

# Auswirkungen von Kupfer auf Pflanzenwachstum

## Versuchsprotokoll Pflanzversuch Teil I

Benedikt Lamberty

4. Januar 2024

DURCHFÜHRUNG: Peter-Joerres-Gymnasium  
Bad Neuenahr-Ahrweiler  
12.06. & 03.07.2023

PARTNER: Anna Hinson  
BETREUERIN: Andrea Karlein

### Zusammenfassung

Dieser Versuch ist Teil einer Versuchsreihe zu der Kupferbelastung nach der Flut im Ahrtal, insbesondere im Weinbau, und die resultierenden Folgen für Pflanzen. In diesem Versuch wurden Radieschen und Kresse in mit verschiedenen Konzentrationen von Kupfer präparierte Erde gepflanzt und ihr Wachstum dokumentiert. Hiermit sollen unter anderem die Ergebnisse einer Bodenuntersuchung im Ahrtal näher beleuchtet werden. Dieser Bericht enthält nur Informationen zur Methode, nicht jedoch zu den Ergebnissen des Pflanzversuchs.

<b>Inhaltsverzeichnis</b>		
<b>1 Motivation</b>	<b>2</b>	2.4 Einpflanzen . . . . . 4
<b>2 Versuchsablauf</b>	<b>2</b>	2.5 Wachstumsphase . . . . . 4
2.1 Grundlegende Struktur . . . . .	2	<b>3 Fehlerbetrachtung</b> 4
2.2 Materialien . . . . .	2	<b>Quellenangaben</b> 5
2.3 Präparation der Erde . . . . .	2	<b>A Anhang</b> 6

## 1 Motivation

Eine Studie der Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord in Koblenz [2] ergab, dass in den Überschwemmungsgebieten an der Ahr nach dem Hochwasser von 2021 erhöhte Kupferbelastungen gemessen wurden. Dieser Versuch soll ausgehend von den gemessenen Belastungen diese möglichst gut nachstellen und die Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum messen. Dies ermöglicht es, zu beurteilen, in wie fern das Hochwasser oder andere Einbringungen von Kupfer in die Natur, wie den Weinbau, die Natur belasten.

## 2 Versuchsablauf

### 2.1 Grundlegende Struktur

Der Versuch „Auswirkungen von Kupfer auf Pflanzenwachstum“ besteht aus zwei ähnlichen kleineren Versuchen, in denen die grundlegend gleichen Methoden verwendet wurden. Im ersten Versuch wurden Radieschen und im zweiten Kresse gepflanzt, jeweils aufgrund der Größe der Pflanzen in unterschiedlich große Pflanzgefäß (4kg und 1kg Erde). In beiden Versuchsreihen gab es fünf Sätze mit jeweils 40 Pflanzen. Jeder dieser Sätze wurde mit einer anderen Konzentration Kupfer versetzt und nach den Vorbereitungen zusammen an einen adäquaten Ort gestellt, gepflegt und untersucht.

### 2.2 Materialien

- 5 große & 5 kleine Pflanzkisten
- (trockene) Pflanzerde [1]
- Küchenwaage
- Laborwaage
- Uhrengläser
- Kupfer(II)-sulfat Pentahydrat (Achtung: ätzend, reizend, umweltgefährlich!) (s. Anhang Abb. 4)
- je 200 Radieschen- und Kressesamen (s. Anhang Abb. 5, 6)
- Spatel

### 2.3 Präparation der Erde

Um vergleichbare Ergebnisse zu erzielen, wurde in diesem Versuch für jeden Satz Pflanzen die gleiche Pflanzerde [1] verwendet.

Die vorausgehende Studie gibt die Kupferkonzentrationen in mg/kg Ts, also Trockensubstanz, an. Deshalb wurde die Erde im ersten Versuchsaufbau vor dem Einpflanzen in der Sonne getrocknet und im zweiten genau 1kg im Backofen getrocknet und danach erneut gewogen. Dies ergab einen Masseanteil von trockener Erde in nasser Erde von 603g/kg. Somit ist also bekannt, dass im ersten Versuch 4kg und im zweiten 0.603kg trockener Erde in den Pflanzkästen vorlagen.

Da in der Studie die Massenanteile von reinem Kupfer angegeben werden (116 mg/kg Ts in Dernau und 189 mg/kg Ts in Walporzheim), musste zunächst die

Masse von Kupfer(II)-sulfat Pentahydrat ( $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , abk.: KSP), die der Erde beigemengt werden sollte, mit den Formeln  $m = M_n$  und  $m(\text{Komponente}) = \omega(\text{Komponente}) \cdot m(\text{Gemisch})$  berechnet werden:

$$m(\text{KSP}) = M(\text{KSP}) \cdot n(\text{KSP})$$

Da in KSP ein Cu-Atom vorliegt, stimmt die Stoffmenge von KSP mit der von reinem Kupfer überein.

$$\begin{aligned} m(\text{KSP}) &= M(\text{KSP}) \cdot n(\text{Cu}) \\ &= M(\text{KSP}) \cdot \frac{m(\text{Cu})}{M(\text{Cu})} \\ &= M(\text{KSP}) \cdot \frac{\omega(\text{Cu}) \cdot m(\text{Ts})}{M(\text{Cu})} \end{aligned}$$

Die molaren Massen sind Literaturwerte ( $M(\text{KSP}) = 249.69\text{g/mol}$  [5] und  $M(\text{Cu}) = 63.546\text{g/mol}$  [4]), der Massenanteil  $\omega(\text{Cu})$  wird aus der Studie entnommen oder selbst gewählt und das Gewicht der Trockensubstanz, in diesem Fall trockene Erde, wird abgewogen. Für diese Versuchsreihe wurden vier Sätze mit den Massenanteilen an Kupfer von 116mg/kg, 189mg/kg (aus der Studie), 1000mg/kg und 2000mg/kg Ts, sowie eine Kiste ohne Zusatz gewählt. Die hohen, unrealistischen Konzentrationen dienen als Sätze, bei denen garantiert Ergebnisse auftreten, währenddessen die Proben ohne Zusatz Kontrollgruppen sind und einen natürlichen Wachstumsprozess widerspiegeln sollen.

Durch Einsetzen der Werte in die Formel ergeben sich folgende Mengen an Kupferzusatz (Original s. [3]):

$\omega(\text{Cu})[\frac{\text{mg}}{\text{kg}} \text{Ts}]$	$m(\text{KSP})[\text{g}]$ (in 4kg tr. Erde)	$m(\text{KSP})[\text{g}]$ (1kg nasse Erde)
ohne Zusatz	0	0
116	1.823	0.275
189	2.971	0.448
1000	15.717	2.369
2000	31.434	4.739

Die berechnete Menge an KSP wurde mit einer Laborwaage (Genauigkeit 0.001g bei Versuch I; 0.01g bei Versuch II) auf einem Uhrenglas abgewogen und mit einem Spatel der Erde beigemengt (s. Abb. 1). Zum Unterscheiden der Pflanzkisten wurden diese beschriftet.



Abbildung 1: KSP auf Laborwaage



Abbildung 2: Pflanzkiste von Versuch I nach Einpflanzen

## 2.4 Einpflanzen

Nach dem Präparieren der Erde wurde diese angegossen und es wurde pro Kiste 40 Samen eingepflanzt, wobei auf eine adäquate Pflanztiefe und Verteilung geachtet wurde (s. Abb. 2).

## 2.5 Wachstumsphase

Um ein gleichmäßiges Wachstum zu gewährleisten, werden alle Kisten eines Versuchs an den gleichen artgerechten Ort gestellt (s. Anhang Abb. 3), täglich gegossen und beobachtet. Dabei werden die bereits gekeimten Pflanzen gezählt, die Höhen gemessen, Fotos gemacht und qualitative Beschreibungen angefertigt.

## 3 Fehlerbetrachtung

Bei diesem Versuch gibt es einige mögliche qualitative zufällige Fehlerquellen, die die Versuchsergebnisse beeinträchtigen könnten:

- Abmessung der Erde: Es kann sein, dass sich zu viel oder zu wenig Erde in einer Pflanzbox befindet und somit der Massenanteil von Kupfer zu hoch oder zu niedrig ist. Ferner können sich größere Holzstücke, die in der Erde vorhanden sind, im Sack absetzen und somit in einer Box in größerer Zahl vorliegen, wie es vermutlich in der Pflanzkiste mit 116mg/kg Ts von Versuch I passiert ist. Dies beeinträchtigt das Pflanzenwachstum und erhöht das Volumen, also auch die Einpflanztiefe.
- Überwässerung: Bei der Pflanzkiste mit 116mg/kg Ts von Versuch I wurde zu viel Wasser beim Angießen hinzugegeben, was den Keimprozess beeinträchtigen kann.
- Zu viele oder zu wenige Samen: Es kann sein, dass, gerade bei kleinen Kressesamen, die Anzahl an eingepflanzten Körnern um  $\pm 1$  variiert.
- Sonneneinstrahlung: Durch kleine Verzögerungen im Schattenfall über den Planzkisten können einige mehr oder weniger Sonne abbekommen.

- Gießen: Durch Gießen mit einfachen Kannen ist eine gleichmäßige Bewässerung nur bedingt gewährleistet.
  - Sonstige Messfehler: Bei allen Messungen können geringfügige oder sogar systematische Fehler unbemerkt auftreten.
- [4] Wikipedia. *Kupfer* — Wikipedia, die freie Enzyklopädie. [Online; Stand 8. Juli 2023]. 2023. URL: <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Kupfer&oldid=234558757>.
- [5] Wikipedia. *Kupfersulfat* — Wikipedia, die freie Enzyklopädie. [Online; Stand 8. Juli 2023]. 2023. URL: <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Kupfersulfat&oldid=232860437>.

## Quellenangaben

- [1] Bauhaus. *Gardol Pure Nature Pflanzerde Torffrei*. [Online; Stand 8. Juli 2023]. 2023. URL: <https://www.bauhaus.info/pflanzerde/gardol-pure-nature-pflanzerde-torffrei/p/23028133>.
- [2] Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord. *Bodenuntersuchungen auf Sedimentationsflächen in den von der Flutkatastrophe betroffenen Gebieten in Rheinland-Pfalz (Ahrtal und Westerwald)*. [Online; Stand 8. Juli 2023]. 2023. URL: [https://sgdnord.rlp.de/fileadmin/sgdnord/Abteilung\\_3/Dokumente/Ahr/Ahr-Bericht\\_Sedimente\\_Ahrtal\\_01-AT\\_TW\\_Anl1.20230320.MS.pdf](https://sgdnord.rlp.de/fileadmin/sgdnord/Abteilung_3/Dokumente/Ahr/Ahr-Bericht_Sedimente_Ahrtal_01-AT_TW_Anl1.20230320.MS.pdf).
- [3] Benedikt Lamberty. *Kupfermasse Rechner*. [Online; Stand 8. Juli 2023]. 2023. URL: <https://www.desmos.com/calculator/dcn1jayrfb>.

## A Anhang

Dieser Anhang enthält weitere Abbildungen, die den Versuch dokumentieren.



Abbildung 3: Standort von Versuch I



Abbildung 5: verwendete Kressesamen



Abbildung 4: verwendetes Kupfer(II)-sulfat Pentahydrat



Abbildung 6: verwendete Kressesamen (Rückseite)