



**Wassereffizienter Ackerbau –
Praxisgerechte Aufbereitung und
Vermittlung von aktuellen
Forschungsergebnissen zur Anpassung
an den Klimawandel für
Landwirtschaftliche Fachschulen und für
LandwirtInnen**

 **Bundesministerium**
Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie

 **Bundesministerium**
Bildung, Wissenschaft
und Forschung



umweltbundesamt^U
PERSPEKTIVEN FÜR UMWELT & GESELLSCHAFT



Mag. Ivoneta Diethart, DI Elisabeth Neuner und DI Lisa Doppelbauer



Bio Forschung Austria

Diese Publikation sollte folgendermaßen zitiert werden:

Diethart, I., Neuner, E., und Doppelbauer, L. (2020): Wassereffizienter Ackerbau – Praxisgerechte Aufbereitung und Vermittlung von aktuellen Forschungsergebnissen zur Anpassung an den Klimawandel für Landwirtschaftliche Fachschulen und für LandwirtInnen. Endbericht von StartClim2019.I in StartClim2019: Weitere Beiträge zur Umsetzung der österreichischen Anpassungsstrategie, Wien.

Wien, im Juli 2020

StartClim2019.I

Teilprojekt von StartClim2019

Projektleitung von StartClim2019:

Universität für Bodenkultur, Department für Wasser – Atmosphäre – Umwelt

Institut für Meteorologie und Klimatologie, Gregor-Mendel-Straße 33, 1190 Wien

URL: www.startclim.at

StartClim2019 wurde aus Mitteln des BMK, BMWF, Klima- und Energiefonds und des Landes Oberösterreich gefördert.

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-------|--|----|
| I-1 | Kurzfassung----- | 4 |
| I-2 | Abstract----- | 5 |
| I-3 | Einleitung ----- | 6 |
| I-3.1 | Projektziele ----- | 6 |
| I-4 | Bildungskonzept ----- | 7 |
| I-4.1 | Praxisgerechte Aufbereitung und Vermittlung von Bildungsinhalten ----- | 7 |
| I-4.2 | Praktische Übungen ----- | 8 |
| I-4.3 | Maßnahmen und Praxisbeispiele von LandwirtInnen----- | 8 |
| I-4.4 | Theorieteil----- | 9 |
| I-5 | Kursthemen und Bildungsinhalte ----- | 10 |
| I-5.1 | Klimawandel ----- | 11 |
| I-5.2 | Boden und Wasserhaushalt ----- | 13 |
| I-5.3 | Pflanze und Wasserhaushalt ----- | 17 |
| I-5.4 | Maßnahmen----- | 20 |
| I-5.5 | Praxisbeispiele - best practice ----- | 28 |
| I-6 | Bildungsmaterial ----- | 33 |
| I-7 | Kursvorbereitung ----- | 39 |
| I-8 | Schlussfolgerung ----- | 40 |
| I-9 | Literaturverzeichnis ----- | 41 |
| I-10 | Anhang----- | 43 |

I-1 Kurzfassung

Durch die Klimaerwärmung ist in Österreich mit häufiger vorkommenden Wetterextremen zu rechnen. Dies stellt die Landwirtschaft vor große Herausforderungen, weil Wasser einerseits zur knappen Ressource wird und andererseits Intensiv-Niederschlagsereignisse mit starker Bodenerosion zu erwarten sind. Diese veränderten Bedingungen erfordern es umso mehr, Böden in ihren bestmöglichen Zustand zu bringen. Ziel muss es sein, durch eine Kombination von Maßnahmen, der Erosion vorzubeugen, die Wasseraufnahme und Wasserspeicherfähigkeit von Böden zu erhöhen sowie unnötige Wasserverluste zu vermeiden. Ein gezieltes Bildungsangebot ist notwendig, um die LandwirtInnen auf die klimabedingten Veränderungen vorzubereiten, aber auch, um die Handlungsnotwendigkeit zu verdeutlichen. Im Projekt wurden dazu ein Bildungskonzept für LandwirtInnen und LandwirtschaftslehrerInnen erarbeitet und relevante Bildungsinhalte bestimmt. Für eine Begutachtung wurden externe Personen aus dem Bildungsbereich und der angewandten Forschung herangezogen. Auch wurden LandwirtInnen zu den von ihnen eingesetzten Maßnahmen zur Klimawandelanpassung befragt und ihre Kenntnisse und Erfahrungen berücksichtigt. Die Bildungsinhalte wurden als dreitägiger Kurs geplant und für eine Umsetzung vorbereitet. Die vier Themenbereiche Klima, Boden, Pflanze und ackerbauliche Maßnahmen für eine wassereffiziente Wirtschaftsweise, werden darin in Hinblick auf den Boden- und Pflanzenwasserhaushalt behandelt. Die Gewichtung liegt bei den Maßnahmen und den „best practice“-Beispielen der LandwirtInnen wie schonende Bodenbearbeitung, Bodenbedeckung durch Begrünungen oder Mulchanwendung, die Förderung des Bodenlebens, Bodenaufbau, Humusanreicherung, eine vielfältige Fruchtfolgegestaltung und die Verwendung von angepassten Kulturen und Sorten. Als ReferentInnen werden sich neben WissenschaftlerInnen ebenso erfahrene LandwirtInnen am Kurs beteiligen. Besonderes Augenmerk wurde auf die praxisorientierte Aufbereitung und Vermittlung der Bildungsinhalte gelegt. Zentrales pädagogisches Element ist das „Begreifbarmachen“ von Prozessen mithilfe von einfachen Feldmethoden, Experimenten und Demonstrationsobjekten. So sollen den KursteilnehmerInnen die komplexen Zusammenhänge von Boden-Pflanze-Wasserhaushalt-Klima nähergebracht werden und ihnen ein „Werkzeug“ in die Hand geben werden, das sie am eigenen Betrieb bei den dort gegebenen Standortbedingungen einsetzen können. Die ganzheitliche, vernetzte Vermittlung von Wissen soll darüber hinaus zu einem Weiterdenken anregen, um alternative Lösungen für kommende Herausforderungen finden zu können.

I-2 Abstract

Due to global warming, more frequent weather extremes are to be expected in Austria. This poses a major challenge to agriculture when, in dry summers, water becomes a scarce resource on the one hand, but on the other hand expected intensive precipitation events lead to severe soil erosion and all its negative consequences. These changed conditions make it necessary to bring soils into their best possible condition to meet the challenges. One objective must be to implement a combination of measures to prevent soil erosion, increase the water storage capacity of soils and avoid unnecessary water losses. Specific educational programmes are needed to prepare farmers for climate-related changes, but also to emphasize the need for action. In the project an educational concept for farmers and agricultural teachers was developed and relevant contents were defined. For a review, external persons from the field of education and applied research were consulted. Farmers were also interviewed about the measures they use to adapt to climate change and their knowledge and experience were taken into account. The educational content was planned as a three-day course and prepared for implementation. The four topics, climate, soil, plants and measures for a water-efficient farming are dealt with regard to the soil- and plant water balance. The emphasis lies on measures and farmers' best practice examples. These include careful soil cultivation, soil cover through greening or mulching, the promotion of soil life, soil structure, humus enrichment, a diverse crop rotation system and the use of adapted crops and varieties. In addition to scientists, experienced farmers will also participate in the course as speakers. Special attention was paid to the practice-oriented preparation of the educational content. The central pedagogical element is the "making comprehensible" of processes by use of simple field methods, experiments and demonstration objects. In this way, the complex interrelationships of soil-plant-water balance-climate will be explained to the course participants and will provide them with a "tool" which they can use on their own farm under the given site conditions. The holistic transfer of knowledge should also encourage further thinking in order to find alternative solutions for future challenges.

I-3 Einleitung

Durch die Klimaerwärmung ist in Österreich mit häufiger vorkommenden Wetterextremen zu rechnen. Dies stellt die Landwirtschaft vor große Herausforderungen, weil Wasser einerseits zur knappen Ressource wird und andererseits Intensiv-Niederschlagsereignisse mit starker Bodenerosion zu erwarten sind. Diese veränderten Bedingungen erfordern es umso mehr, Böden in ihren bestmöglichen Zustand zu bringen, um den Herausforderungen - auch ohne die Möglichkeit einer künstlichen Bewässerung - standzuhalten. Ziel muss es sein, durch eine Kombination von Maßnahmen, Erosion zu vermeiden, die Wasserspeicherfähigkeit von Böden zu erhöhen sowie unnötige Wasserverluste zu vermeiden.

Ein gezieltes Bildungsangebot ist notwendig, um die LandwirtInnen auf die klimabedingten Veränderungen vorzubereiten.

I-3.1 Projektziele

Ziel des Projektes war es, ein Bildungskonzept für Personen aus dem landwirtschaftlichen Bereich, wie für LandwirtInnen und LehrerInnen an landwirtschaftlichen Schulen, zu erarbeiten und entsprechendes Bildungsmaterial zu erstellen. Dabei standen Maßnahmen, die zur Verhinderung direkter Verdunstung und zur Steigerung der Wasserspeicherkapazität von Böden führen, im Vordergrund. Besonderes Augenmerk wurde auf die praxisorientierte Aufbereitung der Bildungsinhalte gelegt. Die Umsetzung der Bildungsinhalte wurde als Kurs geplant und vorbereitet. Neben ReferentInnen aus der Forschung werden ebenso ExpertInnen aus der Praxis einbezogen.

I-4 Bildungskonzept

Das Bildungskonzept wurde auf Personen aus dem landwirtschaftlichen Bereich wie LandwirtInnen oder LehrerInnen an landwirtschaftlichen Schulen ausgerichtet. Dazu wurden relevante Bildungsthemen und Bildungsinhalte ausgearbeitet und die dafür geeigneten didaktischen Methoden ausgewählt.

I-4.1 Praxisgerechte Aufbereitung und Vermittlung von Bildungsinhalten

Im Konzept wird der Bezug zur Praxis durch praktische Übungen und „best practice“ Beispiele von LandwirtInnen als eine wichtige didaktische Methode bei der Vermittlung der Themen erachtet. Zentrales Element ist das „Begreifbarmachen“ von Prozessen mithilfe von einfachen Feldmethoden, Experimenten, eigens dafür konzipierten Demonstrationsobjekten und einem Bodenspiel.

Die praktischen Übungen und Demonstrationen stehen zu Beginn eines Bildungsinhaltes. Über diesen Einstieg wird zur Theorie und zu den Maßnahmen und Praxisbeispielen (best practice) übergegangen. In Abbildung I-1 wird diese Herangehensweise veranschaulicht. Mithilfe von praktischen Übungen werden zuerst die Sinne aber auch Emotionen (Staunen, Wundern, ...) angeregt und darauffolgend die dazugehörige Theorie behandelt und vertiefend ein relevantes Anwendungsbeispiel aus der Praxis vorgestellt. Je nach Fall kann die Reihenfolge, ob zuerst das theoretische Wissen oder ein Praxisbeispiel (z. B. eine Bodenbearbeitungsmaßnahme) herangezogen wird, verändert werden. Auf diese Weise kann das Wissen über mehrere Wahrnehmungskanäle aufgenommen und verankert werden. Gleichzeitig findet eine Vernetzung unterschiedlicher Wissensinhalte und Erkenntnisse statt.

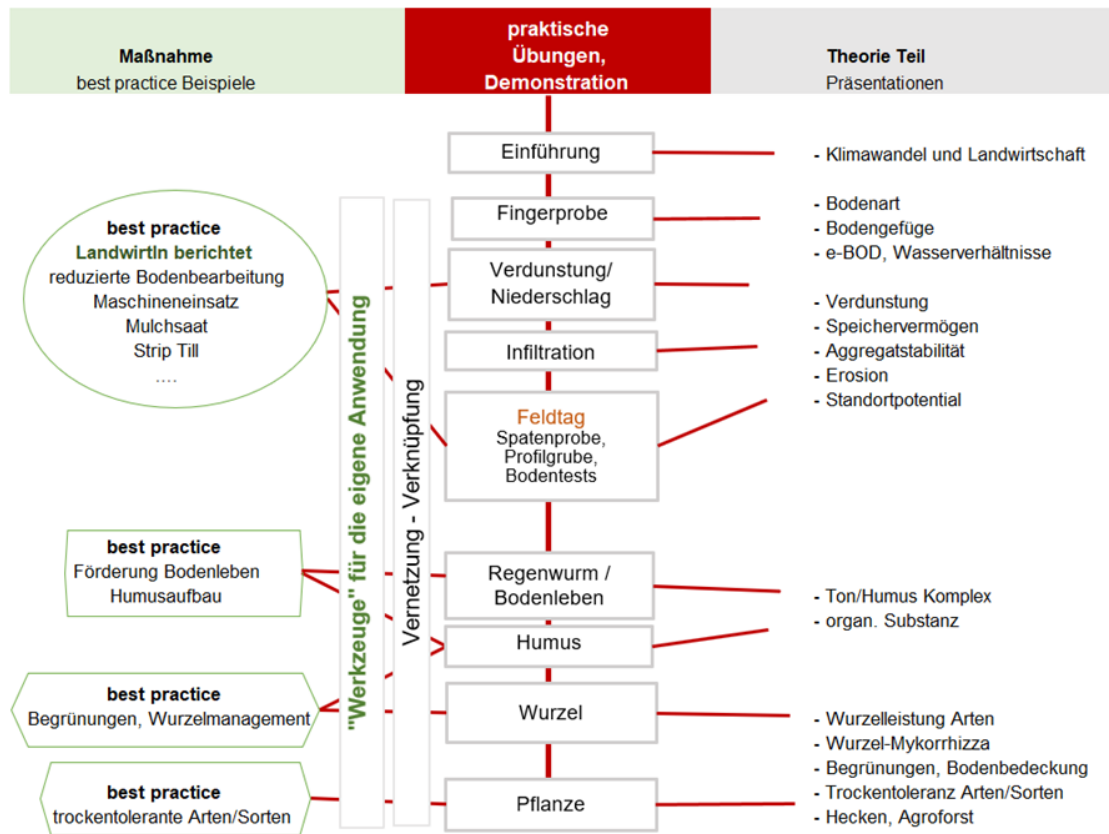


Abb. I- 1: „Der Kurs-Lehrpfad“ wird über die Mitte, den praktischen Übungen, besritten. Rechts davon ist der Theorieteil und links davon sind Maßnahmen und Erfahrungen aus der Praxis zugänglich. In der Zusammenführung aller Stränge erfolgt vereinfacht dargestellt die Vernetzung und Verknüpfung von theoretischem Wissen, Erfahrungen und Kenntnissen aus der Praxis. Die ganzheitliche Vermittlung von Wissen soll ihren bestmöglichen Einsatz als „Werkzeug“ zur Anwendung am eigenen Betrieb ermöglichen.

Das Gehirn lernt leichter, wenn Informationen aus unterschiedlichen Sinnesorganen miteinander assoziiert werden. Auch sind Aufmerksamkeit und Motivation zu lernen gesteigert, wenn konkrete Beispiele aus der Praxis vorgestellt werden, die auch am eigenen Betrieb (oder in der Schule) umgesetzt werden können. LandwirtInnen, die bereits erfolgreich Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel umsetzen, bringen dazu ihre Erfahrungen in den Kurs ein. Ziel ist es, die komplexen Zusammenhänge von Boden-Pflanze-Wasserhaushalt-Klima näherzubringen und den TeilnehmerInnen „Werkzeuge“ in die Hand zu geben, die am eigenen Betrieb bei den dort gegebenen Standortbedingungen selbständig eingesetzt werden können.

I-4.2 Praktische Übungen

Für den praktischen Teil werden Versuche (einfache Feldmethoden), Demonstrationsobjekte und dafür nötige Anleitungen und Arbeitsunterlagen vorbereitet. Der Großteil der praktischen Übungen wird von den TeilnehmerInnen selbständig durchgeführt, um das „Begreifbarmachen“ bestmöglich zu erreichen.

Zu den Praktischen Übungen und Demonstrationen gehören zum Beispiel:

- Fingerprobe zur Ermittlung der Bodenart (Übung)
- Infiltrations- und Speichervermögen (Demonstrationsobjekt und Versuch)
- Verdunstung (Demonstration digital)
- Böden - Wasserspeichervermögen (Versuch)
- Wurzelarena, Wurzelgrube (Demonstrationsobjekt und Profilgrube)
- Feldtag mit Bodentests, Spatenprobe, Experimenten wie Verschlämmung u.a.
- Bodenspiel (Brettspiel)

I-4.3 Maßnahmen und Praxisbeispiele von LandwirtInnen

Die Maßnahmen zur wassersparenden Wirtschaftsweise und Praxisbeispiele von LandwirtInnen sind inhaltlich im Kursprogramm gewichtet. Befragt wurden LandwirtInnen, die bereits erfolgreich Klimawandelanpassungsmaßnahmen umsetzen und ihr Wissen gerne bereitstellen. Zu den relevanten Maßnahmen gehören:

- Reduzierte und schonende Bodenbearbeitung
- Bodenaufbau (Humusaufbau, organische Düngung)
- Bodenbedeckung (Begrünungen, Multschicht)
- Bodenleben fördern
- Vielfältige Fruchtfolge gestalten
- Angepasste Kulturen und Sorten
- Optimaler Zeitpunkt für Anbau, Drusch und Umbruch

I-4.4 Theorieteil

ReferentInnen aus Wissenschaft und Praxis vermitteln mithilfe von Präsentationen die Bildungsinhalte und verknüpfen die Theorie mit der Praxis. Die komplexen Zusammenhänge werden dadurch nähergebracht.

I-5 Kursthemen und Bildungsinhalte

Der Kurs beinhaltet die 4 Themenbereiche Klima, Boden, Pflanze und Maßnahmen für eine wassersparende Wirtschaftsweise.

In der Einführung, im Themenblock „Klima“, erfahren die TeilnehmerInnen wie sich das Klima in den Regionen (Ost-Österreich, Marchfeld und Weinviertel) bis zum Jahr 2050 weiter verändern wird (anhand der wahrscheinlichen Szenarien der aktuellen Klimamodelle) und was das für die Landwirtschaft bedeutet. Das Ausmaß an zu erwartender Veränderung soll vor Augen geführt werden, um die Handlungsnotwendigkeit zu unterstreichen. In den Themenblöcken „Boden“ und „Pflanze“ werden biologische, physikalische und chemische Zusammenhänge von Boden und Pflanze im Ackerbau in Bezug auf den Bodenwasserhaushalt behandelt. Der Themenblock „Maßnahmen“ beinhaltet die ackerbaulichen und pflanzenbaulichen Maßnahmen, welche die Wasserspeicherfähigkeit der Böden verbessern und unnötigen Wasserverlust vermeiden. Hier sind auch die „best practice“-Beispiele enthalten. Die Gewichtung liegt inhaltlich bei den Maßnahmen und dem Praxisbezug. Die Theorie und die praktischen Übungen der anderen Themenblöcke sollen hier einfließen. In Tabelle I- 1 sind die Themen, Bildungsinhalte und die Bildungsziele überblicksartig gelistet

Tab. I- 1: Überblick der Kursthemen, Bildungsinhalte und Bildungsziele

| Thema | Thema Detail | Bildungsinhalte | Bildungsziele |
|------------------|---|---|---|
| Klima | Klimawandel | <ul style="list-style-type: none"> - Wasserkreislauf - Szenarien für die regionale Landwirtschaft - Veränderung von Böden und Auswirkungen auf Ackerkulturen | Klimawandel Bewusstseinsbildung, Erkennen von Ausmaß und Bedeutung der zu erwartenden Veränderungen, Handlungsnotwendigkeit |
| Boden | Boden und Wasserhaushalt Bodenleben | <ul style="list-style-type: none"> - Verdunstung über den Boden - Bodengefüge - Bodenart - Wasserverhältnis am Standort - Humus - Mikroorganismen - Regenwurm | Biologisch-physikalisch-chemische Prozesse und Zusammenhänge erkennen, Bedeutung von Leben(digkeit) für den Boden und im Weiteren für den Boden-Wasserhaushalt |
| Pflanze | Pflanze - Wasser | <ul style="list-style-type: none"> - Verdunstung über die Pflanze - Wurzel | Pflanzenphysiologie - Möglichkeiten und Grenzen ausloten, Bedeutung der Wurzel |
| Maßnahmen | Bodenbearbeitung Pflanzenbau Erosionsschutz | <ul style="list-style-type: none"> - reduzierte Bodenbearbeitung - Maschinen- u. Anbau Systeme - Humusaufbau, organische Dünger - Kulturen, Sorten - Fruchtfolge - Zwischenfruchtanbau / Untersaaten - Wasser/Wind - Hecken, Agroforst | Wert eines „gesunden“ Bodens für den Boden- und Pflanzenwasserhaushalt erkennen, wichtige Bedingungen und Maßnahmen für eine wassereffiziente Wirtschaftsweise kennenlernen und als „Werkzeug“ am eigenen Betrieb einsetzen können - gemäß den dort gegebenen Standortbedingungen, Verknüpfung von Theorie und Praxis mithilfe von „best practice“ Beispielen |

Im Folgenden werden die **Bildungsinhalte** und die **Bildungsziele** näher beschrieben.

I-5.1 Klimawandel

Klimawandel findet statt. Wichtig ist es, ein Bewusstsein für das zu erwartende Ausmaß an Veränderungen zu bekommen, um notwendige Handlungen ableiten zu können.

- Wasserkreislauf

Zu Beginn des Kurses wird der globale und regionale Wasserkreislauf erklärt und der Zusammenhang zum Bodenwasserhaushalt dargestellt. Das gesamte Wasser der Erde bewegt sich in einem ständigen Kreislauf von Verdunstung, Kondensation, Niederschlag, Abfluss und erneuter Verdunstung. Eine wichtige Komponente im Wasserkreislauf sind Böden. Niederschlagswasser kann im Boden gespeichert werden oder den Boden durchfließen und dann das Grund- oder Stauwasser bilden.

Es wird verständlich, dass im Wasserkreislauf kein Wasser verloren geht, dass sich nur der Aggregatzustand verändert. Die Bedeutung von veränderten Niederschlagsmustern wie z. B. das häufigere Auftreten von Starkniederschlägen und die Auswirkung auf ausgetrocknete Böden und die Folgen werden besprochen.

Fragen wie „wodurch wird die Bodenfeuchte beeinflusst?“ und „wovon hängt der regionale Niederschlag ab?“, „woraus speist sich das Grundwasser“, „welche Wege nimmt das Wasser?“, werden beantwortet.

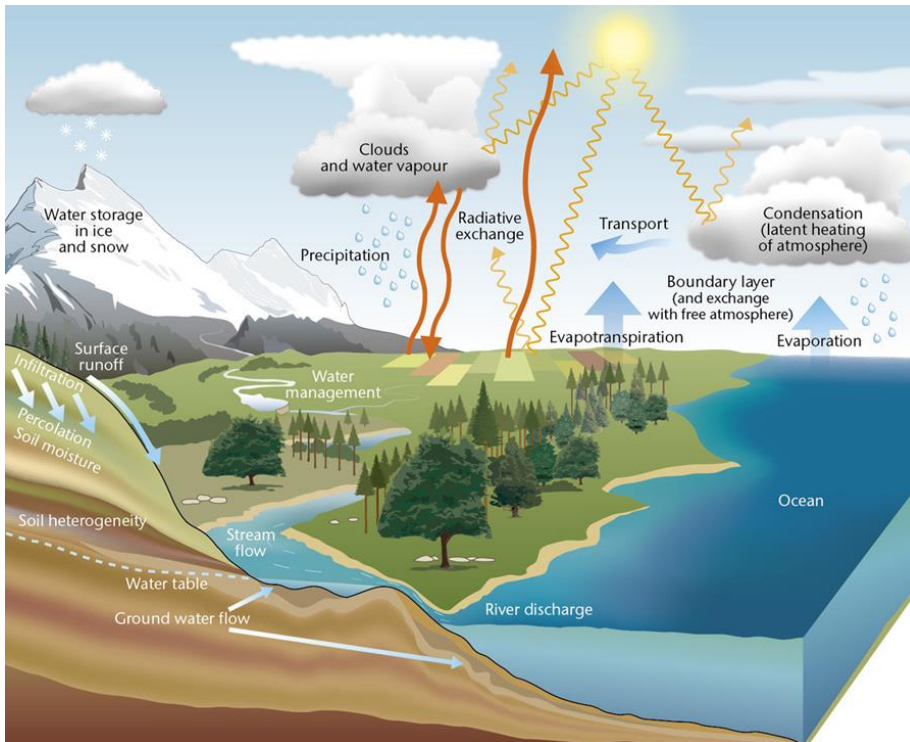


Abb. I- 2: Wasserkreislauf – global und regional. Quelle: <https://assets.weforum.org/editor/ovGsEzUcslUOyCTCHdFIKV3NwY0Hpm2l8xW0k-PAoE8.jpg>

- Szenarien für die regionale Landwirtschaft

Die zu erwartenden Veränderungen für die Landwirtschaft werden auf regionaler Ebene betrachtet. Der Stand der Wissenschaft wird mithilfe der unter dem APCC (Austrian Panel on Climate Change) zusammengeführten und aufbereiteten Ergebnisse wie dem Klima-Sachstandsbericht (2014), themenspezifische Factsheets sowie spezieller Klimaberichte vermittelt.

Für die Landwirtschaft im Osten Österreichs könnte das für die Pflanzen verfügbare Wasser zu einem noch stärker limitierenden Faktor werden. Falls die modellierten Dürreszenarien für die 2030er Jahre eintreten, ist mit Ernteverlusten von mindestens 30 % in weiten Teilen Niederösterreichs, Wiens und des Burgenlandes zu rechnen. Ertragszuwächse wären eher in den niederschlagsreichen, grünlanddominierten Regionen im Westen Österreichs zu erwarten (Mitterer et al. 2014).

Detaillierte Abschätzungen für das Marchfeld, das Weinviertel und für ganz Niederösterreich anhand von Szenarien bis 2025 und 2050 sind im Bericht „Potentielle Auswirkungen und Anpassungsmaßnahmen der Landwirtschaft an den Klimawandel im Nordosten Österreichs (Weinviertel-Marchfeld Region)“ zu finden (Kromp-Kolb et al. 2014). Ergebnisse zu Ertrags- und Produktionspotential von Ackerkulturen und daraus folgende betriebliche und überbetrieblich Empfehlungen zur Anpassung werden vorgestellt.

Im Projekt FARM (Hochrainer-Stigler 2019) wurden mithilfe eines landwirtschaftlichen Agrarmodells derzeitige und zukünftige Ernteerträge für verschiedene Kulturarten auf lokaler Ebene errechnet. Dabei wurde im optimistischen Klimaszenarium bis 2050 aufgrund höherer Durchschnittstemperaturen und -niederschläge eine Zunahme von Erträgen mit Ausnahme der Zuckerrübe errechnet. Bei Berücksichtigung von zu erwartenden Dürreperioden zeigte sich jedoch ein deutlich negativer Effekt auf die Ernteerträge. Besonders im Burgenland und in Niederösterreich können große Ertragseinbußen für alle Getreidesorten durch Dürre entstehen. Für Wintergetreide fallen diese Effekte geringer aus. Im Burgenland, in Niederösterreich und Wien zeigte bis 2030 vor allem Zuckerrübe mit mehr als 60 % Ernteverlusten ohne zusätzliche Bewässerung eine hohe Verletzlichkeit gegenüber Dürre. Moderate Verletzlichkeit ergab sich für Soja und Mais mit ca. 20 % Verlust in Niederösterreich und Wien sowie für Mais in Vorarlberg. In kälteren Regionen ist Getreide grundsätzlich weniger gefährdet.

Es wird klargestellt, dass die Szenarien je nach verwendeten Klimamodellen unterschiedlich ausfallen. Es ist aber notwendig, das „worst case scenario“ auch in Betracht zu ziehen.

- Veränderung von Böden durch den Klimawandel

Durch die Temperatur- und Niederschlagsveränderungen sind vielfältige Wechselwirkungen zwischen Bodenwasserhaushalt, Humusgehalt, Bodengefüge und biologischer Aktivität zu erwarten. Bei durchschnittlich höheren Temperaturen ist mit einer Erhöhung der mikrobiellen Aktivität und daher mit einem stärkeren Abbau der organischen Substanz zu rechnen (Baumgarten et al. 2014).

Welche Folgen hat die Abnahme von organischer Substanz in Böden?

Die Folgen sind Verlust von gespeichertem Kohlenstoff und Nährstoffen, Verringerung der Bodenfruchtbarkeit, geringere mikrobielle Aktivität und Biodiversität, höhere Erosionsanfälligkeit und geringere Wasserhaltefähigkeit. Die Gefahr der Abnahme der Bodenfruchtbarkeit ist bei Ackerböden erhöht. Die regionalen Unterschiede können jedoch in Abhängigkeit von Temperatur, Bodenfeuchte, Bodenart und der Wirtschaftsweise sehr groß sein. Eine genaue Abschätzung der Prozesse im Boden ist aufgrund vieler Einflussfaktoren schwierig.

Wichtig zu verstehen ist, dass Bodenschutz auf mehreren Ebenen betrieben werden muss. Faktoren, die auf betrieblicher Ebene beeinflusst werden können, sind die Verbesserung der Bodenstruktur durch Anbau von Begrünungen, Düngung mit Kompost, Förderung des Bodenlebens, Vermeidung von Erosion und von Verdichtungen. Darüber hinaus sind auch alternative Anbausysteme anzudenken.

I-5.2 Boden und Wasserhaushalt

Beim Themenbereich Boden und Wasserhaushalt sollen Ursachen und Maßnahmen aufgezeigt werden, um den Verlust von Wasser durch die Verdunstung von Wasser über die Bodenoberfläche (Evaporation) und Verdunstung über die Pflanzen (Transpiration) möglichst gering zu halten.

Welche Bedingungen können die Verdunstung verstärken oder vermindern? Welche Maßnahmen insbesondere in Bezug auf Bodenbearbeitung und Bodenbedeckung können in der Praxis angewendet werden, um Verdunstung über die Bodenoberfläche auf ein Minimum zu reduzieren?

Ziel ist es auch, dass der Boden jeden Millimeter Niederschlag aufnehmen und speichern kann. Dazu muss er in seinen bestmöglichen Zustand gebracht werden.

- Bodenart

Der Anteil an den Korn-Fraktionen Sand, Schluff und Ton am Feinboden steht in enger Beziehung zu Wasser- und Lufthaushalt sowie zur Durchwurzelung und Bearbeitbarkeit des jeweiligen Bodens (Blum 2007). Die sehr unterschiedlichen Eigenschaften von sandreichen-, tonreichen- und schluffreichen Böden in Bezug auf Wasserführung, Wasserhaltevermögen, Durchlüftung, Nährstoffgehalt, Durchwurzelbarkeit und Bearbeitbarkeit sollen im Kurs besprochen werden.

Mit Hilfe der **Fingerprobe** ist eine Abschätzung der Bodenart selbständig möglich. Die TeilnehmerInnen sollen die Fingerprobe mit Hilfe einer Anleitung selbständig durchführen und so die Bodenart, von Böden am eigenen Betrieb, bestimmen. Im Texturdreieck sollen anschließend die Anteile an Sand, Schluff und Ton der ermittelten Bodenarten abgelesen werden. Dadurch soll Bewusstsein für die unterschiedlichen Eigenschaften und Anforderungen von verschiedenen Bodenarten geschaffen werden. Eine Benennung der Bodenart durch die TeilnehmerInnen ist möglich.

Informationen über die Bodenart und viele weitere Eigenschaften einer Fläche sind auch im eBOD, der elektronischen Bodenkarte einsehbar (BFW 2018). Die TeilnehmerInnen sollen sich aktiv damit beschäftigen und u.a. die abgeschätzte Bodenart durch die Fingerprobe mit den Angaben zur Bodenart in der eBOD vergleichen (Abb. I- 13).

Die **Spatenprobe** ermöglicht es PraktikerInnen den derzeit vorhandenen Zustand und die Fruchtbarkeit des Bodens selbständig am Feld zu beurteilen. Diese zeigt einen guten Gesamteindruck des Bodenzustandes.

Die Spatenprobe wird zuerst von einem Experten vorgezeigt und anschließend von den TeilnehmerInnen in Kleingruppen selbständig durchgeführt. Als Hilfestellung kann eine dafür vorbereitete Anleitung verwendet werden (Abb. I- 15), Mit Hilfe der Spatenprobe können Bodenfeuchte, Bodenfarbe, Geruch, Bodenstruktur, Durchwurzelung, Aktivität des Bodenlebens, Ernterückstände, usw. untersucht werden. Diese Beurteilung der Spatenprobe wird in einem dafür vorbereiteten Arbeitsblatt (Abb. I- 16) festgehalten. Anschließend wird das Ergebnis der Spatenprobe gemeinsam besprochen, interpretiert und Zusammenhänge zwischen Theorie und Praxis werden hergestellt. Welche Maßnahmen sollen z.B. in Bezug auf Bearbeitungstiefe getroffen werden?

Anhand eines **Bodenprofils** werden die Eigenschaften und der Zustand des Bodens, über die Tiefe der Spatenprobe hinausgehend, ermittelt. Neben den Horizonten und der Tiefgründigkeit des Bodens ist die Durchwurzelung von großem Interesse und von großer Bedeutung insbesondere für die Wasseraufnahme durch die Pflanzenwurzeln. Kann im Boden gespeichertes Wasser von den Wurzeln gut aufgenommen werden? Am Gelände der Bio Forschung Austria bietet die Wurzelarena (Abb. I- 18) einen Einblick in ein Bodenprofil eines kalkhaltigen Grauen Aubodens. „Wie tief wurzeln Pflanzen?“ Diese Fragen sollen die TeilnehmerInnen selbständig beantworten (Abb. I- 19). Ziel ist, dass sich die TeilnehmerInnen mit dem vorhandenen Profil auseinandersetzen und sich der Bedeutung der Pflanzenwurzeln bewusst werden. Neben der Durchwurzelung ist besonders das Bodenleben die Basis für einen fruchtbaren Boden. Bis in welche Tiefe sind Regenwurmgänge vorhanden? Auch diese Aussage ist von großem Interesse.

- Bodengefüge

Die Wasseraufnahmefähigkeit und die Wasserspeicherefähigkeit des Bodens hängen eng mit der Bodenstruktur zusammen. Bodengefüge oder Bodenstruktur bezeichnet die räumliche Anordnung von festen mineralischen und organischen Bodenbestandteilen. Das gesamte Bodenvolumen ist in Volumen der festen Bodensubstanz und in Porenvolumen aufgeteilt. Das Porenvolumen ist in

wechselnden Anteilen mit Wasser und Luft gefüllt (Blum 2007). Je nach Bodengefüge und Bodenart ergeben sich unterschiedlich große Bodenporen. Die Unterschiede bezüglich Wasserspeicherfähigkeit sollen in praktischen Versuchen, zum Beispiel zum Thema „Wie viel Wasser können Böden speichern?“, die die TeilnehmerInnen selbst durchführen, veranschaulicht werden (Abb. I-17). Daneben können die TeilnehmerInnen die unterschiedlichen Gefügeformen im Mikroskop beobachten und so die Unterschiede in vergrößerter Form erkennen.

Ziel ist, eine Krümelstruktur zu erreichen, was die günstigste Strukturform im Oberboden ist. Ein Boden mit einer guten Krümelstruktur hat viele Poren, in die Wasser einsickern und in denen es gespeichert werden kann. Stabile Krümel halten auch starken Regen aus, ohne zu zerfallen und verhindern die Verschlammung der Bodenoberfläche. Verschlammung verstopft die Poren, sodass das meiste Regenwasser nicht einsickern kann, sondern oberflächlich abrinnt. Dadurch geht ein großer Teil der Niederschlagsmenge verloren und es entsteht Erosion.

Wichtig für die Erhaltung einer guten Bodenstruktur ist es, Bodenbearbeitung nur dann durchzuführen, wenn es wirklich nötig ist. Wichtiger als die Art des Gerätes ist der Einsatztermin und die Einstellung des Gerätes. Es sollte immer versucht werden, das Ziel der Bodenbearbeitung mit möglichst geringem Energieaufwand = geringer Bodenstrukturzerstörung zu erreichen. Bodenverdichtungen verringern den durchwurzelbaren Raum, also jenes Bodenvolumen, aus dem die Pflanze Wasser aufnehmen kann.

- Bodenleben

Die Bodenkrümel werden von den Ausscheidungen von Mikroorganismen, Bodentieren, Wurzeln und von Bodenpilzen zusammengehalten. Nur eine große aktive Bodenfauna produziert genug Ausscheidungen, um eine gute Krümelstruktur zu schaffen und zu erhalten, daher spricht man von Lebendverbauung (Abb. I-3). Und damit die Bodenfauna leben kann, muss sie ständig genug Nahrung in Form von organischer Substanz – aus Wurzelausscheidungen, Gründüngung, organischer Düngung mit Mist oder Kompost etc. – bekommen.

Regenwürmer verbessern die Bodenstruktur und schaffen Wurzelraum sowie Lebensräume für Bodenlebewesen, die selbst nicht im Boden graben können. Regenwürmer fressen abgestorbenes Pflanzenmaterial und Erde und bilden in ihrem Darm ein Gemenge aus Mineralsubstanz und organischem Material. Diese sogenannten Ton-Humus-Komplexe sind die Basis für ein optimales Krümelgefüge, das den Luft- und Wasserhaushalt des Bodens verbessert. Die Regenwurmlosung weist eine höhere Aggregatstabilität als der umliegende Boden auf und kann auch mehr Wasser speichern. Regenwurmreiche Böden werden durch den erhöhten Grobporenanteil besser durchlüftet und weisen einen ausgeglicheneren Wasserhaushalt auf. Zudem können große Mengen Regenwasser durch die Grobporen leichter aufgenommen werden, wodurch das Erosionsrisiko vermindert wird. Regenwürmer können bereits verschlammte Krusten im Boden wieder aufbrechen und so die Infiltrationskapazität im Boden wieder erhöhen. Wurzeln können in Regenwurmröhren rascher in tiefere Bodenschichten vordringen und vorhandene Ressourcen insbesondere Wasser besser nutzen.

In welchem Zustand ist das Bodenleben auf unterschiedlichen Flächen der TeilnehmerInnen? Wie können diese Maßnahmen zur Förderung des Bodenlebens und damit auch der Bodenstruktur in der Praxis erfolgreich umgesetzt werden, um die Wasserspeicherfähigkeit zu erhöhen und die Infiltration zu verbessern. Wie können das Bodenleben und das Pflanzenwachstum bestmöglich gefördert werden? Wie kann Bodenorganismen ausreichend Nahrung zur Verfügung gestellt werden, sodass eine hohe biologische Aktivität erreicht wird und dadurch die Entstehung der Krümelstruktur gefördert wird?

Um das Bodenleben zu fördern, sollte das Bearbeitungssystem darauf ausgerichtet sein, die Bearbeitungstiefe und -intensität so gering wie möglich zu halten und darauf geachtet werden, dass die Bodenbedeckung möglichst über das ganze Jahr hinweg besteht und ein Eintrag von organischem Material z.B. durch Kompost erfolgt.

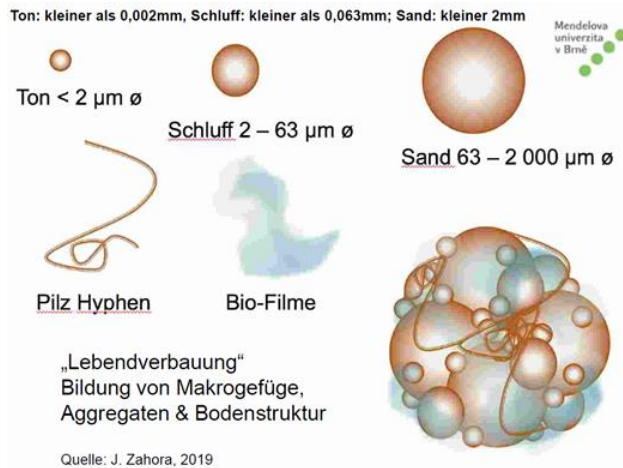


Abb. I- 3: Lebendverbauung, Mikro- und Makrogefüge schematisch dargestellt.

- Humus

Die Bedeutung der Zufuhr von organischen Materialien im Boden zeigt sich besonders im Humus wieder. Dieser entsteht durch Abbau von abgestorbenen organischen Materialien. Humus ist daher von entscheidender Bedeutung für die Bodenfruchtbarkeit. Humus verbessert die Bodenstruktur und damit auch die Wasserspeicherefähigkeit und die Versickerung. Ein mit Humus gut versorgter Boden kann bei länger anhaltender Trockenheit die Pflanzen besser mit Wasser und Nährstoffen versorgen. Doch Humus verbessert nicht nur die Wasserspeicherung, sondern auch die Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens. Ein humoser Boden kann z. B. bei Gewitterregen große Wassermengen in kurzer Zeit einsickern lassen und aufnehmen, ohne dass er verschlämmt oder Erosion auftritt. In einem sich ändernden Klima, in dem immer öfter längere Trockenphasen und dann wieder Starkregenereignisse auftreten, ist ein hoher Humusgehalt im Boden ein entscheidender Vorteil. Im Kurs werden Zusammenhänge und Maßnahmen besprochen, durch die der Humusgehalt im Boden verbessert werden kann.

- Wasserverhältnis am Standort

Die Wasserspeicherefähigkeit des Bodens ist ein wichtiges Kriterium im Ackerbau. Die Wassermenge, die ein Boden gegen die Schwerkraft halten kann, nennt man Feldkapazität. Dies entspricht der Wasserspeicherefähigkeit des Bodens (Englisch et al. 2019). Die Feldkapazität ist u.a. von der Porengrößenverteilung im Boden abhängig. Tonböden können mehr Wasser halten als lehmige Böden, Sandböden am wenigsten. Aber auch der Humusgehalt des Bodens spielt eine entscheidende Rolle. Der Anteil des Bodenwassers, der in sehr feinen Poren gespeichert ist, ist aber für die Pflanzen nicht verfügbar und wird daher auch als „Totwasser“ bezeichnet. Der Anteil der Feldkapazität, der von den Pflanzen durch die Wurzel aufgenommen werden kann, heißt nutzbare Feldkapazität (nFK). Die nutzbare Feldkapazität ist in der Elektronischen Bodenkarte (www.bodenkarte.at) abrufbar und liefert Grundlagen zur Abschätzung des Wasserhaushalts von

landwirtschaftlichen Kulturen wie z.B. die Wahl von Standorten für Kulturen mit hohem Wasserbedarf und ermöglicht dadurch auch die Einschätzung der Ertragssicherheit von Standorten (Leitgeb und Aust 2019). Der Anbau von Kulturpflanzen mit hohem Wasserbedarf ist nur dann sinnvoll, wenn die nFK ausreichend hoch ist.

Ziel im Kurs ist es, dass sich die TeilnehmerInnen mit der Wasserspeichermöglichkeit ihrer Böden auseinandersetzen und sich der Unterschiede von Böden bewusst werden. Welche nutzbare Feldkapazität haben die TeilnehmerInnen auf Ihren Flächen. Mit Hilfe von eBOD, in der die nFK in 4 Kategorien (sehr gering, gering, mittel und hoch) unterteilt ist, soll diese von ausgewählten Flächen abgelesen werden (Abb. I- 13). Die Wasserspeichermöglichkeit hängt u.a. eng mit der Bodenstruktur zusammen. Ziel ist, dass der gegenwärtige Zustand des Oberbodens wie Bodenstruktur, Durchwurzelung und Aktivität des Bodenlebens in die Bewertung der nutzbaren Feldkapazität einfließen sollen. Diese Beurteilungen sollen anschließend gemeinsam besprochen und diskutiert werden.

I-5.3 Pflanze und Wasserhaushalt

Ein beträchtlicher Teil des Wassers aus Niederschlägen geht über die Transpiration der Vegetation wieder in die Atmosphäre zurück. Wieviel Wasser brauchen Kulturpflanzen? Welche Strategien und Anpassungen haben Pflanzen, um Trockenperioden besser zu überstehen?

Grundsätzliche Anpassungen sind 1. die Strategie der zeitlichen Vermeidung, 2. Eigenschaften, die eine Verbesserung der Wasseraufnahme bewirken sowie 3. Eigenschaften, durch die die Verdunstung verringert wird.

- Wasserbedarf von Kulturen

Zwischen den einzelnen Kulturarten (aber auch zwischen Sorten) ergeben sich große Unterschiede im Wasserverbrauch, die u.a. von der Wachstumszeit und -dauer abhängig sind. Beispielsweise haben Wintergetreidearten, die einen Teil ihrer Entwicklung in der kühleren Jahreszeit (Herbst, Frühjahr) durchlaufen, einen geringeren Wasserverbrauch als die entsprechenden Sommerformen. Blattfrüchte wie Kartoffeln und Zuckerrüben haben aufgrund ihrer relativ langen Vegetationszeit einen höheren Wasserbedarf als Getreide. Die höchsten Wasserverbrauchswerte haben langlebige Futterpflanzen (Rotklee, Luzerne) und Grünland (Chmielewski 2015).

Der Wasserbedarf einer Pflanze ist nicht linear, er verändert sich über die Vegetationszeit. Bei Sommergetreide kann sich ein Wasserdefizit vor allem im Mai und Juni negativ auf den Ertrag auswirken, bei Kartoffeln zwischen Juni und August sowie bei Zuckerrüben von Juli bis September (Chmielewski, Köhn 1999), bei Mais zwischen Mai und September.

Ausgedrückt wird der Zusammenhang zwischen Wasserverbrauch und Biomassebildung durch den Transpirationskoeffizienten. Er gibt an, wieviel Liter (bzw. Milliliter) Wasser durch Transpiration an der Blattoberfläche als Wasserdampf abgegeben werden, um 1 kg (bzw. 1 g) Trockensubstanz (Erntemasse) zu bilden.

Der Wasserbedarf von Kulturen wird im Kurs angesprochen. Die Fragen „was baue ich an?“ und „in welchem Zeitraum benötigt die Pflanze das meiste Wasser?“ wird gemeinsam mit den Maßnahmen und „best practice“ Beispielen erörtert.

- Wurzel

Ein gut ausgebildetes Wurzelsystem, welches den durchwurzelbaren Bereich des Bodens gut nutzt, ist ein entscheidender Faktor, um Trockenperioden gut überstehen zu können (Abb. I- 4 und Abb. I- 1Abb. I- 5). Der nicht sichtbare, unterirdische Teil der Pflanze soll den TeilnehmerInnen nähergebracht werden. Welche Funktionen hat die Wurzel und die Wurzelspitze? Wieviel Wurzelbiomasse kann ausgebildet werden? Was ist mit Wurzelmanagement gemeint? Inwieweit kann der Wurzelraum, die Rhizosphäre, beitragen, Trockenheit besser zu überstehen? Fantastische Symbiosen sind hier mit Bakterien und Pilzen zu finden. Welche neuesten Erkenntnisse gibt es hier? Den TeilnehmerInnen wird der „Lebensraum Boden“ als Organismus vorgestellt.

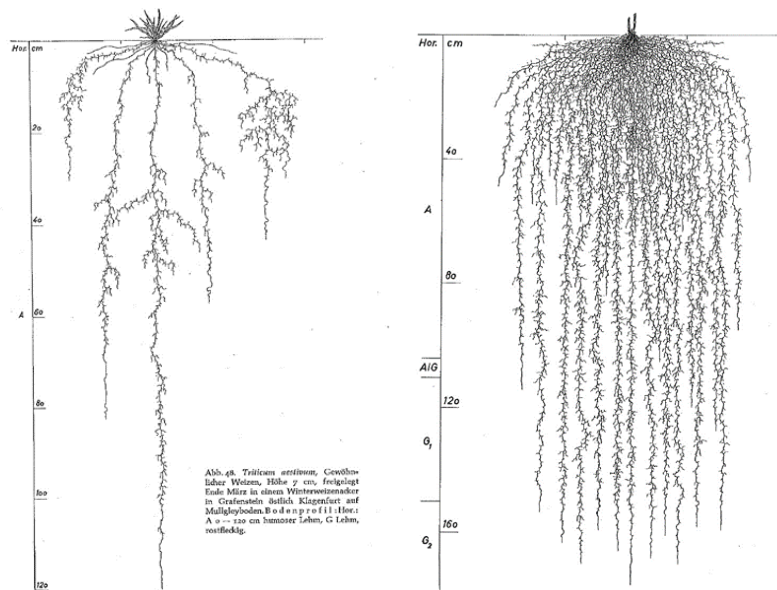


Abb. I- 4: Winterweizen Wurzelmassebildung und Tiefenwachstum, Freilegung Ende März und Mitte Juni (Kutschera 1960, Wurzelatlas)



Abb. I- 5: Wurzeln von Wintererbse in 41 cm Tiefe (3-4 Blatt Stadium) und Winterweizen in 53 cm Tiefe, Freilegung im März.

I-5.4 Maßnahmen

Bodenbearbeitung

- schonende Bodenbearbeitung

Ein sorgsamer Umgang mit der Ressource Boden als wichtigster Standortfaktor für die Landwirtschaft ist elementar. Für eine gute Wasseraufnahmefähigkeit und -speicherfähigkeit von Böden ist der Erhalt einer guten Bodenstruktur notwendig. Die Art, Tiefe und Häufigkeit der Bodenbearbeitung spielen hierbei eine zentrale Rolle. Grundsätzlich sollte nur so viel wie tatsächlich nötig bearbeitet werden. Daher sind Überlegungen, die zu einer Reduktion oder einem Zusammenlegen von Arbeitsschritten führen sowie die Intensität der Bodenbearbeitung verringern in mehrerlei Hinsicht wertvoll. Ebenso entscheidend sind aber auch der Einsatztermin und die richtige Einstellung des Gerätes. Ziel muss es sein, das Bodenleben so wenig wie möglich zu stören und Bodenverdichtungen auf jeden Fall zu vermeiden.

- Maschinen- und Anbausysteme

Zu den schonenden Bodenbearbeitungsverfahren zählen die konservierende Bodenbearbeitung sowie Mulch- und Direktsaatverfahren. Als eine Form der konservierenden Bodenbearbeitung ist die reduzierte Bodenbearbeitung zu sehen. Der Eingriff in den Boden wird durch den geringeren Geräteeinsatz und das komplette Weglassen der wendenden Bodenbearbeitung reduziert. Ein Beispiel ist die Dammkultur, die seit einigen Jahren an Bedeutung gewinnt. Sowohl die Struktur der Dämme als auch eine Verringerung der Anzahl und Intensität der Bodenbearbeitungsdurchgänge wirken sich positiv auf Bodenstruktur, Wasseraufnahmefähigkeit und Durchwurzelbarkeit des Bodens aus. Eine Kombination aus konservierender Bodenbearbeitung und Direktsaat stellt die Streifenbearbeitung (Strip Till) dar. Bei diesem Verfahren werden etwa ein Drittel des Ackerbodens konservierend bearbeitet, zwei Drittel der Fläche bleiben unbearbeitet wie bei der Direktsaat.

Werden Bodenbearbeitungsverfahren standortgerecht eingesetzt? Welche Bedingungen sind am Standort gegeben?

Im Kurs werden unterschiedliche Bodenbearbeitungsverfahren und Maschinensysteme im Rahmen der „best practice“ Beispiele besprochen (siehe I-5.5).

- Humusaufbau, organische Dünger

Wie kann man den Humusgehalt erhalten oder steigern?

Die Basis bildet eine ausgeglichene Fruchtfolge: Hier stellt sich die wichtige Frage, wieviel Hackfrucht aus wirtschaftlichen Gründen gebraucht wird und wieviel Hackfrucht der Boden tatsächlich verträgt. Der Anbau von Leguminosen, insbesondere von mehrjährigen Futterleguminosen, wirkt sich stark positiv auf die Humusbilanz aus. Von einem zu hohen Leguminosenanteil, mehr als 20-25 %, ist jedoch abzuraten, da es sonst zu einem erhöhten Krankheits- und Schädlingsdruck bei den Leguminosen kommt.

Stroh am Feld belassen: Strohverkauf lässt sich mit Humusmehrung nicht vereinbaren. Wenn Stroh abgefahren wird, sollte es in Form von Stallmist wieder auf das Feld kommen. Für viehlose Betriebe bietet eine Stroh-Mist-Kooperation mit einem viehhaltenden Betrieb die Möglichkeit, den Kreislauf zu schließen.

Zufuhr von organischen Materialien: Z.B. Kompost oder Wirtschaftsdünger erhöhen den Humusgehalt im Boden. Die höchste Wirkung hat Kompost, weil die organische Substanz im Kompost

schon weitgehend in Humus umgebaut ist. Mit Biotonne-Kompost lassen sich neben Humus auch Nährstoffe wie Phosphor und Kalium, aber auch Mikronährstoffe, in den Betrieb hereinbringen und regionale Nährstoffkreisläufe schließen.

Auf Grund der chemischen Zusammensetzung unterscheiden sich die organischen Materialien nach der Ausbringung in einem deutlich unterschiedlichen Abbauverhalten und unterschiedlicher Humuswirkung. Organische Materialien mit sehr weiten C/N-Verhältnissen wie z.B. Stroh werden langsamer abgebaut und zeigen eine vergleichsweise geringe Nährstofffreisetzung insbesondere von Stickstoff (Kolbe, 2015).

Kompost und Stroh haben auf Frischmasse bezogen eine relative hohe Humuswirkung, während die Humifizierung je aufgebracht Gewichteinheit bei den Flüssigdüngern sowie bei der Gründüngung am geringsten ist. Mit Flüssigdüngern müssen bis zu zehnfach höhere Mengen transportiert werden, um die gleiche Humuswirkung zu erzielen. Die jeweils niedrigsten angegebenen Werte werden bei entsprechend ungünstigen Trockenmasse-Gehalten erlangt sowie auch bei hohen durchschnittlichen Zufuhrmengen des organischen Materials, weil dann eine geringere Humifizierung angenommen werden kann als bei kleineren Zufuhrmengen (Kolbe, 2013).

Vergleicht man die Humusreproduktionsleistung organischer Materialien in Bezug auf die ausgebrachte Trockenmasse (TM) ergibt sich folgende Rangfolge bei absteigender Reproduktionsleistung: Kompost > Frischmist > Rindergülle > Schweinegülle > Stroh > Gründüngung (Kolbe, 2015).

Organische Materialien weisen stark unterschiedliche Humuswirkungen auf. In Abbildung **Abb. I- 6** ist die Rangfolge und Variationsbreite der Humusreproduktion der organischen Materialien dargestellt.

Begrünungen: Sie fördern die Nährstoffdynamik und haben zahlreiche positive Wirkungen. Wie rasch Begrünungen abgebaut werden, hängt unter anderem vom CN-Verhältnis und vom Reifegrad der Biomasse ab. Die Wurzeln von Begrünungen sind schwerer abbaubar als die oberirdische Biomasse und tragen mehr zur Humusanreicherung bei. Außerdem gelangt mit den Wurzeln organische Substanz in den Unterboden, wo eine Humusanreicherung auf anderem Wege nicht möglich ist. Für die Entwicklung eines ausgedehnten, tiefgehenden Wurzelsystems brauchen Begrünungen aber Zeit, weshalb man sie möglichst lange am Feld stehen lassen sollte.

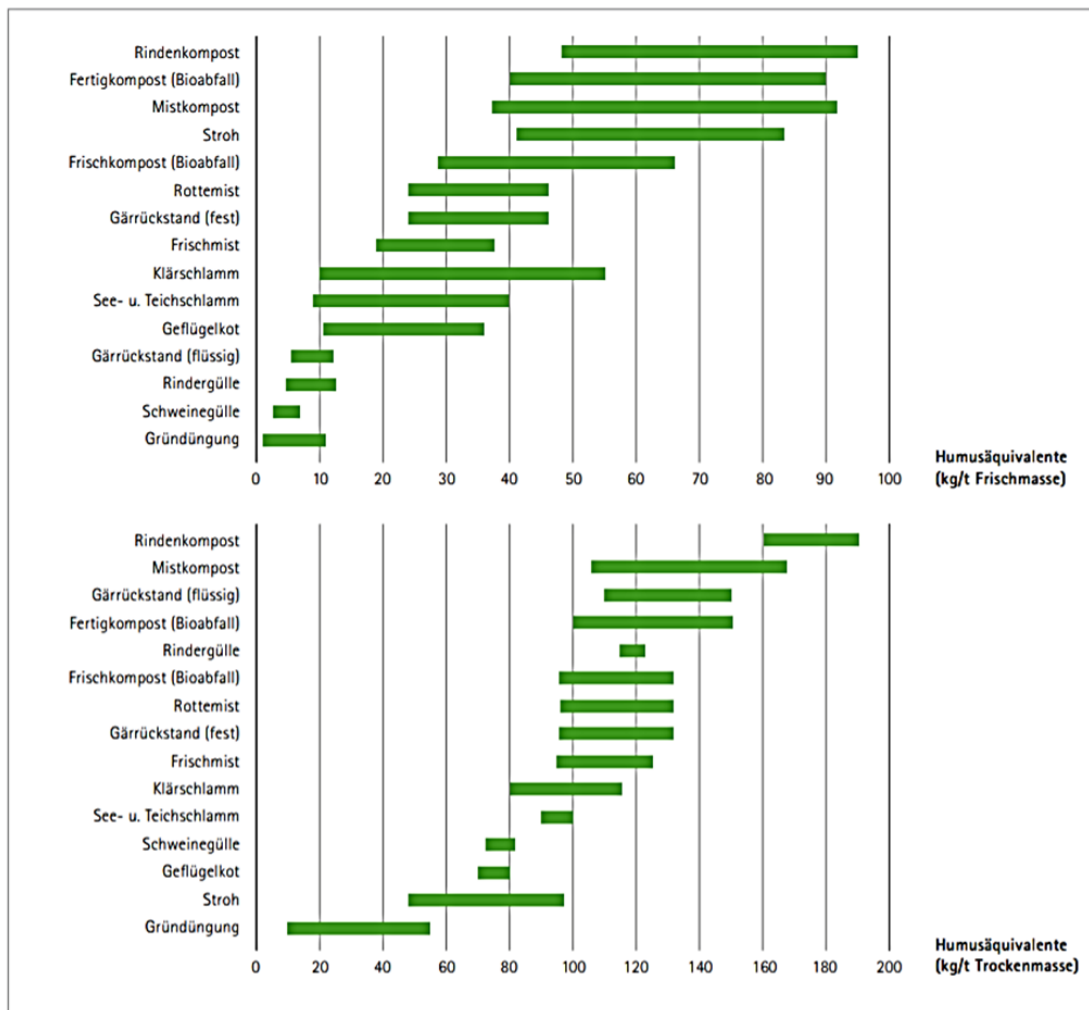


Abb. I- 6: Rangfolge und Variationsbreite der Humusreproduktion organischer Materialien (Humusäquivalente; oben: Angaben in kg/t Frischmasse; unten: Angaben in kg/t Trockenmasse. Quelle: Körschens et al., 2004; Kolbe, 2010 zitiert in Kolbe und Zimmer, 2015).

Pflanzenbau:

- Auswahl der Kulturen und Sorten

Eine grundlegende Anpassungsstrategie stellt auch die richtige Auswahl der Kulturen dar. Winterungen statt Sommerungen anzubauen, zum Beispiel Wintergetreide statt Sommergetreide oder Wintererbse statt Sommererbse. Diese nutzen die feuchten, kühlen Wintermonate für das (Wurzel)wachstum, sodass die Wurzeln schon in größerer Tiefe sind, wenn es trocken wird.

Bei der Wahl der Kulturarten könnte man auf solche mit geringerem Wasserbedarf ausweichen. So benötigt zum Beispiel Sorghum weniger Wasser als Mais, Platterbse weniger als Körnererbse und Esparsette weniger als Luzerne. Eine andere Möglichkeit ist es, Sorten mit geringerem Wasserbedarf anzubauen, zum Beispiel Grannenweizen statt Kolbenweizen.

- Zwischenfruchtanbau, Untersaaten

Im Kurs werden die Eigenschaften der Begrünpflanzen sowie die Vor- und Nachteile der verschiedenen Anbaumethoden besprochen. Die vielfache Bedeutung von Begrünungen wie

Bodenschutz durch Bodenbedeckung u.a. und insbesondere deren Durchwurzelungsleistung, soll den TeilnehmerInnen bewusst werden.

Ein möglichst durchgehender Pflanzenbewuchs durch abfrostende/winterharte Zwischenfrüchte sowie durch Untersaaten wirkt sich positiv auf die Bodenfruchtbarkeit aus. Der Aufwuchs der Begrünung bedeckt den Boden und verringert die Verdunstung über die Bodenoberfläche im Vergleich zu einem Boden ohne Bewuchs. Durch eine gute Bedeckung und Durchwurzelung schützen Begrünungen den Boden vor Erosion durch Wind und Wasser. Daher ist es besonders wichtig, an Standort und Fruchtfolge angepasste Begrünungsmischungen anzubauen. Untersaaten stellen in Gebieten mit ausreichend Feuchtigkeit eine sehr interessante Alternative zum klassischen Begrünungsanbau dar. Der durchgehende Bewuchs liefert einen wertvollen Beitrag zum Erosionsschutz.

Eine effektive Begrünung soll aus mindestens fünf Pflanzenarten und mindestens drei unterschiedlichen Pflanzenfamilien bestehen. Die Begrünungsmischung soll sowohl trockenheitstolerante als auch feuchtigkeitsliebende Arten enthalten und dadurch sowohl in trockenen als auch in feuchten Jahren entsprechend gute Bestände entwickeln.

Hitze- und trockenheitstolerante Begrünungsarten sind z.B. Sudangras, Hirse, Hanf, Färberdistel (Saflor), Öllein, Leindotter, Platterbse und Sommerwicke. Feinkörnige Leguminosen zählen großteils zu den hitze- und trockenheitsempfindlichen Begrünungsarten. Der Feldaufgang kann aufgrund von hohen Bodentemperaturen bei Hitzeperioden und Trockenheit sehr niedrig sein.

Der Begrünungsanbau soll grundsätzlich so früh als möglich stattfinden, damit viel Biomasse gebildet wird. Bei geringer Bodenfeuchte oder wenn eine Hitzewelle bevorsteht, ist es besser, mit dem Begrünungsanbau zuzuwarten, bis die oberen 15 cm des Bodens durchfeuchtet sind. Vor allem in trockenen Jahren können z.B. die Mähdruscheinsaat oder Striegelsaat eine alternative Möglichkeit des Begrünungsanbaus sein.

Abgestorbene Begrünungen dienen als Nahrung für Bodenlebewesen. Diese leisten einen wertvollen Beitrag zum Humusaufbau. Besondere Bedeutung hat die Durchwurzelungsleistung der Begrünungspflanzen.

Im Projekt MinNC der ARGE Begrünung (2020) erreichte Ölrettich eine Wurzeltiefe von bis zu 180 cm am Versuchsfeld in Senning, im Bezirk Korneuburg. Ackerbohne erreichte eine Wurzeltiefe bis zu 110 cm. Am 15. November 2019 wurden am Versuchsstandort Senning bei einer leguminosenbetonten, abfrostenden Begrünungsmischung gesamt 4000 kg/ha Trockenmasse an Wurzeln bis in einen Meter Tiefe ermittelt. Oberirdisch wurden bei der Beprobung Mitte Oktober bei dieser Mischung etwa 2700 kg/ha Trockenmasse erzielt. Die hohe Wurzelbiomasse der abfrostenden Begrünungsmischung mit gesamt 4000 kg/ha Trockenmasse deutet auf einen frühen Anreiz zur verstärkten Wurzelbildung hin, aufgrund der trockenen Verhältnisse im Sommer 2019. Der Großteil der Wurzelmasse wurden in den obersten 20 cm des Bodens ermittelt. Die kräftige Durchwurzelung der obersten Bodenschicht ist auch in Abbildung Abb. I- 7 erkennbar. Besonders beachtlich ist auch die Wurzelausbildung von unterschiedlichen Begrünungspflanzen.



Abb. I- 7: Ackerbohne (links) mit kurzer Polwurzel und zahlreichen Seitenwurzeln in unmittelbarer Nachbarschaft einer Ölrettichwurzel mit starken, horizontal verlaufenden Seitenwurzeln (Mitte) sowie einer weiteren Ölrettichwurzel mit zahlreichen Feinwurzeln im Oberboden (rechts), Senning, 5.11.2019.

Erosionsschutz

Bodenerosion durch Wind und Wasser ist eines der großen Probleme des Bodenschutzes in Österreich (und Europa) und steht in der EU-Bodenschutzstrategie an erster Stelle der größten Bedrohungen für den Boden. Durch die Zunahme von extremen Witterungsereignissen kann insbesondere bei unvollständiger oder fehlender Bodenbedeckung von Ackerböden die Erosion zunehmen (Eitzinger et al. 2009). Wesentliche Problemgebiete zum Bodenabtrag liegen im niederösterreichischen und oberösterreichischen Alpenvorland, sowie im südöstlichen Flach- und Hügelland der Steiermark (Strauss 2020). Allerdings sind in allen Hauptproduktionsgebieten für den Bodenabtrag kritische Flächen zu finden. Insgesamt sind in Österreich rund 213.000 ha Ackerland mit einem aktuellen Bodenabtrag von mehr als 11 t/ha/a ausgewiesen. Das entspricht einem Flächenanteil von 16 % der Ackerfläche. Ein Bodenabtrag von mehr als 1 t/ha/a übersteigt die Bodenneubildungsrate und bedeutet einen irreversiblen Prozess (Van-Camp et al. 2004).

Von einer deutlichen Zunahme von Tagen mit starker bis extremer Niederschlagsintensität (Chimani et al. 2016) und damit auch einer gesteigerten Regenerosivität ist in Zukunft zu rechnen. Wenn Böden nicht mehr in der Lage sind, Wasser aufzunehmen, kommt es zu Verschlammung und Oberflächenabfluss (Abb. I-8). Besonders bei Feldern mit Hangneigung, kann dann zusätzlich Wasser von höher gelegenen Flächen abfließen und starke Erosionsschäden anrichten. Hier reichen dann schon kleinste nicht von Vegetation bedeckte Flächen, um tiefe Rinnen entstehen zu lassen (Abb. I-9).



Abb. I-8: Geringe Wasseraufnahmefähigkeit, Verschlammung und Wassererosion



Abb. I-9: Erosionsrinnen durch Oberflächenabfluss

Bei entsprechenden Maßnahmen wie eine angepasste Bewirtschaftung inklusive Nutzungsart und Feldfrucht sind Verminderungen des Bodenabtrages um mehr als 50 % erzielbar (Strauss 2020). Reduzierte oder konservierende Bodenbearbeitung vermindern den Bodenabtrag um etwa 70 % (Klik 2003).

Fragen stellen sich wie „wie sieht die Bodenerosion am Betrieb aus, welche Werte sind für die Region oder für die Flächen auf der Bodenerosionskarte ausgewiesen? Was bedeutet Bodenabtrag langfristig für den Betrieb? Welche Maßnahmen können in der Bewirtschaftung umgesetzt werden?“

- Hecken / Agroforst

Neben den ackerbaulichen Bewirtschaftungsmaßnahmen sind aber auch Strukturen wie sie durch Hecken oder durch Agroforst geboten werden, wichtige Maßnahmen, deren Bedeutung noch besser aufgezeigt werden soll. Gerade in Regionen, in denen Bäume größtenteils aus der Landschaft verschwunden sind, ist das Bewusstsein für deren Wert oftmals nicht (mehr) vorhanden. Im Kurs werden alternative Bewirtschaftungssysteme angesprochen.

Die Bedeutung von Hecken (landwirtschaftlich wie ökologisch), Möglichkeiten der Nutzung und zur Anlage von Hecken wurde in einer von Bio Forschung Austria verfassten Broschüre zusammengefasst (Ableidinger et al. 2020). Hecken vermindern die Windgeschwindigkeit in der Landschaft und schützen damit die angrenzenden Ackerflächen vor Winderosion und Austrocknung. Bei optimaler Anlage einer Hecke kann der Wind um bis zu 60 % gegenüber der Windgeschwindigkeit auf freiem Feld abgeschwächt werden.

Hecken wirken positiv auf den Wasserhaushalt der umgebenden Landschaft. Durch die Verringerung der Windgeschwindigkeit nehmen die unproduktive Verdunstung des Bodens und der Wasserverlust der Pflanzen durch Transpiration ab und es erhöht sich die Bodenfeuchte. Dadurch können Kulturpflanzen im von Hecken geschützten Bereich Trockenperioden leichter überstehen.

Das ist vor allem in Hinblick auf den Klimawandel von enormer Bedeutung. Im Nahbereich der Hecke ist auch die Taubildung erhöht, weil die Luftfeuchtigkeit höher und die Luftbewegung stark reduziert ist. Dadurch können die Pflanzen auch bei trockenem Wetter ihre Spaltöffnungen länger offenhalten und länger Photosynthese betreiben. Durch die niedrigere Verdunstungsrate trocknet der Boden nicht so schnell aus. Nicht zur Gänze austrocknende Böden haben eine höhere Wasserspeicherkapazität und können Regenfälle besser aufnehmen. Der dadurch verminderte Oberflächenabfluss verringert wiederum beispielsweise Verschlammungen der Böden oder die Verfrachtung von Nährstoffen und Pestiziden in Gewässer.

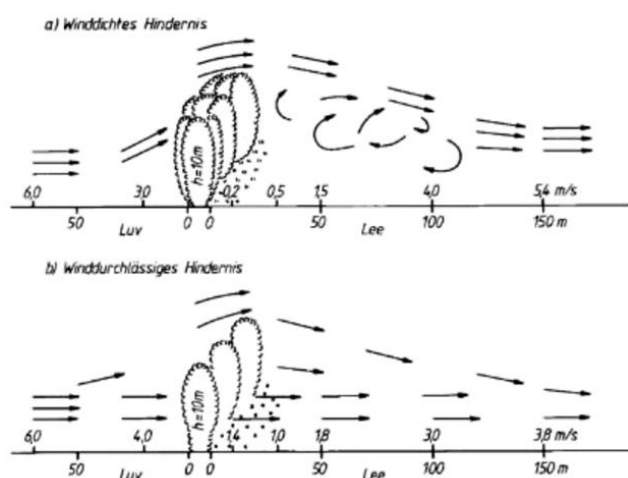


Abb. I- 10: Windverhältnisse an unterschiedlich durchlässigen Windhindernissen. Winddurchlässige Hindernisse bremsen den Wind nachhaltig ab. (Röser, 1995).

Die Windbremsung reicht auf der windabgewandten Seite bis in eine Entfernung von bis zum 25-fachen der Heckenhöhe und auf der windzugewandten Seite bis zum 5-fachen der Heckenhöhe. In dieser Entfernung ist die Windgeschwindigkeit immer noch um 10 % geringer als auf freiem Feld. Die Windstärke hängt vor allem von der Geländeoberfläche ab und wird von Windhindernissen wie Hecken stark beeinflusst (Röser, 1995). Dadurch können Windbremsungen, Umleitungen oder Verwirbelungen auftreten. Windhindernisse können durchlässig oder dicht sein (Abb. I-10). Wobei die durchlässigen Hecken die wertvolleren sind, da sie den Wind abbremsen und nicht wie dichte Hindernisse nur umlenken. Bei einem geschlossenen Windhindernis entsteht vor der windzugewandten Seite ein Luftpolster, der den Wind über die Hecke leitet. Hinter vollständig geschlossenen Hindernissen befindet sich eine windstille Zone, nach der der herabfallende Wind eine Beschleunigung erfährt und schneller als zuvor sein kann.

Die gute Schutzwirkung von durchlässigen Hecken beruht auf der Abbremsung des Windes beim Ein- und Austreten des Hindernisses. Dabei wird der Luftstrom in kleine Teilströme geteilt. Die beste Schutzwirkung haben Hecken, die 30-50 % durchlässig sind, das heißt, durchgehend lückenlos bepflanzt, aber so locker im Aufbau sind, dass sie wie ein Sieb mit vielen kleinen Lücken wirken. Große Lücken dagegen, wirken wie Düsen. Der Wind wird am meisten abgebremst, wenn er senkrecht auf das durchblasbare Windhindernis auftrifft. Aber auch Wind, der im schiefen Winkel auf eine Hecke trifft, wird deutlich gebremst.

Auch was den Ertrag betrifft, kann durch zahlreiche Untersuchungen belegt werden, dass Hecken den Ertrag der angrenzenden Felder, auf die gesamte Fläche gesehen, erhöhen. Untersuchungen von Bio Forschung Austria wiesen schon 1989 an einer Windschutzhecke in Rothneusiedl eine direkte ertragssteigernde Wirkung von Hecken nach (Kromp und Hartl 1991). Verglichen mit einem Feld ohne Hecke war der Ertrag auf dem von der Hecke geschützten Feldteil bis in eine Entfernung von ca. 75 m (etwa der 10-fachen Heckenhöhe) von der Windschutzhecke erhöht. Auf die gesamte Fläche gerechnet inklusive Hecke ergab sich ein Ertragsplus von 8 %. Ebenso zu finden war der Effekt z.B. bei Studien von El Titi (1994) und im MUBIL Projekt (Freyer et al. 2009).

I-5.5 Praxisbeispiele - best practice

Praxisbeispiele von LandwirtInnen werden im Kurs als didaktisch wertvoll erachtet. Fragen zur Bodenbearbeitung, zur gewählten Technik in Zusammenhang mit den gegebenen Standortbedingungen und den angebauten Kulturen sollen im Rahmen der „best practice“ Beispiele beantwortet bzw. diskutiert werden. LandwirtInnen, die ihr Wissen gerne bereitstellen, werden beim Kurs ebenfalls referieren.

Im Rahmen des Projektes wurden daher LandwirtInnen befragt, wie sie dem Klimawandel begegnen, welche Beobachtungen sie machen und welche Maßnahmen sie gerade umsetzen. Die Betriebe verwenden mit einer Ausnahme keine künstliche Bewässerung.

Beobachtet wurde generell, dass die durchschnittlichen Jahresniederschlagsmengen zurückgehen, das Frühjahr zeitiger beginnt, Frühjahrstrockenheit auftritt, sich eine geringere oder keine Winterfeuchte im Boden befindet, die Temperaturen steigen, sich die Hitzetage häufen, Starkniederschlagsereignisse stattfinden, eine ungünstige Verteilung der Niederschläge auftritt und in einem Fall auch, dass der Wind stärker wird.

Für den Großteil der Betriebe war die wichtigste wassersparende Maßnahme, die Art und Weise der Bodenbearbeitung. Eine reduzierte/konservierende Bodenbearbeitung wurde von allen Betrieben durchgeführt, wobei sich die Anbausysteme -und verfahren unterschieden.

Im Folgenden sind die Hauptaussagen aus den Befragungen zusammengefasst dargestellt. Die Betriebe sind anonymisiert, nach Herkunft differenziert angegeben. Jahresniederschläge bzw. Niederschläge der Vegetationsperiode werden angeführt.

- **Schachendorf, Burgenland** (Jahresniederschlag: 750 mm [2014: 1200 mm, 2018: 541 mm])

Streifensaat - Strip Till. Aus Sicht des Betriebes ist diese Form der Bodenbearbeitung die entscheidende Maßnahme, um Wasser zu sparen und insbesondere es zu speichern. Ursprünglicher Grund für die Anschaffung dieser Technik war, eine geeignete Anbaumethode für Kürbis zu haben, die im Frühjahr genug Wärme in den Boden lässt. Mittlerweile wurde das Verfahren auch auf Sonnenblume, Mais, Soja etc. sehr erfolgreich ausgeweitet. Dabei werden im Frühjahr in den Resten der Begrünung circa 20 cm breite und 25 cm tiefe Streifen im Boden gelockert, in die das Saatkorn abgelegt wird. Zwischen den Streifen bleibt eine Fläche von etwa 40 cm Breite unbearbeitet bestehen. Auf diese Weise wird das Bodengefüge weniger gestört und die Verdunstung auf ein Minimum reduziert. Die Kombination von gelockertem und festem Boden bewirkt zudem, dass das Tiefen-Wurzelwachstum stark angeregt wird und die Pflanze bei Trockenheit leichter zum Wasser kommt. Für diese Wirtschaftsweise braucht es jedoch einen guten Bodenzustand und eine darauf ausgerichtete Fruchtfolge.

Vielfältige Begrünungen. Die Begrünungen haben abgesehen von den zahlreichen bekannten Wirkungen, wie zum Beispiel Bodenbedeckung und Durchwurzelung des Bodens, noch eine weitere wichtige Funktion: Sie bieten die Entscheidungsbasis für die Auswahl der Hauptkultur! Der Gedanke dahinter ist, dass sich aus einer vielfältigen Saatgutmischung jene Pflanzen hervortun, für die die gegebenen Standortbedingungen gerade am besten passen. Die höhere Investition in das Saatgut kommt durch die erfolgreiche Hauptkultur jedenfalls mehrfach zurück.

Mulch. Bei längeren Trockenperioden im Sommer werden keine Begrünungen angebaut, sondern nur das gehäckselte Stroh mit dem Strohstriegel verteilt. Die erste Bodenbearbeitung findet erst dann statt, wenn 20 bis 25 mm Niederschlag gefallen sind. Die unbearbeitete Fläche kann so über die noch bestehende Kapillarität das Wasser gut aufnehmen, und das ist wichtig, denn Ziel ist, jeden mm Niederschlag aufzunehmen und zu speichern. In Zukunft, wenn Trockenperioden noch häufiger und länger werden und weniger Begrünungs-Biomasse zur Verfügung steht, soll Kompost noch viel gezielter als Mulch zum Bodenschutz eingesetzt werden. Bei Starkniederschlägen kann so der

Aufprall der Wassertropfen abgebremst werden und über die organische (Mulch)schicht langsam in den Boden einsickern.

Saatgut. Im Südosten Europas gibt es bereits Kulturen und Sorten, die an Trockenheit und Hitze angepasst sind. So konnte eine Soja-Sorte gefunden werden, die hier bei Trockenheit gute Erträge bringt.

Beobachten. Es wird nach dem Motto vorgegangen, lieber gleich dem Rhythmus der Natur folgen, anstatt sie erfolglos zu bekämpfen! Sich Zeit nehmen, um zu beobachten und einfach viel auszuprobieren! Geht etwas schief, d.h. zeichnet sich kein ökonomischer Nutzen ab, wird sofort umgebrochen und das Experiment der Humusmehrung zugerechnet. Alle Entscheidungen werden immer am Standort nicht vom Schreibtisch aus getroffen, und Spatenproben zur Beurteilung des Bodenzustandes werden, wann immer es nötig ist, durchgeführt.

- **Walpersbach, Niederösterreich** (Jahresniederschlag: 720 mm langjährig, in letzter Zeit: 690 mm – oftmals Starkregenereignisse z.B. 2018: 90 Liter Niederschlag in 40 Minuten)

Erosionsmaßnahmen. Eine Kombination von Maßnahmen wird umgesetzt, um Felder mit Hangneigung vor Wassererosion zu schützen. Der Anbau erfolgt quer zum Hang und als Mulchsaat, was den Bodenabtrag durch Wasser deutlich verringert. Die beim Maisanbau durch häufigeres Befahren beim Blindstriegeln und Hacken verdichteten Fahrspuren werden beim Hacken mit der Fronthacke im Heckbereich mit einem umgebautem Kultivator 6 bis 8 cm tief aufgebrochen, sodass das Wasser wieder ungehindert in den Boden einsickern kann und nicht oberflächlich abfließt. Beim letzten Hackdurchgang wird als Untersaat Winterwicke in den Mais (im 8 bis 10 Blattstadium) eingestreut, was das Erosionsrisiko weiter vermindert.

Begrünung. Die letzten Jahre haben gezeigt, dass langanhaltende Trockenheit und hohe Bodentemperaturen einen erfolgreichen Begrünungsanbau erschweren. Zur Bodenbedeckung wird dann eine einfache, raschwüchsige Begrünung bevorzugt und im Herbst eine winterharte Begrünung mit Winterwicke, Roggen, Inkarnatklée angebaut. Versuche zur Untersaat mit Klee, Gräsern (hier ist z.B. der Wasserverbrauch hoch) u.a. werden durchgeführt.

Mulch. Im Sommer letzten Jahres wurden auf manchen Flächen Bodentemperaturen von 58 bis 60 °C gemessen. Es wurde daraufhin keine Begrünung angebaut. Neben der ohnehin für die Keimung fehlenden Bodenfeuchtigkeit, sollte vermieden werden, dass die Keimfähigkeit von feinem Saatgut durch die so hohen Temperaturen vermindert wird. Stattdessen wurde zur Bodenbedeckung das Stroh nach dem Drusch gehäckselt und als Mulch liegengelassen. Die erste Bodenbearbeitung erfolgte im August, im Oktober wurde Leindotter angebaut.

Zeitpunkt. Es ist wichtig, den richtigen Zeitpunkt abwarten zu können. Optimale Bedingungen für den Anbau bedeuten z.B. trotz einer früher beginnenden Vegetationsperiode, das Risiko eines Spätfrostes bedenken, oder auf eine genügend hohe Bodentemperatur beim Maisanbau achten.

- **Absdorf, Niederösterreich** (Jahresniederschlag: 500 - 550 mm)

Seichte Bodenbearbeitung. Seit 25 Jahren wird pfluglos gearbeitet, mit Minimalbodenbearbeitung. Die sehr seichte Bodenbearbeitung auf nur 3 bis 4 cm verhindert, dass der Boden tiefer austrocknet. Gleichzeitig werden die Regenwürmer kaum gestört und die Kapillarwirkung bleibt bis dorthin weitestgehend erhalten, sodass bei Starkregen größere Wassermengen gut aufgenommen werden können. Gearbeitet wird seit einiger Zeit auch mit leichterem Gerät, um Bodenverdichtung zu vermeiden.

Auf **Begrünungen** wurde auch bei Trockenheit nicht verzichtet, es wurden damit auch keine schlechten Erfahrungen gemacht, im Gegenteil.

Mehrnutzungshecken. Da auf dem Standort besonders der Südostwind heiße Temperaturen und Trockenheit bringt, die zu Notreife im Getreide führen können oder die Narben beim Mais vertrocknen lassen, wurden auf den Flächen vor vier Jahren im Rahmen eines Projektes „Mehrnutzungshecken“ gepflanzt, die den Wind bremsen und die Verdunstungsraten verringern. Mehrnutzungshecken enthalten zusätzlich zu den üblichen Heckenpflanzen auch vermehrt (Wild-)obst, Nussbäume und -sträucher, Färbepflanzen, Edelhölzer oder auch raschwachsende Gehölze oder Gräser, die zur Energieerzeugung genutzt werden können und bieten durch ihre Multifunktionalität Zusatznutzen und Wertschöpfung über die normale Funktion von Windschutzhecken hinaus.

- **Neudorf, Burgenland** (Jahresniederschlag 490 mm)

Reduzierte Bodenbearbeitung. Die schwierigen Boden- und Wasserverhältnisse der Parndorfer Platte mit Schotterbänken und -zungen mit sehr geringer Feldkapazität erfordern unterschiedliche Herangehensweisen. Es wird so seicht wie möglich bei ca. 5 cm gearbeitet und darauf geachtet, die eingesetzten Maschinen (PS, Gewicht) und Geräte den gegebenen Anforderungen anzupassen, d.h. nur soviel Energie wie nötig einzusetzen.

Verschiedene Kulturen und Mulchsaat. Um das Risiko von Ernteaussfällen zu minimieren, werden 10 bis 16 verschiedene Kulturen angebaut. Der Anbau erfolgt im Mulchsaatverfahren. Eine im Sommer durchgeführte Temperaturmessung zeigte bei einem offen liegenden Boden 74°C und im Vergleich unter Strohmulch 45°C! Bei so hohen Temperaturen wird in beiden Fällen nicht angebaut. Ein laufender Versuch mit einem Sommerwicke-Sandhafer Gemenge im Verhältnis 3:1 zeigt bis jetzt eine gute Entwicklung. Der Sandhafer ist eine trockenolerante Kulturpflanze und bewirkt eine gute Durchwurzelung des Bodens. Er bildet viel Biomasse und zeigt eine gute Unkrautunterdrückung, in dem Fall dient er auch als Stützfrucht.

- **Göllersdorf, Niederösterreich** (Jahresniederschlag: 500-600 mm)

Reduzierte Bodenbearbeitung. Die wichtigste wassersparende Maßnahme ist das Reduzieren der Bodenbearbeitung – das heißt, so wenig und so seicht wie möglich. In diesem Jahr wurden auch weniger Frühjahrskulturen und nur eine Hackkultur, die Kartoffel, angebaut. Das Legen der Kartoffel erfolgte in einem Durchgang. Auf eine weitere Bearbeitung wurde aufgrund der Trockenheit bewusst verzichtet. Beim Auffräsen der Dämme wurde die Fräse auf eine möglichst geringe Drehzahl eingestellt, um die Bodenstruktur zu schonen. So konnte die Intensität der Bearbeitung verringert und die Beikraut- und Distelregulierung trotzdem durchgeführt werden.

Langfristig ist die **Auswahl der Kulturen** zu überdenken, denn die unzuverlässige Wasserversorgung verursacht bei Kartoffeln neben Ertragseinbußen extrem hohe Aussortierungsraten aufgrund von Deformierungen.

Vielfältige Begrünungen Unterschiedliche Mischungsvarianten mit trockenoleranten und abfrostenden Komponenten werden erprobt. Nach abfrostenden Begrünungen wurde noch keinen Wassermangel bei den Folgekulturen im Frühjahr beobachtet. Versuche zu Untersaat in Mais mit Einsaat von Getreide wurden gemacht. Probleme ergaben sich beim Abmähen der Untersaat und durch die Konkurrenz zum Mais.

- **Wels, Oberösterreich** (Niederschlag in den Vegetationsperioden: 2016: 668 mm, 2017: 541 mm, 2018: 296 mm, 2019: 465 mm)

Dammkultur. Die Art der Bodenbearbeitung hat den Vorteil, dass der Boden nicht gepresst wird und keine Verdichtungen oder Schmierbereiche entstehen. Das Wasser kann gut in den Boden eindringen und gespeichert werden. Die Struktur der Dämme lassen Sonnenstrahlen und Wind in

unterschiedlichen Winkeln einfallen, mit einem sich positiv auswirkenden Effekt auf das Mikroklima. Das Wasser aus tieferen Schichten steigt in der Mitte des Damms hinauf (Kamineffekt) direkt zum abgelegten Samen bzw. zur Pflanze. Der Boden an den Dammseiten bildet eine Sperrschicht und vermindert eine übermäßige Verdunstung.

Bedeutend ist die Bildung von Ton-Humus-Komplexen, die die Wasserspeicherfähigkeit zusätzlich erhöhen. Die Krümelstruktur, gleichbedeutend mit einem aktiven Bodenleben, lässt bei Starkniederschlägen die Aggregate nicht auseinanderfallen. Verschlammung, Wasser- oder Winderosion sind daher kein Problem. Das Unkraut kann besser in Schach gehalten werden, sodass sich die Anzahl an Bodenbearbeitungsmaßnahmen reduziert, was wiederum wichtig für die Vermeidung von unproduktiver Verdunstung ist. Bedeutend ist ebenfalls, dass das Gewicht der eingesetzten Geräte nicht hoch ist und kein schwerer Traktor erforderlich ist. Bodenverdichtung kann so gut vermieden werden. Eine deutlich bessere Aufnahmefähigkeit von Wasser konnte im Vergleich zum vorher am Betrieb angewendeten Anbausystem beobachtet werden. Die Wasserspeicherfähigkeit der Böden ist aufgrund der geringen Mächtigkeit am Standort begrenzt, es handelt sich um lehm- und tonhaltige Böden mit einem nach ca. 30 cm beginnenden Schotterkörper.

Vielfältige Begrünungen und Durchwurzelung. Unterschiedliche Mischungsvarianten werden erprobt mit trockenoleranten und bevorzugt abfrostenden Komponenten. Die Begrünung wird über die gesamte Fläche (nicht nur am Damm) angebaut, wobei das Saatgut zweifach im Abstand von ca. einem Monat ausgebracht wird. Das Stroh verbleibt am Feld, der Boden wird beim Anbau unter das Stroh geschoben und dient gleichzeitig als Mulch. Die unterirdische Biomasse ist bei diesem System viel gewichteter als die oberirdische. Der lockere und sauerstoffreichere Boden lässt die Wurzeln sich gut ausbilden und den Boden gut durchdringen.

- **Dörfles, Niederösterreich** (langjähriger Jahresniederschlag: 520 mm)

Auswahl der Kulturen. Die erste relevante Frage in Bezug auf eine wassersparende Bewirtschaftung lautet „was baue ich an?“ gefolgt von „wann?“ und „welche Bodenbearbeitung ist erforderlich?“ Wenn Getreide angebaut wird, dann Wintergetreide, um die Winterfeuchte besser ausnutzen zu können. Auf Sommergetreide wird verzichtet. Bei Anbau von Sommerkulturen werden Platterbse und vor allem Kichererbse bevorzugt. Sie sind wirkliche Trockenpflanzen, die mit wenig Wasser umgehen können! Beregnung ist bei Kichererbse kontraproduktiv, wenn man zu spät regnet, dann kommt es zu einem Neuaustrieb und unterschiedlichen Reifegraden zur Ernte. Luzerne wird kaum angebaut, höchstens auf Kleinflächen für Pferdefutter. Heuer sind nach Luzerne durch die lange Trockenheit Ertragsdepressionen in der Folgekultur erkennbar.

Schonende Bodenbearbeitung. Ein Zusammenlegen von Bearbeitungsschritten d.h. weniger Bodenbearbeitung ist gleichbedeutend mit weniger Verdunstung. Frontgrubber, Kreiselegge und Sämaschine werden in einem Arbeitsgang eingesetzt. Der Pflug wird nur mehr wenig eingesetzt, eventuell vor feinkörnigen Sommerkulturen. Bei Winterweizen, Winterroggen, Begrünungen und Kichererbsen wird nicht gepflügt. Bei allen Leguminosen erfolgt Mulchsaat. Vor einer Bodenbearbeitung wird teilweise im Boden nachgegraben und geprüft, ob die Bedingungen passen (bei z.B. Roggen ist das nicht nötig). Bei Kichererbse erfolgt der Umbruch der Begrünung (möglichst spät) im Frühjahr mit dem Feingrubber. Wichtig ist, dass die Bearbeitung nicht zu tief erfolgt, um Schollen zu vermeiden. Gegenüber Verdichtungen ist die Kichererbse besonders empfindlich!

Vor dem Begrünungsanbau, nur wenn es trocken ist, erfolgt eine Bearbeitung mit dem Tiefgrubber ca. 30-35 cm tief. Die Begrünung soll relativ schnell eine gute Bodenbedeckung erzielen und braucht dafür gute Voraussetzungen. Das Wintergetreide hat für das Wurzelwachstum vergleichsweise mehr Zeit als eine Begrünung mit ca. 2 Monaten Hauptwachstumszeit. Die Begrünung wird im Spätherbst, vor dem ersten Frost gemulcht, angepasst an die Sätechnik im Frühjahrsanbau.

I-6 Bildungsmaterial

Im Folgenden sind die Schauobjekte, Materialien, Anleitungen und Fotos, die für ein Experiment oder eine Übung stehen, dargestellt.



Abb. I- 11: Infiltration - Vergleich mit Regenwürmern besetzter Boden und unbesetzter Boden



Abb. I- 12: „Wurzelgrube“ Durchwurzelbarkeit von Böden

Beschreibung der Bodenform - ID 5 | KB 26 | Bodentyp wkBA

Größe der Bodenform

518 ha = 5,2 % der kart. Fläche

Lage und Vorkommen

am Talboden der Schwechat, Triesting, Mödling und kleinerer Gerinne; eben

Bodentyp

trockengefallener, kalkhaltiger Brauner Auboden aus feinem Schwemmaterial

Wasserverhältnisse

mäßig trocken; mäßige Speicherkraft, mäßige Durchlässigkeit

Horizonte

(jeweils untere Begrenzung in cm)

Ap(30); AB(60-70); Bg(100)

Bodenart und Grobanteil

Ap,

AB sandiger Lehm, lehmiger Schluff oder schluffiger Lehm

Bg sandiger Lehm oder lehmiger Schluff, z. T. schluffiger Lehm

Humusverhältnisse

Ap mittelhumos; Mull

AB schwach humos bis mittelhumos; Mull

Kalkgehalt

stark kalkhaltig

Bodenreaktion

alkalisch

Erosionsgefahr

nicht gefährdet

Bearbeitbarkeit

gut zu bearbeiten

Natürlicher Bodenwert

hochwertiges Ackerland

Sonstige Angaben

infolge Regulierungen keine Auedynamik; Unterboden z. T. mit Magnesium versalzt

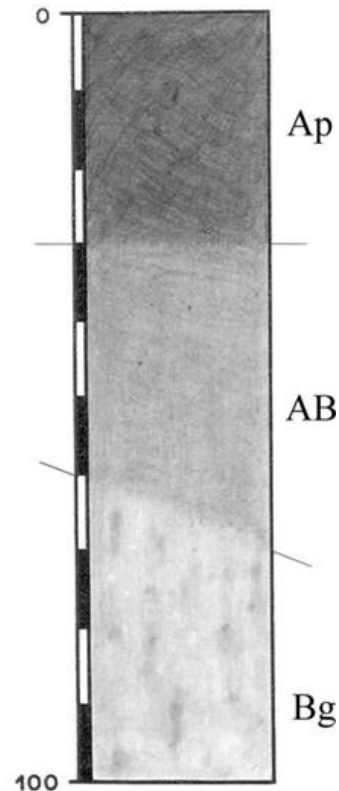


Abb. I- 13: Arbeiten mit e-bod Standortpotential mit z. B. Bodenart, Wasserverhältnisse und nutzbarer Feldkapazität <https://bodenkarte.at> Beispiel



Abb. I- 14: Feldtag mit Spatenprobe und verschiedenen Feldexperimenten wie Infiltrationsversuch,

Thema: Boden

Name: _____

Datum: _____

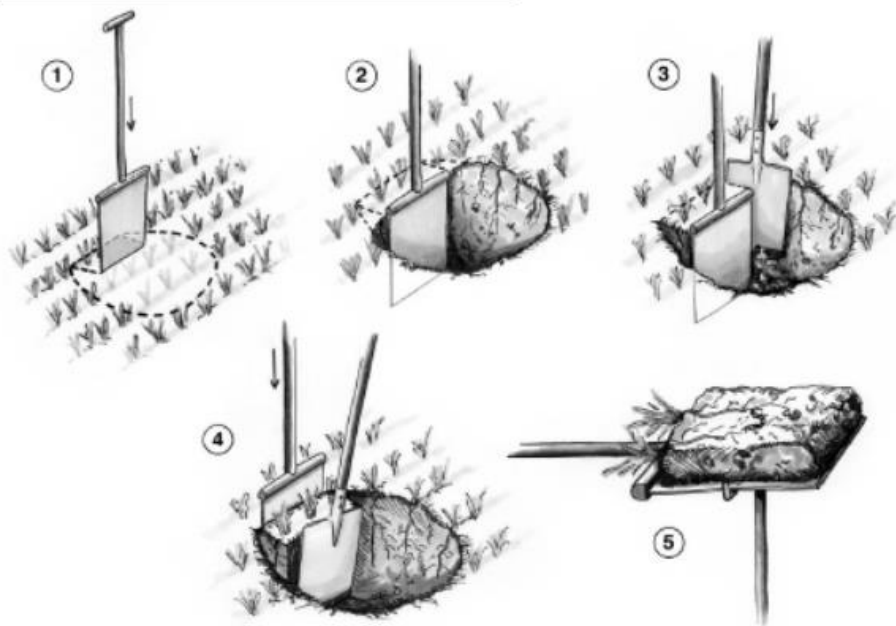
Spatenprobe nach Görbing – Anleitung

Die Spatendiagnose ist eine um 1930 von Johannes Görbing entwickelte Methode zur Bestimmung des Bodengefüges bzw. der Bodenfruchtbarkeit.

Material :

- 2 (Flach-) Spaten von 25 bis besser 45 cm Blattlänge oder Gärtnerspaten
- Taschenmesser oder Kralle
- Maßstab

Durchführung der Spatenprobe: _____



1. Erster Spateneinstich: Auswahl einer geeigneten Probenstelle (mit Pflanzenbewuchs). Der 1. Spaten wird senkrecht in den Boden eingestoßen.

2. Ausheben der Grube: Vor dem (Spaten-)Blatt wird mit dem 2. Spaten in der gesamten Tiefe und bis zur vollen Länge des Spatenblattes ein Loch gegraben. Dadurch wird Raum zum Aushebeln eines Erdziegels geschaffen.

3. Ausstechen seitlicher Schlitze: Folgend werden seitlich etwa 15 cm starke Einstiche gemacht um den Ziegel seitlich vom gewachsenen Boden abzutrennen.

4. Abstechen des Bodenklotzes: Nun wird der 1. Spaten herausgezogen, der 2. Spaten als Stütze auf der freien Seite positioniert und mit dem 1. Spaten 15 - 20 cm hinter dem freigelegten Bodenprofil eingestoßen. Dadurch wird der Erdziegel rückseitig abgestochen.

5. Hochheben des Spatens und Ablegen auf den Stützen: Durch Drücken des Spatenstiels bricht der Erdblock an der Sohle ab und kann nun als ein vollständiger Erdziegel vorsichtig ausgehoben werden. Dieser Erdblock dient unseren weiteren Untersuchungen.

Die Ablage der Probe auf einer hüfthohen Stütze erleichtert die Beurteilung.

Wichtig: Der Erdziegel sollte durch die Grabarbeiten nicht beschädigt werden. Beim Herauslösen ist ein Auseinanderbrechen zu verhindern.

Abb. I- 15: Anleitung zur Durchführung der Spatenprobe

Thema: Boden
Name: _____

bioforschung
austria
Datum: _____

Beurteilung der Spatenprobe/ Spatendiagnose

Fläche: _____
Kultur: _____

• Länge des Erdblocks: _____ cm

• Bodenfeuchte (trocken, feucht, nass) in einer Tiefe bis:
5 cm: _____
5-10 cm: _____
10-20 cm: _____
20-30 cm: _____

• Verdichtungen vorhanden (Zutreffendes bitte ankreuzen)?
 ja nein
Wenn ja, in welcher Tiefe: _____ cm

• Durchwurzelung (1= sehr stark, 5= keine)
5 cm: _____
5-10 cm: _____
10-20 cm: _____
20-30 cm: _____

Feinwurzeln vorhanden (Zutreffendes bitte ankreuzen)?
 ja nein

• Ernterückstände:
 ja nein
Wenn ja, in welcher Tiefe (von-bis): von _____ cm bis _____ cm

• Bodenlebewesen (1= sehr viele, 5= keine):
Wurmänge: _____
Wurmlosung: _____
Anzahl an Regenwürmern in der Probe (3-4 Regenwürmer im Bodenziel sollten mind. vorhanden sein, stark von den Wasserhältnissen abhängig): _____

• Hohlräume (1=viele, 5=keine): _____

Thema: Boden
Name: _____

Datum: _____

• Geruch (erdig, modrig, faulig):
5 cm: _____
5-10 cm: _____
10-20 cm: _____
20-30 cm: _____

• Beurteilung der Bodenstruktur (Bodengefüge):
Zutreffendes bitte ankreuzen:

| Tiefe cm | Gefügeformen | | | | | |
|----------|--------------|---------|----------|---------|--------|---------|
| | Krümel | Bröckel | Polyeder | Prismen | Säulen | Platten |
| 5 | | | | | | |
| 10 | | | | | | |
| 20 | | | | | | |
| 30 | | | | | | |

• Bemerkungen:

• Bewerte kurz mit eigenen Worten den Zustand dieses Bodens:

• Wichtig: Die Spatenprobe zeigt nur den Momentzustand der Struktur einer Krume. Daher sollten Spatenproben regelmäßig wiederholt werden.

Abb. I- 16: Arbeitsblätter, z.B. zur Beurteilung der Spatenprobe

Thema: Boden
Name: _____

bioforschung
austria
Datum: _____

Wie viel Wasser können Böden speichern?

Material: verschiedene getrocknete Bodenproben mit gleichem Gewicht, 3 Blumentöpfe, Bechergläser oder andere Gläser, Messzylinder, Filterpapier oder Watte, Wasser, Stoppuhr

Versuchsanleitung:
Lege Filterpapier oder etwas Watte über die Löcher in den Blumentöpfen. Die Töpfe werden mit den Bodenproben gleich hoch befüllt. Nun werden die Töpfe auf ein Becherglas gestellt, um das durchgelaufene Wasser zu sammeln. Über jede Probe wird langsam 300 ml Wasser gegossen. Das durchgesickerte Wasser wird in den Bechergläsern aufgefangen. Das aufgefangene Wasser wird in den Messzylinder geleert und die Wassermenge abgelesen und notiert. Anschließend wird das gesamte durchgesickerte Wasser 3 – 4 mal über die Probe geleert, so dass alle Bereiche in der Probe gleichmäßig durchnässt sind. Abschließend wird das aufgefangene Wasser wieder in den Messzylinder geleert und die Wassermenge abgelesen und notiert.



Aufgaben:

- Nach welcher Zeit waren die ersten Wassertropfen erkennbar?
- Wie viel Wasser bleibt im Becherglas übrig und welche Menge (in ml) wurde vom Boden aufgenommen bzw. festgehalten?
- Welche Unterschiede weisen die Böden auf?
- Wo befindet sich das aufgenommene bzw. festgehaltene Wasser?

Abb. I- 17: Versuchsanleitung - Wieviel Wasser kann der Boden speichern?



Abb. I- 18: Wurzelgrube und Wurzelarena

Thema: Wurzel bioforschung
austria

Name: _____ Datum: _____

Wurzelarena

Seit Mai 2013 kann in der Wurzelarena das Wurzelwachstum unterschiedlicher Kulturpflanzen beobachtet werden.

Bodentyp: kalkhaltiger Grauer Auboden
Wasserhältnisse: mäßig trocken; mittlere Speicherkraft;
Was kann im Bodenprofil beobachtet werden?

Können Unterschiede in der Bodenfeuchte beobachtet werden?

Bis in welcher Tiefe sind Regenwurmgänge vorhanden? _____ cm
Sind in den Wurmängen auch Pflanzenwurzeln zu finden? _____
Welche Aufgaben erfüllen die Wurmgänge?

Welche Kulturarten sind derzeit angebaut und bis in welche Tiefe (cm) wurzeln sie derzeit?

Kultur: _____ längste Wurzel bis in _____ cm Tiefe gefunden
Kultur: _____ längste Wurzel bis in _____ cm Tiefe gefunden
Kultur: _____ längste Wurzel bis in _____ cm Tiefe gefunden
Kultur: _____ längste Wurzel bis in _____ cm Tiefe gefunden
Kultur: _____ längste Wurzel bis in _____ cm Tiefe gefunden
Kultur: _____ längste Wurzel bis in _____ cm Tiefe gefunden

Das Wachstum der Wurzeln sowie der oberirdischen Pflanzenteile wird seit September 2016 in regelmäßigen Abständen gemessen. In den beiden folgenden Abbildungen sind die Wurzeltiefe (in cm) und Pflanzhöhe (in cm) verschiedener Kulturarten der Wurzelarena, die 2016 und 2017 angebaut wurden, abgebildet.

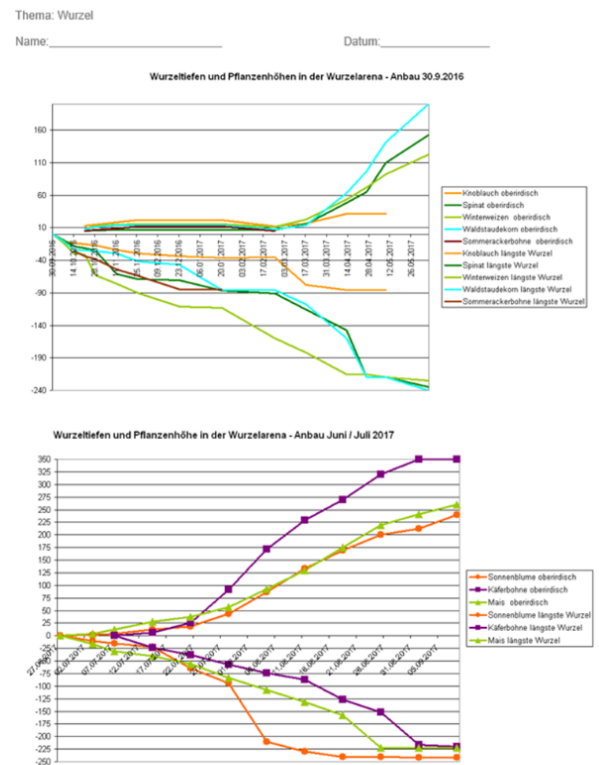


Abb. I- 19: Arbeitsblatt und Unterlage zur Wurzelarena - wie tief wurzeln Kulturpflanzen?

Bodenspiel

Im Spiel „Reise durch den Boden“ sollen die Kursinhalte auf spielerische Weise wiederholt und dadurch der Lernerfolg verbessert werden. Durch den Methodeneinsatz eines Wissensspiels soll eine Verknüpfung von vorhandenem (Praxis-)Wissen und neuem Wissen erfolgen.



| | | | |
|--|---|---|--|
| <p>Nenne bitte mindestens eine Leguminose deren Saatgut beimpft (inokuliert) werden muss, um Knöllchenbakterien bilden zu können?</p> | | <p>Nenne bitte 3 Beispiele, die für eine gute Entfaltung des Bodenlebens notwendig sind?</p> | <p>Welche Funktionen hat Kalk im Boden? Nenne bitte mindestens 3 Beispiele.</p> |
| <p>In welcher Tiefe sind die längsten Wurzeln im Bodenprofil am Spielfeld zu finden? a) bis 40 cm b) in 40 bis 60 cm Tiefe c) > 70 cm Tiefe</p> | <p>Wie wirken sich hohe Schluffanteile im Boden auf die Gefügestabilität aus?</p> | <p>Welcher pH-Bereich ist günstig für landwirtschaftlich genutzte Böden?</p> | <p>Nenne mindestens 3 Beispiele, wodurch die Bodenfruchtbarkeit und-gesundheit erhalten werden können.</p> |
| <p>Welche Farbe haben Knöllchen (Rhizobien) im Inneren, wenn sie aktiv sind, also Luftstickstoff fixieren?</p> | <p>Was versteht man unter Erosion?</p> | <p>Wie mächtig ist der A-Horizont beim Bodenprofil des Spiels?</p> | <p>Welche Menge an Wurzelrockenmasse ist gesamt bis 90 cm Tiefe (am Spielfeld) pro ha vorhanden? a) < 300 kg TM b) 300 – 600 kg TM c) > 600 kg TM/ha</p> |
| <p>Was versteht man unter Humus?</p> | <p>Was versteht man unter Gründigkeit? (Bitte auch auf das Profil am Spielfeld schauen)</p> | <p>Was versteht man unter Bodenstruktur (Boengefüge)?</p> | <p>Welche Auswirkungen kann die Bodenstruktur auf das Pflanzenwachstum haben?</p> |
| <p>Was bewirken hohe Sandanteile im Boden in Bezug auf... - Wasserspeichervermögen und Durchlässigkeit, - Nährstoffhaltevermögen, - Erwärmung</p> | <p>Was bewirken hohe Schluffanteile im Boden in Bezug auf... - Wasserspeichervermögen und Durchlässigkeit, - Durchlüftung, - Nährstoffhaltevermögen, - Erwärmung?</p> | <p>Nenne mindestens 3 Voraussetzungen, die für die Bildung einer dauerhaften Krümelstruktur notwendig sind?</p> | <p>Was versteht man unter Lebendverbauung der Krümel?</p> |
| <p>Wieso ist eine intensive Durchwurzelung des Bodens vünschenswert?</p> | <p>Nenne 3 Eigenschaften von Lehm Böden in Bezug auf - Wasser, - Luft und - Nährstoffe im Boden.</p> | <p>Woraus besteht „organische Substanz“?</p> | <p>Wie viele Tonnen an Organismen (Bakterien, Pilze, Bodentiere) können in fruchtbareren Böden je ha und 30 cm Tiefe vorkommen? a) 5t b) 10t c) bis zu 25t</p> |

Abb. I- 20: Bodenspiel: Brett (oben) und Frage-Kärtchen (unten) – Wissensspiel mit Fragen zum Boden und Kursinhalten

I-7 Kursvorbereitung

Der konzipierte Kurs kann umgesetzt werden. In Zusammenarbeit mit langjährigen Kooperationspartnern können die Kurse LandwirtInnen und LFS-LehrerInnen angeboten werden. Es werden keine Voraussetzungen zur Teilnahme an der Bildungsmaßnahme gestellt. Eine Umsetzung ist mit dem LFI NÖ abgesprochen, der Kurs wird in das Kursprogramm 2021 aufgenommen.

Tab. I- 2: Kursprogramm – dreitägig

| Kurstag | Theorie | Praktische Übungen | Dauer |
|-----------|---|---|-------|
| Kurstag 1 | Einführung Klima u. Landwirtschaft Theorie zu Boden - Wasser Theorie zu Pflanze - Wasser Maßnahmen und „best practice“ Beispiele | praktische Übungen Demo Objekte, Film | 9 UE |
| Kurstag 2 | Theorie Standortpotential Theorie Boden und Pflanze Maßnahmen und „best practice“ Beispiele | Praktische Übungen, Demo Objekte, Bodenspiel | 9 UE |
| Kurstag 3 | Feldtag Einfließen der Theorie der ersten beiden Tage | Profilgruben, Feldexperimente, Spatenprobe, Bodenfeuchte u.a. | 9 UE |

I-8 Schlussfolgerung

Die Landwirtschaft ist von den Auswirkungen des Klimawandels besonders betroffen. Der Weltklimarat IPCC fordert im Sonderbericht „Klimawandel und Landsysteme“ (2019) zum raschen Handeln auf. Ein Beitrag ist es, Wissen für Handlungsoptionen zu schaffen, um Anpassungen leichter durchführen zu können, aber auch, um neue Denkweisen anzustoßen. Im Projekt wurde ein Bildungskonzept für LandwirtInnen und LandwirtschaftslehrerInnen erstellt, mit dem Ziel Maßnahmen für eine wassereffiziente Wirtschaftsweise aufzuzeigen und ein Bewusstsein für zukünftige Veränderungen zu schaffen. Notwendig ist es, Böden zu schützen und sie in ihren bestmöglichen Zustand zu bringen. Die Zusammenarbeit von Wissenschaft und Praxis ist ein zentraler Ansatz, der hierbei verfolgt wurde und bei der Kursumsetzung weiter fortgeführt wird. Den TeilnehmerInnen des Kurses soll ermöglicht werden, ihr Wissen auf betrieblicher Ebene, angepasst an die gegebenen Standortbedingungen, erfolgreich anzuwenden.

I-9 Literaturverzeichnis

Ableidinger, C., Erhart, E., Sandler, K., Kromp, B., Hartl, W., 2020. Mehrnutzungshecken Vielfältige Nutzung von Hecken zur nachhaltigen Produktion, zur Erosionsverminderung und zur Erhöhung der regionalen Wertschöpfung. Broschüre, Eigenverlag Bio Forschung Austria, Wien.

ARGE Begrünung, 2020. Minderung der N- und C- Emissionen in die Luft und der N-Verlagerung in tiefere Bodenschichten durch Optimierung des Begrünungsanbaus im Ackerbau. Kurztitel: Emissionsminderung durch Begrünungen. Akronym: MinNC. 5. u. 6. Zwischenbericht.

Baumgarten, A., Geitner, C., Haslmayr, H.P., Zechmeister-Boltenstern, S., 2014. Der Einfluss des Klimawandels auf die Pedosphäre. In: Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14). Austrian Panel on Climate Change (APCC), Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, Österreich, S. 601–640.

Blum, W. E. H. (2007). Bodenkunde in Stichworten. 6., völlig neu bearbeitete Auflage. Gebr. Borntraeger. Berlin, Stuttgart. 49-51, 83.

Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, kurz BFW (2018). eBOD. Digitale Bodenkarte. www.bodenkarte.at

Chimani, B., Heinrich, G., Hofstätter, M., Kerschbaumer, M., Kienberger, S., Leuprecht, A., Lexer, A., Peßenteiner, S., Poetsch, M.S., Salzmann, M., Spiekermann, R., Switanek, M., Truhetz, H., 2016. ÖKS15 – Klimaszenarien für Österreich. Daten, Methoden und Klimanalyse. Projektendbericht, Wien.

Chmielewski, F.-M. Wasserbedarf in der Landwirtschaft. Kapitel 2 in: J. L. Lozán, H. Graßl, L. Karbe, P. Hupfer, C-D. Schönwiese, 2015. Warnsignal Klima: Genug Wasser für alle? 3. Auflage als e-Buch. Climate Service Center (CSC) Hamburg, S.149-156. Abgerufen von https://www.hzg.de/imperia/md/content/csc/warnsignalklima/warnsignal_klima_wasser_kap2_2.3_chmielewski.pdf

Chmielewski, F.-M., Köhn, W., 1999. The longterm agrometeorological field experiment at Berlin-Dahlem. Agricultural and Forest Meteorology 96, 39-48. In Chmielewski, F.M., Wasserbedarf in der Landwirtschaft. S149 – 156.

Eitzinger, J., Kersebaum, K.C., Formayer, H., 2009. Landwirtschaft im Klimawandel: Auswirkungen und Anpassungsstrategien für die Land- und Forstwirtschaft in Mitteleuropa. Agrimedia, Clenze, Germany. In: Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14). Austrian Panel on Climate Change (APCC), Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, Österreich, S. 618.

Englisch, M., Gartner, K. und Walli A. (2019). Wie viel Wasser speichert mein Wald? - Hilfe zur Abschätzung der Wasserspeicherkapazität online. Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW). Abgerufen von https://bfw.ac.at/rz/bfwcms.web_print?dok=10129 am 5.6.2020

Hochrainer-Stigler, S., Hanger-Kopp, S., Palka, M., 2019. FARM - Farmers and Risk Management: Examining subsidized drought insurance and its alternatives. Austrian Climate Research Programme. Bericht zur Klimaforschung 20019 in Essence. Abgerufen von https://www.klimafonds.gv.at/wp-content/uploads/sites/6/ACRP_KlimaEnergiefonds_Landwirtschaft_2019_v3.pdf

IPCC-Sonderbericht über Klimawandel und Landsysteme (SRCCL), 2019. Hauptaussagen des IPCC-Sonderberichts über Klimawandel, Desertifikation, Landdegradierung, nachhaltiges Landmanagement, Ernährungssicherheit und Treibhausgasflüsse in terrestrischen Ökosystemen. Abgerufen von https://www.de-ipcc.de/media/content/Hauptaussagen_SRCCL.pdf

Klik, A., 2003. Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitung auf Oberflächenabfluss, Bodenabtrag sowie auf Nährstoff- und Pestizidausträge. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft 55, 89–96. In:

Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14). Austrian Panel on Climate Change (APCC), Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, Österreich, S. 618.

Kolbe, H. (2013). Standortangepasste Humusbilanzierung im ökologischen Landbau. Informationen für Praxis, Beratung und Schulung. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. S.6

Kolbe, H., Zimmer, J. (2015). Leitfaden zur Humusversorgung. Informationen für Praxis, Beratung und Schulung. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. S.15,16.

Kromp, B., Hartl, W., 1991. Untersuchung ökologischer Wechselbeziehungen zwischen agrarlandschaftlichen Strukturelementen und Ackerflächen. Studie. i.A. der MA 22. L. Boltzmann-Institut für biologischen Landbau und angewandte Ökologie, Wien.

Kromp-Kolb, H., Formayer, H., Eitzinger, J., Thaler, S., Kubu, G., Rischbeck, P., 2007. Potentielle Auswirkungen und Anpassungsmaßnahmen der Landwirtschaft an den Klimawandel im Nordosten Österreichs (Weinviertel-Marchfeld Region)“ Endbericht des Teilprojektes. Niederösterreichisches Klimaprojekt – Landwirtschaft. Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt, Institut für Meteorologie BOKU Wien. Abgerufen von https://imp.boku.ac.at/klima/literatur/Helga/NOE_Projekt_Landwirtschaft_Final.pdf

Kutschera, L., 1960. Wurzelatlas mitteleuropäischer Ackerunkräuter und Kulturpflanzen (= 1. Band der Wurzelatlas-Reihe). DLG-Verlag, Frankfurt am Main.

Leitgeb, E. und Aust, G. (2019). EBOD 2: Neue thematische Karten. Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW). Abgerufen von <https://bfw.ac.at/rz/bfwcms.web?dok=11112>

Mitter, H., Schönhart, M., Schmid, E., Meyer, I., Sinabell, F., Mechtler, K., Bachner, G., Bednar-Friedl, B., Zulka, K.P., Götzl, M., Themeßl, M., Wolf, A., Kriechbaum, M., Pech, M., 2014. Fact Sheet 2. Auswirkungen des Klimawandels auf die pflanzliche Produktion in Österreich 2. Abgerufen von https://ccca.ac.at/fileadmin/00_DokumenteHauptmenue/02_Klimawissen/FactSheets/2_landwirtschaft_v4_02112015.pdf

Strauss, P., Schmaltz, E., Krammer, C., Zeiser, A., Weinberger, C., Kuderna, M., Dersch, G., 2020. Boden-erosion in Österreich – Eine nationale Berechnung mit regionalen Daten und lokaler Aussagekraft für ÖPUL. Bundesamt für Wasserwirtschaft, Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, WPA – Beratende Ingenieure GmbH. Medieninhaber und Herausgeber: Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, 3252 Petzenkirchen, Österreich, baw.at/wasser-boden-ikt.at

Van-Camp. L., Bujarrabal, B., Gentile, A-R., Jones, R.J.A., Montanarella, L., Olazabal, C. and Selvaradjou, S-K. 2004. Reports of the Technical Working Groups Established under the Thematic Strategy for Soil Protection. EUR 21319 EN/6, 872 pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

I-10 Anhang

Liste der Bildungsinhalte und -ziele:

| Thema | Bildungs-Inhalt | Bildungs-Ziel |
|---------------------------|---|--|
| Klima und Wasserkreislauf | Wasserkreislauf global und standortbezogen, Makro-Mikroklima | Verstehen, dass es sich um ein Kreislaufsystem handelt - globale und regionale Zusammenhänge werden erkannt |
| | Klimawandel und Landwirtschaft, regionale Auswirkungen | Bandbreite der Szenarien erkennen, Auseinandersetzen mit wahrscheinlichstem Szenarium |
| Klima und Boden | Veränderung von Böden durch den Klimawandel - Bewusstseinsbildung | Ablauf von Bodenprozessen in Abhängigkeit von Temperatur und Wasser erkennen. Physik.- chem. - biol. Wechselwirkungen werden aufgezeigt und die möglichen Auswirkungen auf Ackerböden erläutert. |
| Klima und Pflanze | Auswirkung auf Ackerkulturen durch den Klimawandel | Kenntnis über mögliche Auswirkungen auf die Produktivität durch Trockenheit, Hitze, veränderte Niederschlagsverteilung, CO ₂ -Düngung (C4 Pflanzen) erlangen |
| Boden und Wasserhaushalt | Verdunstung über den Boden (Evaporation) | Verdunstung über den Boden (Evaporation) – Bedingungen, die eine E. verstärken oder vermindern. |
| | Bodengefüge | Gefüge der Bestandteile des Bodens und seine daraus resultierenden Eigenschaften wird genauer betrachtet. Besonders in Hinblick auf das Infiltrations- und Speichervermögen |
| | | Bodenfunktionen - Bewusstsein für vielfache Funktionen des Bodens |
| | Bodenart | Begreifen des direkten Zusammenhangs von Bodenart und Wasserspeicherefähigkeit |
| | | Die Bodenart soll selbst bestimmt werden können, um Maßnahmen entsprechend ausrichten zu können |
| | | Spatenprobe- zahlreiche Informationen daraus erkennen und interpretieren können |
| | Bodenphysik - chemie | Bodeneigenschaften und ihre Bedeutung im Zusammenhang mit Niederschlag und Wasserhaushalt |
| | Wasser Verhältnis am Standort | das Standortpotential beurteilen können und Schlussfolgerungen für die lw. Produktion machen können |
| | | Das Wasserspeichervermögen am Feld feststellen können bzw. verstehen wie die Bewertung erfolgt |
| | | Verdunstung über den Boden (Evaporation) – Bedingungen, die eine E. verstärken oder vermindern. |
| | Humus | Wissen um die Bedeutung für die Wasserspeicherefähigkeit |
| Bodenleben | Mikroorganismen | Bedeutung der Mikroorganismen für den Boden, Bodenfruchtbarkeit usw. erkennen |

| | | |
|--------------------------|--|---|
| | Regenwurm | Bedeutung für die Infiltration erkennen, Bescheid wissen über Maßnahmen zur Förderung des Regenwurms und sonstigen Bodenlebens |
| | | "Lebendverbauung" - Bedeutung für Wasserspeichervermögen |
| Pflanze - Wasser | Pflanzen-Physiologie | Verdunstung über die Pflanze (Transpiration) - welche Mechanismen stehen dahinter, wie nimmt die Pflanze Wasser auf und wie gibt sie es wieder an die Umwelt ab. |
| | | Unterschiedlicher Wasserbedarf von Pflanzen |
| | | Wissen um aktuelle Züchtung auf Trockentoleranz in Ö. bzw. um bereits vorhandene Kulturen u. Sorten. |
| | Wurzel | Wurzelleistung von Kulturpflanzen |
| | | Bedeutung der Durchwurzelung von Böden für die Wasseraufnahme und -speicherfähigkeit erkennen, Maßnahmen für eine optimale Durchwurzelung kennenlernen |
| | | Über Wurzel-Boden-Mikroorganismen (Bakterien, Pilze) Interaktion erfahren, vielfache Ausweitung der Reichweite für die Wasser und Nährstoffzufuhr |
| | | Pflanze macht Wurzelraum zum Wasserspeicher - aktuelle Erkenntnis, zur Überbrückung von kurzzeitiger Trockenheit |
| wassersparende Maßnahmen | <u>Bodenbearbeitung:</u> | |
| | schonende Bodenbearbeitung | Wie erziele ich geringste Störung von Bodengefüge und Bodenbedeckung beim Anbau. |
| | Maschinen- u. Anbau Systeme | Welche Technik erlaubt mir eine reduzierte Bodenbearbeitung und einen optimalen Anbau. Anwendungsbereich, Vor-Nachteil der Systeme |
| | | Konservierende/reduzierte Anbausysteme wie Streifensaart, Direktsaat, Mulchsaat u.a. |
| | Humusaufbau, Komposteinsatz, organische Dünger | Kompost zur langfristigen Verbesserung der Bodenstruktur, Erhalt und Verbesserung des Humusgehaltes von Böden. |
| | <u>Pflanzenbau:</u> | Bodenbedeckung und "Wurzelmanagement" |
| | Kulturen, Sorten | Auswahl von standortangepassten, trockenoleranten Kulturen und Sorten, optimale Saatstärke anwenden |
| | | In Bezug auf die Wasserversorgung wissen um: den „richtigen Zeitpunkt“ bei Saat (frühe Saat), Drusch, Umbruch, Winterungen/Sommerungen -> Erfahrungen aus best practice |
| | Fruchtfolge | Optimale, weite Fruchtfolgen gestalten, um Bodenfruchtbarkeit zu erhalten |

| | | |
|----------------|--|--|
| | Zwischenfruchtanbau / Untersaaten | Wissen um: Etablieren von guten standortangepassten Begrünungen für eine optimale, vielfache Wirkung (hier: Wurzeleistung) |
| Erosionsschutz | <u>Allgemein Boden-Schutz,</u> <u>Erosionsschutz:</u> | Allgemein Boden-Schutz, Erosionsschutz-Maßnahmen im Zusammenhang mit wassersparenden Maßnahmen |
| | Hecken | Bedeutung Hecken – Wind+Wasser- Erosionsschutz |
| | Agroforst | Kenntnis weitergehender Ansätze - Vor und Nachteile - Landwirtschaft "neu" denken |
| Vernetzung | Kreislauf, Ökosystemare Zusammenhänge | Zusammenhänge verstehen und Kursinhalte anwenden können/wiedergeben können |