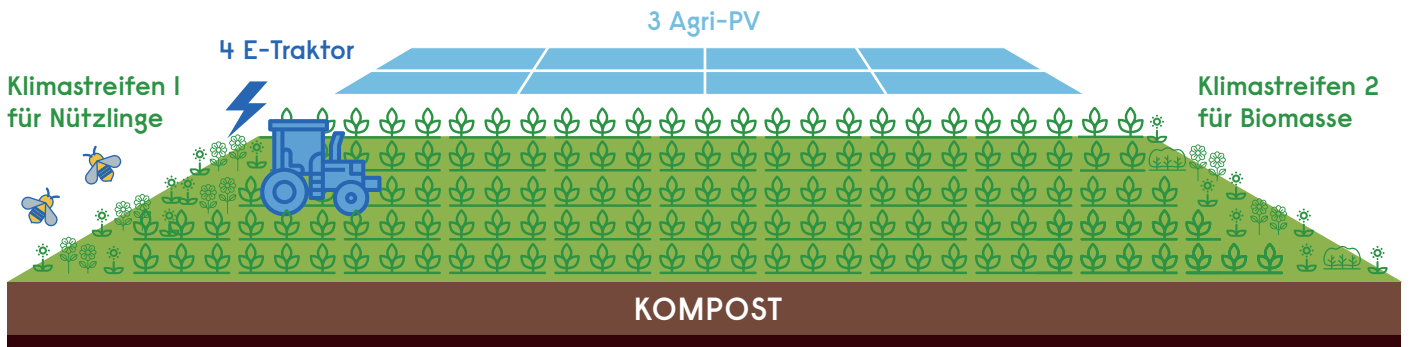


# Landwirtschaft 5.0

Klimapositive Höfe mit Zusatzeinkommen – das visionäre Gesamtprojekt



1



2



3



4



5

5 Pflanzenkohle  
Hofdünger

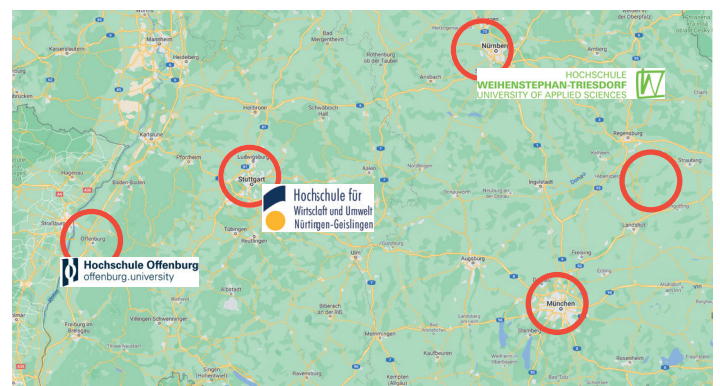
## Fünf Hauptelemente:

- 1 Klimastreifen 1: Reduktion Insektizideinsatz durch Nützlinge → Artenvielfalt steigt. Auf jedem Acker: Eine flächendeckende Lösung.
- 2 Klimastreifen 2: Kurzumtrieb und Hochstämme. Für Nützlinge und wertvolle Rohstoffe.
- 3 Pflanzenkohle: Wertvoller Rohstoff, verbessert Böden → Dürreschutz, Nitrat-Grundwasserschutz, Humusaufbau, weniger Lachgas aus Böden. Stabile C-Senke.
- 4 Agri-Photovoltaik: Fruchtbare Böden erhalten trotz PV-Ausbau mit riesigem Flächenpotential, Steigerung der Klimaresilienz in der Landwirtschaft.
- 5 E-Landmaschinen: Mit PV angetrieben, kein Feinstaub. Klein, fein, selbstfahrend.

Ein starker Beitrag unserer Höfe in der Region zur Lösung der Klimakrise und für mehr Bienen-Highways und Biodiversität. Klimapositive High-Tech-Landwirtschaft mit Chancen für Zusatzeinkommen und Erntesicherung im Klimawandel. Entwickelt vom Think Tank FYI:Landwirtschaft 5.0 mit über 45 Partner\*innen. Professionelle Kommunikationsplattform.

Forschungs- und Demonstrationsprojekt mit 5 Clustern in Bayern und Baden-Württemberg geplant. 50 Leuchttürme für die nachhaltige Landwirtschaft zum Anfassen und Erleben. Aus der Forschung direkt in die Praxis. Regional verwurzelt und nah bei den Menschen.

Finanzbedarf: 39 M€



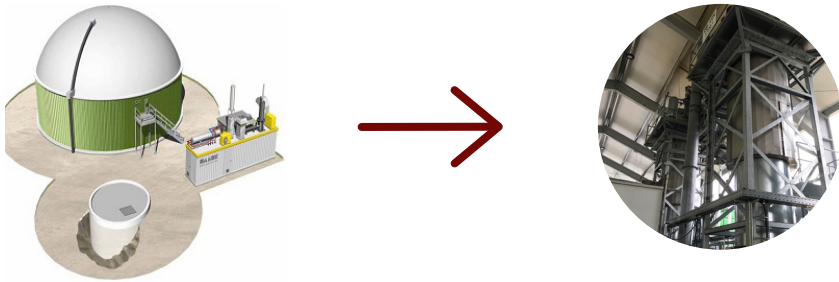
# FYI: LW 5.0

Ein starkes Konsortium aus Praxis, Wirtschaft und Wissenschaft.



# 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:

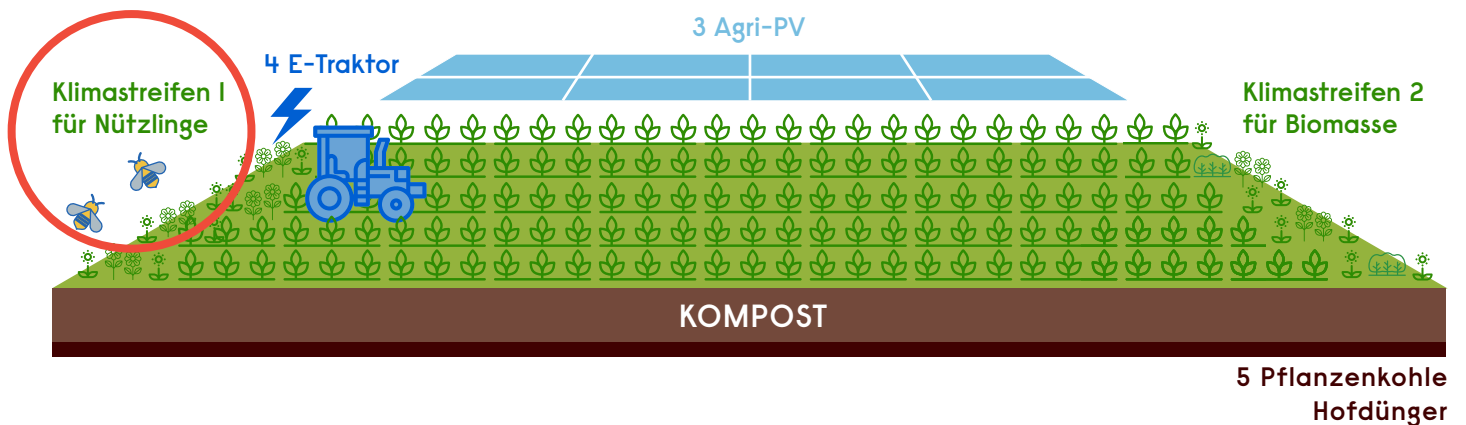
[1] Björn Embrén, Pionier der Pflanzenkohle-Anwendung bei Stadtbäumen (Stadt Stockholm)

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](http://www.rigitrac.ch/produkte-1/rigitrac-ske-40-electric)

[2] [evum-motors.com](http://evum-motors.com)

[3] [organic-agrar.de/farmdroid](http://organic-agrar.de/farmdroid)

[4] [elektro-kraftfahrzeuge.com/](http://elektro-kraftfahrzeuge.com/)

[elektrofahrzeuge/elektro-landmaschinen/](http://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.

- Vielfach höhere Effizienz durch PV statt Mais-Photosynthese -> Biogas -> BHKW (Faktor >10)
- Flächenmehrfachnutzung

### 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.

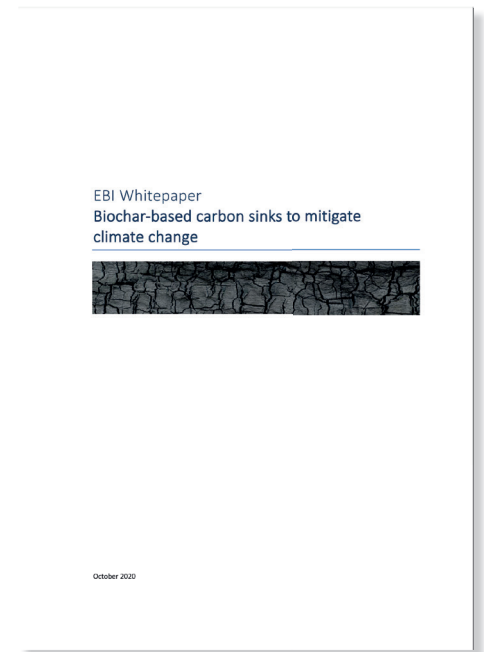
[5] Marrou, H., et al. "Microclimate under Agrivoltaic Systems: Is Crop Growth Rate Affected in the Partial Shade of Solar Panels?" *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 177, 2013, pp. 117-132, doi:10.1016/j.agrformet.2013.04.012.

[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](http://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.

## Lösung in Landwirtschaft 5.0:

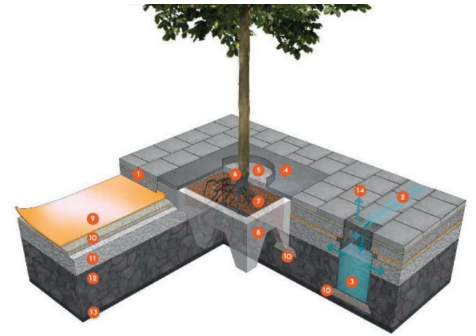
- Durch Kombination der Elemente zusätzlicher Biomasse-Anbau, Pflanzenkohle und Kompostierung sowie APV können Höfe rechnerisch mehr CO<sub>2</sub> binden als sie ausstoßen.

## Vorteile

- Alle Produkte des Hofes können als klimaneutral ausgezeichnet werden.
- Zusätzliches Einkommen durch Vergütung von Ökosystem-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 CO<sub>2</sub>-Emissionen.

## 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

## Vorteile

- Entsorgungskosten werden eingespart, ein Wertstoff für kommunale Grünflächen wird hergestellt.
- CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Verbrennung werden eingespart, Kohlenstoff kann zum Teil dauerhaft aus der Atmosphäre entzogen werden.
- Verbesserung der Böden auf Grünflächen, Spielplätzen, etc.
- 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).

## 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.

## Vorteile

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

### 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 N<sub>2</sub>O emissions: A meta-analysis. *Science of The Total Environment* 651, 2354-2364.