

Heavy Metal City-Zen



Dieses Citizen-Science Projekt untersucht das potentielle Risiko einer Schwermetallkontamination von Nutzpflanzen in Wiener Stadtgärten

Ziss, E; Friesl-Hanl, W; Götzinger, S; Noller, C; Puschenreiter, M; Watzinger A;
Hood-Nowotny, R

Institut für Bodenforschung

Department für Wald- und Bodenwissenschaften

Universität für Bodenkultur Wien

Konrad-Lorenz-Straße 24 | 3430 Tulln

in Kooperation mit Wiener Stadtgärtner*innen

Gartenverein Hortensium, Tigergarten, Nachbarschaftsgarten Florasdorf,
Gemeinschaftsgarten Rosenberg, 11er Garten, Gemeinschaftsgarten Madame
d'Ora, Paradeisgartl, Nachbarschaftsgarten DonauCity/Kaisermühlen,
Gemeinschaftsgarten Löwenzahn, Kinogarten, Matznergarten



Universität für Bodenkultur Wien



Der Wissenschaftsfonds.



<https://heavymetalcityzen.com/>

Standorte der teilnehmenden Stadtgärten

Ziel dieses Projektes ist – in Zusammenarbeit mit Stadtgärtner*innen als Citizen Scientists – das potentielle Risiko einer Schwermetallkontamination von Nutzpflanzen in Wiener Stadtgärten wissenschaftlich zu bewerten.

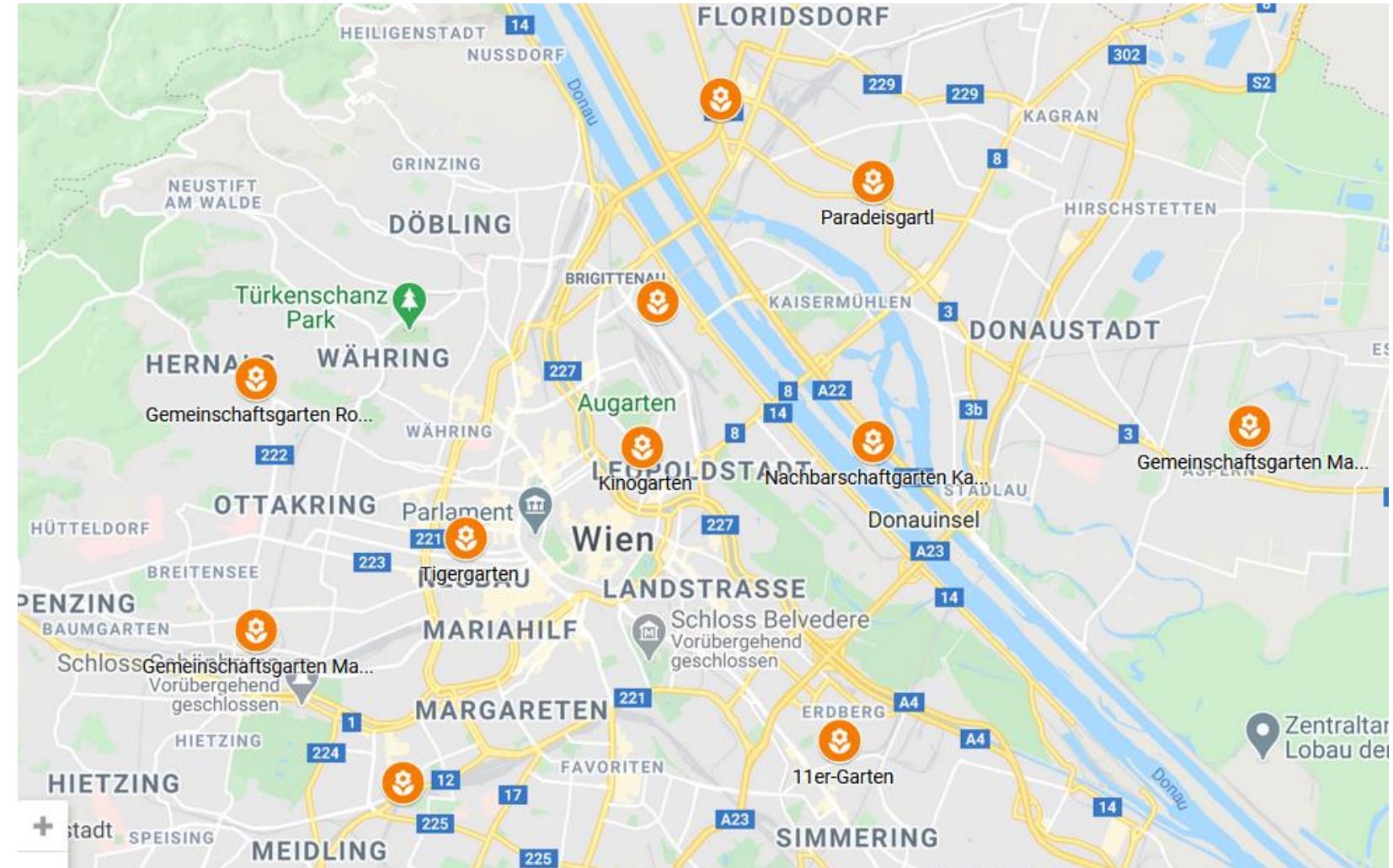
Anzahl der teilnehmenden Garteninitiativen: 11

Bodenprobeentnahme durch Citizen Scientists:
Mischprobe aus drei bis fünf „Einstichen“ aus den obersten 10 cm des Bodens in einem Umkreis von 3-4 Metern.

Entnahmezeitpunkt: Ende April/Anfang Mai 2020

Behandlung: pro Versuch eine Bodenprobe aus dem Gemüsebeet (Kompostmischungen der teilnehmenden Gartenstandorte)

Kontrolle: pro Versuch eine Bodenprobe aus der unmittelbaren Umgebung des Gartens bzw. des Gemüsebeets (unbehandelter Stadtboden an den unterschiedlichen Gartenstandorten)



Kartendaten: Google My Maps, ©2021

Citizen Science „Topf-Versuche“

Töpfe (11x11x12 cm): randomisiert vergraben im Hochbeet/Gemüsebeet

Saatgut: Radieschen (*Raphanus sativus* 'Topsi') oder Spinat (*Spinaca oleracea* 'Butterfly')

Kontrolle: unbehandelter Boden aus der unmittelbaren Umgebung des Stadtgartens

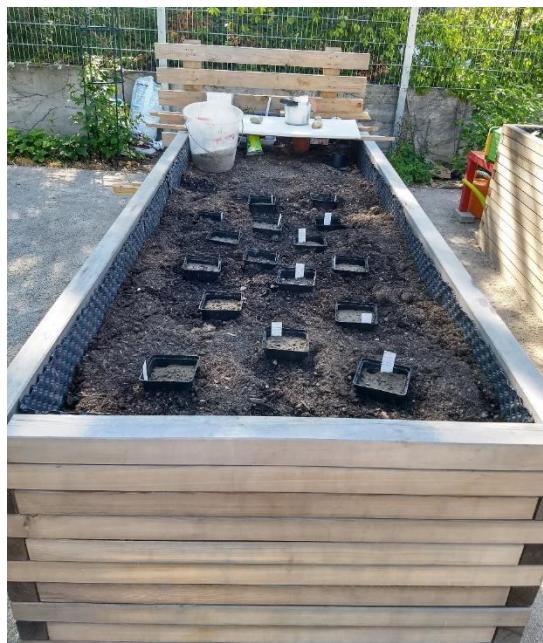
Behandlung: Boden aus den Gemüsebeeten (Kompostmischungen)

Wiederholungen: 4

Versuchsdauer: 5-8 Wochen (Aussaat: Ende April/Anfang Mai 2020; Ernte: Juni 2020)

Parameter vor Ort ermittelt durch

Citizen Scientists: Frischgewicht Pflanzen, Chlorophyllgehalt Blätter (SPAD Werte)





Probenaufbereitung und Analytik

Bodenproben:

die Schwermetallgehalte (Pb, Cd, Zn) wurden nach einem Gesamtaufschluss in einem Gemisch aus Salz- und Salpetersäure (Königswasser) mittels Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) bestimmt.

Pflanzenproben:

eine Teilprobe – aus jeweils 3 Wiederholung pro Versuch – wurde in einem Gemisch aus Salpetersäure und Wasserstoffperoxid aufgeschlossen. Die Analyse der Schwermetallkonzentrationen (Pb, Cd, Zn) in den Aufschlusslösungen wurde anschließend mittels optischer Emissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES) durchgeführt.



Ergebnisse der Bodenproben

Die Tabelle zeigt die ermittelten pH-Werte der entnommenen Bodenproben.

Die pH-Werte wurden in einem Verhältnis Boden:Lösung (0,01 M CaCl₂) von 1:2,5 bestimmt.

Die pH-Werte lagen bei allen Proben – sowohl in der Kontrollvariante, als auch in der behandelten Variante – im neutralen bis leicht alkalischen Bereich.

pH-Wert: CaCl ₂				pH-Wert: CaCl ₂				
Garten	Versuch	Behandlung	Kontrolle	Garten	Versuch	Behandlung	Kontrolle	
Hortensium	A		7,7	7,7			7,5	7,6
Hortensium	B		7,4	7,7			7,3	7,7
Tigergarten	A		7,4	7,2			7,5	7,6
Florasdorf	A		7,5	7,5			7,4	7,7
Florasdorf	B		7,3	7,6			7,5	7,6
Florasdorf	C		6,8	7,6			7,3	7,3
Rosenberg	A		6,9	7,4			7,2	7,2
Rosenberg	B		7,3	7,3			7,3	7,2
11er Garten	A		7,3	7,5			7,4	7,2
11er Garten	B		7,5	7,5			7,5	7,4
11er Garten	C		7,6	7,3			7,4	7,5
11er Garten	D		7,3	7,5			7,6	7,6
11er Garten	E		7,3	7,3	Löwenzahn	A, B	7,5	7,5
11er Garten	F		7,4	7,5	Kinogarten	A	7,4	7,2
11er Garten	G		7,6	7,3	Kinogarten	B	7,2	7,4
				Matznergarten	A		7,4	7,4

Ergebnisse der Bodenproben

Die rote Linie in den Grafiken zeigt jeweils den **nutzungsspezifischen Richtwert** im Boden für **Acker und Gartenbau; pH ≥ 6** (ÖNORM L 1075;2017-11):

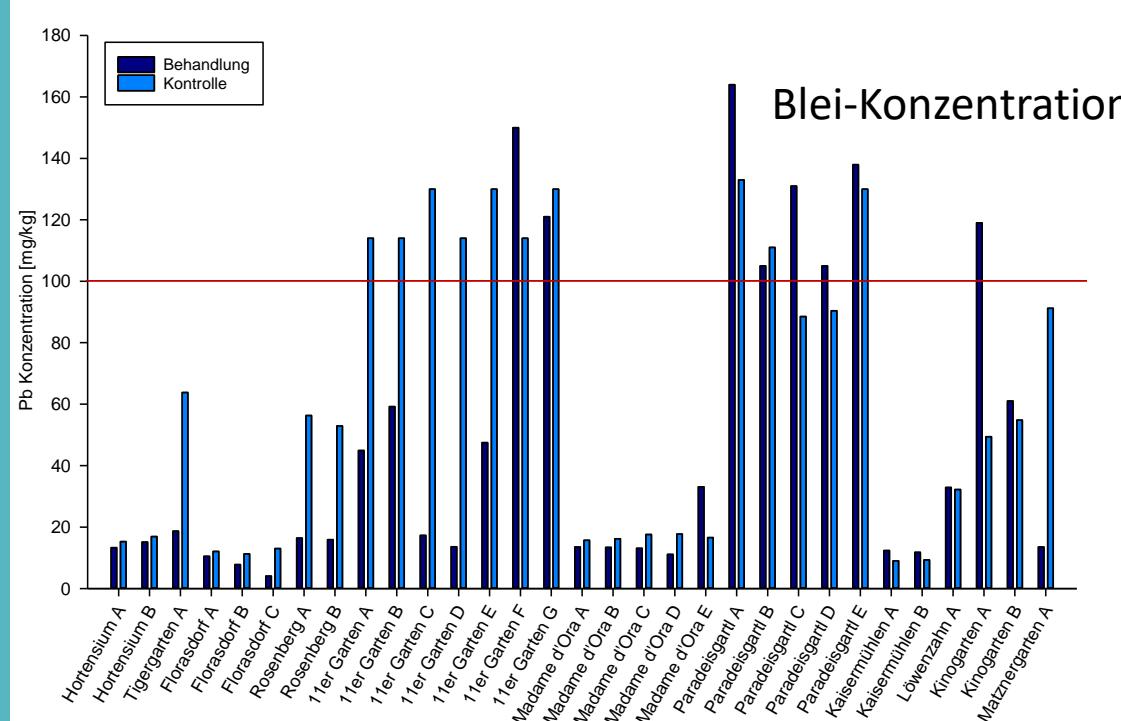
Pb: 100 mg/kg

Zn: 300 mg/kg

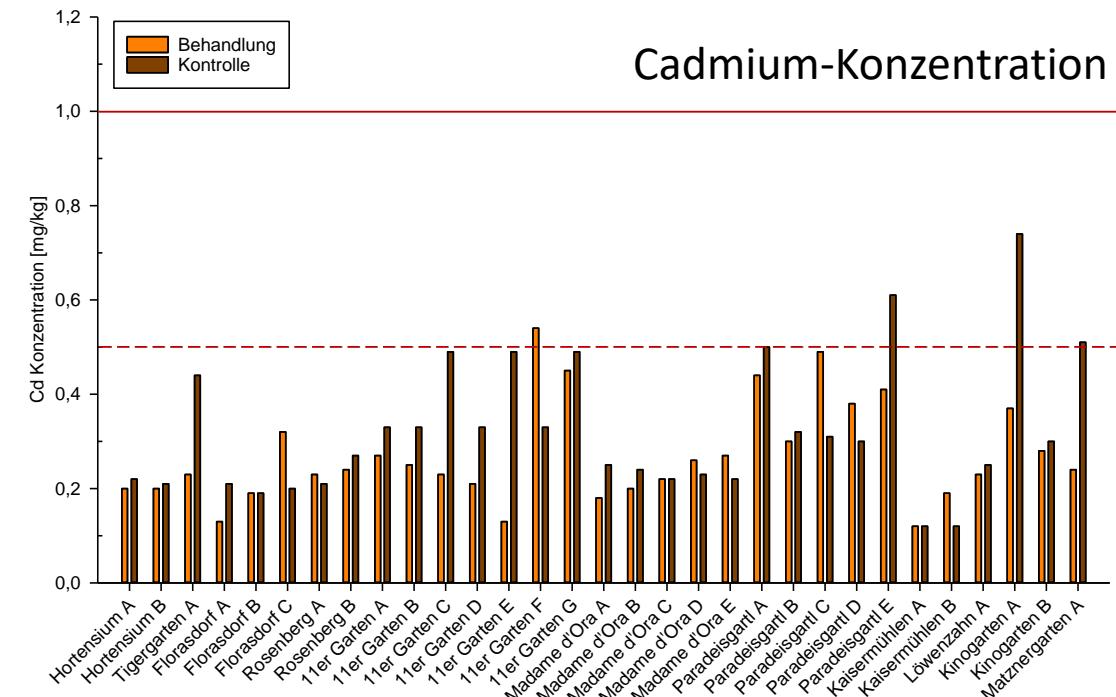
Cd: 1,0 mg/kg bzw.

0,5 mg/kg - beim Anbau von **Cd-anreichernden Gemüsearten (z.B. Spinat)**

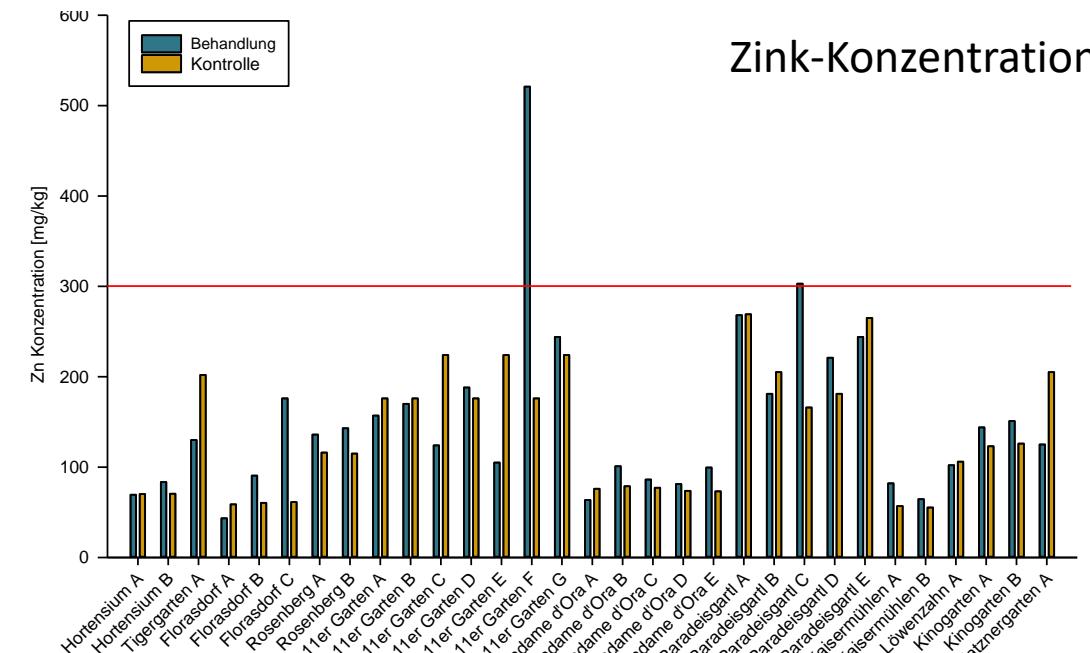
Die Konzentrationen der **Gesamtaufschlüsse** sind in **mg/kg Trockengewicht** dargestellt.



Blei-Konzentration



Zink-Konzentration



Ergebnisse der Pflanzenproben

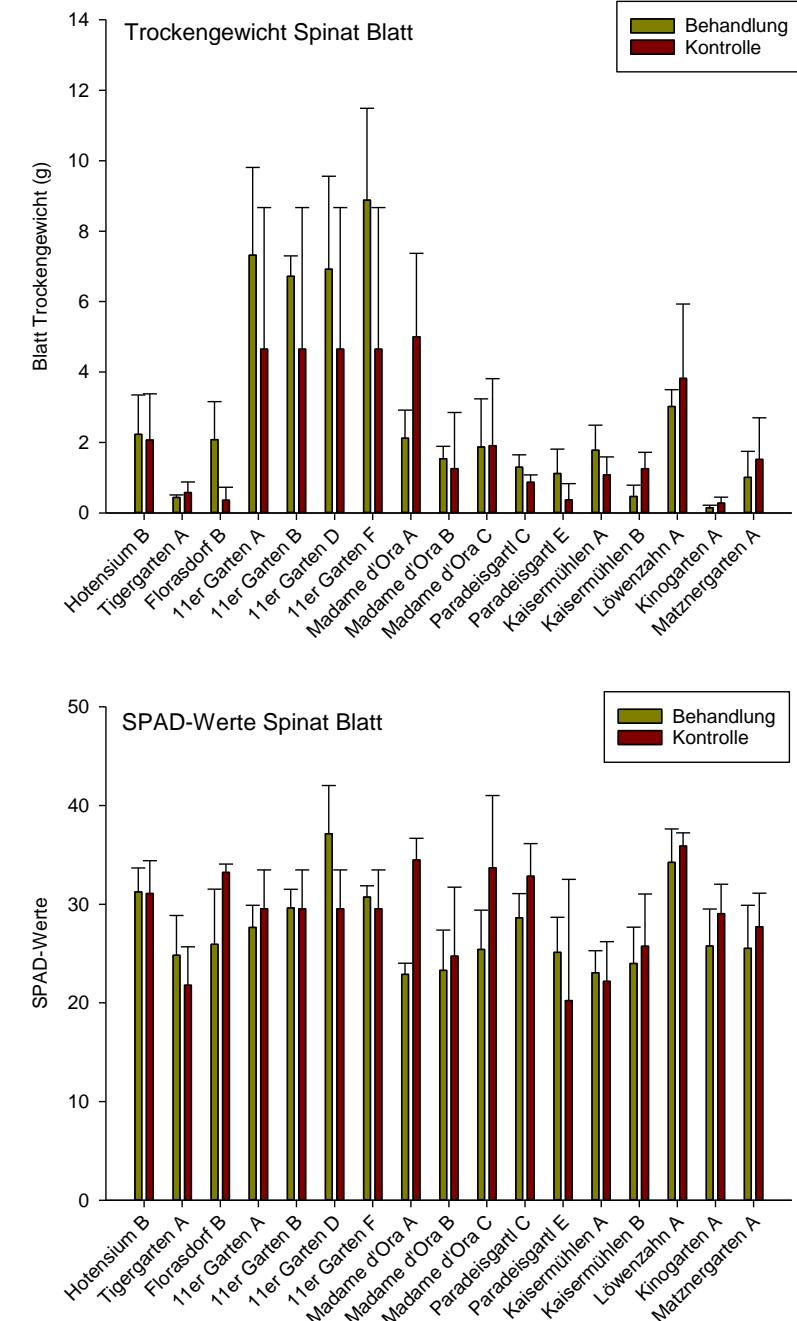
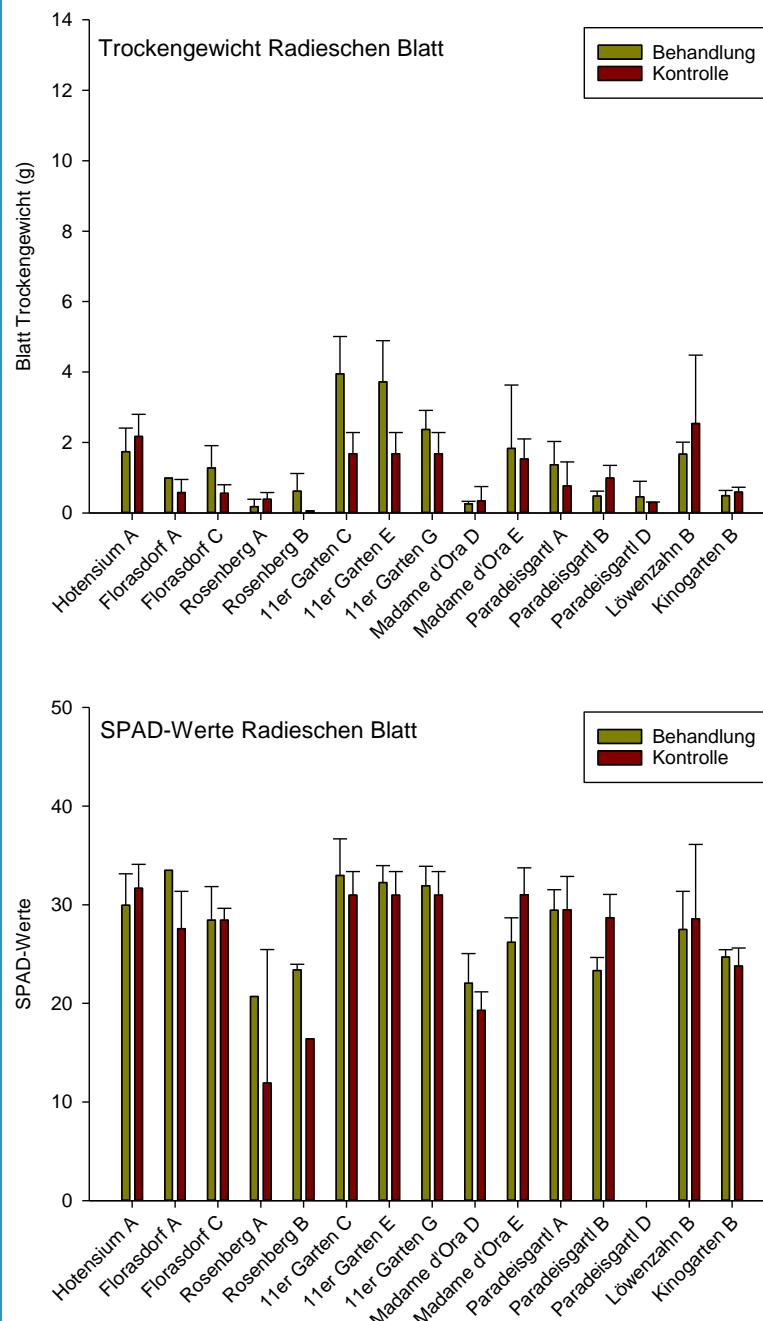
Die Ernte der Pflanzen wurde von den Citizen Scientists zwischen 8. und 22. Juni 2020 durchgeführt.

Der **SPAD-Wert** (relativer Chlorophyllgehalt) je Wiederholung wurde dabei mit einem Chlorophyll Meter SPAD-502 (Minolta) durch 10 randomisierte Blatt-Messungen ermittelt. Die Grafik zeigt die Mittelwerte \pm Standardabweichung (SD) der jeweiligen Versuche ($n = 1-4$).

Die Pflanzen wurden nach der Ernte mit Leitungs- oder Brunnenwasser gesäubert, mit Papiertüchern trocken getupft, in kleine Stücke geschnitten und das Frischgewicht für jedes Pflanzenorgan separat als Mischprobe je Wiederholung bestimmt.

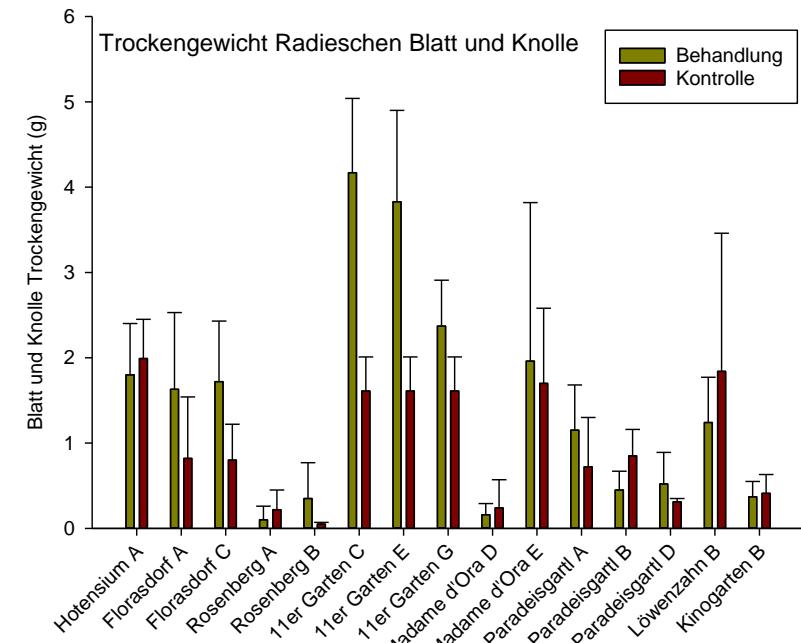
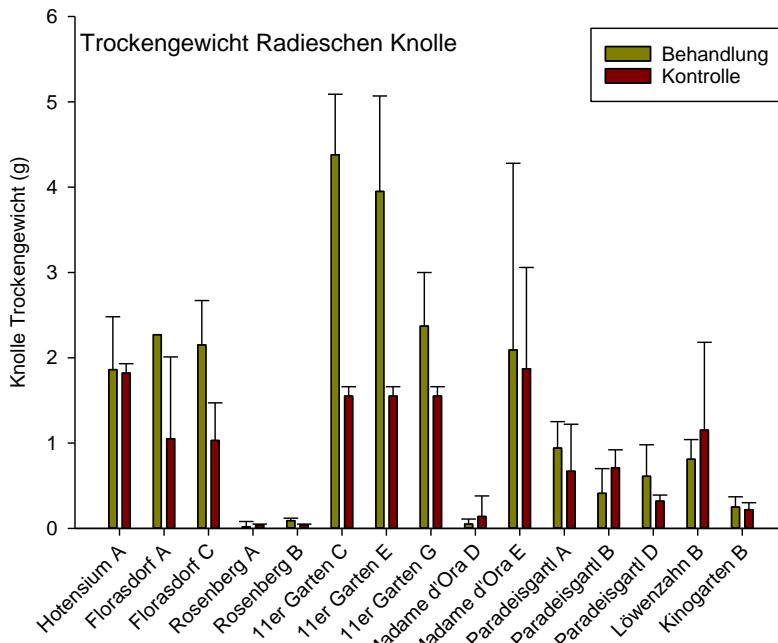
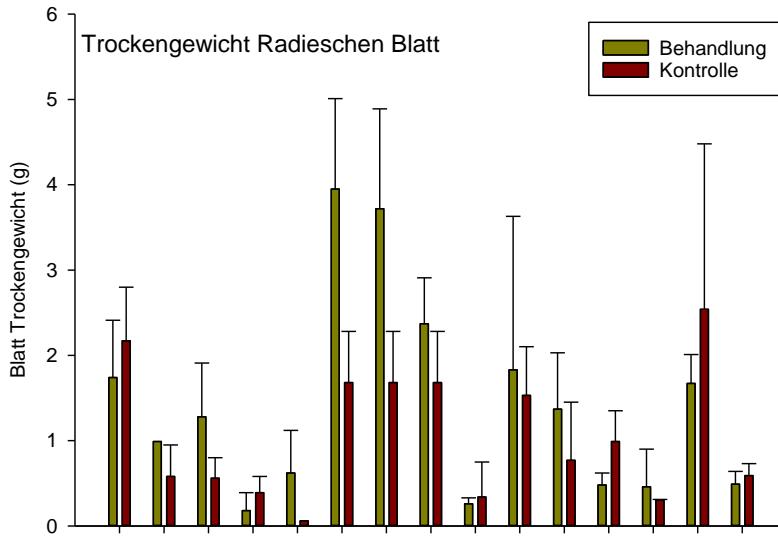
Anschließend wurden die Pflanzenproben im Trockenschrank bei 50° C für mehrere Tage getrocknet.

Das ermittelte **Trockengewicht** in Gramm (Mittelwerte \pm SD, $n=1-4$) ist hier oberhalb der Grafiken mit den entsprechenden SPAD-Werten dargestellt.



Ergebnisse der Pflanzenproben

Die Grafiken zeigen das **Trockengewicht (g) der Radieschen-Proben** aufgeschlüsselt in einzelne Pflanzenorgane (Blatt, Knolle) und das gesamte Trockengewicht (Blatt + Knolle) der jeweiligen Versuche (Mittelwerte \pm SD, n = 1-4).



Ergebnisse der Pflanzenproben - Blei

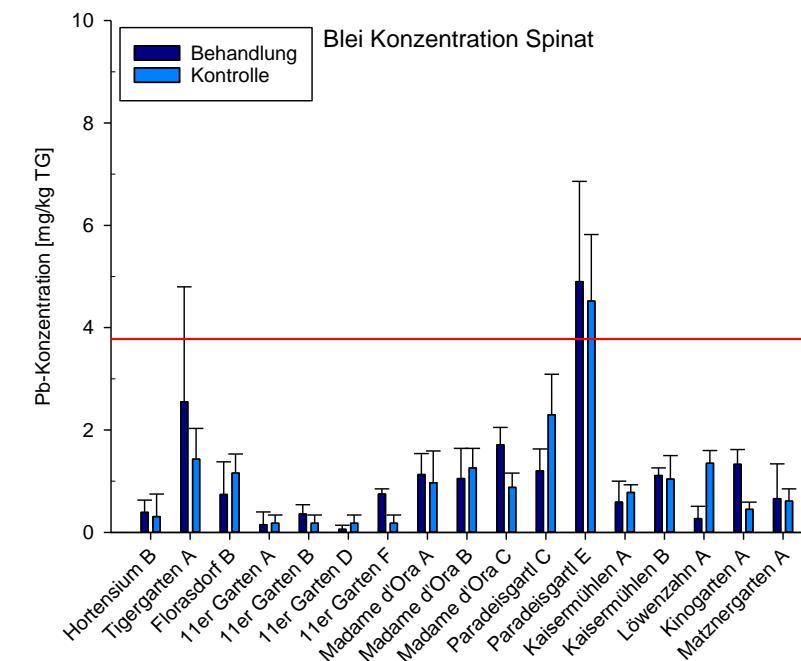
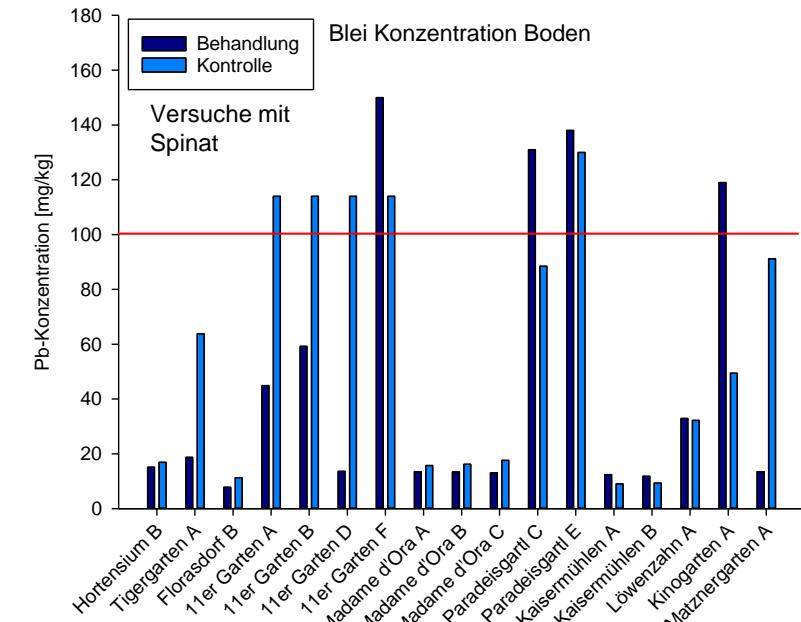
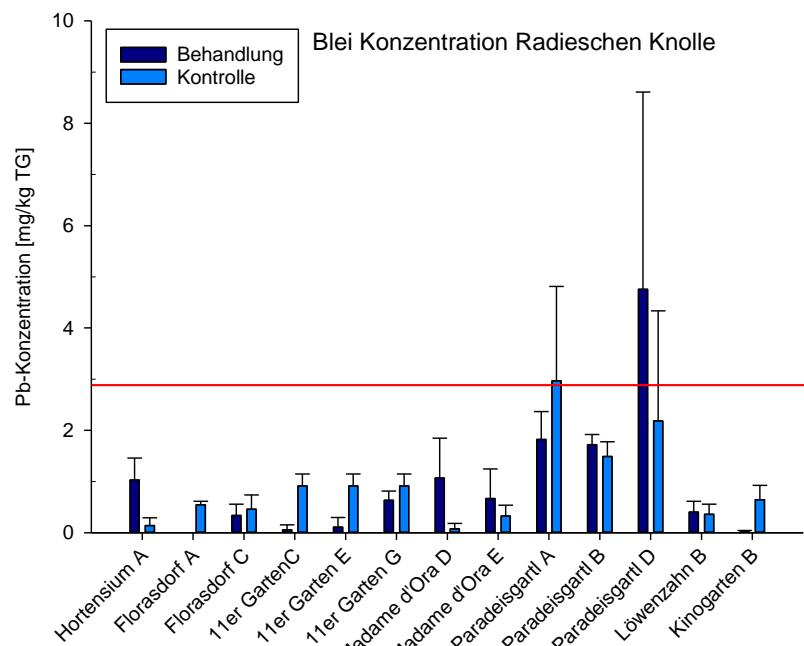
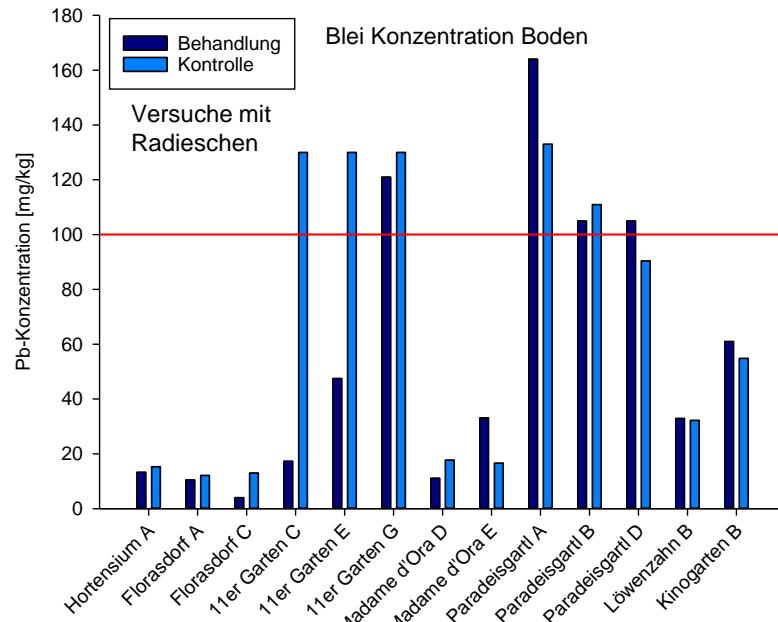
Die Schwermetallkonzentrationen der Pflanzenproben (mg/kg Trockengewicht) der einzelnen Versuche (Mittelwerte \pm SD, n = 2-3) sind hier unterhalb der Schwermetallkonzentrationen der entsprechenden Bodenproben dargestellt.

Blei	Höchstgehalt (mg/kg Frischgewicht - FG)
Gemüse (Radieschen)	0,10
Blattgemüse (Spinat)	0,30
(Kommissionsverordnung (EG) Nr. 1881/2006)	

Blei	Höchstgehalt (umgerechnet) (mg/kg Trockengewicht - TG)
Radieschen	2,9
Spinat	3,8

Die rote Linie in den Grafiken der Pflanzenproben kennzeichnet die umgerechneten Höchstgehalte in mg/kg Pflanzenbiomasse Trockengewicht (TG).

Bei der Bestimmung des Frischgewichts im Feld kam es teilweise aufgrund von erschwerten Bedingungen (z.B. windigen Verhältnissen) zu ungenauen Messungen. Daher wurde für die Umrechnung der Höchstgehalte in mg/kg Trockengewicht, das jeweilige durchschnittliche FG/TG Verhältnis aller Pflanzenproben mit dem jeweiligen Höchstgehalt in mg/kg FG multipliziert. Messwerte mit einer großen Abweichung wurden vor der Umrechnung systematisch eliminiert.



Ergebnisse der Pflanzenproben - Cadmium

Die **Schwermetallkonzentrationen der Pflanzenproben (mg/kg Trockengewicht)** der einzelnen Versuche (Mittelwerte \pm SD, n = 2-3) sind hier unterhalb der **Schwermetallkonzentrationen der entsprechenden Bodenproben** dargestellt.

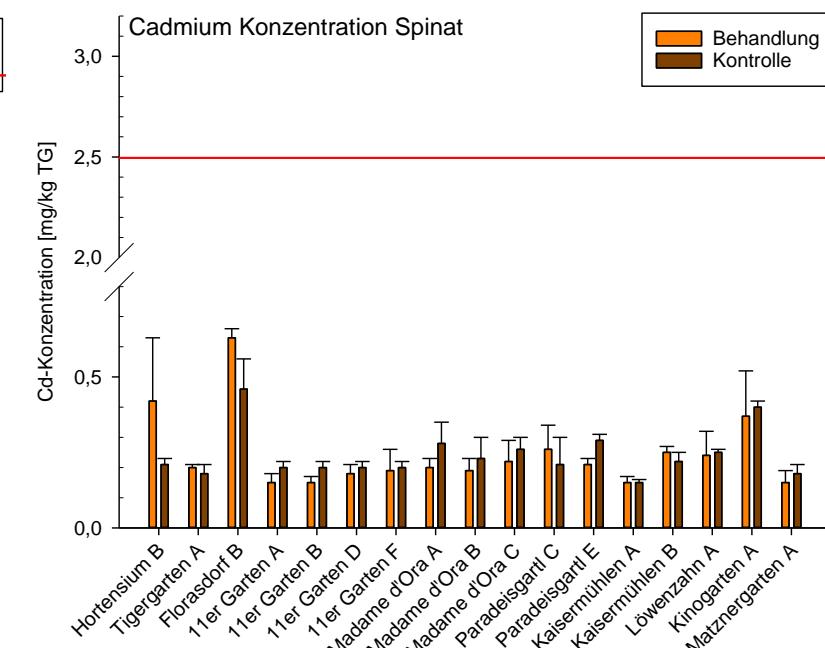
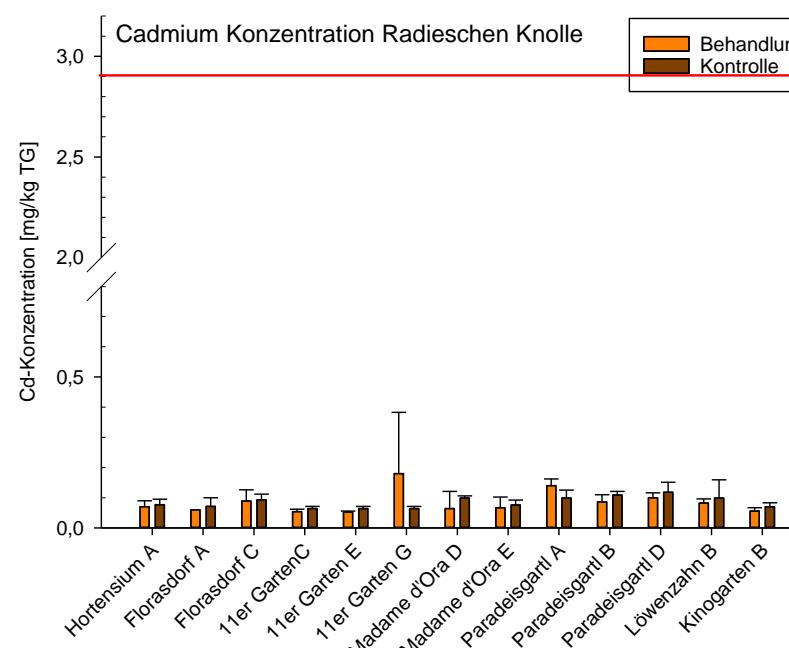
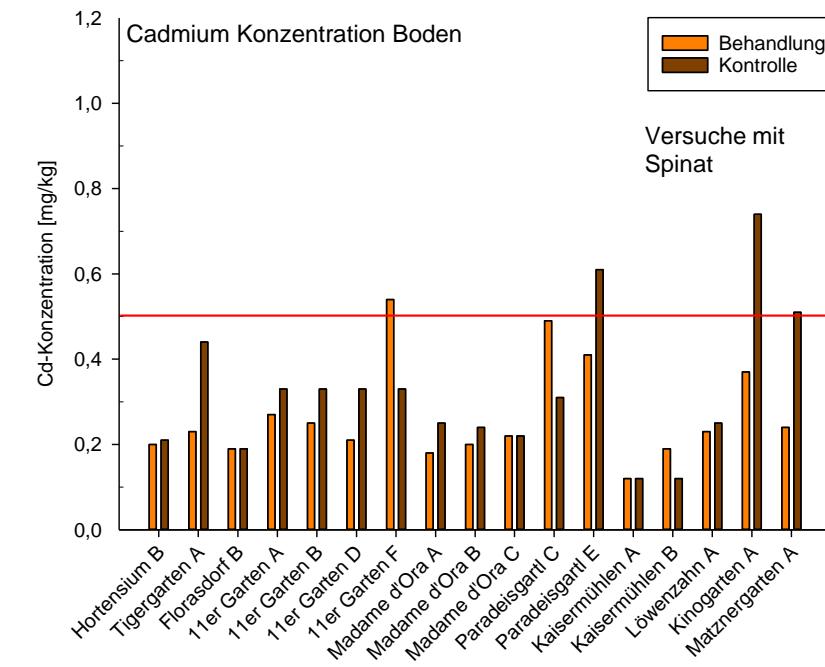
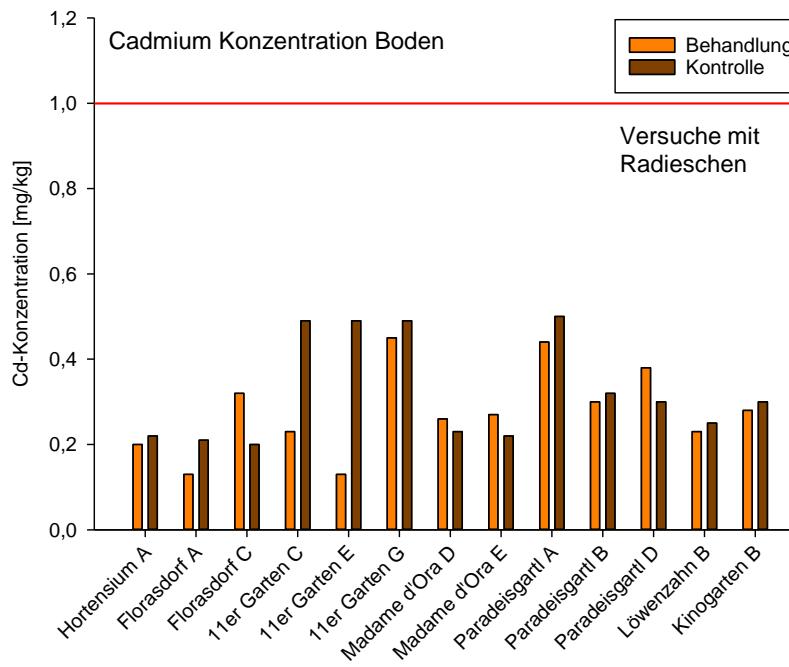
Cadmium	Höchstgehalt (mg/kg Frischgewicht - FG)
Knollengemüse (Radieschen)	0,10
Blattgemüse (Spinat)	0,20

(Kommissionsverordnung (EG) Nr. 1881/2006)

Cadmium	Höchstgehalt (umgerechnet) (mg/kg Trockengewicht - TG)
Radieschen	2,9
Spinat	2,5

Die rote Linie in den Grafiken der Pflanzenproben kennzeichnet die umgerechneten **Höchstgehalte in mg/kg Pflanzenbiomasse Trockengewicht (TG)**.

Die rote Linie in den Grafiken der Bodenproben zeigt den **nutzungsspezifischen Richtwert im Boden für Acker und Gartenbau; pH ≥ 6** (ÖNORM L 1075;2017-11). Dieser Richtwert liegt für **Cadmium** bei 1,0 mg/kg bzw. gilt der Richtwert von 0,5 mg/kg beim Anbau von **Cadmium-anreichernden Gemüsearten**, wie z.B. Spinat.



Ergebnisse der Pflanzenproben - Zink

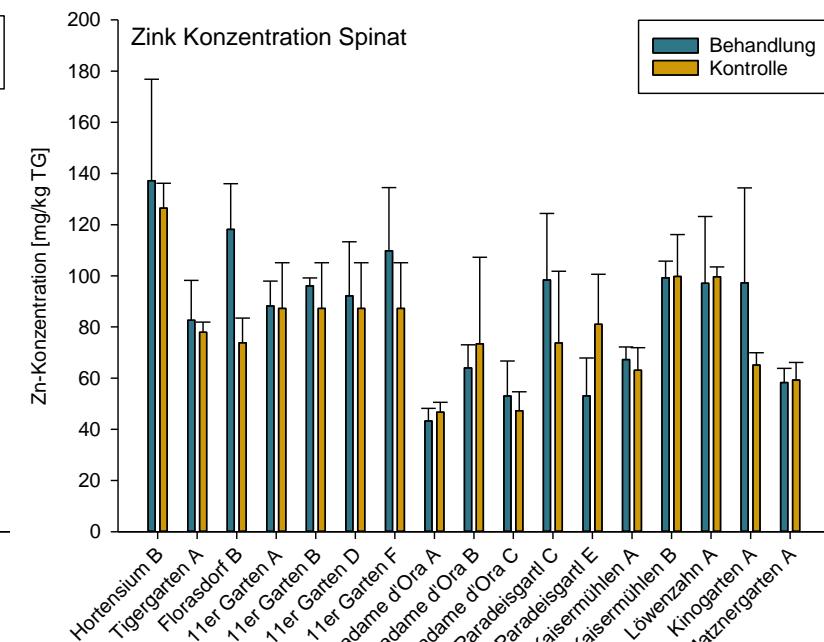
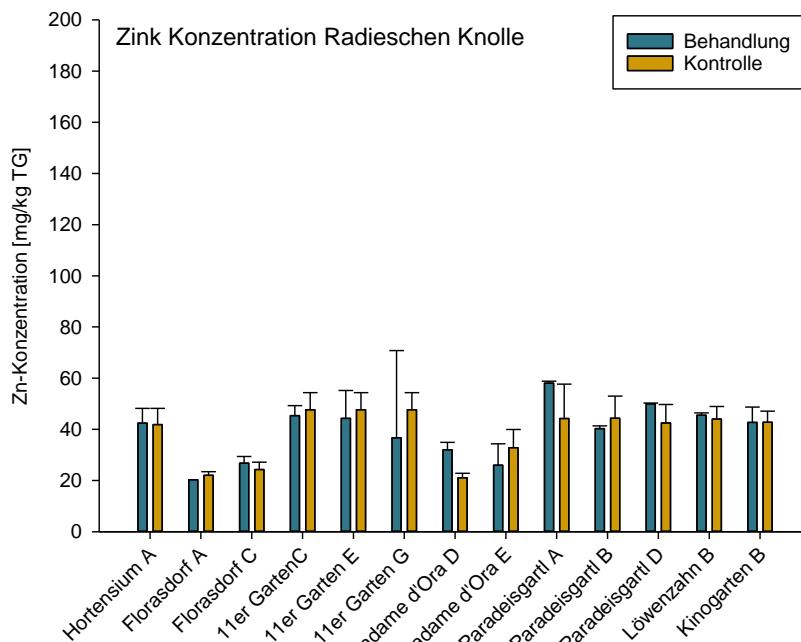
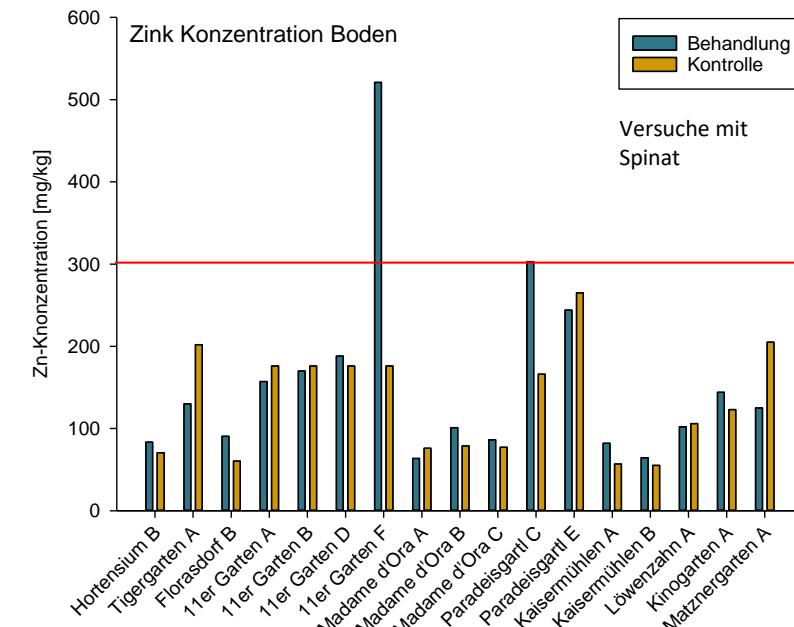
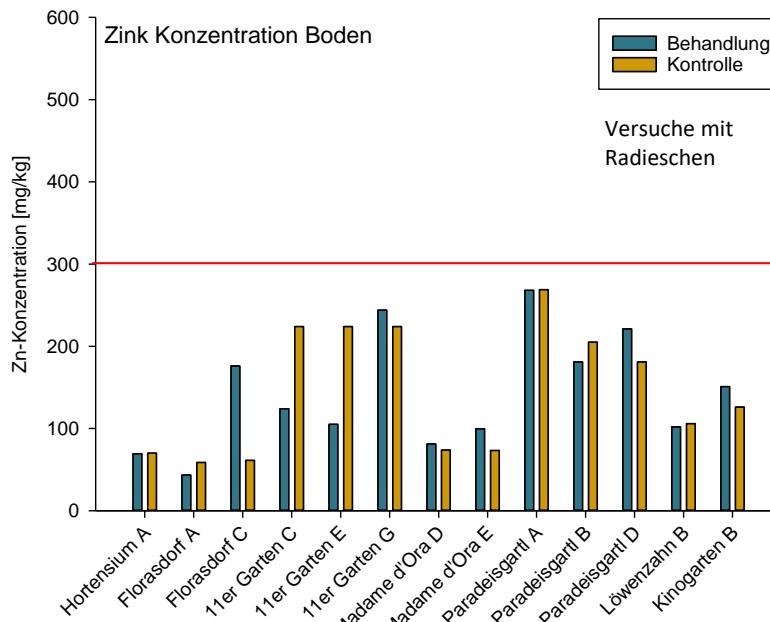
Die **Schwermetallkonzentrationen** der **Pflanzenproben (mg/kg Trockengewicht)** der einzelnen Versuche (Mittelwerte \pm SD, n = 2-3) sind hier unterhalb der **Schwermetallkonzentrationen** der entsprechenden **Bodenproben** dargestellt.

Die Kommissionsverordnung gibt keine Höchstgehalte für Zink in Lebensmitteln vor.

Die **D-A-CH Referenzwerte** für die **Zinkzufuhr** liegen bei mittlerer Phytazufuhr für männliche Erwachsene bei 14 mg/Tag und für weibliche Erwachsene bei 8 mg/Tag (DGE, 2013).

Die höchste gemessene Zink-Konzentration, über alle Gärten hinweg, betrug bei den Spinatproben 182,3 mg/kg Trockengewicht und würde umgerechnet einer Konzentration von 14,3 mg/kg in frischen Spinat-Blättern entsprechen.

Bei den Radieschenproben betrug die höchste Konzentration 67,3 mg/kg Trockengewicht und entspricht umgerechnet einer Konzentration von 2,3 mg/kg in frischen Radieschen-Knollen.





Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Blei:

Der **nutzungsspezifische Richtwert für Blei im Boden** wurde in 3 Gärten (11er Garten, Paradeisgartl, Kinogarten) überschritten. Die Bleikonzentrationen, die in diesen Böden gewachsenen Pflanzen lagen jedoch bei 2 dieser Gärten (11er Garten, Kinogarten) unter dem **Höchstgehalt für Lebensmittel laut Kommissionsverordnung**.

Im Paradeisgartl wurde mit 164 mg/kg die höchste Blei-Konzentration im Boden gemessen. Doch auch hier lag die Konzentration der darin gezogenen Radieschen-Knollen in der Variante „Behandlung“ unter dem Höchstgehalt der Kommissionsverordnung. Allerdings wurden in diesem Garten bei zwei weiteren Versuchen, der Höchstgehalt in den Pflanzen sehr wohl überschritten und dürften laut EU-Lebensmittelrecht nicht in den Handel gebracht werden. Da diese zwei Versuche in Bodenbeeten durchgeführt wurden, könnte die Errichtung von Hochbeeten mit schadstofffreiem Boden das Risiko einer Kontamination verringern oder beseitigen.

Im Gegensatz dazu wurde im Tigergarten – in der Variante „Behandlung“ – nur in einer einzelnen von drei Pflanzenproben der Höchstgehalt überschritten, obwohl im Boden eine relativ niedrige Blei-Konzentration von 18,7 mg/kg festgestellt wurde. Möglicherweise handelt es sich dabei um atmosphärische Ablagerungen, denn der Pfad vom Boden in die Pflanze scheint hier eher unwahrscheinlich zu sein. Es ist auf jeden Fall empfehlenswert das Gemüse gründlich zu waschen und/oder zu schälen.



Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Cadmium:

Für den Anbau von **Cadmium-anreichernden Gemüsearten** – wie Spinat – wurde der Richtwert zwar in drei Kontrollböden und einer Kompostmischung überschritten, aber die gemessenen Konzentrationen in den Pflanzen überschreiten in keinem Garten und in keiner Variante den **Höchstgehalt für Lebensmittel laut Kommissionsverordnung**.

Zink:

Der **nutzungsspezifische Richtwert für Zink im Boden** wurde in zwei Gärten (11er Garten, Paradeisgartl) in der Variante „Behandlung“ überschritten. Es handelt sich dabei um Bodenproben, bei denen ebenfalls erhöhte Bleikonzentrationen festgestellt wurden.

Die Bodenprobe aus dem Versuch im Paradeisgartl überschreitet allerdings den Richtwert für Zink lediglich um 1 %, wohingegen die Zinkkonzentration in der Bodenprobe des Versuchs im 11er Garten diesen Richtwert um 74 % überschreitet und sich damit im Vergleich zu den Konzentrationen in den anderen Gärten augenscheinlich abhebt. Über alle Gärten hinweg, wurde jedoch bei der Pflanzenanalyse die höchste Zink-Konzentration von 182,3 mg/kg Trockengewicht (entspricht umgerechnet 14,3 mg/kg Frischgewicht) in Spinatblättern gemessen, die aus einem Versuch des Hortensium-Gartens stammen. Die entsprechende Bodenprobe überschreitet aber den nutzungsspezifischen Richtwert nicht. Die höchste Konzentration von allen Radieschen-Proben lag bei 67,3 mg/kg Trockengewicht (entspricht umgerechnet 2,3 mg/kg Frischgewicht).



Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Zink zählt zu den **lebenswichtigen Spurenelementen** und muss mit der Nahrung zugeführt werden. Jedoch kann bei einer erhöhten Zinkaufnahme und einer gleichzeitig niedrigen Kupferzufuhr, die Aufnahme von Kupfer in den menschlichen Organismus beeinträchtigt werden.

Das Scientific Committee on Food (SCF, 2003) hat daher eine maximale tägliche Aufnahmemenge von 25 mg/Tag für Erwachsene festgelegt. Diese Zufuhrmenge soll nicht dauerhaft überschritten werden.

Eine österreichische Studie berechnete eine durchschnittliche Zinkzufuhr von 10 mg/Tag für weibliche Erwachsene bzw. von 12,2 mg/Tag für männliche Erwachsene (Elmadfa et al., 2009).

Der Verzehr von 250 g des Spinats aus dem Versuch mit der höchsten Zink-Konzentration würde einer zusätzlichen Zinkaufnahme von 3,6 mg entsprechen. Der Verzehr von 300 g frischer Radieschen-Knollen aus dem Versuch mit der höchsten Zink-Konzentration würde zu einer zusätzlichen Zinkaufnahme von 0,7 mg führen.

In beiden Fällen würde durch den Verzehr dieser Pflanzen, die maximale tägliche Aufnahmemenge von 25 mg/Tag theoretisch nicht überschritten werden.



Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die **Schwermetallgehalte im Boden** zwischen den verschiedenen Garten-Standorten zeigten eine hohe Variabilität und weisen auf die allgemeine Heterogenität der städtischen Böden hin. Ebenso wurden unterschiedliche Erträge und auch unterschiedliche **Schwermetall-Konzentrationen in den Pflanzenproben** zwischen den Gärten festgestellt.

Die **Gesamtkonzentrationen im Boden** zeigten jedoch – über alle Gärten hinweg – mit den gemittelten **Konzentrationen in den essbaren Pflanzenteilen**, keine oder nur moderate lineare Zusammenhänge. Das lässt vermuten, dass die Pflanzen eine hohe Variabilität bei der Aufnahme dieser Metalle aufweisen und die Konzentrationen in den Pflanzen nicht nur aus den Konzentrationen im Boden vorhergesagt werden können.

Ebenso konnte nur ein moderater linearer Zusammenhang zwischen den **SPAD-Werten** und der Pflanzen-Biomasse festgestellt werden. Das deutet darauf hin, dass zum Zeitpunkt der Messungen, nicht nur die Unterschiede im relativen Chlorophyllgehalt – sondern auch andere Parameter – für die Ertragsbildung ausschlaggebend waren.

Interessanterweise zeigte die **Kompostvariante** kaum positive Effekte auf die Schwermetallkonzentrationen in den Pflanzen. Lediglich bei 3 von 25 ausgewerteten Versuchen, konnte in den Pflanzenproben eine signifikant niedrigere Blei-Konzentration im Vergleich zur Kontrollvariante festgestellt werden. Bezuglich Cadmium und Zink konnte in keinem der Versuche ein positiver Effekt der Kompostvariante beobachtet werden.



Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Zusammenfassend konnte in den Pflanzenproben, nur im Paradeisgartl und in einer einzelnen Probe im Tigergarten, eine Überschreitung der gesetzlichen Höchstgehalte für Lebensmittel festgestellt werden.

Die Ergebnisse aus diesem Projekt deuten darauf hin, dass das potentielle Risiko einer Schwermetallkontamination von Nutzpflanzen in den untersuchten Wiener Stadtgärten generell gering ist.

Jedoch sollte die Ursache für die Schwermetallkonzentrationen über den Richtwerten im Boden eruiert werden, damit gesundheitliche Risiken minimiert werden können.

Bei den erhöhten Zinkwerten könnte zum Beispiel geprüft werden, ob der Boden oder das Gießwasser über längere Zeit in verzinkten Behältern gelagert wurde, so dass eventuell Zink aus diesen Materialen in den Boden gelangen konnte. Ebenso können extreme Schwermetallkonzentrationen im Boden auf eine zusätzliche punktuelle Schadstoffquelle hinweisen und mit der früheren Nutzung dieser Standorte zusammenhängen.

Auf potentiell kontaminierten Flächen, kann die Berücksichtigung von bestimmten Maßnahmen, das gesundheitliche Risiko bei der Gartenarbeit weiter verringern oder sogar beseitigen. Weitere Informationen zu diesen Maßnahmen sind in unserem „**Leitfaden für sicheres und gesundes Garteln**“ auf unserer Projekt-Homepage zu finden: <https://heavymetalcityzen.com/>

Literatur

DGE Deutsche Gesellschaft für Ernährung (2013): Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr.

Elmadfa, I., Freisling H., Nowak V. et al. (2009): Österreichischer Ernährungsbericht 2008. Institut für Ernährungswissenschaften, Universität Wien, 1. Auflage.

ÖNORM L 1075; 2017-11: Grundlagen für die Bewertung der Gehalte ausgewählter chemischer Elemente in Böden.

Scientific Committee on Food (2003): Opinion of the Scientific Committee on Food on the Tolerable Upper Intake Level of Zinc.

Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln.