

JUNGE

wissenschaft

JungforscherInnen publizieren
online | **peer reviewed** | original

Verlag:
Physikalisch-
Technische
Bundesanstalt



Geo- & Raum-
wissenschaft

Wie gut ist der neue Boden?

UNTERSUCHUNGEN ZUR BODENFRUCHTBARKEIT NACH DER REKULTIVIERUNG DER INERTSTOFFDEPONIE FÄNGLENBERG

Die Baubranche boomt. Der Abfall, der beim Abriss alter Gebäude entsteht, unter anderem die Inertstoffe, wird nur zu einem kleinen Teil recycelt, der größere Teil wird deponiert. Ist die Deponie voll, wird der Boden rekultiviert. Da Boden knapp ist, wird auf diesem wieder Landwirtschaft betrieben. Diese Arbeit untersucht das Pflanzenwachstum auf rekultivierten Boden im Vergleich zu gewachsenem Ackerboden.

DIE JUNGFORSCHERIN



Quelle: Riechsteiner Fotografie

Patrizia Widmer (1997)

Gymnasium Burgdorf
CH-3400 Burgdorf

Eingang der Arbeit:

08.02.2017

Arbeit angenommen:

07.06.2017



Wie gut ist der neue Boden?

UNTERSUCHUNGEN ZUR BODENFRUCHTBARKEIT NACH DER REKULTIVIERUNG DER INERTSTOFF-DEPONIE FÄNGLENBERG

1. Einleitung

Die Inertstoffdeponie (ISD) Fänglenberg im Kanton Bern beansprucht etappenweise Land. Wie schnell sich die Deponie ausbreitet, hängt davon ab, wie viel Material geliefert wird.

Nach der Deponie von Inertstoffen wird der Boden rekultiviert. Nach einiger Zeit sollte dann wieder uneingeschränkt Landwirtschaft betrieben werden können. Wie gut die Rekultivierung durchgeführt wird, und wie sorgsam man mit dem Boden nach der Rekultivierung umgeht, entscheidet, ob dieser auch wieder fruchtbar sein wird.

Die Fragestellung dieser Arbeit lautet: Wie ist die landwirtschaftliche Bodenfruchtbarkeit des rekultivierten Bodens der ISD Fänglenberg anhand der Parameter Ertrag und Pflanzenwachstum im Vergleich zu gewachsenem landwirtschaftlichem Boden?

Mit dem Anbau von Pflanzen im April 2015 auf dem rekultivierten Boden der ISD Fänglenberg sollte herausgefunden werden, wie gut der Boden wiederhergestellt wurde. Rund 250 m entfernt wurde zu Vergleichszwecken auf natürlichem gewachsenem Boden eine Kontrollgruppe gesät sowie Bodenprofile der beiden Versuchsorte erstellt. Das Pflanzenexperiment wurde im Oktober 2015 beendet.

Nach einer ausführlichen Recherche wurde klar, dass die Fragestellung dieser Arbeit bisher noch nie untersucht wurde.

2. Einflüsse des Bodens auf das Pflanzenwachstum

2.1 Das Pflanzenwachstum

Damit eine Pflanze gedeihen kann, benötigt sie Wasser, Sonnenlicht, Kohlenstoffdioxid und Nährstoffe. Es gilt das Minimumgesetz von Liebig: *Das Wachstum der Pflanze wird von der Ressource*

eingeschränkt, die am weitesten vom Optimum entfernt ist. Nicht nur ein Mangel, sondern auch ein Überschuss kann das Pflanzenwachstum einschränken. [1, 2]

2.2 Der Boden und seine Bedeutung für das Pflanzenwachstum

Der Boden besteht ca. zur Hälfte aus festen Bestandteilen (mineralische und organische Substanzen) und knapp zur Hälfte aus Hohlräumen, die mit Wasser und Luft gefüllt sind. [3]

Die organische Substanz besteht zum größten Teil aus Humus (zersetztes organisches Material), aus Pflanzenwurzeln und Bodenlebewesen. Die Korngröße der mineralischen Substanz wird bestimmt von der Art des Ausgangsmaterials und dem Verwitterungsgrad.

Man kann den Boden in verschiedene Horizonte einteilen. Der A- und B-Horizont sind die Produkte der physikalischen und chemischen Verwitterung von Gesteinen. Der C-Horizont ist das wenig veränderte Ausgangsgestein. Auch biologische Prozesse sind bei der Bodenbildung von größter Bedeutung. [1, 3]

Die Bodenfruchtbarkeit ist die Fähigkeit eines Bodens, das Wachstum von Kulturpflanzen zu ermöglichen. Durch Verbindungen aus Huminstoffen und Tonmineralien entstehen Ton-Humus-Komplexe, wodurch Ionen nicht so leicht mit dem Sickerwasser ausgewaschen werden können. Die Ton-Humus-Komplexe speichern Wasser sowie Nähr- und Mineralstoffe. Auf der Oberfläche wird organisches Material abgebaut. Durch Ionenaustauschvorgänge beziehen Pflanzen die benötigten Nährstoffe von den Ton-Humus-Komplexen.

Der Regenwurm wirkt sich in vielfacher Hinsicht positiv auf die Bodenfruchtbarkeit aus. Er trägt durch seine Wurmgänge zum Abfluss des Regenwassers bei und vermischt organische und anorga-

nische Bestandteile in seinem Magen und scheidet diese als stabile Ton-Humus-Komplexe in Form seines Kots wieder aus. Weitere Bodenlebewesen tragen zusätzlich zur Wasserspeicherung, zur Hygienisierung des Bodens und zur Kohlenstoffbindung bei. Somit sind auch die Bodenorganismen sehr wichtig für einen funktionsfähigen und fruchtbaren Boden.

Der pH-Wert beeinflusst die Bildung des Bodens, die Verfügbarkeit und die Speicherfähigkeit von Pflanzennährstoffen und Mineralstoffen. Auch die Aktivität der Bodenorganismen hängt vom pH-Wert ab. [3, 4, 5]

2.3 Bodenverdichtung

Generell handelt es sich bei der Bodenverdichtung um das Zusammendrücken der luft- und wasserführenden Bodenporen. Oft entsteht eine Verdichtung durch übermäßige physikalische Belastung des Bodens, z. B. durch intensives Pflügen. Die entstandene Feinerde verklebt die Wurzeln der Pflanzen, wodurch die Aufnahme von Sauerstoff gehemmt wird. Zudem kann dadurch das Niederschlagswasser

schlecht versickern. Durch den Sauerstoffmangel kann es zu Fäulnisprozessen kommen. Vernässungsanzeichen sind z. B. Rostflecken (Ausfällung von Eisen) oder Mangankonkretionen (Ausfällung von Mangan). In einem verdichteten Boden ist kein Humusaufbau möglich. [6, 3, 7, 2]

2.4 Die Inertstoffdeponie

In einer ISD werden reaktionsunfähige Materialien, die sogenannten Inertstoffe deponiert. Inertstoffe sind z. B. Beton, Backsteine und Glas. In der ISD Fänglenberg wird zudem sauberes Aushubmaterial eingelagert. Der saubere Aushub wird bei der Bodenabtragung aus dem C-Horizont gewonnen und besteht aus nicht organischem Material. Oft fällt Aushubmaterial bei Baustellen an. Im Aushub dürfen keine Fremdstoffe, wie Siedlungs-, Grün- oder Bauabfälle, zu finden sein. [8, 9]

Vor der Errichtung einer ISD muss deren Umweltverträglichkeit geprüft werden. Der Boden muss tragfähig sein, damit er dem Druck, der von den oft meterhoch geschichteten Inertstoffen ausgeht, standhält und nicht in sich zu-

sammensackt. Vor der Errichtung einer ISD trägt man den Ober- und je nachdem auch den Unterboden ab und lagert ihn fachgerecht, um ihn später bei der Rekultivierung der gleichen oder einer anderen Parzelle wieder auftragen zu können. Dann macht man eine Abdichtung, auf welcher Sickerrohre platziert werden. Damit wird das Wasser, welches durch den Deponiekörper fließt, aufgefangen. Die Sickerrohre verhindern Staunässe, die den Deponiekörper instabil machen könnte. Das Wasser, welches durch die Deponie fließt, ist zwar kein Trinkwasser, aber ungefährlich. [8, 5, 7]

Die Inertstoffe und das Aushubmaterial werden schichtweise nach Plan deponiert. Bei der Planerstellung wird darauf geachtet, dass wieder ein harmonisches Landschaftsbild entsteht. [10]

2.5 Rekultivierung

Nachdem die Lagerung der Inertstoffe und des Aushubmaterials abgeschlossen ist und sich das Material gesetzt hat, wird mit der Rekultivierung begonnen. Hierbei versucht man den Aufbau des gewachsenen Bodens nachzuahmen.



Abb. 1: Rekultivierung bei der ISD Fänglenberg. Aufnahme vom August 2015



Auf das deponierte Material kommt eine tonige Abdichtungsschicht. Diese Schicht ist ca. 50 bis 60 cm dick. Diese Abdichtung muss nicht zu 100 Prozent dicht sein, denn wenig Wasser darf durch die Deponie fließen. Auf die Ab-

dichtung kommt der Unterboden. Dieser wird etwa einen Meter hoch aufgeschüttet, sodass er nach der Setzung eine Schichtdicke von ca. 80 cm aufweist. [8, 10]

Manchmal erfolgt eine Zwischenbegrünung, wobei man schon auf dem Unterboden Kulturen anpflanzt. Die Wurzeln der Zwischenbegrünung hinterlassen Kanäle, die die Luft- und Wasserversorgung des Bodens begünstigen. Diese Vegetationsdecke wirkt der Verdichtung entgegen, da sie die Tragfähigkeit des Unterbodens erhöht. Auf der Begrünung, falls vorhanden, platziert man den Oberboden. Man schüttet bis zu 40 cm auf, sodass der Oberboden 25 bis 30 cm hoch ist, nachdem er sich gesetzt hat. [5]

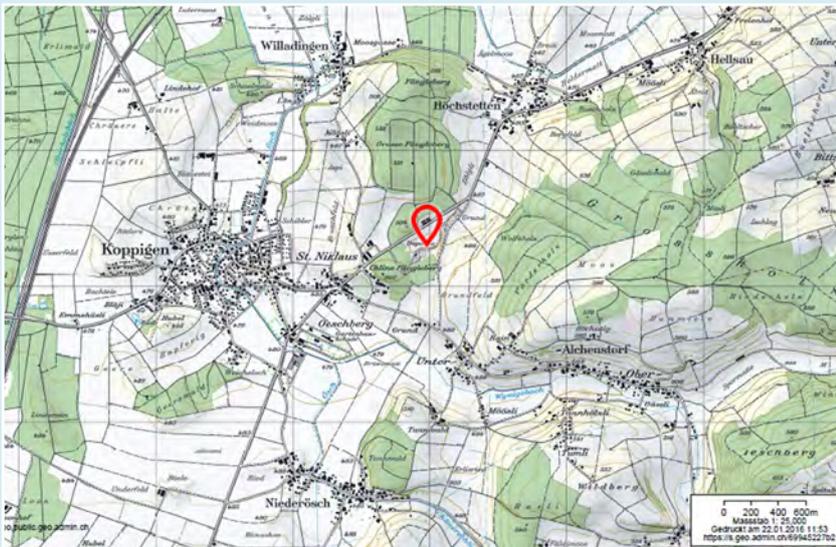


Abb. 2: Lage der Deponie Fänglenberg (Karte: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo BA17017)

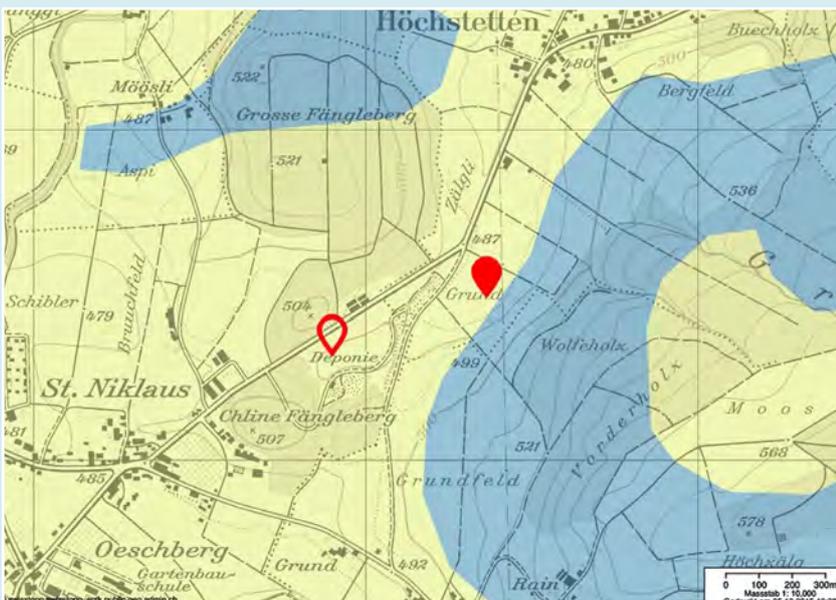


Abb. 3: Lage der Versuchsorte: Der offene rote Punkt kennzeichnet den rekultivierten Boden, der gefüllte rote Punkt den gewachsenen Ackerboden. Beide liegen im Bereich des beige markierten Lockergestein (blau: Sedimentgestein). (Karte: Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo BA17017)



Unmittelbar nach der Rekultivierung sind die Flächen noch instabil und reagieren empfindlich auf Druck. Deshalb muss man sehr sorgsam mit dem Boden umgehen, normale Landwirtschaft kann nicht sofort betrieben werden. Es wird empfohlen, den Boden nur mit breiten Reifen oder Doppelbereifung zu befahren und den Reifendruck niedrig zu halten. Unmittelbar nach der Rekultivierung wird der Boden nicht gedüngt. Damit es nicht zu Bodenerosion kommt, sollte der frisch aufgetragene Boden nicht lange brach liegen. Man sollte möglichst bald geeignete Kulturen mit dicken und tiefen Wurzeln anpflanzen. Die Wurzeln hinterlassen Gänge, welche zur Sauerstoff- und Wasserversorgung beitragen. Zudem nimmt die Tragfähigkeit des Bodens mit der Begrünung zu; der Boden wird mit Nährstoffen angereichert und die Bodenporen können nicht durch Feinteile verstopft werden. Vom Beginn der Rekultivierung bis zu dem Zeitpunkt, an dem der Boden wieder ohne Einschränkungen ackerbaulich genutzt werden

kann, verstreichen vier bis sieben Jahre. Frühestens nach dem dritten Jahr ist eine ackerbauliche Nutzung möglich. Nach dem vierten Nutzungsjahr erfolgt die definitive Rückgabe an den Eigentümer des Landes, der weiterhin sorgsam mit dem Boden umgehen muss. [7, 5, 10]

3. Standortbeschreibung

Die ISD Fänglenberg befindet sich zwischen Hächstetten und St. Niklaus (bei Koppigen), im Kanton Bern. Die ISD ist mit einem roten Symbol auf der [Abb. 2](#) markiert. Das Gebiet liegt ca. 500 m. ü. M.

Der Boden in der Region Fänglenberg ist glazial geprägt. Vor 15.000 bis 20.000 Jahren gab der Rhonegletscher dem Mittelland den letzten Schlift. Der Untergrund der Region Fänglenberg besteht aus Lockergestein, welches durch Gletscher transportiert wurde. Dies sieht man auf der [Abb. 3](#). Die Parzelle „Grund“ mit dem gewachsenen Ackerboden, die als Vergleichsfläche genutzt wird, befindet sich an der Grenze zum Sedimentgestein. Die beiden Versuchsorte sind ca. 250 m entfernt voneinander und den gleichen klimatischen Bedingungen ausgesetzt. Bei den Versuchsorten handelt es sich um kalkarme Braunerden. Der pH-Wert ist in der Regel sauer. [3, 7, 11, 12]

Der rekultivierte Versuchsort wurde 2004 rekultiviert. Ca. 11 Jahre wurde darauf keine kommerzielle Landwirtschaft betrieben. Laut dem Eigentümer der ISD ist die Rekultivierung und die sorgsame Folgebewirtschaftung sehr gut gelungen. [13]

Das Ökosystem rund um die gewachsene Vergleichsfläche ist stark durch die landwirtschaftliche Nutzung beeinflusst: Es wurde jahrelang gedüngt und Pestizide kamen zum Einsatz.

Der Versuchsort auf dem gewachsenen Boden wird als Standort A bezeichnet. Der rekultivierte Boden in der Region Fänglenberg wird als Standort B bezeichnet.

4. Experiment zum Pflanzenwachstum

4.1 Auswahl der Pflanzen

Für den Versuch wurden Zuckerrüben und Mais gesät. Diese Pflanzen benötigen unterschiedliche Faktoren und Nährstoffe, um gut zu gedeihen. So sollte es möglich sein, gewisse Nährstoffdefizite und Faktoren, die das Pflanzenwachstum verschlechtern oder verbessern können, zu erkennen und zu bestimmen.

Zuckerrüben haben sehr große Ansprüche an den Boden und ihre Pfahlwurzeln dringen sehr tief in den Boden ein. Bei der Ernte verbleibt ein langer und dünner Teil der Wurzel im Boden. Ein nicht verdichteter Boden mit dem pH-Wert 7 ist optimal für das Wachstum.

Der Mais wurde als Versuchspflanze ausgewählt, da es relativ gut möglich ist, verschiedene Nährstoffmängel an den Blättern abzulesen. Mais braucht einen pH-Wert zwischen 5,5 und 7. Er benötigt zum Keimen einen leichten, humusreichen Boden und trockenes Wetter. [14, 10]

4.2 Vorbereitung der Ackerflächen

Am Standort B (rekultivierter Boden) lag eine dichte Buntbrache vor (siehe [Abb. 4a](#)). Die Pflanzen auf einer Fläche von ca. 25 Quadratmetern mussten für den Versuch entfernt werden. Die Buntbrache wurde mit dem Herbizid *Roundup* behandelt. Danach wurden die abgestorbenen Pflanzen von Hand abgetragen. Anschließend wurde der Boden mit dem Zinkenrotor behandelt (siehe [Abb. 4b](#)).

Am Standort A (siehe [Abb. 5](#)) war der Boden zum Zeitpunkt der Saat schon maschinell bearbeitet worden (zuerst



Abb. 4: Versuchsfläche B auf der ehemaligen Deponie a) Abgesteckte Fläche b) Bearbeitung mit dem Zinkenrotor)



mit dem Herbizid *Roundup* und danach mit dem Zinkenrotor).

Die Böden wurden somit etwa gleich gut auf die Saat vorbereitet. Es ist aber zu beachten, dass trotz des Entfernens der Pflanzen am Standort B noch Samen der Buntbrache im Boden verblieben sind. Deshalb wuchs später am Standort B wesentlich mehr Unkraut als am Standort A.

4.3 Aussaat und Pflege

Gleich nachdem der Boden mit dem Zinkenrotor gehackt wurde, wurden die Samen der Zuckerrüben und des Mais am 15.04.15 in den Boden gebracht. Das Saatgut, welches von der LANDI bezogen wurde, war gebeizt, um es vor Schädlingen zu schützen. Bei beiden Standorten wurden die Samen der gleichen Sorte nach Anweisung von [14] mit einem gleichen Abstand und gleicher Tiefe gesät. Bei den Zuckerrüben betrug der Abstand in der Reihe 12 cm (dieser wurde im Verlauf des Experiments durch das Ausdünnen noch größer). Der Reihenabstand betrug 50 cm und die Saattiefe 2 bis 3 cm. Der Mais wurde mit einem Abstand von 16 cm gesät. Die Reihen waren 80 cm voneinander entfernt. Die Saattiefe betrug 5 bis 7 cm. Beide Standorte weisen ein leichtes Gefälle auf, deshalb lagen die

Zuckerrüben etwas höher als der Mais. Die Pflanzen der beiden Standorte wurden gleich exponiert, damit sie die gleichen Lichtbedingungen hatten. Der Mais wurde gegen Norden und die Zuckerrüben gegen Süden gesät. Da die Sonne im Osten aufgeht, warf der Mais keinen Schatten auf die Zuckerrüben. Bei der Vorkultur am Standort A handelte es sich um Erdbeeren. Um das Versuchsfeld herum wurde einige Wochen später eine spezielle Bienenwiese gesät. Die Buntbrache um den Standort B wurde im Verlauf des Versuchs nicht entfernt.

Im Gesamten wurden je Standort 30 Maispflanzen und 60 Zuckerrüben gepflanzt. Die Zuckerrüben wurden am 16.05.15 auf 30 Pflanzen ausgedünnt. Am Standort A war ein regelmäßiges Ausdünnen möglich. Am Standort B keimten weniger Pflanzen, weshalb es mehr Pflanzen gab, die auf der einen Seite einen größeren Abstand zur Nebenpflanze hatten als auf der anderen Seite. Beim Mais keimten einige Pflanzen nicht oder starben. Deshalb wurde ein Ausgleich durchgeführt, damit bei beiden Standorten gleich viele Pflanzen waren und es damit nicht zu unterschiedlichen Platzverhältnissen kam. Nach dem Ausgleich gab es noch 25 Maispflanzen pro Standort.

Gleich nach der Saat wurden Schneckenkörner ausgestreut. Schneckenkörner wurden im Verlauf des Versuchs zum Pflanzenschutz mehrmals nachgestreut, da es nach der Saat recht viel geregnet hatte und dies nötig war, um den Schutz aufrecht zu erhalten. Die Schneckenkörner wurden gewogen, damit bei beiden Versuchsflächen die gleiche Menge verteilt wurde. Um zu verhindern, dass Unbefugte die Versuchsfelder betreten, wurden beide Felder eingezäunt.

4.4 Datenerhebung

Die Größe der Pflanzen der beiden Standorte wurde vom Zeitpunkt der Saat am 15.04.15 bis zum 15.07.15, als die Pflanzen ungefähr ihre Maximalgröße erreicht hatten, wöchentlich gemessen und protokolliert. Gemessen wurde bei den Maispflanzen jeweils der höchste Punkt der Pflanze. Dazu wurden die Blätter zum Messen nach oben gehalten. Später waren die Blütenstände der höchste Punkt. Bei den Zuckerrüben wurde jeweils das längste Blatt gemessen. Der Durchschnitt des wöchentlichen Wachstums der Zuckerrüben und des Mais der Standorte A und B wurde ausgerechnet und ist in [Abb. 6](#) und [Abb. 7](#) dargestellt.

Die Maispflanzen bildeten im Juli bei beiden Standorten Blüten aus. Von diesem Zeitpunkt an mussten die Pflanzen nicht mehr gemessen werden, da sie nun ausgewachsen waren. Auch das Wachstum der Zuckerrüben wurde nun nicht mehr gemessen. Von diesem Zeitpunkt an wuchs das Laub der Pflanzen nicht mehr sonderlich, sondern vor allem die Pfahlwurzel. [10]

Im Verlauf des Versuchs musste immer wieder von Hand gejätet werden. Da es nicht immer möglich war, gleich zu jäten, wenn etwas Unkraut gewachsen war, waren die Pflanzen jeweils bis zu einer Woche diesem „Druck“ ausgesetzt. Auch Pestizide kamen zum Einsatz, bei beiden Standorten in gleicher Menge. Es wurden Unterblattspritzungen vorgenommen.



Abb. 5: Versuchsfläche A auf dem gewachsenen Ackerboden



Während des ganzen Experiments wurden die Pflanzen nicht gedüngt.

Die Pflanzen wurden am 06.10.2015 von Hand geerntet. Die Zuckerrüben wurden ohne Laub und die Maiskolben geschält gewogen. Dabei handelte es sich um das Feuchtgewicht.

4.5 Ergebnisse

Wie in [Abb. 6](#) zu sehen ist, wuchsen insgesamt gesehen die Zuckerrüben am Standort A besser als am Standort B. Die ersten beiden Wochen verhielt sich das Wachstum fast gleich. Ab dem 13.05.15 begann eine wahrnehmbare Differenzierung. Am Versuchsort B setzte die Wachstumsphase verzögert ein. Extreme Wachstumsphasen gab es nicht. Am Schluss waren die Blätter der Zuckerrüben am Standort A im Durchschnitt um 6,8 cm größer als am Standort B. Die Größe der Pflanzen ist schlussendlich am Standort B (= 84,3 %) im Durchschnitt ungefähr 15,7 % kleiner als am Standort A (= 100 %). Die Ergebnisse sind aber nicht signifikant, was man an den Standardabweichungen sehen kann, die sich vom 22.04.15 bis am 27.05.15 und vom 01.07.15 bis am 15.07.15 überschneiden.

Der Mais wuchs am Standort B weniger gut als am Standort A (siehe [Abb. 7](#)). Die Wachstumskurven des Standorts A und B verlaufen zu Beginn weitgehend gleich. Die Größe der Pflanzen beginnt sich erst ab dem 13.05.15 zu differenzieren. Die Wachstumsphasen setzten etwa zum gleichen Zeitpunkt ein. Bei beiden Standorten sieht man ziemlich deutlich, dass das Wachstum am Schluss des Experiments nachließ. Dies lässt sich durch die erwähnte Blütezeit erklären. Am Schluss ist der höchste Punkt der Pflanzen am Standort A durchschnittlich 46,1 cm höher als am Standort B. Somit ist die durchschnittliche Endgröße der Pflanzen am Standort B (= 79 %) um etwa 21 % kleiner als am Standort A (= 100 %). Es handelt sich ab dem 10.06.15 um signifikante Ergebnisse.

Nachdem das Wachstum nicht mehr regelmäßig gemessen wurde, wurden die Pflanzen von Zeit zu Zeit besichtigt. Im August war bei beiden Standorten ein Wassermangel festzustellen. Der Sommer 2015 war der zweitwärmste in der 152-jährigen Messgeschichte von Meteo Schweiz. Die Temperaturen während dieses Sommers lagen 2,4°C über dem Durchschnitt. [15] Am Standort B war der Wassermangel viel ausgeprägter als am Standort A. Die Zuckerrüben welkten dort viel stärker und die Blätter des Mais waren schon gelb verfärbt bis sogar

etwas verdorrt. Die Maispflanzen sahen am Standort A dagegen ziemlich kräftig, grün und gesund aus. Die Zuckerrüben waren buschiger und kräftiger. Doch auch sie welkten leicht. Diese Beobachtungen belegen die [Abb. 8](#) und [Abb. 9](#).

Weitere Mangelerscheinungen konnten nicht festgestellt werden. Unregelmäßige gelbe Flecken könnten auch durch eine Krankheit verursacht worden sein.

Was den Ertrag der Pflanzen an beiden Standorten angeht, wurden noch grö-

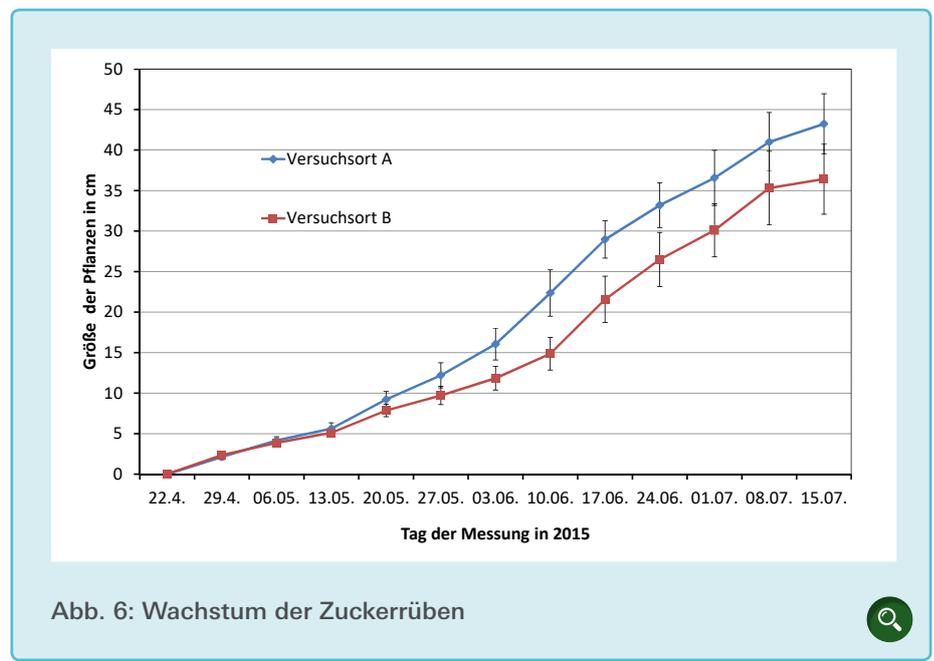


Abb. 6: Wachstum der Zuckerrüben

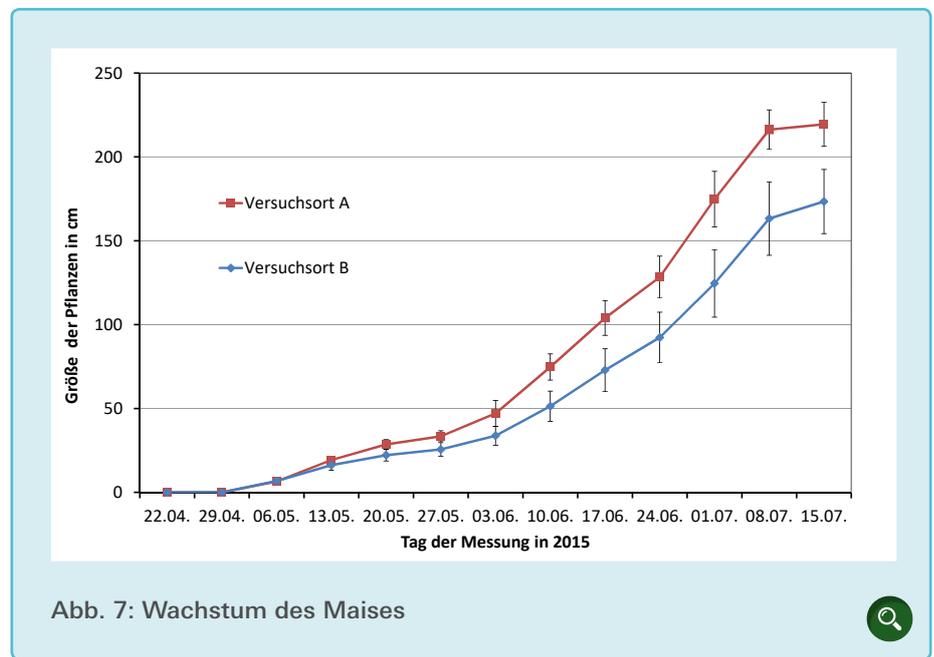


Abb. 7: Wachstum des Mais

ßere Unterschiede als beim Wachstum festgestellt. Die Zuckerrüben am Standort A wogen im Durchschnitt 1,67 kg, am Standort B dahingegen nur 1,07 kg. Das ist ein Unterschied von 600 g. Folglich sind die Rüben am Standort A (= 100 %) um ca. 35,9 % schwerer als die Rüben am Standort B (= 64,1 %). Jedoch überschneiden sich die Standardabweichungen, was zeigt, dass der Unterschied des Ertrags der Zuckerrüben nicht signifikant ist.

Zum Vergleich: Bei Sortenversuchen im Jahr 2014 zur Zuckerrübensorte „Hannibal“, die hier verwendet wur-

de, wurde an 5 Standorten 100.000 bis 110.000 Pflanzen pro Hektar angebaut. Der Rüben-Ertrag lag durchschnittlich bei 102.000 kg/ha. Wird daraus das Gewicht der einzelnen Zuckerrüben berechnet, ergibt das einen Wert, der unter 1 kg liegt. Natürlich wurden diese Versuche unter anderen Umständen durchgeführt. Z. B. wurde bei der maschinellen Ernte mehr von der Zuckerrübenwurzel abgerissen als bei der Ernte von Hand. Die Zuckerrüben im Sortenversuch wurden auch nicht ausgedünnt. Dies zeigt aber, dass der erhaltene Ertrag sowohl am Standort A als auch am Standort B beachtlich ist. [10]

Die Maiskolben am Standort A wogen im Durchschnitt 247 g und am Standort B 169 g. Wird dies in Prozent umgerechnet, so wogen die Kolben am Standort A (= 100 %) um ca. 31,6 % mehr als am Standort B (= 68,4 %). Wie auch bei den Zuckerrüben überschneiden sich hier die Standardabweichungen, was zeigt, dass die Ergebnisse nicht signifikant sind.

Beim Ernten fiel auf, dass die Zuckerrüben am Standort B viel weniger Blätter hatten als am Standort A. Die Zuckerrüben am Standort B waren zwar schon immer weniger buschig als die Pflanzen



Abb. 8: Maisblätter am Standort A (links) und am Standort B (rechts)



Abb. 9: Zuckerrüben am Standort A (links) und Standort B (rechts)



am Standort A, doch sah es aus, als wären die Blätter zum Teil von Tieren abgefressen worden (vgl. [Abb. 10](#)).

5. Bodenprofile

5.1 Methode

Mit dem Umweltingenieur Hanspeter Graf wurden am 30.04.15 Bodenprofile der Standorte A und B erstellt. Mit einem Bohrstock wurde je ein Bodenprofil genommen und neben einen Maßstab gelegt. Durch die unterschiedlichen Eigenschaften (u. a. Farbe, Körnung etc.) wurden der Oberboden, der Unterboden und das Ausgangsmaterial ausgemacht und einer Bodentiefe zugeordnet. Die Art des Bodengefüges wurde mit der Methode nach *Agroscope* (Bodengefüge, Ansprechen und Beurteilen mit visuellen Mitteln, 2002) bestimmt. Nachdem man Salzsäure auf die verschiedenen Bodenhorizonte getropft hatte, wurde ermittelt, ob Kalk im Boden vorhan-

den ist. Die pH-Messung erfolgte durch die Feldmethode (pH-Hellige). Die Körnung (Anteile Sand, Schluff und Ton) erhielt man, indem man etwas Erde mit

etwas Wasser in den Fingern zerrieb und fühlte, wie grob das Material ist. Es wurde auch etwas Erde in den Mund genommen, denn so konnte der Sand-



Abb. 10: Zuckerrüben kurz vor der Ernte am Standort B



Tab. 1 Auswertung Bodenprofil am Standort A (gewachsener Boden)



Bodenhorizont (Tiefe)	Horizont	Kalk	pH-Wert	Körnung	Skelettgehalt	Humusgehalt
Oberboden (0 – 30 cm)	A	–	5,5	Ton 18%, Schluff 42%, Sand 40% → sandiger Lehm	2%	2 – 3%
Unterboden (30 – 105 cm)	B	–	5 – 5,5	Ton 18%, Schluff 40%, Sand 42% → sandiger Lehm	2%	0
Ausgangsmaterial (105 – 125 cm)	(B)/C	–	5,5	Ton 22%, Schluff 40%, Sand 28% → Lehm	2%	0

Tab. 2 Auswertung Bodenprofil am Standort B (rekultivierter Boden)



Bodenhorizont (Tiefe)	Horizont	Kalk	pH-Wert	Körnung	Skelettgehalt	Humusgehalt
Oberboden (0 – 30 cm)	A	–	6 – 6,5	Ton 18%, Schluff 44%, Sand 38% → sandiger Lehm	2%	4% (bei 20 cm eher: 2 – 3%)
Unterboden (30 – 90 cm)	B	+	6 – 6,5	Ton 23%, Schluff 32%, Sand 45% → Lehm	6%	0%
Ausgangsmaterial (90 – 115 cm)	(C)/B	+	6,5	Ton 23%, Schluff 32%, Sand 45% → Lehm	6%	0%

gehalt noch besser abgeschätzt werden. Der Humusgehalt wurde optisch geschätzt. [7]

5.2 Bodenprofil Standort A

Tab. 1 enthält das Bodenprofil am Standort A. Es wurden keine Vernässungsanzeichen festgestellt. Bei 30 bis 45 cm gibt es eine leichte Verdichtung (wahrscheinlich die Pflugschleife).

5.3 Bodenprofil Standort B

Tab. 2 enthält das Bodenprofil am Standort B. Es wurden ebenfalls keine Vernässungsanzeichen festgestellt. Bei 30–45 cm gibt es eine leichte Verdichtung, evtl. entstanden beim Anlegen der Humusschicht auf dem Unterboden.

6. Diskussion

6.1 Verdichtung

Beide Böden haben nur eine leichte Verdichtung, dies legt jedenfalls die Aus-

wertung der Bodenprofile nahe. Diese Bodenprofile wurden jedoch nur an einer Stelle genommen. Es ist also möglich, dass sich die Bodenverdichtung innerhalb der Versuchsfläche unterschiedlich verhält. Beim Ernten fiel bei den Zuckerrüben am Standort A häufiger eine sogenannte „Beinigkeits“ der Rüben auf (siehe [Abb. 11](#)). Ist es den Zuckerrüben nicht möglich, ihre lange Pfahlwurzel auszubilden (wegen Verdichtung des Bodens oder großen Steinen im Boden), bilden sie weitere Wurzelhauben aus, um das Hindernis zu umgehen. Es ist also möglich, dass es am Standort B weniger große Steine gibt oder der Boden weniger verdichtet ist. [10]

6.2 Wassermangel

Der Sommer 2015 war der zweitwärmste in der 152-jährigen Messgeschichte von Meteo Schweiz. Die Temperaturen während dieses Sommers lagen 2,4°C über dem Durchschnitt [15]. Es wurde beobachtet, dass die Pflanzen am Standort B mehr unter Trockenheit litten.

Diese Trockenheit am Standort B kann man mit fünf Eigenschaften des rekultivierten Bodens erklären:

- Am Standort B gibt es unter dem B-Horizont Drainage-Rohre, weshalb das Wasser schneller abfließen kann als am Standort A.
- Am Standort B liegt zwischen dem Boden und dem Grundwasser der ganze Deponiekörper, was den Wasserfluss behindert.
- Am Standort A ist der B-Horizont etwas mächtiger als am Standort B. Dies könnte dem Boden zu einer besseren Wasserspeicherkapazität verhelfen als am Standort B.
- Schluff erhöht die Kapazität für schnell verfügbares Wasser. Im B- und C-Horizont am Standort B gibt es weniger Schluff als am Standort A.

Bei der Rekultivierung wird der Boden locker geschüttet. Es sind mehr Hohlräume vorhanden als bei einem gewachsenen Boden. In den Folgejahren setzt sich der Boden langsam und die Hohlräume nehmen wieder ab. Wegen dieser vielen Hohlräume kann das Regenwasser beim rekultivierten Boden in den ersten Jahren schneller versickern, bis sich der Boden gesetzt hat. Dadurch steht den Pflanzen insbesondere während längeren Trockenperioden, wie dies im Sommer 2015 der Fall war, weniger Wasser zur Verfügung als bei einem gewachsenen Boden. Dass dies am Standort B zutrifft, ist jedoch relativ unwahrscheinlich. Der Boden am Standort B wurde im Jahr 2004 rekultiviert und hatte somit zum Zeitpunkt des Experiments schon 11 Jahre Zeit sich zu setzen. [7]

6.3 Nährstoffe

Auf Nährstoffe wurde der Boden nicht untersucht. Doch es ist möglich, dass es am Standort B weniger Nährstoffe gab als am Standort A. Am Standort B wurde noch nie gedüngt und am Standort A bisher viele Jahre regelmäßig.



Abb. 11. links; eine normale Rübe vom Standort B. rechts; eine "beinige" Rübe vom Standort A



Mais und Zuckerrüben benötigen sehr viel Kalium. Ein Kaliummangel des Bodens würde das kleinere Wachstum der Pflanzen am Standort B erklären. Ein klarer Kaliummangel konnte an den Blättern der Maispflanzen jedoch nicht abgelesen werden. Dies wäre ein chemischer Ansatz, um die Problematik des kleineren Pflanzenwachstums am Standort B zu erklären. Möglich ist, dass bestehende Unterschiede in der Nährstoffversorgung der beiden Böden das Pflanzenwachstum überhaupt nicht beeinflussten, da im Jahr 2015 die Wasserlimitierung dominiert hat. [14, 16]

6.4 pH-Wert und Kalk als Bodenstabilisator

Der pH-Wert ist bei beiden Standorten günstig für den Mais. Anders sieht es bei den Zuckerrüben aus. Der pH-Wert am Standort A ist ungefähr 5,5, was eigentlich etwas zu tief für die Zuckerrüben ist. Am Standort B ist der pH-Wert um 6,5, was eine bessere Voraussetzung für die Zuckerrüben ist als am Standort A. Daraus kann man jedoch keine Schlüsse ziehen, da das Wachstum der Zuckerrüben am Standort B nicht signifikant schlechter war als am Standort A.

Hinweis: Die pH-Messung wurde mit der Feldmethode durchgeführt (pH-Hellige). Bei dieser Methode werden leicht tiefere Werte gemessen als bei der in der Landwirtschaft üblichen Labormethode.

Am Standort B wurde darüber hinaus auch Kalk gefunden. Kalk stabilisiert nicht nur den pH-Wert im neutralen Bereich (Kalk wirkt als Puffer), sondern festigt auch die Bodenkrümel und verbessert somit die Bodenqualität. [10, 7]

6.5 Humusgehalt

Widersprüchlich zu den erhaltenen Messresultaten des Wachstums des Maises ist der leicht höhere Humusgehalt am Standort B. Huminstoffe im Ober-

boden fördern die Bodenfruchtbarkeit, weil sie mehr Wasser und Sauerstoff an ihrer Oberfläche anlagern können als die Tonminerale.

6.6 Hatten die Pflanzen eine Krankheit?

Im Rahmen dieser Arbeit wurden keine Experten hinzugezogen, die eine Krankheit hätten identifizieren können. Dass die Pflanzen beim rekultivierten Boden eine Krankheit hatten, kann deshalb nicht ausgeschlossen werden. Dass die Maispflanzen am Standort B an einer Krankheit litten, ist möglich, denn die Verfärbungen der Blätter könnten ein Hinweis dafür sein.

6.7 Ungleichmäßiges Pflanzenwachstum auf dem rekultivierten Boden

Bemerkenswert ist, dass die Bodenfruchtbarkeit des untersuchten und des umliegenden rekultivierten Bodens stark variiert. Dies ist ersichtlich an den Standardabweichungen des Wachstums der Zuckerrüben und des Maises. Gegen Ende des Experiments waren die Standardabweichungen am Standort B deutlich größer als am Standort A. Am Standort A waren die Pflanzen alle etwa gleich groß. Am Standort B gab es größere Unterschiede, was man schon mit bloßem Auge erkennen konnte. Beim Wachstum des Maises sind die Standardabweichungen des Standorts B an 10 von 13 Messtagen größer als am Standort A. Gegen Ende des Experiments ist die Differenz der Standardabweichung der beiden Standorte erheblich (Standardabweichung am 15.07.2015: Standort A = 13,2 / Standort B = 19,2).

Diese beobachtete Ungleichmäßigkeit wird auch durch die Aussagen von Markus Läng und Bernhard Schwander gestützt, zwei Landwirte, die schon seit 10 Jahren Erfahrungen mit dem rekultivierten Boden der ISD Fängenberg sammeln. Sie haben bei ihren rekultivierten Parzellen ein ungleichmäßi-

ges Pflanzenwachstum beobachtet und schlossen auf eine ungleichmäßige Bodenqualität. [17]

Maispflanzen wuchsen auf einem Acker neben dem Standort B, der auch rekultiviert wurde. Diese Parzelle wurde während des laufenden Experiments beobachtet. Die unregelmäßige Bodenfruchtbarkeit konnte bei den jungen Pflanzen mit bloßem Auge festgestellt werden, wenn man die Parzelle als Ganzes betrachtete. Es gab Stellen, da waren die Pflanzen schon ziemlich groß, doch gab es auch Stellen von ca. 8 m Durchmesser, bei denen die Pflanzen kleiner waren. Absackungen und Erhöhungen waren feststellbar, jedoch nicht durch Unebenheiten des Bodens, sondern durch die unterschiedliche Größe der Pflanzen.

6.8 Bodenqualität und Erträge

„Obschon die landwirtschaftliche Bonitierung der Bodenqualität im Hinblick auf die Erzielung möglichst hoher landwirtschaftlicher Erträge durchgeführt wird, zieht noch längst nicht jede Einschränkung der Bodenqualität eine messbare Ertragseinbuße nach sich. Offenkundig wird diese Unstimmigkeit auf Rekultivierungen, wo der Unterboden verdichtet ist. Die Flachgründigkeit des Bodens kann durch vermehrte Düngerzugabe kompensiert werden, sodass der Landwirt wieder die gewohnten Erträge erzielt. Dieses Phänomen wird auf mangelhaften Rekultivierungen häufig beobachtet und ist unter anderem eine Folge der relativ billigen Düngemittel.“ [18]

Nach diesem Zitat kann der rekultivierte Boden gleich gute Erträge wie der gewachsene Boden erzielen, auch wenn er schlecht rekultiviert wurde. Jedoch ist hierbei noch anzumerken, dass der Versuchsort B weder besonders verdichtet, noch flachgründig ist (siehe Bodenprofil Standort B). Zudem wurde der Boden nicht gedüngt, weshalb dies keinen Einfluss auf den Ertrag hatte.

6.9 Unkraut und Schaden durch Tiere

Da es aus zeitlichen Gründen nicht möglich war, so regelmäßig zu jäten, wie es für das Wachstum der Versuchspflanzen optimal gewesen wäre, spielt auch das Unkraut in diesem Experiment eine Rolle. Es ist eine Tatsache, dass die Vegetation rund um den Standort B viel lebendiger war, da dort keine so intensive Landwirtschaft betrieben wurde wie am Standort A. Am Standort B gab es mehr Pflanzen, deren Samen beim Umgraben des Bodens auf der Versuchsfläche verblieben sind. Diese größere Rivalität zwischen den Versuchspflanzen und dem Unkraut könnte das Wachstum der Maispflanzen am Standort B negativ beeinflusst haben.

In der Wiese um den Standort B hatte es wahrscheinlich mehr Tiere als am Standort A, welche den Pflanzen schaden (trotz Zaun). Dadurch, dass die Blätter der Zuckerrüben am Standort B zum Teil abgefressen wurden, konnten sie weniger Photosynthese betreiben. Dies könnte den (jedoch nicht signifikant) kleineren Ertrag der Zuckerrüben erklären.

6.10 Unbekannte Einflüsse

Möglich ist, dass gerade dort, wo der Versuchsort B gewählt wurde, ein Übergang der rekultivierten Flächen ist oder nicht so gut rekultiviert wurde wie beim übrigen Teil der Parzelle. Zudem waren die Versuchsflächen sehr klein. Deshalb sind diese Arbeit und ihre Ergebnisse nicht repräsentativ für die gesamte rekultivierte Fläche.

Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass Fehler beim Bearbeiten des Bodens, beim Säen, beim Jäten oder vor allem auch beim Messen gemacht wurden.

7. Schlussfolgerungen

Die Resultate des Experiments weisen darauf hin, dass beim rekultivierten Standort die Faktoren, die ein klei-

neres Pflanzenwachstum verursachen, überwiegen. Es könnte durchaus sein, dass die Bodenfruchtbarkeit am rekultivierten Standort schlechter ist als am gewachsenen Standort. Doch auf die Pflanzen wirkten bei diesem Experiment viele verschiedene Faktoren ein. Es ist daher nicht möglich, das kleinere Wachstum des Maises am rekultivierten Standort einem einzelnen Faktor zu zuordnen. Es ist auch möglich, dass einige Faktoren am rekultivierten Standort sogar günstiger für das Pflanzenwachstum waren als am gewachsenen Standort A (z. B. der pH-Wert oder der Humusgehalt), jedoch überwogen die ungünstigen Faktoren (z. B. die Trockenheit).

Wie gut die Bodenfruchtbarkeit des rekultivierten Bodens ist, ließ sich mit den durchgeführten Experimenten nicht eindeutig bestimmen. Einzig und allein sicher ist, dass die Maispflanzen, die auf dem rekultivierten Boden der ISD Fänglenberg angepflanzt wurden, schlechter wuchsen als die Maispflanzen, die auf dem herkömmlichen landwirtschaftlichen Boden angebaut worden sind. Es steht fest, dass die Bodenfruchtbarkeit innerhalb einer rekultivierten Parzelle stärker variiert als beim gewachsenen Boden. Weshalb dies so ist, lässt sich in dieser Arbeit nicht abschließend beantworten.

Um die Fragestellung noch besser beantworten zu können, könnte man den Versuch nochmals durchführen. Nun könnte man aber zuvor eine Nährstoffanalyse der Böden durchführen und diese im Vorfeld mit den benötigten Nährstoffen düngen, damit die Böden den gleichen Ausgangszustand haben.

Wenn man mehr Zeit und eine größere Fläche zur Verfügung hätte, könnte man mehrere Versuchsflächen, verteilt auf der ganzen Parzelle, wählen und das Pflanzenexperiment nochmals durchführen. Auch die Bodenprofile könnte man an verschiedenen Punkten einer Parzelle durchführen, was Aussagen über den ganzen Acker zuließe.

Danksagung

Ich bedanke mich ganz herzlich bei meinen Eltern Ueli und Beatrice Widmer. Sie stellten mir den Boden, die Werkzeuge und die Maschinen zur Verfügung und standen mir tatkräftig zur Seite.

Zudem danke ich dem Umweltingenieur Hanspeter Graf, Manfred Schneider, dem Betreiber der Inertstoffdeponie Fänglenberg, meinem Maturaarbeitsbetreuer Stephan Müller, meiner Betreuerin von Schweizer Jugend forscht Annelie Holzkämper und den Landwirten Bernhard Schwander und Markus Läng.

Literaturverzeichnis

- [1] Reece, Jane B. und Campbell, Neil A.: Kap. 37 Boden und Pflanzenernährung. In: Pearson: Campbell Biologie, 2011, S. 486, 484
- [2] Hofer, Gesunde Böden bringen Ertrag. In: Schweizer Bauer vom 22. 08. 2015,
- [3] Probst, Matthias: Bodenkunde. In: Probst, Hasler: Geografie, Wissen und Verstehen, 2010, S. 108–114
- [4] Eisner, Werner et al.: Kap.12 das chemische Gleichgewicht. In: Klett und Balmer Verlag Zug: Elemente – Grundlagen der Chemie für Schweizer Maturitätsschulen, 2007, S. 434
- [5] Grob, Isler et al.: In: FSK (Schweiz. Fachverband für Sand und Kies): FSK-Rekultivierungsrichtlinien, 2001, S. 15–16, 25–26, 45, 48–49, 53, 59
- [6] Arbeitsgruppe Landwirtschaftlicher Bodenschutz Nordwestschweiz und LU. In: Emch et al., Amt für Landwirtschaft und Natur Bern: Bodenverdichtung – der Unterboden macht dicht, 2005, S. 1–2
- [7] Graf Hanspeter, Umweltingenieur ETH, Gespräche vom 20.11.2014, 30.04.2015, 18.10.2015, E-Mails vom 10.02.2016, 18.02.2016
- [8] Schneider Manfred, Betreiber der ISD Fänglenberg, Interview vom 29.04.2015
- [9] Arbeitsgruppe Aushubbewirtschaftung des FSKB. In: FSKB: ABC für Aushubmaterial, 2014, S. 3–8
- [10] Widmer Ueli, dipl. Landwirt und Deponiewart, Gespräch vom 22.07.2015, 29.07.2015, 09.08.2015, 07.10.2015, 22.10.2015

- [11] Binggeli, Valentin: Geografie des Oberaargaus – regionale Geografie einer bernischen Landschaft. In: Jahrbuch des Oberaargaus, 1983, S. 42
- [12] Gnägi, Christian und Neubert, Eike: Muscheln und Schnecken aus der Seekreide des Burgäschisees. In: Jahrbuch des Oberaargaus, 2010, S. 103–104
- [13] Schneider Manfred, Betreiber der ISD Fänglenberg, Gespräch vom 21.10.2015
- [14] Bänninger, Alfred et al.: Pflanzenbau. In: AGRIDEA: Wirz Handbuch: „Pflanzen und Tiere 2013“, S. 596–597, 648, 667
- [15] Meteo Schweiz, «Heiss wars! Ein Jahr nach dem Hitzesommer 2015», Bericht zum Hitzesommer 2015 in der Schweiz vom 17.08.2016. <http://www.meteoschweiz.admin.ch/home/suche.subpage.html/de/data/blogs/2016/8/heiss-wars-ein-jahr-nach-dem-hitzesommer-.html?query=hitzesommer+2015> (Letzter Zugriff: 05.09.2017).
- [16] Dr. rer. nat. Holzkämper Annelie, E-Mail vom 16.03.2016
- [17] Schwander Bernhard, Läng Markus, Besitzer rekultivierter Parzellen, Befragung 2015
- [18] Tobias, Silvia: Regionales Umwelt- und Flächenmanagement (Kulturtechnik). Grundzüge, März 2001, S. 43

Publiziere auch Du hier!

FORSCHUNGSARBEITEN VON
SCHÜLER/INNE/N UND STUDENT/INN/EN

In der Jungen Wissenschaft werden Forschungsarbeiten von SchülerInnen, die selbstständig, z. B. in einer Schule oder einem Schülerforschungszentrum, durchgeführt wurden, veröffentlicht. Die Arbeiten können auf Deutsch oder Englisch geschrieben sein.

Wer kann einreichen?

SchülerInnen, AbiturientInnen und Studierende ohne Abschluss, die nicht älter als 23 Jahre sind.

Was musst Du beim Einreichen beachten?

Lies die [Richtlinien für Beiträge](#). Sie enthalten Hinweise, wie Deine Arbeit aufgebaut sein soll, wie lang sie sein darf, wie die Bilder einzureichen sind und welche weiteren Informationen wir benötigen. Solltest Du Fragen haben, dann wende Dich gern schon vor dem Einreichen an die Chefredakteurin Sabine Walter.

Lade die [Erstveröffentlichungserklärung](#) herunter, drucke und fülle sie aus und unterschreibe sie.

Dann sende Deine Arbeit und die Erstveröffentlichungserklärung per Post an:

Chefredaktion Junge Wissenschaft

Dr.-Ing. Sabine Walter
Paul-Ducros-Straße 7
30952 Ronnenberg
Tel: 05109 / 561508
Mail: sabine.walter@verlag-jungewissenschaft.de

Wie geht es nach dem Einreichen weiter?

Die Chefredakteurin sucht einen geeigneten Fachgutachter, der die inhaltliche Richtigkeit der eingereichten Arbeit überprüft und eine Empfehlung ausspricht, ob sie veröffentlicht werden kann (Peer-Review-Verfahren). Das Gutachten wird den Euch, den AutorInnen zugeschickt und Du erhältst gegebenenfalls die Möglichkeit, Hinweise des Fachgutachters einzuarbeiten.

Die Erfahrung zeigt, dass Arbeiten, die z. B. im Rahmen eines Wettbewerbs wie **Jugend forscht** die Endrunde erreicht haben, die besten Chancen haben, dieses Peer-Review-Verfahren zu bestehen.

Schließlich kommt die Arbeit in die Redaktion, wird für das Layout vorbereitet und als Open-Access-Beitrag veröffentlicht.

Was ist Dein Benefit?

Deine Forschungsarbeit ist nun in einer Gutachterzeitschrift (Peer-Review-Journal) veröffentlicht worden, d. h. Du kannst die Veröffentlichung in Deine wissenschaftliche Literaturliste aufnehmen. Deine Arbeit erhält als Open-Access-Veröffentlichung einen DOI (Data Object Identifier) und kann von entsprechenden Suchmaschinen (z. B. BASE) gefunden werden.

Die Junge Wissenschaft wird zusätzlich in wissenschaftlichen Datenbanken gelistet, d. h. Deine Arbeit kann von Experten gefunden und sogar zitiert werden. Die Junge Wissenschaft wird Dich durch den Gesamtprozess des Erstellens einer wissenschaftlichen Arbeit begleiten – als gute Vorbereitung auf das, was Du im Studium benötigst.



Richtlinien für Beiträge

FÜR DIE MEISTEN AUTOR/INN/EN IST DIES DIE ERSTE WISSENSCHAFTLICHE VERÖFFENTLICHUNG. DIE EINHALTUNG DER FOLGENDEN RICHTLINIEN HILFT ALLEN – DEN AUTOR/INNEN/EN UND DEM REDAKTIONSTEAM

Die Junge Wissenschaft veröffentlicht Originalbeiträge junger AutorInnen bis zum Alter von 23 Jahren.

- Die Beiträge können auf Deutsch oder Englisch verfasst sein und sollten nicht länger als 15 Seiten mit je 35 Zeilen sein. Hierbei sind Bilder, Grafiken und Tabellen mitgezählt. Anhänge werden nicht veröffentlicht. Deckblatt und Inhaltsverzeichnis zählen nicht mit.
- Formulieren Sie eine eingängige Überschrift, um bei der Leserschaft Interesse für Ihre Arbeit zu wecken, sowie eine wissenschaftliche Überschrift.
- Formulieren Sie eine kurze, leicht verständliche Zusammenfassung (maximal 400 Zeichen).
- Die Beiträge sollen in der üblichen Form gegliedert sein, d. h. Einleitung, Erläuterungen zur Durchführung der Arbeit sowie evtl. Überwindung von Schwierigkeiten, Ergebnisse, Schlussfolgerungen, Diskussion, Liste der zitierten Literatur. In der Einleitung sollte die Idee zu der Arbeit beschrieben und die Aufgabenstellung definiert werden. Außerdem sollte sie eine kurze Darstellung schon bekannter, ähnlicher Lösungsversuche enthalten (Stand der Literatur). Am Schluss des Beitrages kann ein Dank an Förderer der Arbeit, z. B. Lehrer und

Sponsoren, mit vollständigem Namen angefügt werden. Für die Leser kann ein Glossar mit den wichtigsten Fachausdrücken hilfreich sein.

- Bitte reichen Sie alle Bilder, Grafiken und Tabellen nummeriert und zusätzlich als eigene Dateien ein. Bitte geben Sie bei nicht selbst erstellten Bildern, Tabellen, Zeichnungen, Grafiken etc. die genauen und korrekten Quellenangaben an (siehe auch [Erstveröffentlichungserklärung](#)). Senden Sie Ihre Bilder als Originaldateien oder mit einer Auflösung von mindestens 300 dpi bei einer Größe von 10 x 15 cm! Bei Grafiken, die mit Excel erstellt wurden, reichen Sie bitte ebenfalls die Originaldatei mit ein.
- Vermeiden Sie aufwendige und lange Zahlentabellen.
- Formelzeichen nach DIN, ggf. IUPAC oder IUPAP verwenden. Gleichungen sind stets als Größengleichungen zu schreiben.
- Die Literaturliste steht am Ende der Arbeit. Alle Stellen erhalten eine Nummer und werden in eckigen Klammern zitiert (Beispiel: Wie in [12] dargestellt ...). Fußnoten sieht das Layout nicht vor.

- Reichen Sie Ihren Beitrag sowohl in ausgedruckter Form als auch als PDF ein. Für die weitere Bearbeitung und die Umsetzung in das Layout der Jungen Wissenschaft ist ein Word-Dokument mit möglichst wenig Formatierung erforderlich. (Sollte dies Schwierigkeiten bereiten, setzen Sie sich bitte mit uns in Verbindung, damit wir gemeinsam eine Lösung finden können.)
- Senden Sie mit dem Beitrag die [Erstveröffentlichungserklärung](#) ein. Diese beinhaltet im Wesentlichen, dass der Beitrag von dem/der angegebenen AutorIn stammt, keine Rechte Dritter verletzt werden und noch nicht an anderer Stelle veröffentlicht wurde (außer im Zusammenhang mit **Jugend forscht** oder einem vergleichbaren Wettbewerb). Ebenfalls ist zu versichern, dass alle von Ihnen verwendeten Bilder, Tabellen, Zeichnungen, Grafiken etc. von Ihnen veröffentlicht werden dürfen, also keine Rechte Dritter durch die Verwendung und Veröffentlichung verletzt werden. Entsprechendes [Formular](#) ist von der Homepage www.junge-wissenschaft.ptb.de herunterzuladen, auszudrucken, auszufüllen und dem gedruckten Beitrag unterschrieben beizulegen.
- Schließlich sind die genauen Anschriften der AutorInnen mit Telefonnummer und E-Mail-Adresse sowie Geburtsdaten und Fotografien (Auflösung 300 dpi bei einer Bildgröße von mindestens 10 x 15 cm) erforderlich.
- Neulingen im Publizieren werden als Vorbilder andere Publikationen, z. B. hier in der Jungen Wissenschaft, empfohlen.

Impressum

[JUNGE]
wissenschaft



Junge Wissenschaft

c/o Physikalisch-Technische
Bundesanstalt (PTB)
www.junge-wissenschaft.ptb.de

Redaktion

Dr. Sabine Walter, Chefredaktion
Junge Wissenschaft
Paul-Ducros-Str. 7
30952 Ronnenberg
E-Mail: sabine.walter@verlag-jungewissenschaft.de
Tel.: 05109 / 561 508

Verlag

Dr. Dr. Jens Simon,
Pressesprecher der PTB
Bundesallee 100
38116 Braunschweig
E-Mail: jens.simon@ptb.de
Tel.: 0531 / 592 3006
(Sekretariat der PTB-Pressestelle)

Design & Satz

Sabine Siems
Agentur „provieler werbung“
E-Mail: info@provieler-werbung.de
Tel.: 05307 / 939 3350



Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Bundesallee 100