





# TERRA SANO

Revitalisierung einer Mühle am Land

MASTERARBEIT





Walter Frühwirth, BSc

# TERRA SANO

Revitalisierung einer Mühle am Land

## MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

Masterstudium Architektur

eingereicht an der

**Technischen Universität Graz**

Betreuer

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. MDesS Harvard MLA

Klaus K. Loenhardt

Institut für Architektur und Landschaft

Graz, Mai 2018



## **EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG**

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit identisch.

---

Datum

---

Walter Frühwirth, BSc





<b>Prolog</b>	<b>Seite 13</b>
<b>Einleitung und persönlicher Zugang</b>	<b>Seite 15</b>

## I. SYSTEME VERSTEHEN UND ZUSAMMENHÄNGE ERKENNEN

<b>Ernährungssicherheit</b>	<b>Seite 21</b>
- Was werden wir essen?	
- Tank, Trog oder Teller?	
- Klimawandel und Ernährungssicherheit.	

<b>Landwirtschaft</b>	<b>Seite 29</b>
- Entwicklungsgeschichte	
- Künstlicher Dünger	
- Wachse oder weiche!	
- Interessen von Handel und Industrie...	

<b>Boden</b>	<b>Seite 37</b>
- „...zum Leben darfst du zurück.“	
- Eine Hand voll bester Gartenerde....	
- Humus	
- Was die Humusschicht für uns leistet.	
- Zustand unserer Böden	
Verweht und weggespült - Erosion	
Versalzen	
Asphaltiert und zubetoniert	
- Was ist zu tun?	

<b>Klimawandel</b>	<b>Seite 49</b>
- Das Klima verändert sich durch menschliche Einflüsse.	
- Weitreichende Auswirkungen...	
- Potential des Bodens als „Gegenspieler“ des Klimawandels:	

### **Wie entsteht Humus**

Seite 57

- Rohstoff
- Käfer, Larven, Springschwänze, Regenwürmer....
- Die „Nährhumus“-Baumeister
- Bedarfsgerechte Ernährung
- Humuskreislauf - ein verlustfreies System
- Bedeutung von Kohlenstoff und Stickstoff
- C/N-Verhältnis
- Maßnahmen zum Humusaufbau/Humusabbau

### **Terra Preta -**

#### **Mit Schwarzerde den Klimawandel aufhalten**

Seite 65

- Entstehung der Terra Preta
- Schwarzerde herstellen
- Biokompost
- Hygienisierung
- Klimarelevanz des Kompostes
- Gesteinsmehl
- Ziegelsplitt

### **Biokohle - Pflanzenkohle**

Seite 73

- Herstellung von Pflanzenkohle
- Trockene Karbonisierung
- PYREG-Verfahren
- Die Kohle die rauskommt...
- Trägermittel für Nährstoffe und Habitat für Mikroorganismen
- Anwendung der Pflanzenkohle
- Zukunftspotential der Pflanzenkohle

## II. BESTEHENDES ERKENNEN UND ZUKUNFT FORMEN

### **Mühlen**

Seite 83

- (Techn.) Entwicklungsgeschichte der Getreidemühlen
- Kunstmühle...
- Die Praxis der Müllerei und ihre historische Bedeutung
- Bindeglied zur Landwirtschaft - vom Tauschen...
- Wirtschaftliche Bedeutung in Österreich heute

<b>Mühlen der Region</b>	<b>Seite 89</b>
- Was mit den Mühlen geschah	
<b>Bestand</b>	<b>Seite 91</b>
- Geschichte	
- Substanzanalyse	
- Resümee	
<b>Planungsgebiet - Kontext</b>	<b>Seite 99</b>
- Gebäudestruktur	
- Entwicklungspotential - Zielsetzung	
<b>Entwurf</b>	<b>Seite 103</b>
- Struktur, Verschmelzung, Transformation	
- Pflanzkohleanlage	
- Wärmenutzung	
- Rohstoffrocknung	
- Pflanzkohlesilo	
- Kompostierung	
- Auslieferung	
- Auditorium	
- Ausstellung	
- Labor	
- Werkstatt	
- Versuchsäcker	
- Volksschule	
- Wohnbau	
- Subsistenzgärten	
- Gartenchalets	
<b>Regionale Auswirkungen</b>	<b>Seite 125</b>
<b>Epilog</b>	<b>Seite 127</b>

#### Gender-Hinweis

Im Sinne einer besseren Lesbarkeit des Textes wurde entweder die männliche oder weibliche Form von Personen bezogenen Hauptwörtern gewählt. Dies bedeutet keinesfalls eine Benachteiligung des jeweils anderen Geschlechts.



# Prolog

13. August 2017

Ein heißer Sommertag. Die Sonne brennt auf den Vorplatz der alten Mühle, die seit über 600 Jahren an dieser Stelle steht. Hier vor dem Eingang haben die Bauern ihre Fuhrwerke angebunden um das Korn zum Vermahlen zu bringen. „Mühhfahr'n“ war eine Abwechslung im Alltag der Landwirte und oft mit einer Tagesreise verbunden.

Ich betrete die Mühle. Durch die meterdicken Steinmauern ist es hier immer angenehm kühl. Ich bin gerne hier an so heißen Tagen und genieße die Atmosphäre. Still ist es, still wie damals, wenn mein Vater nach einem langen, anstrengenden Arbeitstag den Riemen abgeworfen hat und die Maschinen langsam verstummen. Die letzten Zuckungen, ein Schnaufen, noch ein Knarren im Gebälk, dann war nur noch das Rauschen des Mühlbaches zu hören.

Der alte Schreibtisch steht noch an seinem Platz. Hier wurden die Geschäfte mit den Bauern abgewickelt und diese über die neuesten Futtermischungen, Saatgut oder Düngemittel informiert. Oft war dieser Ort auch weit mehr als die Arbeitsstelle zur Abwicklung der geschäftlichen Praxis. Nach dem Umtausch kam der Austausch und so machten die Agrarier noch ihren Problemen Luft oder man erzählte sich den neuesten Tratsch.

Über eine steile Treppe geht es in den ersten Stock. Wie beschwerlich musste es wohl gewesen sein, bevor es Elevatoren für das Getreide gab. Das Mahlgut musste in Jutesäcken, von denen einer über einhundert Kilogramm wog, nach oben getragen werden um dort zum Mahlen aufgeschüttet zu werden. Im ersten Stock riecht es immer noch nach Mehl, obwohl hier schon seit vielen Jahren nicht mehr gemahlen wurde. Leer stehende Walzenstühle, Sortiersiebe, Mischanlagen und andere Geräte sind Zeugen der einst für die Ernährung so wichtigen Tätigkeit. Die Erzeugung von Mehl für Brot stellte einen Grundpfeiler der Ernährung sicher.

Der Mansarddachstuhl knackt beängstigend, doch das ist nur die Hitze, von der die Balken gedehnt werden. Dieses Gemäuer könnte viel erzählen. Zweimal wurde die Mühle durch Brände vernichtet und immer wieder errichtet. Sehr gerne würde auch ich diesen alten Räumen noch einmal Leben einhauchen.

Mir ist klar, dass es nicht mehr die Erzeugung von Mehl sein kann, die hier, mit der alten Mühleneinrichtung, wieder Einzug halten wird. Ich überlege, woher Mehl kommt, woher das Getreide?

Alles beginnt im Boden - vielleicht ist das der Schlüssel zur Neuausrichtung?

# Einleitung und persönlicher Zugang

Seit tausenden Jahren stellen Mühlen ein wichtiges Bindeglied der Nahrungsmittelproduktion vom Bauern bis zum Konsumenten dar. Diese Aufgabe kommt ihnen zweifelsfrei auch heute noch zu, jedoch haben global handelnde Akteure die Denkweisen und Strukturen der Landwirtschaft und der gesamten Gesellschaft verändert. Das Betreiben einer kleinen Mühle am Land ist unter den derzeit vorherrschenden Rahmenbedingungen nicht opportun.

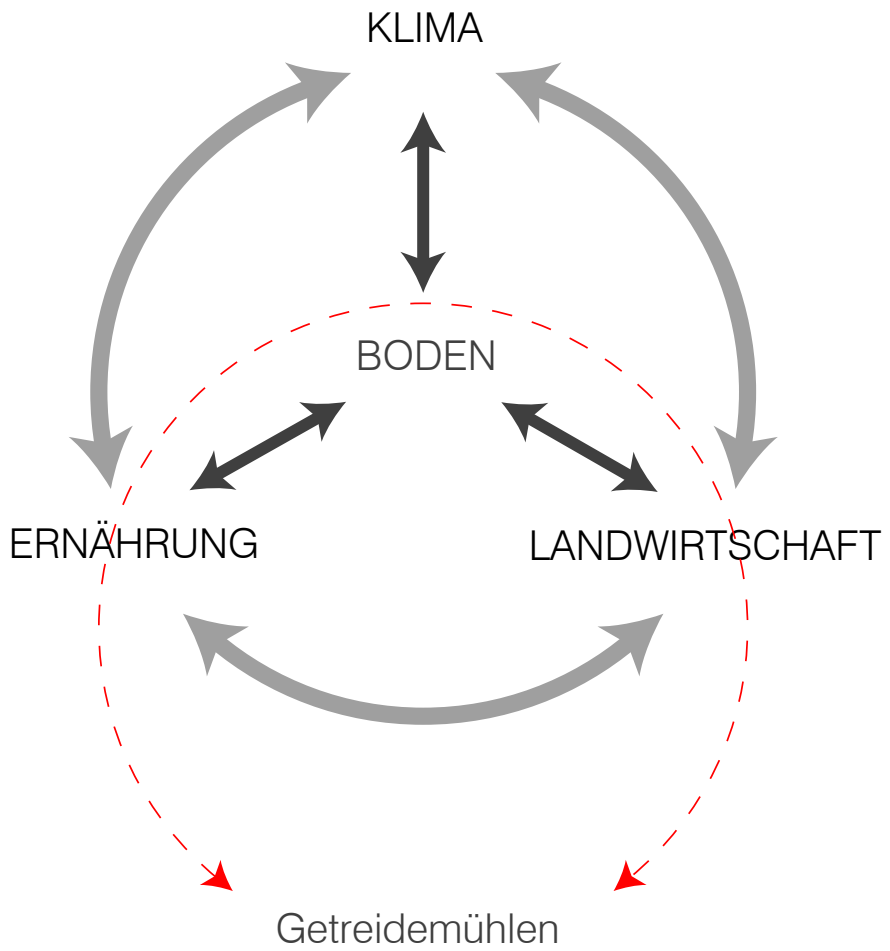
Die Auseinandersetzung mit diesem Thema soll keine vergangenheitsverliebte Aufarbeitung nach dem Motto: „Früher war alles besser“ sein. Ich bin von den Vorteilen von Diversität und klein strukturierten Betrieben überzeugt. Ihren Protagonisten bieten sie den Nährboden für innovatives Denken.

## **größer, höher, schneller....**

Die Legende des Erfolgs und grenzenlosen Wachstums hat längst tiefe Risse bekommen. Mein Anstoß um über das in unserer heutigen Gesellschaft als Usus geltendem, ständigem Streben nach Mehr nachzudenken, war das Buch „Der Große Weg hat kein Tor“ von Masanobu Fukuoka. Die zentrale Frage seiner Denkweise ist: „Wie wäre es, dies nicht zu tun? Warum jenes nicht unterlassen? Dabei meint er keineswegs eine „faule“ Bewirtschaftungsweise der Landwirtschaft, sondern ein bewusstes Abwägen der Entscheidung etwas zu tun. Nicht immer muss der Weg, der mehr Wachstum, mehr Umsatz bringt der richtige sein.

Masanobu Fukuoka

Bauer und Philosoph (2.2.1914 – 16.8.2008), Sohn eines Reisbauern auf der südjapanischen Insel Shikoku. Er studierte Pflanzenpathologie und arbeitete beim Zollamt in Yokohama. Als er 25 Jahre alt war, überkamen ihn Zweifel an seiner Arbeit und er stellte alles in Frage, was er über die moderne Wissenschaft gelernt hatte. Er stellte fest, dass sich der Mensch, angesichts der Natur, die absolut ist, nicht als Wissender und Herrscher über sie, begreifen darf. Fukuoka kehrte in sein Heimatdorf zurück, um seine Überlegungen in der Praxis umzusetzen.





„In den nächsten Jahrzehnten wird die Ernährung einer wachsenden Weltbevölkerung und das Sicherstellen von Nahrungsmittel- und Ernährungssicherheit für alle Menschen von einer steigenden Nahrungsmittelproduktion abhängen. Dies bedeutet wiederum eine nachhaltige Nutzung unserer endlichen Ressourcen sicherzustellen.“

(Ban Ki-moon, ehem. UN-Generalsekretär)

In dieser Arbeit werde ich die Zusammenhänge von Ernährung, Klima und Landwirtschaft betrachten und aus allen Blickwinkeln den Fokus auf das wichtigste Gut der Menschheit richten - den Boden. Am Rande dieser Reflexion werde ich die Entwicklungen der Getreidemühlen in diesem Umfeld im Auge behalten, deren Aufgabe mit der Verarbeitung des Korns klar definiert ist. Ziel dieser Arbeit soll es sein, aus dieser Rolle heraus, eine neue Position in der Kette der Nahrungsmittelproduktion zu besetzen und eine alte Mühle mit neuen Funktionen zu beladen.

Mein persönlicher Zugang zu diesem Thema ist die in meinem Familienbesitz stehende, 1395 erstmals auf dieser Liegenschaft erwähnte, Pockmühle. Diese wurde von meinem Vater bis zum Jahr 1992 als Lohn- und Handelsmühle und danach noch von mir bis zum Jahr 2007 als Futtermühle betrieben.

Die Zukunftsaufgabe der Pockmühle sehe ich in der Aufwertung der Böden mit Terra Preta und der Schaffung eines neuen Bodenbewusstseins. Durch die Einlagerung von Pflanzenkohle in den Boden und aktiven Humusaufbau wird ein wertvoller Beitrag zur Ernährungssicherheit und zur Senkung der Treibhausgase geleistet. Die Revitalisierung der alten Mühle soll den Ort aufwerten, beleben und die Entwicklung soziokultureller Beziehungen begünstigen.



SKIP  
HIRE

NO  
FLAMES



# I. SYSTEME VERSTEHEN UND ZUSAMMENHÄNGE ERKENNEN

# Ernährungssicherheit

## Was werden wir essen? Werden wir satt werden?

Fragen, deren Beantwortung eine der größten Herausforderungen dieses Jahrhunderts sein werden. Klimawandel, ein zunehmender Wettstreit um natürliche Ressourcen, wirtschaftliche Faktoren und Finanzkrisen beeinflussen diese Aufgabe.

Die Welternährungsorganisation FAO definiert vier Dimensionen für Ernährungssicherung:

- Verfügbarkeit: Genug Lebensmittel sind dort verfügbar, wo sie benötigt werden.
- Zugang: Die Menschen haben einen gesicherten Zugang zu diesen Lebensmitteln, sie können also angemessene Nahrung anbauen oder kaufen.
- Nutzung: Die Lebensmittel können angemessen und bedarfsgerecht verwendet und verwertet werden - gesunde Zubereitung, körperliche Gesundheit als Voraussetzung zur Nahrungsaufnahme.
- Dauerhaftigkeit: Die Versorgung mit Lebensmitteln ist langfristig stabil - von regionalen Missernten unabhängig.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> BMEL 2015, 6  
Abb. 1: Food Waste (Doppelseite)

Nach Schätzungen der Welternährungsorganisation FAO haben 815 Millionen Menschen regelmäßig nicht genug zu essen. Dabei fahren die Landwirte heute nicht nur in absoluten Zahlen die größten Ernten aller Zeiten ein, sondern auch pro Kopf der wachsenden Weltbevölkerung. Vollständig und so effektiv wie möglich als Lebensmittel eingesetzt könnte diese Ernte 12-14 Milliarden Menschen ernähren.<sup>2</sup>

Die Weltbevölkerung wächst und wächst. Bis 2050 ist mit einem Anstieg der Bevölkerung auf etwa 9,8 Milliarden Menschen zu rechnen und bis zum Ende des Jahrhunderts könnten sogar 11,2 Milliarden Menschen unseren Planeten besiedeln.<sup>3</sup>

Die Lösung des Problems scheint also in der richtigen Verteilung zu liegen. Der vollständige und effektive Einsatz der Lebensmittel ist aber noch in weiter Ferne.

### **Tank, Trog oder Teller?**

Jede Pflanze, jeder Quadratmeter Ackerfläche lassen sich nur einmal nutzen. Land- und Forstwirtschaft haben schon immer Nahrung für die Menschen, Futter für die Nutztiere und auch Rohstoffe (Bau- und Brennholz, Leder, Wolle, Flachs, Hanf etc.) geliefert. Aus Gründen des Klima- und Umweltschutzes wurden und werden zunehmend Öl und andere fossile Rohstoffe durch nachwachsende Rohstoffe substituiert. Diese „biobasierte Wirtschaft“ eröffnet der Land- und Forstwirtschaft zwar neue Einkommensmöglichkeiten, nimmt aber auch natürliche Ressourcen - fruchtbare Böden, Süßwasser - in Anspruch.<sup>4</sup>

---

2      Zukunftsstiftung Landwirtschaft, Hunger im Überfluss 2017  
3      vgl. UN, World Population Prospects 2017  
4      vgl. BMEL 2015, 5,



A



1 ha



B



C



- A Empfohlene Tagesdosis lt. dt. Gesellschaft f. Ernährung: 2700 kcal, mittlerer Aktivitätslevel, 25 bis 51 Jahre, männlich
- B Futtermittelmix Mais, Soja, Gras für Schlachtrinder 600 kg LG, Ausbeute 60%, Umtrieb 18 Monate
- C Kalorienbedarf nur durch Rindfleisch gedeckt

Abb. 2: Kalorieneffizienz

Weltweit gehört der Anbau von Futtermittel für Nutztiere und der Verzehr von Fleisch seit Jahrtausenden zur landwirtschaftlichen Praxis. Die Tiere liefern Dünger, verwerten Abfälle, tragen zur Bodenbearbeitung bei und arbeiten als Zug- und Lasttiere. Bis Fleisch, Milch und Eier auf unseren Tellern landen, muss aber ein gewaltiger Kalorienverlust in Kauf genommen werden. Dieser liegt bei Geflügel bei 2:1, bei Schweinen, Milch und Eiern bei 3:1 und bei Rindern bei 7:1. Dementsprechend groß ist auch der Flächenbedarf.<sup>5</sup> Um einen Kilo Kartoffel zu erzeugen benötigt man 250 Liter Wasser. Pro Kilo Rindfleisch fallen - Bewässerung der Futtermittelfelder, Stallreinigung etc. mit eingerechnet - ca. 15 000 Liter Wasser an.<sup>6</sup>

Gemessen an 1950 hat sich der „Fleischgenuss“ mehr als verdoppelt, seit 1850 vervierfacht. Der durch die Fleischproduktion verursachte Flächenbedarf entspricht in Deutschland der Hälfte der gesamten zur Verfügung stehenden landwirtschaftlichen Nutzfläche. Um also genügend Futtermittel bereitstellen zu können, müssen gewaltige Mengen an Soja importiert werden. Das schraubt den Flächen-Fußabdruck, den unsere sehr fleischbetonte Ernährung zurücklässt, natürlich in die Höhe. Hierbei handelt es sich um Flächen die außerhalb Europas, insbesondere in Brasilien und Argentinien liegen, deren Urbarmachung erhebliche Auswirkungen auf Klima und Biodiversität haben.<sup>7</sup>

---

5 vgl. Zukunftsstiftung Landwirtschaft, Fleisch und Futtermittel 2017

6 vgl. BMEL 2015, 15

7 vgl. WWF 2011, 6-7



## **Klimawandel und Ernährungssicherheit**

Der Klimawandel hat in mehrfacher Hinsicht Auswirkungen auf die Ernährungssicherheit: Die steigenden Temperaturen beeinflussen die Wachstumsbedingungen der Pflanzen. Viele Pflanzen werden sich nicht anpassen können und werden entweder ihre Verbreitungsgebiete verlagern, oder sogar ganz verschwinden. Die Niederschlagsmuster werden durch den Klimawandel in vielen Teilen der Welt verändert werden. Das kann z.B. gravierende Auswirkungen auf den Regenfeldbau haben einen negativen Effekt bei der Bodenerosion durch Starkregenereignisse hervorrufen. Hitzewellen, Überflutungen, Stürme und eine Verknappung der Wasserressourcen sind zu erwarten. Der prognostizierte Anstieg des Meeresspiegels droht, in Küstenebenen und Flussdeltagebieten, fruchtbarste Ländereien zu überfluten oder zur Versalzung des Grundwassers beizutragen.<sup>8</sup>

Zwischen Boden und Klima bestehen komplexe Wechselbeziehungen mit sich verstärkenden Rückkoppelungseffekten. Wasser und Kohlenstoff werden gespeichert und können wieder freigesetzt werden. Böden spielen eine zentrale Rolle im Klimageschehen<sup>9</sup>

„60 führende Regierungen dieser Erde haben 500 Wissenschaftler damit beauftragt eine epochale Bestandsaufnahme dessen zu machen, was wissen wir über die Landwirtschaft der letzten 50 Jahre und welche Herausforderungen kommen auf uns in den nächsten 50 Jahren zu. Und sie sagen, wenn wir so weiter arbeiten wie wir es in den letzten 50 Jahren getan haben, dann werden wir in den nächsten 50 Jahren die Menschheit nicht ernähren können und den Planeten ruinieren.“<sup>10</sup>

---

8 vgl. Germanwatch 2014

9 Bundesverband Boden 2017

10 vgl. Haerlin 2016, TC: 00:13:15 - 00:13:50







# Landwirtschaft

## Entwicklungsgeschichte

Landwirte bauen Pflanzen an und halten Tiere, um sich und andere Menschen ernähren zu können. Bereits im späten 6. Jahrtausend v. Chr. wurden in Mitteleuropa die ersten Landwirtschaften als Kombination von Ackerbau und Viehzucht betrieben.<sup>1</sup>

Im Mittelalter betrug der Anteil der bäuerlichen Bevölkerung etwa 90 Prozent. Die Bauern gehörten zum dritten Stand, der die Basis für den Reichtum des ersten und zweiten Standes, Klerus und Adel, erarbeitete und für die Versorgung der Bevölkerung mit Nahrungsmitteln sorgte. Obwohl sie diese gesellschaftlich wichtige Aufgabe erfüllten, genossen sie nur niedriges Ansehen und ihrer schweren, körperlichen Arbeit wurde geringe Wertschätzung entgegengebracht. Sie waren wirtschaftlich, rechtlich und sozial von ihren Grundherren abhängig. Ihre Nahrung bestand aus Lebensmitteln, die sie selbst produzierten. Milchprodukte, Fleisch, Eier, Kohl, Rüben, Hülsenfrüchte und Getreide wurden verzehrt. Aus dem Getreide wurde ein zähflüssiger Brei hergestellt oder später auch Brot gebacken.<sup>2</sup>

Seit dem 19. Jahrhundert findet in der Landwirtschaft ein ständig fortschreitender technisierungsprozess statt. Die Erträge konnten dadurch enorm gesteigert werden. Ende des 19. Jahrhunderts begann der Einsatz von Kunstdünger an Bedeutung zu gewinnen.



Der Dritte Stand trägt die Lasten der anderen zwei Stände. Er stützt sich dabei auf seine Hacke (Aufschrift: „Von Tränen benetzt“), aus seiner Tasche hängen Zettel mit „Steuern“, „Zehnt“, „Fron- und Militärdienst“, seine Saat wird von gefräßigen Rebhühnern und Hasen aufgefressen (adliges Jagdprivileg). Der Abbé ist geprägt von Prunksucht, der Degen des Herzogs ist „von Blut gerötet“.<sup>1</sup>

Payer 2003

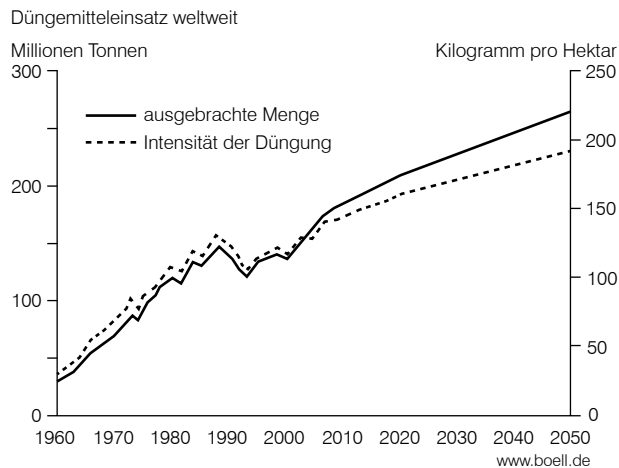
1 vgl. FWF 2006

2 vgl. Moser

Abb. 3: Ernte (Doppelseite)

## Künstlicher Dünger: Durchbruch im 19. Jahrhundert

Als Visionär der Agrikulturchemie entpuppte sich der in Darmstadt geborene Chemiker Justus von Liebig (1803-1873). Schon 1840 formulierte er: „Als Prinzip des Ackerbaus muss angesehen werden, dass der Boden in vollem Maße wiedererhalten muss, was ihm genommen wurde; in welcher Form dieses Wiedergeben geschieht, ob in der Form von Exkrementen, oder von Asche oder Knochen, dieses ist wohl ziemlich gleichgültig. Es wird eine Zeit kommen, wo man den Acker, wo man jede Pflanze, die man darauf erzielen will, mit dem ihr zukommenden Dünger versieht, den man in chemischen Fabriken bereitet.“<sup>3</sup>



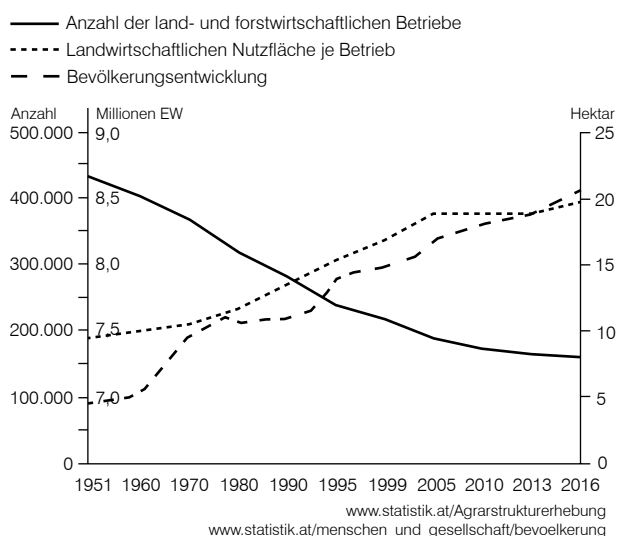
### größer, höher, schneller....

In den letzten 50 Jahren konnte der Ertrag landwirtschaftlicher Betriebe durch die immer günstiger verfügbaren, technischen Hilfsmittel und Maschinen nochmals gesteigert werden. Besonders der für die Verbrennungsmotoren erforderliche Treibstoff war sehr billig zu erhalten. Das wirkte sich natürlich positiv auf die Erträge in der Landwirtschaft aus und trieb den Technisierungsprozess voran.

<sup>3</sup> Westdeutsch Rundfunk 2017  
Tab. 1: Düngemitelesatz

„Ein Prozess ist um so »produktiver«, je weniger Menschen in der Produktion involviert sind.“<sup>4</sup>

Diese Ertragssteigerung hinterlies natürlich auch ihre Spuren. Durch die intensive Nutzung wurden die Böden stark beansprucht. Es wurde und wird noch immer versucht diesen Eingriff in das natürliche System durch die Möglichkeiten des „Fortschritts“ zu kompensieren.



## Wachse oder weiche!

Die Formen der Landwirtschaft haben sich massiv verändert. Die Anzahl der Betriebe in Österreich ist seit Beginn der Aufzeichnungen im Jahre 1951 um mehr als 60 % zurückgegangen.<sup>5</sup> In den Jahren nach dem EU-Beitritt Österreichs haben zwischen 1995 und 2005 jährlich 5000 Betriebe ihre Tätigkeit beendet. Sie haben dem Druck der Globalisierung nicht standgehalten. Danach ist zwar ein Rückgang der Betriebsschließungen zu verzeichnen (1700 Betriebe/Jahr)<sup>6</sup>, dieser ist aber einem vorangegangenen Strukturwandel geschuldet.

<sup>4</sup> Shiva 2009, 11

<sup>5</sup> Statistik Austria, Agrarstrukturhebung 2017

<sup>6</sup> Statistik Austria, Erste Ergebnisse der Agrarstrukturhebung 2016, 2017

Tab. 2: Bevölkerung/Landwirtschaft Entwicklung

Wer konkurrenzfähig bleiben wollte musste sich spezialisieren und den Betrieb auch flächenmäßig vergrößern, um noch effizienter produzieren zu können.

Die durchschnittlich Betriebsgröße von 19,7 ha<sup>7</sup> nähert sich dem europäischen Schnitt von 27 ha an. In Nordamerika beträgt die Durchschnittsgröße 121 ha und in Mittel- und Südamerika 67 ha. 95 Prozent der Bauernhöfe liegen in Asien und Afrika. Deren Betriebsgröße liegt unter 2 ha.<sup>8</sup>

Welcher Trend sich hier für Europa in Hinblick auf den Abschluss diverse Freihandelsabkommen abzeichnet liegt auf der Hand. Wie sich Österreich auf diesem Markt aufgrund seiner speziellen topografischen Lage positioniert bleibt abzuwarten.

### **Interessen von Handel und Industrie...**

Aus ökonomischen Gesichtspunkten sollen kleinbäuerliche Strukturen, durch die Überschwemmung des Marktes mit billigen Lebensmitteln, verdrängt werden.

Der Grund für diese Entwicklung liegt auf einer Ebene, die mit den Landwirten erst einmal gar nichts zu tun hat. Alles was der Mensch in seine Grundbedürfnisse steckt, hat er nicht mehr für andere Güter zur Verfügung. Das Interesse der Industrie und der Konsumwirtschaft ist es, die Preise für Lebensmittel niedrig zu halten.<sup>9</sup>

Je größer die Abhängigkeit der Bauern von global operierenden Konzernen ist, um so besser können diese das Arbeitsfeld der Bauern beeinflussen. Modernes Saatgut, das speziell auf Ertrag gezüchtet wird, ist nicht für den Wiederaanbau geeignet und muss vom Landwirt jährlich neu gekauft werden. Ohne Spritzmittel geht es scheinbar nicht und in welcher Form sich gentechnisch veränderte Pflanzen, die widerstandsfähiger gegen Krankheiten und Spritzmittel sein sollen, auf Nahrungsmittel und Gesundheit auswirken ist noch ungewiss.<sup>10</sup>

---

7 Statistik Austria, Erste Ergebnisse der Agrarstrukturerhebung 2016, 2017

8 vgl. BMEL 2015, 5

9 vgl. Haerlin 2016, TC: 00:23:55 - 00:24:30

10 vgl. Parlamentsdirektion 2015



Ein Ausbruch aus dieser Abhängigkeit ist angesichts der Verpflichtungen und Verbindlichkeiten, die sich die Landwirte aufgebürdet haben, sicherlich nicht leicht, scheint aber erstrebenswert, will der Bauer nicht wieder im Mittelalter ankommen und in neuer Form seinem Grundherren dienen.

Der Rolle des Landwirtes sollte wesentlich mehr Bedeutung beigemessen werden. Schließlich kommen ihm wichtige Aufgaben, wie die Bereitstellung von gesunden Nahrungsmitteln und schonender Umgang mit unseren Böden, als Einflussgröße des Klimawandels, zu.



Abb. 4: Zukunft der Landwirtschaft







Im Schweiße deines Angesichts sollst du dein Brot essen,  
bis du zurückkehrst zum Ackerboden;  
von ihm bist du ja genommen.  
Denn Staub bist du,  
zum Staub musst du zurück.<sup>1</sup>

Diese oft zitierte Stelle aus der Bibel beschreibt den organischen Zerfall unserer sterblichen Hülle. Es wird alles abgeworfen, was zum Bau eines Organismus nötig ist. Mineral wird wieder zu Mineral, Kohlenhydrat zu Kohlensäure und Wasser, das komplizierte Eiweiß aufgespalten bis in seine einfachsten Verbindungen. Es wird alles wieder zu Muttererde.<sup>2</sup>

## **Müsste es nicht heißen „...zum Leben darfst du zurück.“**

Leider ist das Bewusstsein für die Bedeutung des Bodens für unser Leben vielfach verloren gegangen. Im Bauwesen sieht man den Boden als Untergrund von Bauwerken, der dafür entsprechend vorbereitet werden muss. Der Bauherr betrachtet seinen „Grund und Boden“ als Ware, die er zum ortsüblichen Preis pro Quadratmeter gekauft hat.

Die konventionelle Landwirtschaft benutzt den Boden als Nährstoffbehälter, dem die durch Pflanzen entzogenen Nährstoffe durch mineralische Dünger wieder zugesetzt werden müssen.

Doch Boden ist viel mehr als eine tote Masse.

---

1 Mose, 3.19  
2 Hennig 2011, 13  
Abb. 5: Boden (Doppelseite)

**Eine Hand voll bester Gartenerde enthält mehr lebende Organismen als es Menschen auf der Erde gibt!**



Abb. 6: „Eine Hand voll Erde“

Zu den mit bloßem Auge erkennbaren Lebewesen kommen unvorstellbare Mengen von Kleinlebewesen hinzu.

In einem Quadratmeter guten Boden stecken in den obersten 30 Zentimetern schätzungsweise 1 Billion Bakterien, 500 Milliarden Geißeltierchen, 100 Milliarden Wurzelfüßer, 10 Milliarden Strahlenpilze, 1 Milliarde Pilze, 1 Million Algen, 1 Million Wimpertierchen, 1 Million Fadenwürmer, 50.000 Springschwänze, 25.000 Rädertiere, 10.000 Borstenwürmer, 300 Vielfüßler, 150 Kerbtiere, 100 Zweiflüglerlarven, 100 Käfer und Larven, 80 Regenwürmer und je 50 Schnecken, Spinnen und Asseln.<sup>3</sup>

All diese Organismen sind für den Humusaufbau verantwortlich.

## Humus

Als Humus wird die Gesamtheit der abgestorbenen und zersetzten organischen Substanzen eines Bodens bezeichnet. Humus besteht aus einer Vielzahl komplexer Verbindungen, die durch Bodenorganismen umgewandelt werden. Kohlenhydrate und Eiweiße werden schnell zersetzt, Zellulose oder Holzbestandteile werden langsamer abgebaut. Humus ist jedoch weit mehr als die Summe seiner biologischen, chemischen oder physikalischen Eigenschaften. Er ist die unverzichtbare Grundlage des Lebens im und auf dem Boden und verhält sich fast schon wie ein eigenständiger lebender Organismus. Pflanzen stellen den Bodenlebewesen Pflanzensäfte und abgestorbene Pflanzenreste zur Verfügung und erhalten im Gegenzug Nährstoffe - jeder lebt von jedem und versorgt jeden. Dieser Humuskreislauf baut einen stabilen Dauerhumus auf, der über Jahrhunderte stabil bleibt und für die Bodenstruktur (Krümelbildung) verantwortlich ist.

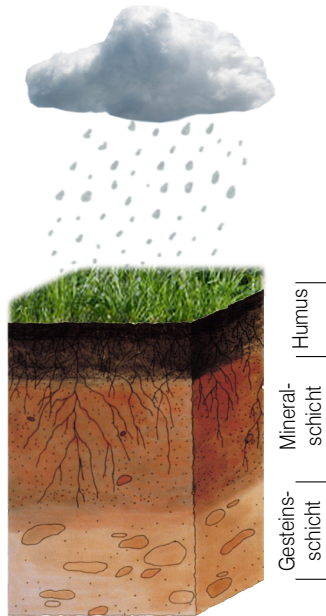
„Humus wird aus dem Leben vom Leben für das Leben geschaffen“ fasste der deutsche Mikrobiologe und Naturphilosoph Raoul Heinrich Francé (1874 bis 1943) diesen Prozess treffend zusammen.<sup>4</sup>

Betrachtet man die 5 bis 50 Zentimeter dicke Humusschicht, die noch weite Teile unseres Planeten bedeckt, und vergleicht sie mit dem Durchmesser der Erde von etwa 12.700 Kilometer, wird man sich der Verletzlichkeit dieser hauchzarten Schicht bewusst.

## Was die Humusschicht für uns leistet:

Humus ist ein großer Wasserspeicher:

1 % Humus  
speichert  
400 m<sup>3</sup> Wasser  
pro Hektar



Ein Prozent Humusgehalt im Boden können zusätzlich ca. 400 m<sup>3</sup> Wasser pro Hektar speichern. Humusreiche Böden können Starkregenereignisse besser verkraften und sind wesentlich widerstandsfähiger gegen Trockenperioden. Das Wasser wird durch den Humus gefiltert. Schadstoffe werden gebunden und abgebaut. Humoser Boden hinterlässt sauberes Trinkwasser.<sup>5</sup>

Humus speichert Nährstoffe:

Durch mikrobiellen Abbau der Humusbestandteile werden organisch gebundene Elemente (Kohlenstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Phosphor, Schwefel, Wasserstoff) in pflanzenverwertbare Verbindungen umgewandelt und langsam an die Pflanzen abgegeben.<sup>6</sup> Auf Dünge- und Pflanzenschutzmittel kann verzichtet werden.

Humus schafft einen gut belüfteten Boden:

Dadurch wird die mikrobielle Aktivität positiv beeinflusst. Das Wurzelwachstum nimmt zu und baut eine stabiles Gefüge auf, das resistenter gegen Bodenverdichtung und Erosion ist.<sup>7</sup> Wichtig dabei ist die Dauerbegrünung der Äcker und der Umstieg auf eine pfluglose Bearbeitungsweise.

5 vgl. CarboCert

6 vgl. Weindl

7 ebda.

Tab. 3: Wasserspeicher



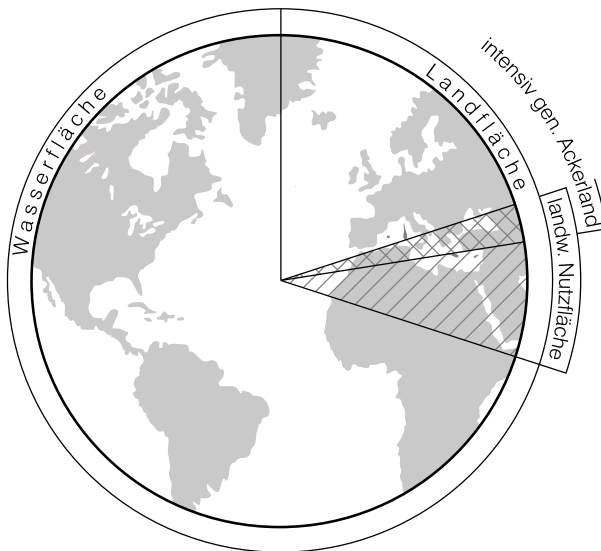
Humus speichert Kohlenstoff:

Biologisch bewirtschaftete Böden sind als CO<sub>2</sub>-Senken anzusehen. Durch den kontinuierlichen Humusaufbau werden jährlich durchschnittlich 400-500 kg CO<sub>2</sub>/ha gebunden. Bei konventioneller Bewirtschaftung kommt es häufig sogar zu einem Humusabbau und einer damit verbunden durchschnittlichen Freisetzung von bis zu 200 kg CO<sub>2</sub>/ha.<sup>8</sup>

### Zustand unserer Böden:

Die Landfläche der Erde beträgt 29,3 Prozent (das sind 149,4 Millionen km<sup>2</sup>) der Gesamtoberfläche.<sup>9</sup>

Etwa die 50 Millionen km<sup>2</sup> davon sind heute in landwirtschaftliche Nutzflächen umgewandelt.<sup>10</sup> Davon wird ein Viertel intensiv als Ackerland genutzt. Die zerstörerische Bearbeitungsweise der Landwirtschaft durch Übernutzung und/oder falsche Bewirtschaftung, sowie von Menschen verursachte Umweltveränderungen gefährden die Böden massiv, und damit auch die Sicherheit unserer Nahrungsmittelversorgung.<sup>11</sup>



8 vgl. Forschungsinstitut für biologischen Landbau 2011  
9 vgl. Wikipedia, Landfläche 2017  
10 vgl. Factfish 2014  
11 vgl. Paeger 2013  
Tab. 4: Flächenverteilung

## Verweht und weggespült - Erosion:

Hauptgrund für die Erosion ist eine nicht an den Standort angepasste Bewirtschaftung. Die konventionelle, industrielle Landwirtschaft verwüstet den Boden von dem sie erntet. Kahlschläge führen zum abschwemmen der Humusschicht, da das schützende Blätterdach und vor allem die festigende Durchwurzelung fehlen. Staubstürme tragen den Humus, der durch intensive Bewirtschaftung und fehlenden Dauerbegrünung, schutzlos ist, davon.

Hat die natürlich Erosionsrate in Afrika, in 900 bis 3.000 Jahren, nur zweieinhalb Zentimeter betragen, so liegt sie heute bei bis zu einem Zentimeter pro Jahr. Ein Viertel aller Böden haben sich in ihrer Qualität verschlechtert. Die Verwüstung und Verödung ganzer Landstriche schreitet rasant voran.<sup>12</sup>



Abb. 7: verweht



Abb. 8: weggespült

12 vgl. Scheub/Pieplow/Schmidt 2014, 21

## **Versalzen:**

Die Bodenbewässerung in Trockenländern führt zu einer Versalzung der Böden. Die im Wasser enthaltenen Salze verdunsten nicht mit, reichern sich im Boden an und machen diesen unbrauchbar.<sup>13</sup>



Abb. 9: versalzen

## **Asphaltiert und Zubetoniert:**

Der Anteil an versiegelten Flächen, die für Natur und landwirtschaftliche Nutzung für alle Zeit verloren gehen, wächst dramatisch an. Österreichweit werden pro Tag 6 Hektar zubetoniert oder asphaltiert und weitere 9 Hektar anderweitig verbaut.<sup>14</sup> In den letzten zehn Jahren ist der Versiegelungsgrad um fast zehn Prozent auf 41,3 Prozent der Landesfläche gestiegen.<sup>15</sup> Einmal zubetoniert, ist der Boden kaum noch fruchtbar zu machen.

---

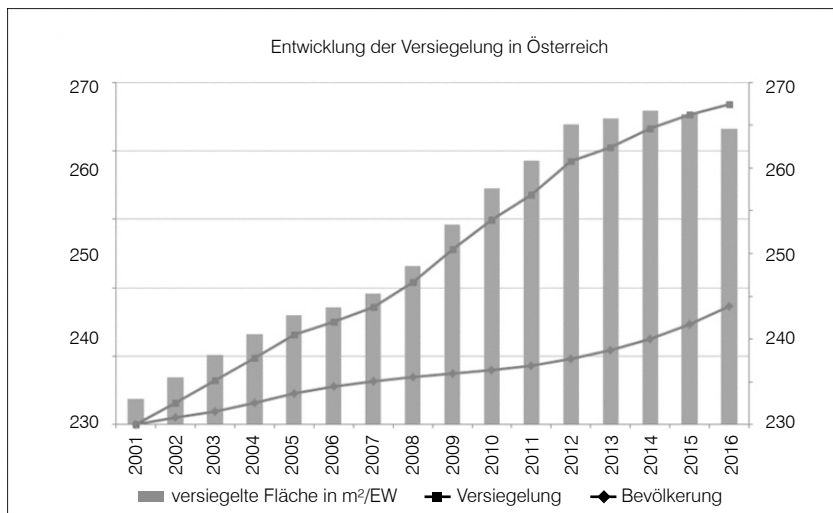
13 vgl. Paeger 2013

14 Pflüch 13

15 Umweltbundesamt 2006 und 2016



Abb. 10: asphaltiert



Derzeit stehen der Menschheit pro Kopf noch etwa 2000 Quadratmeter Ackerland zur Verfügung. Durch die wachsende Weltbevölkerung und Verarmung der Böden wird diese pro Kopf nutzbare Fläche bis 2050 auf 1500 Quadratmeter schrumpfen. Jedes Jahr gehen 5 bis 7 Hektar Ackerboden verloren.<sup>16</sup>

16 vgl. Trux 2011, 11-20  
Tab. 5: Versiegelung

## **Was ist zu tun?**

Der Weltagrarbericht plädiert für eine Renaissance bodenkundlichen Wissens in der industriellen wie kleinbäuerlichen Landwirtschaft. Aufbau, Erhalt und Pflege der Fruchtbarkeit der weltweit unterschiedlichsten Bodentypen ist die oberste Prämisse zur Absicherung der Ernährung der Menschheit.

Dazu gehören der Schutz vor Wasser- und Winderosion, der Verzicht auf Überdüngung und Übernutzung und die Einschränkung der Versiegelung wertvoller Flächen, sowie die Verhinderung der Verdichtung durch schweres Gerät oder unnötige und zu tiefe Bearbeitung mit dem Pflug.<sup>17</sup>

---

<sup>17</sup> vgl. Zukunftsstiftung Landwirtschaft, Bodenfruchtbarkeit und Erosion 2017





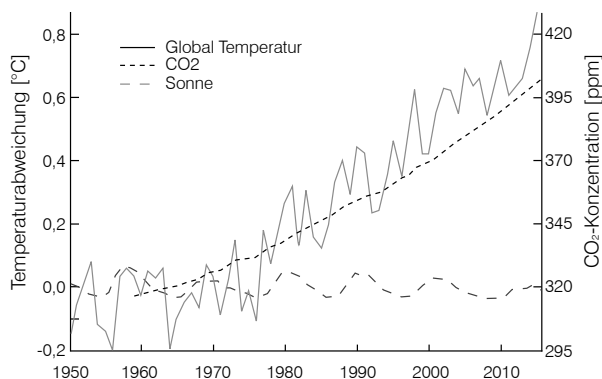




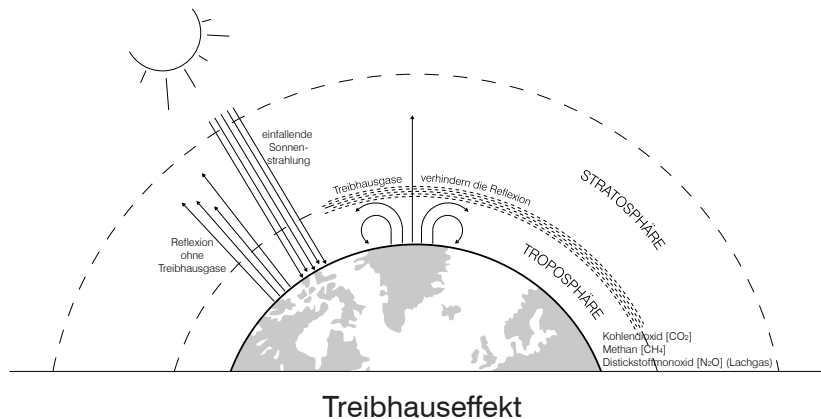
# Klimawandel

## Das Klima verändert sich und das beruht auf menschliche Einflüsse.

Dies bestätigt der fünfte Sachstandsbericht des IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Im gesamten Klimasystem finden seit Mitte des letzten Jahrhunderts vielfältige Veränderungen statt. Veränderungen, die in dieser Form in den vorangegangenen Jahrzehnten bis Jahrtausenden noch nie aufgetreten sind. Aktivitäten des Menschen sind mit großer Sicherheit die Hauptursache der aktuellen Klimaerwärmung. Die Freisetzung von Treibhausgasen - Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>), Lachgas (N<sub>2</sub>O) - treibt die Erwärmung voran. Die Konzentration von Kohlendioxid in der Atmosphäre ist heute so hoch wie nie zuvor in den zurückliegenden 800 000 Jahren (410 ppm CO<sub>2</sub>). Bei gleichbleibender Emissionsrate wäre Mitte dieses Jahrhunderts ein dermaßen hoher CO<sub>2</sub>-Wert (430 - 480 ppm) in der Atmosphäre erreicht, dass die globale Mitteltemperatur über 2°C gegenüber dem vorindustriellen Niveau (280 ppm CO<sub>2</sub>) ansteigen würde. Vielfältige und deutliche Veränderungen wären zu erwarten, wie etwa regional unterschiedliche Zu- oder Abnahme der Niederschläge, Rückgang von Eis und Schnee (Gletscherschmelze), Anstieg des Meeresspiegels und der Meerestemperatur, Versauerung der Ozeane durch die vermehrte Aufnahme von CO<sub>2</sub> und häufigeres Auftreten von Wetterextremen (Starkregenergie, Hitzewellen).<sup>1</sup>



1 vgl. IPCC 2013  
Abb. 11: Klimawandel (Doppelseite)  
Tab. 6: Temperatur/CO<sub>2</sub>



**Zunehmender Klimawandel verlangsamt das Wirtschaftswachstum, gefährdet die Ernährungssicherheit, verschärft soziale Ungleichheiten und birgt die Gefahr gewaltsamer Konflikte und verstärkter Migrationsbewegungen.<sup>2</sup>**

### **Weitreichende Auswirkungen...**

Welche weitreichenden Auswirkungen der Klimawandel auf den Erfolg der Landwirtschaft, die Sicherung unserer Ernährung und nicht zuletzt dem Fortbestand der Menschheit hat liegt auf der Hand. Die bäuerlichen Betriebe sind aber nicht nur Leidtragende des Klimawandels, sondern besonders die industrielle Landwirtschaft ist zu einem großen Teil verantwortlich für die jetzige Situation.

Intensiven Verwendung von fossilen Rohstoffen sowie Humusverlust und damit verbundenes entweichen von  $\text{CO}_2$  in die Atmosphäre haben erheblichen Anteil am Klimawandel.<sup>3</sup> Das besonders klimawirksame Methan kommt zu 50 Prozent aus der Landwirtschaft, bei Lachgas sind das sogar 70 Prozent. Eine Tonne Methan hat die gleiche Klimawirkung wie 21 Tonnen Kohlendioxid, eine Tonne Lachgas entspricht sogar 310 Tonnen Kohlendioxid. Insgesamt ist fast ein Drittel des durch Menschen verursachten Klimateffekts auf die Landwirtschaft und mit ihr verbundene Aktivitäten zurückzuführen.<sup>4</sup>

<sup>2</sup> IPCC 2013  
<sup>3</sup> vgl. Scheub/Pieplow/Schmidt 2014, 74  
<sup>4</sup> vgl. Witzke 2007  
 Tab. 7: Sonneneinstrahlung

## Potential des Bodens als „Gegenspieler“ des Klimawandels:

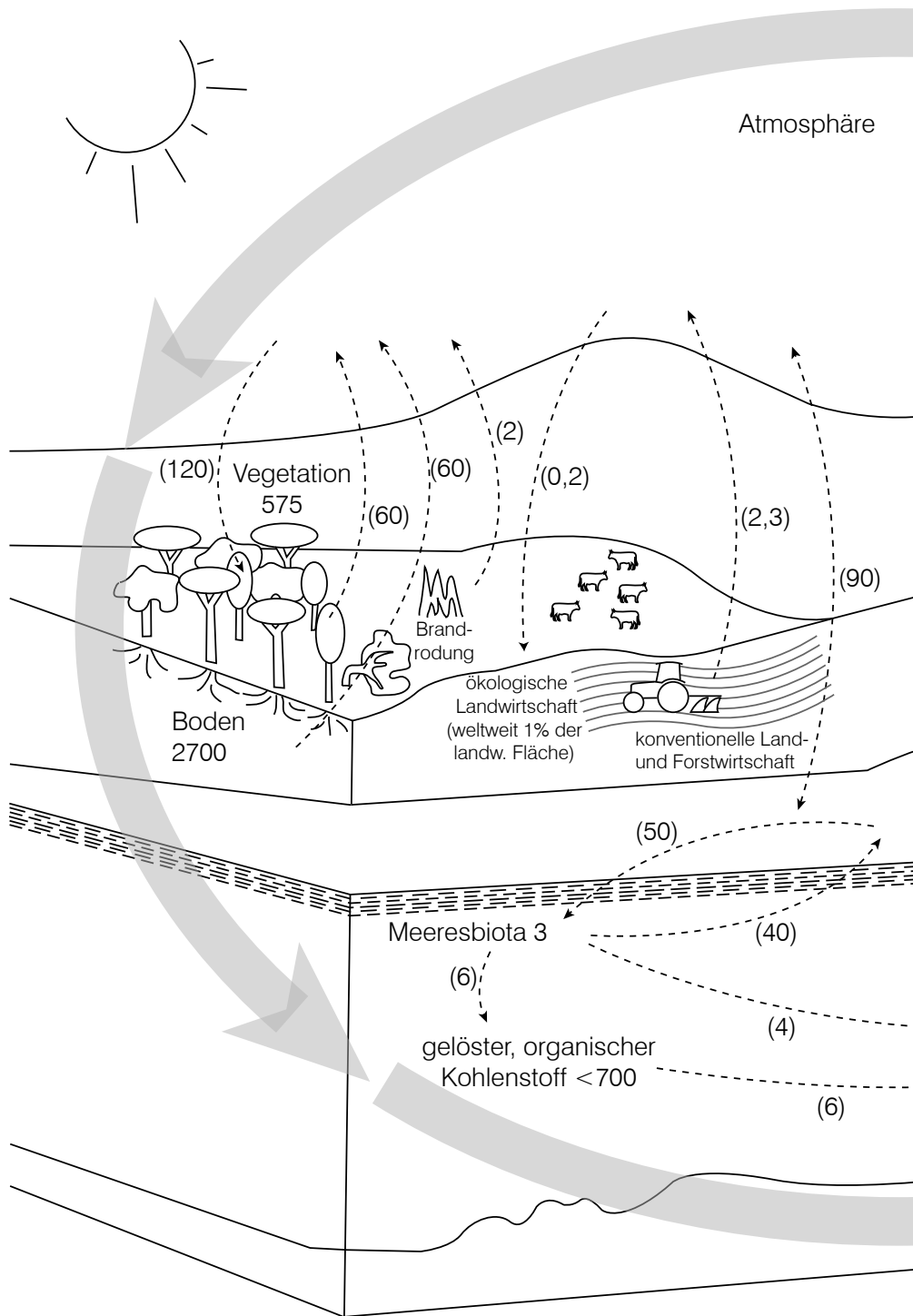
So untrennbar wie Boden und Klima miteinander verbunden sind, so groß ist auch die Bedeutung des Bodens für den Klimaschutz.

Es hängt von der Aktivität der Bodenmikroorganismen ab, wieviel Treibhausgase aus dem Boden entweichen können. Eine sauerstoffarme Bewirtschaftung (feucht, pfluglos) verlangsamt den Abbau organischer Substanzen. Stabilisierungsprozesse durch Bodenorganismen bauen zusammen mit Pflanzenwurzeln Minerale und organische Partikel zu sogenannten Aggregaten auf. In deren Innerem ist organischer Kohlenstoff eingelagert, der langfristig im Boden gespeichert bleibt.<sup>5</sup>

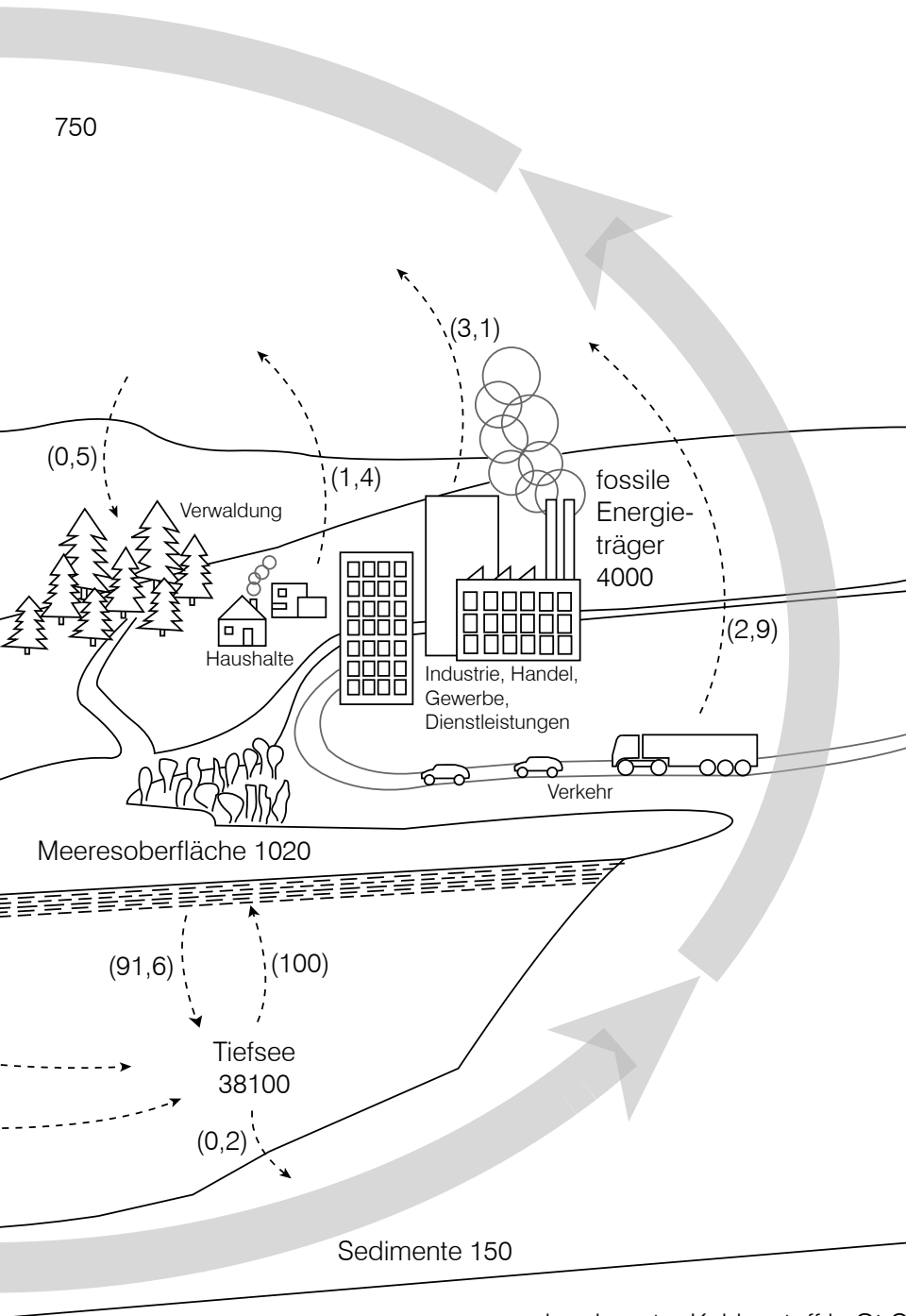
Durch konventionelle Landwirtschaft verliert natürlicher Boden in 50 Jahren etwa 50 Prozent des Kohlenstoffs. Im Boden sind etwa 2.700 Gigatonnen Kohlenstoff, in der Vegetation etwa 575 Gigatonnen gespeichert. Durch Umwandlung der Wälder in Ackerland gehen 50 bis 75 Prozent davon verloren.<sup>6</sup> Eine Tonne Kohlenstoff entspricht 3,67 Tonnen CO<sub>2</sub>. Durch eine Humus aufbauende Bewirtschaftung können neben einer Ertragssteigerung zur Ernährungssicherung große Mengen an Kohlenstoff, Methan und Lachgas, langfristig im Boden gebunden werden.

---

5 vgl. Hertrich 2015, 3-4  
6 ebda., 2



Tab. 8: Kohlenstoffkreislauf



.... eingelagerter Kohlenstoff in Gt C  
 (...) Kohlendioxid in Gt/a C

www.statista.com  
 www.weltagrarbericht.de  
 www.agrar.hu-berlin.de  
 www.oekosystem-erde.de









# Wie entsteht Humus

## Rohstoff:

Zunächst muss für die Humusproduktion einmal Rohmaterial vorhanden sein. Dabei handelt es sich um die Gesamtheit der organischen zur Verfügung stehenden Masse. Das sind Ernte- und Wurzelrückstände (Stroh, Laub, Pflanzenabfälle) aber auch Siedlungsabfälle, Grünschnitt, Klärschlamm und organische Industrieabfälle können in den Humus eingebunden werden. Alles Verrottbare ist Rohstoff für die Humusproduktion.

## Käfer, Larven, Springschwänze, Regenwürmer....

Die organische Substanz wird von einer Vielzahl von Tieren und Mikroorganismen (erste Gruppe) zerlegt. Käfer, Larven und Springschwänze zerkleinern den organischen Bestand des Abfalls, Regenwürmer ziehen die Abfälle in ihre Röhren, wo sie von Pilzen und Bakterien angegriffen und zerlegt werden. Im angereicherteren Zustand werden diese Abfälle dann wieder vom Regenwurm gefressen. Jeder Organismus hinterlässt „Abfälle“, die vom nächsten Organismus wieder als Nahrung verwendet werden können.

### Exkurs - Regenwurm

Der Regenwurm vermischt den Boden und bringt Organik in tiefere Schichten. Die Gänge erhöhen die Stabilität des Bodens und die Wasseraufnahmefähigkeit. Kanäle sind leicht durchwurzelbar.

!!! Bodenbearbeitung zerstört die Regenwurmgänge und er muss verhungern, da er nicht mehr an die Bodenoberfläche zur Nahrungssuche kommt!



Abb. 13: Regenwürmröhren

Regenwürmröhren bieten ideale Bedingungen zur Durchwurzelung

Die organische Substanz wird bis zu einzelnen „Bausteinen“ zerlegt. Teilweise bleiben aber auch komplexe Verbindungen bestehen, die dann direkt in den Humus eingebunden werden.

Die abbauenden Mikroorganismen sind gegenüber Umweltbedingungen weitgehend unempfindlich. Ihre Arbeit erfolgt hauptsächlich aerob (mit Sauerstoff).

### **Die „Nährhumus“-Baumeister:**

Mikroorganismen zweiter Gruppe sind wesentlich empfindlicher hinsichtlich ihrer Umweltbedingungen. Sie bauen aus den vorhandenen Bausteinen den „Nährhumus“ auf. Das sind einfachen organische Verbindungen, die auch leicht wieder abgebaut werden können. Für diese Prozesse benötigt die empfindliche Mikrobiologie einen entsprechenden Lebensraum mit Feuchtigkeit und Sauerstoffversorgung. Je schlechter diese Bedingungen, desto mehr dieser Bausteine gehen verloren (z.B. in Form von Nitrat ins Grundwasser oder Lachgas, Methan und Kohlendioxid in die Atmosphäre).

In der Praxis gibt es zwar oft genug „Bausteine“ aus Maisstroh und Gülle, jedoch fehlen die Lebensbedingungen um wirklich Humus aufbauen zu können.

Unter schlechten Bedingungen kann es daher sinnvoll sein, die organische Masse abzutransportieren, gezielt zu kompostieren und dann wieder auf dem Feld auszubringen.

### **Bedarfsgerechte Ernährung:**

Die dritte Gruppe der Mikroorganismen leben in Symbiose mit den Pflanzen. Sie ernähren sich von den Wurzelausscheidungen der Pflanze und liefern im Gegenzug Nährstoffe, die sie aus dem Nährhumus und dem Mineralboden herauslösen. Das ist die bedarfsgerechteste Ernährung die es gibt. Damit dieses System funktioniert, sind ein hoher Humusgehalt (6%) und vielfältige Biologie erforderlich.

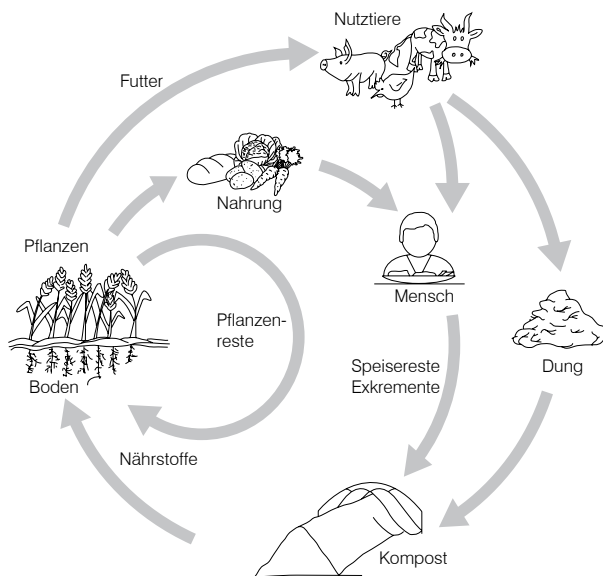
Der große Vorteil dieses Systems liegt auch darin, dass ohne Pflanzenwurzeln keine Nährstoffe freigesetzt werden können. Damit ist ein Nährstoffverlust (z.B. Nitrat auswaschung in Grundwasser) ausgeschlossen. Wenn am Nährhumus immer mehr angelagert als abgebaut wird, geht er in Dauerhumus über.

## Humuskreislauf - ein verlustfreies System:

Der Dauerhumus steht im Zentrum des Humuskreislaufes. Er bildet den Lebensraum für die Mikroorganismen. Er speichert Wasser, versorgt die Biologie durch seine Struktur mit Luft, reguliert die Lebensbedingungen und ist Grundvoraussetzung für ein stabiles System.

Humusaufbau bedeutet den Versuch, diesen optimalen Kreislauf wieder herzustellen.

In der Anfangsphase ist es daher nötig den Aufbau mit größeren Kompostmengen zu starten (100-150 m<sup>3</sup>/ha), da auf schlecht belebten Böden die organische Masse nur vergammeln würde und verloren ginge<sup>1</sup>.



## Bedeutung von Kohlenstoff und Stickstoff:

Humus besteht zu 58% aus Kohlenstoff. Kohlenstoff gibt es in der Natur zur Genüge, nur wie gelingt es uns diesen zu binden bzw wie kann man die Oxidation zu CO<sub>2</sub> vermeiden?

1 vgl. Dunst, 2011, 32-37  
Tab. 9: Nährstoffkreislauf

Wer Pflanzen setzt, Bäume pflanzt und Äcker unter Dauerbegrünung hält, praktiziert aktive Kohlenstoffbindung. Die Sonne liefert Energie über die Pflanze in den Boden. Brach liegenden Äcker bringen Verluste.

Durch Kompostierung kann 50% des Kohlenstoff in Humus umgewandelt werden (Terra Preta bis 80%)<sup>2</sup>.

In 1% Humus sind 2000-2500 kg Stickstoff gebunden. Das bedeutet, Humus besteht zu 6% aus Stickstoff. Wo kommt dieser her? Wie kann verhindert werden, dass er wieder ausgewaschen wird und zu Gewässerverunreinigungen führt?

Zum Humusaufbau muss möglichst viel Stickstoff organisch gebunden in Form von Humus oder Kompost vorliegen. Stickstoff in Nitrat- oder Ammoniumform kann leicht ausgewaschen oder in gasförmigen Stickstoff umgewandelt werden und geht dementsprechend leicht verloren. Für Wirtschaftsdünger ist Umwandlung des Stickstoffes in seine organisch gebundene Form dringend erforderlich. Bei Gülle und Jauche ist das nur begrenzt möglich. Diese sollten daher nur sparsam (10m<sup>3</sup>/ha) eingesetzt werden, da es sonst zu einer Versalzung und Humusabbau kommt<sup>3</sup>.



Abb. 14: Roter Klee - Stickstofflieferant

---

2 vgl. Dunst 2011, 38-41  
3 ebda., 41-43

### **C/N-Verhältnis:**

In einem stabilen Humus herrscht immer ein C/N-Verhältnis von 10. Das bedeutet, dass 10 mal so viel Kohlenstoff wie Stickstoff vorliegt. Böden deren C/N-Verhältnis unter 9 liegt, neigen dazu Stickstoff freizusetzen (Nitratprobleme) und Böden mit einem Wert von über 11 bauen den vorhandenen Stickstoff sofort in den Humus ein (N-Blockade). Durch die Auswahl der Kompost-Rohstoffe kann ein zu enges oder zu weites C/N-Verhältnis korrigiert werden. Auch eine Stickstoffnachlieferung mit Gülle, Jauche, Stallmist oder Handelsdünger ist bei einem zu weitem C/N-Verhältnis möglich.

Aufgrund strenger Düngungsregeln im Biolandbau und zu wenig Stickstoff bleiben die Humussteigerungen hier oft hinter den Erwartungen. Alle anderen Bedingungen werden erfüllt<sup>4</sup>.

### **Maßnahmen zum Humusaufbau/Humusabbau:**

Gründüngung, Fruchtfolge, Mischkulturen, Untersaaten, Agroforstkulturen, Minimalbodenbearbeitung und organische Düngung fördern den Humusaufbau. Monokulturen, intensive Bodenbearbeitung, Mineraldünger, Güllewirtschaft, Pestizideinsatz und Grünlandumbruch führen zum Humusabbau. Wichtig ist brachliegende Acker zu vermeiden (auch im Winter) da diese auch zu Humusabbau führen. Durch die ganzjährige Begrünung herrscht neben einer hohen Pflanzenvielfalt auch eine entsprechende Wurzelvielfalt. Kohlenstoff wird gebunden und bei einem entsprechendem Anteil an Leguminosen wird auch genügend Luftstickstoff zur Humusproduktion bereitgestellt. Ein humusreicher Boden ist wesentlich resistenter gegenüber jeder Form von „Unkraut“. Mais verträgt wesentlich mehr an Unterwuchs als viele glauben, ohne dass es zu einer Nährstoffkonkurrenz kommt<sup>5</sup>.

Funktioniert die Bodenbiologie, können Nährstoffe in ausreichender Menge zur Verfügung gestellt werden. Ziel sollte es sein, einen stabilen Gleichgewicht mit einem Humusgehalt von 6-8% herzustellen. Der Boden ernährt die Pflanze dann ohne direkte Pflanzendüngung<sup>6</sup>.

Ein sorgsamer Umgang mit der Bodenbiologie ist für die Nutzung der Ressource Humus unumgänglich.

---

4 vgl. Dunst 2011, 43-45

5 ebda., 89-102

6 ebda., 45-46









# Terra Preta - Mit Schwarzerde den Klimawandel aufhalten

Spanische Eroberer berichteten im 16. Jahrhundert nach ihrer Rückkehr aus Südamerika von einer blühenden Kultur in Amazonien. Zahlreiche Dörfer sollen sich durch Ackerbau ernährt haben, nach Schätzungen und archäologischen Funden sollen bis zu 10 Mio. Menschen in Amazonien gelebt haben. Aber wie wurde die Ernährung sichergestellt? Die roten Verwitterungsböden im Regenwald von Amazonien sind viel zu nährstoffarm, um eine solch große Anzahl von Menschen ernähren zu können.<sup>1</sup>

In den 1960er Jahren entdeckten Forscher am Zusammenfluss von Amazonas, Rio Negro und Madeira eindeutige Überreste großer präkolumbianischer Zivilisation. Voller Zweifel zogen die Wissenschaftler später zu neuerlichen Bodenuntersuchungen aus, um eine Erklärung dafür zu finden, wie die vielen Bewohner dieser Städte sich hatten ernähren können. So stießen sie schließlich auf Terra Preta do Indio. Die Schwarzerde fand sich meist auf hochwassergeschützten Anhöhen in der Nähe des Amazonas oder seiner Nebenflüsse. Die schwarzen Oberböden waren über 2.000 Jahre alt und immer noch fruchtbar. Die Böden die womöglich bis zu einem Zehntel des Amazonasgebietes bedecken, waren oft einen halben Meter dick, manchmal sogar zwei Meter und mehr.<sup>2</sup>



Abb. 16: Terra Preta - Fundstelle am Amazonas

1 Pennig 2012  
2 Scheub/Pieplow/Schmidt 2014, 41-42  
Abb. 15: Amazonas (Doppelseite)

## Entstehung der Terra Preta:

Damit die Terra Preta entstehen konnte, musste das Bodensystem nicht nur mit Kohlenstoff (Holzkohle), sondern auch mit einer Vielzahl an Nährstoffen angereichert werden. Die Ureinwohner des Amazonasgebietes betrieben dazu eine nahezu verlustfreie Kreislaufwirtschaft. Speisereste, Gartenabfälle, Fischgräten, Knochenreste und andere tierische Abfälle aus den Siedlungen bis hin zu den eigenen Fäkalien wurden zusammen mit den Resten der Holzkohleherstellung auf die Böden ausgebracht. Zusätzlich wurden mit Schlamm aus dem Amazonas immer wieder Mineralstoffe und Spurenelemente nachgeliefert. Fisch- und Tierabfälle lieferten Kalzium und Phosphor. Die Holzkohle fungierte dabei wie ein Schwamm, der die Nährstoffe in dem extrem durchlässigen Boden festhielt.<sup>3</sup>

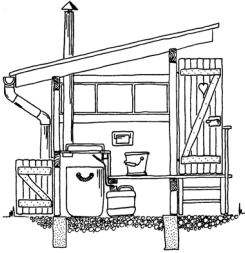


Abb. 17: Komposttoilette

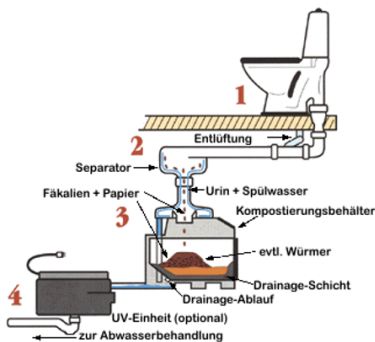


Abb. 18: Funktion Komposttoilette

### Exkurs - Komposttoiletten

Nährstoffe und Mineralien aus menschlichen Ausscheidungen müssen wieder zurück in den Boden. In Trenn- oder Komposttoiletten werden die Ausscheidungen in zwei separaten Behältern aufgefangen. Urin ist von Natur aus fast steril und muss daher nur ungefähr drei Wochen an einem warmen Ort gelagert werden. Dabei sterben alle Bakterien ab. Menschliche Fäkalien kommen zur Hygienisierung auf den Terra-Preta Kompost. Die Anwendung von Komposttoiletten ist für die Herstellung von Schwarzerde nicht erforderlich, liefert aber einen wertvollen Beitrag zur Schließung des Nährstoffkreislaufes.

## Schwarzerde herstellen:

Nicht jeder der Pflanzenkohle in seine Erde mischt stellt automatisch „Terra Preta“ her, auch wenn viele Hersteller unter diesem Namen gerne den Markt erobern möchten.

Ein Produkt, das der „Terra Preta“ sehr nahe kommt, ist die „Riedlingsdorfer Schwarzerde“ der Firma Sonnenerde in Riedlingsdorf (Burgenland). Meine eigenen Erfahrungen damit und der offene Umgang, mit dem der Firmengründer Gerald Dunst sein Wissen teilt, haben mich dazu bewegt, diese als „state of the art“ für diese Arbeit anzunehmen.

Der erste Schritt zur Herstellung einer Schwarzerde ist die Produktion eines „Kohle-Kompostes“. Dazu werden 20% fein rieselige Pflanzenkohle und 10% Gesteinsmehl in die Ausgangsmischung des Biokompostes gemengt. Diese Mischung wird nun in kleinen Mieten unter wöchentlichem Umsetzen kompostiert. Nach 4 Wochen werden 10% Lehm zugegeben und der Kompostierungsprozess fortgeführt. Der Grund für die Lehmzugabe ist die damit verbunden höhere Wasserspeicherfähigkeit. Gleichzeitig mit dem Lehm werden 10% Ziegelsplitt 2-4 mm eingemischt. Das geschieht zur Sicherheit, da in der original Terra Preta immer Tonscherben vorkommen und deren Funktion noch zu wenig erforscht ist. In der Praxis hat sich diese Vorgehensweise positiv ausgewirkt. Nach weiteren 4 Wochen Rottezeit ist der Kohle-Kompost fertig und wird nun zur Nachreife zumindest 6 Monate gelagert und alle 4 Wochen mit dem Radlader umgesetzt. Um aus dem Kohle-Kompost fertige Erde herzustellen, muss dieser, je nach Anwendungsgebiet, mit lehmigem Sand oder weiterem Ziegelsplitt der Körnung 4-8 mm verdünnt werden.<sup>4</sup>



Abb. 19: Kompostumsetzer

### **Biokompost:**

Der Rotteprozess in größeren Kompostanlagen muss täglich überwacht werden, um bei Bedarf korrigierend eingreifen zu können. Eine ständige Sauerstoffversorgung ist für eine ordnungsgemäße Kompostierung unerlässlich. Kohlendioxid verhält sich immer gegenläufig zum Sauerstoffgehalt. Das Abbauprodukt des Kohlenstoffs ist in jeder Kompostmiete vorhanden, zu hohe

CO<sub>2</sub> Werte sind für die Rottebiologie giftig und müssen vermieden werden. Durch das regelmäßige, zu Rottebeginn tägliche, Umsetzen wird der Sauerstoffgehalt entsprechend hoch und der Kohlendioxidgehalt niedrig gehalten.

Methan (CH<sub>4</sub>) ist ein typisches Fäulnisgas, das nur dann entsteht, wenn über mehrere Tage kein Sauerstoff vorhanden ist. Der Methangehalt sollte in einer Kompostmiete immer nahezu null sein.

Ammonium- und Nitratmessungen zeigen ein klares Bild über den Reifegrad des Kompostes. Das im Rotteprozess entstehende Ammonium wird zu Nitrit und unter genügend Sauerstoff zu Nitrat, welches in den Humus eingebunden wird. Ist also Ammonium messbar, ist der Kompost noch nicht fertig<sup>5</sup>.

Zur Reifung von Kompost werden eine Vielzahl Sauerstoff liebender Bakterien, Hefen, Strahlenpilze und andere Bodenlebewesen aktiv. Ihre Tätigkeit zeigt sich in einem nach Pilzen und frischer Walderde duftendem Produkt.<sup>6</sup>



Abb. 20: Pflanzenkohlekompost

### Hygienisierung:

Während der Kompostierung entstehen hohe Temperaturen (im Idealfall 60-65°C), wodurch alle Unkrautsamen und Krankheitserreger vernichtet werden. In dieser Abbauphase werden durch intensive Bakterien- und Pilztätigkeit bei hoher Feuchtigkeit nahezu alle organischen Schadstoffe unschädlich gemacht. Dieser Vorteil ist hinsichtlich der Verwendung von Klärschlamm von großer Bedeutung. Antibiotika die sich im Stallmist oder der Gülle befinden können abgebaut werden.<sup>7</sup>

5 vgl. Dunst 2015, 178-183

6 vgl. Hennig 2011, 98

7 Dunst 2015, 13-14

### **Klimarelevanz des Kompostes:**

Die Kompostierung von Abfällen ist eine hervorragende Möglichkeit, Kohlenstoff in möglichst stabile Formen zu überführen. Rund 50% des Kohlenstoffes bleiben im Kompost erhalten, die anderen 50% werden in Form von CO<sub>2</sub> wieder an die Luft abgegeben. Ob der im Kompost gebundene Kohlenstoff auch stabil im Boden bleibt, hängt von der weiteren Bewirtschaftung ab.

Im Vergleich zu allen anderen Verwertungswegen bleibt bei der Kompostierung in Summe am meisten Kohlenstoff erhalten.

Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) sind beides stark klimawirksame Gase, deren Entstehung aber bei ordnungsgemäßer Kompostierung nahezu vermieden werden kann.

Es kommt zu keinen nennenswerten Emissionen - im Gegenteil. Richtiges Kompostieren ist aktiver Klimaschutz!<sup>8</sup>

### **Gesteinsmehl:**

Die Zugabe von Gesteinsmehl im Kompostierungsprozess oder zur Terra Preta führt zu einer Anreicherung mit Mineralien und dient als Zwischenspeicher für den Stickstoff, der während der Kompostierung umgesetzt wird. Verluste werden so reduziert. Außerdem wird die Mikrobiologie gefördert. Im Versuch konnte unter der Zugabe von Pflanzenkohle und Gesteinsmehl die Mikrobiologie sehr stark an die der original Terra Preta angenähert werden.

Für die Auswahl des Gesteinsmehles ist ein silikatisches Material (SiO<sub>2</sub> über 60%) und ein möglichst kleiner Vermahlungsgrad von Bedeutung.<sup>9,10</sup>

### **Ziegelsplitt:**

Hier eignen sich am besten Abfallstoffe aus der Ziegel-/Dachziegelerzeugung. Recyclingmaterial aus Baurestmassen ist aufgrund der mit eingeschlossenen Anteile von Mörtel, Putz etc. zur Erdenherstellung nicht geeignet.<sup>11</sup>

---

8 vgl. Dunst 2015, 183-187  
9 ebda., 49-51  
10 vgl. Hofbauer 2012  
11 Dunst 2018









# Biokohle - Pflanzenkohle

Als Biokohle werden jene Biomassen bezeichnet, deren relativer Kohlenstoffgehalt durch einen thermischen (pyrolytischen oder hydrothermalen) Behandlungsschritt erhöht worden ist. Dabei soll die thermochemische Umwandlung den natürlichen Inkohlungsprozess, der zur Entstehung fossiler Kohle führt, nachempfinden und die gleichen Einsatzgebiete und Anwendungen ermöglichen. Tatsächlich ähneln eine Reihe von Eigenschaften nach der thermischen Behandlung denen der Kohle – je nach Verfahren und Prozessparameter unterschiedlich stark.<sup>1</sup>

Der Begriff Pflanzenkohle bezeichnet eine verkohlte organische Masse, die umweltfreundlich hergestellt wurde und fein zerrieben in den Kompost oder den Boden eingearbeitet wird, oder in der Tierhaltung zum Einsatz kommt. Im einfachsten Fall handelt es sich dabei um fein zerriebene Holzkohle. Das Wort Pflanzenkohle soll das Anwendungsgebiet klar eingrenzen. Ursprünglich wurde der Begriff „biochar“ auf Deutsch in „Biokohle“ übersetzt, obwohl „Biokohle“ eigentlich nichts mit biologischem Landbau zu tun hat. Aus bürokratischen Gründen ist dieses Produkt derzeit im „Biolandbau“ gar nicht zugelassen.<sup>2</sup> Ein Engpass für die massenhafte Anwendung in der Landwirtschaft ist bisher die kostengünstige Herstellung größerer Mengen an qualitativ hochwertiger Pflanzenkohle durch moderne Pyrolyseanlagen<sup>3</sup>.

## Herstellung von Pflanzenkohle:

Wann genau der erste Köhlereivorgang gezielt in Gang gesetzt wurde kann heute nicht mehr ermittelt werden. Vermutlich wurden die positiven Eigenschaften der Holzkohle, nach einem unvollständigen Verbrennungsprozess, zufällig erkannt. Lässt man die simpelste und am wenigsten effektive Form der Holzkohlegewinnung, nämlich das Löschen eines Holzfeuers mit Sand oder Wasser, außer Acht (dies führt zu Kohlen stark unterschiedlicher Qualität, die kaum sinnvoll eingesetzt werden können), so kann die Karbonisierung von Holz in Gruben oder Meilern als Beginn der systematischen Köhlerei gesehen werden.

---

1 Quicker/Weber 2016, 3  
2 vgl. Dunst 2015, 196-197  
3 Scheub/Pieplow/Schmidt 2014, 11  
Abb. 21: Köhler (Doppelseite)

Begonnen wurde die Köhlerei zunächst in einfachen Gruben, erst später erfolgte die Holzkohleherstellung in liegenden oder stehenden Meilern.<sup>4</sup> Im kleinen Rahmen (Hausgarten) kann Pflanzenkohle heute selbst hergestellt werden. Dazu gibt es auf dem Markt eine Reihe von Firmen, die „Gartenkocher“ zur Verkohlung organischer Masse (meist Holz) anbieten. Zur Anwendung im größeren Maßstab wird die Kohle in Pyrolyseanlagen hergestellt.<sup>5</sup> Die Pyrolyse von holzartigen Biomassen bei Temperaturen zwischen 200 und 300 °C, Verweilzeiten zwischen 15 und 60 Minuten und geringen Aufheizgeschwindigkeiten, wird als Torrefizierung bezeichnet. Ziel dabei ist die Verbesserung der Brennstoffeigenschaften im Vergleich zum biogenen Ausgangsmaterial, indem das Verhältnis Sauerstoff zu Kohlenstoff im Substrat verringert wird. Bei der Hydrothermalen Karbonisierung (HTC) wird der natürliche Prozess der Inkohlung nachgeahmt. Bei Temperaturen über 350 °C und durch Zugabe von Wasser entsteht unter Druck ein Karbonat mit einem Kohlenstoffgehalt von über 80%. Die Verweilzeiten bei hoher Temperatur sind aber sehr hoch und die langfristige Lagerfähigkeit ist eingeschränkt. Es gibt derzeit kein kommerziell im großtechnischen Dauerbetrieb arbeitendes Verfahren.

### **Trockene Karbonisierung:**

Die langsame und mittelschnelle Pyrolyse hat sich aus der traditionellen Methode der Holzkohleherstellung in Erdmeilern entwickelt. Die heute gängigen Verfahren zielen auf die Produktion eines kohlenstoffreichen Feststoffes ab. Bei Temperaturen von 500 - 800 °C wird der Rohstoff verkohlt und Pyrolysegase freigesetzt. Diese Gase werden je nach Verfahren zur Prozessaufheizung genutzt oder thermisch verwertet. Derzeit gängige und im Aufbau begriffene Verfahren sind: Degussa - proFagus (Holzkohleherstellung), PYREG-Verfahren, Schottdorf-Meiler, BIOMACON Pyrolyse-Schneckenreaktor, Regenis, Kon-Tiki-Verfahren (einfaches offenes System für Entwicklungs- und Schwellenländer)<sup>6</sup>

Unter Pyrolyse versteht man die thermochemische Umwandlung unter Sauerstoffabschluss. Bei der Zersetzung unter Luftmangel spricht man von Vergasung.

---

vgl. Watter 2013, 165

---

4 Sager/Quicker 2016, 7-8

5 vgl. Dunst 2015, 197

6 vgl. Quicker/Weber 2016, 95-108

Das Kon-Tiki-Verfahren wurde vom Ithaka-Institut in der Schweiz entwickelt. Ziel war es, die Herstellung von Biomassekarboisaten für den landwirtschaftlichen Einsatz unter ökonomisch tragbaren Rahmenbedingungen, selbst in Entwicklungs- und Schwellenländern, zu ermöglichen. In einem konischen, oben offenen Metallbehälter wird Biomasse entzündet. Die Pyrolysegase werden offen verbrannt und erzeugen Wärme für den Prozess. Vor dem vollständigen Abbrand wird stetig Biomasse nachgelegt. So entsteht unter der Verbrennungszone eine etwa 600 °C heiße Pyrolysezone. Nach etwa drei Stunden wird mit Wasser oder Gülle abgelöscht.<sup>1</sup>



Abb. 22: Kon-Tiki

vgl. Quicker, 2016, 107-109

Als potenzielle Einsatzstoffe kommen Grünschnitt, Rinde, Holz, Nadeln, Laub, Bioabfälle, Getreideabfälle, Getreidespelzen, Stroh, Rapspresskuchen, Rübenschnitzel, Traubentrester, Olivenkerne, Nussschalen, Klärschlamm, Papierfaserschlamm, Lederschlamm, Gärreste, Rechengut, Schlachtabfälle, Kaffeepulver, Kompost, Biotreber, Miscanthus, Maissilage, Pferde- und Hühnermist in Frage.<sup>7</sup>

Im Teil III dieser Arbeit wird eine Pyreg-Anlage in den Entwurf integriert. Grund dafür ist eine erste Analyse hinsichtlich Durchsatzmenge, Gasnutzung und Kontrolle des Prozessablaufes. Weiters spricht die Erfahrung die Gerald Dunst (Fa. Sonnenerde) mit dieser Anlage hat, für deren Verwendung.

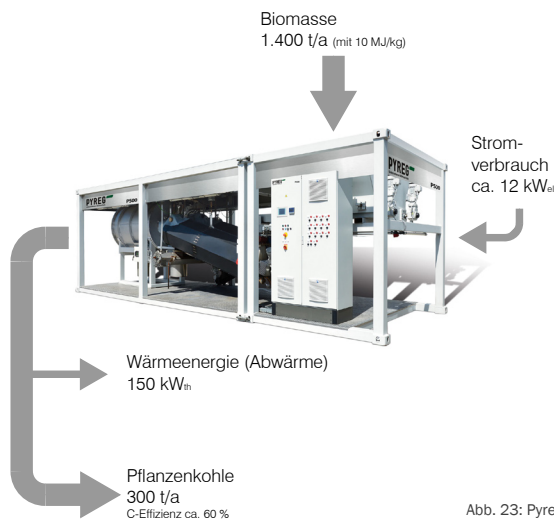
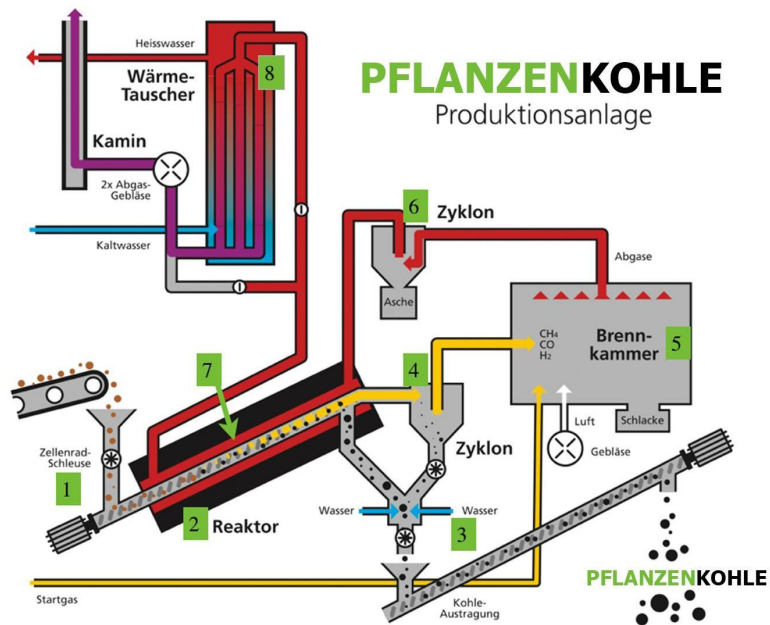


Abb. 23: Pyreg-Anlage

7 vgl. Quicker/Weber 2016, 109

## PYREG-Verfahren:

Der Brennstoff (Biomasse) wird über eine Zellradschleuse [1] in den Reaktor [2] eingetragen, mit Schnecken hochtransportiert und unter Luftabschluss auf 450-500 °C erhitzt. Nach etwa 20-30 Minuten fällt die fertige Pflanzenkohle in die Austragungsschnecke und wird vor dem Austritt noch mit Wasser gelöscht [3]. Die beim Erhitzen des Materials entstehenden Gase werden ständig abgesaugt, über einen Zyklon [4] gereinigt und in die Brennkammer [5] geführt. Hier wird das Gas bei genau 1000 °C verbrannt und nach einer Zyklonreinigung [6] über den Mantel des Reaktors [7] geführt. Mit diesen heißen Abgasen wird das frische Material erwärmt - die Anlage beheizt sich sozusagen von selbst. Anschließend wird das noch immer 500 °C heiße Abgas über einen Wärmetauscher [8] geführt und nach der Abkühlung auf 100 °C in den Kamin geleitet. Die dabei gewonnene Energie von 150 kW<sub>th</sub> wird zur Rohstofftrocknung und zur Gebäudeheizung verwendet. Die Anlage muss nur einmal zum Starten mit Flüssiggas aufgeheizt werden. Wenn sie einmal läuft, ist keine weitere Energiezufuhr (mit Ausnahmen von Strom zum Betreiben der Ventilatoren und Schnecken) erforderlich!<sup>8</sup>



Tab. 10: Pyrolyseverfahren

## Die Kohle die rauskommt...

ist ein trockener, schadstofffreier Feststoff mit hoher Porosität und langfristiger Lagerstabilität. Durch die Temperaturen im Reaktor wurde die Biomasse hygienisiert und verkohlt. Der pyrolytische Karbonisierungsprozess hat die innere Oberfläche durch Veränderung der Porenstruktur beeinflusst. Bei der Entgasung wurden flüchtige Bestandteile aus den Poren der röhrenartig geformten Zellen ausgetrieben, es verbleiben lediglich die Zellwände, die einen hohlen Innenraum umschließen. Daraus erklärt sich die enorme Vergrößerung der inneren Oberfläche die für die Anwendung in der Rauchgasreinigung, der Tierhaltung, als Langzeitdünger oder für medizinische Zwecke notwendig ist.<sup>9</sup> Pro Tonne Grüngut werden rund 500 kg CO<sub>2</sub> im Boden Sequestriert.<sup>10</sup>

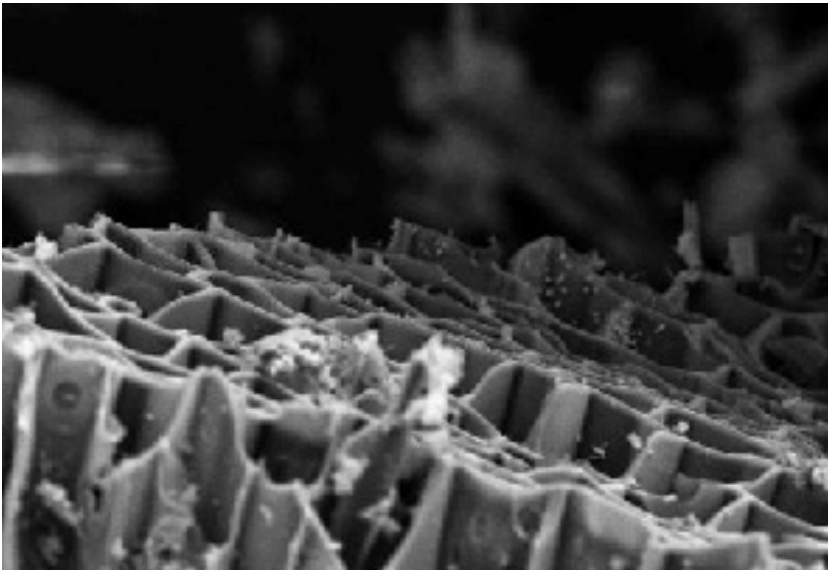


Abb. 24: Pflanzenkohle unter dem Mikroskop

9 vgl. Quicker/Weber 2016, 202  
10 Schmidt, Delinat

### **Trägermittel für Nährstoffe und Habitat für Mikroorganismen:**

Durch die enorme spezifische Oberfläche von teils über 300 m<sup>2</sup> pro Gramm vermag die Pflanzenkohle bis zur fünffachen Menge ihres Eigengewichtes an Wasser und darin gelöste Nährstoffe aufzunehmen. Man spricht von der Adsorptionskapazität (AK) der Pflanzenkohle. Eine weitere wichtige Eigenschaft ist die Kationenaustauschkapazität (KAK). Positiv geladene Ionen, wie Ammonium und Ammoniak, werden an der Oberfläche der Kohle gebunden und können wieder für Pflanze und Mikroorganismen verfügbar gemacht werden.

Das erklärt die Nährstoffdynamik der Pflanzenkohle. Sie eignet sich hervorragend als Nährstoffträger - fungiert wie ein Schwamm. Die Mikroorganismen finden ideale Lebensräume vor und die gesamte mikrobielle Belegung des Bodens wird gefördert. Um die bodenverbessernden Eigenschaften der Pflanzenkohle rasch und effizient zur Wirkung zu bringen, muss die Pflanzenkohle vor der Einarbeitung in die Böden mit Nährstoffen aufgeladen und biologisch aktiviert werden, sonst entzieht die Kohle dem Boden anfangs die Nährstoffe.<sup>11</sup>

### **Anwendung der Pflanzenkohle:**

Die Aufladung der Kohle funktioniert am besten mit organischen Nährstoffen, die im Kompost, in der Gülle oder im Stallmist enthalten sind. 5 - 10 Volumsprozent werden dem Kompost beigemengt. Das führt zu einer Reduktion der Nährstoffverluste (Kohlenstoff, Stickstoff) und weniger Geruch während der Kompostierung. Die Mikrobiologie des fertigen Kompostes ähnelt dem der original „Terra Preta“. Das Pflanzenwachstum wird deutlich verbessert.

---

11 vgl. Schmidt 2011

In der Tierhaltung wird etwa 1% Pflanzenkohle in die Futtermittel gemischt. Das kann bereits bei der Futteraufbereitung als Silage oder bei der Fütterung selbst erfolgen. Es zeigen sich positive Auswirkungen auf den Magen-Darm-Trakt. Schadstoffe werden gebunden und das Wohlbefinden der Tiere erhöht. Der Knochenaufbau wird unterstützt und der Kot ist weniger Geruchsintensiv. Es kann auch der Stallmist direkt bestreut werden. Gülle kann durch den Einsatz von Pflanzenkohle und Sauerkrautsaft (oder effektive Mikroorganismen) von einem Fäulnis- in den Fermentationsprozess überführt werden. Die Gülle ist dann nicht nur geruchsfrei, sondern auch ein hochwertiger Dünger.<sup>12</sup>

Nebeneffekt bei der Anwendung als Futterkohle ist der Nutzen für den Humusaufbau, weil die Pflanzenkohle mit dem Dung, wenn auch in geringer Menge, wieder im Boden landet.

### **Zukunftspotential der Pflanzenkohle:**

Die Anwendungsgebiete der Pflanzenkohle sind vielfältig.

Die Grundlagen für den Einsatz in der Landwirtschaft sind geschaffen. Durch die Kohlenstoff-Sequestrierung wird eine „Win-win“-Situation für Klima und Landwirtschaft generiert. Auch wenn die Vorteile eines Bewirtschaftungssystems mit Pflanzenkohle auf der Hand liegen, müssen jetzt die Rahmenbedingungen geschaffen werden um auch auf ökonomischer Ebene die konventionelle Landwirtschaft hinter uns zu lassen.







## II. BESTEHENDES ERKENNEN UND ZUKUNFT FORMEN

# Mühlen

Mühlen zählen zu den bedeutensten Erfindungen der Menschheit. Seit tausenden Jahren stellen sie ein wichtiges Bindeglied der Nahrungsmittelproduktion vom Bauern bis zum Konsumenten dar. Die Arbeit der Müller ist als wichtiges Kulturgut in der Geschichte der Menschheit verankert.

## **Begriffsdefinition:**

Eine Mühle (lateinisch molina, molere für mahlen) ist ein Gerät, eine Maschine oder eine Anlage, um stückiges Aufgabematerial zu einem fein- oder feinstkörnigen Endprodukt zu zerkleinern. Daher ist oft außer einer Zerkleinerungsvorrichtung auch eine zur Größentrennung (sieben, sichten) vorhanden. Bei geringeren Anforderungen an den Feinheitsgrad des Endprodukts werden Brecher zur Zerkleinerung verwendet.

Historisch wird der Begriff Mühle im weiteren Sinn für gewerbliche Anlagen verwendet, die mit Wind- oder Wasserkraft betrieben werden (Papiermühle, Sägemühle, Steinmühle).<sup>1</sup>

## **(Technische) Entwicklungsgeschichte der Getreidemühlen:**

Mit der Verbreitung des Ackerbaus im 6. Jahrtausend v. Chr. wurden auch erste, primitive Mahlwerkzeuge notwendig. Mörser zum Zerstoßen des Getreides, oder Reibstein und Reibplatte stellten die einfachsten dieser Vorrichtungen dar. Ca. 500 v. Chr. erfolgte allmählich der Übergang zu runden Reibe- und Läuferstein. Damit hatte in der Mahlkunst das Prinzip des sich um eine Achse bewegenden Drehkörpers Einzug gehalten. Mit der Rotation des Läufersteins konnten nun Speichen in diesen gesteckt werden, und Sklaven, Gesetzesbrecher und Tiere zur Arbeit, an diesen - „molae sanguinis“ (Blutmühle) genannten Maschinen - herangezogen werden.<sup>2</sup>

---

1 vgl. Wikipedia, Mühle 2017  
2 vgl. Suppan 1995, 21- 25  
Abb. 25: Getreide (Doppelseite)

Den nächsten Schritt in der Entwicklung der Mühlentechnologie stellt die Erfindung des Wasserrades dar. Die Sumerer in Mesopotamien bewässerten 1200 v. Chr. ihre Felder mit Treträdern zum Schöpfen von Wasser. Daraus entstand um 300 v. Chr. ein von Wasserkraft getriebenes Wasserschöpfrad.

Vitruv beschreibt zum ersten Mal (jedoch nicht als Erfinder) die sog. „noria“, ein unterschlächtiges Schöpfrad. Der Mensch macht die Naturkraft nutzbar.<sup>3</sup>

Ebenfalls Vitruv ist es, der etwa 100 v.Chr. eine Wassermühle beschreibt. (=Bildbeschreibung zu Bild Rudolf Suppan Seite 37)

Das neue System verbreitete sich ungefähr im 4. Jahrhundert n. Chr. in großen Teilen Mitteleuropas.

Eine besondere Bedeutung bei der Ausbreitung der neuen Technik hatten die Mönche. Nach der Ordensregel des hl. Benedikt heißt es: „Das Kloster soll womöglich so angelegt sein, dass sich alles Notwendige innerhalb der Klostermauern befindet, nämlich Wasser, Mühle, Garten und verschiedene Werkstätten, in denen gearbeitet wird...“

Es waren vor allem die Zisterzienser, die, aus dem Benediktinerorden entsprungen, eine besondere Vorliebe hatten sich an sauberen Gewässern niederzulassen. Ihre Klöster liegen meist geduckt in den Tälern und an Bächen, die genügend Wasser für den Eigenbedarf, zum Betreiben der Fischteiche und Wassermühlen lieferten. Ein gutes Beispiel hierfür ist die älteste österreichische Zisterzienser-Abtei, das Stift Rein (gegr. 1129), nördlich von Graz. Auch dort spielte die stiftseigene Mühle innerhalb der Klostermauern eine große Rolle.

Das Grundprinzip der Antriebstechnik der römischen Wassermühle ist beinahe 2000 Jahre gleich geblieben und wurde entsprechend der örtlichen Gegebenheiten angepasst. Unterschlächtige Wasserräder wurden in Gegenden mit wenig Gefälle, aber viel Wasser-Dargebot und oberschlächtige Wasserräder in Gebirgs- oder Hanglagen mit wenig Wasser verwendet.

---

3 vgl. Suppan 1995, 16

Die gewonnene Bewegungsenergie wurde nicht nur zum Antrieb der Mühlsteine, sondern auch zum Transport des Mahlguts innerhalb der Mühle und zum Sichten (Reinigungssiebe) verwendet. Ein Mahlgang zur Kornzerkleinerung, bei dem das Mahlgut zwischen liegenden Mühlsteinen zerrieben wurde, galt als übliche Technik.<sup>4</sup>

Erst durch die Erfindung der Turbine wurden in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts nach und nach Wasserräder durch diese neue Technologie ersetzt, die einen wesentlich höheren Wirkungsgrad erzielte.<sup>5</sup>

Auf die Verwendung von Windmühlen gehe ich in dieser Arbeit nicht näher ein, da sie in dem von mir in weiterer Folge bearbeiteten Gebiet nicht von Bedeutung sind.

### Kunstmühle...

Als solche wurden ab dem 19. Jahrhundert Mühlen bezeichnet, die einen (für die damalige Zeit) besonders hohen technischen Standard aufwiesen. Ausschlaggebend war, dass Mühlsteine durch Walzenstühle (das Mahlgut wird zwischen rotierenden Walzen aus Stahl/Eisen zerrieben) ersetzt wurden. Der Wortbestandteil „Kunst“ bezieht sich dabei nicht auf Kunst im Sinne des Schaffens eines Kunstwerks, sondern auf die Ingenieurkunst.<sup>6</sup>

Bis in die Nachkriegszeit des 20. Jahrhunderts waren Mühlen unverzichtbare Kraftmaschinen. Schließlich verdrängten motorgetriebene, wetterunabhängige Industriemhlen die historischen Mühlen, deren Produktionskapazität begrenzt war.<sup>7</sup>

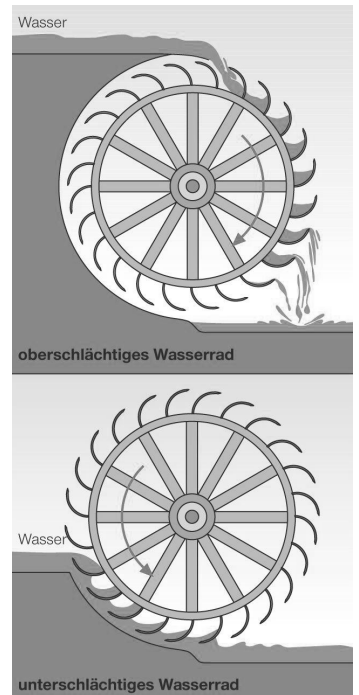


Abb. 26: Wasserrd

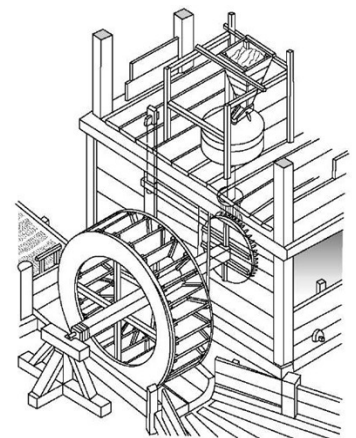


Abb. 27: Steinmühle um 600 n. Chr.

4 vgl. Wikipedia, Getreidemühle 2017  
 5 vgl. Wikipedia, Wasserturbine 2017  
 6 vgl. Wikipedia, Kunstmühle 2017  
 7 vgl. Delvaus 2014

## Die Praxis der Müllerei und ihre historische Bedeutung:



Abb. 28: alte Mühle

### Die alte Mühle

Im Laub und Felsgestein versteckt,  
einmal im Monat nur geweckt,  
schläft tief im Buchentälchen  
die alte Mühle. Auf dem Rad  
zerplätscht sibern früh und spat  
ein dünnes Wasserstrahlchen.

Der Bauer mit dem Roggensack  
kommt an, sperrt auf, ein Ruck, ein Knack,  
der Mühlbach braust herunter,  
zwingt Rad und Welle sich zu drehn,  
im Bau wird alles munter.

Und draußen, wo das Wasser spritzt,  
straht Morganpracht. Die Sonne blitzt  
durch grüne Blätterwogen,  
und von des Baches Mauerlein  
spannt sich zum dunklen Felsgestein  
ein zarter Regenbogen.<sup>8</sup>

Lohn- oder Mautmühlen bildeten den Ausgangspunkt zur Entstehung des Mühlengewerbes. Die Mühlenhoheit besaßen anfangs die Grundherren und später auch die Städte. Der Müller war Mühlknecht ohne wirtschaftliche Selbständigkeit. Bis zu einem Viertel des Mahlgutes musste er für den Grundherren einbehalten. Zu größeren Höfen gehörten oft Hausmühlen. Gab es diese nicht, unterlagen die Bauern meist dem Mühlenzwang, d. h. sie mussten in der vom Grundherren vorgegebenen Mühle mahlen lassen.<sup>9</sup>

Diese Abhängigkeit bescherte den Müllern einen schlechten Ruf. Zahlreiche Spot-Sprüche belegen das Misstrauen, das ihnen entgegengebracht wurde: „Die Müller und die Lumpen wachsen auf einem Stumpen“, „Müllerblut, das edle Gut, das viel versäuft und wenig tut“....

Der Mahllohn bestand bei den mittelalterlichen Lohn- oder Mautmühlen meist aus einem Anteil an Getreide, der sogenannten Metze (1/16 Scheffel). Das Korn wurde nach Scheffeln und Metzen gemessen (Hohlmaßsystem). Das Volk fühlte sich oft beim Metzen übervorteilt. Darum hieß es: „In der Mühle ist das Beste, dass die Säcke nicht reden können.“<sup>10</sup>

### **Bindeglied zur Landwirtschaft - Vom Tauschen...**

Eine besondere Form des Lohnmahlens war die Umtauschmüllerei. Der Bauer brachte sein Korn zur Mühle und erhielt gleichwertiges, gemahlenes Getreide zurück. Beim Weizen war das 40 Prozent Weizenmehl Type 480, 30 Prozent Weizenmehl Type 1600 und 26 Prozent Weizenkleie. 4 Prozent wurden für Verstaubung beim Mahlvorgang einbehalten.

Der Vorteil für den Bauern war, dass er nur einmal zur Mühle fahren musste und gleich sein Mahlgut zurückbekam. Die Schwierigkeit für den Müller lag in der Qualitätssicherung. Er stieß oft auf Unverständnis der Getreideanlieferer, die durch Krankheiten und Feuchtigkeit toxisch belastetes Korn, zum Umtausch bringen wollten.

Als Mahllohn musste der Bauer 15 Groschen pro Kilogramm Getreide bezahlen.

Das Umtauschen galt bis zum Ende des 20. Jahrhunderts als gängige Praxis in der Müllerei, wurde aber nach und nach von der Handelsmüllerei begleitet und abgelöst.<sup>11</sup>

---

9 vgl. Fischer 2016, 2  
10 vgl. Kreismedienzentrum 2010  
11 Frühwirth 2017

Die Industrialisierung im 19. Jahrhundert war der Beginn der Handelsmühlen. Diese kauften Getreide, verarbeiteten es und verkauften die fertigen Produkte wieder. Anfangs war die maximale, zu verarbeitende Getreidemenge durch Kontingente geregelt. Erst mit dem EU-Beitritt Österreichs ist diese Kontingentierung gefallen.



Abb. 29: moderne Mühle

### **Wirtschaftliche Bedeutung in Österreich heute:**

Immer weniger Mühlen produzieren mehr Mehl. In den 1980ern waren waren noch 300 Betriebe<sup>12</sup> mit dem Vermahlen unseres Getreides beschäftigt. Heute sind es nur mehr etwa 110 Mühlen. Die Getreidemenge betrug im Getreidewirtschaftsjahr 2014/15 rund 775 000 Tonnen. 20 Jahre zuvor waren es 150 000 Tonnen weniger. Mancherorts sind zwar noch Kleinmühlen mit einer Jahresleistung von weniger als 1000 Tonnen in Betrieb, ihr Anteil an der Gesamtproduktion beträgt aber nur 1,9 Prozent. Die 48 größeren Mühlen (Jahresleistung über 1000 Tonnen) verarbeiten 98,1 Prozent des Getreides.<sup>13</sup>

Die Wahl des Standortes ist heute für Mühlen nicht mehr von so großer Bedeutung. Energie und Getreide, sowie die fertigen Produkte können relativ einfach transportiert werden.

Der Strukturwandel in der Landwirtschaft und das, der Globalisierung geschuldeten, Streben nach Effizienzsteigerung haben eine Vielzahl der Mühlenbetriebe zum Stillstand gezwungen und werden noch weitere Kleinmühlen dazu bringen, dass das Ruckeln und Knacken für immer verstummen zu lassen.

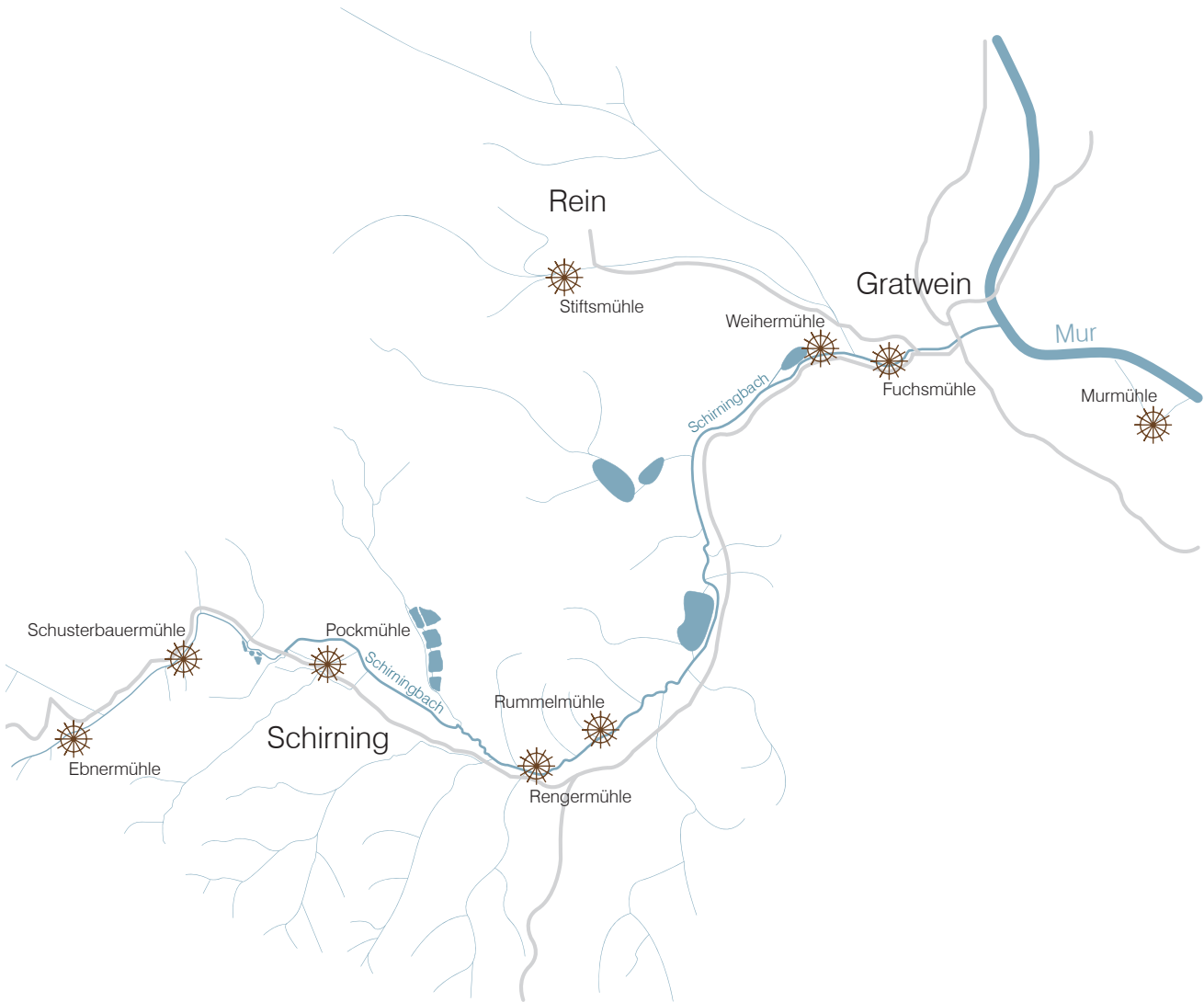
---


12 vgl. Schuh 2014

13 vgl. Herz 2016



# Mühlen der Region



-  Mühlen
-  Straßen
-  Gewässer

Mühlen und Gewässer  
Plan 1: Mühlen der Region 1: 5000



## **Was mit den Mühlen geschah**

Die allgemeine Entwicklung zur Schließung der Kleinmühlen lässt sich auch in der Region um den Schirningbach ablesen. Noch zu Beginn des vorigen Jahrhunderts standen entlang dieses relativ schwachen Gewässers, auf einer Strecke von ca. 7 Kilometern Luftlinie, sieben Mühlen in Betrieb. Hinzu kam noch die bereits erwähnte Stiftsmühle des Zisterzienserordens in Rein und die für die damalige Zeit als groß zu bezeichnende Murmühle. Diese gehörte auch zu den Besitztümern der Zisterzienser.

Entlang des Schirningbaches sind die Ebnermühle und Rengermühle bereits verfallen und die Überreste verschwunden. Die Schusterbauermühle, die Fuchsmühle und Teile der Weihermühle wurden als Wohngebäude umgenutzt. Die Rummelmühle und die Pockmühle wurden nach ihrer Stilllegung in ihrem Zustand belassen und sind weitgehend ungenutzt. Die Pockmühle war die am längsten in Betrieb stehende Mühle der Region. Sie wurde bis 1992 als Lohn- und Handelsmühle betrieben. Die Vermahlung war mit 3 Tonnen pro Monat kontingentiert und konnte nicht erweitert werden. Bis 2007 wurden noch Futtermittel verarbeitet. Dementsprechend ist der Verfall noch nicht sehr weit fortgeschritten und Potential für eine Nutzung vorhanden.

# Der Bestand



Abb. 30: Pockmühle Südansicht

## Geschichte

Die Pockmühle stand ursprünglich unter der Herrschaft des Zisterzienserordens des Stiftes Rein und deren Besitzer waren den Ordensherren zur Zinsleistung verpflichtet. Der erste erwähnte Müller war im Jahr 1395 Jörg Teltz. Als Liegenschaftsbezeichnung wurde Schiermüel geführt. Ab dem Jahr 1571 war Rupert Pock als Müller ansässig. Er war auch Namensgeber für den späteren Vulgonamen der Pockmühle. 1749 wurde die Mühle durch einen Brand vernichtet. Die entgeltliche Aufhebung der feudalen Ordnung führte einer Übertragung der Liegenschaft ins private Eigentum. Eine entsprechende Beurkundung wurde 1867 durchgeführt. 27mal wechselte die Pockmühle ihren Besitzer, ehe Vinzenz und Theresia Offenbacher sie 1876 kauften und sie seither an deren Nachfahren übergeben wurden.<sup>1</sup>

1938 wurde das Gebäude zum zweiten Mal ein Raub der Flammen. Beim Wiederaufbau wurden die Mauern erhöht und ein Stockwerk in Form eines Mansarddachstuhles hinzugefügt. Die äußere Form des Bauwerkes wurde seither nicht verändert. Die Mühleneinrichtung musste nach und nach erneuert werden, entspricht heute aber bei Weitem nicht dem aktuellen Stand der Technik. 1961 errichtete man neben der Mühle einen Getreidesilo und 1981 kam noch eine Lagerhalle im Osten hinzu.

Das Wasser für den Antrieb kam über einen Mühlgang, der heute bereits „zugewachsen“ ist, aus dem Schirningbach. Der im Süden gelegene Schwaigerbach lag zu tief und war außerdem bei normalen Wetterverhältnissen ein kleines Rinnsal. Bei Starkregen nahm er aber beachtliche Ausmaße an und vor der Mühle schoss ein meterhoher Fluss vorbei. Der Müller hatte alle Hände voll zu tun, um ein Eindringen des Hochwassers ins Erdgeschoss zu verhindern. Das Wasserrad wurde 1968 durch eine Turbine ersetzt. Das Wasserdargebot war aber immer sehr gering und so behalf man sich eines Dieselmotors, später eines Elektromotors, zur Abdeckung des Leistungsbedarfes. Das ursprüngliche System eines zentralen Antriebes mit Kraftverteilung über Riemen und eine Transmission blieb erhalten. Im Jahr 2007 wurde der Betrieb eingestellt.

---

1 Brandtner 1999, 75



Abb. 31: Pockmühle 1925 (linkes Gebäude)



Abb. 32: Pockmühle 30er Jahre



Abb. 33: Pockmühle 50er Jahre



Abb. 34: Wasserrad nach 1938



Abb. 35: Müllermeister Johann Frühwirth



Abb. 36: Pockmühle um 1970

## **Substananalyse**

Das Erdgeschoss und das erste Obergeschoss sind in Massivbauweise errichtet. Es handelt sich um Steinmauern, die zum Teil noch aus der ursprünglichen Substanz, oder zumindest aus der Zeit nach dem ersten Brand 1749, stammen. Im ersten Obergeschoss ist, durch einen Mauer sprung, die Aufstockung nach dem Brand 1938 ablesbar. Sie ist etwas schmaler als die darunter liegenden Wände und wie auch auf Abb. 33 ersichtlich, mit Ziegeln aufgemauert worden.

Die innere Konstruktion besteht aus Holzbalken und -stützen, die in sehr gutem Zustand sind. Fäulnis oder Schädlingsbefall sind auszuschließen. An den Holzdecken ist der ständige Wandel der Mühleneinrichtung ablesbar. Die Pfostenlage des Bodens ist unterschiedlich verschlissen, da es immer wieder nötig war Öffnungen aufzumachen oder zu verschließen.

Der Dachstuhl und Dachdeckung sind in gutem, erhaltenswerten Zustand. Die Eternit-Deckung stammt noch aus dem Wiederaufbau nach 1938. Ein thermische Isolierung ist nicht vorhanden.

Die Fenster haben keine Dichtungen und sind nur einfach verglast.

Der 1961 errichtete Silo wurde im unteren Teil, etwa bis zur Hälfte, mit Schalsteinen in Massivbeton errichtet. Die obere Hälfte besteht aus Betonziegeln. Auch hier ist der Dachstuhl in gutem Zustand.

Die Lagerhalle besteht aus Betonziegeln und einem Dachstuhl aus Nagelbindern. Die Oberfläche der Deckung aus Welleternit ist in gutem Zustand, die Platten sind aber spröde.

## **Resümee**

Das Mauerwerk der Mühle soll erhalten werden, größere Eingriffe sind aber nicht möglich. Die Holzkonstruktion hat Potential für Veränderungen. Alte Holzelemente können wieder verwendet werden.

Bei Silo und Lagerhalle sind Eingriffe in die Substanz zulässig. Bei weiterer Verwendung als Lagersilo ist auf einen geschlossenen Verband der Wände zu achten, um dem Druck des eingelagerten Gutes stand zu halten. Eine neue Deckung des Daches kann bei Eingriffen in die Dachhaut erforderlich werden.

Aktuelle Fotos



Abb. 37: 1.OG; Walzenboden



Abb. 38: Walzenstühle; Mauersprung der Aufstockung



Abb. 39: EG; ehem. Verkaufsebene



Abb. 40: EG; Transmission



Abb. 41: 1.DG; Sichterboden



Abb. 42: 2. DG; Spitzboden





Abb. 43: Westansicht



Abb. 44: Südansicht; Silo, Lagerhalle



# Planungsgebiet - Kontext

Die Pockmühle liegt am Ortsrand der Oberen Schirning, einem Ortsteil der Marktgemeinde Gratwein-Straßengel. Die Gemeinde entstand im Rahmen der Gemeindestrukturereform im Jahre 2015 aus den ehemaligen Gemeinden Judendorf-Straßengel, Gratwein, Gschnaidt und Eisbach, zu der auch der Ortsteil Obere Schirning gehörte. In Gratwein-Straßengel leben rund 13.000 Einwohner auf 85 km<sup>2</sup> <sup>2</sup> Die Lage am westlichen (rechten) Murofer etwa zehn Kilometer nordwestlich von Graz macht den Ort als Zuzugsge-  
meinde besonder attraktiv. Ein Bahnhof, Busverbindungen in alle Ortsteile und die Nähe zur Autobahn A9 bieten nicht nur als beliebte Wohndesti-  
nation, sondern auch zur Ansiedelung von Gewerbebetrieben die nötige  
Infrastruktur.

Die Ortskerne von Gratwein und Judendorf sind längst zu einem Ballungs-  
raum mit urbanem Charakter zusammengewachsen. Vom klassischen  
Einfamilienhaus, Reihenhaussiedlungen, bis zu mehrgeschossigen Wohn-  
bauten, sind alle Wohnformen möglich.

Der Ortsteil Obere Schirning ist ländlich strukturiert. Landwirtschaftliche  
Anwesen, Ein- oder Mehrfamilienwohnhäuser, sowie Gewerbebetriebe exi-  
stieren nebeneinander. Rund um die einst alleinstehenden Bauernhöfe  
haben sich kleine Siedlungen gebildet. Die stärkste Besiedelung weist ein  
Streifen entlang der Landesstraße auf. Dieser wurde in den letzten Jahren  
durch Zuzug verdichtet und bietet auch noch Potenziale für weitere Bebau-  
ung. Am westlichen Ortsrand, an dem auch die Pockmühle liegt, befinden  
sich Schule, Kindergarten, Feuerwehr und Müllsammelstelle, die den Be-  
rührungspunkt des öffentlichen Lebens bilden. Freizeittreffpunkte sind, ab-  
gesehen von zwei Gasthäusern im Umkreis von einem Kilometer, in diesem  
Ortsteil nicht vorhanden.

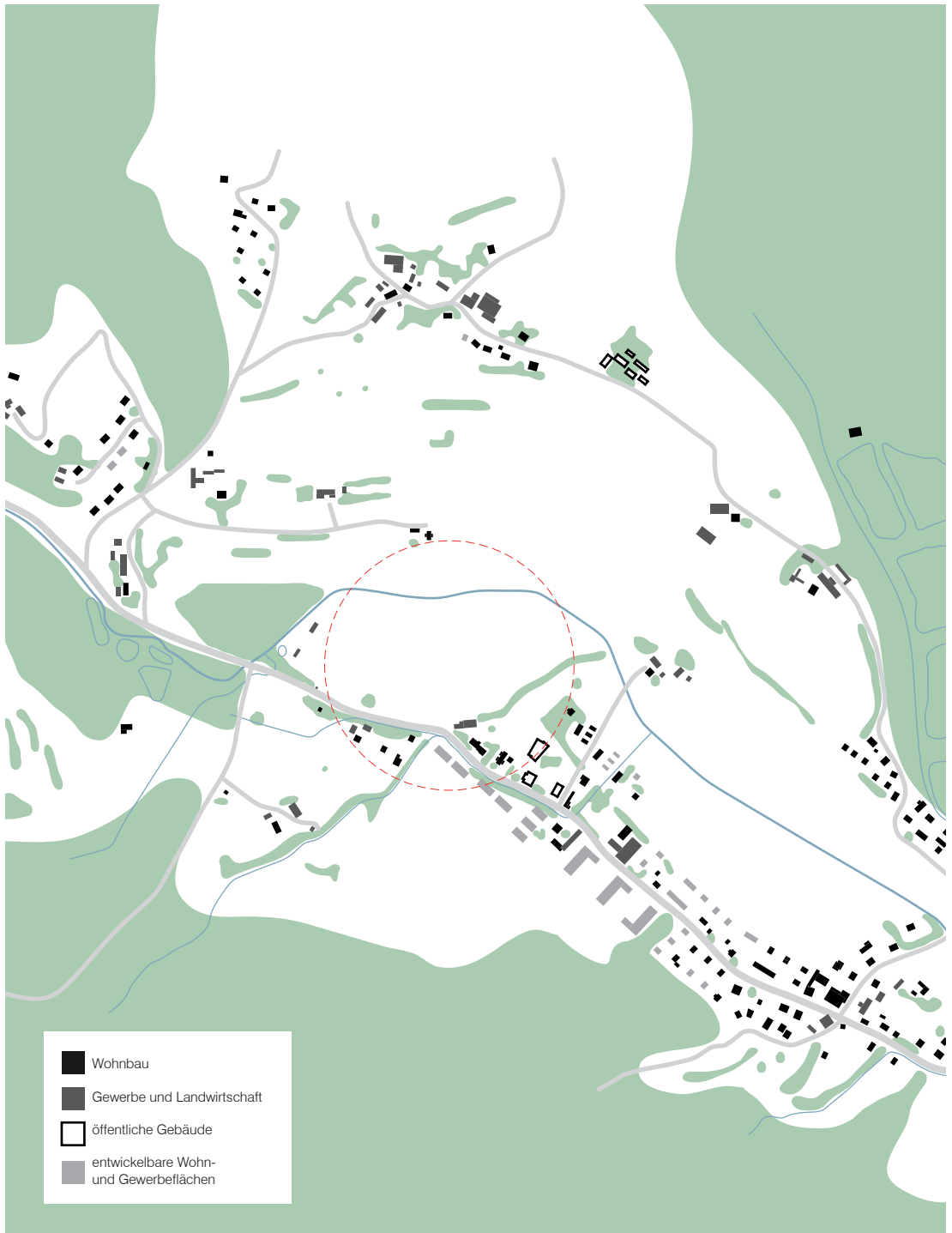
## **Gebäudestruktur**

Als Bauform überwiegen ein- und zweigeschossige Gebäude mit einfachen Satteldächern sowie Varianten mit Mehrgibeldächern. Am östlichen Ortsrand hat sich in einer Neubausiedlung ein Cluster aus Einfamilienhäusern mit Flachdach gebildet. Die Pockmühle nimmt mit ihren zwei Vollgeschossen und dem Mansarddach eine Sonderstellung ein, und kann als „landmark building“ an der Ortseinfahrt der Oberen Schirning betrachtet werden.

## **Entwicklungspotential - Zielsetzung**

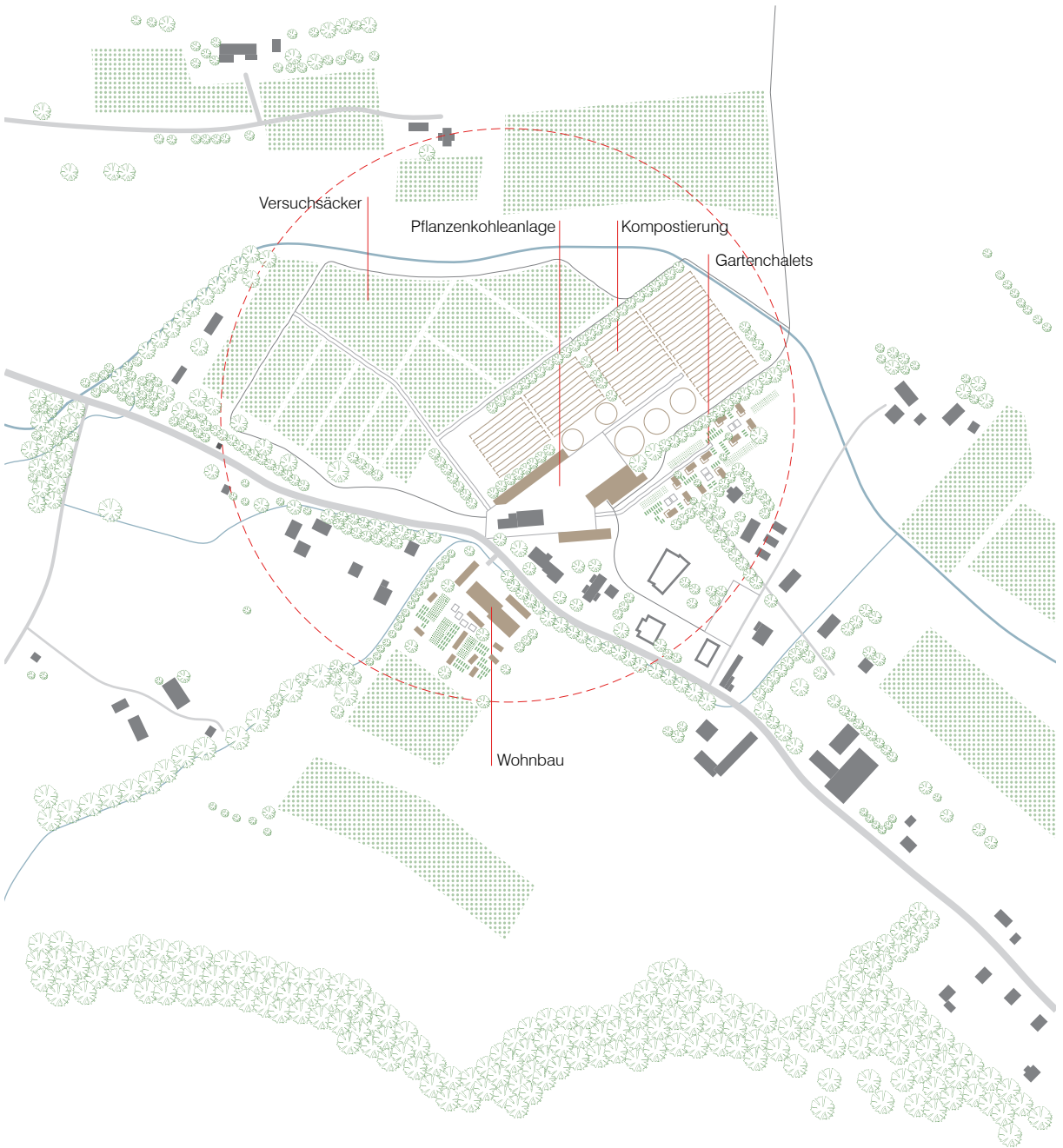
Die Wiederbelebung der alten Mühle ist angesichts einer weiteren Verdichtung von Gewerbe- und Wohnbauten im Ort sicher sinnvoll. Durch die Belegung mit einer Pflanzenkohleanlage und Kompostierung generiert der Betrieb neue Möglichkeiten der Bewirtschaftung für Landwirtschaft und Selbstversorger und leistet einen wertvollen Beitrag zum Klimaschutz. Die baulichen Maßnahmen lassen Wohngebiet und Gewerbebetrieb sanft verschmelzen und stellen Wechselbeziehungen mit Volksschule, Kindergarten und Anwohnern her. Ein offener Umgang mit dem Wissen um Terra Preta und das Aufzeigen der neuen Methoden in Theorie und Praxis schafft eine hohe Akzeptanz für das Projekt. Der Altbestand der Pockmühle wird behutsam zu einem Auditorium mit Bühne transformiert. Es bietet Raum zur Wissensvermittlung und wird als Kleinkunsthöhle benützt. So wird die Pockmühle zum soziokulturellen Schnittpunkt des Ortes.

Die kleine Landschule in der Nachbarschaft des Planungsgebietes wird mit dem Projekt verwoben. Die Zweiklassig geführte Schule besitzt freie Kapazitäten und dient als Anlaufstelle für die Abhaltung von Projekttagen für Schulklassen. Ein freier Klassenraum wird dazu benutzt. Durch die Integration der Schule in das Konzept kommt es zu einer Belebung des Standortes und dieser ist gegenüber einer Schulschließung besser abgesichert. Im Umfeld der Pflanzenkohleanlage wird ein Wohnbau verortet, der dem Wunsch nach einer Subsistenz orientierten Nahrungsmittelversorgung gerecht wird und dem Verwirklichen klassischer Lebensmodelle (Arbeitsplatz, Freizeit, Urlaub, ...) Raum gibt. Synergien zwischen Bewohnern und Gewerbebetrieb werden genutzt und das öffentliche Leben wird gemeinsam gestaltet.



Entwicklung Obere Schirning  
 Plan 2: Lageplan 1 : 10 000





Versuchsäcker

Pflanzenkohleanlage

Kompostierung

Gartenchalets

Wohnbau

- Bestand
- öffentliche Gebäude
- Entwurf
- entwickelbare Wohn- und Gewerbeflächen
- Äcker



Plan 3: Entwurf 1 : 5 000

## **Struktur, Verschmelzung, Transformation**

Das Planungsgebiet befindet sich am Ende eines immer dichter werdenden Ortes. Nach und nach werden entlang der Landesstraße Baulücken geschlossen. Der Entwurf bildet daher das funktionale Bindeglied zum landwirtschaftlichen Organismus außerhalb des Ortes und stellt die gestalterische Brücke zur Landschaft her. Ein feinfühligere Umgang mit vorhandenen Strukturen ist daher von besonderer Wichtigkeit. Bestehende Bäume und Sträucher, die eine natürliche Gliederung des Areals erzeugen, werden zur Gänze erhalten. Die für die Pflanzenkohleanlage neu zu errichtenden Gebäude nehmen sowohl die Struktur des Bestandes als auch der Bepflanzung auf, thematisieren die Vielfältigkeit der Satteldachformationen und stellen auf sensible Weise eine Analogie zum Bestand her. Das Ensemble aus Bestand und neuen Elementen erzeugt eine landwirtschaftlich anmutende Hofsituation innerhalb dieses Gebäudekonglomerates.

Dieser Innenhof ist im Norden zur Kompostierung hin geöffnet, die diesen erweitert. Die neu hinzugefügten Baumreihen rund um diese Zone formen den Übergangsbereich zu den Wiesen und Äckern. Die Versuchsäcker im Anschluss orientieren sich an „gewachsenen“ Strukturen und neuen Erfordernissen einer vielfältigen Bewirtschaftung der Versuchsflächen.

Im Osten öffnet sich der Innenhof der Pflanzenkohleanlage zu einer Wiese und zu den Gartenchalets. Dieser Gemeinschaftsgartenbereich mit einer Vielzahl differenzierter Chalets modelliert die Schnittstelle zur anschließenden Wohnbebauung.

Der Wohnbau im Süden bildet einen, zu bestehenden Wohngebäuden, analogen Körper. Dieses Haupthaus wird von etlichen Hütten und Scheunen begleitet und ist auf die Bedürfnisse der Bewohner, nach Selbstversorgung, abgestimmt.

Versuchsäcker

Kompostierung

Pflanzenkohleanlage

Auditorium

Wohnbau

Subsistenzgärten







Gartenchalets

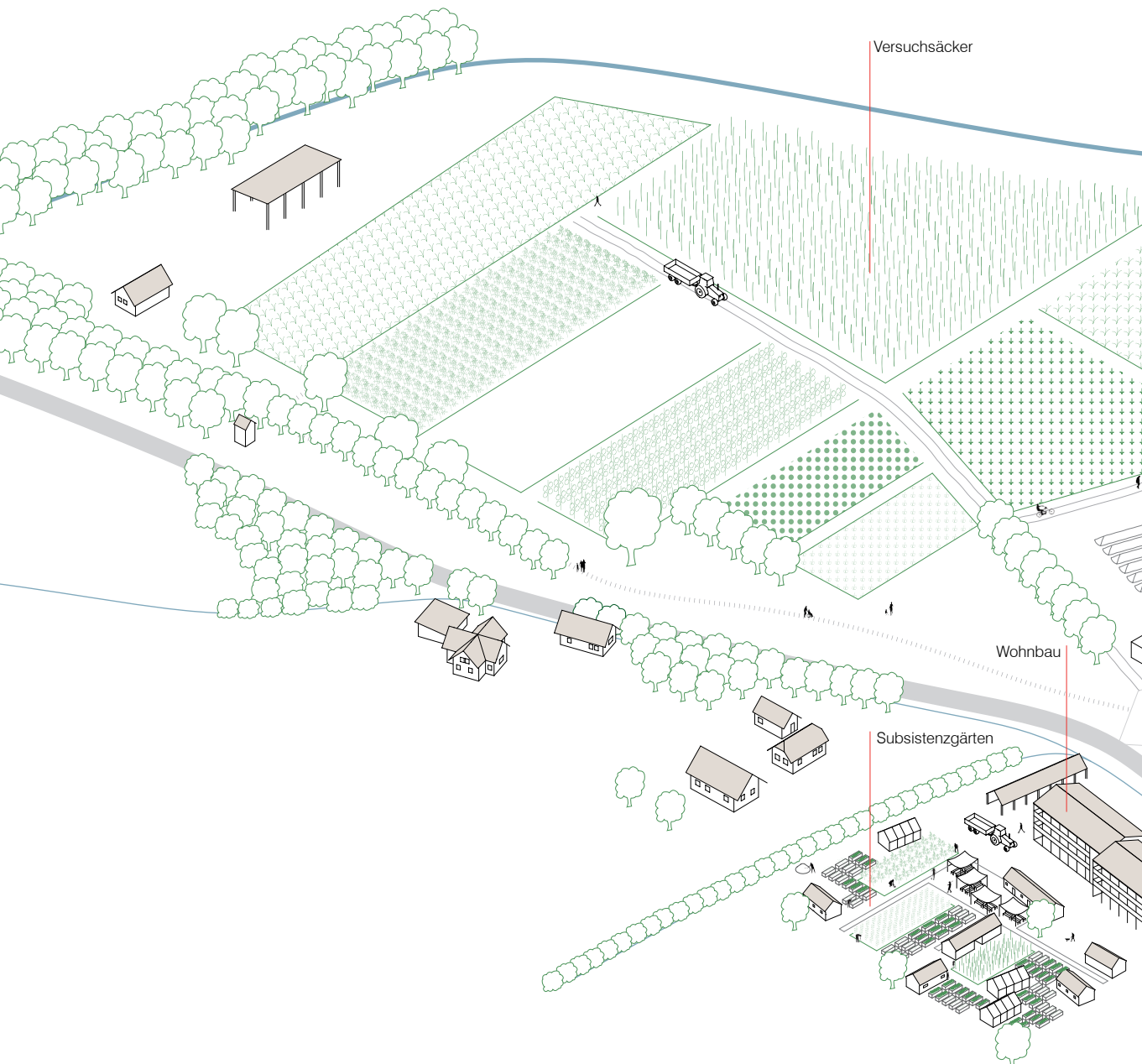
Kindergarten

Volksschule

- Bestand
- öffentliche Gebäude
- Entwurf
- entwickelbare Wohn- und Gewerbeflächen
- Äcker



Plan 4: Entwurf 1 : 1000



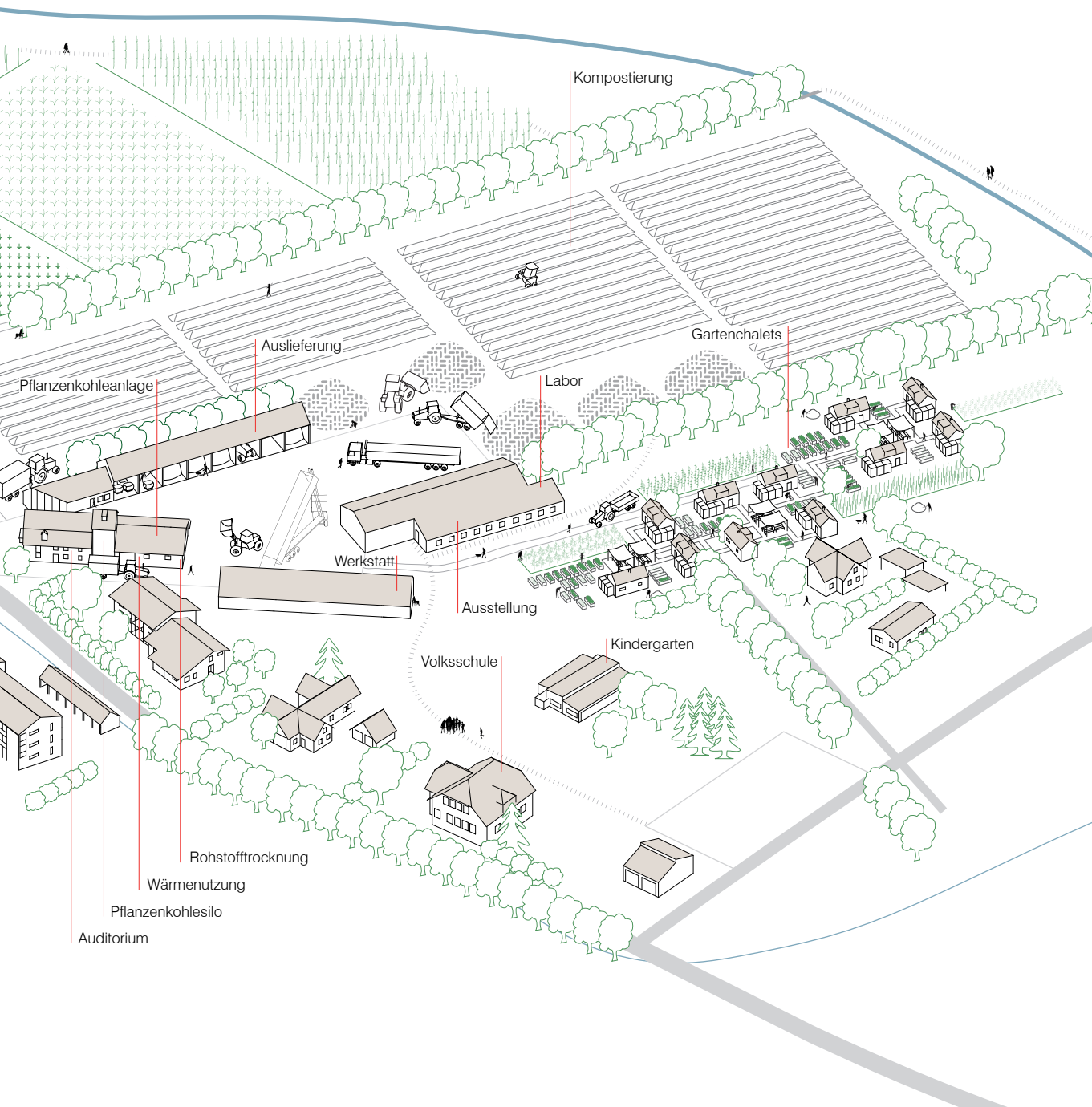
Versuchsäcker

Wohnbau

Subsistenzgärten

Plan 5: Übersicht Planungsgebiet





## **Pflanzenkohleanlage**

Pyreg-Verfahren, Seite 76

Die Pflanzenkohleanlage bildet das Zentrum des Entwurfes. Hier wird Papierfaserschlamm, ein Abfallstoff der etwa zehn Kilometer entfernt liegenden Papierfabrik Sappi, in einem Pyrolyseverfahren zu Pflanzenkohle verarbeitet. Der Rohstoff wird in der Kläranlage des Wasserverbandes Gratkorn-Gratwein separiert und per LKW angeliefert.

Die Pyrolyse stellt den Kern der Pflanzenkohleherstellung dar. Die dazu nötigen technischen Einrichtungen werden in die bestehende Lagerhalle eingeschoben. Papierfaserschlamm eignet sich sehr gut für die Pflanzenkohleherstellung, da er eine homogene Masse ist, die ohne vorherige Zerkleinerung verarbeitet werden kann. Pro Tag können etwa 4 Tonnen des Rohmaterials über die Anlage geführt werden. Das entspricht einem Sattelzug pro Woche und in Summe einer Menge von 1400 Tonnen Papierfaserschlamm pro Jahr. Zum Starten des Prozesses ist Flüssiggas erforderlich. Danach ist außer Strom zur Steuerung und für Ventilatoren und Schnecken keine Energiezufuhr mehr nötig. Das Endprodukt wird nach der Verkohlung mit Wasser gelöscht und bei Bedarf mit einer Schlagmühle, die in der alten Mühle abgebaut wurde und hier eine neue Verwendung findet, zu fein-rieseliger Pflanzenkohle vermahlen.

Schlagmühle  
Plan 8 Seite 113

## **Wärmenutzung**

Die im Verfahren frei werdenden Pyrolysegase werden abgesaugt, gereinigt und zur Prozessaufheizung gleich wieder verbrannt. Die Abwärme wird zur Rohstofftrocknung und zum Beheizen des neu errichteten Wohnbaues, der Schule und des Kindergartens verwendet.

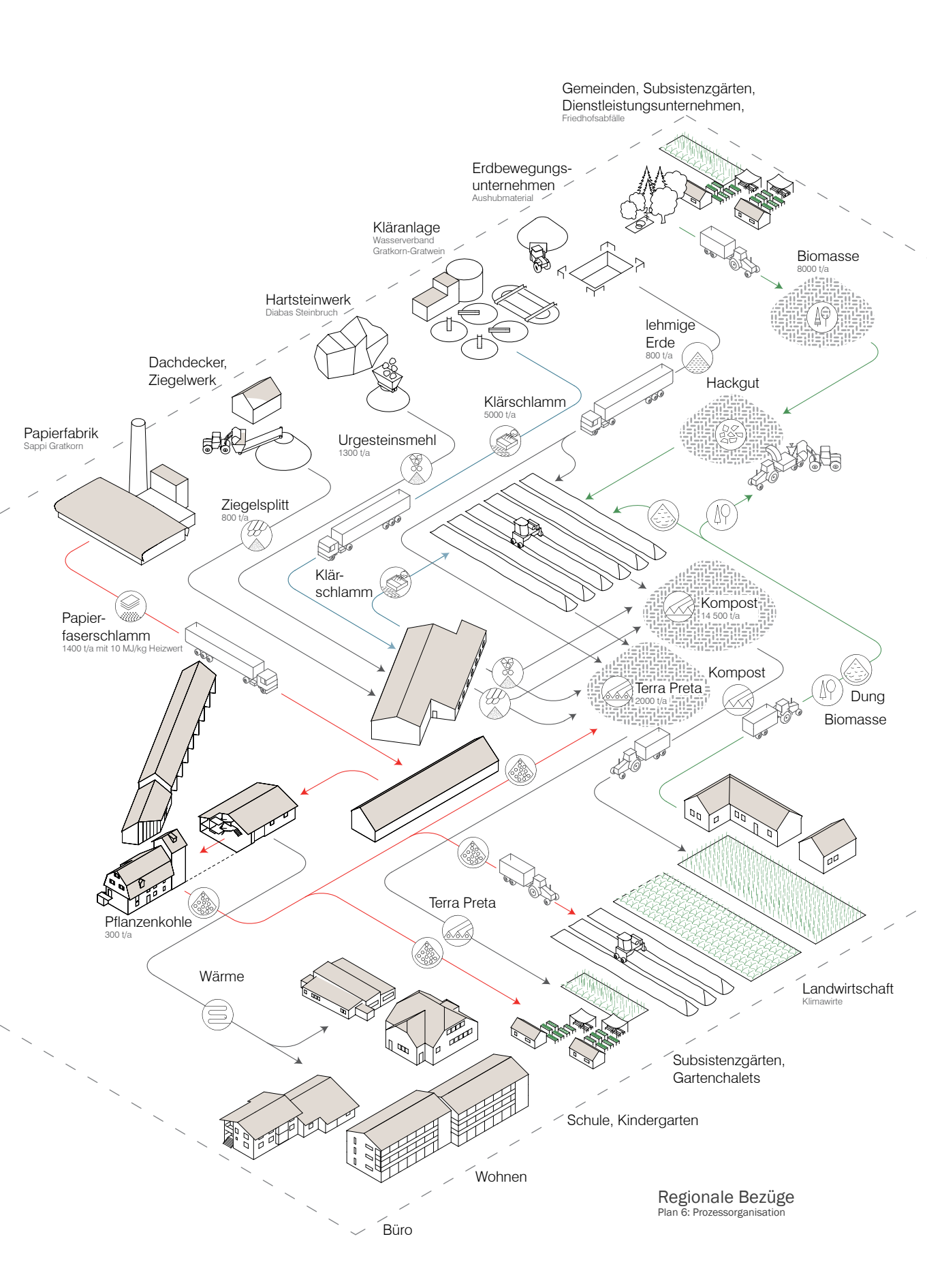
## **Rohstofftrocknung**

Die Trocknungsanlage ist ebenfalls in der Halle untergebracht.

Neben dem Papierfaserschlamm ist es möglich jede andere Form von Biomasse zu trocknen und über die Pyrolyse zu verarbeiten.

Zur Beschickung der Trocknung und der Pyrolyseanlage ist es nötig die Ostfassade großflächig zu öffnen. Die Südseite bleibt unberührt und im Norden wird eine Tür eingefügt.

Rohstofftrocknung  
Plan 8 Seite 113



Gemeinden, Subsistenzgärten,  
Dienstleistungsunternehmen,  
Friedhofsabfälle

Erdbewegungs-  
unternehmen  
Aushubmaterial

Kläranlage  
Wasserverband  
Gratkorn-Gratwein

Hartsteinwerk  
Diabas Steinbruch

Dachdecker,  
Ziegelwerk

Papierfabrik  
Sappi Gratkorn

Biomasse  
8000 t/a

lehmige Erde  
800 t/a

Hackgut

Klärschlamm  
5000 t/a

Urgesteinsmehl  
1300 t/a

Ziegelsplitt  
800 t/a

Papier-  
faserschlamm  
1400 t/a mit 10 MJ/kg Heizwert

Kompost  
14 500 t/a

Terra Preta  
2000 t/a

Dung  
Biomasse

Pflanzenkohle  
300 t/a

Terra Preta

Wärme

Landwirtschaft  
Klimawirte

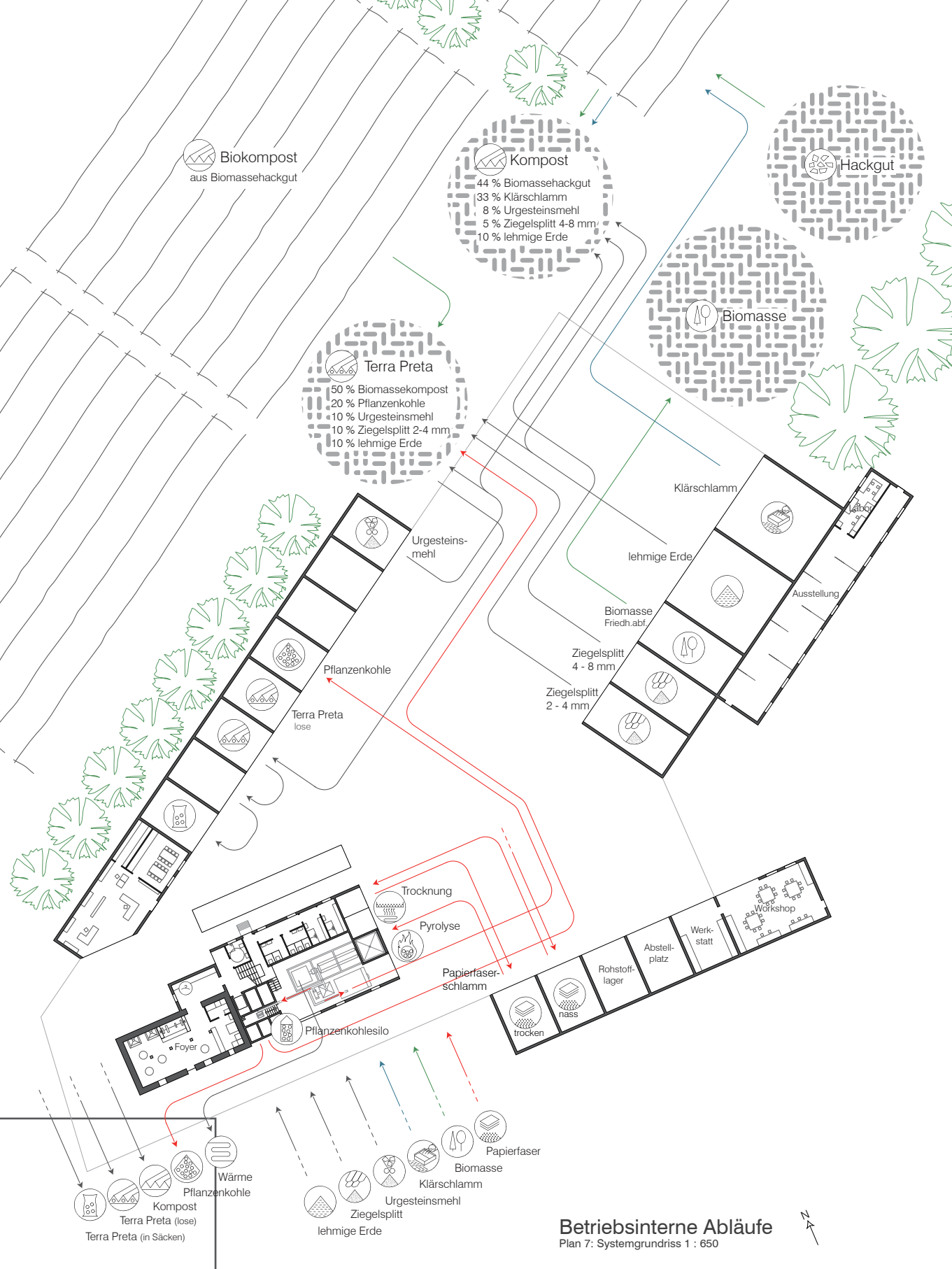
Subsistenzgärten,  
Gartenchalets

Schule, Kindergarten

Wohnen

Büro

Regionale Bezüge  
Plan 6: Prozessorganisation



**Betriebsinterne Abläufe**  
 Plan 7: Systemgrundriss 1 : 650



## **Pflanzenkohlesilo**

Über Förderschnecken gelangt die Kohle nach dem Vermahlen zum Pflanzenkohlesilo. Die Einlagerung in den Silo erfolgt über den bestehenden Becherelevator, der, da es sich um ein ähnlich wie Getreide rieselndes Gut handelt, hier noch gute Dienste leisten kann. Das ehemalige Getreidedepot der Pockmühle kann in seiner Form gänzlich erhalten werden. Fünf der insgesamt sechs Zellen werden mit Pflanzenkohle befüllt. Die Speicherkapazität reicht für die Hälfte der Jahresproduktion von 300 Tonnen Pflanzenkohle. Da ständig Kohle zur weiteren Verwendung entnommen wird, ist das als Puffer ausreichend. Die Entnahme erfolgt wieder über den Becherelevator und ein Schüttrohr an der Südseite. Die sechste Zelle des Silos wird zur Erschließung des Auditoriums benötigt.

Becherelevator  
Plan 8 Seite 113

## **Kompostierung**

Biomasse von Gemeinden, Subsistenzgärten und Dienstleistungsunternehmen, die Garten- und Baumpflege durchführen, wird zur Verarbeitung übernommen. Auch die Übernahme von Wurzelstöcken ist möglich. Die Annahme von Friedhofsabfällen muss getrennt erfolgen, da vor der weiteren Verwendung alles aussortiert werden muss, was nicht verrottbar ist. Diese, in Handarbeit durchzuführende Arbeit, wird an geringfügig beschäftigte Angestellte vergeben.

Terra Preta - Mit Schwarzerde  
den Klimawandel aufhalten  
Seiten 65-69

Der biogene Rohstoff wird vor der Kompostierung zu Hackschnitzel zerkleinert und dann in Mieten aufgesetzt. Das in Längsrichtung, zum Bach hin, leicht abfallende Gelände ist für die Kompostierung ideal. Zum Hackgut kommt noch etwas weniger als die Hälfte Klärschlamm, der ein hervorragender Nährstofflieferant ist. Die hier gebundenen Phosphorvorräte können so im Nährstoffkreislauf gehalten werden und einer drohenden Rohstoffverknappung wird entgegengewirkt. Zusammen mit Gesteinsmehl, Splitt und Lehm entsteht ein ausgezeichnete Dünger für den Humusaufbau. Der Biokompost wird ohne Klärschlamm, zusammen mit Pflanzenkohle, Urgesteinsmehl, Splitt und Lehm aufgesetzt. Nach einigen Wochen ist der Rotteprozess abgeschlossen und die fertige Erde wird zur Nachrotte gelagert. Nach sechs Monaten wird die Terra Preta lose oder in Säcke verkauft.

**Langfristig ist es das Ziel dieses Projektes, die Kompostierung für den Landwirt selbst attraktiv zu machen und die Verwendung der Pflanzenkohle in der Landwirtschaft zu etablieren. Die Herstellung von Pflanzenkohle in ausreichender Menge, zu einem Preis, der in einer neu orientierten Bewirtschaftungsweise eine ökonomische, ertragbringende Landwirtschaft ermöglicht, ist dafür unumgänglich.**

### **Auslieferung**

Der Verkauf von Kompost, Terra Preta und unvermischter Pflanzenkohle erfolgt über das Auslieferungslager. Die reine Pflanzenkohle kann als Futter- und Güllezusatz verwendet werden und findet so auch den Weg in den Boden.

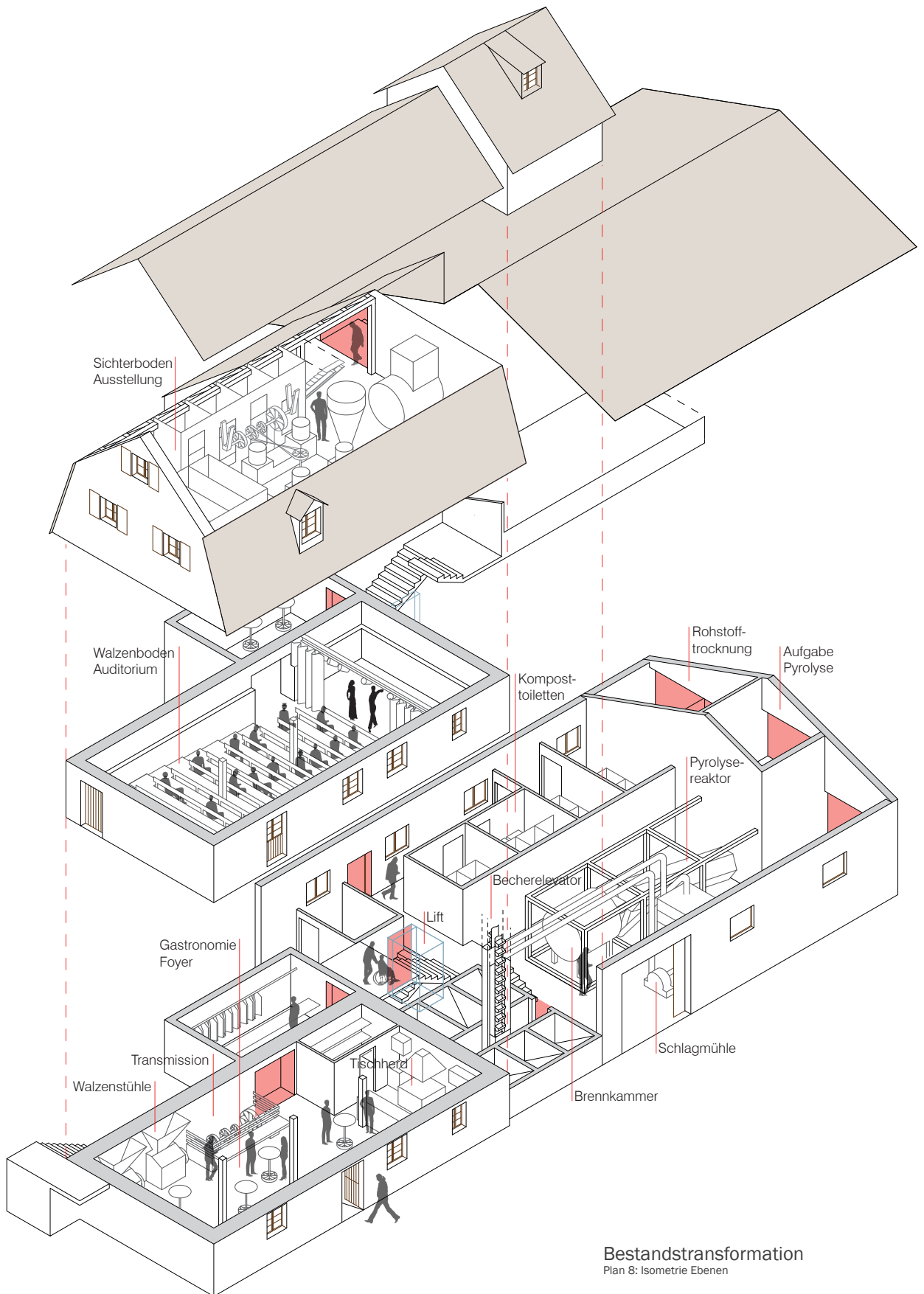
In dem Auslieferungsgebäude sind die Absackstation für Terra Preta und direkt an der Betriebseinfahrt das Büro untergebracht. Zwischen Büro und Bestand gibt es eine Brückenwaage.

### **Auditorium**

Ein wesentlicher Bestandteil dieses Projektes ist die Schaffung eines neuen Bodenbewusstseins. Die Abhängigkeit von der Gesundheit unserer Erde soll veranschaulicht und eine Pflanzenkohle einschließende Bewirtschaftungsweise etabliert werden. Dazu wird im ältesten Teil der Pockmühle im ersten Obergeschoß ein Auditorium eingebettet. Die vertikale Erschließung wird dazu in die Halle verlagert. Um einen barrierefreien Zugang zu allen Ebenen zu gewährleisten, wird, in eine der Zellen des Silos, ein Lift eingebaut.

Alle Sanitäreinrichtungen werden in die ehemalige Lagerhalle eingefügt. Die Toilettenanlagen werden im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtungsweise der Thematik und zur Umsetzung einer geschlossenen Kreislaufwirtschaft als Komposttoiletten ausgeführt. Mit Ausnahme der barrierefreien Toilette sind sie, zur leichteren Instandhaltung auf Halbstockniveau gehoben.





**Bestandstransformation**  
 Plan 8: Isometrie Ebenen

Die sanitären Einrichtungen werden von Mitarbeiter und bei Veranstaltungen genutzt und beinhalten auch Duschen und Umkleiden

Sämtliche Einrichtungselemente am Walzenboden werden entfernt um einer Bühne und der Hörsaalbestuhlung Platz zu machen. Die Walzenstühle werden als Ausstellungsobjekte ins Foyer im Erdgeschoß gestellt. Hier befindet sich auch der Gastronomiebereich mit einem Tischherd. Bei Veranstaltungen und Kochseminaren werden hier Produkte aus dem betriebseigenen Anbau verarbeitet.

Im zweiten Obergeschoß unter dem Mansarddach wird die Betriebseinrichtung erhalten um eine Stück Mühlengeschichte zu erzählen. Vorträge rund um das Thema Humusaufbau, Bodengesundheit und Terra Preta werden kostenfrei angeboten. Um das Theater in Schirning zu einem soziokulturellen Treffpunkt werden zu lassen wird ein Verein zur Abhaltung von Kleinkunstveranstaltungen gegründet.



Abb. 46: Zufahrt Süd

## **Ausstellung**

Dieser Bereich ist tagsüber frei zugänglich und erzählt Gruppengästen und interessierten Besuchern die Geschichte der Indios am Amazonas, der Entstehung der Terra Preta und vieles über die Wichtigkeit von Boden und Humus für eine gesunde, ausreichende Ernährung.

## **Labor**

Im Anschluss an die Ausstellungsfläche befindet sich ein Labor, in dem einfache betriebsinterne Tests an Erde, Pflanzenkohle und Kompost durchgeführt werden können. Dieser Abschnitt wird Projektteilnehmern und Seminarbesuchern geöffnet und bietet diesen die Möglichkeit, am Feld gesammelte Organismen, unter dem Mikroskop zu begutachten.

## **Werkstatt**

Die betriebsinterne Werkstatt bietet das nötige Equipment um kleine Reparaturen und Wartungsarbeiten an Anlagen und Maschinen durchführen zu können. Direkt daneben ist ein Arbeitsraum für Besucher eingerichtet. In Workshops werden unter fachlicher Anleitung Hochbeete gebaut oder an einer individuellen Lösung für den Garten-Pyrokocher gebastelt.

## **Versuchsäcker**

Die Äcker auf dem Areal hinter der Kompostierung sind Musterflächen, auf denen intensiver Humusaufbau vorangetrieben wird. Bei der Wahl der Kulturen wird auf geeignete Fruchtfolgen zur Kohlenstoff und Stickstoffeinlagerung im richtigen Verhältnis Wert gelegt. Die Entwicklungsmöglichkeiten von Mischkulturen werden ausgelotet. Diversität und die Erhaltung alter Sorten stehen im Fokus der Pflanzenauswahl. Für die Bearbeitung gilt der Grundsatz: „So viel wie nötig und so wenig wie möglich.“ Auf den Pflug wird gänzlich verzichtet. Die notwendigen Arbeitsschritte werden im Lohnverfahren an umliegende Landwirte und den „Maschinenring“ vergeben, da die Anschaffung eigener Maschinen nicht sinnvoll ist. Da die positiven Effekte der Terra Preta auf der Hand liegen, werden die Lohnarbeiter so unweigerlich zu Multiplikatoren der Projektidee.

Bedeutung von Kohlenstoff und Stickstoff  
Seiten 59-61



Abb. 47: Collage Pflanzenkohleanlage



## Volksschule

An der, 1929 errichteten, unter Denkmalschutz stehenden, Volksschule sind keine baulichen Veränderungen möglich und auch nicht notwendig. Das Gebäude, in unmittelbarer Nachbarschaft zur Pflanzkohleanlage, ist die erste Anlaufstelle für Gruppen aus anderen Schulen, die an Projekttagen zum Thema Boden teilnehmen. Angesichts geringer Schülerzahlen schwebt das Damoklesschwert der Schulschließung über dieser pädagogischen Einrichtung. Durch die Verortung einer zusätzlichen Nutzung kann das vielleicht verhindert werden.

In einem leerstehenden Klassenraum werden auswärtige Schüler empfangen, erhalten theoretisches Grundwissen zum Einstieg in die Materie und werden in Gruppen zur Erkundung des Areals geteilt. Die Kinder und Jugendlichen kommen so nicht direkt in der, vielleicht eher industriell anmutenden, Pflanzkohleanlage an, sondern werden langsam über das Thema Boden an die Bedeutung einer gesunder Erde herangeführt.



Abb. 48: Volksschule Schirning

## **Wohnbau**

Immer mehr Menschen hegen den Wunsch nach einer subsistenz orientierten Lebensweise. Sie möchten ihr Umfeld gestalten und die Rahmenbedingungen für gemeinsame Aktivitäten und gegenseitige Unterstützung in verschiedenen Lebenslagen schaffen. Um diesen Bedürfnissen gerecht zu werden, wird der Wohnbau als Baugruppenmodell initialisiert. Als Bausteine werden für dieses Vorhaben Wohnungs-Grundtypen zur Verfügung gestellt, die von den zukünftigen Bewohner in der Planungsphase kombiniert und adaptiert werden können. Die Einhaltung dieses Reglements erleichtert spätere Abänderungen. So ist es möglich, Wohnungen auch nachträglich noch zu teilen oder zu verbinden. Diese Vorgehensweise erscheint mir, in einer Gesellschaft, die einer ständigen Metamorphose unterliegt, als angebracht. Auf Veränderungen familiärer Beziehungen oder Anpassungen im Berufsleben, z.B. arbeiten im Homeoffice, kann schnell reagiert werden. Neben gebäudeinternen Gemeinschaftseinrichtungen wird, mit den südlich des Wohnbaues liegenden Subsistenzgärten, eine besondere Form des Cohousing angeboten.

Durch die Ausrichtung des Gebäudes und der Loggien zu den Gärten und die gleichzeitige Erschließung über die Südseite werden nachbarschaftliche Beziehungen intensiviert und die Teilnahme am „Gartenleben“, durch Blickbeziehung zur Grünanlage, forciert.

Unter Ausnutzung der zulässigen Bebauungsdichte wird eine Analogie zu den bestehenden Wohnhäusern hergestellt.

Die Teilnahme am kulturellen Leben rund um die Pockmühle ist erstrebenswert und soll zur regionalen Verwurzelung und Akzeptanz des Projektes gefördert werden.

## **Subsistenzgärten**

Die Gärten und Äcker sind dem Wohnbau zugeordnet. Das Nebeneinander von Äckern und Hochbeeten, sowie Glashäusern versucht den unterschiedlichen Bedürfnissen der Bewohner nach Selbstversorgung gerecht zu werden. Die abwechslungsreiche Anordnung der Scheunen und Glashäuser schafft Individualräume und generiert ein Maximum an Synergieausnutzung.

Durch die enge Zusammenarbeit mit der Pflanzenkohleanlage werden alle positiven Effekte der Kompostierung und Terra Preta in der Gartenbewirtschaftung angewendet.

Die zentral angeordnete Gruppenküche bietet einen Arbeitsplatz zur gemeinschaftlichen Verarbeitung und Einlagerung der Früchte des eigenen Gartens und ist Treffpunkt für gemeinsames kochen, essen und austauschen.

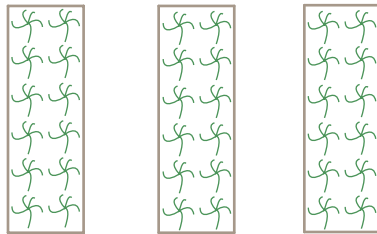
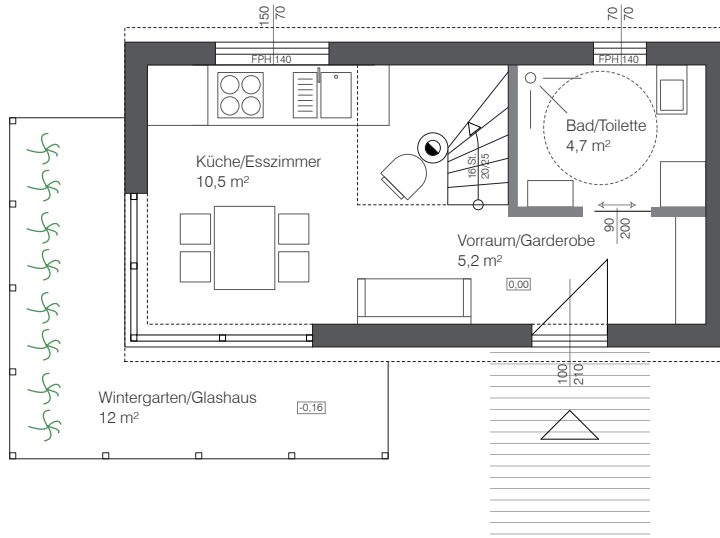
Das Gebäudekonglomerat der Subsistenzgärten bildet einen fließenden Übergang zur angrenzenden Landschaft und stellt eine Verschmelzung im Kontext der bestehenden Bebauung her.

## **Gartenchalets**

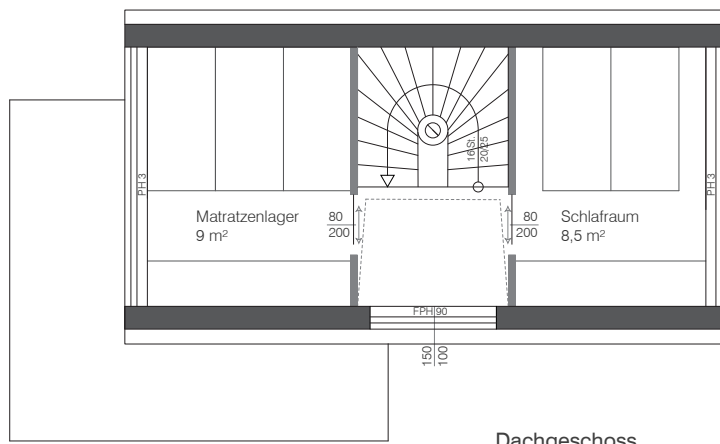
Wie die Subsistenzgärten ist auch das Areal der Gartenchalets auf Selbstversorgung ausgelegt. Die Bewirtschaftung der Gärten wird gemeinschaftlich organisiert und steht in enger Verbindung zur Pflanzenkohleanlage. Kompostierung und Aufbau von Terra Preta sind selbstverständlich ein Teil davon. Die Anpflanzung wird von Personen betrieben, die an ihrem Wohnort keine Möglichkeiten zur Selbstversorgung haben oder die Vorzüge des gemeinsamen „Gartelns“ nutzen wollen. Ihnen stehen die elf Gartenchalets zur Verfügung. Diese sind mit einer Kochnische, einem Eßtisch, Sanitäreinrichtungen mit Komposttoilette und Dusche ausgestattet. Übernächtigen ist in einem einfachen Matratzenlager im Dachgeschoss möglich. Zwei Chalets sind als Gemeinschaftsraum vorgesehen. Eines beinhaltet einen Gruppenraum mit „Einkochküche“ und das zweite bleibt weitgehend unausgebaut und dient als Gerätelager.

Die Gartenchalets bilden den baulichen Übergang zwischen Pflanzenkohleanlage und Wohnbebauung, deren Nutzer ein anschauliches Beispiel von Subsistenzwirtschaft leben.





Erdgeschoss



Dachgeschoss





Abb. 49: Collage Gartenchalets





# Regionale Auswirkungen

Die Arbeit beschreibt wie durch dieses Leuchtturmprojekt ein Paradigmenwechsel in der landwirtschaftlichen Praxis initialisiert werden kann. In einem der Region angepasstem Maßstab werden neue Möglichkeiten aufgezeigt. Die in diesem Projekt entwickelten Zusammenhänge und Praktiken können und sollen multipliziert und auf andere Regionen zugeschnitten werden.

Der Umgang mit dem Bestand der alten Mühle kann dabei zu einem Musterbeispiel für andere Branchen aus der Müllerei, oder aus Landwirtschaft und Gewerbe werden.

Nicht nur die in der Landwirtschaft tätigen Personen, die im engen Kontakt zum Thema Boden stehen, werden von diesem Projekt berührt. Ein neues Bodenbewusstsein muss in der Gesellschaft Einzug halten. Die Forderung nach gesunden Lebensmitteln muss von den Konsumenten ausgehen.

In der Oberen Schirning und dem Umland soll der Ackerbau gemeinsam mit einer Humus aufbauenden Bewirtschaftung intensiviert werden. Die sehr vom Maisanbau dominierte Fruchtfolge muss durch eine abwechslungsreiche Pflanzenvielfalt ersetzt werden. Terra Sano kann stets die Schnittstelle für diese Veränderung sein.

Die Diversität an landwirtschaftlichen Erzeugnissen wird die Landschaft der Zukunft gestalten und es werden diese Nahrungsmittel sein, die künftig, auf geschmackvolle Weise, das Ernährungsverhalten prägen.



16. Mai 2025 (so könnte es sein)

Ein herrlicher Frühlingstag beginnt. Die Terra Sano Pflanzenkohleanlage ist von üppigem Pflanzenbewuchs in sattem Grün umrahmt. Die ersten „Gartler“ warten schon um ihren Grünschnitt abzuliefern und ihre PKW-Anhänger mit wertvoller Terra Preta zu beladen. Immer mehr Menschen wollen ihre eigenen, gesunden Lebensmittel anbauen und sind von unserer Schwarzerde begeistert. Der Bearbeitungsaufwand ist mit der Terra Preta gering, die Pflanzen sind resistenter gegenüber Krankheiten und Schädlingen und vor allem das Wachstum ist enorm. So können die Selbstversorger sich ganz auf das Genießen der Früchte ihres Bodens konzentrieren.

Vor der Einfahrt zur Pflanzenkohleanlage hängt das Plakat, welches den morgigen Karbarettabend ankündigt. Der aus Gratwein-Straßengel stammende Künstler Clemens Maria Schreiner wird im Auditorium der Pockmühle sein neues Programm „Terra Sano - Es gibt Leben auf der Supererde“ zum Besten geben.

Ich gehe über den Hof der Pflanzenkohleanlage um die gestrige Papierfaserschlammlieferung zu kontrollieren. Wie gewohnt ist der Rohstoff für die Pflanzenkohle in ausgezeichneter Qualität angeliefert worden. In der Kläranlage des Wasserverbandes Gratkorn-Gratwein ist es gelungen den Papierfaserschlamm aus der Papierfabrik Sappi in Gratkorn sortenrein zu extrahieren, um ihn für uns brauchbar zu machen. Der Schlamm kann gleich in die Trocknung gebracht werden und dann weiter in die Pyrolyseanlage, denn unsere Pyreg läuft auf Hochtouren. Neben der Kohle, die wir für die Herstellung unserer Terra Preta benötigen, beginnen immer mehr Landwirte selbst ihren Kompost herzustellen und diesen mit unserer Pflanzenkohle aufzuwerten. Als Gülle und Futtermittelzusatz wurde die Pflanzenkohle von Anfang an begeistert aufgenommen.

In der Werkstatt wird gerade der Kompostumsetzer repariert. Zum Glück ist nur eine Schweißnaht gerissen und das kann unser Maschinist und „Allesreparierer“ Stefan schnell wieder herrichten. Dann muss die Maschine rasch wieder zu den Kompostmieten. Jeden Tag sind hier viele Tonnen Kompost umzusetzen.

Im Workshopraum neben der Werkstatt liegen noch die Reste der gestrigen Experimente. Unsere „Creativ Designer“, meine Söhne Philip und Gerrit, haben zusammen mit Freunden aus dem Jugendtreff in Gratwein an besonders stylischen Pyrokochern gebastelt.

Vor mir liegt die wunderschöne Blumenwiese. Im Jahr 2018 wurde zusammen mit der Volksschule Schirning das Projekt „Wiese der Kinder“ gestartet. Die Grünfläche wurde renaturiert und den Schülern zugänglich gemacht. Unsere Wiese hat eine enorme Artenvielfalt ausgebildet und ist zu einem Kraftort nicht nur für die Kinder geworden.

Heute kommt auch wieder eine Schülergruppe aus Graz in die Volksschule. Mein Sohn Niklas, der in die erste Klasse geht, freut sich schon. Er ist neben Maria, die heute die Projektgruppe in der Schule empfangen wird und durch den Tag begleitet, unser Humus Experte. Er findet ständig interessante Substanzen, die er mit Begeisterung unter dem Mikroskop betrachtet.

Die Schülergruppe wird sich heute nur kurz im Ausstellungsraum aufhalten und sich mit der Geschichte der Indios auseinandersetzen. Den Teil mit den Bodenuntersuchungen kann Maria bei diesem herrlichen Wetter nach draußen verlegen. Die Kraft der gesunden Erde in der Praxis mit eigenen Händen zu erfahren ist für die Kinder besonders eindrucksvoll.

Bei den Gartenchalets herrscht schon geschäftiges Treiben. Die Beete und Äcker sind üppig bewachsen. Es wird gegossen, geschnitten, gejätet und gezupft. Morgen findet, wie jeden dritten Samstag im Monat im Frühling und Sommer, wieder die Pflanzentauschbörse statt, die zu einem beliebten Treffpunkt der Gärtner geworden ist.

Wie ich höre, läuft unser Kompostumsetzer wieder. Ich werde einmal bei den Mieten vorbeischaun. Mir steigt schon der angenehme Geruch von Wald und Pilzen in die Nase. So muss Kompost riechen. Das ist unsere Erde. Anfangs waren die Anwohner noch skeptisch, ob es nicht zu einer Geruchsbelästigung durch die Kompostierung kommen wird, diese Zweifel haben sich aber rasch als unbegründet herausgestellt. Zum Glück hat



der Kompostexperte Gerald Dunst das Projekt von Anfang an begleitet. Hinten bei den Versuchsäckern arbeitet Franz vom „Maschinenring“. Er sät gerade eine Mischkultur aus Bohnen, Mais und Kürbis im Direktsaatverfahren. Als er begonnen hat hier für uns zu arbeiten hatte er ja noch Zweifel ob den das was werden könne, mittlerweile ist er aber längst von unseren neuen Methoden überzeugt. Gepflügt wird überhaupt nicht mehr und auch sonst wird die Bearbeitung auf ein Minimum reduziert, um möglichst wenig in das Ökosystem des Bodens einzugreifen und Nährstoffverluste hintanzuhalten.

Unzählige Landwirte kommen, um sich hier ein Bild von dieser Praxis und von unserer gesunden Erde zu machen. Sie wollen wieder ihre humusreichen, ertragreichen Böden zurück und können gleichzeitig aktiv Klimaschutz betreiben. Sie sind von der Terra Preta begeistert.



## DANKE

meiner Familie,  
Sabine, Philip, Gerrit, Niklas,  
meinem Vater Horst Frühwirth,  
meinem Betreuer Klaus K. Loenhard,  
Gerald Dunst / Sonnenerde,  
Oliver Bürger / Sappi,  
und allen, die mich bei dieser Arbeit  
unterstützt haben!

## Literatur- und Quellenverzeichnis

### Bücher

Mag. P. Clemens Johann **Brandtner** (Hg.), Die Anfänge des Stiftes Rein und das Häuserverzeichnis der Ortsgemeinden Eisbach und Rein, **1999**

Gerald **Dunst**, Humusaufbau - Chance für Landwirtschaft und Klima, **2011**

Gerald **Dunst**, Kompostierung und Erdenherstellung, **2015**

Annemarie und Siegfried **Fischer**, Geschichte der Stadt Bad Gottleuba-Berggießhübel, **2016**

Erhard **Hennig**, Geheimnisse der fruchtbaren Böden/Die Humuswirtschaft als Bewahrerin unserer natürlichen Lebensgrundlagen, **2011**

Oswald **Menghin**, Die alte Heimat, zit.n. Rudolf Suppan, Mühlen Bäche Wasserräder, **1995**

**Mose**, Das Buch Genesis/Altes Testament

Peter **Quicker** u. Kathrin **Weber** (Hg.), Biokohle/Herstellung, Eigenschaften und Verwendung von Biomassekarbonisaten, **2016**

Chrisoph **Sager**, Peter **Quicker** u.a. (Hg.), Biokohle/Herstellung, Eigenschaften und Verwendung von Biomassekarbonisaten, **2016**

Ute **Scheub**, Haiko **Pieplow**, Hans-Peter **Schmidt**, Terra Preta/Die schwarze Revolution aus dem Regenwald, **2014**

Vandana **Shiva**, Leben ohne Erdöl, **2009**

Rudolf **Suppan**, Mühlen Bäche Wasserräder, **1995**

Holger **Watter**, Regenerative Energiesysteme/Systemtechnik und Beispiele nachhaltiger Energiesysteme aus der Praxis, **2013**

### Artikel, online Quellen, Filme, Exkursionen, Gespräche

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (**BMEL**) Berlin (Hg.), Welternährung verstehen, Jan. **2015**, [www.bmel.de/welternaehrung](http://www.bmel.de/welternaehrung), 15.11.2017

**Bundesverband Boden** e.V./Bad Essen/D, Rolle der Böden im Klimawandel, **2017**, <http://www.bodenwelten.de/content/rolle-der-boeden-im-klimawandel>, 17.11.2017

**CarboCert** GmbH/D, Humusaufbau, <http://carbocert.com/Humusaufbau/index.html>, 28.11.2017

Gregor **Delvaus** de Fenffe, Architektur Mühlen, 11.08.**2014**, <http://www.planet-wissen.de/kultur/architektur/muehlen/index.html>, 23.11.2017

Gerald **Dunst**, Betriebsexkursion, 24.01.**2018**

Gerald **Dunst**, Riedlingsdorfer Schwarzerde, **1999**, [http://www.sonnenerde.at/riedlingsdorfer\\_schwarzerde.1238.html](http://www.sonnenerde.at/riedlingsdorfer_schwarzerde.1238.html), 13.12.2017

**Factfish**, Welt: Landwirtschaftliche Nutzfläche (Quadratkilometer), **2014**, [http://www.factfish.com/de/statistik-land/welt/landwirtschaftliche nutzfläche](http://www.factfish.com/de/statistik-land/welt/landwirtschaftliche-nutzflaeche), 30.11.2017

**Forschungsinstitut für biologischen Landbau**, Biologischer Bodenbewirtschaftung als Schlüssel zum Klimaschutz in der Landwirtschaft, 09 **2011**, [https://www.fibl.org/fileadmin/documents/de/news/2011/fiblstudie\\_boden\\_klima\\_1110.pdf](https://www.fibl.org/fileadmin/documents/de/news/2011/fiblstudie_boden_klima_1110.pdf), 29.11.2017

Karl Horst **Frühwirth**, Müllermeister i. R., Gespräch am 20.10.**2017**

**FWF** Der Wissenschaftsfonds/Wien, Zurück in die Steinzeit: Wie lebten die ersten Bauern?, 16.10.**2006**, <https://www.fwf.ac.at/de/wissenschaft-konkret/projektvorstellungen-archiv/2006/pv200610/>, 17.11.2017

**Germanwatch** e.V./Bonn, Klimawandel und Ernährungssicherheit, **2014**, <http://germanwatch.org/de/4787>, 16.11.2017

Marktgemeinde **Gratwein-Straßengel**, Herzlich willkommen in Gratwein-Straßengel, [www.gratwein-strassen-gel.gv.at/](http://www.gratwein-strassen-gel.gv.at/), 27.04.2018

Benedikt **Haerlin**, Film Bauer Unser, Robert Schabus, **2016**

Silke **Hertrich**/Deutsche Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit GmbH, Interview mit Dr. Georg Guggenberger, **2015**, [https://www.agrar.hu-berlin.de/de/institut/departments/daoe/bk/forschung/klimagarten/weiterfuehrende-materialien-1/2015\\_boden-und-klima.pdf](https://www.agrar.hu-berlin.de/de/institut/departments/daoe/bk/forschung/klimagarten/weiterfuehrende-materialien-1/2015_boden-und-klima.pdf), S 3-4, 11.12.2017

DI **Herz**/AMA, Weniger Mühlen vermahlen mehr, 03.05.**2016**, <https://www.ama.at/Marktinformationen/Getreide-und-Olsaaten/Aktuelle-Informationen/2016/Weniger-Muhlen-vermahlen-mehr>, 27.11.2017

Bernhard **Hofbauer**, Kompost auf dem Weg zur Terra Preta, **2012**, [https://online.tugraz.at/tug\\_online/wbAbs.showThesis?pThesisNr=49147&pOrgNr=37&pPersNr=56038](https://online.tugraz.at/tug_online/wbAbs.showThesis?pThesisNr=49147&pOrgNr=37&pPersNr=56038)

**IPCC** (Intergovernmental Panel on Climate Change), Fünfter Sachstandsbericht/Teilbericht 2/Zusammenfassung, **2013**, [https://www.wwf.at/de/view/files/download/showDownload/?tool=12&feld=download&sprach\\_connect=2647](https://www.wwf.at/de/view/files/download/showDownload/?tool=12&feld=download&sprach_connect=2647), 06.12.2017

**Kreismedienzentrum** Landkreis Böblingen, Die Mühlen im Mittelalter, 20.10.**2010**, [http://www.zeitreise-bb.de/wuerm/geschichte/nutzung/allgemein/mittelalter\\_content.html](http://www.zeitreise-bb.de/wuerm/geschichte/nutzung/allgemein/mittelalter_content.html), 27.11.2017

**Westdeutsch Rundfunk** Köln, zit. n. Justus von Liebig, Geschichte der Düngemittel, 09.10.**2017**, <http://www.planet-wissen.de/gesellschaft/landwirtschaft/anbaumethoden/pwiegeschichtederduengemittel100.html>, 19.11.2017

DI Christian **Moser**, Bauern im Mittelalter, <https://www.leben-im-mittelalter.net/alltag-im-mittelalter/arbeits-und-berufe/bauern.html>, 17.11.2017

Jürgen **Paeger**, Die Zerstörung der Böden, **2013**, <http://www.oekosystem-erde.de/html/bodengefaehrung.html>, 30.11.2017

Alois **Payer**, Dharmashastra : Einführung und Überblick 6. Stände (varna) und Soziale Mobilität, 01.12.**2003**, <http://www.payer.de/dharmashastra/dharmash06.htm>, 14.02.2018

Lars **Pennig**, Infoblatt Terra Preta, 10.05.**2012**, <https://www.klett.de/alias/1006072>, 13.12.2017

Günter **Pilch**, Bodenloser Verbrauch von Flächen, Kleine Zeitung 13.11.2017

Republik Österreich - **Parlamentsdirektion**, Landwirtschaft einst und jetzt, **2015**, <https://www.demokratie-webstatt.at/thema/thema-landwirtschaft-einst-und-jetzt>, 08.11.2017

Hans-Peter **Schmidt/Delinat**-Institut für Ökologie und Klimafarming CH, <http://www.stoffstrom.org/fileadmin/userdaten/dokumente/Veranstaltungen/BMT10/birkenfeld-biokohle.pdf>, 08.02.2018

Hans-Peter **Schmidt**/ Ithaka Institute for Carbon Strategies, **2011**, <http://www.ithaka-journal.net/terra-pretamodell-einer-kulturtechnik>, 07.02.2018

Karin **Schuh**/Die Presse, Mühlen werden weniger, aber größer, 18.01.2014, <https://diepresse.com/home/leben/ausgehen/1550569/Muehlen-werden-weniger-aber-groesser>, 27.11.2017

**StatistikAustria, Agrarstrukturerhebung**, 26.06.2017, [https://www.statistik.at/web\\_de/statistikenwirtschaft/land\\_und\\_forstwirtschaft/agrarstruktur\\_flaechen\\_ertraege/betriebsstruktur/023732.html](https://www.statistik.at/web_de/statistikenwirtschaft/land_und_forstwirtschaft/agrarstruktur_flaechen_ertraege/betriebsstruktur/023732.html), 16.10.2017

**Statistik Austria, Erste Ergebnisse der Agrarstrukturerhebung 2016**, 04.07.2017, <https://www.bmlfuw.gv.at/land/produktion-maerkte/Agrarstrukturerhebung-2016--erste-Ergebnisse.html>, 19.11.2017

Dr. Anneke **Trux**, Christin Zeitz/Deutsche Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit, Internationale Dimensionen der Boden- und Landnutzung, **2011**, [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/dokumente/05\\_trux.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/dokumente/05_trux.pdf), S 11-20, 05.12.2017

**Umweltbundesamt**, Flächeninanspruchnahme, **2006 und 2016**, [http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/raumplanung/2\\_flaechenverbrauch/Downloads/Flaechen\\_2006.pdf](http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/raumplanung/2_flaechenverbrauch/Downloads/Flaechen_2006.pdf) und [http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/raumplanung/Pdfs/Flaecheninanspr\\_2016.pdf](http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/raumplanung/Pdfs/Flaecheninanspr_2016.pdf), 01.12.2017

**UN** (United Nations) Department of Economic and Social Affairs, **World Population Prospects, 2017**

Sabine **Weindl**/Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Bedeutung des Humus für die Bodenfruchtbarkeit, <http://www.lfl.bayern.de/iab/boden/031125/>, 28.11.2017

**Wikipedia, Getreidemühle**, 08.10.2017, <https://de.wikipedia.org/wiki/Getreidemühle>, 22.10.2017

**Wikipedia, Kunstmühle**, 09.11.2017, <https://de.wikipedia.org/wiki/Kunstmühle>, 27.11.2017

**Wikipedia, Landfläche**, 09.09.2017, <https://de.wikipedia.org/wiki/Landfläche>, 30.11.2017

**Wikipedia, Mühle**, 12.10.2017, <https://de.wikipedia.org/wiki/Mühle>, 22.10.2017

**Wikipedia, Wasserturbine**, 23.11.2017, <https://de.wikipedia.org/wiki/Wasserturbine>, 27.11.2017

Harald von **Witzke**, Humboldt-Universität/Berlin, Hg. wwf Deutschland, Methan und Lachgas, die vergessenen Klimagase, **2007**, [https://www.agrar.hu-berlin.de/de/institut/departments/daoef/ihe/Veroeff/WWF\\_Klimagase.pdf](https://www.agrar.hu-berlin.de/de/institut/departments/daoef/ihe/Veroeff/WWF_Klimagase.pdf), S 6-7, 09.12.2017

**WWF** Deutschland/Berlin, Fleisch frisst Land, **2011**, [www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/publikationen-PDF/WWF\\_Fleischkonsum\\_web.pdf](http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/publikationen-PDF/WWF_Fleischkonsum_web.pdf), S 6 -7, 14.11.2017

**Zukunftsstiftung Landwirtschaft** GLS Treuhand e.V., **Bodenfruchtbarkeit und Erosion, 2017**, [www.weltagrabericht.de/themen-des-weltagraberichts/bodenfruchtbarkeit-und-erosion/volltext-bodenfruchtbarkeit.html](http://www.weltagrabericht.de/themen-des-weltagraberichts/bodenfruchtbarkeit-und-erosion/volltext-bodenfruchtbarkeit.html), 05.12.2017

**Zukunftsstiftung Landwirtschaft** GLS Treuhand e.V., **Fleisch und Futtermittel, 2017**, [www.weltagrabericht.de/themen-des-weltagraberichts/fleisch-und-futtermittel.html](http://www.weltagrabericht.de/themen-des-weltagraberichts/fleisch-und-futtermittel.html), 16.11.2017

**Zukunftsstiftung Landwirtschaft** GLS Treuhand e.V., **Hunger im Überfluss, 2017**, [www.weltagrabericht.de/themen-des-weltagraberichts/hunger-im-ueberfluss.html](http://www.weltagrabericht.de/themen-des-weltagraberichts/hunger-im-ueberfluss.html), 13.11.2017

## Bildnachweise

- Abb. 1: **Food Waste** (<https://www.change.org/p/let-s-cut-europe-s-food-waste-in-half>)
- Abb. 2: **Kalorieneffizienz** ([www.garant.co.at](http://www.garant.co.at))
- Abb. 3: **Ernte** (<http://georgesteinmetz.com/images/feeding-9-billion/>)
- Abb. 4: **Zukunft der Landwirtschaft** (Collage des Verfassers)
- Abb. 5: **Boden** ([https://www.videoblocks.com/video/young-lady-with-long-hair-and-skirt-run-barefoot-on-spring-soil-flourish-field-n\\_k3vmsjgil5siw77](https://www.videoblocks.com/video/young-lady-with-long-hair-and-skirt-run-barefoot-on-spring-soil-flourish-field-n_k3vmsjgil5siw77))
- Abb. 6: **„Eine Hand voll Erde“** (<http://www.lebensressort-burgenland.at>)
- Abb. 7: **verweht** ([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:20120924Sandsturm\\_Reilingen.jpg?uselang=de](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:20120924Sandsturm_Reilingen.jpg?uselang=de))
- Abb. 8: **weggespült** (<http://www.br.de/unserland>)
- Abb. 9: **versalzen** (<https://earthwormexpress.com/bacon-and-the-art-of-living-0/prologue/bacon-and-the-art-of-living-6-the-salt-of-the-sea/>)
- Abb. 10: **asphaltiert** (<https://www.hna.de>)
- Abb. 11: **Klimawandel** (Collage des Verfassers)
- Abb. 12: **Humus** (<https://www.facebook.com/topsoilorganics/>)
- Abb. 13: **Regenwurmröhren** ([https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/iab/bilder/fittosize\\_600\\_0\\_5464c298dbdd39cf4ce33d7bab60f77d\\_stabile\\_regenwurmruehre.jpg](https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/iab/bilder/fittosize_600_0_5464c298dbdd39cf4ce33d7bab60f77d_stabile_regenwurmruehre.jpg))
- Abb. 14: **Roter Klee - Stickstofflieferant** (<https://www.gardeningknowhow.com/ornamental/groundcover/red-clover/ornamental-red-clover.htm>)
- Abb. 15: **Amazonas** ([www.aventuradobrasil.de/assets/img/travel\\_43424/kanuexpedition-im-amazonasgebiet.jpg](http://www.aventuradobrasil.de/assets/img/travel_43424/kanuexpedition-im-amazonasgebiet.jpg))
- Abb. 16: **Terra Preta - Fundstelle am Amazonas** ([http://weitweitweg.in/wp-content/uploads/2014/02/xochimilco\\_05.jpg](http://weitweitweg.in/wp-content/uploads/2014/02/xochimilco_05.jpg))
- Abb. 17: **Komposttoilette** (<https://permanorikum.files.wordpress.com/2013/02/kompostklo-skizze-1.jpg>)
- Abb. 18: **Funktion Komposttoilette** ([www.naturbauhof.de/grafiken/aquatron\\_function.gif](http://www.naturbauhof.de/grafiken/aquatron_function.gif))
- Abb. 19: **Kompostumsetzer** ([www.komptech.com/de/produkte-komptech/pdetails/topturn-x4500.html](http://www.komptech.com/de/produkte-komptech/pdetails/topturn-x4500.html))
- Abb. 20: **Pflanzenkohlekompost** (Foto des Verfassers)
- Abb. 21: **Köhler** (<https://2.brf.be/sendungen/mundart/972849/>)
- Abb. 22: **Kon-Tiki** ([https://harvestmarket.org.au/wp-content/uploads/2016/10/20140828\\_163708.jpg](https://harvestmarket.org.au/wp-content/uploads/2016/10/20140828_163708.jpg))

- Abb. 23: **Pyreg-Anlage** ([www.pyreg.de](http://www.pyreg.de))
- Abb. 24: **Pflanzkohle unter dem Mikroskop** (<http://www.ithaka-journal.net/wpForschung1/uploads//2011/12/kohle-mikroskop.jpg>)
- Abb. 25: **Getreide** (<https://cropwatch.unl.edu/images/hero/2017/iStock-619052088-sm.jpg>)
- Abb. 26: **Steinmühle um 600 n. Chr.** ([http://what-when-how.com/wp-content/uploads/2011/04/tmpD18\\_thumb.jpg](http://what-when-how.com/wp-content/uploads/2011/04/tmpD18_thumb.jpg))
- Abb. 27: **Wasserrad** (<http://www.wissen.de/lexikon/schoepfrad>)
- Abb. 28: **alte Mühle** (<http://www.wissen.de/lexikon/schoepfrad>)
- Abb. 29: **moderne Mühle** (<https://www.mmbiztoday.com/sites/mmbiztoday.com/files/field/image/flour%20mill.jpg>)
- Abb. 30: **Pockmühle Südansicht** (Foto des Verfassers)
- Abb 31 - 36: **Fotobestand Familie Frühwirth**
- Abb. 37 - 44: **aktuelle Bestandsfotos** (Foto des Verfassers)
- Abb. 45: **Luftbild Obere Schirning** ([www.google.com/intl/de/earth/](http://www.google.com/intl/de/earth/))
- Abb. 46: **Zufahrt Süd** (Foto des Verfassers)
- Abb. 47: **Collage Pflanzkohleanlage** (Collage des Verfassers)
- Abb. 48: **Volksschule Schirning** (Foto des Verfassers)
- Abb. 49: **Gartenchalets** (Collage des Verfassers)

## Grafiken und Tabellen

- Tab. 1: **Düngemittleinsatz** (Grafik des Verfassers, Quelle: [www.boell.de](http://www.boell.de))
- Tab. 2: **Bevölkerung/Landwirtschaft Entwicklung** (Grafik des Verfassers, Quellen: [www.statistik.at/Agrarstrukturhebung](http://www.statistik.at/Agrarstrukturhebung); [www.statistik.at/menschen-und-gesellschaft/bevoelkerung](http://www.statistik.at/menschen-und-gesellschaft/bevoelkerung))
- Tab. 3: **Wasserspeicher** (Grafik des Verfassers)
- Tab. 4: **Flächenverteilung** (Grafik des Verfassers, Quelle: [www.factfish.com/de/statistik-land/welt/landwirtschaftliche nutzflaeche](http://www.factfish.com/de/statistik-land/welt/landwirtschaftliche-nutzflaeche), 30.11.2017)
- Tab. 5: **Versiegelung** (Grafik des Verfassers, Quelle: [www.umweltbundesamt.at](http://www.umweltbundesamt.at))
- Tab. 6: **Temperatur/CO<sub>2</sub>** (Grafik des Verfassers, Quelle: <https://scilogs.spektrum.de/klimalounge/rekordwaerme-auf-der-erde-trotz-kalter-sonne>; Grafik: Prof. Stefan Rahmstorf, Creative Commons BY-ND)



- Tab. 7: **Sonneneinstrahlung** (Grafik des Verfassers)
- Tab. 8: **Kohlenstoffkreislauf** (Grafik des Verfassers,  
Quellen: [www.statista.com](http://www.statista.com); [www.weltagrarbericht.de](http://www.weltagrarbericht.de); [www.agrar.hu-berlin.de](http://www.agrar.hu-berlin.de);  
[www.oekosystem-erde.de](http://www.oekosystem-erde.de))
- Tab. 9: **Nährstoffkreislauf** (Grafik des Verfassers)
- Tab. 10: **Pyrolyseverfahren** ([www.charline.at/anlagenberatung.61.html](http://www.charline.at/anlagenberatung.61.html))

## **Pläne**

- Plan 1: **Mühlen der Region, Mühlen und Gewässer** (Grafik des Verfassers,  
Quellen: Digitaler Atlas Steiermark, [www.landesentwicklung.steiermark.at](http://www.landesentwicklung.steiermark.at),  
Karl Horst Frühwirth, Müllermeister i. R., Gespräch vom 20.10.2017)
- Plan 2 und 3: **Grafik des Verfassers**, Quelle: Flächenwidmungsplan,  
[http://gis2.stmk.gv.at/atlas/\(S\(iferjrcleumdrnauqy3p5vpz\)\)/init.aspx?karte=kate&ks=das&cms=da&massstab=800000](http://gis2.stmk.gv.at/atlas/(S(iferjrcleumdrnauqy3p5vpz))/init.aspx?karte=kate&ks=das&cms=da&massstab=800000))
- Plan 4 - 9: **Grafik des Verfassers**



