

Mitt. bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz	N.F. 22	1	59-84	2016	Freiburg im Breisgau 30.10.2016
--	---------	---	-------	------	------------------------------------

# Vorkommen von *Polycarpon tetraphyllum* in Baden-Württemberg mit besonderer Berücksichtigung von Freiburg

VON

JOSEFINE HÖFLER, WINFRIED MEIER, ALBERT REIF\*

**Zusammenfassung:** Das aus dem Mittelmeergebiet stammende Vierblättrige Nagelkraut breitet sich in mitteleuropäischen Ländern zunehmend aus, so auch in Deutschland (MAZOMEIT 2002). Die Untersuchung der Datensätze über Fundmeldungen des Nagelkrauts ergab, dass sich die Art vor allem seit den letzten 10-20 Jahren in Baden-Württemberg und angrenzenden Gebieten (Schweiz, Frankreich und Rheinland-Pfalz) vermehrt in der Ausbreitung befindet. Eine aktuelle Verbreitungskarte mit diesen Fundmeldungen wird dargestellt. Im Freiburger Stadtzentrum wurde untersucht, wo sich Subpopulationen des Vierblättrigen Nagelkrauts zum Zeitpunkt der Aufnahmen (November 2015) befinden. Es wurden sechs Subpopulationen gefunden, die einer unterschiedlich hohen Trittbelastung ausgesetzt sind. Eine Regression ergab signifikant, dass die Pflanzen, die einer größeren Trittbelastung ausgesetzt sind, kleinere Sprosslängen aufweisen. Es wird angenommen, dass sich ausgehend von Subpopulation 3 die anderen Subpopulationen ausbreiten und sich diese Subpopulation zukünftig halten wird. Die pflanzensoziologische Auswertung der acht in einer Fußgänger-gasse durchgeführten Vegetationsaufnahmen ergab, dass das Vorkommen des Vierblättrigen Nagelkrauts als eine ranglose *Polycarpon tetraphyllum*-Gesellschaft gefasst werden kann. Sie gehört der Klasse Plantaginetea majoris, der Ordnung Plantaginetalia majoris und dem Verband Polygonion avicularis an. Die mittleren Zeigerwerte ergaben, dass die Standorteigenschaften der Probestellen in der Fußgänger-gasse warm und sonnig, wenig beschattet, subozeanisch, trocken bis frisch, mäßig sauer, stickstoffreich und salzarm sind.

Schlüsselworte: Vegetation, Tritt, *Plantaginetalia majoris*, *Polygonion avicularis*

**Summary:** The mediterranean plant Fourleaf Manyseed spreads increasingly in Central European countries including Germany (MAZOMEIT 2002). Examination of the records on reports of the herb showed that it disperses especially since the last

---

\* B.Sc. Josefine Höfler, Dr. Winfried Meier, Prof. Dr. Dr. h.c. Albert Reif, Universität Freiburg, Fakultät für Umwelt und natürliche Ressourcen, Professur für Standorts- und Vegetationskunde, Tennenbacher Str. 4, D-79106 Freiburg. winfried.meier@waldbau.uni-freiburg.de, albert.reif@waldbau.uni-freiburg.de.

10-20 years in Baden-Württemberg and neighboring regions (Switzerland, France and Rhineland-Palatinate). A current distribution map with these records is shown. It was investigated where subpopulations of the Fourleaf Manyseed in Freiburg city center were present at the time of data collection (November 2015). Six subpopulations were found, which encounter a different intensity of trampling. A significant regression showed that the plants exposed to higher trampling intensity have smaller shoot lengths than the plants exposed to a lesser trampling intensity. Populations in the future will probably spread out from subpopulation 3. This is also the subpopulation in Freiburg which will possibly last in the future. The phytosociological study of eight vegetation surveys showed that the occurrence of *Polycarpon tetraphyllum* forms a *Polycarpon tetraphyllum*-community. It belongs to the Plantaginetea majoris class, Plantaginetalia majoris order and the Polygonion avicularis alliance. The mean ecological indicative values of all plants shows the features of the plots in the pedestrian street: warm and sunny, slightly shaded, sub-oceanic, dry to fresh, moderately acidic, rich in nitrogen and low in salt.

Key words: Vegetation, Trampling, *Plantaginetalia majoris*, *Polygonion avicularis*

## 1. Einleitung und Fragestellung

Die Pflanzenart Vierblättriges Nagelkraut (*Polycarpon tetraphyllum* (L.) L.) kommt ursprünglich aus dem mediterran-submediterranen Raum (SAVELSBERGH 1997). Erstmals in Mitteleuropa nachgewiesen wurde das Vierblättrige Nagelkraut zu Beginn des 19. Jahrhunderts (MAZOMEIT 2002). Eine zunehmende Expansion von *Polycarpon tetraphyllum* von dessen mediterraner Ursprungsregion nach Norden wird für sehr wahrscheinlich gehalten, ebenso wie die verstärkte Etablierung der Pflanzenart in diesen Gebieten (MAZOMEIT 2002). Das Nagelkraut gilt in Deutschland als „eingebürgerter Neophyt“ (BFN 2015).

Als das Vierblättrige Nagelkraut nach einigen Fundangaben aus dem frühen 19. Jahrhundert in Baden-Württemberg nicht mehr beobachtet wurde, galt es für dieses Bundesland jahrzehntelang als verschollen (SEBALD et al. 1993). Später, in den 1990er Jahren wurde das Kraut im Oberrheingebiet wieder beobachtet und weitere Fundmeldungen häuften sich (BREUNIG et al. 2012). So gilt es seit 1998 für Baden-Württemberg als eingebürgert (BUTTLER und HARMS 1998). Der Klimawandel dürfte bei der Ausbreitung der wärmeliebenden Art behilflich sein und es ihr ermöglichen, die Populationen in Baden-Württemberg zu vergrößern (BREUNIG et al. 2012).

Da sich die Pflanze in der Ausbreitung befindet, ist es interessant, eine aktuelle Verbreitungskarte zu entwerfen. Im Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen des Bundesamts für Naturschutz reichen die aktuellsten Funde des Nagelkrautes in Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz bis ins

Jahr 2012 (BFN 2013). Um eine aktuellere Verbreitung des Vierblättrigen Nagelkrautes darzustellen, die bis in das Jahr 2015 reicht, wird eine Karte von Baden-Württemberg und angrenzenden Gebieten (Elsass, Schweiz, Rheinland-Pfalz) mit darin verzeichneten Fundmeldungen erstellt. Grundlage sind die Fundmeldungen aus dem Datensatz des Bundesamts für Naturschutz. Ergänzend kommen aktuelle Fundmeldungen von *Polycarpon tetraphyllum* aus folgenden Datensätzen hinzu: Gesammelte Daten des Instituts für Botanik und Landschaftskunde Karlsruhe, der Botanischen Arbeitsgemeinschaft Südwestdeutschland e.V., aus dem Elsass (Société Botanique d'Alsace und Herbar de l'Université de Strasbourg) sowie aus der Schweiz (Info Flora: Nationales Daten- und Informationszentrum der Schweizer Flora). Zudem wird untersucht, in welchem Jahr die Fundorte gemeldet wurden, um etwas über die Verbreitung der Pflanze im Laufe der Jahrzehnte aussagen zu können.

Freiburg gehört dem Naturraum des Südlichen Oberrhein-Tieflandes an, dessen Klima wärmer und reicher an Sonnenschein ist als andere Gegenden in Baden-Württemberg. Dieser Raum ist nach Südwesten hin zur Burgundischen Pforte geöffnet, welche das Einfließen warmer Luft aus dem Mittelmeerraum ermöglicht (HEINEKEN 2015). Diese Tatsache erlaubt es Pflanzenarten aus dem Mittelmeergebiet, so auch dem wärmeliebenden Vierblättrigen Nagelkraut, sich in Freiburg zu etablieren.

Ein Ziel dieser Arbeit ist es, zu untersuchen, wo sich im Freiburger Stadtzentrum Subpopulationen des Vierblättrigen Nagelkrautes befinden und wie hoch die Anzahl der fertilen und sterilen Individuen der jeweiligen Subpopulationen ist. Anhand dieser Informationen können weitere Aussagen über die Größe und Beschaffenheit der Subpopulationen getroffen werden.

Vor allem auf viel begangenen Fußwegen in der Innenstadt kommt es zur sogenannten Trittbelastung. Hinzu kommen die Kehr- und Säuberungsmaßnahmen, die noch zusätzlichen Stress auf die Pflanzen ausüben. In den untersuchten Subpopulationen wiesen die Exemplare des Vierblättrigen Nagelkrautes am Wegrand größere Wuchshöhen auf als die Exemplare in der Mitte des Weges. Im Rahmen dieser Arbeit wurden Daten erhoben, um die Frage zu beantworten, ob die Trittbelastung einen Einfluss auf das Sprosswachstum des Nagelkrautes hat und somit die unterschiedliche Ausprägung der Pflanzenexemplare und die Form der Subpopulationen gestaltet.

Der pflanzensoziologische Verband, in dem *Polycarpon tetraphyllum* vorkommt, wurde in der Literatur als „Polygonion avicularis Br.-Bl. 31 ex Aich. 33“ beschrieben (OBERDORFER 2001). Im Mittelmeergebiet, ihrem Ursprungsgebiet, wurde der Verband Polycarpion tetraphylli Rivas-Martinez 1975 mit mehreren Assoziationen beschrieben (ORTIZ und RODRIGUEZ-OUBINA 1990).

Für Deutschland wurden bislang keine Vegetationsaufnahmen publiziert. Aus diesem Grund wird in folgender Arbeit die lokale Vergesellschaftung von *Polycarpon tetraphyllum* untersucht und klassifiziert. Die mittleren Zeigerwerte geben Hinweise auf die Standorteigenschaften. Folgende Fragen wurden formuliert:

1. Wo und wann wurden Funde von *Polycarpon tetraphyllum* in Baden-Württemberg und angrenzenden Gebieten gemeldet? Wie sieht die aktuelle Verbreitung aus?
2. Wo kommen im Freiburger Stadtzentrum Subpopulationen von *Polycarpon tetraphyllum* vor?
3. Wie wirkt sich die Trittbelastung auf das Sprosswachstum aus?
4. Mit welchen Pflanzenarten ist *Polycarpon tetraphyllum* vergesellschaftet, wie kann dies synsystematisch eingeordnet werden?
5. Was sagen die mittleren Zeigerwerte der Pflanzenarten über den Standort aus?

## 2. Untersuchungsgebiet Freiburg im Breisgau

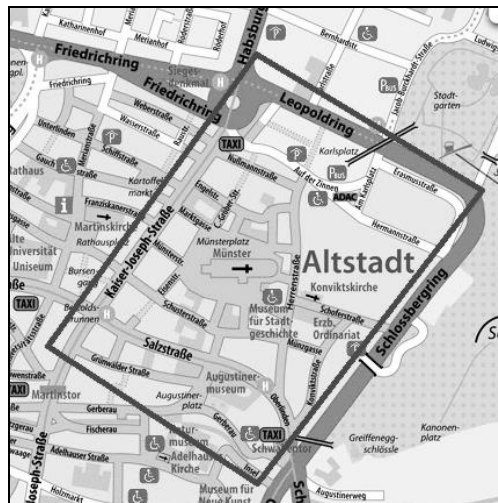
Freiburg im Breisgau liegt im Südwesten Baden-Württembergs am Rande des Schwarzwald auf 7°50'59'' östlicher Länge und 47°59'41'' nördlicher Breite. Die Stadt nimmt eine Fläche von 153,06 km<sup>2</sup> ein und hat 220 286 Einwohner (STATISTISCHES BUNDESAMT 2013). Die Temperatur im langjährigen Durchschnitt liegt bei 11,4°C und die Sonnenscheindauer im Jahr 2014 betrug 1811 Stunden (STADT FREIBURG 2015). Die Meereshöhe des Stadtzentrums und somit auch der Freiburger Fundpunkte beträgt 278 m über NN.

Die Stadt Freiburg gehört dem Naturraum Südliches Oberrhein-Tiefland an. Diese Landschaft ist nach Südwesten zur Burgundischen Pforte geöffnet und ermöglicht das beständige Eindringen warmer Luft aus dem Mittelmeerraum. Die Verteilung der jährlichen Niederschlagsmengen in diesem Naturraum variiert stark, was auf die Stauwirkung des südwestlichen Schwarzwaldes zurückzuführen ist. In der Freiburger Bucht und damit auch auf den Untersuchungsflächen liegt die jährliche Niederschlagsmenge bei 950 mm (HEINEKEN 2015).

### 3. Methoden

#### 3.1 Aktuelle Verbreitung in Südwestdeutschland und angrenzenden Gebieten

Um die Verbreitung des Vierblättrigen Nagelkrautes in Baden-Württemberg und angrenzenden Gebieten (Schweiz, Frankreich, Rheinland-Pfalz) bis ins Jahr 2015 darzustellen, wurden aktuell vorhandene Daten über die Fundorte und das jeweilige Funddatum zusammengetragen. Dabei gelten die



**Abb. 1:** Stadtzentrum Freiburg. Die schwarze Linie grenzt das Gebiet ein, das bei der Suche nach dem Vierblättrigen Nagelkraut abgegangen wurde. Verändert nach FREIBURG WIRTSCHAFT TOURISTIK UND MESSE GMBH & CO. KG (2012)

Meldungen des Bundesamts für Naturschutz in der Karte als Grundlage (BFN 2013), während alle anderen neu zusammengetragenen Daten als Ergänzung dienen. Für die Darstellung wurde das Geoinformationsprogramm ArcMap 10.3 verwendet. Der Verbreitungskarte liegt ein Basemap-Satellitenbild von ESRI zu Grunde. Die Ländergrenzen wurden von der EuroGlobalMap (EUROGEOGRAPHICS 2015) bezogen.

Die Funde wurden hinsichtlich des Funddatums sortiert und in zwei Kategorien eingeteilt. Alle Funde, die vor 1950 gemeldet wurden, erhielten in der Karte helle Punkte. Alle Funde ab 1980 wurden als dunkle Punkte in die Karte eingetragen. Zwischen 1950 und 1980 gab es keine Fund-

meldungen. Alle Punkte auf der Karte, die Funde vor 1950 darstellen, beinhalten Daten aus dem Datensatz des BfN (BFN 2013) und aus dem Datensatz aus dem Elsass (HOFF 2016). Die Punkte mit Funden nach 1980 enthalten Daten aus dem Datensatz des BfN (BFN 2013), des Elsass (HOFF 2016), der Botanischen Arbeitsgemeinschaft Südwestdeutschland e.V. (BOTANISCHE ARBEITSGEMEINSCHAFT SÜDWESTDEUTSCHLAND E. V. 2015), die Daten vom Institut für Botanik und Landschaftskunde Karlsruhe (BREUNIG 2015) und die Daten vom nationalen Daten- und Informationszentrum der Schweizer Flora (JUTZI 2016). Die Datenpunkte außerhalb der Kartendarstellung wurden gelöscht. Die Daten nach 1980 sind vornehmlich Fundmeldungen aus dem Zeitraum zwischen 1997 und 2015.

### 3.2 Populationen in Freiburg: Standorte und Individuenzahlen

Zur Untersuchung des Vorkommens von *Polycarpon tetraphyllum* im Freiburger Stadtzentrum wurde die Freiburger Innenstadt zu Fuß abgegangen (Abb. 1). Alle Funde bzw. Subpopulationen des Vierblättrigen Nagelkrautes wurden kartiert.

Die einzelnen Subpopulationen und ihre Lage sind im Orthophoto der Freiburger Innenstadt verzeichnet (Abb. 2). Es wurden insgesamt sechs Subpopulationen gefunden.

- **Subpopulation 1** befindet sich an der Ecke Habsburger Straße/Leopoldring und liegt auf einer ca. 66 m<sup>2</sup> großen Fläche. Hier befindet sich ein viel genutzter Fußgängerweg entlang des Gebäudes Habsburger Straße 133 an einer großen Straßenkreuzung. Sie ist gekennzeichnet durch eine hohe Trittbelastung.

- **Subpopulation 2** (ca. 48 m<sup>2</sup>) ist ein Fußgängerweg an der Ecke Leopoldring/Gasse zwischen dem Einkaufszentrum Karlsbau und dem Jugendamt. Die Fläche ist gekennzeichnet durch geringe Trittbelastung. Auf dieser Fläche steht ein Briefkasten, an dessen Seiten die Pflanzen Schutz vor Tritt finden.

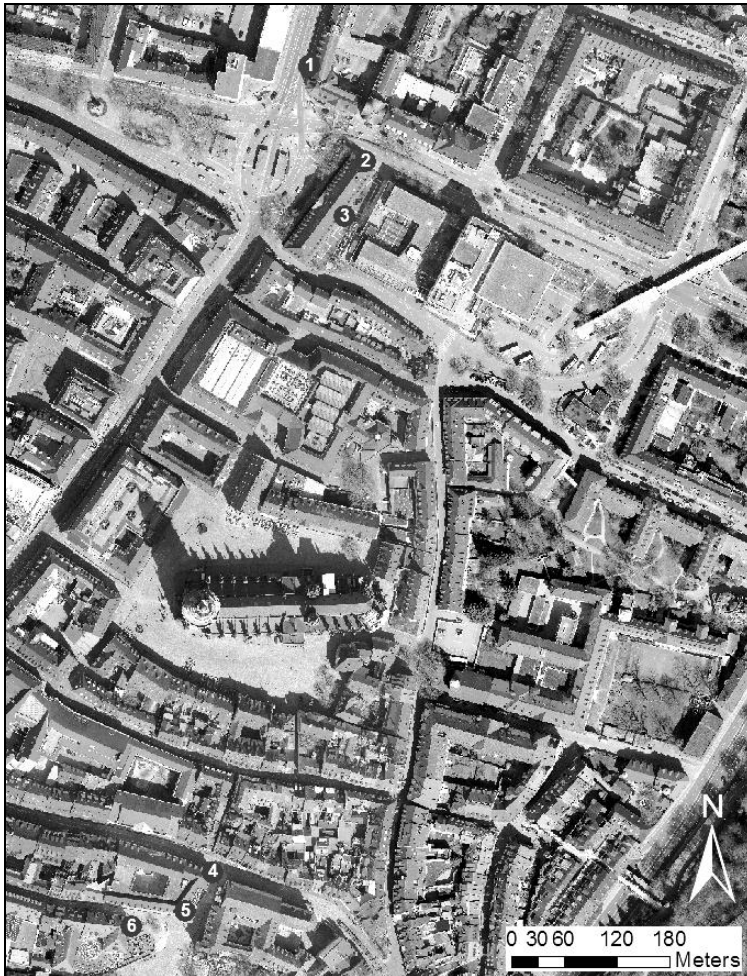
- In der Gasse zwischen Jugendamt (Kaiser-Joseph-Straße 143) und dem Einkaufszentrum Karlsbau (Auf der Zinnen 1) befindet sich **Subpopulation 3** auf ca. 180 m<sup>2</sup>. Die Gasse ist hauptsächlich ein Fußgängerweg. Außerdem wird diese Fläche von Autos und Fahrrädern zeitweise zugestellt. Der untersuchte Pflanzenbestand wächst an der Hauswand des Jugendamtes entlang.

- **Subpopulation 4** (ca. 2 m<sup>2</sup>) ist an der Straßenecke Salzstraße/Augustinerplatz auf der rechten Seite vor einem Einrichtungsladen. Auf dieser Fläche steht ein Straßenverkehrsschild.

- Vor dem Café Manna am Augustinerplatz befindet sich **Subpopulation 5** (ca. 9 m<sup>2</sup>). Der Pflanzenbestand wächst um einen auf der Terrasse des Cafés

stehenden Blumenkübel herum. Die Fläche ist durch das Freiburger Bächle (ein noch aus dem Mittelalter stammender künstlicher Wasserlauf, der sich durch die ganze Altstadt zieht) eingegrenzt.

- **Subpopulation 6** (ca. 12 m<sup>2</sup>) befindet sich auf dem Augustinerplatz an dem Schaufenster des „The North Face“-Ladens. Da das Schaufenster zum Zeitpunkt der Aufnahmen leer stand, gehört dieser Fläche keine besondere Funktion an.



**Abb. 2:** Orthophoto der Freiburger Innenstadt. Im Zentrum befindet sich das Freiburger Münster. Eingezeichnet sind die Subpopulationen 1-6. Verändert nach STADT FREIBURG I. BR. VERMESSUNGSAMT (2015)

Nach dem Auffinden einer Subpopulation wurde die Anzahl der Individuen von *Polycarpon tetraphyllum* in jener Subpopulation geschätzt, um weitere Aussagen zu den Eigenschaften der Subpopulation zu treffen. Zuerst wurde die Anzahl der fertilen Pflanzenexemplare von *Polycarpon tetraphyllum* geschätzt. Definiert wurden „fertile“ Pflanzen als solche Pflanzen, die Samen trugen. Anschließend wurden die sterilen Pflanzenexemplare geschätzt, wobei als „steril“ die Pflanzen, die noch keine Fortpflanzungsorgane entwickelt hatten, definiert wurden. Zudem umfasste die Gruppe der „sterilen“ Pflanzen auch die jungen Keimlinge. Der Niederschlag und die milden Temperaturen Ende Oktober 2015 regte die Keimung der Samen in den Pflasterfugen an und brachte eine Vielzahl von jungen Keimlingen hervor. Die Anzahl der Individuen der Subpopulationen (steril und fertil) wurde in Klassen geschätzt (1 = 1-5; 2 = 5-10; 3 = 10-30; 4 = 30-100; 5 = 100-200; 6 = 200-500; 7 = 500-1000; 8 = >1000).

### **3.3 Datenerhebung und -auswertung zum Einfluss von Tritt auf Sprosswachstum**

Der Einfluss der Trittbelastung auf das Sprosswachstum wurde durch den Indikator der Distanz zum nächstliegenden, nicht betretbaren Objekt indirekt erfasst. Diese nicht betretbaren Objekte waren beispielsweise Hauswände, Stromkästen und hohe Blumenkübel. In 5 Subpopulationen (Subpopulationen 1, 3, 4, 5 und 6) der Pflanzenart wurde die Sprosslänge von jeweils 5 Individuen ausgemessen (n = 25). Die Individuen wurden über die gesamte Fläche der Subpopulation verteilt nach folgenden Kriterien ausgewählt:

- Das Individuum kommt in der jeweiligen Subpopulation vor.
- Das Individuum ist fertil.
- Das Individuum weist im Vergleich zu anderen Individuen in seiner Nähe eine große Wuchshöhe auf.

Die Distanz wurde bei den Individuen, die direkt an diesem nicht betretbaren Objekt ausgemessen wurden, mit 0 cm beziffert. Es wurde mit den erhobenen Daten eine Regressionsanalyse mit Microsoft Office Excel durchgeführt.

## **3.4 Methoden der Vegetationsaufnahme**

### **3.4.1 Vegetationskundliche Methoden und Nomenklatur**

Vegetationsaufnahmen wurden in den ersten 2 Novemberwochen im Jahr 2015 gemäß der Aufnahmemethode von BRAUN-BLANQUET (1964) und unter Anwendung der abgewandelten Braun-Blanquet-Skala von BARKMAN et al. (1964) angefertigt (Tab. 1). Für jede Probestfläche wurde der Gesamtdeckungsgrad in Prozent für die Kraut- und Moosschicht geschätzt. Anschließend wurden alle in der Krautschicht vorkommenden Arten



bestimmt und aufgelistet. Die Bestimmung der Pflanzen erfolgte nach PAROLLY und ROHWER (HRSG) (2016). Die Bestimmung der Moose erfolgte mit Hilfe von Dipl. Biol. Michael Lüth. Die Benennung der Syntaxa folgte OBERDORFER (1983).

**Tab. 1:** Modifizierte Deckungsgradtabelle nach Braun-Blanquet. Aus: GLAVAC (1996)

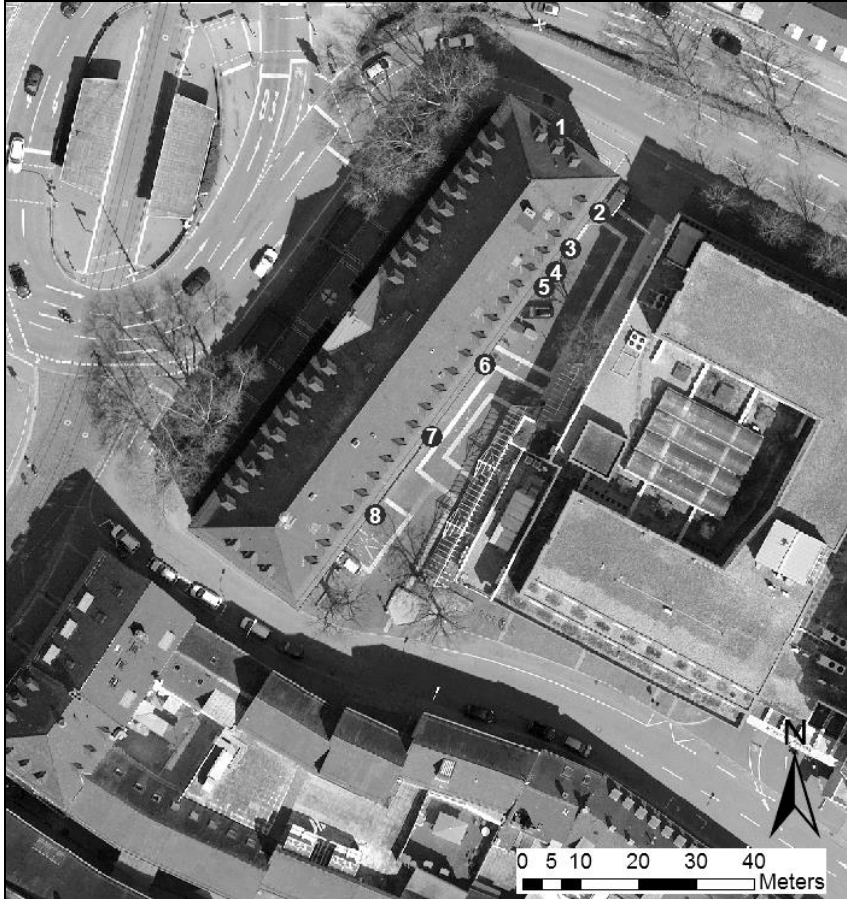
+	2-5 Individuen (bzw. Triebe)/Aufnahmefläche, Deckung dabei unter 5%
1	5-50 Individuen (bzw. Triebe)/Aufnahmefläche, Deckung unter 5 %
2	über 50 Individuen (bzw. Triebe)/Aufnahmefläche, Deckung unter 5%
2m	über 50 Individuen/Aufnahmefläche, Deckung dabei unter 5%
2a	Individuenzahl beliebig, Deckung 5-15%
2b	Individuenzahl beliebig, Deckung 16-25%
3	Individuenzahl beliebig, Deckung 26-50%
4	Individuenzahl beliebig, Deckung 51-75%
5	Individuenzahl beliebig, Deckung 76-100%

Die Probeflächen lagen in der Gasse zwischen Friedrichsbau und Jugendamt. Dort befinden sich die größten Vorkommen dieser Pflanzenart im Freiburger Stadtzentrum. In dieser Gasse kommt *Polycarpon tetraphyllum* an der Hauswand des Jugendamtes entlang auf ca. 132 m<sup>2</sup> vor. Aufgenommen wurden 8 Probeflächen (Abb. 3).

Die Probeflächen wurden an der Hauswand des Jugendamtes angelegt, da hier das Vierblättrige Nagelkraut am meisten vorkam. Ein Meter von der Hauswand in Richtung Mitte des Weges entfernt kam kaum oder gar kein *Polycarpon tetraphyllum* mehr vor. Die Größe der Aufnahmeflächen wurde auf 0,4 m<sup>2</sup> festgelegt. Diese Größe wurde gewählt, da die bewachsenen Flächen in der Gasse sehr kleinräumig waren. Für die Pflanzenformation Trittvegetation wird eine minimale Probeflächengröße von 2-4 m<sup>2</sup> empfohlen (GLAVAC 1996). Es war jedoch kaum möglich, eine größere Fläche als 0,4 m<sup>2</sup> zu wählen, da eine größere Fläche nicht das Homogenitätskriterium erfüllt hätte. Die Flächenform der Vegetationsaufnahme war dabei variabel, um eine möglichst große Anpassung an die folgenden Kriterien zu ermöglichen. Aus praktischen Gründen wurde eine rechteckige Form gewählt, in der Regel waren dies 40 cm × 100 cm. Um die Flächenform optimal an das Homogenitätskriterium anzupassen wurde einmal die Flächenform 20 cm × 100 cm und zweimal die Flächenform 60 cm × 67 cm gewählt.

Die Auswahl der Aufnahmeflächen erfolgte nach diesen Kriterien:

- Die Fläche beinhaltet *Polycarpon tetraphyllum*.
- Die Fläche ist innerhalb ihrer floristischen Grenzen homogen.
- Die Fläche liegt in der maximalen Dichte des Auftretens von *Polycarpon tetraphyllum*.
- Die Fläche liegt rechteckig mit der langen Seite parallel zur Hauswand an.



**Abb. 3:** Die Probestellen 1-8 in der Gasse zwischen Einkaufszentrum Karlsbau (rechts) und dem Jugendamt (links). Die Flächen sind an der Hauswand des Jugendamts angelegt. Verändert nach STADT FREIBURG I. BR. VERMESSUNGSAMT (2015)

### 3.4.3 Berechnung mittlere Zeigerwerte

Mittelwerte der Faktorenzahlen (mittlere Zeigerwerte  $mZ$ ) werden weit verbreitet angewendet, da sie einfach zu berechnen sind und sich aus ihnen für die Anwendung in der Praxis einfach ablesbare Relativwerte herausbilden (DIERSCHKE 1994). Für die Berechnung der mittleren Zeigerwerte für jede der insgesamt 8 Probeflächen mit den darauf vorkommenden Pflanzenarten diente das ungewichtete arithmetische Mittel.

Die Zeigerwerte für alle auf den Probeflächen vorkommenden Pflanzenarten wurden aus ELLENBERG (2001) und ELLENBERG und LEUSCHNER (2010) entnommen und interpretiert.

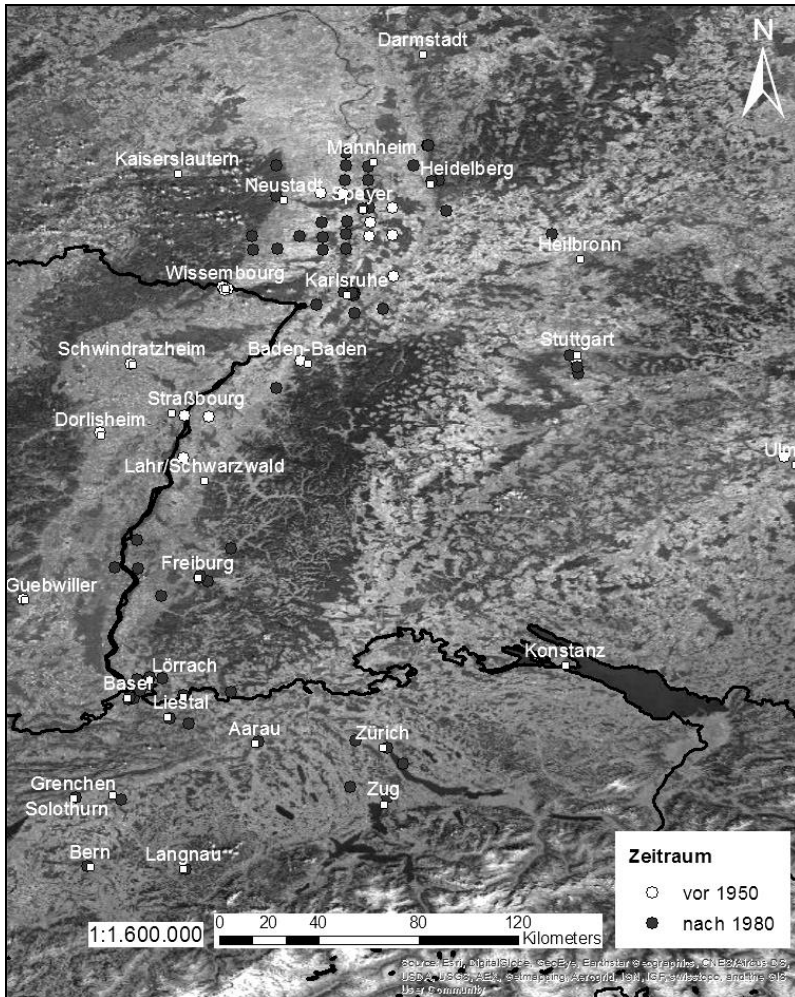
## 4. Ergebnisse

### 4.1 Verbreitungskarte Vierblättriges Nagelkraut in Baden-Württemberg und Umgebung

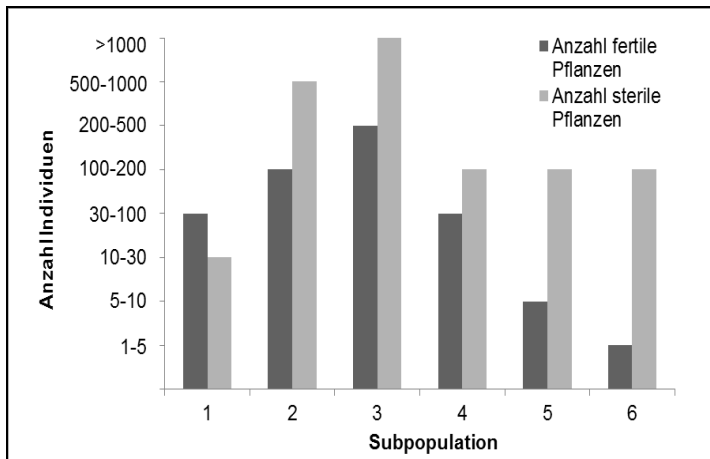
In nachfolgender Karte sind Funde vom Vierblättrigen Nagelkraut in Baden-Württemberg und angrenzenden Gebieten (Schweiz, Frankreich, Rheinland-Pfalz) dargestellt (Abb. 4). Es ist erkennbar, dass vor 1950 erheblich weniger Funde registriert wurden als nach 1980. Die Pflanzenart befindet sich seit 1980 zunehmend in der Ausbreitung. Da die Fundmeldungen aus den aktuellen Datensätzen hauptsächlich aus den Jahren 1997-2015 stammen, lässt sich sagen, dass die Pflanze vor allem in den letzten 10-20 Jahren ihr Verbreitungsgebiet vergrößern konnte und sich die in manchen Städten schon vorhandenen Populationen ausbreiten konnten. So häuften sich beispielsweise die Fundmeldungen in Stuttgart. In den Jahren zwischen 1950 und 1980 wurden keine Funde von *Polycarpon tetraphyllum* registriert. In diesen Jahren galt die Pflanze in Baden-Württemberg als verschollen (SEBALD et al. 1993). In der Schweiz liegen ausschließlich Fundmeldungen ab 1980 vor.

### 4.2 Metapopulation in Freiburg: Größe und Eigenschaften der Subpopulationen

Nachdem die Anzahl der fertilen und sterilen Pflanzen für die jeweiligen Subpopulationen von *Polycarpon tetraphyllum* geschätzt wurde, wurden die Zahlenwerte in eine Excel Tabelle eingetragen und in einem Diagramm dargestellt. Die Ergebnisse sind in Abb. 5 dargestellt.



**Abb. 4:** Funde von *Polycarpon tetraphyllum* für Baden-Württemberg und angrenzende Gebiete (Rheinland-Pfalz, Frankreich, Schweiz). Daten vor 1950: Helle Punkte (BFN, 2013; HOFF 2016). Daten ab 1980: Dunkle Punkte (BOTANISCHE ARBEITSGEMEINSCHAFT E. V. 2015; BREUNIG 2015, JUTZI 2016, HOFF, 2016, BFN 2013)



**Abb. 5:** Geschätzte Anzahl der Individuen von *Polycarpon tetraphyllum* der jeweiligen Subpopulationen 1-6 im Freiburger Stadtzentrum im Nov. 2015

Erkennbar wird, dass in jeder Subpopulation außer der Subpopulation Nummer 1 die Anzahl der sterilen Pflanzen erkennbar größer ist als die Anzahl der fertilen Pflanzen. Subpopulation 1 ist die Subpopulation im Freiburger Stadtzentrum, die von allen Subpopulationen der größten Trittbelastung ausgesetzt ist. Die Pflanzen dort sind schlecht entwickelt und weisen sehr niedrige Wuchshöhen auf. Die Individuen wachsen niedergestreckt zwischen den Pflasterritten.

In den Subpopulationen 2, 3, 4, 5 und 6 hingegen erreichte die Anzahl der sterilen Pflanzen höhere Werte als die Anzahl der fertilen Pflanzen. In diesen Subpopulationen gab es eine Vielzahl von jungen Keimlingen, deren Keimung durch den Niederschlag und die milden Temperaturen Ende Oktober begünstigt wurde. Da der Zyklus der fertilen Pflanzen Anfang November zum Ende kam, und viele fertile Pflanzen vertrocknet und von den Kehr- und Säuberungsmaschinen oder dem Wind entfernt wurden, war die Anzahl der fertilen Pflanzen niedriger als die der sterilen Pflanzen. Zudem war bei diesen Subpopulationen das Wachstum zum jeweiligen Rand des Vorkommens (zur Hauswand hin, zum Blumenkübel hin, etc.) durch die dortige verminderte Trittbelastung begünstigt. Dort wuchsen sehr gut ausgeprägte, fertile Pflanzen, die viele Samen trugen.

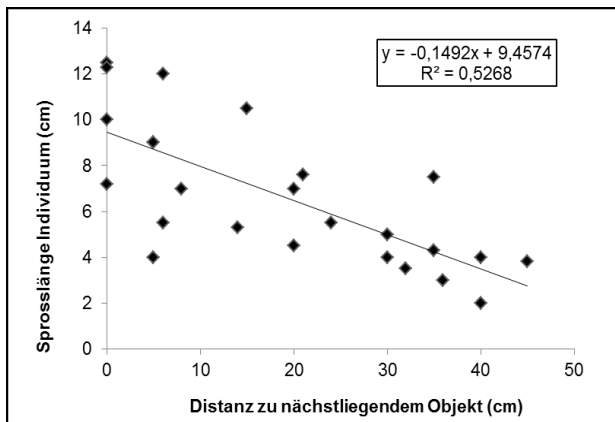
Die Subpopulationen 4, 5 und 6 wuchsen vor Tritt geschützt hinter und um Mülleimer, Straßenschilder oder Blumenkübel herum, oder vor einem Schaufenster das zum Zeitpunkt der Aufnahmen leer stand. Die

Subpopulationen weisen eine kleine Zahl fertiler und steriler Pflanzen auf, da ihre Flächen durch mechanische Belastung geprägt sind und die Flächen, auf denen die Pflanze vorkommt, dadurch klein werden.

Subpopulation 3 hat die höchste Zahl von fertilen und sterilen Pflanzen von allen Subpopulationen. Diese Subpopulation wächst am Rand einer Fußgängergasse und ist im Vergleich zu den anderen Subpopulationen am meisten vor Tritt und Säuberungsmaßnahmen geschützt. Ähnlich verhält es sich in Subpopulation 2, hier befindet sich ebenfalls eine große Zahl von fertilen und sterilen Pflanzen. Diese Subpopulation wächst ebenfalls geschützt an der Hauswand des Jugendamts entlang.

### 4.3 Regression Sprosslänge und Trittbelastung

Es wurden 25 Daten aufgenommen und mit ihnen eine Regression durchgeführt. Wie die lineare Regressionsgerade in Abb. 6 zeigt, nimmt die Sprosslänge der Individuen mit zunehmender Distanz zum nächstliegenden Objekt ab. Der P-Wert liegt mit  $4,018E-05$  unter  $0,05$ . Damit ist das Ergebnis höchst signifikant. Das Bestimmtheitsmaß ( $R^2$ ) liegt bei  $0,527$ . Je mehr Trittbelastung auf die Pflanzen einwirkt, desto kleiner werden die erreichten Sprosslängen.



**Abb. 6:** Einfluss der Distanz zum nächstliegenden Objekt auf die erreichten Sprosslängen der Individuen. Lineare Regression mit Gleichung.

### 4.4 Ergebnisse der Vegetationsaufnahmen

Das Vorkommen von *Polycarpon tetraphyllum* in der untersuchten Fußgängergasse ist eine ranglose *Polycarpon tetraphyllum*-Gesellschaft und gehört der Klasse Plantaginetea majoris (auch: Polygono arenastri-Poetea

annuae), der Ordnung Plantaginetales majoris und dem Verband Polygonion avicularis an. Auch OBERDORFER (2001) hat *Polycarpon tetraphyllum* den Trittgemeinschaften und dem Verband Polygonion avicularis zugeordnet.

Auf den untersuchten Flächen kommt eine Trittpflanzen-Gesellschaft vor, die auf den Flächen unterschiedlich stark ausgeprägt ist. Die verschiedenen starke Belastung durch Tritt auf den verschiedenen Probestellen führt zu Unterschieden in der Artenzahl und dem Gesamtdeckungsgrad.

Die Vegetationsaufnahmen wurden nach ihrer Artenzahl geordnet, von der Fläche mit den meisten Arten bis zur Fläche mit den wenigsten Arten (Tab. 2). Neben dem Vierblättrigen Nagelkraut befindet sich auf den Probestellen noch ein weiterer eingebürgerter Neophyt, das Kleine Liebesgras (*Eragrostis minor*).

Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse der mittleren Zeigerwerte für die 7 Standortsfaktoren Licht, Temperatur, Kontinentalität, Feuchte, Reaktion, Stickstoff und Salz auf den 8 Probestellen.

Die mittlere Lichtzahl schwankt bei allen Probestellen zwischen 7,2 und 9. Die Pflanzen auf den Probestellen sind damit den Halblichtpflanzen bis Volllichtpflanzen zuzuordnen. Die mittlere Temperaturzahl befindet sich auf allen Probestellen zwischen 6,7 und 8. Damit zählen die Pflanzenarten zu den Wärmezeigern und sind in planaren bis collinen Bereichen anzutreffen und im nördlichen Mitteleuropa nur in relativ warmen Tieflagen. Die mittlere Kontinentalitätszahl liegt auf allen Flächen bei 3 bis 5. Damit weisen die Probestellen subozeanisch bis intermediäre (schwach subozeanische bis schwach subkontinentale) Verhältnisse auf. Für alle Probestellen liegt die mittlere Feuchtezahl zwischen 3 und 4,7. Die Pflanzenarten auf den Probestellen gehören den Trockenzeigern bzw. den Trocken- bis Frischezeigern an. Die mittleren Bodenreaktionszahlen nehmen Werte zwischen 5 und 6 ein. Damit befinden sich auf den Probestellen Mäßigsäurezeiger. Die Böden der Probestellen sind weder stark sauer noch neutral bis alkalisch. Die Berechnung der mittleren Stickstoffzahlen für die Probestellen ergab Werte von 6 bis 8. Die Probestellen sind stickstoffreiche Standorte. Die mittlere Salzzahl beträgt 0 bis 0,5. Die Pflanzen auf den Probestellen sind nicht salzertragend und die Böden auf den Probestellen salzfrei oder salzarm.

Zusammengefasst ergibt die Auswertung der mittleren Zeigerwerte, dass die Standortbedingungen auf den Probestellen in der Fußgängerzone warm und meist sonnig, wenig beschattet, subozeanisch, trocken bis frisch, mäßig sauer, stickstoffreich und salzarm sind.

**Tab. 2:** Vegetationsaufnahmen der 8 Probeflächen, geordnet nach der Artenzahl von der Fläche mit den meisten Arten bis zur Fläche mit den wenigsten Arten. Aufnahmezeitraum: 05.11.15-13.11.15

Laufende Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8
Probeflächen- Nummer	8	3	4	5	1	6	7	2
Artenzahl	11	10	10	9	7	4	3	2
Fläche (m <sup>2</sup> )	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Deckung								
Gefäßpflanzen (%)	20	20	40	50	30	20	20	40
Deckung Moosschicht (%)	6	3	3	4	5	.	.	.
<i>Polycarpon</i>								
<i>tetraphyllum</i>	1	2a	2b	3	2b	1	2b	3
<i>Poa annua</i>	1	1	r	2	1	.	1	.
<i>Stellaria media</i>	.	+	3	2a	.	+	.	.
<i>Capsella bursa-</i> <i>pastoris</i>	1	.	r	1	.	+	.	.
<i>Taraxacum officinale</i>	.	r	.	2a	r	.	.	.
<i>Eragrostis minor</i>	.	.	.	.	.	2	+	.
<i>Sagina procumbens</i>	r	r	.	.	.	.	.	.
<i>Cardamine hirsuta</i>	.	1	.	.	.	.	.	.
<i>Sonchus oleraceus</i>	.	.	r	.	.	.	.	.
<i>Achillea millefolium</i>	.	.	r	.	.	.	.	.
<i>Plantago major</i>	r	.	.	.	.	.	.	.
<i>Polygonum aviculare</i>	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Solanum nigrum</i>	.	.	.	.	.	.	.	r
<i>Malva neglecta</i>	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Barbula convoluta</i>	1	+	+	+	1	.	.	.
<i>Bryum spec.</i>	+	+	+	+	+	.	.	.
<i>Ceratodon purpureus</i>	.	r	r	.	r	.	.	.
<i>Pseudocrossidium</i>								
<i>hornschuchianum</i>	r	.	r	r	.	.	.	.
<i>Didymodon insulanus</i>	.	r	.	.	r	.	.	.
<i>Bryum klinggraeffii</i>	r	.	.	.	.	.	.	.
<i>Amblystegium serpens</i>	.	.	.	r	.	.	.	.



**Tab. 3:** Mittlere Zeigerwerte (Mz) Licht, Temperatur, Kontinentalität, Feuchte, Reaktion, Stickstoff und Salz. Berechnet für jede der 8 Probe-  
flächen. X bedeutet alle auf der Fläche vorkommenden Pflanzen verhalten  
sich diesem Faktor gegenüber indifferent, damit ist eine Zeigerwertaussage  
nicht möglich.

Probe- fläche	Mz Licht	Mz Tempe- ratur	Mz Kontinen- -talität	Mz Feuchte	Mz Rea- ktion	Mz Stick- stoff	Mz Salz
1	8	8	4	4,5	5	8	0,5
2	9	8	3	3	5	X	0
3	7	6,8	3,7	4,7	5,7	7,7	0,3
4	7,5	8	3	3	5	8	0
5	7,2	8	4	4,5	6	7,5	0,4
6	7,5	7,3	4	3,7	6	6	0
7	8	7,5	4,3	4	5	6	0,3
8	7,6	6,7	5	4,3	6	7,3	0,4

## 5. Diskussion

### 5.1 Diskussion der Verbreitungskarte

Während im Elsass, in Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg Fundmeldungen vom Vierblättrigen Nagelkraut vor 1950 registriert sind, gibt es für die Schweiz keine Fundmeldungen vor 1950, sondern nur nach 1980. Dies könnte den Grund haben, dass das Nagelkraut vor 1950 für die Schweiz noch nicht bekannt war oder Botaniker und Botanikerinnen noch keine Kenntnis von der Art hatten. Darüber hinaus ist es bemerkenswert, dass die Funde aus dem Elsass hauptsächlich vor 1950 gemeldet wurden und für die Jahre nach 1980 keine Fundmeldungen vorliegen (außer eine Meldung bei Breisach am Rhein). Eventuell kommt das Nagelkraut in dieser Gegend seit den Meldungen vor 1950 nicht mehr vor. Hierfür wäre es interessant, im Elsass nach Vorkommen des Nagelkrauts zu suchen.

Anhand der Punkte für die Verbreitung ab 1980 wird deutlich, dass die Pflanze vor allem in den Städten wie Freiburg, Stuttgart, Karlsruhe, Basel und Mannheim mehrfach über die Jahre beobachtet wurde. Dies könnte daran liegen, dass ihr Lebensraum die Pflasterfugen wärmebegünstigter Städte darstellt. Es könnte allerdings auch daran liegen, dass Botaniker und

Botanikerinnen mit den Artkenntnissen sich in diesen Städten aufhalten und ihre Beobachtungen dort melden, und es daher zu einer Häufung der Fundmeldungen in diesen Städten kommt, während in kleineren Ortschaften kaum Funde gemeldet werden.

BREUNIG et al. (2012) fanden in ihrer Untersuchung über die Auswirkungen des Klimawandels auf die Stadtflora Baden-Württembergs heraus, dass seit den 1980er Jahren verstärkt wärmeliebende Arten aus mediterranen Gebieten einwandern und sich ausbreiten. Die Arten, die sich seit 1900 ausgebreitet haben oder eingewandert sind, besitzen eine höhere mittlere Temperaturzahl (6,91) als die mittlere Temperaturzahl der gesamt gefundenen Arten in den untersuchten Transekten der Studie (5,74 bis 6,03) und eine etwas höhere mittlere Kontinentalitätszahl (4,03 gegenüber 3,62 bis 3,96). Werden die klimasensitiven Arten, also Arten, die sich nach Beginn der Klimaerwärmung in den 1980er Jahren merklich ausgebreitet haben, aus der Artengruppe der seit 1900 eingewanderten Arten selektiert, erhöht sich die mittlere Temperaturzahl auf 7,57 und die mittlere Kontinentalitätszahl senkt sich auf 3,47 ab. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich seit 1980 vornehmlich sehr wärmeliebende Arten mit subozeanischem Areal in Baden-Württemberg ausgebreitet haben. Dies passt zur Ausbreitung des Vierblättrigen Nagelkrauts, da auch diese Art mit einer Temperaturzahl von 8 und einer Kontinentalitätszahl von 3 wärmeliebend und ozeanisch bis subozeanisch ist.

## **5.2 Zustand der Metapopulation in Freiburg und Ausblick**

Das größte Vorkommen des Vierblättrigen Nagelkrauts befindet sich in der Gasse zwischen dem Einkaufszentrum Karlsbau und dem Jugendamt, in der Subpopulation 3. Aufgrund der Tatsache, dass die Pflanze hier zahlen- und flächenmäßig am meisten vertreten ist, wird angenommen, dass diese Population der Ausgangspunkt für die Verbreitung der anderen Subpopulationen ist. Von hier aus können die Samen beispielsweise über die Schuhe der Fußgänger oder im Fell von Tieren (z.B. Hunde) in andere Gegenden verschleppt werden.

*Polycarpon tetraphyllum* wird sich in Freiburg am wahrscheinlichsten in Subpopulation 3 halten können. Die Störung der Flächen, auf denen es dort wächst, ist im Vergleich zur Störung auf den anderen Flächen der Subpopulationen am niedrigsten. In dieser Gasse gibt es fest installierte Gegenstände, wie beispielsweise große Müllcontainer, Abflussrohre oder Fahrradabstellplätze, die für Kehrmaschinen nicht gut erreichbar sind oder wo Trittbelastung eine geringe Rolle spielt.

Die anderen Subpopulationen, vor allem diejenigen, die nur wenige Quadratmeter eingenommen haben, werden sich eher nicht halten können. Sie könnten schon bei einer großen Kehr- und Säuberungsaktion vernichtet

werden. Allerdings liegt die Vermutung nahe, dass die Zerstörung einer Subpopulation keine verheerenden Auswirkungen auf die gesamte Metapopulation in der Freiburger Innenstadt haben sollte. Erlischt eine Subpopulation, wird eventuell an einem anderen Ort wieder eine neue entstehen.

### 5.3 Regression Sprosslänge und Trittbelastung

Je mehr Trittbelastung auf die Individuen des Nagelkrauts einwirkt, desto kleiner werden die erreichten Sprosslängen. Bei der Untersuchung wurde die Distanz zum nächstliegenden Objekt, das nicht betreten wird, als Indikator für die Trittbelastung angenommen. Die Ausprägung der Trittbelastung bestimmt die Gestalt der Subpopulationen von *Polycarpon tetraphyllum* in Freiburg. Die Grenze der Flächen, die die Subpopulationen einnehmen, wird durch die Trittbelastung gebildet. Auf den Flächen kommen dort, wo die Trittbelastung groß ist, nur noch vereinzelt kleine kümmerliche fertile Exemplare oder junge Keimlinge vor, die im Schutz der Pflasterfugen wachsen, bis die Individuen des Vierblättrigen Nagelkrautes schließlich ganz verschwinden. Die größten und vitalsten Pflanzenexemplare wachsen in den Subpopulationen dort, wo am wenigsten Tritt auf die Pflanzen einwirkt.

Eine Polygonetum avicularis-Gesellschaft besteht dort, wo viel Trittbelastung auf die Pflanzen einwirkt. Wird über einen längeren Zeitraum eine Fläche auf einmal nicht mehr betreten, können sich andere Pflanzengesellschaften aus der Polygonetum avicularis-Gesellschaft heraus entwickeln (SUKOPP und WITTIG 1998). Eventuell benötigt also die *Polycarpon tetraphyllum*-Gesellschaft in den Städten mäßige Trittbelastung, um nicht von höherwüchsigen Pflanzen überwachsen zu werden.

### 5.4 Die eigenen Befunde vor dem Hintergrund der Vergesellschaftungen in der Literatur

Für das mitteleuropäische Vorkommen von *Polycarpon tetraphyllum* gibt es keine beschriebene ranglose Gesellschaft oder Assoziation. Die ranglose *Polycarpon tetraphyllum*-Gesellschaft ist der Klasse Plantaginetea majoris zuzuordnen, da diese Klasse alle Trittpflanzengesellschaften beinhaltet, die von Therophyten dominiert werden. Die für stark betretene Flächen typischen und häufig anzutreffenden Arten *Polygonum aviculare*, *Poa annua* und *Plantago major* kommen auf den untersuchten Probeflächen vor.

Es gibt in der Literatur zwei pflanzensoziologische Assoziationen, die Ähnlichkeiten zur vorliegenden ranglosen *Polycarpon tetraphyllum*-Gesellschaft aufweisen. Diese Assoziationen gehören dem Verband Polygonion avicularis an. Sie heißen Silbermoos-Mastkrautgesellschaft (Bryo-Sagnetum procumbentis) und Kamillen-Vogelknöterichgesellschaft (Lolio-Polygonetum arenastri typicum). Besonders häufig sind sie an stark

betretenen oder mäßig befahrenen Orten in mitteleuropäischen Städten anzutreffen (SUKOPP und WITTIG 1998).

Der Mastkrautrasen hat Ähnlichkeiten zur erarbeiteten *Polycarpon tetraphyllum*-Gesellschaft, da auch er die Pflasterritzen auf betretenen Wegen oder Straßen besiedelt. Diese Assoziation befindet sich beispielsweise nach SUKOPP und WITTIG (1998) auch in der Stadt Münster. Die Charakterarten des Bryo-Saginetum procumbentis sind das Niederliegende Mastkraut (*Sagina procumbens*) und das Silbermoos (*Bryum argenteum*). Zur typischen Artenkombination gehört außerdem das Purpurrote Hornzahnmoos (*Ceratodon purpureus*) (WITTIG 2002). Auf den untersuchten Probeflächen wurden diese Arten, mit Ausnahme des Silbermooses, gefunden. Allerdings ist das Bryo-Saginetum procumbentis auf nährstoffarmen, mäßig feuchten Standorten von der Ebene bis in die montane Stufe anzutreffen. Die Auswertung der mittleren Zeigerwerte der Standorte der *Polycarpon tetraphyllum*-Gesellschaft ergab, dass diese in nährstoffreichen, trockenen bis frischen und in planaren bis collinen Bereichen anzutreffen sind. Hinsichtlich der Faktoren Nährstoffversorgung, Temperatur und Kontinentalität unterscheiden sich also diese zwei Pflanzengesellschaften. Zudem entwickeln sich aus dem Bryo-Saginetum procumbentis höherwüchsige Pflanzenbestände, sobald das Betreten oder Befahren des Standorts eingestellt wird (WITTIG 1991). Die *Polycarpon tetraphyllum*-Gesellschaft befindet sich vornehmlich an Standorten, die weniger befahren oder betreten werden und ist deshalb als ein höherwüchsiger Pflanzenbestand zu betrachten, der sich eventuell aus dem Mastkrautrasen heraus entwickelt hat.

Die Ähnlichkeit zwischen der Kamillen-Vogelknöterichgesellschaft und der *Polycarpon tetraphyllum*-Gesellschaft ist zum einen, dass in beiden Gesellschaften einjährige Arten dominieren und mehrjährige Pflanzen selten sind. Wie auch die Kamillen-Vogelknöterich-Gesellschaft siedelt sich die *Polycarpon tetraphyllum*-Gesellschaft spontan an und wird hin und wieder vernichtet durch „Säuberungsaktionen“. Hier unterscheidet sich die *Polycarpon tetraphyllum*-Gesellschaft sowie das Lolio-Polygonetum arenastri typicum von der Lolio-Polygonetum arenastri trifolietosum repentis (Weidelgras-Breitwegerichgesellschaft), die durch starke Trittbelastung aus einem Scherrasen hervorgegangen ist, und meist geschlossene und rasenähnliche Bestände ausbildet (SUKOPP und WITTIG 1998).

Es darf angenommen werden, dass sich der untersuchte Pflanzenbestand zwischen den beiden Assoziationen, der des Mastkrautrasens und der des Kamillen-Vogelknöterichrasens eingliedert.

### **5.5 Diskussion der mittleren Zeigerwerte**

Nach WITTIG (2002) unterscheiden sich die Zeigerwertspektren der spontanen Flora von Städten von den Spektren der Flora des jeweiligen Umlandes in vielseitiger Weise. In Hinblick auf die Faktoren Licht, Temperatur, Bodenreaktion und Stickstoff zeigen die Zeigerwertspektren der Städte Köln und Münster höhere Werte an als das Spektrum des Umlandes. Bezüglich des Faktors Feuchtigkeit verschieben sich die Stadtspektren hin zu den niedrigeren Zeigerwerten. Hinsichtlich der Kontinentalitätswerte sind die Spektren der Städte vorwiegend zu den höheren Werten hin verschoben, allerdings tritt ein Anstieg im Bereich der ozeanischen bis subozeanischen Zeigerwerte auf. Da die Standortfaktoren in Städten in charakteristischer Weise verändert sind, kommen hier mehr Licht liebende, thermophile und stickstoffliebende Arten und weniger feuchtigkeitsliebende Arten und Säurezeiger als im Umland vor (WITTIG 2002).

Die ausgewerteten mittleren Zeigerwerte nehmen Werte an, die für die Standorteigenschaften in Städten typisch sind. So kommen auf den Probeflächen der untersuchten Fußgängergasse in der Stadt Trockniszeiger, Lichtzeiger, Wärmezeiger, Stickstoffzeiger, Mäßigsäurezeiger und subozeanische Arten vor.

## **6. Schlussfolgerung**

Die erstellte Verbreitungskarte mit den aktuellen Fundmeldungen aus Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz, dem Elsass und der Schweiz, bestätigt die Beobachtung in der Literatur, dass sich das Nagelkraut seit dem Jahr 1989 zunehmend in Baden ausbreitet (MAZOMEIT 2002). Außerdem zeigt die Verbreitungskarte, dass vor allem in den letzten 10-20 Jahren Funde in diesem Gebiet gemeldet wurden und sich die Meldungen vor allem in den wärmebegünstigten Städten häufen. Älteste Funde (vor 1950) gab es im Elsass und in Baden-Württemberg, und erst später (ab 1980) wurde das Kraut in der Schweiz gemeldet. Die Tatsache, dass sich seit 1980 vornehmlich sehr wärmeliebende Arten mit subozeanischem Areal in Baden-Württemberg ausgebreitet haben, wird durch die Ausbreitung des Vierblättrigen Nagelkrauts in diesem Gebiet untermauert, da es eine Temperaturzahl von 8 und eine Kontinentalitätszahl von 3 aufweist. Zukünftige Fundmeldungen sind spannend um eine weitere Ausbreitung oder einen Rückgang der Pflanze zu beobachten. Es ist von Interesse, da angesichts des Klimawandels eventuell mehr wärmeliebende Arten aus dem Mittelmeergebiet in nördliche Gebiete wandern und sich in Deutschland etablieren werden.

Es wurden sechs Subpopulationen gefunden, von denen sich Subpopulation 3 als die größte der Populationen herausstellte. Für die Zukunft wäre es interessant, jedes Jahr erneut zu beobachten, ob sich die Pflanzenart noch an den beschriebenen Standorten befindet. Außerdem könnte untersucht werden, welche Standorteigenschaften sie bevorzugt und damit zukünftige potenzielle Standorte vorhersagen.

Die Pflanzenexemplare sind dort, wo wenig Trittbelastung auf sie einwirkt, größer als dort, wo die Trittbelastung stärker ist. Die unterschiedlich hohe Trittbelastung, die auf die sechs Subpopulationen einwirkt, trägt zur unterschiedlichen Ausprägung dieser Subpopulationen bei. So weisen die Subpopulationen, auf die viel mechanischer Druck einwirkt, eine niedrigere Anzahl von *Polycarpon tetraphyllum* auf. Außerdem nehmen die Subpopulationen auf Flächen mit viel Trittbelastung eine kleinere Fläche ein.

Die mittleren Zeigerwerte der Pflanzenarten auf den Probeflächen zeigen Standorteigenschaften an, die für Städte typisch sind. Die Vergesellschaftung von *Polycarpon tetraphyllum* könnte in Zukunft noch mehr erforscht werden, da in der Literatur für Deutschland nur ihr Verband (*Polygonion avicularis*) beschrieben ist, jedoch nicht ihre Assoziation. Für das Mittelmeergebiet ist ihre Assoziation bekannt, das *Polycarpion tetraphylli*, und so wäre es auch für Mitteleuropa von Interesse, eine Assoziation zu beschreiben, da sich die Pflanzenart als zunehmend etablierter Gegenstand unserer Trittpflanzengesellschaften herausstellt. Weitere Vegetationsaufnahmen aus den übrigen Subpopulationen (1, 2, 4, 5 und 6) könnten mehr Aufschluss über die Artenzusammensetzung der *Polycarpon tetraphyllum*-Gesellschaft geben.

## Danksagung

Wir bedanken uns bei Andreas Letzgus (Vermessungsamt Freiburg), Thomas Breunig (Karlsruhe), Michel Hoff (Herbarium Univ. Straßburg) und Michael Jutzi (Botan. Garten, Bern) für die Überlassung von Unterlagen, bei Michael Lüth (Freiburg) für die Bestimmung der Moosbelege.

## Literatur

- BARKMAN, J. J.; DOING, H.; SEGAL, S. (1964): Kritische Bemerkungen und Vorschläge zur quantitativen Vegetationsanalyse. In: *Acta Botanica Neerlandica* 13: 394–419.
- BfN (2013): Verbreitung der Farn- und Blütenpflanzen in Deutschland; aggregiert im Raster der Topographischen Karte 1:25000. Unter Mitarbeit von T. Schneider und R. May. Datenbank FlorKart (BfN) aus deutschlandflora.de (NetPhyD). Online verfügbar unter <http://www.floraweb.de/webkarten/karte.html?taxnr=4380>, zuletzt aktualisiert am 10.12.2013, zuletzt geprüft am 25.11.2015.
- BfN (2015): FloraWeb - Ein Online-Informationsangebot zu Pflanzenarten, Pflanzengesellschaften und Vegetation. Hg. v. Bundesamt für Naturschutz. Bonn. Online verfügbar unter <http://www.floraweb.de/pflanzenarten/artenhome.xsql?suchnr=4380&>, zuletzt geprüft am 23.11.2015.
- BOTANISCHE ARBEITSGEMEINSCHAFT SÜDWESTDEUTSCHLAND E. V. (2015): Fund-Meldungen *Polycarpon tetraphyllum*. Botanische Arbeitsgemeinschaft Südwestdeutschland e.V. Karlsruhe. Online verfügbar unter <http://botanik-sw.de/BAS/module/sendform/showmeldungen.php?seite=1>.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. 3., neubearb. und wesentl. vermehrte Aufl. 1964. Wien: Springer.
- BREUNIG, T. (2015): Fundortliste für die Art *Polycarpon tetraphyllum*. Datenbankgrundlage: Artenliste-alle-300115, IBL Karlsruhe, 20.10.2015. Microsoft-Office Word Dokument an Josefine Höfler.
- BREUNIG, T.; EDLER, C.; VOGEL, P. (2012): Auswirkungen des Klimawandels auf die Pflanzenwelt Baden-Württembergs am Beispiel der Stadtflora. Hg. v. LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. Karlsruhe. Online verfügbar unter <http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/244204/>, zuletzt geprüft am 05.01.2016.
- BUTTLER, K. P.; HARMS, K. H. (1998): Florenliste von Baden-Württemberg - Liste der Farn- und Samenpflanzen (Pteridophyta et Spermatophyta). Unter Mitarbeit von R. Hand, W. Plieninger, A. Oppelt, T. Breunig, W. Dietrich und H. E. Weber. Hg. v. K. P. Buttler, M. Thieme und & Mitarbeiter. Online verfügbar unter [http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/36482/florenliste\\_baden\\_wuerttemberg.pdf?command=downloadContent&filename=florenliste\\_baden\\_wuerttemberg.pdf](http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/36482/florenliste_baden_wuerttemberg.pdf?command=downloadContent&filename=florenliste_baden_wuerttemberg.pdf), zuletzt geprüft am 23.11.2015.
- BUTTLER, K. P.; THIEME, M. (2015): Florenliste von Deutschland - Gefäßpflanzen. Hg. v. Gesellschaft zur Erforschung der Flora Deutschlands. Online verfügbar unter <http://www.kp-buttler.de/florenliste/index.htm>, zuletzt geprüft am 17.01.2016
- DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensoziologie. Grundlagen und Methoden. Stuttgart: Ulmer (UTB für Wissenschaft Große Reihe Botanik, Ökologie, Agrar- und Forstwissenschaften, 8078).

- ELLENBERG, H. (2001): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 3., durchges. Aufl. Göttingen: Goltze (Scripta geobotanica, 18).
- ELLENBERG, H. und LEUSCHNER, C. (2010): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. In ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. 6. Aufl., 1333 S., Stuttgart: Ulmer.
- EUROGEOGRAPHICS (2015): EuroGlobalMap. opendata. Version 8.0. Brüssel. Online verfügbar unter <http://www.eurogeographics.org/products-and-services/euroglobalmap>.
- FREIBURG WIRTSCHAFT TOURISTIK UND MESSE GMBH & Co. KG (2012): Stadtplan Freiburg Innenstadt. Online verfügbar unter [http://www.freiburg.de/pb/site/Freiburg/get/params\\_E1903465011/281188/FWTM\\_Plan\\_Freiburg.pdf](http://www.freiburg.de/pb/site/Freiburg/get/params_E1903465011/281188/FWTM_Plan_Freiburg.pdf).
- GLAVAC, V. (1996): Vegetationsökologie. Grundfragen, Aufgaben, Methoden. Jena: Fischer.
- HEINEKEN, R. (2015): Südliches Oberrhein-Tiefland: Klima. Hg. v. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. Stuttgart. Online verfügbar unter <http://www.themenpark-umwelt.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/16667/?path=4422;6350;&part=18785&partId=0>, zuletzt geprüft am 09.12.2015.
- HOFF, M. (SOCIÉTÉ BOTANIQUE D'ALSACE; HERBIER DE L'UNIVERSITÉ DE STRASBOURG) (2016): Fundortliste von *Polycarpon tetraphyllum* für das Elsass und die Schweiz, 12.01.2016. Microsoft Excel - Datei an Josefine Höfler.
- JUTZI, M. (INFO FLORA) (2016): Datenauszug Funddaten *Polycarpon tetraphyllum* im Großraum Basel und Deutschland ab 1980, 19.01.2016. Microsoft-Excel Datei an Josefine Höfler.
- MAZOMEIT, J. (2002): Zum Status und zur Ausbreitung von *Polycarpon tetraphyllum* L. (L.) in Mitteleuropa. In: Floristische Rundbriefe 36 (1-2): 15–24.
- OBERDORFER, E. (Hg.) (1983): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. 2., stark bearb. Aufl. Stuttgart, New York: Fischer.
- OBERDORFER, E. (2001): Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Deutschland und angrenzende Gebiete. 8., stark überarb. u. erg. Aufl. Stuttgart: Ulmer.
- ORTIZ, S.; RODRIGUEZ-OUBINA, J. (1990): Contribución al conocimiento de la alianza *Polycarpion tetraphylli* en Portugal. In: Bot. Complutensis, Edit. Universidad Complutense 16, S. 71–79.
- SAVELSBERGH, E. (1997): *Polycarpon tetraphyllum* (L.) L. (Vierblättriges Nagelkraut) – Ein Neuling der Aachener Stadtflora (TK 25 5202/21). In: Floristische Rundbriefe 31 (2), S. 157–158.
- PAROLLY, G., ROHWER, J. (HRSG.) (2016): Schmeil-Fitschen. Die Flora Deutschlands und der angrenzenden Länder. Ein Buch zum Bestimmen aller wildwachsenden und häufig kultivierten Gefäßpflanzen. 96. Aufl. Wiebelsheim: Quelle & Meyer (Quelle- & Meyer-Bestimmungsbücher).
- SEBALD, O.; SEYBOLD, S.; PHILIPPI, G. (HRSG.) (1993): Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs. 2., erg. Aufl. Stuttgart: Ulmer (Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs, 1).



- STADT FREIBURG (2013): FreiGIS - die webbasierte Geodatenauskunft der Stadt Freiburg. Hg. v. Stabsstelle Geodatenmanagement (GDM). Online verfügbar unter <http://www.freiburg.de/pb/,Lde/432515.html>.
- STADT FREIBURG (2015): Zahlenspiegel - Geschichte, Sehenswürdigkeiten, Lage und Klima. Unter Mitarbeit von Jürgen Smola, Christof Heim, Thorsten Wrobel und Annalena Ehrenfeld. Hg. v. Stadt Freiburg im Breisgau. Online verfügbar unter <https://www.freiburg.de/pb/,Lde,%28anker304912%29/207903.html#anker304912>.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2013): Gemeinden in Deutschland nach Fläche, Bevölkerung und Postleitzahl. auf Grundlage des Zensus 2011 und früherer Zählungen. Hrsg. v. Statistische Ämter des Bundes und der Länder. Wiesbaden. Online verfügbar unter <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/LaenderRegionen/Regionales/Regionaldaten.html>.
- SUKOPP, H.; WITTIG, R. (HRSG.) (1998): Stadtökologie. Ein Fachbuch für Studium und Praxis. Unter Mitarbeit von Hans-Peter Blume. 2., überarb. und erg. Aufl. Stuttgart: Fischer.
- WITTIG, R. (1991): Ökologie der Großstadtflora. Flora und Vegetation der Städte des nordwestlichen Mitteleuropas. Stuttgart: Fischer (Uni-Taschenbücher UTB für Wissenschaft Biologie, 1587).
- WITTIG, R. (2002): Siedlungsvegetation. 40 Tabellen. Stuttgart (Hohenheim): Ulmer (Ökosysteme Mitteleuropas aus geobotanischer Sicht).
- WÖRZ, A.; HÖLZER, A.; THIV, M. (2015): Aktuelle Verbreitungskarten der Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs. Staatliches Museum für Naturkunde Stuttgart & Karlsruhe. Online verfügbar unter <http://www.flora.naturkundemuseum-bw.de>, zuletzt aktualisiert am 26.11.2015, zuletzt geprüft am 05.02.2016.



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen des Badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz e.V. Freiburg i. Br.](#)

Jahr/Year: 2019

Band/Volume: [NF\\_22](#)

Autor(en)/Author(s): Höfler Josefine, Meier Winfried, Reif Albert

Artikel/Article: [Vorkommen von Polycarpon tetraphyllum in Baden-Württemberg mit besonderer Berücksichtigung von Freiburg 59-84](#)