

# **Das Wachstumsverhalten von Kresse unter Extrembedingungen**

**Wie sich pH-Wert und Salzgehalt des Bodens auf Gartenkresse auswirken**

Franz-Eric Sill

29.8.2023

## Literatur

- [Red12] Redaktion Pflanzenforschung.de. *Stress durch zu viel Salz*. (Zugriff am 26.02.2023). 2012. URL: <https://www.pflanzenforschung.de/de/pflanzenwissen/journal/stress-durch-zu-viel-salz-2118>.
- [Sch22] Verena Schmidt. *Gartenkresse*. (Zugriff am 26.02.2023). 2022. URL: <https://www.mein-schoener-garten.de/pflanzen/gemuese/gartenkresse>.
- [Spe01] Spektrum Akademischer Verlag. *Nährstoffverfügbarkeit*. (Zugriff am 26.02.2023). 2001. URL: <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/naehrstoffverfuegbarkeit/7992>.
- [TU 23] TU Dortmund. *Tabelle der t-Verteilung*. (Zugriff am 25.02.2023). 2023. URL: [https://www.statistik.tu-dortmund.de/fileadmin/user\\_upload/Lehrstuehle/Oekonometrie/Lehre/WiSo0ekoSS16/tabelletV.pdf](https://www.statistik.tu-dortmund.de/fileadmin/user_upload/Lehrstuehle/Oekonometrie/Lehre/WiSo0ekoSS16/tabelletV.pdf).

## **Abbildungsverzeichnis**

1	Vorbereitung des Experiments . . . . .	4
2	t-Tests . . . . .	6
3	lineare Entwicklung der Messwerte . . . . .	7
4	Messwerte als Box-Plot . . . . .	7
5	Wertevergleich mit anderen Durchführungen . . . . .	8
6	Pflanzen am letzten Tag . . . . .	8

## **Tabellenverzeichnis**

1	Materialien . . . . .	2
2	t-Test-Ergebnisse . . . . .	6

# Inhaltsverzeichnis

<b>Literatur</b>	I
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	II
<b>Tabellenverzeichnis</b>	III
<b>Zusammenfassung</b>	V
<b>Abstract</b>	V
<b>1 Einleitung</b>	1
<b>2 Material und Methoden</b>	2
2.1 Durchführung . . . . .	4
<b>3 Ergebnisse</b>	6
<b>4 Diskussion</b>	9

## **Zusammenfassung**

Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

## **Abstract**

Hello, here is some text without a meaning. This text should show what a printed text will look like at this place. If you read this text, you will get no information. Really? Is there no information? Is there a difference between this text and some nonsense like “Huardest gefburn”? Kjift – not at all! A blind text like this gives you information about the selected font, how the letters are written and an impression of the look. This text should contain all letters of the alphabet and it should be written in of the original language. There is no need for special content, but the length of words should match the language.

## 1 Einleitung

Kressen (*Lepidium*) sind krautige oder strauchartige Pflanzen der Familie der Kreuzblütergewächse und werden vielseitig in der Küche verwendet, da sie vitaminhaltig sind und sich gut zum Würzen von Speisen eignen [vgl. Sch22]. Es gibt sehr viele verschiedene Arten von Kresse, doch am weitesten verbreitet ist die Gartenkresse (*Lepidium sativum*), um die es im Folgenden gehen wird. Dass sie vielerorts vorkommt, hängt damit zusammen, dass diese Art von Kresse hinsichtlich ihres Wuchsumfelds sehr anspruchslos ist und daher nahezu überall wächst, sofern Plusgrade herrschen [vgl. Sch22]. Letzteres wirft die Frage auf, ob es neben sehr tiefen Temperaturen noch andere Extrembedingungen gibt, die sich negativ auf das Wachstum auswirken.

Ein solcher Faktor ist bei vielen Pflanzen der Salzgehalt im Boden, denn “hohe Salzkonzentrationen in den Böden verursachen bei Pflanzen [...] sogenannten Salzstress. Dieser hemmt das Wachstum [...] und kann in Pflanzen gar zum Tod führen” [Red12]. Auch der pH-Wert ist beim Pflanzenwachstum von Bedeutung, da die Nährstoffaufnahme bei sonderbar sauren oder alkalischen Bedingungen beeinträchtigt wird [vgl. Spe01] und zudem auch die Funktionalität der pflanzeneigenen Enzyme, die meist bei neutralem Umfeld optimal katalysieren.

Diesbezüglich soll ein Experiment stattfinden, das das Wachstum vom Samen unter solchen Bedingungen für zwei Wochen beobachtet. Es ist anzunehmen, dass erstgenannter Faktor mehr Einfluss auf das Wachstum haben wird als der pH-Wert, da Letzterer lediglich die Nährstoffaufnahme beeinträchtigt, was nicht notwendigerweise ein Problem darstellt, wenn die entsprechenden Nährstoffe aus den Samen gezogen werden können, während der Salzgehalt durch den kausierten osmotischen Stress viel tiefer in den Wachstumsprozess eingreift.

## 2 Material und Methoden

Es werden drei Versuchsmedien erstellt, um das Wachstum differenziert betrachten zu können. Dabei wird eines mit normalem Leitungswasser gewässert, eines mit Salzwasser und eines mit angesäuertem Wasser. Der Salzgehalt von Zweitem soll bei  $0,1 \frac{mol}{l}$  liegen. Dementsprechend werden dazu 5,85g NaCl in 100ml Leitungswasser gelöst und anschließend zu einem Liter aufgefüllt (Werte siehe Gleichung 1).

$$\begin{aligned}
 m(NaCl) &= 0,1 \frac{mol}{l} * V(H_2O) * M(NaCl) \\
 &= 0,1 \frac{mol}{l} * 1l * 58,5 \frac{g}{mol} \\
 &= 5,85g
 \end{aligned} \tag{1}$$

Das saure Medium soll einen pH-Wert von 5 haben. Zur Verfügung steht Essigessenz mit dem pH-Wert 2,65, sodass von dieser 4,5ml zu einem Liter aufgefüllt werden (siehe Gleichung 2).

$$\begin{aligned}
 pH(Essig) &= 2,65 \\
 \Rightarrow c(H^+)_{alt} &= 10^{-2,65} \\
 c(H^+)_{neu} &= 10^{-5} = 10^{-2,65} * x \\
 x &= \frac{10^{-5}}{10^{-2,65}} = 0,0045
 \end{aligned} \tag{2}$$

In folgender Tabelle 1 sind alle verwendeten Materialien aufgelistet, samt Menge, Art der Verwendung und zusätzlichen relevanten Informationen.

Tabelle 1: Materialien

Material	Menge	Zweck	Zusatzinfo
Teelöffel	3	Gießen	Reinigung nach Nutzung
Leitungswasser	2,9955 l	Herstellung Medien	aus Bingen am Rhein
Essig (pH = 2,65)	4,5 ml	Herstellung Medien	1 Monat dunkel gelagert
Salz	5,85 g	Herstellung Medien	
Wolle	3 * 30 g	Wuchsbeden	100% Baumwolle
Kressesamen	3 * 20	Testobjekte	1 Monat dunkel gelagert
Tasse	3 * 350 ml	Blumentopf	
Messbecher	1 * 1l	Herstellung Medien	Reinigung nach Nutzung
verschließbares Glas	3	Gefäß Medien	gebraucht, aber gereinigt
Maßband (3m)	1	Höhenmessung	Genauigkeit: mm
Pinzette	1	Aussaat	

Die erfassten Daten werden tabellarisch in Dateien mit der Endung `.csv` gespeichert, ein Semikolon zur Trennung der Spalten verwendet. Diese befinden sich im Ordner **Supplement**.

In `Wuchshohen.csv` werden die täglich gemessenen Höhen eingetragen. Die erste Spalte enthält dabei die Bezeichnung des Mediums, die zweite den Messtag des Formats ‘TT.MM.YYYY, hh:mm’ (T=Tag, M=Monat, Y=Jahr, h=Stunde, m=Minute), die dritte die gemessene Wuchshöhe in mm (NA wenn Pflanze abgestorben) und die vierte Spalte meine Matrikelnummer.

In `Watering.csv` werden die Bewässerungszeiten erfasst. Die erste Spalte enthält den Zeitpunkt in demselben Format wie der zweiten Spalte der Datei für die Wuchshöhen, die zweite Spalte erfasst die Gießmenge an Medium in Teelöffeln.

Die Datei `Materials.csv` dient der Auflistung aller verwendeten Materialien, die für die Durchführung des Experiments notwendig gewesen sind. Diese Datei ist die exakte Vorlage für Tabelle 1.

Für die Analyse der erfassten Daten liegen in **Supplement** zwei Skripte vor. Diese sind für die Erstellung aller Abbildungen und Tabellen in Abschnitt 3 zuständig und legen die generierten Dateien in **Supplement/Results** ab, abgesehen von `preparation.png` und derer mit dem Suffix `_after.png`, welche eigene Fotoaufnahmen sind.

Das Eine ist ein R-Skript mit dem Suffix `.R`, welches die in diesem Experiment erfassten Daten mit Referenzwerten vergleichend graphisch darstellt (siehe Abbildung 5) und in `scatterplot_my_vs_others.png` speichert. Als Referenzdaten werden alle Dateien aus **Supplement/Analyse/measurements\_other\_students** verwendet. Diese stammen aus Experimenten gleicher Art, die parallel stattgefunden haben und haben die gleiche Funktion wie `Wuchshohen.csv`. Zudem wird **Supplement/Results/my\_measurements.csv** verwendet, welche vom anderen Skript generiert wird. Bei dieser Datei handelt es sich um eine angepasste Version von `Wuchshohen.csv`, welche den Referenzdateien gleicht, die einen weniger exakten Messtag erfassen.

Das andere Skript, das mit `.py` endet, ist ein python-Skript. Neben `my_measurements.csv` erstellt es zudem alle anderen, noch nicht genannten, Dateien, die sich in dem **Results**-Ordner befinden. Dieses Skript ist nur abhängig von `Wuchshohen.csv` und `Watering.csv`. Zudem verwendet es das python-Modul `matplotlib`.

Um die Ergebnisse der Skripte zu generieren, muss innerhalb des **Supplement**-Ordners folgender Code im Terminal ausgeführt werden (exakte Versionen siehe `Readme.txt` in **Supplement**):

```
$ python3 Analyse.py  
$ Rscript my_analysis.R
```

## 2.1 Durchführung

An Tag 0 wird das Experiment vorbereitet. Dazu werden die drei Tassen jeweils bis zum Rand mit Watte gefüllt, so dass eine ebene Oberfläche entsteht. Darauf werden nun mithilfe einer Pinzette die Samen rasterförmig positioniert, also je Tasse 5 Reihen mit je 4 Samen (siehe Abbildung 1). Die Tassen werden nun in einer Reihe aufgestellt, nicht direkt am Fenster, sondern in der Mitte des Raumes, sodass sie den ganzen Tag über Tageslicht haben, aber nicht direkt in der prallen Sonne oder im Durchzug des Fensters stehen.

Die Vorbereitung der Nährmedien erfolgt der Reihe nach. Zuerst wird das Glas für das neutrale Medium mit Leitungswasser (LW) ausgespült und dann erneut voll aufgefüllt.

Dann wird der Messbecher ausgespült und das Salz in das entsprechende Glas gegeben. Diesem Glas werden 100 ml LW zugegeben, in welchem das Salz schwenkend gelöst wird. Die Lösung wird nun in den Messbecher gegeben, dann das Glas mit deutlich weniger als einem Liter LW aufgefüllt, geschwenkt und auch in den Becher gegeben, um Restlösung mit zu übertragen. Im Anschluss wird der Messbecher mit LW zu einem Liter aufgefüllt. Die fertige 0,1-molare NaCl-Lösung wird nun in das eben geleerte Glas gegeben.

Für die Herstellung des sauren Mediums wird der Messbecher zwei mal gründlich ausgespült und diesem dann darauffolgend das abgemessene Essig zugegeben. Dieses befand sich in einem separaten 156 ml Gefäß, welches vor der Nutzung auch gereinigt wurde und nun mit LW halb aufgefüllt, geschwenkt, und auch in den Messbecher geleert wird, um Restflüssigkeit mitzunehmen. Der Messbecher wird nun geschwenkt, zu einem Liter aufgefüllt und dessen Inhalt folglich in das dritte Gefäß für das saure Medium gefüllt.

Die eindeutig voneinander unterscheidbaren Gläser mit entsprechenden Medien werden hinter ihre zugehörigen Tassen gestellt (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1: Vorbereitung des Experiments

An jedem Messtag, einschließlich Tag 0, werden dieselben Schritte in derselben Reihenfolge durchgeführt.

1. Messen und notieren der Wuchshöhen jedes einzelnen Samens der neutralen Probe mit dem Maßband
2. gleichmäßiges Gießen des Samenrasters mit drei Teelöffeln aus dem neutralen Medium
3. Reinigen des genutzten Teelöffels (wird ausschließlich für dieses Medium verwendet)
4. anschließendes Wiederholen der vorigen Schritte für die salzige und zum Schluss der sauren Probe

Tagsüber wird das Zimmer nicht künstlich verdunkelt, das Fenster ist durchgängig angekippt. Beim Messen selbst wird künstliches weißes Licht verwendet, um die Stängel besser unterscheiden zu können. Zudem werden die Blätter mit in die Wuchshöhe mit einbezogen.

Mit dem ersten Gießen startet die Erfassung der Wuchshöhen, alle somit zuerst bei 0 mm.

### 3 Ergebnisse

Tabelle 2: t-Test-Ergebnisse

Nullhypothese	Sauer	Salzig
$E(\text{Normal}) = E(M)$	75.00% akzeptiert	0.00% akzeptiert
$E(\text{Normal}) \leq E(M)$	100.00% akzeptiert	0.00% akzeptiert
$E(\text{Normal}) \geq E(M)$	71.43% akzeptiert	100.00% akzeptiert

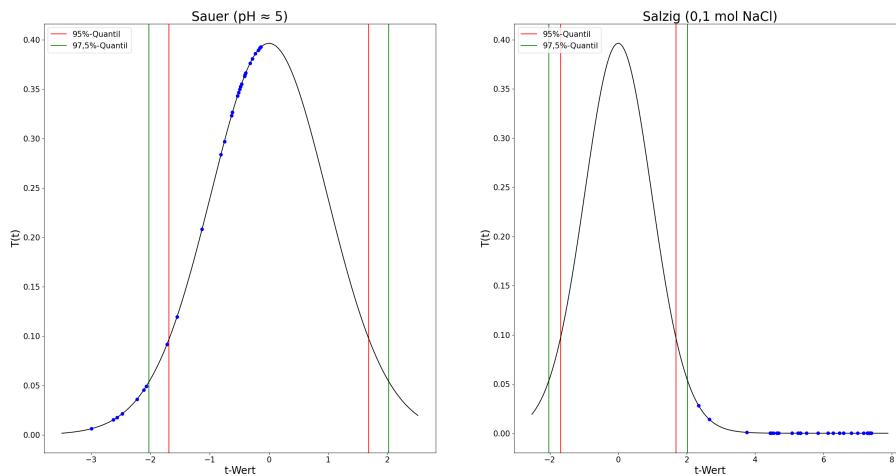


Abbildung 2: t-Tests

In Tabelle 2 und Abbildung 2 sind die Ergebnisse der t-Tests gegenüber des neutralen Mediums dargestellt, tabellarisch und graphisch. Als Signifikanzniveau wurde hierfür ein  $\alpha$  von 5% gewählt und dementsprechend für die Werte der t-Verteilung bei 38 Freiheitsgraden für einseitige Betrachtung 1,686 und die Zweiseitige 2,024 [vgl. TU 23].

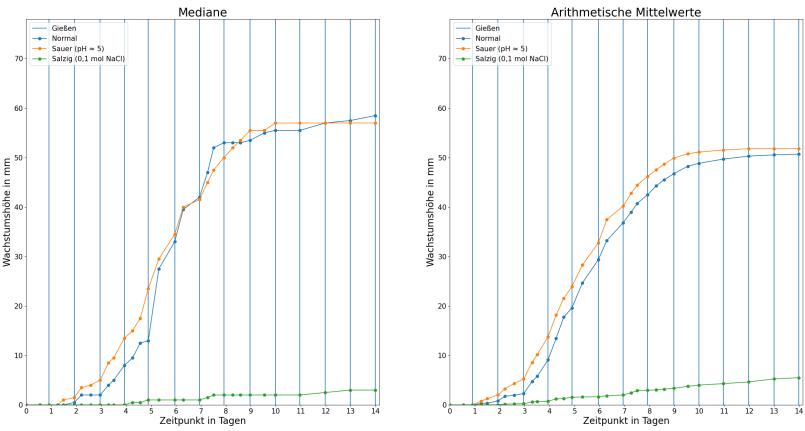


Abbildung 3: lineare Entwicklung der Messwerte

In Abbildung 3 ist die zeitliche Entwicklung der Wuchshöhen dargestellt, einschließlich wann die Proben gegossen wurden, einmal in Betrachtung der Mediane (links) und rechts mit Fokus auf das arithmetische Mittel aller Höhen eines Mediums. Pflanzen, die durch vorzeitiges Eingehen zu NA-Werten führten, wurden nach dem Absterben mit ihrer letzten validen Höhe gewertet.

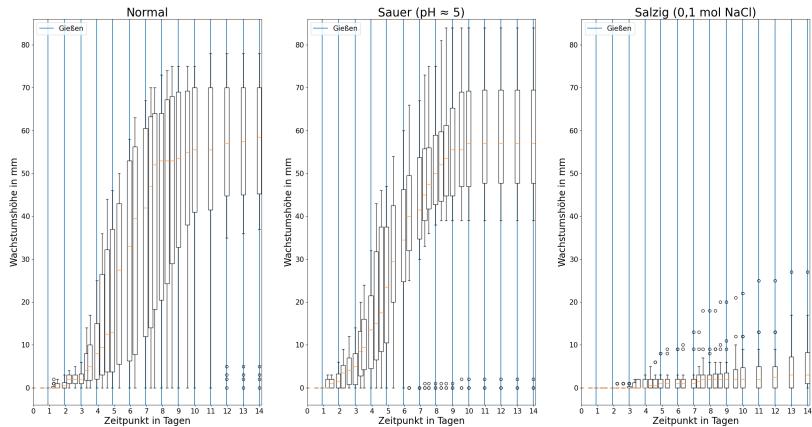


Abbildung 4: Messwerte als Box-Plot

Abbildung 4 zeigt alle selbst erhobenen Wuchshöhen, innerhalb der 14 Tage, die das Experiment durchgeführt wurde, als Box-Plot, wobei die teilenden Linien innerhalb der Boxen den Median der jeweiligen Messung darstellen und die Whiskers bis zum ersten Messwert außerhalb der jeweiligen Box reichen.

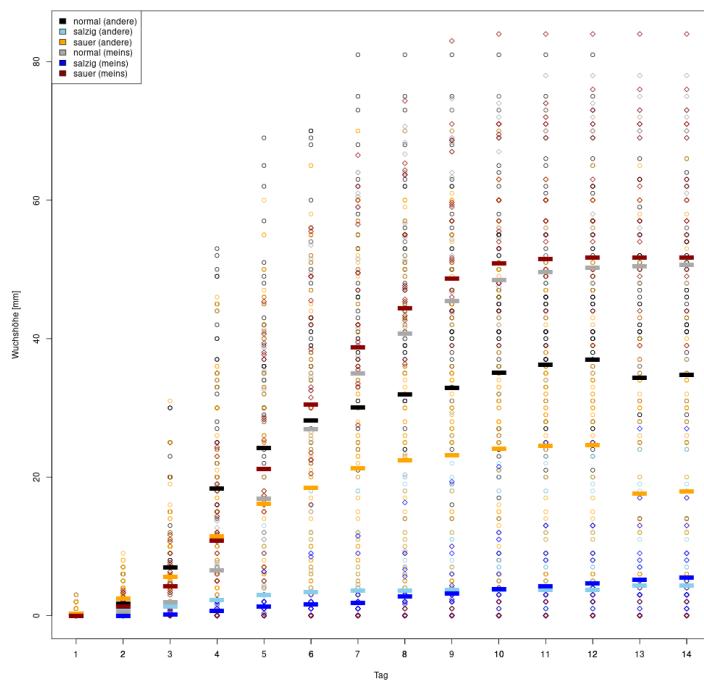


Abbildung 5: Wertevergleich mit anderen Durchführungen

In Abbildung 5 sind alle Messwerte graphisch dargestellt, zusammen mit den Werten aus parallel von anderen Wissenschaftlern durchgeführten Experimenten gleicher Art, als vergleichende Referenz. Hierbei sind die Mittelwerte als dicke Striche abgebildet.



Abbildung 6: Pflanzen am letzten Tag

Abbildung 6 zeigt die Pflanzen der jeweiligen Medien am letzten Tag des Experiments.

## **4 Diskussion**