

# **Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg**

## **Fakultät Life Sciences**

Risiko-Nutzen-Analyse des Verzehrs von Wildkräutern anhand von Risiko-  
matrix und Vitaminanalyse mittels LC-MS/MS

Bachelorarbeit

Im Studiengang Ökotrophologie

Vorgelegt von

**Florine Huber**



Hamburg

Abgabe 30. August 2021

**Gutachterin:** Prof. Dr. Katharina Riehn (HAW-Hamburg)

**Gutachter:** Dr. Markus Schröder (GALAB Laboratories)

Die Abschlussarbeit wurde betreut und erstellt im Labor der Firma GALAB Laboratories GmbH

## Vorwort

GALAB steht für Geesthacht Analytical LABoratories, es handelt sich hierbei um ein unabhängiges Servicelabor für externe Qualitätskontrolle. „Verantwortung für unsere Kunden“, „Qualität ist Sicherheit“ und „Innovation durch Forschung“ sind die Grundsätze des Unternehmens. Gegründet wurde das Labor 1992 von Dr. Eckard Jantzen, Dr. Jürgen Kuballa, Dr. Maximilian Hempel und Dr. Holger Hintelmann zur Untersuchung von Zinnorganischen Verbindungen. Nach und nach kamen die Arbeit an Arsen, Tierarzneimitteln, Pestiziden und Verpackungsmitteln dazu. Heute beschäftigt sich das Labor mit der Analyse und Bewertung von Lebensmitteln, Lebensmittelverpackungen, Sanitärprodukten, Industrieprodukten, biopharmazeutischen Produkten und Substanzen oder Kontaminanten in der Umwelt.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> (GALAB Laboratories GmbH, 2021)

# Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung.....	V
2	Abstract .....	V
3	Abkürzungen .....	VI
4	Tabellenverzeichnis.....	VI
5	Abbildungsverzeichnis .....	VII
6	Einleitung .....	1
7	Grundlagen.....	2
7.1	Ausgewählte Wildkräuter.....	2
7.2	Nutzen von Wildkräutern .....	5
7.2.1	Inhaltsstoffe.....	5
7.2.2	Heilwirkung und industrieller Lebensmittelgebrauch.....	6
7.3	Bedeutung von Vitaminen in der Ernährung.....	8
7.4	Ausgewähltes Verfahren der Vitaminanalytik .....	13
7.5	Risiko von Wildkräutern .....	16
7.5.1	Kritische Inhaltsstoffe .....	16
7.5.2	Verwechslung.....	17
7.5.3	Parasiten .....	18
7.5.4	Kontaminanten .....	20
7.6	Zubereitung/ Lagerung.....	20
8	Material und Methode .....	21
8.1	Proben und Probenvorbereitung.....	21
8.2	Vitaminanalyse mittels Hochleistungsflüssigkeitschromatographie und Massenspektrometrie.....	23
8.2.1	Vitaminanalyse wasserlösliche Vitamine.....	25
8.2.2	Vitaminanalyse fettlösliche Vitamine .....	26
8.3	Chemikalien .....	27
8.4	Geräte und Materialien.....	27

8.5	Auswertung der Messergebnisse .....	29
8.6	Risiko-Analytik .....	30
9	Ergebnisse .....	32
9.1	Vitaminanalytik.....	32
9.1.1	Wasserlösliche Vitamine.....	33
9.1.2	Fettlösliche Vitamine .....	36
9.2	Risiko-Analyse nach Nohl .....	37
9.3	Risikomanagement.....	39
9.4	Risiko-Nutzen-Bewertung.....	39
10	Diskussion.....	41
11	Literaturverzeichnis.....	42
12	Eidesstattliche Erklärung.....	47

# 1 Zusammenfassung

Das Essen von Wildkräutern wird wieder populärer. Durch das eigene Sammeln entstehen allerdings Gefahren für Verbrauchende. Das Ziel dieser Arbeit ist herauszufinden, welche Nutzen und Risiken der Verzehr von Wildkräutern birgt und eine Empfehlungseinschätzung abzugeben. Bislang gibt es hierzu keine ganzheitliche Betrachtung.

Das Paper bietet Ergebnisse einer Vitaminanalyse, Risikoanalyse, Risikomanagement, eine Bewertung der Nutzen und Risiken, sowie eine abschließende Empfehlung. Hierfür wird auf Flüssigkeitschromatographie mit Tandem-Massenspektrometrie, die Risikoanalyse nach Nohl und einen Risiko-Nutzen-Vergleich zurückgegriffen.

Die Risiken der Kontamination, der Verwechslung, des Verzehrs kritischer Inhaltsstoffe und der Infektion mit Parasiten können durch Risikomanagement insofern vermindert werden, dass die Nutzen des Verzehrs von Wildkräutern das Risiko überwiegt und eine eingeschränkte Verzehrsempfehlung, unter Beachtung des Risikomanagements, ausgesprochen werden kann.

## 2 Abstract

Eating wild herbs is becoming popular again. However, collecting the herbs themselves comes with dangers for consumers. The aim of this paper is to find out what benefits and risks are associated with the consumption of wild herbs and to make a recommendation in the end.

The paper offers the results of a vitamin analysis, risk analysis, risk management, an evaluation of the benefits and risks, and a closing recommendation. For this purpose, liquid chromatography with tandem mass spectrometry, risk analysis according to Nohl and a risk-benefit comparison are performed.

The risks of contamination, confusion of herbs, consumption of critical herb ingredients and infection with parasites can be reduced by risk management to the extent that the benefits of consuming wild herbs can outweigh the risks. A consumption recommendation can be made, while paying attention to the risk management.

### 3 Abkürzungen

HILIC:	Hydrophile Interaktionschromatographie
ESI:	Elektrospray Ionisation
HPLC:	Hochleistungsflüssigkeitschromatograph
LC-MS/MS:	Flüssigkeitschromatographie mit Tandem-Massenspektrometrie
CEN:	Europäisches Komitee für Normung
ASU:	Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren
M:	männlich
W:	weiblich
BVL:	Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
DGE:	Deutsche Gesellschaft für Ernährung
WHO:	World Health Organisation
RKI:	Robert Koch Institut
ACN:	Acetonitril

### 4 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ausgewählte Wildkräuter.....	3
Tabelle 2: Vitamine Zufuhrempfehlung, Physiologische Wirkung und Lebensmittelquellen .....	9
Tabelle 3: Probennahme.....	22
Tabelle 4: Kalibrierkonzentrationen.....	23
Tabelle 5: Lösungsmittelgradienten wasserlösliche Vitamine .....	25
Tabelle 6: Source Parameter ESI wasserlösliche Vitamine .....	25
Tabelle 7: iFunnel Parameter wasserlösliche Vitamine .....	26
Tabelle 8: Lösungsmittelgradienten fettlösliche Vitamine .....	26
Tabelle 9: Source Parameter ESI fettlösliche Vitamine .....	26
Tabelle 10: iFunnel Parameter fettlösliche Vitamine .....	27
Tabelle 11: Lösungsmittel und Chemikalien.....	27

Tabelle 12: Geräte .....	27
Tabelle 13: Messgerätebezeichnungen/-typen .....	28
Tabelle 14: Materialien .....	28
Tabelle 15: Vitaminanteil ausgewählter Vitaminstandardsubstanzen.....	30
Tabelle 16: Nachweisgrenze Vitaminanalytik .....	32
Tabelle 17: wasserlösliche Vitamingehalte in $\mu\text{g}$ pro 100 g .....	33
Tabelle 18: Vitamin C Gehalt in mg pro 100 g.....	34
Tabelle 19: Vergleich der Zufuhrempfehlung mit dem wasserlöslichen Vitamingehalt von 100 g Wildkräutern .....	35
Tabelle 20: fettlösliche Vitamingehalte in $\mu\text{g}$ pro 100 g.....	36
Tabelle 21: Vergleich der Zufuhrempfehlung mit dem fettlöslichen Vitamingehalt von 100 g Wildkräutern .....	36

## 5 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: links: Gänseblümchen, Mitte: Brennnessel, rechts: Spitzwegerich (Huber, Eigene Fotografie - Wildkräuter, 2021) .....	4
Abbildung 2: links: weißer Klee, Mitte: roter Klee, rechts: Giersch (Huber, Eigene Fotografie - Wildkräuter, 2021) .....	4
Abbildung 3: links: Löwenzahnblüte, Mitte: Löwenzahnblätter, rechts: Vergissmeinnicht (Huber, Eigene Fotografie - Wildkräuter, 2021) .....	4
Abbildung 4: Probe, links: gefroren, rechts: gehäckselt (Huber, 2021).....	21
Abbildung 5: Proben in Probengefäßen, links: unzentrifugiert, rechts: zentrifugiert (Huber, 2021).....	22
Abbildung 6: links: Hochleistungsflüssigkeitschromatograph und Auto-Injektor, rechts: Chromatographie-Säulen (Huber, 2021) .....	23
Abbildung 7: Beispielpeak Pyridoxamin (Huber, 2021).....	29
Abbildung 8: Risikomatrix nach Nohl (in Anlehnung an (Sicherheitsingenieurbüro Glen Pollok)) .....	30
Abbildung 9: Kalibriergerade Nicotinsäure (Huber, 2021).....	33
Abbildung 10: Einschätzung der Risikostufen.....	38

## 6 Einleitung

Die Ergänzung der Ernährung durch Wildkräuter wird wieder populär und angesehen. Anleitungen zum Sammeln, Bestimmen und Zubereiten finden sich reihenweise in Büchern, auf Blogs und Websites.<sup>2</sup>

Nachhaltige Ernährung, welche für Gesundheit, geringe Umweltauswirkungen, biologische Vielfalt, erschwingliche Preise und Zugänglichkeit für jedermann steht, rückt in den Fokus. Und auch Naturverbundenheit kann zurzeit als Trend im Ausgleich zur Realität der Großstadt gesehen werden. Community Kühlschränke für kostenlose Lebensmittel und Urban Gardening erfahren Zuwachs.

Wildkräuter passen somit genau in das genannte Themenfeld. Das eigene Sammeln und die fehlende Kontrolle der Lebensmittel birgt jedoch Gefahren für die Verbrauchenden, da kein Risikomanagement betrieben wird.

Die Datenlage bezüglich der Inhaltsstoffe von Wildkräutern und der damit einhergehenden potenzielle Gefahr beim Verzehr ist sehr gering. Zudem gibt es bisher keine ganzheitliche Betrachtung der Vor- und Nachteile, also des Nutzens und Risikos des Verzehrs von Wildkräutern. Daher beschäftigt sich die folgende Arbeit mit nutzenstiftenden Eigenschaften von Wildkräutern, sowie den Risiken ihres Verzehrs.

Die Ausarbeitung beantwortet die Frage: Können Wildkräuter aufgrund ihres ernährungsphysiologischen Mehrwertes, als Ergänzung zur konventionellen Ernährung empfohlen werden, ohne dass unangemessene Risiken beim Verzehr entstehen?

Hierzu wird der Vitamingehalt einiger ausgesuchter Kräuter mittels Hochleistungsflüssigkeitschromatographie und Tandem Massenspektrometrie ermittelt, sowie die Heilwirkung und andere enthaltene Inhaltsstoffe untersucht. Die Risiken stellen Kontamination, Parasiten, kritische Inhaltsstoffe und Verwechslung der Kräuter da. Hier soll der Fokus auf Risikomanagement und -minimierung gelegt werden.

---

<sup>2</sup> (Brombach, 2017) (Heck, 2020)  
(Dreyer, 2020) (Wedl, 2018)



# 7 Grundlagen

## 7.1 Ausgewählte Wildkräuter

Als Wildkräuter werden in dieser Arbeit essbare, krautige Pflanzen definiert, welche überwiegend wild wachsen und meist nicht industriell kultiviert werden. Diese sind nicht durch Züchtung verändert und kommen jeweils typisch für die Umgebung vor. Alltagssprachlich werden diese Pflanzen oft als Unkraut bezeichnet.

Wildkräuter wachsen in unmittelbarer Nähe und müssen für ihr Wachstum nicht angebaut, gegossen oder gedüngt werden. Außerdem sind die Kräuter meist sehr resistent gegenüber Schädlingen und Krankheiten und können auch unter nicht optimalen Bedingungen gut wachsen. Durch ihr meist mehrjähriges Wurzelsystem können die Pflanzen zudem mehrmals geerntet werden.<sup>3</sup> Des Weiteren können eigens gesammelte Wildkräuter eine preiswerte Alternative gegenüber Salaten, Gewürzen und anderen Lebensmitteln aus dem Supermarkt bilden.

Das Sammeln von Wildpflanzen sollte zielgerichtet und nachhaltig erfolgen, weshalb einige Regeln zu beachten sind, welche in den folgenden Kapiteln zu Risiken von Wildkräutern erläutert werden. Die Nachhaltigkeit des Standortes wird gewährleistet, indem nur geerntet wird, was auch benötigt wird. Wenn der gesamte Bestand abgeerntet wird, dann können die Pflanzen nicht leicht nachwachsen. Des Weiteren dürfen auch keine geschützten Pflanzen gesammelt werden.<sup>4,5</sup>

Die für die Analysen dieser Arbeit ausgewählten Wildkräuter sind in der Tabelle 1 beschrieben und auf den Abbildungen 1 bis 3 zu sehen.

---

<sup>3</sup> (Holzmann, 2019)

<sup>4</sup> (Holzmann, 2019)

<sup>5</sup> (Brombach, 2017, S. 21)

Tabelle 1: Ausgewählte Wildkräuter

	<b>Brenn- nessel</b>	<b>Gänse- blüm- chen</b>	<b>Giersch</b>	<b>Löwen- zahn</b>	<b>Klee</b>	<b>Spitzwe- gerich</b>	<b>Vergiss- mein- nicht</b>
<b>Lateini- scher- Name</b>	Urtica species <sup>6</sup>	Bellis pe- rennis <sup>7</sup>	Aegopo- dium po- dagraaria <sup>8</sup>	Taraxa- cum <sup>9</sup>	Trifo- lium <sup>10</sup>	Plantago lanceo- lata <sup>11</sup>	Myoso- tis <sup>12</sup>
<b>Sammel- zeit</b>	April - August <sup>13</sup>	April - Septem- ber <sup>14</sup>	März - Juli <sup>15</sup>	März - Septem- ber <sup>16</sup>	Mai - Septem- ber <sup>17</sup>	Juli - Septem- ber <sup>18</sup>	April - Septem- ber <sup>19</sup>
<b>Verwen- dete Pflan- zenteile</b>	Blätter, Blüte, Sa- men <sup>20</sup>	Blüten <sup>21</sup>	Blätter, Samen <sup>22</sup>	Blätter, Blüte, Wurzel <sup>23</sup>	Triebe, Blätter, Blüten, Samen <sup>24</sup>	Blätter, Knos- pen <sup>25</sup>	Blüten <sup>26</sup>
<b>Standort</b>	Stick- stoffrei- cher Bo- den, Halb- schatten, Waldrän- der <sup>27</sup>	Wiesen <sup>28</sup>	Schattig, halb- schattig, Weg- rand <sup>29</sup>	Nähr- stoffrei- che, Wie- sen <sup>30</sup>	Wiesen, Felder, lichte Wälder, nährstoff- reiche Böden <sup>31</sup>	Wiesen, Parks, Waldrän- der <sup>32</sup>	Äcker, Wegrän- der, Ge- büsche, nährstoff- reiche Lehmbö- den <sup>33</sup>

<sup>6</sup> (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2020)

<sup>7</sup> (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2020)

<sup>8</sup> (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2020)

<sup>9</sup> (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2020)

<sup>10</sup> (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2020)

<sup>11</sup> (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2020)

<sup>12</sup> (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2020)

<sup>13</sup> (Purle, 2020)

<sup>14</sup> (Pfützner)

<sup>15</sup> (Purle, 2020)

<sup>16</sup> (Purle, 2020)

<sup>17</sup> (Pflanzen-Vielfalt)

<sup>18</sup> (Mayer, 2018)

<sup>19</sup> (Pflanzen-Vielfalt)

<sup>20</sup> (Purle, 2020)

<sup>21</sup> (Pfützner)

<sup>22</sup> (Purle, 2020)

<sup>23</sup> (Purle, 2020)

<sup>24</sup> (Pflanzen-Vielfalt)

<sup>25</sup> (Purle, 2020)

<sup>26</sup> (Pflanzen-Vielfalt)

<sup>27</sup> (Purle, 2020)

<sup>28</sup> (Pfützner)

<sup>29</sup> (Purle, 2020)

<sup>30</sup> (Purle, 2020)

<sup>31</sup> (Pflanzen-Vielfalt)

<sup>32</sup> (Purle, 2020)

<sup>33</sup> (Pflanzen-Vielfalt)



Abbildung 1: links: Gänseblümchen, Mitte: Brennnessel, rechts: Spitzwegerich (Huber, Eigene Fotografie - Wildkräuter, 2021)



Abbildung 2: links: weißer Klee, Mitte: roter Klee, rechts: Giersch (Huber, Eigene Fotografie - Wildkräuter, 2021)



Abbildung 3: links: Löwenzahnblüte, Mitte: Löwenzahnblätter, rechts: Vergissmeinnicht (Huber, Eigene Fotografie - Wildkräuter, 2021)

## 7.2 Nutzen von Wildkräutern

### 7.2.1 Inhaltsstoffe

Für einzelne Wildkräuter gibt es bereits Analysen bezüglich des Nährstoffgehalts, Vitamingehalts, Mineralstoffen, Spurenelementen und anderen Inhaltsstoffen. Viele Wildkräuter enthalten ätherische Öle, welche als Aromastoff oder Gewürz genutzt werden können. Enthaltene Bitterstoffe wirken appetitanregend und verdauungsfördernd, Gerbstoffe wirken antibakteriell.<sup>34</sup> Saponine wird die Fähigkeit zugesprochen Cholesterin zu senken und das Immunsystem zu stärken. Sulfide sollen eine Schutzwirkung vor Krebs bieten.<sup>35</sup>

Der Löwenzahn enthält zum Beispiel eine große Varietät an Mikro- und Makro-Nährstoffen. 100 g Trockenmasse der Pflanze enthalten 15,48 g Proteine, 15,55 g Asche und 58,35 g Kohlenhydrate, davon 47,80 g Ballaststoffe.<sup>36</sup> Der Chlorophyllgehalt des Löwenzahns liegt bei 450 mg/kg<sup>37,38</sup> und die Blätter enthalten 206 mg/kg Carotinoide in der Trockenmasse.<sup>39,40</sup> Der Calciumgehalt der Blätter liegt bei etwa 500 mg/kg, der Gehalt der Stiele, Wurzel und Blüten etwas niedriger bei 375 mg/kg bis 400 mg/kg. Das Antioxidans Selen ist zu 200 mg/kg in den Wurzeln, Natrium zu 16.000 mg/kg in den Blättern und 15.000 mg/kg in den Wurzeln, jedoch kaum in Stiel und Blüte enthalten.<sup>41</sup> Außerdem konnten 6.300 mg/kg Magnesium nachgewiesen werden.<sup>42</sup> Alle Werte wurden in der Trockenmasse ermittelt.

Brennnesselblätter sind reich an Flavonoiden, Vitaminen und Mineralstoffen. Die Wurzeln enthalten Polysaccharide, Sterole und Lignane. Die hauptsächlich enthaltenen Flavonoide sind Quercetin, Kämpferol und Rutin, welche antioxidativ, anti-entzündlich, hypoglykämisch, antibakteriell und antiviral wirken sollen.<sup>43</sup> 100 g der Brennnessel enthalten maximal 8,9 g Protein, 18,9 g Gesamtasche, 16,5 g Kohlenhydrate und 2 g Fette.<sup>44,45</sup> Die Mineralstoffgehalte sind 481 mg/100g Calcium, 1,64 mg/100g Eisen, 57 mg/100 g Magnesium, 71 mg/100g Phosphor, 334 mg/100 g Kalium und 4 mg/100g Natrium. Sowie bei den Vitaminen 14 µg/100g Folsäure, 101 µg/100g Vitamin A und 498,6 µg/100g Vitamin K.<sup>46</sup> Die Werte wurden ebenfalls für die Trockenmasse ermittelt.

---

<sup>92</sup> (Dreyer, 2020, S. 8)

<sup>35</sup> (Dreyer, 2020, S. 9)

<sup>36</sup> (Escuerdo, de Arellando, Fernández, Albrarracín, & Mucciarelli, 2004)

<sup>37</sup> (Escuerdo, de Arellando, Fernández, Albrarracín, & Mucciarelli, 2004)

<sup>38</sup> (Paduret, Amariel, Gutt, & Piscuc, 2016, S. 11572)

<sup>39</sup> (Escuerdo, de Arellando, Fernández, Albrarracín, & Mucciarelli, 2004)

<sup>40</sup> (Paduret, Amariel, Gutt, & Piscuc, 2016, S. 11572)

<sup>41</sup> (Paduret, Amariel, Gutt, & Piscuc, 2016, S. 11573)

<sup>42</sup> (Escuerdo, de Arellando, Fernández, Albrarracín, & Mucciarelli, 2004)

<sup>43</sup> (Said, Benmoussa, Derfoufi, & Otmani, 2015, S. 9)

<sup>44</sup> (Said, Benmoussa, Derfoufi, & Otmani, 2015, S. 10)

<sup>45</sup> (Jan, Khan zarafshan, & Singh, 2016, S. 5)

<sup>46</sup> (Jan, Khan zarafshan, & Singh, 2016, S. 5)

## 7.2.2 Heilwirkung und industrieller Lebensmittelgebrauch

Viele Wildkräuter werden bereits industriell für Lebensmittelprodukte, als Arzneistoffe und in der traditionellen Medizin eingesetzt. Viele Krankheiten können mit natürlichen Mitteln behandelt werden und Wildkräuter bieten eine hohe Anzahl an wirksamen Inhaltsstoffen.

Die „Stoffliste für Pflanzen und Pflanzenteile“ des Bundesamts für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit gibt Aufschluss über die verschiedenen Verwendungszwecke einer Vielzahl an Wildkräutern. Einzelne Pflanzenteile werden eingeteilt in Nutzung in der Industrie als Lebensmittel, typische Verwendungszwecke und Empfehlungen, sowie Risiken. Die Stoffliste gibt einen Überblick, welche Pflanzenteile bedenkenlos verzehrt werden können, ob sie als Heilmittel genutzt werden und bei welchen Beschwerden die Kräuter angewendet werden können. Für einige Kräuter werden hierbei auch Medikationsdosis und Daten zu klinischen Studien angegeben.

Kraut und Wurzel des Löwenzahns sind geeignet als Lebensmittel und werden sowohl als Arzneistoff, als auch in der traditionellen Medizin verwendet. Er soll bei Beschwerden wie Appetitlosigkeit, Völlegefühl, Blähungen, Störung des Galleflusses helfen und die Diurese, sowie die Wiederherstellung der Funktion von Leber und Galle anregen.<sup>47,48</sup> In der traditionellen Medizin wird der Löwenzahn außerdem zur vermehrten Harnausscheidung genutzt, um den Körper bei Krankheiten wie Rheuma zu unterstützen,<sup>49</sup> zudem als Abführmittel, Stärkungsmittel, zur Behandlung von Verbrennungen, bei Diabetes, Fieber, Augenentzündungen, Schlaflosigkeit, Halsschmerzen, Lungenabszessen, Gelbsucht und Harnwegsinfektionen.<sup>50</sup> Die Löwenzahnblüte wird hier als Lebensmittelzutat für Tee angegeben.<sup>51,52</sup>

Die Brennnessel ist eingeteilt in Wurzel, Frucht und Blätter, beziehungsweise Kraut der Pflanze. Die Wurzeln der Brennnessel sind nicht unbeschränkt zum Verzehr geeignet, sie werden meist als Gewürz oder auch in Nahrungsergänzungsmitteln verwendet, jedoch nicht pur verzehrt. Die Wurzel wird außerdem als Arzneistoff und in traditionellen Arzneimitteln zur Behandlung von Miktionsbeschwerden bei Prostataadenomen und unterschiedlichen weiteren Beschwerden der ableitenden Harnwege genutzt.<sup>53,54</sup> Die Traditionelle Medizin nutzt die Wurzel zur Harntreibung und als

---

<sup>47</sup> (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2014, S. 144-145)

<sup>48</sup> (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2020)

<sup>49</sup> (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2014, S. 144-145)

<sup>50</sup> (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2020)

<sup>51</sup> (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2014, S. 148-149)

<sup>52</sup> (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2020)

<sup>53</sup> (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2014, S. 150-151)

<sup>54</sup> (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2020)

Medikament bei Rheuma und Ischias. In der Volksmedizin werden Brennnesselwurzeln außerdem zur Behandlung von Asthma, Erkältungen, Schuppen, Diabetes, Durchfall, Ekzemen, Fieber, Hämorrhiden, Gicht, Nasenbluten und Skorbut genutzt.<sup>55</sup>

Die Brennnesselfrüchte werden als Lebensmittel hauptsächlich in Gewürzmischungen oder auch als Tee verwendet und sind in Nahrungsergänzungsmitteln anzutreffen. Auch in der traditionellen Medizin werden sie genutzt.<sup>56,57</sup>

Blätter und Kraut der Brennnesselpflanze sind sowohl als Lebensmittel, als Arzneistoff und auch in der traditionellen Medizin nutzbar.<sup>58</sup> Sie werden genutzt in der Therapie von Arthritis und Rheuma. In der traditionellen Nutzung werden schwächere Gelenkschmerzen und Entzündungen des Harntraktes mit Brennnesselblättern behandelt.<sup>59</sup>

Gänseblümchen werden in der Stoffliste als Lebensmittelkomponente für Tees aufgeführt.<sup>60</sup>

Gierschblatt wird hier ebenfalls als lebensmittelgeeignet gekennzeichnet.<sup>61</sup>

Der Rot- oder auch Wiesenklees wird in Form der Blüten im Lebensmittelbereich als Tee oder Nahrungsergänzungsmittel genutzt.<sup>62,63</sup> Die Blätter des Rotklees können aufgrund mangelnder Datenlage noch nicht beurteilt werden, gelten jedoch in Europa nicht als Novel Food. Eingesetzt werden die Blätter bislang bei der Behandlung von Wechseljahresbeschwerden, Hyperlipidämie, Osteoporose und Prostatakrebs, jedoch fehlen hier klinische Studien mit ausreichend Proband:innen. In der traditionellen Medizin werden die Blätter des roten Klees zur Behandlung von dermatologischen Erkrankungen wie Psoriasis und Ekzemen, sowie oral zur Behandlung von Asthma und Husten genutzt.<sup>64</sup>

Das Kraut des Spitzwegerichs ist für Tees geeignet und wird sowohl als Arzneistoff, als auch für die traditionelle Medizin genutzt. Behandelt werden hiermit Katarrhe der Luftwege, Entzündungen der Mund- und Rachenschleimhaut, Nephritis, Zystitis, bakterielle Enteritis, Nasenbluten, Insektenstiche, Hyperhidrose, Diarrhoe und Obstipation.<sup>65,66</sup>

---

<sup>55</sup> (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2020)

<sup>56</sup> (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2014, S. 150-151)

<sup>57</sup> (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2020)

<sup>58</sup> (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2014, S. 152-153)

<sup>59</sup> (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2020)

<sup>60</sup> (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2014, S. 30-31)

<sup>61</sup> (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2014, S. 14-15)

<sup>62</sup> (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2014, S. 148-149)

<sup>63</sup> (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2020)

<sup>64</sup> (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2020)

<sup>65</sup> (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2014, S. 112-113)

<sup>66</sup> (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2020)

### 7.3 Bedeutung von Vitaminen in der Ernährung

Bekannt sind die 13 verschiedenen Vitamine: Vitamin A, Vitamin D, Vitamin E, Vitamin K, Vitamin C, Pantothensäure, Vitamin B1, Biotin, Vitamin B2, Folsäure, Vitamin B6, Vitamin B12, und Nicotinsäure. Diese werden in fettlösliche und wasserlösliche Vitamine eingeteilt. Als fettlöslich gelten die Vitamine A, D, E und K. Die übrigen genannten Vitamine gelten als wasserlöslich. Als Vitamin wird die Gesamtheit von verwandten Stoffen mit gleicher Wirkung und ähnlichem chemischen Aufbau gezählt, diese werden als Vitamin-Derivate bezeichnet.<sup>67</sup> Vitamine sind essenzielle Ernährungsbestandteile, welche in geringen Mengen zur Aufrechterhaltung der physiologischen Funktionen benötigt werden und nicht ausreichend vom Körper synthetisiert werden können, da dem Organismus die Enzyme zur Biosynthese von Vitaminen fehlen. Vitamine sind essenziell für katalytische, sowie regulatorische Funktionen im Körper. Sie wirken beispielsweise als Coenzyme, Hormone, Wasserstoff-Lieferer oder sind beteiligt an Redoxprozessen.<sup>68</sup> Vitamin D wird hauptsächlich durch Sonneneinwirkung eigensynthetisiert, Vitamin K, B7 Biotin, B9 Folsäure und B12 können in geringen Mengen in der Darmflora synthetisiert werden. Der Vitaminbedarf jeder Person ist individuell, wird jedoch erhöht durch körperliche Belastung, Schwangerschaft, Stillzeit oder in der Wachstumsphase. Referenzwerte für die Nahrungszufuhr werden beispielsweise erstellt von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung oder der World Health Organisation.<sup>69</sup> Diese legen aufgrund von wissenschaftlichen Studien Referenzwerte fest, welche je nach Studienlage als Richtwert, Schätzwert oder Empfehlung angesehen werden können. Die empfohlene Zufuhr gibt die Vitaminmenge an, die benötigt wird, um bei 97,5% der Personen den Vitaminhaushalt vollständig zu decken.<sup>70</sup> Als Hypovitaminose oder auch im Extremfall Avitaminose wird ein Vitaminmangel bezeichnet. Dieser entsteht beispielsweise durch unzureichende Zufuhr, gestörte Resorption oder auch genetische Defekte und äußert sich mit unspezifischen Symptomen, verbunden mit Müdigkeit und Konzentrationsstörung.<sup>71</sup> Therapierbar sind fast alle Mangelerscheinungen durch eine Vitaminsubstitution.<sup>72</sup>

Hypervitaminose ist eine Vitamin-Übersorgung mit teilweise schweren Folgen. Hauptsächlich sind hiervon fettlösliche Vitamine betroffen, da diese langfristig im Körper gespeichert werden.<sup>73</sup>

Referenzwerte der in dieser Arbeit untersuchten Vitamine, sowie die physiologische Wirkung und Lebensmittelquellen der Vitamine finden sich in der folgenden Tabelle 2.

---

<sup>67</sup> (Schlegel & Kessler, 2015, S. 13)

<sup>68</sup> (Löffler & Brigelius-Flohé, 2007, S. 680)

<sup>69</sup> (Amboss, 2021)

<sup>70</sup> (D-A-CH, 2015, S. 3)

<sup>71</sup> (Löffler & Brigelius-Flohé, 2007, S. 680)

<sup>72</sup> (Amboss, 2021)

<sup>73</sup> (Amboss, 2021)

Tabelle 2: Vitamine Zufuhrempfehlung, Physiologische Wirkung und Lebensmittelquellen

<b>Vi- ta- min</b>	<b>Be- zeich- nung</b>	<b>Zufuhr- empfeh- lung/ Refe- renzwerte</b>	<b>Physiologische Wirkung</b>	<b>Lebensmittelquellen</b>
<b>B1</b>	Thia- min	M 1,1- 1,3 mg/Tag W 1 mg/Tag <sup>74</sup>	Als Coenzym beteiligt an Re- aktionen des Kohlenhydrat- stoffwechsels und Aminosäu- restoffwechsel.  Beteiligt an Reizweiterleitung als Thiamintriphosphat <sup>75</sup>	Weizenkeime, Sonnenblu- menkerne, Muskelfleisch (Schwein), Erdnüsse, Pinien- kerne, Vollkornmehl, Din- kel, Weizen, Haferflocken, Hülsenfrüchte, Hauptliefe- rant: Fleisch, Fleischerzeug- nisse, Brot <sup>76</sup>
<b>B2</b>	Ribofla- vin	M 1,4- 1,4 mg/Tag W 1- 1,1 mg/Tag <sup>77</sup>	Bestandteil von Enzymen, die Redoxreaktionen katalysieren. Beteiligt an elektronenübertra- genden Stoffwechselreaktio- nen, Oxidation von Fettsäuren und Aminosäuren und Stoff- wechsel anderer Vitamine  Wichtig für normale Zellfunk- tion, Wachstum und Entwick- lung <sup>78</sup>	Innereien, Hefeflocken, Mol- kenkäse, Getreidekeimflo- cken, Käse, Seelachs, Mak- rele, Hauptlieferant: Milch und Milcherzeugnisse <sup>79</sup>

<sup>74</sup> (D-A-CH, 2015, S. 1)

<sup>75</sup> (D-A-CH, 2015, S. 2)

<sup>76</sup> (D-A-CH, 2015, S. 4)

<sup>77</sup> (D-A-CH, 2015, S. 1)

<sup>78</sup> (D-A-CH, 2015, S. 2)

<sup>79</sup> (D-A-CH, 2015, S. 4)



<b>Vi- ta- min</b>	<b>Be- zeich- nung</b>	<b>Zufuhremp- fehlung/ Re- ferenzwerte</b>	<b>Physiologische Wirkung</b>	<b>Lebensmittelquellen</b>
<b>B3</b>	Nia- cina- mide, Nicotin- säure	M 14- 16 mg/Tag W 11- 13 mg/Tag <sup>80</sup>	Beteiligt an Redoxreaktionen, katabolen und anabolen Pro- zessen, energieproduzierende Reaktionen, Energie-, Kohlen- hydrat-, Aminosäuren-, Fett- stoffwechsel, senkt die Ge- samtcholesterinkonzentration und wirkt entzündungshem- mend und antioxidativ <sup>81</sup>	Sardellen, Mungobohnen, Erdnüsse, Innereien, Fisch, Fleisch, Pilze, Hauptliefe- rant: Fleisch, Kaffee, Brot <sup>82</sup>
<b>B5</b>	Pan- tothen- säure	6 mg/Tag <sup>83</sup>	Bestandteil des Coenzym A, Coenzym A ist essenziell für den Abbau von Fetten, Koh- lenhydraten und Aminosäuren und der Synthese von Fettsäu- ren, Cholesterol und Steroid- derivaten <sup>84</sup>	In geringen Mengen in fast allen Lebensmitteln, Leber, Muskelfleisch, Fisch, Milch, Vollkornerzeugnisse, Hülsenfrüchte <sup>85</sup>
<b>B6</b>	Pyrido- xin	M 1,4- 1,6 mg/Tag W 1,2 mg/Tag <sup>86</sup>	Beteiligt an über 50 enzymati- schen Umsetzungen im (Amino- säure-)stoffwechsel, beein- flusst Funktionen des Nerven- systems, Immunabwehr und Hämoglobinsynthese <sup>87</sup>	Fast alle Lebensmittel, Hüh- ner- und Schweinefleisch, Fisch, Kohl, grüne Bohnen, Linsen, Feldsalat, Kartof- feln, Vollkornprodukte, Ba- nanen, Weizenkeime, Soja- bohnen <sup>88</sup>
<b>B7</b>	Biotin	30- 60 µg/Tag <sup>89</sup>	Carboxylasen sind Biotin ab- hängig, diese sind essenziell bei Gluconeogenese, Abbau von vier Aminosäuren und der Fettsäurebiosynthese <sup>90</sup>	Leber, Sojabohnen, Eigelb, Nüsse, Haferflocken, Spinat, Champignons, Linsen <sup>91</sup>

<sup>80</sup> (D-A-CH, 2015)

<sup>81</sup> (D-A-CH, 2015, S. 3)

<sup>82</sup> (D-A-CH, 2015, S. 5)

<sup>83</sup> (D-A-CH, 2015, S. 1)

<sup>84</sup> (D-A-CH, 2015, S. 1)

<sup>85</sup> (D-A-CH, 2015, S. 2)

<sup>86</sup> (D-A-CH, 2015, S. 1)

<sup>87</sup> (D-A-CH, 2015, S. 1)

<sup>88</sup> (D-A-CH, 2015, S. 2)

<sup>89</sup> (D-A-CH, 2015, S. 1)

<sup>90</sup> (D-A-CH, 2015, S. 1)

<sup>91</sup> (D-A-CH, 2015, S. 2)

<b>Vi- ta- min</b>	<b>Be- zeich- nung</b>	<b>Zufuhremp- fehlung/ Re- ferenzwerte</b>	<b>Physiologische Wirkung</b>	<b>Lebensmittelquellen</b>
<b>B9</b>	Fol- säure, Folat	300 µg/Tag <sup>92</sup>	Coenzym bei der Bindung von Einkohlenstoffeinheiten aus Stoffwechselreaktionen und Übertragung auf Akzeptoren, Bedeutend für RNA- und DNA-Synthese und somit für Zellteilung, Zelldifferenzie- rung und Zellregeneration, Re- gulierung der Homocystein- konzentration im Stoffwech- sel <sup>93</sup>	Grünes Gemüse, besonders Blattgemüse, Tomaten, Hü- lsenfrüchte, Nüsse, Orangen, Sprossen, Weizenkeime, Vollkornprodukte, Kartof- feln, Leber, Eier <sup>94</sup>
<b>B12</b>	Cobala- min	3 µg/Tag <sup>95</sup>	Umbau im Körper in aktive Coenzyme zur intramolekula- ren Umlagerung von Alkylres- ten beim Fettsäurenabbau und Übertragung von Methylgrup- pen, wichtig im Folatstoff- wechsel <sup>96</sup>	Leber, Muskelfleisch, Fisch, Eier, Milch, Käse, Pflanzli- che Quellen mit Bakterien- gärung <sup>97</sup>
<b>C</b>	Ascor- bin- säure	M 110 mg/Tag W 95 mg/Tag <sup>98</sup>	Reduktionsmittel bei intra- und extrazellulären Reaktio- nen, Cofaktor von kupfer- und eisenabhängigen Enzymen, Bestandteil der Synthese von Kollagen, Antioxidans, betei- ligt an Hydroxylierungsreakti- onen in der Leber <sup>99</sup>	Gemüse, Obst, -saft, Smoothies, Sanddornbeeren, Paprika, schwarze Johannis- beeren, Zitrusfrüchte, Kar- toffeln, Kohl, Spinat, Toma- ten <sup>100</sup>

<sup>92</sup> (D-A-CH, 2015, S. 1)

<sup>93</sup> (D-A-CH, 2015, S. 3)

<sup>94</sup> (D-A-CH, 2015, S. 6)

<sup>95</sup> (D-A-CH, 2015, S. 1)

<sup>96</sup> (D-A-CH, 2015, S. 1)

<sup>97</sup> (D-A-CH, 2015, S. 3)

<sup>98</sup> (D-A-CH, 2015, S. 1)

<sup>99</sup> (D-A-CH, 2015, S. 3)

<sup>100</sup> (D-A-CH, 2015, S. 5)

<b>Vi- ta- min</b>	<b>Be- zeich- nung</b>	<b>Zufuhremp- fehlung/ Re- ferenzwerte</b>	<b>Physiologische Wirkung</b>	<b>Lebensmittelquellen</b>
<b>D</b>	Chole- cal- ciferol	20 µg bei fehlender en- dogener Synthese <sup>101</sup>	Regulation der Calciumhomö- ostase und Phosphatstoffwech- sels, steigert Phosphatabsorp- tion im Darm, erhöht tubuläre Calciumreabsorption in der Niere <sup>102</sup>	Fettfische, Leber, Margarine, Eigelb <sup>103</sup>
<b>E</b>	Toco- pherol	M 12- 15 mg/Tag W 11- 12 mg/Tag <sup>104</sup>	Schutz vor reaktivem Sauer- stoff und somit der Peroxida- tion mehrfach ungesättigter Fettsäuren, beeinflusst Eicosanoidsynthese und Im- munsystem <sup>105</sup>	Weizenkeimöl, Sonnenblu- menöl, Rapsöl, Mais- keimöl <sup>106</sup>
<b>K</b>	Phyl- lochi- non	M 70- 80 µg/Tag W 60- 65 µg/Tag <sup>107</sup>	Bildung von Proteinen für Blutgerinnung, Plasma, Niere und Knochen, positiver Effekt gegen koronare Herzkrankhei- ten <sup>108</sup>	Grünes Gemüse, Milch, Milchprodukte, Muskel- fleisch, Eier, Getreide, Früchte, Gemüse <sup>109</sup>

<sup>101</sup> (D-A-CH, 2015, S. 1)

<sup>102</sup> (D-A-CH, 2015, S. 2)

<sup>103</sup> (D-A-CH, 2015, S. 5)

<sup>104</sup> (D-A-CH, 2015, S. 1)

<sup>105</sup> (D-A-CH, 2015, S. 2)

<sup>106</sup> (D-A-CH, 2015, S. 4)

<sup>107</sup> (D-A-CH, 2015, S. 1)

<sup>108</sup> (D-A-CH, 2015, S. 2)

<sup>109</sup> (D-A-CH, 2015, S. 3)

## 7.4 Ausgewähltes Verfahren der Vitaminanalytik

Zur Analyse von Vitaminen veröffentlicht das BVL Vorschriften nach § 64 des Lebensmittel- und Futtermittel Gesetzbuches. Hierbei handelt es sich um die Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren vom Technischen Komitee CEN/TC 275. Jedes Vitamin wird hier in einem eigenen Kapitel behandelt. Die ASU-Vorschriften beschreiben die benötigten Chemikalien und Materialien, sowie die Durchführung und auch Auswertung der Ergebnisse. Alle Untersuchungen werden mittels eines Hochleistungsflüssigkeitschromatographen (HPLC) durchgeführt. Die Detektion erfolgt beispielsweise mit einem Fluoreszenz- oder mittels UV-Detektor. Viele dieser ASU-Verfahren sind seit 2001 bzw. 2004 nicht erneuert worden.<sup>110</sup> Nur wenige wurden 2020 überarbeitet und erneuert.

Chromatographie ist ein zwei-phasiges Trennverfahren. Die mobile Phase durchströmt hierbei unter Druck die stationäre Phase. Die Komponente mit der höchsten Anziehung zur stationären Phase löst sich hierbei zuletzt.<sup>111,112</sup> Bei der mobilen Phase handelt es sich um eine nicht mischbare Flüssigkeit oder ein nicht lösliches Gas, während die stationäre Phase ein Feststoff oder eine Flüssigkeit sein kann. Chromatographische Verfahren lassen sich auf Grundlage des Aufbaus der Trennstrecke und Kombination der Phasenarten einteilen. Die Trennstrecken werden unterschieden zwischen Papierchromatographie, Dünnschichtenchromatographie, Säulenchromatographie und Gaschromatographie. Die Möglichkeiten zur Kombination der Phasenarten bestehen aus Flüssig-Flüssig Chromatographie, Gas-Flüssig Chromatographie, Gas-Fest Chromatographie, sowie Flüssig-Fest Chromatographie.<sup>113</sup> Für diese Arbeit wird das Prinzip der Hochleistungsflüssigkeitschromatographie genutzt. Die Säule enthält eine stationäre Phase, welche von Flüssigkeit durchströmt wird. Der Vorteil hierbei ist eine hochauflösende Trennung, innerhalb kurzer Zeit, außerdem können sowohl quantitative, als auch qualitative Aussagen mittels einer Analyse getroffen werden. Die Analyten müssen hierfür allerdings in einem Lösungsmittel löslich sein. Für die HPLC wird in dieser Arbeit eine flüssige mobile Phase und eine feste stationäre Phase, mittels einer HILIC-Säule, eingesetzt.<sup>114</sup> HILIC bedeutet Hydrophile Interaktionschromatographie. Eine HILIC Säule wird genutzt für die Trennung von

---

<sup>110</sup> (Technisches Komitee CEN/TC 275 "Lebensmittelanalytik - Horizontale Verfahren", 2015) (Technisches Komitee CEN/TC 275 "Lebensmittelanalytik - Horizontale Verfahren", 2006) (Technisches Komitee CEN/TC 275 "Lebensmittelanalytik - Horizontale Verfahren", 2015) (Technisches Komitee CEN/TC 275 "Lebensmittelanalytik - Horizontale Verfahren", 2020) (Technisches

Komitee CEN/TC 275; Arbeitsausschuss "Vitamine" des NAL, 2015) (Technisches Komitee CEN/TC 275; Arbeitsausschuss "Vitamine" des NAL, 2001) (Technisches Komitee CEN/TC 275; Arbeitsausschuss "Vitamine" des NAL, 2010) (Technisches Komitee CEN/TC 275; Arbeitsausschuss "Vitamine" des NAL, 2015) (Technisches Komitee CEN/TC 275; Arbeitsausschuss "Vitamine" des

NAL, 2004) (Technisches Komitee CEN/TV 275 "Lebensmittelanalyse - Horizontale Verfahren", 2004)

<sup>111</sup> (Chemyx, 2020)

<sup>112</sup> (Matissek, Steiner, & Fischer, 2013, S. 47)

<sup>113</sup> (Matissek, Steiner, & Fischer, 2013, S. 47)

<sup>114</sup> (Matissek, Steiner, & Fischer, 2013, S. 64)

hochpolaren Verbindungen, basierend auf Hydrophilie und Polarität. Hierfür ist bereits die stationäre Phase der Säule polar.<sup>115</sup> Der Verbleibmechanismus der HILIC setzt sich zusammen aus flüssig-flüssig-Trennung, Absorption, Ionen Interaktion und hydrophobem Verbleib. Der erfolgreiche Verbleib ist abhängig von der mobilen Phase, ihrer Interaktion mit der stationären Phase und chemischen Eigenschaften, sowie strukturellen Teilen des Analyten.<sup>116</sup> Der Verbleib ist proportional zur Polarität des Lösungsmittels und gegenteilig proportional zur Polarität der mobilen Phase. Die stationäre Phase ist polar und kann Wasser und andere polare Lösungsmittel einfach absorbieren. Polare Analyten zeigen einen stärkeren Verbleib bei höherer Polarität der stationären Phase und schwächerer mobiler Phase. Wenn die stationäre Phase hydrophiler ist als die mobile Phase, wird der polare Analyt mit der stationären Phase interagieren, so entsteht ein höherer Verbleib. Ausgewaschen wird der Analyt durch eine erhöhte Polarität der mobilen Phase, Wasser ist der am meisten polare und somit stärkste Eluent in HILIC-Systemen.<sup>117</sup> Die hydrophile Schicht kann nur von der stationären Phase absorbiert werden, wenn zumindest 3 % der mobilen Phase polares Lösemittel sind. Eine erhöhte Polarität sorgt für die hydrophile Schicht, sodass der Verbleib von polaren Komponenten entstehen kann. Hierfür wird meist >70 % Acetonitril genutzt, dieses unterstützt stärkere Hydrogenverbindungen zwischen dem Analyten und der polar-absorbierten Schicht.<sup>118</sup> In dieser Arbeit wird zusätzlich zur Chromatographie noch ein Massenspektrometer verwendet. Das Verfahren nennt sich Tandem-Massenspektrometrie mit Flüssigkeitschromatographie (LC-MS/MS). Die Kombination von Chromatographie und Massenspektrometrie erhöht die Genauigkeit der Messungen und mindert die Fehleranfälligkeit.<sup>119</sup>

Hierbei werden die Endprodukte der Chromatographie auf Basis der molaren Masse getrennt und quantifiziert.<sup>120</sup> Bestandteile des Massenspektrometers sind unter anderem eine Ionenquelle, ein Massenanalysator und die Registriereinheit. Gemessen wird hier das Verhältnis der Masse zur Ladung ( $m/z$ ).<sup>121</sup>

Hierbei entsteht bei Atmosphärendruck ein Ionenstrahl, welcher in Hochvakuum transportiert wird. Anschließend passieren die Ionen drei Quadrupole, daher wird diese Methode auch Triple-Quadrupol genannt.<sup>122</sup> Quadrupol-Massenspektrometer eignen sich insbesondere durch ihre zuverlässige Arbeitsweise, da sie stabil und wartungsarm sind. Zudem haben sie eine hohe Empfindlichkeit, jedoch nimmt diese bei steigender Masse des Analyten ab. Ein Quadrupol besteht aus vier parallelen

---

<sup>115</sup> (Gross, 2013, S. 130)

<sup>116</sup> (Grumbach & Fountain, 2010, S. 9)

<sup>117</sup> (Grumbach & Fountain, 2010, S. 10-11)

<sup>118</sup> (Grumbach & Fountain, 2010, S. 13)

<sup>119</sup> (Chemyx, 2020)

<sup>120</sup> (Chemyx, 2020)

<sup>121</sup> (Matissek, Steiner, & Fischer, 2013, S. 76)

<sup>122</sup> (Matissek, Steiner, & Fischer, 2013, S. 80-81)

Metallstäben, welche quadratisch angeordnet sind. Ionen mit ausgewählter  $m/z$  können sich innerhalb eines Quadrupols in stabilen Bahnen bewegen und werden so durch den Quadrupol geschleust. Ionen mit anderen  $m/z$  Verhältnissen werden herausgefiltert, da sie sich nicht auf einer stabilen Bahn bewegen können.<sup>123</sup> Durch Quadrupol 1 kann nur der ionisierte Analyt passieren, hier findet die Ionendetektion mittels der Molaren Anfangsmasse statt. Quadrupol 2 enthält eine mit Stickstoff gefüllte Kollisionszelle, in der mittels Stickstoffkollision die Fragmentierung der Ionen in ihre Fragmentionen stattfindet. Die Analyse der Fragmentionen findet in Quadrupol 3 statt, dieser filtert die Massen und fungiert als Ionenanalysator, dafür werden spezifische Ionen-Fragment-Massen angepeilt, um so die isolierten Ionen zu quantifizieren.<sup>124, 125</sup> Der Analytverbrauch der Massenspektrometrie ist minimal. Für die Analyse werden wenige Mikrogramm Analyt benötigt.<sup>126</sup>

---

<sup>123</sup> (Prof. Salzer, et al., 2021)

<sup>124</sup> (Gross, 2013, S. 130)

<sup>125</sup> (Gross, 2013, S. 7)

<sup>126</sup> (Gross, 2013, S. 9)

## 7.5 Risiko von Wildkräutern

### 7.5.1 Kritische Inhaltsstoffe

Einige Wildkräuter enthalten kritische Inhaltsstoffe, welche ein Risiko für die Gesundheit darstellen. Einzelne Pflanzenteile können für den Verzehr gänzlich ungeeignet sein oder in hohen Konzentrationen zu Beschwerden führen.

Die Wurzel der Brennnessel kann bei Einnahme gelegentlich Magen-Darm-Beschwerden hervorrufen.<sup>127</sup>

Beim Verzehr von Löwenzahn besteht die Gefahr, den Milchsaf aus dem Stiel aufzunehmen. Dieser führt zu Beschwerden wie Erbrechen, Bauchschmerzen, Durchfall und Übersäuerung des Magens. Die für diese Beschwerden verantwortlichen Inhaltsstoffe des Löwenzahns sind Sesquiterpenlactone.<sup>128</sup>

Durch den Verzehr von Rotklee können leichte Übelkeit und sehr selten auch Nesselsucht auftreten.<sup>129</sup> Untersucht wurde der Zusammenhang dieser Symptome mit den enthaltenen Isoflavonen des Rotklees, welcher gesundheitsfördernd wirken soll und auch in der Sojaprodukten enthalten ist. Jedoch gibt es auch gegenteilige Quellen, welche ein Risiko besonders für Frauen um die Menopause untersuchen. Das Bundesinstitut für Verbraucherschutz stuft die positiven Wirkungen der Isoflavone als nicht ausreichend belegt, die gesundheitsschädlichen Wirkungen jedoch als gering möglich ein und rät somit Frauen in und nach den Wechseljahren von der isolierten Einnahme von Isoflavonen, beispielsweise in Nahrungsergänzungsmitteln, ab.<sup>130</sup>

---

<sup>127</sup> (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2014, S. 150-151)

<sup>128</sup> (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2014, S. 144-145)

<sup>129</sup> (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2014, S. 148-149)

<sup>130</sup> (Bundesinstitut für Risikobewertung, 2007, S. 3)

## 7.5.2 Verwechslung

Zahlreiche essbare Wildkräuter haben in der Natur Doppelgänger, welche ihnen zum Verwechselln ähnlich sehen. Manche dieser Doppelgänger enthalten Giftstoffe, welche bei Verzehr oder übermäßigem Verzehr zu Beschwerden führen. Um diese Verwechslungen zu vermeiden, sollte sich im Vorfeld über mögliche Doppelgänger informiert und die genaue Bestimmung erlernt werden. Wildpflanzen sollten nur gesammelt und verzehrt werden, wenn diese mit voller Sicherheit richtig bestimmt wurden.

Ein besonders bekanntes Verwechslungsbeispiel bieten die Blätter des Bärlauchs, welche leicht mit dem Maiglöckchen und der Herbstzeitlosen verwechselt werden können.<sup>131</sup> Das Maiglöckchen enthält giftige Glykoside und Saponine<sup>132</sup>, während die Herbstzeitlose Colchizin enthält, welches nach der Aufnahme häufig tödlich sein kann.<sup>133</sup> Die Unterschiede liegen besonders im Geruch der Pflanzen, da der Bärlauch als einziger einen starken Knoblauchgeruch verströmt, allerdings kann dieser nach einiger Sammelzeit auch von den Händen kommen. Weitere Unterschiede liegen in der Blüte und Blütezeit. Die Herbstzeitlose blüht erst im Herbst und hat lila Blüten im Gegensatz zu den anderen Pflanzen, welche im Sommer weiß blühen. So lässt sich die Herbstzeitlose zwar vom Bärlauch unterscheiden, jedoch wird dieser meist vor der Blüte geerntet. Unterschiede liegen außerdem in der Breite der Blätter und dem Aussehen der Blattvenen. Zudem wächst die Herbstzeitlose selten in Wäldern.<sup>134</sup>

Auch eine der in dieser Arbeit untersuchten Pflanzen hat giftige Doppelgänger. Die Doppelgänger Gefleckter Schierling (*Conium maculatum*), Hecken-Kälberkopf (*Chaerophyllum temulum*) und Hundspetersilie (*Aethusa cynapium*) sehen dem Giersch sehr ähnlich. Sie stehen alle an ähnlichen Standorten, haben gefächerte Blätter und ihre Blüten gleichen sich. Die wesentlichen Unterschiede zwischen den Pflanzen lassen sich am Stängel ausmachen. Die Doppelgänger sind zudem auch an ihrem unangenehmen Geruch der Blätter erkennbar. Der Giersch selbst hat einen hohlen, rein grünen Stängel, dreieckige Blütendolden und wird bis zu acht Zentimeter breit mit langen, tief wachsenden Ausläufern.<sup>135</sup> Die Hundspetersilie enthält in allen Pflanzenteilen Aethusin. Ihr Stängel ist rund, oft dunkelrot überlaufen oder bläulich bereift, die Blattunterseite glänzt stark und riecht unangenehm.<sup>136</sup> Der Hecken-Kälberkopf enthält in Frucht und Kraut Polyne. Merkmale der Pflanze sind ein runder, steifer, behaarter Stängel, welcher unten meist rot gefleckt ist.<sup>137</sup> Beim gefleckten Schierling sind

---

<sup>131</sup> (Wedl, 2018, S. 42)

<sup>132</sup> (Wedl, 2018, S. 44)

<sup>133</sup> (Wedl, 2018, S. 43)

<sup>134</sup> (Wedl, 2018, S. 46)

<sup>135</sup> (Wedl, 2018, S. 32)

<sup>136</sup> (Wedl, 2018, S. 33)

<sup>137</sup> (Wedl, 2018, S. 34)



aufgrund des enthaltenen Coniins alle Pflanzenteile giftig. Er hat einen runden, kahlen Stängel, welcher im oberen Teil Rillen hat und lila gefleckt ist. Beim Zerreiben der Pflanze entsteht ein Geruch nach Mäusen. Der Kontakt zu Pflanzenteilen kann zu Verätzungen führen, der Verzehr kann tödlich enden<sup>138</sup>

### 7.5.3 Parasiten

Parasiten sind Lebewesen, welche meist an einen Wirt gebunden sind. Diese sind ohne ihren Wirt nicht mehr lebens- oder vermehrungsfähig. Es gibt hierbei spezifische und unspezifische Wirt-Parasiten-Beziehungen. Spezifische Parasiten können nur eine Art Lebewesen als Wirt nutzen, Unspezifische allerdings auch mehrere. Unterschieden werden Parasiten in Ektoparasiten und Endoparasiten. Ektoparasiten sind Außenschmarotzer und nutzen die Körperoberfläche ihres Wirts als Nahrungsquelle.<sup>139</sup> Parasiten können außerdem in eine Kombination von Kategorien eingeteilt werden. So gibt es die Unterscheidung zwischen temporärem, kurzfristigem Parasitismus und dem stationären Parasitismus. Der stationäre Parasitismus kann viele Stunden bis Wochen andauern anders als der permanente Parasitismus, welcher sich über alle Entwicklungsstadien des Parasiten zieht, im Gegensatz zu periodischem Parasitismus, welcher zum Beispiel nur im Larvenstadium passiert. Ein temporär-periodischer Parasit wäre somit beispielsweise die Stechfliege, da diese ihren Wirt nur zur Fortpflanzung als Nahrungsquelle benötigt, temporär-permanente Parasiten sind beispielsweise Zecken, stationär-periodisch die Herbstmilbe und stationär-permanent leben Läuse und auch einige Zeckenarten.<sup>140</sup> Endoparasiten sind im Gegensatz zu Ektoparasiten dauerhaft auf einen Wirt angewiesen, um überleben zu können, sie sind immer stationär, können allerdings periodisch oder permanent bei einem Wirt sein.<sup>141</sup> Bei Erkrankungen durch Parasiten können die Endoparasiten noch in Protozoen (Einzeller) und Helminthen (Würmer) eingeteilt werden. Beide werden häufig durch den Konsum von rohem Fleisch und Fisch, sowie nicht vollständig durcherhitzten Lebensmitteln übertragen.<sup>142</sup>

Ein besonders bekannter Parasit ist der Fuchsbandwurm. Er kommt in ganz Mitteleuropa, besonders Deutschland, Österreich, Schweiz, Frankreich und Norditalien vor, in Deutschland vor allem in Bayern und Baden-Württemberg. Beim Kleinen Fuchsbandwurm, oder *Echinococcus multilocularis*, handelt es sich um einen Parasiten, welcher hauptsächlich den Rotfuchs befällt. In seinen unterschiedlichen Entwicklungszyklen lebt der Kleine Fuchsbandwurm in einem Zwischen- und einem Endwirt. Bei dem Zwischenwirt handelt es sich um Kleintiere wie Mäuse oder Ratten, welche die

---

<sup>138</sup> (Wedl, 2018, S. 35)

<sup>139</sup> (Piekarski, 1954, S. 7)

<sup>140</sup> (Piekarski, 1954, S. 8)

<sup>141</sup> (Piekarski, 1954, S. 14)

<sup>142</sup> (Messelhäuser & Bayrisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmitt, 2019)

Eier des Parasiten in sich aufnehmen. Hier schlüpft und entwickelt sich die Larve, welche auch Finne genannt wird und befällt die Leber, manchmal auch Lunge und Gehirn, des Wirts. Der Endwirt, der meist ein Fuchs ist, frisst den Zwischenwirt, wodurch die Fuchsbandwurmlarven sich zu Bandwürmern weiterentwickeln können, und Eier legen, welche mit dem Kot ausgeschieden werden. Der Mensch kann vom Fuchsbandwurm infiziert werden, indem er die Eier aufnimmt. Er wird so zum Zwischenwirt. Durch den Befall bildet sich tumorartiges Larvengewebe in Leber, Lunge und Gehirn. Die Erkrankung verläuft zunächst symptom- und schmerzfrei. Symptome werden teilweise erst nach zehn Jahren sichtbar, da die Larven nur sehr langsam wachsen. Zur Vermeidung einer Erkrankung, sollten Waldfrüchte gut abgewaschen und wenn möglich erhitzt werden, da der Erreger Temperaturen über 60 °C nicht standhält. Außerdem sollte beim Sammeln auf eine gute Händehygiene geachtet werden. Das Einfrieren der gesammelten Lebensmittel ist allerdings nicht empfehlenswert, da der Erreger kältebeständig bis -80 °C ist.<sup>143</sup>

Ein Befall mit dem Fuchsbandwurm ist lebensgefährlich und kann ohne Behandlung tödlich enden. Da mehrere hundert Eier zur Infektion nötig sind, tritt eine Erkrankung allerdings äußerst selten auf.<sup>144</sup> Trotzdem ist die Zahl der Infektionen innerhalb der letzten Jahre kontinuierlich gestiegen. In Deutschland infizieren sich laut RKI schätzungsweise 50 bis 60 Personen im Jahr mit dem Fuchsbandwurm. Es wird vermutet, dass der Kontakt zu infizierten Tieren und befallenem Waldboden ein Risikofaktor für eine Infektion sein können.<sup>145</sup> Allerdings konnten das Sammeln von Beeren und Pilzen im Wald noch in keiner Studie als Risikofaktoren nachgewiesen werden.<sup>146</sup> Eine Methode des Risikomanagements ist die Überwachung der Fuchspopulation zur Einschätzung der Verbreitung und Häufigkeit der Erkrankung. In Niedersachsen hatte die Erkrankung mit Fuchsbandwürmern 2008 eine Inzidenz von 0,02-1,4 Personen pro 100.000 Einwohner im Jahr.<sup>147</sup>

---

<sup>143</sup> (Rinder & Bayrisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmitt, 2013)

<sup>144</sup> (Deutsche Presse Agentur, 2018, S. 9)

<sup>145</sup> (Robert Koch Institut, 2017, S. 128)

<sup>146</sup> (Deutsche Presse Agentur, 2018, S. 9)

<sup>147</sup> (Keyserlingk-Eberius, 2008)

## 7.5.4 Kontaminanten

Ein weiteres Risiko beim Verzehr von Wildkräutern stellt die Kontamination dar. Je nach Standort gibt es hier unterschiedliche Kontaminationen, welche sich jedoch meist einfach vermeiden lassen. Hundewiesen und ähnliches sollten beim Sammeln gemieden werden, da hier häufig Urinspuren auf den Pflanzen zu finden sind.<sup>148,149</sup> Auch direkt am Wegrand von stark ausgetretenen Pfaden sollte nicht gesammelt werden.<sup>150</sup> Das Sammeln von Kräutern an viel befahrenen Straßen ist aufgrund der hohen Schadstoffbelastung ungünstig, da die Pflanzen durch Abgase und andere Verschmutzung ungenießbar werden.<sup>151,152,153</sup> Zudem sollten die Ränder von Feldern und Äckern zum Sammeln gemieden werden, da hier hohe Mengen an Düngemittel und Pflanzenschutzmitteln auftreten können.<sup>154,155</sup> Bei der Suche auf Wiesen sollte darauf geachtet werden, dass diese ungedüngt sind. Dies erkennt man an einer hohen Varietät an Pflanzen, da gedüngte Wiesen weniger unterschiedliche Pflanzen beherbergen.<sup>156</sup> Zudem sollte vom Ernten auf früheren Industriegebieten abgesehen werden, da es möglich ist, dass hier Chemikalien und Öle im Boden versickert sind, welche von den Pflanzen aufgenommen worden sein könnten.

Gute Orte zum Sammeln sind beispielsweise ungedüngte Wiesen, Uferzonen und Wälder<sup>157</sup>.

## 7.6 Zubereitung/ Lagerung

Bei der Zubereitung sollten ein paar Dinge beachtet werden, um zu gewährleisten, dass der Verzehr unbedenklich ist. Es sollten nur saubere, intakte Blätter verarbeitet werden. Diese werden direkt nach dem Sammeln einzeln gut gewaschen und getrocknet.<sup>158,159</sup> Die Kräuter sollten möglichst frisch verzehrt werden. Sollte eine Lagerung nötig sein, können sie im Kühlschrank gelagert oder auch eingefroren werden. Hierbei ist besonders wichtig, dass die Kräuter zuvor gewaschen und getrocknet werden.<sup>160</sup> Des Weiteren können Kräuter zur Haltbarmachung getrocknet oder in Öl eingelegt werden.<sup>161</sup> Um sicher zu gehen können die Pflanzen vor dem Verzehr auf 60 °C erhitzt werden, um etwaige Parasiten abzutöten. Dies kann beispielsweise durch Kochen oder Backen passieren.

---

<sup>148</sup> (Heck, 2020)  
<sup>149</sup> (NDR, 2021)  
<sup>150</sup> (Mayer, 2018)  
<sup>151</sup> (Purle, 2020)  
<sup>152</sup> (Heck, 2020)

<sup>153</sup> (NDR, 2021)  
<sup>154</sup> (NDR, 2021)  
<sup>155</sup> (Heck, 2020)  
<sup>156</sup> (Mayer, 2018)  
<sup>157</sup> (Purle, 2020)

<sup>158</sup> (Mayer, 2018)  
<sup>159</sup> (Brombach, 2017, S. 21)  
<sup>160</sup> (NDR, 2021)  
<sup>161</sup> (Heck, 2020)

## 8 Material und Methode

Zur Beantwortung der Frage „Können Wildkräuter aufgrund ihres ernährungsphysiologischen Mehrwertes als Ergänzung zur konventionellen Ernährung empfohlen werden, ohne dass unangemessene Risiken beim Verzehr entstehen?“ wird zunächst eine Vitaminanalyse mittels LC-MS/MS durchgeführt. Anschließend werden die in der Einführung beschriebenen Risiken des Verzehrs von Wildkräutern in einer Risikomatrix bewertet und Risikomanagement Maßnahmen erstellt. Zuletzt werden die Risiken mit dem Nutzen des Verzehrs inklusive der Vitaminanalytik verglichen und bewertet.

### 8.1 Proben und Probenvorbereitung

Die Wildkräuter Brennnessel, Gänseblümchen, Giersch, Löwenzahn, roter Klee, Spitzwegerich, Vergissmeinnicht und weißer Klee wurden in der vorliegenden Arbeit analysiert. Nach dem Ernten wurden die Proben in einer Kühlbox transportiert, gewaschen, abgetrocknet und bei  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  eingefroren. Für die Probenvorbereitung wurden Blüten, Stängel und Blätter der jeweiligen Pflanze im gefrorenen Zustand in einem Mixer mit Trockeneis kaltvermahlen (Abbildung 4).



Abbildung 4: Probe, links: gefroren, rechts: gehäcksel (Huber, 2021)

Anschließend wurde das Trockeneis im Kühlschrank bei  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  ausgedampft. Die zerkleinerten Pflanzenteile wurden jeweils einzeln zu  $0,2\text{ g}$  in braune  $20\text{ mL}$  Schraubdeckelgläser eingewogen. Dies wurde je Pflanzensorte zwei Mal gemacht, einmal für die Bestimmung der fettlöslichen Vitamine und einmal für die Bestimmung der wasserlöslichen Vitamine, da diese unterschiedlich aufbereitet und getestet wurden. In die Schraubdeckelgläser wurden jeweils für die Bestimmung der wasserlöslichen Vitamine  $5\text{ mL}$  saure Lösung aus Methanol mit  $0,1\%$  Ameisensäure und für die Bestimmung der fettlöslichen Vitamine  $5\text{ mL}$  Methanol hinzugefügt. Die Proben wurden zehn Minuten in ein Ultraschallbad bei  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$  gegeben. Darauffolgend wurden die Proben in Zentrifugen-Probengefäße gegeben und drei Minuten zentrifugiert, bis sich die Schwebstoffe absetzen (Abbildung 5). Anschließend wurden die Proben in ein Messvial pipettiert.

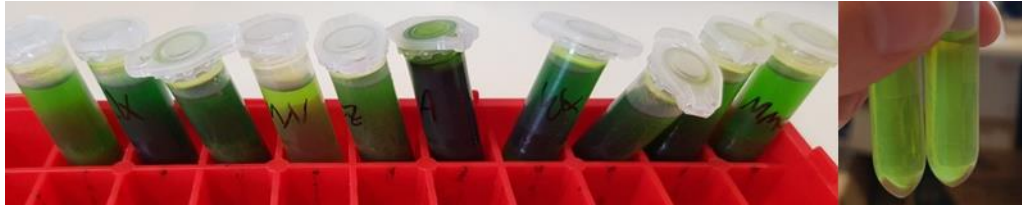


Abbildung 5: Proben in Probengefäßen, links: unzentrifugiert, rechts: zentrifugiert (Huber, 2021)

Zur Bestimmung der Vitamine innerhalb des linearen Messbereichs wurde die Probe außerdem 1:1 und 1:10 verdünnt und eine Doppelbestimmung der ersten Lösung gemacht, sodass für jede Pflanzensorte vier Vials getestet wurden. Je zwei Mal mit der Probenkonzentration 40 ng/mL, und je einmal 20 ng/mL und 4 ng/mL. Alle Proben wurden im Süden Hamburgs geerntet. Das Datum der Ernte, der Ursprungsort und die analysierten Pflanzenteile sind in der Tabelle 3 einzusehen. Die Messung der wasserlöslichen Vitamine fand am 28. Juni 2021 und die Messung der fettlöslichen Vitamine am 11. August 2021 statt.

Tabelle 3: Probennahme

Probe	Datum	Ursprungsort	Pflanzenteile
Brennnessel	18.05.21	Hamburg Harburg, Deutschland	Stängel, Blätter
Gänseblümchen	18.05.21 + 27.05.21	Hamburg Harburg, Deutschland	Blüten, Stängel, Blätter
Giersch	18.05.21	Hamburg Harburg, Deutschland	Blätter
Löwenzahn	18.05.21	Hamburg Harburg, Deutschland	Blüten, Stängel, Blätter
Roter Klee	03.06.21	Hamburg Harburg, Deutschland	Blüten, Stängel, Blätter
Spitzwegerich	03.06.21	Hamburg Bergedorf, Deutschland	Blüten, Stängel, Blätter
Vergissmeinnicht	18.05.21	Hamburg Harburg, Deutschland	Blüten, Stängel, Blätter
Weißer Klee	03.06.21	Hamburg Harburg, Deutschland	Blüten, Stängel, Blätter

## 8.2 Vitaminanalyse mittels Hochleistungsflüssigkeitschromatographie und Massenspektrometrie

Der Vitamingehalt der Wildkräuter wird mittels Hochleistungsflüssigkeitschromatographie und anschließender Tandem-Massenspektrometrie bestimmt. Teil des Geräts sind unter anderem ein Autoinjektor und ein Ionenspray-Interface. Der Hochleistungsflüssigkeitschromatograph mit Autoinjektor und die Chromatographie-Säulen sind auf Abbildung 6 zu sehen.



Abbildung 6: links: Hochleistungsflüssigkeitschromatograph und Auto-Injektor, rechts: Chromatographie-Säulen (Huber, 2021)

Zur Auswertung der Proben wurden als Kontrollprobe ein Vitaminmix gemessen. Der Vitaminmix Standard wird aus den folgenden Vitaminen und Vitaminderivaten und Konzentrationen angesetzt und verschieden verdünnt, um eine Kalibriergerade zu erstellen, anhand welcher man die Vitaminwerte der Probe ermitteln kann. Tabelle 4 zeigt die genutzten Kalibrierkonzentrationen. In einem Kalibrierstandard befinden sich jeweils alle Vitamine. Der Vitaminmix wird mit jeweils 1.000 ng/mL angesetzt (Ascorbinsäure, Iso-Ascorbinsäure und Dehydroascorbinsäure mit 10.000 ng/mL) und anschließend zu den in Tabelle 4 folgenden Konzentrationen verdünnt. In dem höchst konzentrierten Standard befinden sich also 300 ng/mL jedes Vitamins, mit Ausnahme der Ascorbinsäure, Iso-Ascorbinsäure und Dehydroascorbinsäure, welche jeweils zu 3.000 ng/mL enthalten sind.

Die Ergebnisse der Analyse wurden mit der Kalibriergerade verglichen und so die Masse jedes Vitamins in ng/5 mL Probengemisch bestimmt. Dies wurde anschließend in Vitaminmasse pro mg Probe umgerechnet und auf 100 g Probe hochgerechnet.

Tabelle 4: Kalibrierkonzentrationen

Vitamin	Konzentrationen in ng/mL	Lieferanten
L-(+)-Ascorbinsäure 98 %	3.000, 2.500, 2.000, 1.500, 1.000, 500, 100, 10	ThermoFisher (Kandel) GmbH
L-(-)-Dehydroascorbinsäure 98 %	3.000, 2.500, 2.000, 1.500, 1.000, 500, 100, 10	Sigma Aldrich, Merck KGaA

Iso-Ascorbinsäure 99,5 %	3.000, 2.500, 2.000, 1.500, 1.000, 500, 100, 10	ThermoFisher (Kandel) GmbH
Folsäure 95-102 %	300, 250, 200, 150, 100, 50, 10, 1	ThermoFisher (Kandel) GmbH
Nicotinamide 99 %	300, 250, 200, 150, 100, 50, 10, 1	ThermoFisher (Kandel) GmbH
Nicotinsäure 99 %	300, 250, 200, 150, 100, 50, 10, 1	ThermoFisher (Kandel) GmbH
D-Pantothensäure Calciumsalz 98 %	300, 250, 200, 150, 100, 50, 10, 1	ThermoFisher (Kandel) GmbH
Thiaminhydrochlorid 99 %	300, 250, 200, 150, 100, 50, 10, 1	ThermoFisher (Kandel) GmbH
Pyridoxamin Dihydrochlorid 96 %	300, 250, 200, 150, 100, 50, 10, 1	Sigma Aldrich, Merck KGaA
Pyridoxin Hydrochlorid 99 %	300, 250, 200, 150, 100, 50, 10, 1	ThermoFisher (Kandel) GmbH
Pyridoxal Hydrochlorid 99 %	300, 250, 200, 150, 100, 50, 10, 1	ThermoFisher (Kandel) GmbH
D-(+)-Biotin 98 %	300, 250, 200, 150, 100, 50, 10, 1	ThermoFisher (Kandel) GmbH
Riboflavin 98 %	300, 250, 200, 150, 100, 50, 10, 1	ThermoFisher (Kandel) GmbH
Vitamin B12 98 %	300, 250, 200, 150, 100, 50, 10, 1	ThermoFisher (Kandel) GmbH
Alpha-Tocopherol 96 %	300, 250, 200, 150, 100, 50, 10, 1	ThermoFisher (Kandel) GmbH
Cholecalciferol 98 %	300, 250, 200, 150, 100, 50, 10, 1	ThermoFisher (Kandel) GmbH
Phyllochinon 97 %	300, 250, 200, 150, 100, 50, 10, 1	ThermoFisher (Kandel) GmbH

## 8.2.1 Vitaminanalyse wasserlösliche Vitamine

Die Flüssigkeitschromatographie wird mit einer HILIC Säule durchgeführt, welche besonders für polare Analyten geeignet ist. Die Injektionsmenge beträgt 1 µl mit einer Flussrate von 0,4 mL pro Minute, die Analysedauer beträgt 9,4 Minuten je Probe. Eluent A sind 5 mM Ammoniumformiat in Wasser mit 0,025 % Ameisensäure und Eluent B 5 mM Ammoniumformiat in ACN (90 %) und Wasser (10 %). Dies sind die mobilen Phasen der Analyse der wasserlöslichen Vitaminanalytik. Der Gradient der Eluenten Nutzung pro Zeitabschnitt ist in Tabelle 5 abzulesen.

Tabelle 5: Lösungsmittelgradienten wasserlösliche Vitamine

<b>Zeit in min</b>	<b>Eluent A in %</b>	<b>Eluent B in %</b>
0,0	0	100
2,0	0	100
5,9	60	40
6,0	90	10
6,9	90	10
7,0	0	100
9,0	0	100

Die Tabelle 6 zeigt die Parameter des Ionenspray Interface und Tabelle 7 die iFunnel Parameter der wasserlöslichen Vitaminanalyse.

Tabelle 6: Source Parameter ESI wasserlösliche Vitamine

<b>Gas Temperatur</b>	150 °C
<b>Gas Fluss</b>	15 l/min
<b>Zerstäuber</b>	35 psi
<b>Sheath Gas Temperatur</b>	375 °C
<b>Sheath Gas Fluss</b>	12 l/min
<b>Kapillare</b>	3000 V Positiv 3000 V Negativ
<b>Düsenspannung (Nozzle Voltage)</b>	0 V Positiv 0 V Negativ



Tabelle 7: iFunnel Parameter wasserlösliche Vitamine

	<b>Positiv</b>	<b>Negativ</b>
<b>Hoch Druck RF</b>	190 V	190 V
<b>Niedrig Druck RF</b>	80 V	80 V

## 8.2.2 Vitaminanalyse fettlösliche Vitamine

Die Flüssigkeitschromatographie der fettlöslichen Vitamine wird mit einer Phenyl Säule durchgeführt. Die Injektionsmenge beträgt 2 µl mit einer Fließgeschwindigkeit von 0,5 mL/min und der Analysendurchlauf beträgt 7 Minuten je Probe. Eluent A besteht aus Methanol, Eluent B aus Wasser und je 0,025 % Ameisensäure und Ammoniumformiat. Der Gradient der Eluenten Nutzung pro Zeiteabschnitt ist in Tabelle 8 abzulesen.

Tabelle 8: Lösungsmittelgradienten fettlösliche Vitamine

<b>Zeit in min</b>	<b>Eluent A in %</b>	<b>Eluent B in %</b>
0,0	80	20
0,5	80	20
2,0	10	90
6,0	10	90
6,1	80	20
7,0	80	20

Tabelle 9 zeigt die Parameter des Ionenspray Interface und Tabelle 10 die iFunnel Parameter der fettlöslichen Vitaminanalyse.

Tabelle 9: Source Parameter ESI fettlösliche Vitamine

<b>Gas Temperatur</b>	150 °C
<b>Gas Fluss</b>	13 l/min
<b>Zerstäuber</b>	25 psi
<b>Sheath Gas Temperatur</b>	375 °C
<b>Sheath Gas Fluss</b>	12 l/min
<b>Kapillare</b>	2500 V Positiv 2500 V Negativ
<b>Düsenanspannung (Nozzle Voltage)</b>	400 V Positiv 400 V Negativ

Tabelle 10: iFunnel Parameter fettlösliche Vitamine

	<b>Positiv</b>	<b>Negativ</b>
<b>Hoch Druck RF</b>	160 V	160 V
<b>Niedrig Druck RF</b>	80 V	80 V

### 8.3 Chemikalien

Tabelle 11 zeigt die Lieferanten der Lösungsmittel und Chemikalien.

Tabelle 11: Lösungsmittel und Chemikalien

<b>Bezeichnung</b>	<b>Lieferanten</b>
Methanol, 96 %	VWR Chemicals
Acetonitril >99,9 %	VWR Chemicals
Wasser HPLC LCMS grade	VWR Chemicals
Ameisensäure 98 %	VWR Chemicals
Ammoniumformiat >99 %	Sigma Aldrich, Merck KGaA

### 8.4 Geräte und Materialien

Die Lieferanten der genutzten Geräte zeigt Tabelle 12. In Tabelle 13 sind die genauen Gerätetypen und Modellbeschreibungen abzulesen. Die Lieferanten der Labormaterialien zeigt Tabelle 14.

Tabelle 12: Geräte

<b>Bezeichnung</b>	<b>Lieferanten</b>
Semimikrowaage	Sartorius Lab Instruments GmbH & Co. KG
Messermühle Grindomix GM 200	Retsch GmbH
Ultraschallbad/ Ultra sonic cleaner	VWR International GmbH
Zentrifuge	Eppendorf AG
Flüssigkeits-Chromatograph	Agilent Technologies Inc.
Kolbenhubpipetten (2-20 µl, 10-100 µl, 20-200 µl,)	Eppendorf AG
Kolbenhubpipette (1-5 mL)	Thermo Scientific, ThermoFisher (Kandel) GmbH

Tabelle 13: Messgerätebezeichnungen/-typen

<b>Bezeichnung</b>	<b>Modellbeschreibung</b>
HILIC Säule	Agilent infinitylab Poroshell 120 hilic-z, 2,1 mm x 100 mm x 2,7 µm
Phenyl Säule	HPLC-Säule EC NUCLEOSHELL Phenyl-Hexyl, 2 mm x 100 mm x 2,7 µm
Tandem-Massenspektrometer Agilent Technologies Inc.	Model #G6495C Serial #SG1928D204
1290 MCT	Model #G7116B Serial #DEBA404968
1290 Multisampler	Model #G7167B Serial #DEBAS02222
1290 High Speed Pump	Model #G7120A Serial #DEBA203514
1290 Valve Drive	Model #G1170A Serial #DEBAD04651
Semimikrowaage	Model #SECURA225D-1S Serial #0038007707 Reproduzierbarkeit: <=+ 0,0001 mg

Tabelle 14: Materialien

<b>Bezeichnung</b>	<b>Lieferanten</b>
Probengläser mit Gewinde und Schraubkappe 20 mL	Macherey-Nagel GmbH & Co. KG
Pasteurpipetten	VWR International GmbH
Pipettenspitzen (2-20 µl, 10-100 µl, 20-200 µl,)	Sarstedt AG & Co.
Pipettenspitzen (1-5 mL)	Th. Gayer GmbH & Co. KG
1,5 mL Vials (Probengläser) und Deckel (Schraubkappe)	Macherey-Nagel GmbH & Co. KG
2 mL Zentrifugen-Probengefäße	Sarstedt AG & Co.
Bechergläser (75 mL)	SIMAX
Schottflaschen und Deckel (100 mL, 1000 mL)	Hirschmann Laborgeräte GmbH & Co. KG
Messkolben 500 mL	Hirschmann Laborgeräte GmbH & Co. KG
Untersuchungshandschuhe	VWR International GmbH

## 8.5 Auswertung der Messergebnisse

Ausgewertet wurden die Ergebnisse mittels der Software Mass Hunter Quantitative Analysis QQQ. Die Auswertung und Integration der Peakflächen wurden automatisch ausgeführt und von Hand korrigiert, ein Beispiel für einen Peak sieht man auf Abbildung 7.

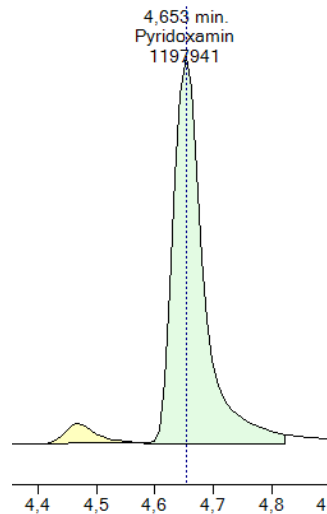


Abbildung 7: Beispielpeak Pyridoxamin (Huber, 2021)

Die anschließende Berechnung der Gesamtvitamingehalte wurde in Microsoft Excel vorgenommen. Die Vitamine Pantothensäure, Thiamin, Pyridoxamin, Pyridoxin und Pyridoxal liegen in den Standards in gebundener Form vor. Die resultierenden Ergebnisse bilden hier nicht die Konzentration der Vitamine ab, sondern der Konzentration in gebundener Form. Da in der Analyse jedoch nur das Vitamin gemessen wurde, muss der Anteil bei den Ergebnissen abgezogen werden, um die korrekte Konzentration zu erhalten. Dies passiert, indem die Molare Masse des Vitamins durch die Molare Masse der Standardsubstanz geteilt wird. Der Anteil der Vitamine lässt sich in Tabelle 15 ablesen. Einige wasserlösliche Vitamine haben mehrere Vitaminderivate, deren Ergebnisse addiert wurden.

Tabelle 15: Vitaminanteil ausgewählter Vitaminstandardsubstanzen

Vitaminstandard	Molare Masse des Standards in g/mol	Molare Masse des Vitamins ungebunden in g/mol	Anteil des Vitamins
Pantothensäure Calciumsalz	476,53	219,23	46,01%
Thiamin Hydrochlorid	337,263	300,81	89,19%
Pyridoxamin Dihydrochlorid	241,12	168,19	69,75%
Pyridoxin Hydrochlorid	205,6	169,18	82,29%
Pyridoxal Hydrochlorid	203,623	167,16	82,09%

## 8.6 Risiko-Analytik

Die Risikoanalyse findet in zwei Schritten statt. Zunächst wird jeder Risikofaktor unter Beachtung von Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß anhand der Risikomatrix nach Nohl analysiert und anschließend mögliche Risikominderung ermittelt, sowie Risiken und Nutzen bewertet. Das Vorbild für die Risikomatrix nach Nohl ist auf Abbildung 8 sichtbar.

Schadensschwere/ Wahrscheinlichkeit	leichte Verletzung oder Erkrankung	mittelschwere Verletzung oder Erkrankung	schwere Verletzung oder Erkrankung	möglicher Tod
Sehr gering	1	2	3	4
gering	2	3	4	5
Mittel	3	4	5	6
hoch	4	5	6	7

Abbildung 8: Risikomatrix nach Nohl (in Anlehnung an (Sicherheitsingenieurbüro Glen Pollok))

Risikostufe 1 und 2 beschreiben ein geringes Risiko, bei dem keine Risikoreduzierung nötig ist. Bei Risikostufe 3 und 4 wird Risikoreduzierung notwendig, da hier ein signifikantes Risiko vorliegt und bei Risikostufe 5 bis 7 ist Risikoreduzierung dringend notwendig, da hier ein hohes Risiko vorliegt.

Wenn eine Risikoreduzierung notwendig ist, werden im nächsten Schritt Maßnahmen zur Risikoverhütung ermittelt und diskutiert. Hierbei handelt es sich um Risikomanagement.

Zuletzt werden die ermittelten Risiken und Nutzen des Verzehrs von Wildkräutern gegeneinander abgewogen und bewertet, um im Anschluss im Fazit die Forschungsfrage zu beantworten.

## 9 Ergebnisse

### 9.1 Vitaminanalytik

Die Nachweisgrenzen der Vitamine konnten in diesem Verfahren annähernd ermittelt werden und sind in Tabelle 16 einzusehen.

*Tabelle 16: Nachweisgrenze Vitaminanalytik*

<b>Vitaminstandard</b>	<b>Nachweisgrenze</b>
L-(+)-Ascorbinsäure	500 ng/mL
L-(-)-Dehydroascorbinsäure	100 ng/mL
Iso-Ascorbinsäure	100 ng/mL
Folsäure	50 ng/mL
Nicotinamide	1 ng/mL
Nicotinsäure	1 ng/mL
D-Pantothensäure Calciumsalz	1 ng/mL
Thiaminhydrochlorid	1 ng/mL
Pyridoxamin Dihydrochlorid	10 ng/mL
Pyridoxin Hydrochlorid	1 ng/mL
Pyridoxal Hydrochlorid	1 ng/mL
D-(+)-Biotin	1 ng/mL
Riboflavin	1 ng/mL
Vitamin B12	10 ng/mL
Alpha-Tocopherol	1 ng/mL
Cholecalciferol	1 ng/mL
Phyllochinon	1 ng/mL

Zum Abgleichen der Konzentrationen wurde eine Kalibriergerade erstellt. Abbildung 9 zeigt hier beispielhaft die Kalibriergerade der Nicotinsäure.

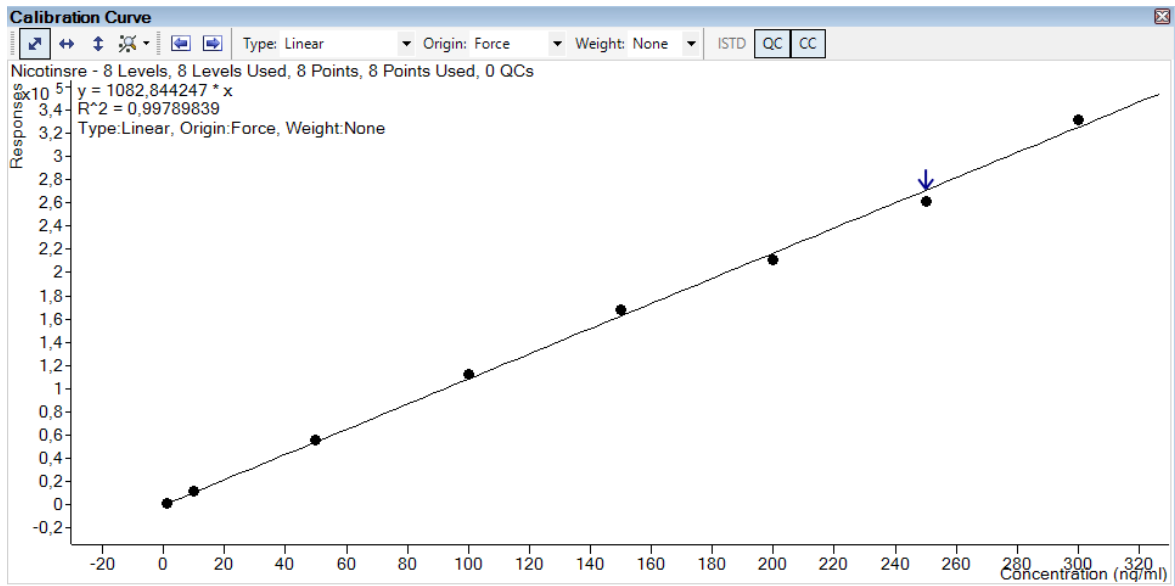


Abbildung 9: Kalibriergerade Nicotinsäure (Huber, 2021)

### 9.1.1 Wasserlösliche Vitamine

Die Ergebnisse werden in  $\mu\text{g}$  (Tabelle 17) und Vitamin C zusätzlich in mg (Tabelle 18) pro 100 g Probe angegeben. Cyanocobalamin und Folsäure konnten in dieser Analyse nicht gefunden werden. Dies liegt entweder daran, dass sie nicht enthalten sind, beziehungsweise die enthaltenen Mengen unter der Nachweisgrenze liegen.

Tabelle 17: wasserlösliche Vitamingehalte in  $\mu\text{g}$  pro 100 g

$\mu\text{g}$ pro 100g	<b>Brenn- nessel</b>	<b>Lö- wen- zahn</b>	<b>Spitz- wege- rich</b>	<b>Giersch</b>	<b>Roter Klee</b>	<b>Gänse- blüm- chen</b>	<b>weißer Klee</b>	<b>Ver- giss- mein- nicht</b>
<b>B1 Thiamin</b>	42	59	97	99	229	55	200	35
<b>B2 Ribofla- vin</b>	26	45	24	41	51	36	53	25
<b>B3 Nicotina- mide</b>	351	12	221	71	167	365	268	71
<b>B5 Pan- tothensäure</b>	125	225	137	132	125	125	140	135
<b>B6 Pyridoxin</b>	56	53	120	113	179	106	193	25



<b>B7 Biotin</b>	4	3	/	/	9	5	19	/
<b>B9 Folsäure</b>	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>B12 Cyanocobalamin</b>	/	/	/	/	/	/	/	/
<b>Vitamin C Ascorbinsäure</b>	57630	106076	216445	301533	376804	77580	398004	38397

Tabelle 18: Vitamin C Gehalt in mg pro 100 g

mg pro 100g	Brenn- nessel	Lö- wen- zahn	Spitz- wege- rich	Giersch	Roter Klee	Gänse- blüm- chen	weißer Klee	Vergiss- mein- nicht
<b>Vitamin C Ascorbin- säure</b>	57,63	106,08	216,44	301,53	376,80	77,58	398,00	38,40

Tabelle 19 zeigt den Vergleich der durchschnittlichen Zufuhrempfehlung für Vitamine mit dem wasserlöslichen Vitamingehalt von jeweils 100 g Wildkräutern, einer üblichen Portionsgröße für Beilagensalat. Durch den Verzehr von 100 g Wildkräutern können bis zu 388 % des Vitamin C Bedarfs, je nach Pflanze bis zu 42 % des Bedarfs an Biotin, bis zu 14 % Pyridoxin, 3 bis 21 % des Thiamins. Bis zu 4 % der Pantothensäure und Riboflavin und bis zu 2 % der Nicotinamide aufgenommen werden. 100g Kopfsalat enthalten hingegen 60 µg B1, Folsäure und B6, 80 µg Vitamin B 2 und 15 mg Vitamin C<sup>162</sup>. Damit enthält dieser zwar mehr Folsäure und Vitamin B2, jedoch enthalten die meisten hier getesteten Pflanzen mehr Vitamin B 1, B6 und deutlich mehr Vitamin C.

---

<sup>162</sup> (Prof. Dr. Hesecker & Dipl. oec. troph. Hesecker, 2010/2020)

Tabelle 19: Vergleich der Zufuhrempfehlung mit dem wasserlöslichen Vitamingehalt von 100 g Wildkräutern

	Zufuhrempfehlung/ Referenzwerte	Durchschnittliche Zufuhrempfehlung	Prozentsatz
<b>B1 Thiamin</b>	M 1,1-1,3 mg/Tag W 1 mg/Tag <sup>163</sup>	1,1 mg/Tag	3 % bis 21 %
<b>B2 Riboflavin</b>	M 1,4 mg/Tag W 1-1,1 mg/Tag <sup>164</sup>	1,22 mg/Tag	2 % bis 4 %
<b>B3 Nicotinamide</b>	M 14-16 mg/Tag W 11-13 mg/Tag <sup>165</sup>	13,5 mg/Tag	0 % bis 2 %
<b>B5 Pantothen-säure</b>	6 mg/Tag <sup>166</sup>	6 mg/Tag	2 % bis 4 %
<b>B6 Pyridoxin</b>	M 1,4-1,6 mg/Tag W 1,2 mg/Tag <sup>167</sup>	13,5 mg/Tag	2 % bis 14 %
<b>B7 Biotin</b>	30-60 µg/Tag <sup>168</sup>	45 µg/Tag	0 % bis 42%
<b>B9 Folsäure</b>	300 µg/Tag <sup>169</sup>	300 µg/Tag	0 %
<b>B12 Cyanocobalamin</b>	3 µg/Tag <sup>170</sup>	3 µg/Tag	0 %
<b>Vitamin C Ascorbinsäure</b>	M 110 mg/Tag W 95 mg/Tag <sup>171</sup>	102,5 mg/Tag	37 % bis 388 %

<sup>163</sup> (D-A-CH, 2015, S. 1)

<sup>164</sup> (D-A-CH, 2015, S. 1)

<sup>165</sup> (D-A-CH, 2015, S. 1)

<sup>166</sup> (D-A-CH, 2015, S. 1)

<sup>167</sup> (D-A-CH, 2015, S. 1)

<sup>168</sup> (D-A-CH, 2015, S. 1)

<sup>169</sup> (D-A-CH, 2015, S. 1)

<sup>170</sup> (D-A-CH, 2015, S. 1)

<sup>171</sup> (D-A-CH, 2015, S. 1)

## 9.1.2 Fettlösliche Vitamine

Die Ergebnisse der Analyse der fettlöslichen Vitamine werden in µg (Tabelle 20) pro 100 g Probe angegeben.

Tabelle 20: fettlösliche Vitamingehalte in µg pro 100 g

µg pro 100g	Brenn- nessel	Löwen- zahn	Spitzwe- gerich	Giersch	Gänse- blüm- chen	Klee	Vergiss- mein- nicht
<b>D Cholecal- ciferol</b>	/	/	/	15	/	/	/
<b>E alpha-Toco- pherol</b>	23	30	69	20	41	23	40
<b>K Phyllochi- non</b>	42	31	40	43	28	39	31

In Tabelle 21 wird der Vergleich der durchschnittlichen Zufuhrempfehlung für Vitamine mit dem fettlöslichen Vitamingehalt von 100 g Wildkräutern im Durchschnitt dargestellt. Es können so durch den Verzehr von 100 g Wildkräutern 40 bis 62 % des Vitamin K Bedarfs und durch den Verzehr von Giersch 75 % des Vitamin D Bedarfs gesättigt werden.

Tabelle 21: Vergleich der Zufuhrempfehlung mit dem fettlöslichen Vitamingehalt von 100 g Wildkräutern

	Zufuhrempfehlung/ Referenz- werte	Durchschnittliche Zufuhrempfehlung	Prozentsatz
<b>D Cholecal- ciferol</b>	20 µg bei fehlender endogener Synthese <sup>172</sup>	20 µg	0 % bis 75 % (nur Giersch)
<b>E alpha- Tocopherol</b>	M 12-15 mg/Tag W 11-12 mg/Tag <sup>173</sup>	12,5 mg/ Tag	0,16 % bis 0,55 %
<b>K Phyllochi- non</b>	M 70-80 µg/Tag W 60-65 µg/Tag <sup>174</sup>	68,75 µg/Tag	40 % bis 62 %

<sup>172</sup> (D-A-CH, 2015, S. 1)

<sup>173</sup> (D-A-CH, 2015, S. 1)

<sup>174</sup> (D-A-CH, 2015, S. 1)

## 9.2 Risiko-Analyse nach Nohl

Jeder Risikofaktor wird einzeln in einer Risikoanalyse bewertet.

Die Pflanzenteile mit kritischen Inhaltsstoffen werden nur selten verzehrt und rufen nur eine leichte bis mittlere Schadensschwere hervor. Daher erhalten sie die Risikostufe 1 bis 2. Schäden sind beispielsweise Magen-Darm-Beschwerden, Erbrechen, Bauchschmerzen, Durchfall und Übelkeit, welche alle nach kurzer Zeit auskuriert sind.

Viele Kräuter haben mehrere Doppelgänger, welche bei Verzehr unterschiedlich hohe Schäden hervorrufen. Je nach Pflanze ist die Schadensschwere höher oder niedriger. Häufig sind es nur darmreizende und Übelkeit auslösende Gifte, jedoch kommen bei Kontakt mit manchen Pflanzen Hautreizungen und Verätzungen vor und der Verzehr kann zum Tod führen. Daher ergibt sich je nach Pflanze eine Risikostufe von 4 bis 5, da die Häufigkeit der Erkrankungen nicht so hoch, die Schadensschwere jedoch mindestens mittelschwer, bis hin zu sehr stark ist. Es ergibt sich ein hohes Risiko, mit dringend notwendiger Risikoreduzierung.

Durch den Parasit Fuchsbandwurm ergibt sich eine sehr hohe Schadensschwere, da eine Infektion den möglichen Tod oder lebenslange Behandlungsnotwendigkeit nach sich ziehen kann. Da sich jedoch nur 50-60 Personen jährlich in ganz Deutschland infizieren, hat dieses Risiko eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit, sodass sich die Risikostufe 4 ergibt. Es besteht ein signifikantes Risiko und eine Risikoreduzierung ist notwendig.

Bezüglich der Kontamination variieren die Wahrscheinlichkeit und Schadensschwere stark. Bei Urinspuren von Hunden beispielsweise ist die Schadensschwere sehr gering, da hier hauptsächlich das Ekelgefühl relevant ist, jedoch die Kontamination mittel-häufig, sodass sich die Risikostufe 3 ergibt. Die starke Kontamination mit Düngemitteln, Pflanzenschutzmitteln oder sogar Schwermetalle hingegen können jedoch mittelschwere Erkrankungen hervorrufen und sind je nach Sammelort mittel-häufig anzutreffen. Es ergibt sich hier die Risikostufe 4. In beiden Fällen ist ein signifikantes Risiko vorhanden, welches Risikoreduzierung notwendig macht.

Abbildung 10 zeigt die Einschätzung der Risiken des Verzehrs von Wildkräutern in Risikostufen nach Nohl.

Schadens- schwere/ Wahr- scheinlichkeit	leichte Verlet- zung oder Er- krankung	mittelschwere Verletzung oder Erkrankung	schwere Verlet- zung oder Er- krankung	möglicher Tod
sehr gering	Kritische In- haltsstoffe	Kritische Inhalts- stoffe	3	Parasiten
gering	2	3	4	Verwechslung
mittel	Kontaminanten	Verwechslung Kontaminanten	Verwechslung	6
hoch	4	5	6	7

Abbildung 10: Einschätzung der Risikostufen

### 9.3 Risikomanagement

Bei den meisten Risiken des Verzehrs von Wildkräutern ist eine Risikoreduzierung nach der Risikoeinschätzung nach Nohl notwendig. Die Risikoreduzierung kann oft durch simple Vorsichtsmaßnahmen geschehen, manchmal ist jedoch auch Weiterbildung nötig.

Die kritischen Inhaltsstoffe der Wildkräuter bedürfen keiner Risikominimierung, jedoch ist dies hier trotzdem möglich. Beispielsweise kann der Milchsaft des Löwenzahns vermieden werden, indem der Stängel direkt entfernt wird. Pflanzen wie Klee, welche gelegentlich Übelkeit verursachen sollten vorsichtig und in kleinen Mengen probiert werden.

Da die Verwechslung der Wildkräuter ein sehr hohes Risiko birgt, sollten Wildkräuter nur verzehrt werden, wenn sie zu 100% bestimmbar sind. Hierfür gibt es zahlreiche Pflanzenführer, Kräuterbücher und Internetseiten, sowie einige Kurse, welche besucht werden können. Hier werden Kräuter und ihre Doppelgänger gesucht und am Objekt analysiert. Um Verwechslungen und die damit verbundene Gefahr zu vermeiden, sollten in jedem Fall Maßnahmen ergriffen werden.

Aufgrund der langen Inkubationszeit des Fuchsbandwurmes konnte der Übertragungsweg bisher wissenschaftlich nicht nachgewiesen werden. Wildkräuter, Beeren und Pilze stehen unter Verdacht eine Übertragung zu ermöglichen, daher sollten hier trotzdem Vorsichtsmaßnahmen ergriffen werden. Pflanzen, besonders in Waldnähe, sollten nur gesammelt werden, wenn sie und ihre Umgebung sauber sind. Außerdem sollten die Hände, sowie die Pflanzen nach dem Sammeln gründlich gereinigt werden. Um besonders sicher zu gehen können die Pflanzen vor dem Verzehr auf 60 °C erhitzt werden, da so die Eier des Fuchsbandwurms abgetötet werden.

Kontaminierte Wildkräuter lassen sich leicht vermeiden. Es sollte weder an Straßen, noch an ausgetretenen Wegen, auf Hundewiesen oder auf, beziehungsweise neben Feldern gesammelt werden. Auch sollten gedüngte Wiesen und Industriegebiete vermieden werden.

### 9.4 Risiko-Nutzen-Bewertung

Der Verzehr von Wildkräutern bietet einige Vorteile und Nachteile. Mit angemessenem Risikomanagement lassen sich diese Nachteile jedoch zu großen Teilen minimieren oder eliminieren.

Die Verwechslung von Wildkräutern hat eine sehr hohe Schadensschwere, welche jedoch mit Hilfsmitteln zu vermeiden ist. Jedoch sollte hierauf besonderes Augenmerk gelegt werden, da die Giftstoffe mancher Pflanzen zu großem Schaden der Gesundheit, bis hin zum Tod führen können. Daher sollten Wildkräuter in jedem Fall nur verzehrt werden, wenn sie sicher bestimmt wurden. Es ist

unbedingt nötig, dass sich die Verbrauchenden eigenverantwortlich informieren und die Informationen anwenden können.

Eine Infektion mit Parasiten hat zwar eine sehr hohe Schadensschwere, tritt jedoch nur äußerst selten auf und lässt sich nach bisherigen Erkenntnissen ebenfalls durch einfache Vorsichtsmaßnahmen vermeiden.

Ebenfalls vermeidbar ist in den meisten Fällen das Sammeln von kontaminierten Wildkräutern und auch die Schadensschwere ist hier gering. Hier sollten einige Sammelorte gemieden werden und vor dem Sammeln in Industriegebieten sollten Informationen zur Bodenbeschaffenheit eingeholt werden.

Die kritischen Inhaltsstoffe einiger Wildkräuter verursachen nur geringe Schadensschwere, welche sich zusätzlich leicht vermeiden lässt.

Viele Wildkräuter werden in der traditionellen Medizin, einige jedoch auch in der Schulmedizin genutzt. Die Behandlungsmöglichkeiten reichen von Atemkrankungen und Erkältungen, über Hauterkrankungen, Gicht und Gelenkschmerzen, Entzündliche Beschwerden, Nahrungsergänzung, Appetitlosigkeit und Insektenstichen bis hin zu Harnwegserkrankungen und Magen und Darm Beschwerden.

Die Pflanzen selbst bieten auch Vorteile im Wachstumsprozess, da sie weder angebaut noch gepflegt werden müssen, schädlingsresistent sind und auch bei ungünstigen Bedingungen gut wachsen. Durch den Konsum von Wildkräutern entstehen keine Kosten für die Verbrauchenden.

Auch enthalten Wildkräuter viele nützliche Inhaltsstoffe, wie ätherische Öle, Bitterstoffe, Gerbstoffe, Ballaststoffe, Mineralstoffe und Spurenelemente.

Durch den Verzehr von 100 g Wildkräutern werden außerdem bereits 37-388 % des Tagesbedarfes an Vitamin C, bis zu 42 % des Biotin-Bedarfs, 3-21 % des Thiamin-Bedarfs, 2-14 % des Pyridoxins, 40-62 % des Vitamin K und bei Giersch sogar 75 % des Vitamin D-Bedarfs gedeckt.

Da die Risiken durch Risikomanagement effektiv vermindert werden können, überwiegt der Nutzen des Verzehrs von Wildkräutern die Risiken.

## 10 Diskussion

Der Umfang dieser Arbeit bietet die Möglichkeit einen Ausschnitt der Nutzen und Risiken zu untersuchen. Bei einer Fortführung der Arbeit können beispielsweise weitere Inhaltsstoffe bestimmt werden wie Düngemittel, Schwermetalle aber auch Mineralstoffe, Schleimstoffe, Gerbstoffe oder Bitterstoffe.

Das Durchführen einer Risikoanalyse ist notwendig, um die Risiken des Verzehrs von Wildkräutern in Gefahrenstufen einzuteilen und den Bedarf nach Risikomanagement einzuschätzen. So konnte anschließend das Risiko mit dem Nutzen abgeglichen werden, um eine Einschätzung an Verbrauchende abzugeben.

Bei der weiteren Validierung der in dieser Arbeit genutzten Verfahren würden beispielsweise Matrix Kalibrierungen durchgeführt, welche in das Endergebnis eingerechnet werden. Bei den fettlöslichen Vitaminen würde ein Vergleich zwischen verseiften und unverseiften Proben durchgeführt werden, da es möglich ist, dass Vitamine fettgebunden vorliegen und für die Analyse zunächst vom Fett abgespalten werden müssen. Des Weiteren würde in einer Weiterführung dieser Arbeit die Probenanzahl erhöht werden, um die Reliabilität der Werte zu steigern. Die Proben würden ergänzt werden, um mögliche Unterschiede zwischen unterschiedlichen Orten, Jahreszeiten, Standorten und Sonneneinstrahlung aufzudecken.

Beim Vergleich mit anderen Ausarbeitungen lässt sich feststellen, dass häufig weniger sensible Messgeräte verwendet werden, jedoch häufig andere Vitamine, wie Vitamin A, oder Carotinoide gemessen werden. In einer Fortführung dieser Arbeit würde dies ergänzt werden.

Eine Einordnung der gesamten Arbeit in bestehende Literatur ist insofern nicht möglich, da ähnliche Literatur bisher nicht existiert. Es gibt bereits Vitaminanalytik und Inhaltsstoffanalytik für wenige Wildkräuter, jedoch keine ganzheitliche Betrachtung und Bewertung der Risiken und Nutzen des Verzehrs von Wildkräutern.

Eine Empfehlung der Ergänzung der Ernährung durch Wildkräuter, aufgrund ihrer ernährungsphysiologischen Mehrwerte, kann im Anschluss dieser Arbeit abgegeben werden. Jedoch sollte in jedem Fall das Augenmerk auf das Risikomanagement beim Sammeln der Pflanzen gelegt werden.



## 11 Literaturverzeichnis

- Amboss. (11. Januar 2021). *Vitamine*. Abgerufen am 2. März 2021 von AMBOSS: <https://www.amboss.com/de/wissen/Vitamine>
- Britta Renner, U. A.-A. (Juli 2021). DGE-Positionspapier zur nachhaltigen Ernährung. *Ernährungs Umschau international*, S. 144-154.
- Brombach, C. (2017). Frische Wildkräuter und Wildgemüse in der Ernährung. *WädiInfo*(5), S. 21.
- Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. (2014). *Stoffliste des Bundes und der Bundesländer Kategorie "Pflanzen und Pflanzenteile"*. (B. f. (BVL), Hrsg.) Berlin, Berlin: Springer Basel Dordrecht London New York. doi:10.1007/978-3-319-05807-8
- Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. (2020). *Stoffliste des Bundes und der Bundesländer*. (2. Auflage). (B. f. (BVL), Hrsg.) Berlin, Berlin, Deutschland.
- Bundesinstitut für Risikobewertung. (29. Oktober 2007). *Isolierte Isoflavone sind nicht ohne Risiko*. Deutschland.
- Chemyx. (26. Mai 2020). *Basic Principles of LC, HPLC, MS, & MS*. Abgerufen am 10. März 2021 von Chemyx: <https://www.chemyx.com/support/knowledge-base/applications/basic-principles-hplc-ms-lc-ms/>
- D-A-CH. (2015). Einführung. In *Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr*. Neuer Umschau Buchverlag GmbH.
- D-A-CH. (2015). Fettlösliche Vitamine - Calciferole. In *Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr*. Neuer Umschau Buchverlag GmbH.
- D-A-CH. (2015). Fettlösliche Vitamine - Tocopherole. In *Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr*. Neuer Umschau Buchverlag GmbH.
- D-A-CH. (2015). Fettlösliche Vitamine - Vitamin K. In *Referenzwerte für die Nährwertzufuhr*. Neuer Umschau Buchverlag GmbH.
- D-A-CH. (2015). Wasserlösliche Vitamine - Biotin. In *Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr*. Neuer Umschau Buchverlag GmbH.
- D-A-CH. (2015). Wasserlösliche Vitamine - Cobalamine. In *Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr*. Neuer Umschau Buchverlag GmbH.

- D-A-CH. (2015). Wasserlösliche Vitamine - Folat. In *Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr*. Neuer Umschau Buchverlag GmbH.
- D-A-CH. (2015). wasserlösliche Vitamine - Niacin. In *Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr*. Neuer Umschau Buchverlag GmbH.
- D-A-CH. (2015). Wasserlösliche Vitamine - Pantothensäure. In *Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr*. Neuer Umschau Buchverlag GmbH.
- D-A-CH. (2015). Wasserlösliche Vitamine - Pyridoxin. In *Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr*. Neuer Umschau Buchverlag GmbH.
- D-A-CH. (2015). Wasserlösliche Vitamine - Riboflavin. In *Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr*. Neuer Umschau Buchverlag GmbH.
- D-A-CH. (2015). Wasserlösliche Vitamine - Thiamin. In *Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr*. Neuer Umschau Buchverlag GmbH.
- D-A-CH. (2015). Wasserlösliche Vitamine - Vitamin C. In *Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr*. Neuer Umschau Buchverlag GmbH.
- Deutsche Presse Agentur. (2018). Furcht vor dem Fuchsbandwurm. *MMW Fortschritte der Medizin*, S. 9.
- Dreyer, D. E.-M. (2020). *Essbare Wildkräuter und ihre giftigen Doppelgänger*. Franckh Kosmos Verlag.
- Escuerdo, N. L., de Arellando, M. L., Fernández, S., Albrarracín, G., & Mucciarelli, S. (2004). Taraxacum officinale as a food source. In K. A. Publishers, & K. A. Publishers (Hrsg.), *Plant Foods for Human Nutrition*. Holland.
- GALAB Laboratories GmbH. (02. Juli 2021). *Über GALAB*. Abgerufen am 29. März 2021 von GALAB - Analysis to be sure: <https://www.galab.com/de/category/uber-galab/>
- Gross, J. (2013). *Massenspektrometrie - Ein Lehrbuch*. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum. Von <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-8274-2981-0.pdf> abgerufen
- Grumbach, E. S., & Fountain, K. j. (2010). *Comprehensive Guide to HILIC*. Milford, MA: Waters Corporation.

- Heck, J. (20. Mai 2020). *17 Essbare Wildkräuter für alle Jahreszeiten*. Von Ausgebüxt: <https://ausgebuext.info/essbare-wildkraeuter/> abgerufen
- Holzmann, G. (2019). *Gesunde Wildkräuter aus meinem Garten*. Leipzig: Löwenzahn Verlag.
- Huber, F. (28. Juni 2021). Eigene Fotografie - Analytik.
- Huber, F. (Mai und Juni 2021). Eigene Fotografie - Wildkräuter.
- Jan, K. N., Khan zarafshan, K., & Singh, S. (2016). Stinging nettle (*Urtica dioica* L.): a reservoir of nutrition and bioactive components with great functional potential. *Journal of Food Measurement and Characterization*.
- Keyserlingk-Eberius, D. M. (14. November 2008). Das Fuchsbandwurm-Monitoring in Niedersachsen - Ein Überblick über 15 Jahre Untersuchungstätigkeit. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, S. 421-428.
- Löffler, G., & Brigelius-Flohé, R. (2007). Vitamine. In G. Löffler, P. E. Petrides, & P. C. Heinrich, *Biochemie und Pathobiochemie*. Berlin, Heidelberg: Springer Medizin Verlag Heidelberg. doi:[https://doi.org/10.1007/978-3-540-32681-6\\_23](https://doi.org/10.1007/978-3-540-32681-6_23)
- Matissek, R., Steiner, G., & Fischer, M. (2013). *Lebensmittelanalytik*. Springer Spektrum.
- Mayer, I. (2018). *Wildkräuter und Wildfrüchte entdecken*. Berlin: neobooks.
- Messelhäußer, D. U., & Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmitt. (21. Juni 2019). Erkrankung durch Parasiten. Bayern, Deutschland. Abgerufen am 4. August 2021 von <https://www.lgl.bayern.de/lebensmittel/hygiene/parasiten/index.htm>
- NDR. (5. Mai 2021). *Wildkräuter - Aus der Natur frisch auf den Tisch*. Von NDR: <https://www.ndr.de/ratgeber/garten/Wildkraeuter-erkennen-sammeln-und-verarbeiten,wildkraeuter110.html> abgerufen
- Paduret, S., Amariel, S., Gutt, G., & Piscuc, B. (2016). The Evaluation of Dandelion (*Taraxacum officinale*). In U. o. Bucharest, *Romanian Biotechnological Letters*. Rumänien: University of Bucharest.
- Pflanzen-Vielfalt. (kein Datum). *Acker-Vergissmeinnicht - Bestimmen, sammeln und verwenden!* Abgerufen am 20. August 2021 von Pflanzen-Vielfalt: <https://www.pflanzenvielfalt.net/wildpflanzen-a-z/%C3%BCbersicht-r-z/vergissmeinnicht-acker/>

- Pflanzen-Vielfalt. (kein Datum). *Wiesen-Klee Bestimmen, sammeln und verwenden!* Abgerufen am 20. August 2021 von Pflanzen-Vielfalt: <https://www.pflanzen-vielfalt.net/wildpflanzen-a-z/%C3%BCbersicht-i-p/klee-wiesen/>
- Pfützner, E. (kein Datum). *Gänseblümchen sammeln und verwenden.* Abgerufen am 20. August 2021 von Pflanzenkunde - Pflanzen Tipps für Pflanzenfreunde: <https://www.pflanzenkunde.net/pflanzen/sammeln-trocknen-verwenden/gaensebluemchen-sammeln-und-verwenden.html>
- Piekarski, G. (1954). *Lehrbuch der Parasitologie.* Berlin, Heidelberg: Springer Verlag Berlin Heidelberg GmbH.
- Prof. Dr. Hesecker, H., & Dipl. oec. troph. Hesecker, B. (2010/2020). *Die Nährwerttabelle.* Wiesbaden: Deutsche Gesellschaft für Ernährung.
- Prof. Salzer, R., Dr. Thiele, S., Dr. Machill, S., Dr. Zuern, A., Bezugla, E., & Dr. Baetz, H. (21. Juli 2021). *Chemgapedia.* Abgerufen am 21. Juli 2021 von Massenspektrometer - Der Massenanalysator - Quadrupol: [http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/3/anc/masse/ms\\_massenanalysator\\_quadrup.vlu.html](http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/3/anc/masse/ms_massenanalysator_quadrup.vlu.html)
- Purle, T. (30. Juni 2020). *Wildkräuter für die Küche.* Von KräuterBuch: <https://www.kraeuterbuch.de/magazin/wildkraeuter-fuer-die-kueche-49.html> abgerufen
- Rinder, D. D., & Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmitt. (30. April 2013). Der Fuchsbandwurm. Bayern, Deutschland. Abgerufen am 4. August 2021 von [https://www.lgl.bayern.de/gesundheitschutz/infektionsschutz/infektionskrankheiten\\_a\\_z/fuchsbandwurm/index1.htm](https://www.lgl.bayern.de/gesundheitschutz/infektionsschutz/infektionskrankheiten_a_z/fuchsbandwurm/index1.htm)
- Robert Koch Institut. (13. April 2017). Die Echinokokkose. (R. K. Institut, Hrsg.) *Epidemiologisches Bulletin*(15), S. 127-136.
- Said, A. A., Benmoussa, A., Derfoufi, S., & Otmani, I. S. (Januar 2015). Highlights on nutritional and therapeutic value of stinging nettle (*Urtica Dioica*). *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*(7), S. 8-14.
- Schlegel, P., & Kessler, J. (2015). Kapitel 4 Mineralstoffe und Vitamine. In P. Schlegel, J. Kessler, & Agroscope (Hrsg.), *Grünes Buch.*

Sicherheitsingenieurbüro Glen Pollok. (kein Datum). *Gefährdungsbeurteilungen erstellen*.  
Abgerufen am 15. August 2021 von Sicherheitsingenieurbüro Glen Pollok:  
<https://arbeitsschutz-opr.de/gefaehrdungsbeurteilung/gefaehrdungsbeurteilung-erstellen/>

Technisches Komitee CEN/TC 275 "Lebensmittelanalytik - Horizontale Verfahren". (2006).  
Bestimmung von Vitamin B6 in Lebensmitteln HPLC Verfahren. In E. Union (Hrsg.),  
*Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 LFGB*.

Technisches Komitee CEN/TC 275 "Lebensmittelanalytik - Horizontale Verfahren". (2015).  
Bestimmung von Vitamin B2 in Lebensmitteln mit Hochleistungs-  
Flüssigkeitschromatographie. In E. Union (Hrsg.), *Amtliche Sammlung von*  
*Untersuchungsverfahren nach § 64 LFGB*.

Technisches Komitee CEN/TC 275 "Lebensmittelanalytik - Horizontale Verfahren". (2015).  
Untersuchung von Lebensmitteln - Bestimmung von Vitamin B1 in Lebensmitteln mit  
Hochleistungsflüssigkeitschromatographie. In E. Union (Hrsg.), *Amtliche Sammlung von*  
*Untersuchungsverfahren nach §64 LFGB*.

Technisches Komitee CEN/TC 275 "Lebensmittelanalytik - Horizontale Verfahren". (2020).  
Untersuchung von Lebensmitteln - Bestimmung von Vitamin C in Lebensmitteln HPLC-  
UV-Verfahren. In E. Union (Hrsg.), *Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach*  
*§ 64 LFGB*.

Technisches Komitee CEN/TC 275; Arbeitsausschuss "Vitamine" des NAL. (2001). Untersuchung  
von Lebensmitteln - Bestimmung von Vitamin A in Lebensmitteln mittels HPLC - Teil 2:  
Bestimmung von  $\beta$ -Carotin. In E. Union (Hrsg.), *Amtliche Sammlung von*  
*Untersuchungsverfahren nach § 35 LMBG*.

Technisches Komitee CEN/TC 275; Arbeitsausschuss "Vitamine" des NAL. (2004). Untersuchung  
von Lebensmitteln - Bestimmung von Vitamin K mit HPLC. In E. Union (Hrsg.), *Amtliche*  
*Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 35 LMBG*.

Technisches Komitee CEN/TC 275; Arbeitsausschuss "Vitamine" des NAL. (2010). Untersuchung  
von Lebensmitteln - Bestimmung von Vitamin D und Ergocalciferol in Lebensmitteln mittels  
HPLC. In E. Union (Hrsg.), *Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 35*  
*LMBG*.

Technisches Komitee CEN/TC 275; Arbeitsausschuss "Vitamine" des NAL. (2015). Untersuchung  
von Lebensmitteln - Bestimmung von Vitamin A in Lebensmitteln mittels HPLC - Teil 1:

Bestimmung von all-E-Retinol und 13-Z-Retinol. In E. Union (Hrsg.), *Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 35 LMBG*.

Technisches Komitee CEN/TC 275; Arbeitsausschuss "Vitamine" des NAL. (2015). Untersuchung von Lebensmitteln - Bestimmung von Vitamin E in Lebensmitteln mittels HPLC. In E. Union (Hrsg.), *Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 35 LMBG*.

Technisches Komitee CEN/TV 275 "Lebensmittelanalyse - Horizontale Verfahren". (2004). Untersuchung von Lebensmitteln - Mikrobiologische Bestimmung von Folat. In E. Union (Hrsg.), *Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 35 LMBG*.

Wedl, C. (2018). *Wildkräuter im Frühling und ihre Doppelgänger*. Graz: Karl-Franzens-Universität Graz.

## 12 Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere, dass ich vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

X

---

Florine Huber