



„Wilhelm Daniel Joseph Koch (1771-1849) und sein Einfluss auf die Botanik“

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
des Doktors der Naturwissenschaften

Doctor rerum naturalium

(Dr. rer. nat.)

am Fachbereich 08: Biologie und Chemie

der Justus-Liebig-Universität Gießen

Institut für Botanik

AG Spezielle Botanik

vorgelegt am

23. August 2021

von

Almut Uhl

Dekan: Prof. Dr. Thomas Wilke

I. Gutachter: Prof. Dr. Volker Wissemann

II. Gutachterin: PD Dr. Ruth Stadler

Erklärung

„Ich erkläre: Ich habe die vorgelegte Dissertation selbständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten.“

Gießen, den 23. August 2021

Almut Uhl

Danksagung

Mein Dank gilt zuallererst Prof. Dr. Wissemann, der mich äußerst flexibel und vor allem geduldig bei der Entstehung dieser Arbeit begleitet hat. Er stand mir sowohl mit seinem vielfältigen Wissen als auch mit praktischen Ratschlägen und Hilfestellungen stets zur Seite.

Mein Dank gilt der gesamten AG der Speziellen Botanik, allen voran Annalena Kurzweil, Dr. Christina Müller, Sabine Mutz und Katrin Mose-Lührsen. Außerdem danke ich allen Doktoranden des Institutes, mit denen ich in den Jahren gemeinsam an Seminaren und Workshops teilnahm, für den bereichernden Austausch, der stets in angenehmer, positiver Atmosphäre stattfand.

Besonderen Dank gilt auch den Mitarbeiterinnen der Handschriftenabteilung der Universitätsbibliothek Erlangen-Nürnberg Frau Dlugosch und Frau Glaeser, die mir den Zugang zu historischem Material und deren Digitalisaten ermöglicht haben.

Dem Kurator des Herbarium Erlangense Prof. Dr. Nezadal danke ich sehr herzlich für die hilfreichen Ratschläge und für ihre Bereitschaft das Herbarium als Forschungsinfrastruktur zu nutzen.

Besonders erwähnen möchte ich Herrn Dr. Herborg und Prof. Dr. Oberprieler, die meine *Senecio nemorensis* Studien entscheidend vorangetrieben haben.

Ganz besonderer Dank gilt meiner ganzen Familie, vor allem meinen Brüdern und Schwägerin, die mich motivierten und diese Arbeit im Laufe ihrer Entstehung immer wieder gelesen haben. Zuletzt danke ich meinem Mann und meinen vier Söhnen dafür, dass sie auf gemeinsame Stunden verzichteten, um mir die Fertigstellung meiner Arbeit zu ermöglichen.

Wilhelm Daniel Joseph Koch (1771-1849) und sein Einfluss auf die Botanik



Abbildung 1: Portrait von Wilhelm Daniel Joseph Koch auf der Universitätsbibliothek Erlangen

Inhaltsverzeichnis

1	Praefatio	5
1.1	Kochs Leben und das Gelehrtennetzwerk	7
1.1.1	Kochs Vita und sein Netzwerk	7
1.1.2	Kochs Sammeltätigkeit.....	12
1.2	Kochs Werke und die Entwicklung der Botanik als Wissenschaft	15
1.2.1	Kochs Werke	15
1.2.2	Entwicklung der Botanik	16
1.3	<i>Senecio nemorensis</i> – Gruppe	23
2	Material und Methoden	26
2.1	Korrespondenz und Netzwerkanalyse.....	26
2.1.1	Briefe, Korrespondenzen.....	26
2.1.2	Netzwerkanalyse.....	27
2.1.3	Sammeltätigkeit – Analyse der Scheden (Belege)	28
2.2	Kochs Werke und die Entwicklung der Botanik als Wissenschaft: Werke und Charakterisierung beziehungsweise Systematisierung	28
2.2.1	Kochs Bibliographie.....	28
2.2.2	Weitere Veröffentlichungen.....	29
2.2.3	Analyse der Veröffentlichungen	29
2.3	Überprüfung der Wirkung Kochs: Beobachtungsmethodik und Relevanz seiner Forschung.....	30
2.3.1	Kochs Systematische Aufstellung	30
2.3.2	Pflanzliches Material.....	33
2.3.3	Morphologische Untersuchungen am Pflanzenmaterial	34
2.3.4	Genetische Untersuchungen	36
2.3.4.1	Internal transcribed spacers ITS:	38
2.3.4.2	Inter Simple Sequence Repeats ISSR:.....	43
3	Ergebnisse.....	50
3.1	Kochs Vita und Werdegang im Detail	50
3.2	Res publica literaria, Netzwerk.....	61
3.2.1	Beispiele der bilateralen Wissenskorespondenz aus der ganzen Republik	61
3.2.2	Beispiel der bilateralen gegenseitigen Wissenskorespondenz aus der Friedrich-Alexander- Universität Erlangen.....	69
3.2.3	Sozietäten.....	70
3.2.3.1	Königlich Bayerische Botanische Gesellschaft zu Regensburg	71
3.2.3.2	Königliche Akademie der Wissenschaften München	73
3.2.3.3	Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina	77

3.2.3.4	Esslinger Reiseverein.....	81
3.2.3.5	Schwedische Akademie.....	84
3.2.3.6	Botanische Gesellschaft Edinburgh.....	85
3.2.3.7	Botanischer Tauschverein Wien	85
3.3	Kochs Werke und die Systematik im Gesamtbild der Botanik.....	87
3.3.1	Entomologische Hefte (1803).....	88
3.3.2	Catalogus plantarum, quas in ditone florum Palatinatus legerunt G. Koch und I. B. Ziz (1814)	89
3.3.3	J. C. Röhlings Deutschlands Flora (1823, 1826, 1831, 1833, 1839)	94
3.3.4	Generum Tribuumque plantarum umbelliferarum nova dispositio auctore G. D. I. Koch (1824)	98
3.3.5	De salicibus europaeis commentatio, qua ad orationem pro aditu muneris sibi demandati die sept. mdcccxxviii publice recitandam omni qua decet observantia invitat G. D. I Koch (1828).....	102
3.3.6	De plantis labiatis. Programma (1833).....	104
3.3.7	Synopsis Florae Germanicae et Helveticae (1837 + 1843) und Taschenbuch der deutschen und Schweizer Flora (1844 + 1848).....	105
3.3.8	Flora oder Botanische Zeitung.....	113
3.3.9	Koch und die Botanik im Bild.....	121
3.3.10	Orte des wissenschaftlichen Arbeitens.....	126
4	Pflanzensystematische Untersuchungen zur <i>Senecio nemorensis</i> - Gruppe.....	132
4.1	Ergebnisse Taxonomische Aufstellung	132
4.2	Morphologisch-anatomische Bewertung	135
4.3	Genetische Untersuchungen.....	138
4.3.1	Ergebnisse ITS.....	138
4.3.2	Ergebnisse ISSR.....	143
5	Diskussion.....	158
5.1	War Koch vernetzt und ein fester Bestandteil der Res publica literaria?.....	158
5.2	War Koch als Sammler relevant?	159
5.3	War Koch bibliographisch aktiv? War Koch in der Systematik tätig? Was macht Kochs Leistungen erwähnenswert? Welche Wirkung hatten seine Werke und welchen Einfluss hatte Koch auf die Entwicklung der Botanik als Wissenschaft?	160
5.4	Ist Kochs Beobachtungsgabe heute noch relevant – am Beispiel der <i>Senecio nemorensis</i> - Gruppe	165
6	Zusammenfassung	167
7	Fazit / Conclusion.....	172
8	Abkürzungen.....	173
9	Abbildungsverzeichnis.....	175
10	Tabellenverzeichnis.....	178

11	Personenregister.....	182
12	Archivalien.....	186
13	Literaturverzeichnis.....	187

Wilhelm Daniel Joseph Koch – eine biographische Skizze

„Es ist höchst bedeutend, einen Autor als Menschen zu betrachten. Ja eine Geschichte der Wissenschaften, insofern diese durch Menschen behandelt worden, zeigt ein ganz anders und höchst belehrendes Ansehen, als wenn bloß Entdeckungen und Meinungen aneinandergereiht werden.“ (*Goethe 1810, Mägdefrau K., 2013, S. 1*)

„Mit Botanik gibst du dich ab? Mit Optik? Was tust du?“ (*Goethe 1790, Venezianische Epigramme, Vers 77*)

1 Praefatio

Wilhelm Daniel Joseph Koch, geboren 1771 in Kusel in der Pfalz, war ein großer Botaniker und prägender Begleiter der naturwissenschaftlichen Entwicklung seiner Disziplin im frühen 19. Jahrhundert. Nach einer Kindheit und Jugend mit naturbezogener Erziehung konnte Koch trotz geringer finanzieller Mittel ein Medizinstudium absolvieren und wurde Arzt. Durch Freundschaften, die ihn naturwissenschaftlich formten, in Zeiten von Krieg und Armut fand Koch seine Passion – die Pflanzenkunde – und machte sie zu seiner Profession. 1824 erhielt er den Ruf als Professor für Medizin, Naturwissenschaften und Botanik an der Friedrich-Alexander-Universität in Erlangen. Auch wenn sich sein Leben wenig von dem anderer Naturwissenschaftler seiner Zeit unterschied, sind Kochs Werke bemerkenswert und verdienen eine genauere Betrachtung.

Koch ist unter anderem Mitverfasser des fünfbandigen botanischen Standardwerkes *Röhlings Deutschlands Flora* (Mertens & Koch, 1823-1839) mit herausragenden Darstellungen der in Mitteleuropa wildwachsenden Farn- und Blütenpflanzen. Seine Arbeiten wurden zu seinen Lebzeiten hochgeschätzt und er genoss die Bezeichnung „Hegi des 19. Jahrhundert“ (Reichert, 2000). Obwohl „es damals wohl kaum einen Berufs- oder Freizeitbotaniker gegeben haben dürfte, der dieses Werk nicht besaß, in Bibliotheken auslieh oder zumindest dem Namen nach kannte“ (Reichert, 2000), sind Kochs Werke oder Autorenschaft heutzutage weitgehend unbekannt oder bleiben unbeachtet. Anhand der genannten Zitate kann vermutet werden, dass Koch eine feste Größe in der Botanik als Wissenschaft war; seine Werke gehörten zur unverzichtbaren Ausstattung eines Botanikers. Zielsetzung meiner Arbeit ist, Koch als Vorreiter und Schrittmacher für einige Entwicklungen in der Botanik herauszuarbeiten und die

Relevanz seiner Werke zu unterstreichen. Meine persönliche Motivation ist es, Koch wieder in das Bewusstsein der Fachöffentlichkeit zu rücken und seine Leistungen zu würdigen.

Die Frage, ob die von Koch geschriebenen Standardwerke, die in keiner Bibliothek fehlen durften, ein Indiz dafür sind, dass er fachlich sehr bewandert war, oder ob sie auf einer Fleissarbeit beruhen, war die Grundfrage meiner eingehenden Beschäftigung mit Vita, Werken und Wirken Kochs. Daraus ergibt sich die zentrale These für meine Analyse:

Koch hat die Botanik als Wissenschaft aktiv vorangetrieben und ebnete den Weg für die moderne Systematik.

Meine Analyse der Lebensleistung im Sinne der wissenschaftlichen Botanik, sowie die Erörterung von guten Gründen für eine Wiederentdeckung Kochs als Vorläufer der neuzeitlichen Botanik ist wie folgt gegliedert und basiert auf solcherart Fragestellungen:

1. Koch und seine Tätigkeit: Die Analysen sind ein qualitativer Review
 - a. Vita und Netzwerk: Wie stark war Koch in der *res publica literaria* vernetzt?
 - b. Sammlungstätigkeit: War Koch als Sammler relevant?
 - c. Werk und Charakterisierung beziehungsweise Systematisierung: War Koch bibliographisch sehr aktiv? War Koch in der Systematik tätig?
2. Überprüfung der Wirkung Kochs in der heutigen Zeit (empirisch): Die quantitativen Analysen der Beobachtungsmethodik und Relevanz basieren auf empirischen Fragestellungen.

Hält die von Koch aufgestellte Systematik stand, wenn sie unter Anwendung von molekularen Methoden der heutigen Systematik gegenübergestellt wird? Erweist sich Kochs Ansatz zur systematischen Zuordnung von Arten und ihren Verwandtschaften auch heute noch als richtig und wird damit für damalige Verhältnisse zur Meisterleistung? Am Beispiel der *Senecio nemorensis* – Gruppe werden Analysemethoden und taxonomische Bestimmungen sowohl nach der historischen als auch nach der modernen Handhabung durchgeführt.

Die Darstellungen in dieser Arbeit folgen zum einen einem biographischen und bibliographischen Ansatz zur Analyse der wissenschaftshistorischen Aspekte. Zum anderen wird einem botanisch-populationsgenetischen Ansatz nachgegangen, anhand dessen die Validität der Systematik der Vergangenheit nach aktuellen molekularen Methoden bewertet wird. Das Wirken Kochs und sein Einfluss auf die Entwicklung der Botanik als Wissenschaft wird damit beurteilbar. Ziel der Arbeit ist es, Koch biographisch einzuordnen und seine

Arbeitsweisen und Ergebnisse in seinem historischen Kontext, aber auch mit Hilfe von modernen biologisch-genetischen Methoden kritisch zu überprüfen und darzustellen sowie dadurch ihre fortbestehende Gültigkeit nachzuweisen. Mein Vorhaben ist es, nicht nur eine Neubewertung von Kochs Leistungen zu bewirken, sondern auch eine klare Anerkennung und Einordnung älterer botanischer Befunde in den Kontext der modernen Botanik zu erwirken.

1.1 Kochs Leben und das Gelehrtennetzwerk

„Man kann nur dann von Geschichte reden, wenn man sie so fühlt, als ob man damals gelebt hätte“ (Niebuhr, 1847; Mägdefrau, 2013).

1.1.1 Kochs Vita und sein Netzwerk

Kochs Leben wird im Abschnitt Vita und Netzwerk im zeitgenössischen Umfeld eingruppiert (Kapitel 3.1 + 3.2). Unter dem Gesichtspunkt sollen in dieser Arbeit das Leben und die Leistungen Kochs von ihren damaligen Voraussetzungen ausgehend und in ihrem kulturgeschichtlichen Zusammenhang betrachtet werden (Mägdefrau, 2013, S. 2). Um Kochs Vita und sein Netzwerk im Ganzen zu erfassen, muss der Gesamtkontext, in dem sie entstanden, betrachtet werden. Anhand dessen möchte ich die Frage beantworten, wie stark Koch unter den Gelehrten vernetzt war.

Briefe und Korrespondenzen

Eine wesentliche Grundlage für die Analyse des wissenschaftlichen Netzwerks Kochs sind seine Briefe. Diese sind reale und epistemische Dinge zugleich: zum einen hat jedes Exemplar und jeder Brief Realitätscharakter, ausgedrückt in Gestalt, Größe und handschriftlichen Anmerkungen. Zum anderen beinhaltet schriftliche Korrespondenz auch Fakten, die von Wissen oder einer bestimmten Erkenntnis der Sammler bzw. der Korrespondenten ausgehen und sich auf die jeweilige Zeit und Situation beziehen, aus der sie stammen. Der Informationsgehalt dieses Austausches ist über die Jahre nicht verloren gegangen. Auch die Korrespondenzen Kochs haben nichts an Aussagefähigkeit eingebüßt. Briefe allgemein dokumentieren in schriftlicher Form Wissen, welches gezielt mittels eines Netzwerkes zwischen Personen über eine beliebig große Fläche verteilt wird. Über die Auswertung sowohl der geländeassoziierten Objekte als auch der postalischen Verbindungen können Netzwerke aufgezeigt werden. Sie dienen als Wissens-Vehikel und bilden einen wissenschaftshistorischen Kontext im zweifachen Sinne: Damals verbanden sie sowohl die Gelehrten als auch die Botanik selbst mit der *res publica literaria*. Heute dokumentieren sie Wissensstand und Kommunikation in Abhängigkeit von Reichweiten und Netzwerknotenpunkten und sind damit Abbild des

jeweiligen Zeitgeistes (Dauser et al., 2011, S. 217; Kempe, 2004, S. 14). Dadurch kann ein Netzwerk exploriert werden, das Akteure miteinander verbindet und die Entwicklung inhaltlicher, floristischer Fragestellungen nachvollziehen lässt. Und dadurch ist es auch möglich, die Erkenntnisse von damals mit denen von heute in Beziehung zu bringen und miteinander zu vergleichen.

Zeitgenössisches Umfeld – Geschichte der Stadt Erlangen um Koch

1792 wurde Erlangen mit den beiden Markgraftümern Bayreuth und Ansbach an das Königreich Preußen zugeschlagen. Als 1806 allerdings die napoleonischen Truppen in Erlangen einmarschierten und Preußen besiegt wurde, kam die Stadt mitsamt dem Fürstentum Bayreuth für vier Jahre unter französische Herrschaft. Für Erlangen hatte dies schwerwiegende Folgen. Es kam eine Zeit mit hohen Abgaben an Napoleons Kaiserreich sowie mit Armut und Krankheit. 1810 ging Erlangen an das Königreich Bayern zurück (Stadtarchiv, 2012). Bayern wurde in der Zeit zwischen 1795-1825 entscheidend durch König Maximilian I und seinen Minister Montgelas geprägt. Maximilian I. gilt als Schöpfer des modernen bayerischen Staates (Spindler, 1988, S. 1233 ff.). Anschließend führte Ludwig I. als König von Bayern (1825-1848) das Land. Koch hatte vermutlich nie persönlich Kontakt mit Ludwig I, dennoch wandte sich Koch mit einigen wissenschaftlichen Anfragen an ihn, wie Briefe dokumentieren (vgl. Kap. *res publica literaria* – Ludwig I. S.73 sowie Brief 5: vom 5. September 1835, von Koch an den König; Brief 15: vom 1. Mai 1847, von Koch an die königl. Hofbibliothek München).

Zeitgenössisches Umfeld – Geschichte der Universität um die Zeit von Koch

In den Jahren zwischen 1800 und 1820, von den Revolutionskriegen über den Zusammenbruch des Alten Reiches bis zur Verfassungsneuordnung der deutschen Bundesstaaten, erlebten die bayerischen Hochschulen aufgrund der politischen Großwetterlage eine schwere Existenzkrise und umwälzende Reformen (Jaenicke, 1993).

Während der Besetzung durch das napoleonische Frankreich, hatte die Universität Erlangen den Betrieb mehr oder weniger eingestellt. Ebenso in der Zeit bis zur Einverleibung des Fürstentums Bayreuth in das Königreich Bayern 1810 war die Institution von Stagnation geprägt (Engelhardt, 1843, S. 91). Dennoch sorgte 1810 die Kriegs- und Domänenkammer in Bayreuth per Erlass der königlichen Hofcommission für die Meldung von Lehrpersonal für die Universität. Die Lehre hatte jedoch gelitten und manche hielten die Vorlesungen ohne Gehalt und „konnten sich nur mit Zeitungsartikeln über Wasser halten“ (Jaenicke, 1993, S. 638). Nach dem Regierungsantritt Ludwigs I. als König von Bayern (1825-1848) wurde

München dann zum Zentrum der Wissenschaften ernannt. Dies hatte zur Folge, dass beispielsweise die Sammlungen der Universität Erlangen nach München verlagert wurden (Petermann, 2008, S. 106). Zum Glück jedoch blieben die Universitäts- und die Staatsbibliothek getrennt. So kam es zu einem Neubeginn mit Erweiterung der Bibliothek und zu neuen Räumen für das Naturalienkabinett sowie zur Gründung der ausgezeichneten pharmakognostischen Sammlung in Erlangen. Auch der Botanische Garten bekam in diesem Zuge besondere Zuwendungen (Engelhardt, 1843, S. 97).

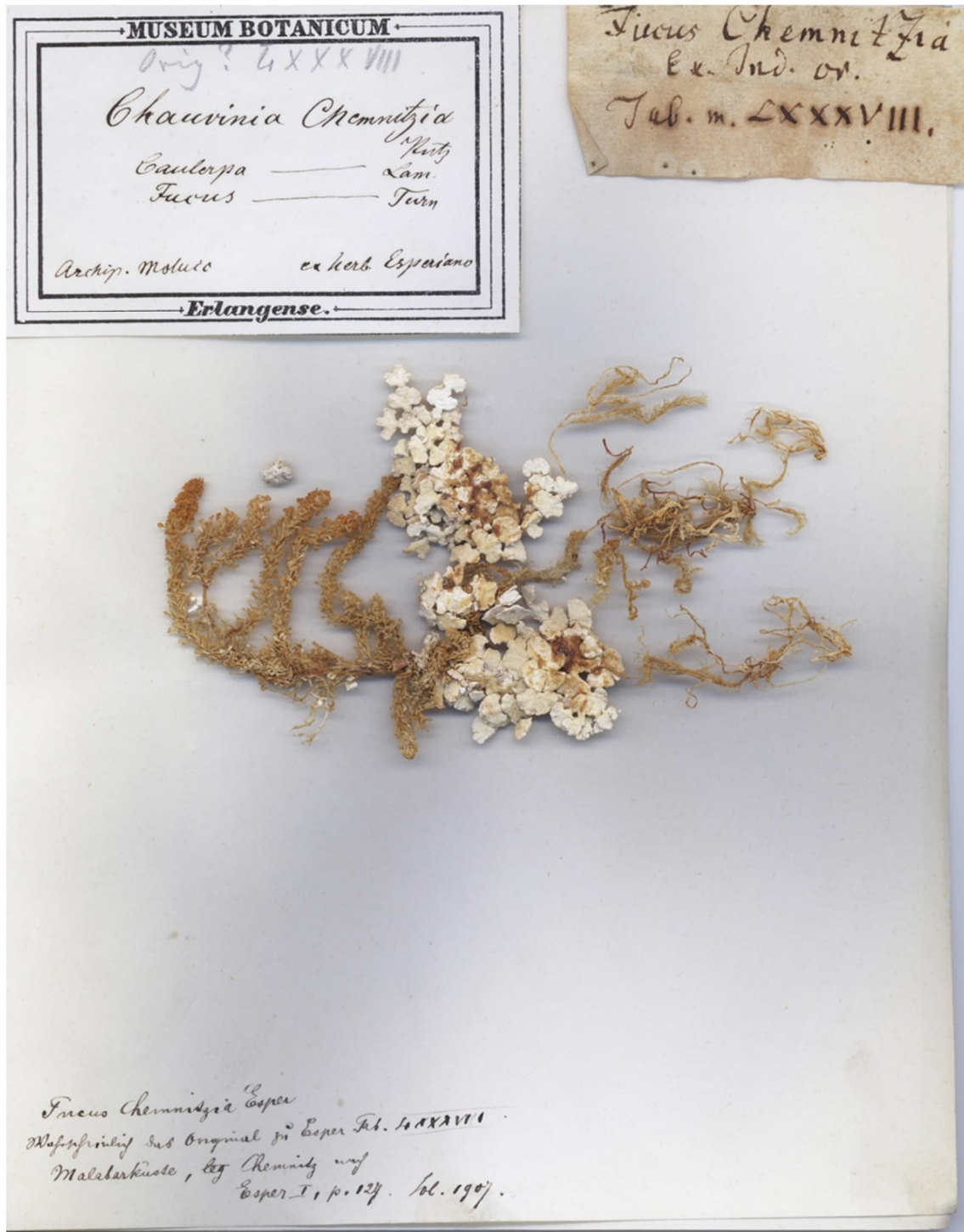


Abbildung 2: Herbarbeleg (Typus) von *Fucus chemnitzia* Esper aus dem Herbarium Erlangense von Esper

Zeitgenössisches Umfeld – Wissenschaftler und Vorgänger Kochs am Lehrstuhl der Botanik der Friedrich-Alexander-Universität

Eugen Johann Christoph Esper (1743-1810) promovierte 1781 in Philosophie an der Universität Erlangen mit der Doktorarbeit *De varietatibus specierum in naturæ productis*. Ab dem folgenden Jahr lehrte er dort erst als Professor Extraordinarius, dann ab 1797 als Professor Ordinarius Philosophie. Ab 1805 leitete er die Abteilung für Naturgeschichte an der Universität Erlangen. Dank seiner Arbeit wuchsen die Sammlungen von Mineralien, Vögeln, Pflanzen, Muscheln und insbesondere die der Insekten an der Universität sehr schnell (Rosenhauer, 1877). Da heute noch Herbarbelege von Esper im Herbarium beheimatet sind, lagen diese auch Koch für seine Forschungen vor (vgl. Abb. 2).

Der Nachfolger Espers war **Johann Christian (Daniel) Schreber (1739-1810)**. Schreber hörte 1758 an der Universität Uppsala Vorlesungen von Carl von Linné und hatte ab 1769 bis 1810 als ordentlicher Professor den Lehrstuhl der Botanik, Naturgeschichte, Wirtschaft und Politik an der Universität Erlangen inne (Wunschmann, 1891). 1773 betraute man ihn außerdem mit der Leitung des Botanischen Gartens der Universität (Wunschmann, 1891). Schreber war für Koch insoweit ein Wegbereiter, als dass er neben der Naturwissenschaft auch der bildlichen naturwissenschaftlichen Darstellung besonderen Wert beimaß. Er war der Meinung, „die Naturgeschichte benötige spezialisierte Illustratoren, die um die Balance von Genauigkeit und Schönheit wußten“ (Ludwig, 1998, S. 152). Schreber gewann den jungen Künstler Sturm (vgl. Sturm S. 65) für die Herstellung der Abbildungen in seiner Veröffentlichung *Beschreibungen der Gräser nebst ihren Abbildungen* (Schreber, 1769-1810) mit Kupferstichen (Rees, 1884, S. 23). Schreber wurde Sturms naturwissenschaftlicher Ziehvater, wovon Koch später profitieren würde.

Der Privatgelehrte **Friedrich Nees von Esenbeck (1776-1858)** sollte **Georg August Goldfuß (1782-1848)**, Schrebers Nachfolger, von 1817-1818 im Pflanzenkundeunterricht unterstützen (Jaenicke, 1993, S. 640). Koch hatte mit Nees von Esenbeck intensiven korrespondierenden Kontakt. Esenbeck war im Jahr 1815 Mitbegründer und Direktor der von Christian Friedrich Hornschuch initiierten *Gesellschaft correspondirender Botaniker* und gleichzeitig ordentliches Mitglied in der Leopoldina (mit dem Beinamen *Aristoteles III.*) (vgl. Kap. *res public literaria* – **Esenbeck S. 70**).

Nachfolger von Goldfuß war **Heinrich Gotthilf Schubert (1780-1860)**. Von 1818-1827 lehrte er Zoologie, Botanik, Mineralogie, Geologie und Naturgeschichte (Petermann, 2008).

Koch übernahm 1824 die Lehrtätigkeit der Botanik von Schubert. Koch sah seine Tätigkeit in der Tradition der Erlanger Professoren Johann Christian Daniel Schreber (1739-1810) und Schubert (Petermann, 2008).

Nach Kochs Tod einigten sich die Fakultäten, den Lehrstuhl für Botanik von allen zusätzlichen Lehrverpflichtungen zu befreien und ihn in die Philosophische Fakultät aufzunehmen (Jaenicke, 1993, S. 648 ff.).

1.1.2 Kochs Sammeltätigkeit

Kochs Sammeltätigkeit ist ein weiterer wichtiger Aspekt für das Ausmaß von Kochs Vernetzung unter den Gelehrten.

Herbarium

„Unschätzbar war hingegen der ideelle, symbolische Nutzen, denn der Besitz einer herausragenden [Sammlung, diese] sicherte dem Sammler eine bedeutende Position in der res publica literaria.“ (Rautenberg, 2021)

Herbarien stellen einen außergewöhnlichen Sammlungstyp dar: sie umfassen naturentnommene, materielle Objekte systematischer, botanischer Forschung und präsentieren eine konkrete stoffliche Pflanzenbibliothek der Natur- und Wissenschaftsgeschichte. Herbarien sind Pflanzenstandorte eigener Art. Sie ermöglichen dem Botaniker den Zugang zu den realen, morphologischen und molekularbiologischen Merkmalen von Pflanzen fernab von Raum und Zeit ihres Vorkommens. Zusammen mit den Informationen, die jedem Fund beigelegt werden, enthält ein Herbarium neben ungezählten eigenen Aufsammlungen auch Tauschobjekte oder Züchtungen in Botanischen Gärten und bildet das materielle Substrat und die dokumentierte Spur einer langen Forschungsarbeit (Uhl, 2019). Die Rekonstruktion früherer Kommunikationswege wird mit zunehmendem zeitlichem Abstand schwieriger. Die zentralen Fragen sind Art und Wege der Kommunikation, Ausbau und Pflege eines feinmaschigen und weitreichenden, sogar internationalen Netzwerkes und nicht zuletzt dem Erbringen der wissenschaftlichen Leistungen. Im Fall Koch kann den Fragen gut nachgegangen werden, weil Herbarbelege und Korrespondenzen eine Spur von Kochs Verflechtungen und seiner wissenschaftlichen Methoden aufzeigen. Mit Hilfe der Belege aus den Herbarien sind sowohl Einblicke in die Forschungsarbeit eines Wissenschaftlers als auch in die Biodiversität des frühen 19. Jahrhunderts möglich. Die darin enthaltenen Objekte zeigen nicht nur eine große Bandbreite an Artenvielfalt mit hoher geographischer Variabilität, vielmehr können die Belege

im Gefüge der Sammlung auch als Zeitzeugen der Wissenschaft verwendet werden und sind ein Spiegel der wissenschaftlichen Wirkung Kochs als Kustos (Seidl et al., 2019).

Die Entwicklung von sogenannten „Naturalienkabinetten“, die aus üblichen Kuriositäten bestanden, zu Herbarien als Forschungsinfrastruktur fand erst gegen 1800 statt (Stafleu, 1981, S. 292). Die Herbarien waren damals das persönliche Eigentum der Botaniker, auch dann, wenn sie aus staatlichen Mitteln angelegt worden waren. Für einen jungen Botaniker boten während seines Universitätsstudiums neben botanischen Gärten die Herbarien die einzige Gelegenheit, die Mannigfaltigkeit der Pflanzenwelt und besonders fremdländische Gewächse zu studieren. (Stafleu 1981, S. 292). Die botanisch Interessierten im ausgehenden 18. bzw. im beginnenden 19. Jahrhundert waren bereits global vernetzt. Im Gegensatz zum frühneuzeitlichen Sammeln, bei dem es weniger um wissenschaftliche Vollständigkeit als um Demonstration der Reichweite sozialer Beziehungen oder um Exotik ging, war die naturbezogene Wissenschaft im 19. Jahrhundert professionalisiert und auf der Suche nach theoretischen und angewandten Begründungszusammenhängen. Institutionen wie Universitäten oder Museen stellten die Infrastruktur botanischer Forschung, Beispiele sind das British Museum in London oder das Musée d'histoire naturelle in Paris. Wissen sammelte sich an durch angestellte Spezialisten, organisierten Tausch und bezahlte, lokal spezialisierte Sammler in der Peripherie (Dauser et al., 2011, S. 87). Wie in der Botanik üblich, war auch Koch auf die Beschaffung von Studienobjekten angewiesen und erhielt viele Pflanzenbelege über sein Netzwerk. Er arbeitete, wie es in der Botanik des 18. Jahrhunderts üblich war, deskriptiv und kumulativ. Er legte Wert darauf, Pflanzen vor ihrer Beurteilung tatsächlich mit „eigenen Augen“ (Koch, 1838, S. V) gesehen zu haben. Zu seinem Bedauern hatte er, wie die meisten Botaniker zu seiner Zeit, nur wenig Möglichkeiten, sein Forschungsmaterial über ausgedehnte Forschungsreisen durch ganze Kontinente selbst zu sammeln. Um Pflanzen in einem übergeordneten Kontext vergleichen zu können, war er darauf angewiesen, diese auch aus fernen Gegenden zugeschickt zu bekommen. Für Herbarien wurden massenhaft getrocknete Pflanzen, Abbildungen sowie Samen durch ganz Europa, ja durch die ganze Welt verschickt. Zwischen den Wissenschaftlern entwickelte sich eine fast symbiotische Form der Zusammenarbeit, die dazu führte, dass sie einander Material, klassifikatorische Diagnosen, Beschreibungen, Synonyme oder auch Abbildungen aus ihren jeweilig entstehenden Publikationen zuschickten. Hinweis auf den jeweiligen Geber oder die Beantwortung offener Fragen wurden entweder direkt in die nächsten Publikationen mit eingearbeitet oder in offenen Briefen in Zeitungen veröffentlicht. Im Gegenzug dafür war der Kustos eines Herbariums für Wissenschaftler europaweit oft auch Kontaktperson und Informationsquelle der regionalen Flora. Für die kollaborative Arbeitsweise

war die botanische Gemeinschaft als Ganzes auf Reziprozität angewiesen. Daraus resultierte eine Interdependenz, die ein Ethos der Vertrauenswürdigkeit entstehen ließ (Dietz, 2017, S. 93). Zahlreiche botanische Werke dieser Zeit wären gar nicht denkbar gewesen ohne ihre vorausgegangenen Pflanzensendungen (Dauser et al., 2011, S. 217). Die hierbei über Koch ausgetauschten Pflanzen füllen heute das Herbarium Erlangense wie den Botanische Garten Erlangen gleichermaßen. Das Herbarium Erlangense beherbergt einen großen Teil des historischen Herbarium Kochs. Weitere Belege von Koch liegen im Herbarium Leiden (L) in den Niederlanden, welches im Naturalis Biodiversity Center betreut wird.

Herbarien bildeten neben den Botanischen Gärten die wichtigste Grundlange als Vergleichssammlungen für taxonomische Arbeiten und die Neubeschreibung von Arten. Der vermehrte Artenreichtum der Herbarien mit Belegen aus großen staatlich geförderten Expeditionen, aber auch privaten Sammelexpeditionen forderte deren Kuratoren für die Bearbeitung taxonomische Spezialkenntnisse und wissenschaftliche Konnexionen ab, die meist weltweite Kommunikationen sowie Informationsaustausch bedurften (Jahn & Krauß, 1998, S. 307). Auch Koch als Kurator eines Herbars baute dieses über die Jahre aus und nutzte dieses für sein wissenschaftliches Arbeiten (vgl. Kap. Herbarium S. 127).

Botanische Gärten

Die Botanischen Gärten waren schon lange vor Koch ein konstitutives Element für die Herausbildung der Botanik als Disziplin (Jahn & Krauß, 1998, S. 306). Sie waren bis ins 18. Jahrhundert im wesentlichen Heilpflanzengärten, die das Material für die Arzneipflanzen-Vorweisungen zu liefern hatten. Durch Linné und seine zahlreichen Schüler war die Ordnung der Formenfülle Hauptziel der Botanik geworden. Dies wirkte sich auch auf die Botanischen Gärten aus, indem man die Gewächse nunmehr ohne Rücksicht auf ihre praktische Verwendung in systematischer Anordnung, anfangs, wie in Linnes eigenem Botanischen Garten in Uppsala, nach dem „Sexualsystem“, später aber nach dem Natürlichen System anpflanzte. Bernard de Jussieu wird zugeschrieben, 1759 als Erster einem Garten die „*Ordines naturales*“ zugrunde gelegt zu haben (Mägdefrau, 2013, S. 86). Auch der Pariser Jardin des Plantes (Gründung 1792) wurde mit mehreren Professuren ein Vorbild als europäisches Wissenschaftszentrum für Botanik im 19. Jahrhundert. Beispielsweise Alexander von Humboldt blieb selbst mehr als 20 Jahre lang in Paris, um am Jardin des Plantes seine Expeditionssammlungen aus Mittelamerika bearbeiten zu können (Jahn & Krauß, 1998, S. 306). Aber nur wenige Botaniker hatten Aussicht, ausgedehnte Forschungsreisen durch ganze Kontinente zu machen wie Alexander von Humboldt, um die Pflanzen in situ zu sehen und zu untersuchen. Umso mehr waren sie darauf

angewiesen, Exemplare für den Vergleich vor Ort zu bekommen. Zu diesem Zwecke wurden massenhaft Samen und - seltener - Setzlinge, Schösslinge, Stecklinge, Ableger durch ganz Europa, ja bereits durch die ganze Welt verschickt, um diese in den Gärten zu kultivieren. Nach und nach wurden die Botanischen Gärten im 19. Jahrhundert ein wichtiger Teil der Forschungsinfrastruktur für die Gelehrten, als Orte mit Studienobjekten verschiedenster Herkunft und hoher Diversität. Zahlreiche botanische Werke dieser Zeit wären gar nicht denkbar ohne Botanische Gärten (Dauser et al., 2011, S. 217).

Der Erlanger Botanische Garten wurde 1743 vor dem Nürnberger Tor auf Betreiben der Markgräfin Wilhelmine von Bayreuth gegründet. In den ersten 80 Jahren seines Bestehens, inklusive der Notzeiten unter der französischen Besatzung (1806-1810), waren finanzielle Mittel für den Botanischen Garten knapp und die Besoldung der Gärtner und Arbeiter erfolgte größtenteils durch den Verkauf von Pflanzen. So blieb Erlangens erster Universitätsgarten bis zum Jahre 1825 weitgehend unstrukturiert und ungepflegt (Botanischer Garten, 2004). Erst Koch macht den Botanischen Garten zu einer wichtigen „Lebend-Sammlung“ und einer „Referenz-Sammlung“ für die Wissenschaft in Erlangen (vgl. Kap. Orte des wissenschaftlichen Arbeitens – Botanischer Garten S. 126).

1.2 Kochs Werke und die Entwicklung der Botanik als Wissenschaft

Diese Arbeit untersucht Kochs Werke und deren Inhalte mit Fokus auf Charakterisierung und Bewertung der wissenschaftlichen Arbeiten und der darin enthaltenen Systematisierung (Kapitel 3.3).

1.2.1 Kochs Werke

In den bisherigen Biographien und Nachrufen über Koch (Löhr, 1951; Döderlein, 1849; Wagenitz, 2000) steht die Person Koch und sein taxonomisches Wissen im Vordergrund, seine wissenschaftlichen Veröffentlichungen werden dagegen lediglich genannt und auf seine Werke wird eher beiläufig hingewiesen. Daher wird in meiner Arbeit herausgearbeitet, was Koch so herausragen lässt gegenüber den vielen anderen Botanikern seiner Zeit.

Der Kenntnisstand der Botanik als Wissenschaft ist stetig im Fluss. Er ist in einem Prozess der Veränderung begriffen und stets das Ergebnis einer jahrhundertelangen Entwicklung. Dabei wurden viele verschiedene Schritte bis zur ‚Gegenwart‘ gegangen und jeder trug auf seine Weise dazu bei, zum aktuellen Stand zu gelangen. Deswegen wird in einem ersten Schritt die

Entwicklung der Botanik als Wissenschaft im europäischen Raum bis zu Kochs Lebzeiten betrachtet (Mägdefrau, 2013, S. 2), bevor Kochs Einfluß darauf in dieser Arbeit analysiert wird. Schwerpunkt der Betrachtung ist die Entwicklung der botanischen Morphologie und der damit verbundenen Systematik sowie der Floristik.

An Hand dessen soll die Frage geklärt werden, ob und wie stark Koch bibliographisch aktiv war beziehungsweise ob Koch in der Systematik aktiv war.

1.2.2 Entwicklung der Botanik

Die sogenannten ‚Väter der Pflanzenkunde‘ wie **Otto Brunfels (1488-1534)**, **Hieronymus Bock (1498-1554)**, **Leonhart Fuchs (1501-1566)** und **Pietro Andrea Mattioli (1500-1577)** leiteten im Wesentlichen die Neubegründung der Botanik im Abendland ein, da sie sich nicht, wie bis dahin üblich, auf die Schriften des Altertums stützten, sondern die Pflanzen selbst beobachteten. Damit rückten die heimischen Pflanzen in den Fokus (Rytz, 1936). Nach der ersten enzyklopädischen Behandlung des gesamten Pflanzenreichs durch **Andrea Cesalpino (1524-1603)**, einen italienischen Arzt, Philosoph und Botaniker, folgte eine Periode, in der sich vor allem die Pflanzenkunde weiterentwickelte. Ausgedehnte Reisen vor dem expliziten Hintergrund, mitteleuropäische Pflanzen zu studieren, brachten die Veröffentlichung erster berühmter Kräuterbücher hervor (Bock, 1539). Es folgte eine wahre Flut von „Kräuterbüchern“ mit heimischen Floren, die natürliche Gruppen wie beispielsweise die Gräser erkennen ließen. Als besonderer Wegbereiter und genauer Naturbeobachter ist hier **Conrad Gessner (1516-1565)** zu nennen, der mit seiner monographischen Beschreibung der naturwissenschaftlichen Aspekte bei der Besteigung des Mont Ventoux eine neue Art der Analyse einführte. Auch der Gießener Arzt **Johann Jacob Dillenius (1684-1747)**, der neben einer umfangreichen Flora von Gießen eine ‚Kryptogamen-Systematik‘ begründete, war ein wichtiger Wegbereiter für Koch. Als Florist beschäftigte sich dann auch Koch mit der räumlichen Erfassung von Pflanzen. Er lenkte ebenso den Blick schwerpunktmäßig auf die heimische Flora und deren Systematik.

In der Geschichte der Botanik führte das Verständnis über die Morphologie der Pflanzen verbunden mit ihrer verwirrend wirkenden Variabilität zu verschiedenen Versuchen, die Pflanzen in einer Systematik zu ordnen. Angefangen mit den Veröffentlichungen von **Caspar Bauhin (1560-1624)**, einem Schweizer Botaniker und Universitätsprofessor in Basel, waren sowohl die Namensgebung (Nomenklatur) als auch die Einzelbeschreibungen (Physiognomie) und die Anordnung nach habituellen Ähnlichkeiten (Systematik) bedeutungsvoll (Fuchs-Eckert, 1979). Bauhin führte als erster die Unterscheidung von Spezies und Gattung vollständig

durch und schuf eine binäre Nomenklatur. Außerdem legte er großen Wert auf die Berücksichtigung von natürlichen Verwandtschaften bei der Anordnung der Pflanzen (Arber, 1912). Weitere wichtige herausragende Wegbereiter in Bezug auf den Ausbau des natürlichen Systems der Pflanzen waren der Engländer **Morisons John Ray (1628-1705)**, der die Unterscheidung von Phanerogamen und Kryptogamen einführte, der Franzose **Joseph Pitton de Tournefort (1656-1708)**, der die Morphologen der Blüte als Einteilungsgrundlage verwendete und dessen Schüler **Sébastien Vaillant (1669-1722)**. Letzterer schaffte mit seiner 1718 erschienenen Schrift *Sermo de Structura Florum* zur Sexualität der Pflanzen die Grundlage dafür, dass sich der schwedische Naturwissenschaftler Carl von Linné genauer mit der Funktion von Staubblatt und Pistill (dem aus Fruchtknoten, Griffel und Narbe bestehenden Teil der Blüte) beschäftigte.

Die ersten Versuche der Entwicklung und Einführung eines ‚natürlichen Systems‘ der Pflanzen gehen auf den Pariser **Bernard de Jussieu (1699-1777)** und seinen Neffen **Antoine-Laurent de Jussieu (1748-1836)** zurück, die ihre Erkenntnisse zu einzelnen Arten verallgemeinerten und diese auf Familienebene anwandten (Sachs, 1875, S. 125). Konkret war es schließlich Antoine-Laurent de Jussieu, der die Diagnosen für Pflanzen-Familien zusammenfügte. Allerdings brachte er zu diesem Thema niemals eine eigene Publikation heraus, sondern zeigte seine Vorstellung von einem Pflanzensystem 1756 in der Anlage des Pariser Botanischen Gartens praktisch anhand der Pflanzungen. Bernhard de Jussieu war der Erste, der für die Einteilung der Gattungen zu Familien neben der Zahl der Ähnlichkeiten der Organe auch der Beschaffenheit und Lage des Embryos viel Beachtung schenkte. Er teilte das ganze Pflanzenreich in drei große Abteilungen: Akothyledonen (von Linné als Kryptogamen erfasst), Monokotyledonen (Unterscheidung nach dem Stand der Staubfäden) und Dikotyledonen (Winckler, 1854, S. 267). Bernard de Jussieu war unter anderem auch Lehrer von **Carl von Linné (1707-1778)**. Leider akkumulierte sich mit den ersten Entwürfen der natürlichen Systeme auch eine Vielzahl von taxonomischen Ungenauigkeiten, so dass es zu vielen Synonymen und Verwechslungen kam. „We completely stopped understanding each other“, schrieb der französische Botaniker Jean-Baptiste de Lamarck (1744-1829), als er ein Wörterbuch schrieb, um den Problemen mit der Synonymie zu begegnen (Dietz, 2019, S. 46). Eine klare Regelung für die Verwendung von Begriffen in der Botanik schuf **Carl von Linné (1707-1778)**. Er war es, der auch eine neue Epoche der empirischen Naturforschung einleitete, indem er die Wissenschaft dem Geist der Aufklärung verpflichtete. Linné benutzte zwar schon vorhandene Pflanzensysteme von Tournefort (1719) oder Vaillant (Struktur der Blütenorgane 1718), verfasste aber 1730 einen eigenen Entwurf eines neuen Pflanzensystems mit 21 bzw 24

Klassen. Der Grundgedanke seiner Bestimmungsmethoden beruhte auf einem Gruppierungsprinzip nach Anzahl und Struktur der Blütenorgane, die für ihn das biologische *wesentliche Merkmal* zur Fortpflanzung und Erhaltung der Art darstellte. Daraus entstand 1735 sein Hauptwerk *Systema naturae*. Er brachte mit seinen Werken die 150 Jahre währenden Bemühungen, das Pflanzenreich in ein adäquates Ordnungssystem zu bringen, zu einem Abschluss. Er leitete mit seiner Veröffentlichung eine Reform zur Klassifizierung der Organismen in ein enkaptisch-hierarchisches System mit festen Benennungen und regelhaften Charakteristika der Klassen, Ordnungen, Gattungen und Arten ein (Jahn & Krauß, 1998, S. 236).

Es dauerte allerdings noch bis etwa 1750, bis sich Linnés Nomenklatur der Organe, sowie die binäre Benennung der Arten allgemein Bahn brachen. Und trotzdem konnte im weiteren Verlauf eine Spaltung in zwei sehr verschiedene Richtungen in der Anwendung der Linnéschen Postulate nicht verhindert werden:

- ➔ A, Die meisten deutschen, englischen und schwedischen Botaniker hielten sich ganz streng an den Ausspruch Linnés: Je mehr Species ein Botaniker kenne, desto vorzüglicher sei er. Die Botaniker sahen sich als ‚Jünger‘ Linnés und machten ihre Betrachtungen streng nach den Vorgaben Linnés ohne Lücken und Unstimmigkeiten innerhalb des Systems kritisch zu betrachten
- ➔ B, Dem gegenüber wurde in Frankreich an die tieferen wissenschaftlichen Bestrebungen Linnés angeknüpft und die Botaniker vertieften und entwickelten die Systematik im Sinne Linnés fort.

Dies hatte zur Folge, dass viele Florengebiete fleißig von deutschen, englischen und schwedischen Botanikern erkundet, abgesammelt und damit viel Material angehäuft wurde. Ein Problem war aber, dass die Fülle an Material nicht wissenschaftlich bearbeitet werden konnte. In dessen Nachklang verfielen vor allem die Botaniker Deutschlands in jener Zeit nach und nach in ein „gemütliches, geistloses Kleinleben“ (Sachs, 1875, S. 117). Die ersten Bände der Zeitschrift *Flora oder Botanische Zeitung*, für die auch Koch etliche Beiträge verfasste, zeugten bis weit über die 1820er Jahre hinaus von einer Arbeitsweise, die ausschließlich an Linnés Beschreibungskunst festhielt und dabei nichts Neues zum Wesen der Pflanze zu Tage beförderte.

In Frankreich dagegen wurde an Linnés tieferen, am wissenschaftlichen Fortschritt orientierten Bestrebungen angeknüpft. Zum einen wurden mit derselben Präzision, mit der Linné Spezies und Gattungen bestimmt hatte, größere Gruppen wie Familien umgrenzt und durch eindeutige Merkmale charakterisiert. Zum anderen wurde das natürliche System unter dem Dogma der

Konstanz der Arten (der Unveränderlichkeit der Arten) bearbeitet (Sachs, 1875, S. 116). Dieses geht von der Annahme aus, dass alle Arten in einem einmaligen Schöpfungsprozess erschaffen worden waren und dass es seitdem keine Veränderung der Arten (Evolution) gegeben habe.

Ein wichtiger Vertreter der französischen Förderer der Botanik und gleichzeitig einer der wegweisenden Fürsprecher Kochs war **Augustin-Pyrame de Candolle (1778-1841)**. Der ursprüngliche Schweizer Botaniker machte seine Vaterstadt Genf zu einem Zentrum der Naturwissenschaft mit weitreichender Ausstrahlung. De Candolle erwarb seinen Ruf durch die Weiterentwicklung der Theorie der Systematik und der Gesetze der natürlichen Klassifikation. Das tat er mit einer Klarheit und Tiefe, die den französischen Naturforschern zu eigen war und die er sich während seines zehnjährigen Aufenthaltes in Paris angeeignet hatte (Sachs, 1875, S. 137). Er führte vergleichende Morphologie durch. Er verstand, dass klassifikationsbildende Anatomie und Physiologie nicht unbedingt mit der Struktur des einzelnen Organs charakterisiert werden können. De Candolle war der erste, der Diskordanzen dazwischen erkannte. Er verwendete einen geographischen, bildlichen Ausdruck für die Beschreibung der Diskontinuität, indem er Spezies mit Städten, Gattungen mit Provinzen, Familien mit Reichen und Klassen als Teile der Welt verglich. Er stellte Plätze, die in unmittelbarer Nähe zu Orten waren, mit denen, die weit entfernt waren, gegenüber. Er erweiterte die Metapher und schlug vor, dass die Lücken, die es auf der botanischen Landkarte gab, von noch unbekannten Arten bevölkert sein müssten oder leere Räume waren, weil die Natur dort von sämtlichen Wesen verlassen worden war, so wie unbewohnbare Sümpfe und Wüsten (Drouin, 2001, S. 260). Das Problem der Diskordanz konnte erst 40 Jahre später durch Darwins Selektionstheorie sicher angesprochen und gelöst werden. De Candolle verstand, dass die morphologischen Eigenschaften der pflanzlichen Organe für die Systematisierung wertvoll waren, und er erforschte die physiologischen Anpassungen derselben an die Lebensbedingungen. Sein vielfach unterschätztes Werk *Die Lehre von der Symmetrie der Pflanzen* (Candolle, 1813) war der ernsthafte Versuch, Organe mit bestimmten physiologischen Funktionen, deren wahrer morphologischer Charakter oft zunächst unkenntlich war, dennoch durch morphologische Betrachtungen zu vergleichen (Sachs, 1875, S. 138). De Candolle hob in seinem Buch *Théorie élémentaire de la botanique; ou, exposition des principes de la classification naturelle et de l'art de d'écrire et d'étudier les végétaux* 1813 und 1819 (im zweiten Kapitel: Anatomie und Physiologie) hervor, dass es keineswegs mehr hinreichend war, ausschließlich die Struktur des einzelnen Organs bzw. die jeweils assoziierte Funktion zu betrachten, wenn es sich um einen Vergleich der Organe verschiedener Pflanzen handele. Er wollte damit verhindern, dass zweierlei verschiedene Arten von Symmetrie aufgrund ihrer äußerlichen Ähnlichkeit für

gleichartig gehalten würden. Allerdings musste für die endgültige Beschreibung dieses Problems und für den Nachweis einer geeigneten Vorgehensweise bis in die 1840er Jahre gewartet werden, da hierfür die Beobachtung sehr früher Jugendzustände von Pflanzen notwendig war und die dazu unerlässliche Kunst des Mikroskopierens erst dann hinreichend entwickelt war (Sachs, 1875, S. 121 ff.). Mit De Candolle stand Koch im engen wissenschaftlichen Austausch. Die beiden Gelehrten haben sich gegenseitig beeinflusst (vgl. Kap. Kochs Werke – *Plantarum umbelliferarum* S.98)

Der schottische Botaniker **Robert Brown (1773-1858)**, der an der University of Edinburgh Medizin und Botanik studierte, verwendete für die systematische Einordnung von Pflanzen nach dem natürlichen System von De Candolle ein Mikroskop für exakte histologisch-anatomische Studien. Browns erste floristische Arbeiten bestanden in der Untersuchung der Moose, die damals noch sehr unzureichend erforscht waren. Er erkannte die grundsätzlichen Unterschiede im Bau der Samenanlagen von Nadelhölzern und Palmfarnen (Cycadophyta) im Vergleich zu anderen höheren Pflanzen und grenzte sie als Nacktsamer (Gymnospermen) von den Blütenpflanzen (Magnoliophyta) ab. Er untersuchte auch die Entwicklung von Samenanlagen und unterschied so erstmals Integumente, Nucellus und Embryosack sowie Endosperm und Perisperm. Mit dieser Entdeckung des Zellkerns beeinflusste Brown unter anderem den Botaniker **Matthias Jacob Schleiden (1804-1881)** und nahm so Einfluss auf die Entstehung der Zelltheorie. Durch Schleidens *Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik* wurde schließlich erst um 1845 De Candolles System abgelöst. Im Gegensatz zu De Candolle schaffte es Schleiden mit seiner Veröffentlichung, erschöpfend die Hauptgruppen des Pflanzenreiches durch Übereinstimmungen in ihrer Morphologie und ihrer Entwicklung zu charakterisieren (Strasburger, 1895).

Den entscheidenden Durchbruch in Bezug auf die stammesgeschichtliche Verwandtschaft zwischen Kryptogamen und den Phanerogamen (Blütenpflanzen) erzielte **Wilhelm Hofmeister (1824-1877)**. Er war Professor der Botanik ab 1863 in Heidelberg und ab 1872 in Tübingen. Hofmeister stellte die Gymnospermen, die bisher zu den Dikotyledonen gestellt wurden, als dritte Klasse neben die Mono- und Dikotyledonen und erkannte Homologien zwischen dem Fortpflanzungsmodus höherer Kryptogamen und der Samenbildung der Phanerogamen. Zu seinen wichtigsten Untersuchungen gehörte das Studium der Embryonalentwicklung der Phanerogamen (1851). Darüber hinaus erkannte er die Bedeutung des Generationswechsels für die Verwandtschaftsverhältnisse von Gruppen wie der der Algen, der Pteridophyten oder der Moose (Sengbusch, 2004; Wagenitz, 2001). Koch stand in den 1830er Jahren mit Hofmeister in Korrespondenz (vgl. Kap. res publica literaria – Hofmeister S.80).

Ein prägendes Vorbild für Koch war **Nikolaus Joseph Freiherr von Jacquin (1727-1817)**, der sich ebenfalls intensiv mit dem Linnéschen System beschäftigte. Er besuchte während eines Aufenthaltes in Paris 1750-1752 die Vorlesungen bei Antoine-Laurent de Jussieu (1686-1758), Professor für Botanik am *Jardin du Roi*, dem heutigen *Muséum national d'Histoire naturelle*, und nahm an Exkursionen teil (Stafleu, 1981, S. 290). Der weitgereiste Jacquin war ab 1769 Professor für Chemie und Botanik an der Universität Wien, zudem Direktor des Botanischen Gartens der Universität Wien und später der Kaiserlichen Gärten von Schloss Schönbrunn. Jacquin war einer von Linnés engsten und wichtigsten Korrespondenten in Fragen der Taxonomie und Synonymie (Dietz, 2019, S. 46). Er war maßgeblich an der Einführung des Ordnungssystems von Linné im Gebiet der Habsburgermonarchie beteiligt (Wurzbach, 1863). Seine erste Veröffentlichung, in der das Linnésche System der binären Nomenklatur konsequent angewendet wurde, eine Aufzählung der in der Umgebung Wiens wachsenden Pflanzen, erschien 1762 (Stafleu 1981, S. 296). Jacquins *Flora Austriaca*, auf die einige Werke von Koch fußen, verfasst 1769 in Wien, war keine Flora im modernen Sinne, sondern eines der großen Abbildungswerke der zweiten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts. Das Werk orientiert sich in vielerlei Hinsicht an der berühmten *Flora Danica* (Oeder, 1753-1883), die kurz vorher in Kopenhagen veröffentlicht wurde und von Jacquin im Vorwort ausdrücklich als Vorbild genannt wird (Jacquin, 1773-78). Wie es eben für die botanische Arbeitsweise in Deutschland und Österreich damals typisch war, sind auch in Jacquins *Flora Austriaca* großformatige, kolorierte Kupferstiche dargestellt. Auf den Abbildungen wurden allerdings nur die Zählungen, nicht aber wissenschaftliche Namen, der Pflanzenillustrator und der Stecher genannt. Beschrieben und abgebildet wird eine Fülle von in Mitteleuropa verbreiteten Pflanzen, von denen manche bis dato noch keine binären Namen erhalten hatten (Lack, 1999, S. 543). Unter den in Österreich erschienenen botanischen Büchern können die Werke Jacquins wegen ihres wissenschaftlichen, künstlerischen und bibliophilen Wertes einen ersten Rang beanspruchen (Dolezan, 1973, S. 136). Jacquins Werke bildeten eine wichtige Basis für Kochs Veröffentlichungen (vgl. Kap. Koch und die Botanik im Bild – *Flora Austriaca* S. 121).

Jacquins Sohn **Joseph Franz von Jacquin (1766-1839)** wurde ebenfalls ein Professor der Botanik (Wurzbach, 1863), auch mit ihm stand Koch persönlich in brieflichem Kontakt (vgl. Kap. res publica literaria – Jacquin S.75).

Ein weiterer, von Koch häufig zitierter Wissenschaftler, der die Geschichte der Botanik und auch Kochs Untersuchungen mit beeinflusste, war der aus Calw stammende **Joseph Gärtner (1732-1791)**. Er hatte zwar keinen akademischen Ruf an einer Universität, war aber ein weitgereister Botaniker mit weitreichenden Kontakten zu wichtigen Botanikern wie Banks in

London oder Thunberg in Amsterdam. Gärtner trat an die Untersuchungen der schwierigsten Organe (Früchte und Samen) der Pflanzen mit großer Unbefangenheit sowie umfangreicher Belesenheit und einer umfassenden Literaturkenntnis heran. Gärtners Veröffentlichung *De fructibus et seminibus plantarum* (Gärtner 1789–1791) enthielt eine sorgfältige Beschreibung der Früchte und Samen von über 1.000 Pflanzengattungen. Obwohl es Gärtner nicht gelang, allein über den Weg der Samen und Fruchtformen ein natürliches System zu begründen, wurde das Werk dennoch wegen der detailgenauen Kenntnisse der Früchte und Samen ein wichtiger Wegweiser in der Morphologie der Fruktifikationsorgane und deren Verwendung für die Systematik (Sachs, 1875, S. 132). Das, was Gärtner *Embryo* nannte, war bisher von Cesalpino mit eher philosophischen Anschauungen als Pflanzenseele bezeichnet worden. Trew (1765–1769) erkannte bereits die Existenz eines sogenannten *Albumens*, während Linné und Jussieu (Antoine-Laurent) es als *corculum seminis* (Schutzsaat) bezeichneten. So begründete Gärtner die Morphologie der Früchte und Samen, die seit Trew eher Rückschritte als Fortschritte gemacht hatten (Sachs, 1875, S. 135). Koch übernahm die neuesten Kenntnisse von Gärtner in seinen systematischen Arbeiten (vgl. Kap. Kochs Werke – *Plantarum umbelliferarum* S.98).

Der Sohn Joseph Gärtners, **Karl Friedrich Gärtner (1772–1850)**, widmete sich ebenfalls der Sexualität der Pflanzen. Ab 1824 untersuchte er die Hybridisierung von Pflanzen. Die Grundlagenforschung von Gärtner beeinflusste sowohl Charles Darwin in seiner Evolutionstheorie wie auch die Mendelsche Vererbungslehre. In Darwins *Die Entstehung der Arten* gehört Gärtner zu den meistzitierten Naturforschern. Er kümmerte sich auch um die Herausgabe des Supplementbandes zum Hauptwerk seines Vaters *De fructibus et seminibus plantarum* und verfasste eigene botanische Abhandlungen (Anonymos, 2020). Die zwei Gelehrten Gärtner beeinflussten nicht nur Darwin und Mendel mit ihren Untersuchungen bzw. Ergebnissen, sondern auch Koch. Vor allem bei Kochs Systematisierung mancher kritischen oder hybridisierenden Arten, stand Koch in enger Korrespondenz mit Gärtner.

Die Ausbildung der Systematik entwickelte sich Schritt für Schritt vom Besonderen zum Allgemeinen; nachdem früher aus den Spezies die Gattungen, dann aus diesen die Familien gebildet worden waren, gelang es nun im Zeitraum von 1820–1845, die Familien selbst wieder in Gruppen einzuordnen. Die wichtigsten Repräsentanten am Beginn der allgemeinen Formulierung der Abstammungslehre (damals „Deszendenztheorie“) waren Bernard und Antoine-Laurent de Jussieu sowie Augustin-Pyramus De Candolle (Riedl-Dorn 2019, S. 264).

In die nun vorgestellte Entwicklung der Botanik als Wissenschaft sollen Kochs Forschungsarbeiten in ein Gesamtbild „Botanik in Europa“ wie Steinchen eines Mosaiks

eingebaut werden. Dabei wird der Frage, wie sehr Koch bibliographisch aktiv war, nachgegangen.

1.3 *Senecio nemorensis* – Gruppe

Um Kochs Methodik und Relevanz (Kapitel 4) beurteilen zu können, wird in dieser Arbeit Kochs systematische Arbeitsweise populationsgenetisch untersucht. Koch beschäftigte sich über viele Jahre mit der kritischen *Senecio nemorensis* – Gruppe, ein Aggregat bestehend aus verschiedenen Arten, deren zweifelsfreie Bestimmung und Gliederung heute noch Probleme bereitet. Mit heutigem Wissen wird überprüft, ob Kochs taxonomische und systematische Schlüsse, die in zahlreichen Aufsätzen und Herbarbelegen dokumentiert sind, weiterhin Bestand haben. Konkret werden seine rein morphologischen Bestimmungsmethoden mit genetischen Methoden erweitert und die Ergebnisse miteinander verglichen. Das taxonomische und systematische Fundament in dieser Arbeit sind die Sippenabgrenzungen von Herborg und Oberprieler (Herborg, 1987, S. 88; Oberprieler, 1994). Die *Senecio nemorensis* – Gruppe gehört zur Familie der Asteraceae, zur Unterfamilie der Asteroideae. Der Tribus *Senecioneae* besteht aus mehr als 160 Gattungen und über 3.000 Arten und stellt die größte Tribus innerhalb der Familie dar. *Senecio* wiederum ist die größte Gattung in der Tribus (Kandziora, 2015). Allerdings ist man sich der Phylogenie der Gattung noch nicht einig (Jeffrey, 1979; Bremer, 1994; Nordenstam et al., 2009a; Pelser et al., 2007; Jeffrey, 1977; Kandziora, 2015, S. 7). *Senecio* ist die einzige Gattung der Tribus, die fast weltweit (außer der Antarktis) verbreitet ist, wobei sie in manchen Regionen nicht einheimisch ist (Westindien) (Nordenstam et al., 2009a; Pelser et al., 2007).

Der Gattungsname *Senecio* stammt von dem lateinischen Wort „senex“, was alter Mann oder Frau bedeutet und eine Anspielung auf die weißen Pappushaare ist, die den weißen Haaren von alten Menschen ähneln sollen (Barkley, 2006). Die typische Frucht der *Asteraceae* und somit auch von *Senecio* ist die Achäne, die bei *Senecio* gerippt und oft stark behaart ist. Die Früchte haben einen Pappus, dem eine große Bedeutung bei der Ausbreitung durch Wind zugeschrieben wird (Andersen, 1993; Nordenstam et al., 2009a).

Historie Taxonomie, Synonymie der Arten *Senecio nemorensis* L. und *Senecio sarracenicus* L.

Grundlagen für die Bewertung des Materials sind die gültigen Erstbeschreibungen. Die Protologe der Arten *Senecio nemorensis* L. und *S. sarracenicus* L. stammen von Carl von Linné,

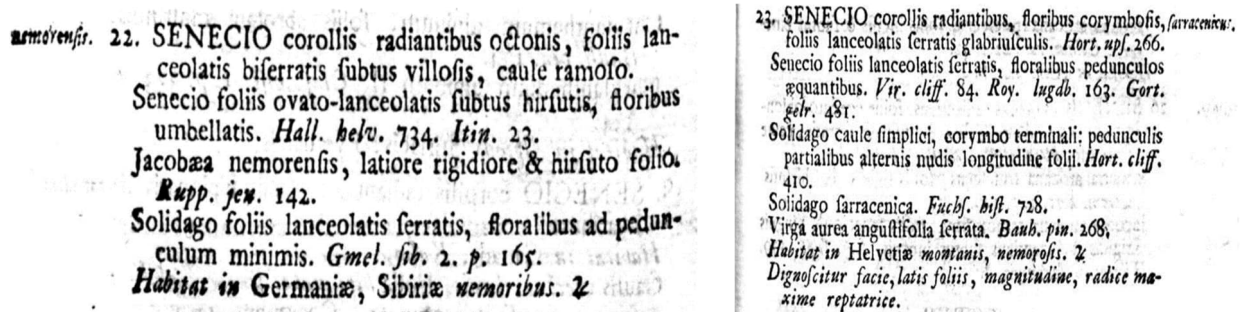


Abbildung 3: Auszug aus *Species plantarum* 1753 von Linné

vgl. Abbildung 3 (Linné, 1753, S. 870 ff.). Die Charakterisierungen der beiden Arten waren sehr vage und allgemeingültig gehalten in Bezug auf Behaarung und Blattform und -stiel. Die beschriebenen Merkmale ließen viel Spielraum bei der Diagnose. Die Angabe *Corollis radiantibus octonis* führte sogar zu der Annahme, dass die Art *Senecio nemorensis* L. eigentlich keine in Deutschland vorkommende Art sei (Koch, 1819, S. 717 ff.).

Morphologisch-anatomische Merkmale: *Senecio nemorensis* L. und *S. sarracenicus* L.

Koch beschäftigte sich nicht nur intensiv mit der taxonomischen Aufstellung der Arten. Er versuchte auch, klare Charakter- und Differenzierungsmerkmale zu definieren. Dafür unterzog er unzählige frische und getrocknete Exemplare aus verschiedenen Gegenden (Koch, 1846, S. 454) einem Vergleich. Durch genaue Merkmalsbeschreibung und soziologische Angaben versuchte Koch, Klarheit in die sich teilweise widersprechenden Charakterisierungen zu bekommen. In seinen Büchern charakterisierte Koch jede Art mit einer ausführlichen Beschreibung, die meist mit den Merkmalen endet, durch die sich eine Art von den nächsten Verwandten unterschied, wie beispielsweise „Alle hier aufgezählten Variet. haben keine kriechende W[urzeln]“ (Koch, 1846, S. 455). Zusätzlich veröffentlichte er noch ausführliche Charakteristika und wog Beschreibungen verschiedener Autoren gegeneinander ab.

„Da nun Pollich in der Beschreibung seines *S. sarracenicus* L. den calyx glaber nennt, ein Merkmal, welchen dem *S. sarracenicus* Linn. nicht zukommt, so bleibt kein Zweifel, dass die von Pollich beschriebene und meine an dem selben Standorte häufig gefunden Pflanze ein und dieselbe ist“ (Koch, 1819, S. 717).

Völlig abschließend wurde das Thema der eindeutigen Artabgrenzung aus Sicht von Koch jedoch nicht behandelt, denn er beklagt sich 1836 und 1838 noch über die „Unzuverlässigkeit

der Diagnosen“ (Anonymous, 1836, S. 334; Koch, 1838, S. 697). Nach Koch haben sich noch zahlreiche weitere Botaniker mit der Morphologie der kritischen Arten auseinandergesetzt (Wallroth 1840, Nyman 1878; Beck v. Mannagetta 1893; Lacaita 1913; Hegi 1928; Ehrendorfer 1973; Chater et Walters 1976; Konechnaja 1979; Pignatti 1982; Rothmaler 1976; Schmeil 1982; Oberdorfer 1983). Erst Arbeiten von Konechnaja (1979), zitiert in Herborg (1987) und Hodálová (1999), lieferten kritische Beiträge zu Abgrenzung der Arten der *Senecio nemorensis* – Gruppe für Teile Ost-und Südosteuropas. Herborg formulierte (1987), wie auch Oberprieler (1994, 2010, 2011), Pola (2014) und Kandziora (2015), die Handhabung der phänotypischen Plastizität der Arten und Unterarten für das restliche europäische Teilareal ebenso wie speziell für die in Bayern auftretenden Arten.

Für diese Arbeit wurden die Bestimmungsschlüssel nach Herborg und Oberprieler verwendet. Alle Veröffentlichungen fließen in die Gegenüberstellung der morphologischen und taxonomischen Systematik damals/heute mit ein.

Daraus ergibt sich die zentrale Frage. Wird die von Koch vorgeschlagene Systematik durch Anwendung moderner genetischer Artbestimmungsverfahren bestätigt? Weicht Kochs Systematik, die auf rein morphologischen Methoden beruhte, von der heutigen, 200 Jahre späteren ab, die mit gegenwärtigen, genetischen Analysemethoden ergänzt wird?

2 Material und Methoden

2.1 Korrespondenz und Netzwerkanalyse

2.1.1 Briefe, Korrespondenzen

Um der Frage nach der Intensität von Kochs Vernetzung nachzugehen, wurden der Schriftverkehr und die Korrespondenzen, die Koch im Laufe seines Lebens ausgetauscht hat, möglichst allumfassend rekonstruiert. Dafür wurden alle mir bekannten Orte, an denen sich Koch aufhielt, wo er Kontakte pflegte oder zu denen er wichtige wissenschaftliche Verbindungen hatte, kontaktiert. Für die Auswertung der Korrespondenzen Kochs wurden in folgenden Archiven und Herbarien Dokumente von Koch gefunden:

- München (Bayerische Staatssammlung),
- Frankfurt (Senckenberg Museum),
- Leiden (Naturalis),
- Regensburg (Herbarium),
- Erlangen (Handschriftenabteilung und Herbarium),
- Halle (Herbarium),
- Bad Dürkheim (Heimatmuseum),
- Bremen und
- Speyer (Archive).

Alle aufgefundenen Briefe und Korrespondenzen wurden abfotografiert oder gescannt. Dabei konnten rund 2.000 Briefseiten von 220 Korrespondenten registriert werden.

Um Kochs Netzwerk möglichst realitätsnah rekonstruieren zu können, wurden Briefe wichtiger Vertreter folgender, von mir als relevant eingestufte, Kategorien vollständig digitalisiert und transkribiert:

- Gelehrte, mit denen Koch wissenschaftliche Veröffentlichungen angefertigt hatte
- repräsentative Personen aus sieben Sozietäten:
 - Esslinger Reiseverein,
 - Königlich Bayerische Botanische Gesellschaft zu Regensburg,
 - Königliche bayerische Akademie München,
 - Nationale Akademie der Wissenschaft Leopoldina,
 - Botanischer Tauschverein Wien,

- Botanische Gesellschaft von Edinburgh und
- Königlich Schwedische Akademie der Wissenschaften.
- Personen aus dem Umfeld der Friedrich-Alexander-Universität,
- Personen aus der Politik.

Innerhalb der Korrespondenz waren Nennungen von Pflanzenarten, Objekttausch, wissenschaftliche Diskurse, Reiseberichte oder Nennungen von Personen und Orten dokumentationswürdig und flossen in diese Arbeit ein.

Als Informationsquellen wurden zusätzlich die von den Gesellschaften herausgegebenen ‚*Periodika*‘ ausgewertet, in denen Ereignisse wie Exkursionen, Anfragen, Ankündigungen, Anzeigen oder Aufsätze in Bezug auf Koch kommuniziert wurden. Botanische Zeitschriften wie die *Flora oder Botanische Zeitung*, die regelmäßig erschienen, oder auch einmalig erscheinende Bücher beziehungsweise Veröffentlichungen wie beispielsweise das *Jahrbuch Wissenschaftlicher Kritik* (Wimmer, 1838) wurden zusätzlich zu den Briefen als Informationsquellen verwendet. Alle verwendeten Quellen sind als Quellenangabe im Text und über das Literaturverzeichnis nachzulesen.

2.1.2 Netzwerkanalyse

Mit Hilfe der Informationen aus den transkribierten Briefen und Herbarbelegen wurde eine Netzwerkanalyse durchgeführt. Ziel der Netzwerkanalyse ist es, Beziehungen darzustellen und zu interpretieren. Das hier analysierte Netzwerk besteht aus sozialen Einheiten, konkreten Akteuren und deren Beziehungen (sog. *nodes*). Aus diesen wurden die erkennbaren Beziehungen in erster Linie mit Koch aber auch von weiteren miteinander assoziierten Personen hervorgehoben (sog. *Relations*) beziehungsweise gegeneinander abgrenzt (*Bondar specification*) (Knoke, 1982, S.14 ff.). Diese Beziehungen beschränken sich keineswegs ausschließlich auf direkte, persönliche Kontakte. Es werden auch diejenigen Kontakte aufgeführt und in die Netzwerkanalyse miteinbezogen, die Koch indirekt über wissenschaftliche Neuerungen oder über dritte Personen prägten. Es wird ein egozentriertes Netzwerk erstellt, bei dem die interpersonale Vernetzung Kochs im Zentrum der Analyse steht. Obwohl die Akteure unterschiedlichen sozialen Strukturen entstammen, sind sie innerhalb des Netzwerkes über ihre gemeinsamen Interessen miteinander verbunden und ihre Beziehungen überschreiten die sonst sichtbaren bzw. wirkenden sozialen Grenzen. Anhand des abgebildeten Netzwerks wird erkennbar, wie sich Verbindungen zwischen Koch und seinen Korrespondenten aufspannen, wie die Informationsweitergabe räumlich und zeitlich verlief und

wie Kochs durch die Akteure das persönliche Netzwerk erweiterte. Dabei wurde die Netzwerkanalyse interdisziplinär angewandt. Eine Auswahl repräsentativer Akteure mit diversen Qualifikationen wie Mediziner, Theologen, Politikern oder Hobbybotanikern wurden verwendet.

Mit Hilfe der Briefe soll mittels der Netzwerkanalyse der Frage nachgegangen werden, wie stark Koch in der *res publica literaria* vernetzt war.

2.1.3 Sammeltätigkeit – Analyse der Scheden (Belege)

Als Indikator für Kochs Relevanz als Wissenschaftler werden Kochs Tätigkeiten als Sammler analysiert. Für diese Arbeit wurden rund 10.000 Belege abfotografiert. Davon wurden 9.000 Belege aus dem Herbarium Erlangense eingesehen und rund 1.000 Belege aus dem Herbarium Leiden inspiziert. Von rund 2.000 Exemplaren wurden die Scheden detailliert transkribiert und erfasst. Für den Zweck dieser Arbeit wurden gleichzeitig zusätzliche Informationen und Metadaten bei der Digitalisierung der Herbarbelege aufgenommen, insbesondere Sammeldatum, -ort, Faszikel Nummer, Foto (Bild) Nr., Gattung, Art, Autor, erwähnte Veröffentlichung, Synonyme (auf der Schede vermerkt), Herbarium, Sammler, Bemerkung auf der Schede, Typusverdacht.

2.2 Kochs Werke und die Entwicklung der Botanik als Wissenschaft: Werke und Charakterisierung beziehungsweise Systematisierung

2.2.1 Kochs Bibliographie

Um der Frage, ob Koch intensiv bibliographisch aktiv war nachzugehen, werden seine eigenständigen Buchveröffentlichungen analysiert.

*Tabelle 1: Titel der Buch-Veröffentlichung Kochs, gegebenenfalls seine Mitautoren, Ort und Jahr des Erscheinens sowie die Anzahl der erschienenen Bände; Sein 1824 erschienenes Werk *Generum Tribuumque plantarum umbelliferarum nova disposito* hat Koch mit der französischen Form von Wilhelm =Guillaume seinen Namen als Autor verewigt.*

Titel	Autoren	Ort	Jahr	Bände	Erschienen als/in
Entomologische Hefte von	J. J. Hoffmann, P. W. Müller, J. W. D. Koch	Frankfurt	1803	2	Heft

Titel	Autoren	Ort	Jahr	Bände	Erschienen als/in
	und J. M. Linz,				
Catalogus plantarum, quas in ditione Florae palatinatus	G. Koch und I. B. Ziz	Moguntiae	1814		nicht verlegt
Flora Germanica: J.C. Röhlings Deutschlands Flora (Die 2 letzten Bände von Koch allein)	Mertens und Koch	Frankfurt	1823-1839	5 Bände	Buch
Generum Tribuumque plantarum umbelliferarum nova dispositio	G. D. J. Koch		1824	Beitrag in einer Zeitschrift	Nova acta acad. C. L. C. Not. Cur. Vol. P. 1. P.55-156
De Salicibus Europaeis commentatio	W. D. J. Koch	Erlangae	1828	Buch	
De plantis labiatis. Programma	W. D. J. Koch	Erlangae	1833	Buch	
Synopsis Florae Germanicae et Helveticae	W. D. J. Koch	Leipzig	1837-1843	2 Bände	
Taschenbuch der deutschen und Schweizer Flora	W. D. J. Koch	Leipzig	1841-1849	3 Bände	

2.2.2 Weitere Veröffentlichungen

Um die literarische Aktivität Kochs im vollen Umfang ermessen zu können, wurden alle Veröffentlichungen in Periodika ermittelt. Besonderes Augenmerk gilt der *Flora oder Botanische Zeitung*, in der Koch regelmäßig umfangreiche Artikel über seine Untersuchungen veröffentlichte. Des Weiteren wurden Kochs Beiträge in Buchveröffentlichungen anderer Autoren analysiert. Alle verwendeten Quellen werden direkt im Text als Quellenangabe angegeben.

2.2.3 Analyse der Veröffentlichungen

Mit dem Ziel, Kochs naturwissenschaftliche Werke als Beitrag zur Entwicklung der Botanik, insbesondere der Systematik, zuzuordnen wird die Entstehung jedes wissenschaftlichen Werks

Kochs nachvollzogen. Die Behauptung, „Koch gebührt der Verdienst, dem natürlichen Pflanzensystem in Deutschland zum Siege verholfen zu haben“ (Löhr, 1953, S. 47), wird im Folgenden anhand von Kochs Werken erörtert, die als Spiegel seiner Arbeitsweisen, Denkweisen und gleichzeitig als nachhaltige Dokumentation seiner Untersuchungen dienen. Diese Arbeit soll sich über die bisherigen Denkschriften hinaus mit der Essenz von Kochs wissenschaftlichem Wirken beschäftigen und dies anhand einiger für kennzeichnend gehaltener Stellen im Detail erörtern.

Dazu wurde in einem ersten Schritt die Zusammenarbeit Kochs mit den Gelehrten rekonstruiert. Als Grundlage dafür dienten, wie für das Netzwerk, briefliche Korrespondenz und Berichte in Periodika. Des Weiteren wurden botanische Werke ermittelt, die im vergleichbaren Zeitraum erschienen und die über Verweise oder Nennungen eine Verbindung zu Koch hergestellt werden konnte. Ein Vergleich zu entsprechenden zeitgenössischen Werken wurde angestrebt.

In einem weiteren Schritt wurde eine inhaltlich-systematische Analyse durchgeführt, in der der Inhalt jedes Werkes quantitativ und qualitativ betrachtet wurde. Quantitativ wurden der Umfang der untersuchten Pflanzengruppe sowie die weiteren allgemeinen und speziell botanischen Informationen erörtert. Diese wurden bewertet, indem sie mit analogen Werken verglichen werden.

In einem letzten Schritt wurden, um Kochs Pflanzen-Charakterisierungen beziehungsweise seine Systematisierungen bewerten zu können, die von Koch veröffentlichten Systeme mit anderen in Europa erschienenen Werken auf Übereinstimmungen und Differenzen untersucht. Theoretische Probleme wie wissenschaftliche Methodologie, Systematisierung und Nomenklatur wurden mit einbezogen. Bei der Erläuterung einzelner pflanzenkundlicher Arbeiten von Koch wurden Grundzüge seiner Forschung aufgezeigt. Schließlich wurden Reaktionen, Folgen oder Wirkung des Werkes erörtert und der Einfluss auf nachfolgende Werke analysiert und diese in Beziehung zu den wichtigsten Schritten der Entwicklung der Botanik und der Pflanzensystematik in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhundert gesetzt.

2.3 Überprüfung der Wirkung Kochs: Beobachtungsmethodik und Relevanz seiner Forschung

2.3.1 Kochs Systematische Aufstellung

Ziel dieses Teils der Arbeit ist, das System Kochs der heutigen Systematik gegenüberzustellen. Um Kochs taxonomisch-systematische Arbeitsweise nachvollziehen zu können, wurde Kochs Benennung der *Senecio nemorensis* – Gruppe untersucht. Dazu wurde eine taxonomische

Literaturrecherche vorangestellt. Alle Veröffentlichungen zur Taxonomie der *Senecio*, die Koch bis zum Jahre 1846 zur Verfügung standen, wurden zusammengefasst (vgl. Tabelle 2). Kochs Ordnung der kritischen Arten *Senecio nemorensis* L. und *Senecio sarracenicus* L. wurde rekonstruiert, um seine systematische Aufstellung zu verstehen.

Bereits 1846, zu der Zeit von Kochs letzter großer Veröffentlichung und knapp 100 Jahre nach Linnés Erstbeschreibung, waren die von Linné beschriebenen Arten von zahlreichen Botanikern aus den verschiedensten Ländern in ihre Floren aufgenommen und genannt worden, vgl. Tabelle 2.

Tabelle 2: Veröffentlichungen zu *Senecio nemorensis* L.(s.l.) und *Senecio sarracenicus* L. bis 1846

Autor	Veröffentlichung	Erscheinungsjahr	Seite
Linne	Species plantarum	1753 Sp. Pl. 2:870 (1753)	S. 870 ff.
Pollich	Flora palatni.	(1776-1766) II	460, 800
Smith	Compendium Floræ Britannicæ, London	1800	887
Jacquin	von Observationes botanicae (1764-1771)	vol. 3 (1767)	t.65
Willdenow	Species Plantarum, Berolini	1803 Band 3 (3)	2004
Hoppe	Bot. Zeitung	1802 v1, (24)	375
Jacquin	Flora Austriaca (1773-78)	Band 2	49 ff.
Gaertner et al.	Oekonomisch-technische Flora der Wetterau	1801 Band 3 (1)	p.212
Hoffmann	Deutschland Flora	T. II, (1804)	p.146
De Candolle	Flora von Frankreich (Überarbeitung)	T. IV (1805)	p.923
Roth	Tentamen florae germanicae	(1788–1800) T. II. P. II.	p.344
Gmelin	Flora badensis	Band: 3 (1808),	444
Wallroth	Schedulae criticae de florae halensis	1822	
Hoppe	Flora oder Botanische Zeitung Botanische Notizen	v. 1:no.1 1818	98
Koch	Flora oder Botanische Zeitung, Aufsätze: Koch einige Bemerkungen über <i>Senecio nemorensis</i> und <i>S. saracenicus</i> der Fl. Palatinat und Fl. Badensis	v.2:no.2 1819	715

Autor	Veröffentlichung	Erscheinungsjahr	Seite
Koch	Flora oder Botanische Zeitung, Bemerkungen über einige Pollichische Pflanzen von Hren Dr. Koch [Senecio Poll.--> Cineraria integrifolia]	v.3:no.1 1820	468
Koch	Flora oder Botanische Zeitung, Bemerkungen über die in Deutschland einheimischen Cinerarien, von Hr. Dr. Koch in Kaiserslautern [Cineraria spathulaefolia Gmelin]	v.6:no.2 1823	514 ff.
Reichenbach, H. G. L.	Iconographia botanica seu plantae criticae	(1823-1832) 1825, 2	t. 294 f. 467
Koch	Flora oder Botanische Zeitung, über einige Arten der Gattung Senecio; von Hr. Hofr. Koch in Erlangen	v.17:no.2 (1834)	608
Anonymus	Flora oder Botanische Zeitung, Botanische Notizen	v.19:no.1 (1836)	333
De Candolle	Prodromus	1837 Band 6	352-354
Koch	Synopsis Florae Germanicae et Helveticae	1837	
Anonymus	Flora oder Botanische Zeitung, Senecio doria, saracinicus, nemorensis und octoglossum	v.21:no.2(1838)	697
Wallroth	Scholion zu Hampe's Prodromus Florae Hercyniae	1840	
Koch	Synopsis Florae Germanicae et Helveticae	ed. II 1846	454

Zwischen 1819 und 1846 beschrieb und revidierte Koch mehrmals die Arten und ihre Synonymie. Seine Beobachtungen zu den beiden *Senecio* Arten dokumentierte er über mehrere Jahre in zahlreichen Aufsätzen (Hoppe, 1818; Koch, 1819; Koch, 1820; Koch, 1823; Koch, 1834; Anonymus, 1836; Koch, 1838) und in seinen großen Werken (Koch, 1846). Koch stellte ein System auf und ordnete daran die Taxa, die von den verschiedenen Autoren genannt und beschrieben worden waren, wenn sie die Pflanze *Senecio nemorensis* beziehungsweise *Senecio sarracenicus* s.l. (im engeren Sinne) zu beschreiben meinten.

Für die Analyse der Taxonomie wurde in dieser Arbeit die veränderte Benennung herausgearbeitet. Dabei wurden folgende Aspekte erhoben: Taxon mit Autor und gegebenenfalls Varietäten sowie der dazugehörigen Synonymie, Titel und Datum der Veröffentlichung, Publikation mit Datum der Bearbeitung durch Koch.

2.3.2 Pflanzliches Material

Gegenstand meiner eigenen Untersuchungen an pflanzlichem Material bilden vier der acht von Herborg beschriebenen Arten, sie kommen in Deutschland und Österreich vor und sind im folgenden **fett** gedruckt. ***Senecio ovatus*** WILLD. (*Jacobaea ovata* G.GAERTN., B.MEY. & SCHERB., *Senecio fuchsii* C.C.GMEL., *Senecio fuchsii* subsp. *fuchsii*, *Senecio nemorensis* subsp. *fuchsii* (C. GMELIN) CELAK, *Senecio ovatus* subsp. *ovatus*, *Senecio sarracenicus* MINDEROVA), ***Senecio germanicus*** WALLR. (wird unter Plantlist bereits als Synonym von *Senecio nemorensis* subsp. *jacquinianus* ČELAK. geführt), ***Senecio hercynicus*** HERBORG, ***Senecio sarracenicus*** L. (The Plant List, 2013, zuletzt besucht 01.02.2021). Mit dem pflanzlichen Material wurde wie folgt verfahren (vgl. Abbildung 4).

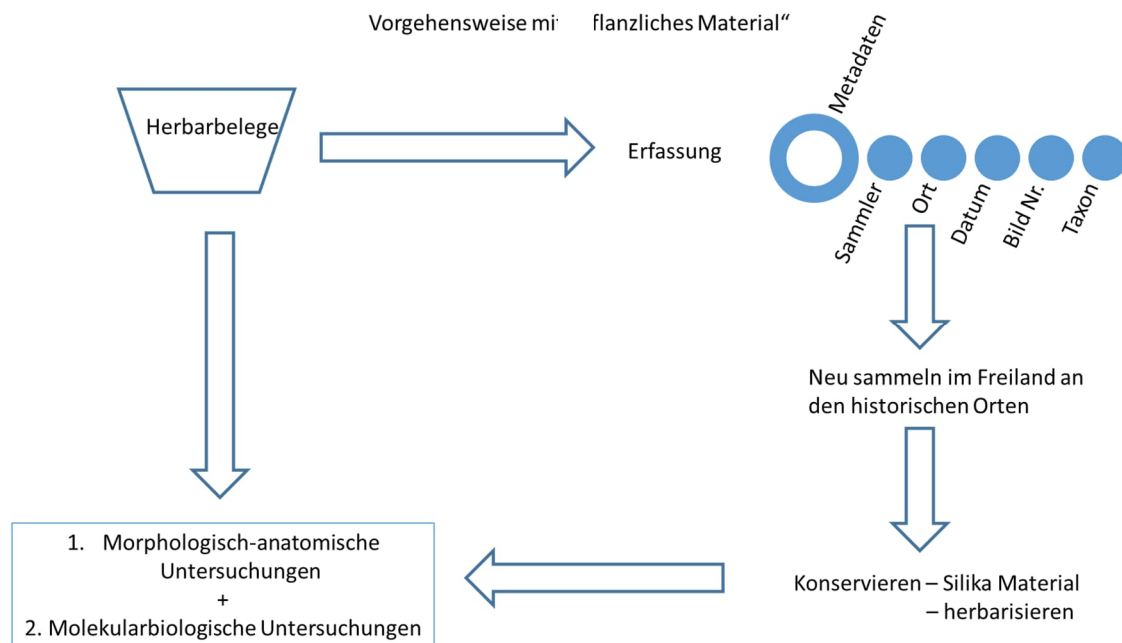


Abbildung 4: graphische Darstellung der Abläufe für die Untersuchungen am pflanzlichen Material

Herbarmaterial

Um die Wirksamkeit und Relevanz von Kochs Systematik untersuchen zu können, wurde pflanzliches Material morphologisch und populationsgenetisch untersucht. Grundlage dieser Untersuchung waren alle heute noch vorhandenen Belege von Koch aus der *Senecio nemorensis* – Gruppe. Ziel war es, alle *Senecio nemorensis* L. und *Senecio sarracenicus* L. Belege, die Koch als solche bestimmt hatte, morphologisch und genetisch zu untersuchen. Die Belege werden gegenwärtig an zwei getrennten Orten gelagert: an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg im *Herbarium Erlangense* oder im Nationalherbar Leiden *Naturalis*. Der Gesamtumfang der untersuchten Exemplare aus der *Senecio nemorensis* – Gruppe im

Kochherbar belief sich auf 143 Herbarbelege. Von jedem Beleg wurden die gleichen Parameter erfasst bei der Analyse der Sammeltätigkeit. Die Aufnahme der historischen Sammelorte hatte für das Sammeln von Frischmaterial besondere Bedeutung.

Frischmaterial

Mit dem Ziel, vergleichbares pflanzliches Material für die morphologischen und genetischen Untersuchungen zu bekommen, wurden die Populationen an den Standorten, die von Koch besammelt wurden, erneut beprobt. Dafür wurden in einem ersten Schritt die oftmals nur vage auf den Scheden dokumentierten historischen Standorte als Region, nicht als Punkte, festgelegt. Die Areale umfassten bis zu 30m². Insgesamt wurden sieben Areale in Deutschland und Österreich, in denen Koch sammelte oder von denen er Belege zugesandt bekam, festgelegt: Pfalz, Wien, Regensburg, Wassertrüdingen/Nürnberg, Main, Harz/Thüringen, Voralpen. Innerhalb dieser sieben Regionen wurden typische Habitate, in denen die Arten der *Senecio nemorensis* – Gruppe vorkommen, besammelt. In jeder Region wurden zwischen drei und sechs Populationen mit jeweils 10 Exemplaren beprobt. Die gesammelten Pflanzen wurde sowohl als Herbarbeleg, mit vollständigem Habitus, als auch zusätzlich zwei Blätter pro Pflanze als Silika Material konserviert. In den Jahren 2019 und 2020 wurde so das Herbarmaterial mit Frischmaterial aus dem Freiland ergänzt.

2.3.3 Morphologische Untersuchungen am Pflanzenmaterial

Die Sippenabgrenzungen Herborgs (1987, S. 88) und Oberprieler's (1994) wurden in Form derer Bestimmungsschlüssel für diese Arbeit verwendet. Die morphologisch-anatomischen

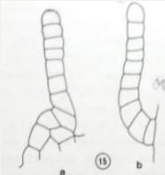
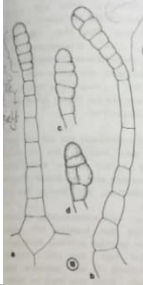
Tabelle 3: Erfasste Merkmale an den pflanzlichen Belegen

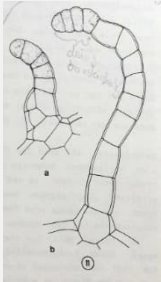
1		Strahlenblütenanzahl
2		Röhrenblütenanzahl
3		Involucrum (Form)
4		Außenhüllblatt (Form)
5		Außenhüllblatt Behaarung
6	Blüte	Köpfchenstiel Behaarung
7		Blattrand
8		Blattstiel
9		Blattmorphologie
10	Blatt	Blattbehaarung
11	Stengel	Stielbehaarung
12	Wurzel	Ausläufer

Untersuchungen gliedern sich in makroskopische und mikroskopische Betrachtung. Folgende makroskopischen Merkmale bzw. Merkmalskombinationen wurden entsprechend der Aufzählung in Tabelle 3 vorgenommen.

Eine Sonderstellung bei der Bestimmung nimmt das Merkmal der Behaarung ein, für diese Merkmalsbestimmung ist eine mikroskopische Untersuchung notwendig. Die Bedeutung der Haartypen für die Sippenabgrenzung in der Gattung *Senecio* erkannte bereits Hayek (1915). Die Charakterisierung von Haartypen orientiert sich an den von Herborg beschriebenen Eigenschaften (Herborg, 1987, S. 39 ff.). Behaarungstypen sind zwar kein Charakter-, aber ein wichtiges Differenzierungsmerkmal. Das bedeutet, dass man anhand der Behaarung Arten zwar ausschließen, aber keine zweifelsfreie Zuordnung vornehmen kann. Es wird zwischen Gliederhaaren und Drüsenhaaren unterschieden (Herborg, 1987, S. 44; Bilder S. 39+41). Für die Bestimmung der Haartypen wurden von den Haaren Dauerpräparate nach dem Protokoll von Yadegari (1994) präpariert. Für die Bestimmung der Arten der *Senecio nemorensis* – Gruppe wurden vorrangig die Behaarung des Außenkelchs, der Blätter und der Stängel berücksichtigt. In Tabelle 4 ist eine Übersicht der Haartypen und die möglichen Zuordnungen zu einer Art dargestellt.

Tabelle 4: Morphologie der Integumente und deren Zuordnung zur Art

Haartyp/ Integument	<i>S. hercynicus</i>	<i>S. ovantus</i>	<i>S. germanicus</i>	<i>S. sarracenicus</i>
Gliederhaar: 	Stängel und Außenhüllblatt	Stängel und Außenhüllblatt	Stängel und Außenhüllblatt , Hüllblatt (diagnostisch wichtig)	Stängel und Außenhüllblatt
Drüsenhaar Typ A: 	Hüllblatt (diagnostisch wichtig)			

Haartyp/ Integument	<i>S. hercynicus</i>	<i>S. ovariantus</i>	<i>S. germanicus</i>	<i>S. sarracenicus</i>
Drüsenhaar Typ B: 				Hüllblatt (diagnostisch wichtig)

2.3.4 Genetische Untersuchungen

Unter genetischer Diversität versteht man die Vielfalt beziehungsweise die Mannigfaltigkeit in der genetischen Zusammensetzung von Organismengruppen. Diversität ist ein Ergebnis der Evolution und daher eine Konsequenz der Wirkung von verschiedenen Evolutionsfaktoren, insbesondere von Mutation, Selektion, Zufallsdrift und Migration sowie der Vermehrungsstruktur von Populationen (Achtelik, 2006). Die Charakterisierung der genetischen Diversität kann auf der Ebene von Individuen, Populationen, Arten oder auch hinsichtlich höherer taxonomischer Einheiten erfolgen. In dieser Arbeit fokussiere ich mich auf die Diversität auf Ebene der Art.

DNA-Gewinnung

Von allen Herbarbelegen und von jeweils 10 Silika-Proben pro Population wurde die DNA extrahiert. Der DNA-Extraktion schlossen sich mehrere Arbeitsschritte zur Qualitätskontrolle an.

Schritt 1: DNA-Isolation

Für die molekularbiologische Untersuchung wurde sowohl dem Herbar als auch dem Silika-Material ca. 0,1-0,2 g Pflanzenmaterial entnommen. Das Extraktionsverfahren folgte dem Protokoll von DNeasy® Plant Mini Kit der Firma Qiagen (Hilden, Deutschland).

Schritt 2: Qualitäts- und Quantitätskontrolle der DNA

Die DNA unterliegt über die Zeit Degradierungsprozessen. Auch Sekundärstoffe in der Zelle können bei der Isolierung der DNA stören. Deswegen wird die isolierte DNA vor der

Weiterverarbeitung zwei Qualitätskontrollen unterworfen. Mit Hilfe eines Nanodrop Spectrophotometer und einer Gelelektrophorese wird der Zustand des Isolates überprüft.

Schritt 2a: Nanodrop Spectrometer: NanoPhotometer™ (Implen Company)

Die einzelnen gewonnenen DNA-Proben haben verschiedene Konzentrationen und unterschiedliche Zusammensetzungen (RNA, Pyrolizidine, Sekundarstoffe). Mittels NanoPhotometer™ (Implen Company) wurde sowohl die DNA- Konzentration als auch die Zusammensetzung (Sekundarstoffanteile) mittels Ratio gemessen. Zunächst wurde die Leistung des NanoPhotometer™ (Implen Company) auf den Eluationsbuffer TAE geeicht. Dann wurden die jeweiligen DNA-Proben gemessen. Anschließend wurde die DNA auf 5ng/µl verdünnt. Für die ISSR-Analyse ist eine einheitliche DNA-Konzentration in den Templates erforderlich.

Schritt 2b: Gelelektrophorese

Zur Herstellung des 2 % Agarose-Gels wurden 6 g Agarose (Agarose NEEO ultra von der Firma Carl Roth) und 300 ml TAE-Puffer durch Erhitzen in einer Mikrowelle vollständig gelöst. Die noch lauwarme Lösung wurde in eine Elektrophorese Apparatur gegossen, wobei ein „Kamm“ eingesetzt wurde, der die Aussparungen für die Untersuchungsproben erzeugte. Nach dem Abkühlen und der Gelierung des Gels erfolgte die Zugabe des Laufpuffers (1x TAE-Puffer) und die Herausnahme des Kammes. Anschließend erfolgte die Befüllung der Probenaschen, wobei neben den eigentlichen Proben auch zwei Taschen den DNA-Längenstandards (λ bp, 100bp) vorbehalten wurden. Hierzu wurden 3 µl des jeweiligen DNA-Isolats mit 2 µl Aqua dest. + 2 µl Sybergold gemischt, in die Taschen des gegossenen horizontalen Agarosegels (2%) aufgetragen und elektrophoretisch aufgetrennt. Die Elektrophorese wurde 20 Minuten lang bei einer angelegten Spannung von 120 Volt und einer Stromstärke von 80 Ampère durchgeführt. Mit Hilfe des im Probenpuffer enthaltenen Farbstoffes Sybergold konnte man die Wanderung der DNA zur Anode gut verfolgen. Nach Ablauf der Laufzeit wurde das Gel unter ultraviolettem Licht mit Hilfe der E-Box©CX5 von VILBER LOURMAT ausgewertet und fotografiert. Es wurden nur Proben weiterverwendet, die eine klare Bande zeigten. In diesem Fall konnte davon ausgegangen werden, dass die DNA intakt war und sauber extrahiert werden konnte.

2.3.4.1 Internal transcribed spacers ITS:

ITS steht für Internal Transcribed Spacer. Die Internal Transcribed Spacer-Region stellt im Chromosom eine Nukleotidsequenz des 5,8S rRNA-Gens und der benachbarten ITS dar. Diese Sequenz ist ein „Spacer“, also eine Trenn-DNA-Sequenz. Der Abschnitt auf der DNA trennt

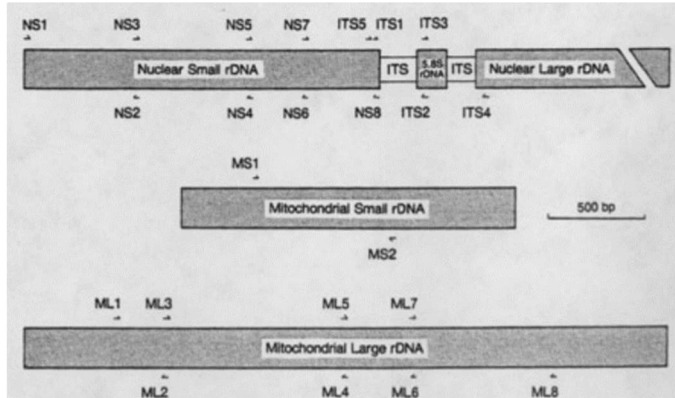


Abbildung 5: Darstellung der ITS Regionen nach White 1990

Gene. Er trennt kodierende und nicht kodierende DNA, wie in Abb. 7 zu sehen ist. Um die Ergebnisse der morphologischen Bestimmung der einzelnen Belege auch auf molekularer Ebene zu prüfen, wurde der Vergleich der Sequenzen der ITS Regionen durchgeführt.

Es existieren zwei verschiedene ITS: ITS1 liegt zwischen der 18 S und der 5,8 S rRNA und ITS2 zwischen der 5,8 S und der 26 S. Die Region der nuklearen Ribosomale besteht also aus 3 codierenden Untereinheiten (18S-, 5,8S-, 26S Subunits), die durch ITS1 und ITS2 separiert werden (Abb. 5). Dementsprechend sind neben hoch konservierten Bereichen, in denen die Sequenz für alle Arten identisch ist, benachbarte variable Bereiche vorhanden, die als „Signatursequenz“ für eine Spezies charakteristisch sein können. Aufgrund dieser charakterisierenden Eigenschaften haben sich diese Bereiche der Kern-DNA für systematische Zwecke und vergleichende Studien als geeignet herausgestellt (Touloumenidou, 2001; Baldwin et al., 1995).

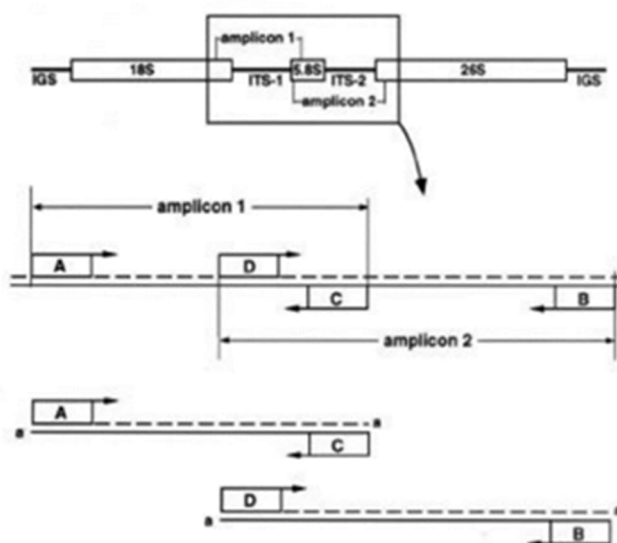


Abbildung 6: graphische Darstellung der ITS Region und der Primerorte und Primerwalking nach (Blattner F. R., 1999)

Die Amplifikation der vollständigen ITS-Region von zirka 700 bp zwischen Primer Region A und Primer Region B ist bei Silika-Material, das nicht älter als 2 Jahre ist, nach einem Standardprotokoll möglich. DNA der mehr als zweihundert Jahre alten Herbarexemplare benötigt zwei getrennte Amplifikationen, da die DNA bereits stark degradiert ist. Um die gesamte ITS-Region zu

amplifizieren, wurden zwei interne Primer, die in dem kondensierten 5,8S rDNA-Abschnitt andocken, eingesetzt. Die Kombination der zwei externen Primer A und B mit den jeweils internen Komplementär-Primern C und D bieten die Möglichkeit, kürzere Sequenzen mit rund 350bp Länge zu amplifizieren. Dafür wurden zwei getrennte Arbeitsschritte nötig, bei denen die Sequenzabschnitte ITS1 und ITS2 getrennt, mit unterschiedlichen Primerkombinationen, amplifiziert und sequenziert wurden.

Folgende Primer (5' 3') wurden verwendet (Tabelle 5):

Tabelle 5: Primersequenzen nach Blattner (1999)

Primer	Sequence
ITS-A	5'-GGAAGGAGAAGTCGTAACAAGG-3'
ITS-B	5'-CTTTTCCTCCGCTTATTGATATG-3'
ITS-C	5'-GCAATTCACACCAAGTATCGC-3'
ITS-D	5'-CTCTCGGCAACGGATATCTCG-3'

Für die Sequenzierung der ITS-Regionen wurden die Primer ITS-A mit ITS-B, +ITS-A mit ITS-C, +ITS-D mit ITS-B nach Blattner eingesetzt (Blattner, 1999). Für die PCR der DNA der Herbarbelegen wurden dem Mastermix ergänzend Zusätze

von Betain monohydrate (5M), Bovine Serum Albumin (BSA) (10 ng/μl) und PVP 5% unter entsprechender Reduzierung von Aqua dest., zugesetzt. Die Annealing Temperatur und Anzahl der Zyklen wurde je nach Primerkombination passend eingestellt (Tabelle 6).

Tabelle 6: Zusammensetzung des Mastermixes und das PCR Protokoll in Abhängigkeit der Primerkombination

Primer ITSA + IST B	1x		Für ITS AC	1x		Für ITS DB	1x	
H ₂ O	3,65		H ₂ O	4,05		H ₂ O	3,65	
10x Buffer (für dreamTaq)	1,25		10x Buffer (für dreamTaq)	1,25		10x Buffer (für dreamTaq)	1,25	
dNTP (2 mM)	1,25		dNTP (2 mM)	1,25		dNTP (2 mM)	1,25	
ITS A (10pmol/μl)	0,50		ITS A (10pmol/μl)	0,30		ITS D (10pmol/μl)	0,50	
ITS B (10pmol/μl)	0,50		ITS C (10pmol/μl)	0,30		ITS B (10pmol/μl)	0,50	
PVP5%	0,40		PVP5%	0,40		PVP5%	0,40	
BSA (10ng/μl)	0,25		BSA (10ng/μl)	0,25		BSA (10ng/μl)	0,25	
Betain (5-M)	2,50		Betain (5-M)	2,50		Betain (5-M)	2,50	
Dream Taq (5units/μl)	0,20		Dream Taq (5units/μl)	0,20		Dream Taq (5units/μl)	0,20	
Summe	10,50		Summe	10,50		Summe	10,50	
Template	2 μl		Template	2 μl		Template	2 μl	
Primer ITSA + IST B	Temp.	Zeit	Für ITS AC	Temp.	Zeit	Für ITS DB	Temp.	Zeit
Step 1 1x	94°C	4 min	Step 1 1x	94°C	4 min	Step 1 1x	94°C	4 min
	94°C	60 sec		94°C	45 sec		94°C	60 sec
Step 2 35x	52°C	30 sec	Step 2 30x	54°C	30 sec	Step 2 30x	52°C	30 sec
	72°C	60 sec		72°C	45sec		72°C	60sec
Step 3 1x	72°C	7 min	Step 3 1x	72°C	7 min	Step 3 1x	72°C	7 min
Step 4	10°C	hold	Step 4	10°C	hold	Step 4	10°C	hold

Für den Vergleich der Sequenzen der ITS Regionen wurden mehrere Arbeitsschritte durchgeführt.

Schritt 1: Aufreinigung der Sequenzreaktionen

Zum Aufreinigen der PCR-Produkte wurde dem Protokoll durch ExoSap-IT von Thermo Fisher gefolgt. 5 µl PCR Produkt wurden mit 1:5 verdünnten Verdauungsenzym ExoSAP-IT™ versetzt, welches für die enzymatische Reinigung der amplifizierten PCR-Produkte verwendet wurde. Es hydrolisiert überschüssige Primer und Nukleotide in einem Schritt.

Schritt 2: Sanger-Sequenzierung

Zur Bestimmung der Nukleotidabfolge wurde die als Kettenabbruch-Synthese bekannte nichtradioaktive Nachweismethode nach Sanger et al. (1977) verwendet. Die Sangersequenzierung wurde durch ein externes Labor durchgeführt.

Schritt 3: Sequenz vorprozessieren mit BioEdit und Chromas

Tabelle 7: Übersicht über Basenkombinationen bei unklarem Chromatogram: A: Adenin, C: Cytosin, T: Thymin, G: Guanin,

N = A+C+T+G	W = A+T
R = A+G	H = A+T+C
Y = C+T	B = T+C+G
M = A+C	D = A+T+G
K = T+G	V = A+C+G
S = C+G	

Die detaillierte Sequenzanalyse erfolgte mittels der Software BioEdit v.7.0 (Hall, 2001) und „Chromas“. Eine Bereinigung der Sequenzdaten von Vektorsequenzen (Vector Trimming) und das Editieren der Sequenz unter Berücksichtigung des Chromatogramms wurde mittels der Programme realisiert (Touloumenidou, 2001).

Die Kodierung für die Ko-Existenz von Basen wird, wie in der Tabelle 7 dargestellt, verwendet.

Nach getrennten Sequenzierungen der zwei ITS Regionen bei Herbarbelegen führte das Zusammenfügen einzelner Sequenzen zu einer Gesamtsequenz (Contig) ebenfalls zu gleichlangen homologen Sequenzabschnitten. Die überarbeiteten Nukleotidsequenzen wurden über das Internet mit den Suchalgorithmen FASTA (<http://www.ebi.ac.uk/fasta33>) und BLAST (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST>) mit bereits bekannten Sequenzen aus der NCBI-Datenbank verglichen. Anschließend wurden die Sequenzen aligniert, d. h. homologe Abschnitte wurden nebeneinandergelegt. Nach der Alignierung der Sequenzen wurden „unzuverlässige“ Regionen sowie überlappende Sequenzabschnitte aus der phylogenetischen Analyse entfernt (Touloumenidou, 2001). Dies beschränkte sich hauptsächlich auf das Angleichen der Sequenzlängen am Anfang und am Ende. Die Entfernung der Regionen ist unbedingt erforderlich, da diese Regionen in der Analyse falsche Informationen liefern könnten (Gatsey et al., 1993). Mit Hilfe der homologen Merkmale, die genetisch fixierte Merkmale der jeweiligen Art zeigen (Ax, 1988), wurden Unterschiede in der Basenabfolge für phylogenetische Bäume gegeneinander verrechnet.

Schritt 4: Multivariate Statistik zur Sequenzanalyse und Phylogenie

Für meine evolutionsgenetischen Analysen wurden die bearbeiteten Nukleotidsequenzdaten mittels des Programmes MEGA X betrachtet (Kumar, 2018) und einem Baumkonstruktionsverfahren unterzogen (Eck & Dayhoff, 1966; Fitch, 1971). Dazu wurden die DNA-Sequenzen anhand zweier verschiedener phylogenetischer Methoden analysiert: der distanz-basierten (algorithmic methods) Neighbor-joining Methode (NJ) und der charakter-basierten (Tree-searching methods) der Maximum Parsimony Methode (MP) (Bayesian) und Maximum Likelihood. Innerhalb der Verfahren waren alle Charaktere ungeordnet sowie gleich gewichtet und fehlende Basen wurden als fehlende Daten behandelt. Die Topologie des

Konsensbaums wurde konstruiert und ausgewertet mit 1.000 Bootstrap-Replikationen (Felsenstein, 1985) sowohl für den MP als auch für NJ Analyse (Saitou & Nei, 1987). Es wurden Referenzsequenzen von *Senecio nemorensis* L. und Outgroup Sequenzen *S. macedonicus* GRISEB. und *Jacobaea kirghisica* (DC.) E.WIEBE hinzugefügt (Gültepe et al., 2010).

Schritt 4a: Neighbor-Joining (distance-based)

Der Neighbor-Joining-Algorithmus (Saitou & Nei, 1987) basiert auf dem „Minimum Evolution“-Kriterium für die phylogenetischen Bäume. Die Anzahl der Mutationen, anhand derer sich die Sequenzen unterscheiden, sind die Basis für die Analyse. Die Sequenzen mit der geringsten genetischen Distanz werden vereinigt und Neuberechnet. Dies erfolgt so lange, bis alle Taxa in einen Baum eingefügt wurden. Der Neighbor-Joining Algorithmus ist zwar ein gängiger Weg, um Sequenzen zu clustern, wurde in meiner Arbeit aber nur für einen Überblick verwendet, da diese Methode vielen Reviews nicht stand hält (Bangs, kein Datum).

Schritt 4b: Maximum-Likelihood-Methoden (character-based)

Maximum Likelihood (Schulter et al., 1997; Pagel, 1999) wurde in dieser Arbeit durchgeführt, um die Verwandtschaftsverhältnisse und den Abstammungsstatus zu rekonstruieren. Hierbei handelt es sich um ein Modell, welches Übergangswahrscheinlichkeiten zwischen beobachteten Merkmalen bzw. Sequenzunterschieden ermittelt, um den tatsächlichen Umfang evolutiver Schritte einzuschätzen. Der generierte Sequenzstammbaum reflektiert über Verzweigungsmuster den wahrscheinlichsten evolutionären Prozess. Dafür wurde das *Kimura 2-parameter model* als Substitutionsmodell gewählt und eine Uniform Rate als Rate für die „Standorte“ verwendet. Alle fehlenden Daten wurden ebenfalls als Daten gewertet und als tree inference option wurde die heuristische Methode Nearest-Neighbor-Interchange (NNI) gewählt.

Schritt 4c: Maximum Parsimony (MP) (character-based)

Die Maximum Parsimony (MP) -Methode berechnet aus verschiedenen Bäumen denjenigen mit den „sparsamsten Mutationen“ (Nei & Kumar, 2000), also denjenigen, der am wenigsten evolutionären Wandel benötigt, um die beobachteten Daten zu erklären (Wägele, 2001). Die Topologie spiegelt die Summe der minimal möglichen Substitutionen über alle Standorte als Baumlänge wieder, die auf die geringste Anzahl an Merkmalsänderungen beruht und somit am kürzesten ist Achtelik (2006, S. 61). Es wurde das *Kimura 2-parameter model* als Substitutionsmodell und eine Uniform Rate als Rate für die „Standorte“ gewählt. Alle fehlenden Daten wurden auch als Daten genutzt. Als Bauminferenzoption wurde die heuristische Methode

Nearest-Neighbor-Interchange (NNI) und Initial Tree für ML Make initial tree automatically (Default- NJ/BioNJ) angewendet (Nei & Kumar, 2000, S. 132).

Schritt 4d: Bootstrapping (Verlässlichkeit der Analyse)

Der Bootstrap Algorithmus (Felsenstein, 1985) errechnet, wie hoch die Verlässlichkeit der Daten ist, die in diesen Bäumen stecken, d. h. in welchem Maße ihnen vertraut werden kann. Dieser Bootstrap-Wert steht für die Wahrscheinlichkeit, mit der eine Gruppierung bzw. Verzweigung in der Stammesgeschichte auftritt. Zur Überprüfung wird eine große Zahl von Zufallsdatensätzen generiert. Dann werden von sämtlichen Zufallsdatensätzen Sequenzstammbäume errechnet und der Anteil festgestellt, mit dem eine bestimmte Gruppierung im Stammbaumdiagramm auftritt.

2.3.4.2 Inter Simple Sequence Repeats ISSR:

Die Abkürzung ISSR steht für ‚Inter Simple Sequence Repeats‘. ISSRs sind DNA-Fragmente von etwa 100 bis 3000 bp, die sich zwischen benachbarten, entgegengesetzt ausgerichteten Mikrosatellitenregionen befinden. Diese ISSRs werden durch PCR, unter Verwendung von Mikrosatelliten-Kernsequenzen als Primer (16-18 bp), amplifiziert. Diese Anker bestehen aus Di- oder Trinukleotidwiederholungen mit ein bis drei zusätzlichen Nukleotiden am 5' oder 3' Ende (Gupta, 1994, Zietkiewicz, 1994). Die Anker dienen zur Erhöhung der Selektivität der Amplifizierungsreaktionen. Identische Wiederholungssequenzen mit unterschiedlichen Ankersequenzen können unterschiedliche Bandenmuster ergeben (Wolfe, 1998; Wolfe et al., 1998). Etwa 10 bis 60 Fragmente von mehreren Loci werden gleichzeitig erzeugt. Man erhält PCR-Produkte, die oft Polymorphismen zwischen Taxa klar erkennen lassen, indem sie durch Gelelektrophorese getrennt und als Anwesenheit oder Abwesenheit von Fragmenten bestimmter Größe bewertet werden (Manel et al., 2007; Meekins et al., 2001).

Aus einem vom Lehrstuhl für spezielle Botanik der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Verfügung gestellten Pool aus 23 Primern wurden durch ein Screening 11 Primer als geeignet eingestuft (Tabelle 8), um ein polymorphes Bandenmuster zu bekommen. Darauf angepasst wurde das Standardprotokoll modifiziert, es ist aufgeschlüsselt wie in Tabelle 9 dargestellt. Hierfür wurde exemplarisch die DNA von 10-15 Belegen ausgewählt, anfangs von Frisch- und Herbarbelegen.

Es stellte sich

Tabelle 8: Primer mit Melting Temperatur, Basenabfolge der Sequenz, Ta= Annealing Temperatur, Zusätze und Zitation

Primer	T_{mealt.}	Sequenz	Ta	Zusätze	Cite
ISSR4	36°C	5' - GACAGACAGACA - 3'	37,2°C	ohne	Dogan et al. (2010)
ISSR5	57°C	5' - VHVCTCTCTCTCTCTCTCT - 3'	52,0°C	mit Betain und BSA	Dogan et al. (2010)
ISSR M8	57°C	5' - ACACACACACACACACACG - 3'	54,9°C	mit Betain und BSA	Dogan et al. (2010)
ISSR M12	63°C	5' - GACACGACACGACACGACAC - 3'	60,8°C	mit Betain und BSA	Dogan et al. (2010)
ISSR F1	49°C	5' - GAGCAACAACAACAACAA - 3'	50,5°C	ohne	Dogan et al. (2010)
ISSR F2	57°C	5' - CTCGTGTGTGTGTGTGTGT - 3'	58°C	mit Betain und BSA	Dogan et al. (2010)
ISSR F6	52°C	5' - CCACCACCACCACCA - 3'	51,5°C	ohne	Dogan et al. (2010)
I-35	54°C	5'-AGA GAG AGA GAG AGA GTC -3'	54,6°C	ohne	Sharma et al.(2013)
I-845	56°C	5'-CTC TCT CTC TCT CTC TGG-3'	54,5°C	mit Betain und BSA	Sharma et al.(2013)
UBC811	52°C	5' GAGAGAGAGAGAGAGAC 3'	52,0°C	mit Betain und BSA	Carrasco et al. (2007)
UBC855	53°C	5' ACACACACACACACACYT 3'	52,9°C	mit Betain und BSA	Carrasco et al. (2007)

allerdings schnell heraus, dass die DNA der bis zu 250 Jahre alten Herbarbelege zu degradiert war, um erfolgreich mittels ISSR-Primer amplifiziert zu werden.

Schritt 1: Standardprotokoll und Modifikation

Die 19 µl PCR Mastermix bestehen aus 14,3 µl H₂O, 2,0 µl DreamTaqBuffer, 2,0 µl dNTP(2mM), 0,4 µl Primer (10 pmol/µl), 0,3 µl Dream Taq (5 U/µl).

	1x/ohne Z	1x/Betain+BSA
H ₂ O	14,3	11
10x Buffer	2,00	2,00
dNTP (2 mM)	2,00	2,00
Primer (10pmol/µl)	0,40	0,40
Betain Monoh. (5M)	x	3
BSA (10ng/µl)	x	0,3
DMSO (99%)	x	x
Dream Taq (5U/µl)	0,3	0,3
Summe	19	19
Template µl	19	19

Tabelle 9: Standardprotokoll, Zusammensetzung Mastermix

PCR-Program	Temp.	Zeit
Step 1 1x	94°C	4 min
	94°C	30 sec
Step 2 35x	x	30 sec
	72°C	60 sec
Step 3 1x	72°C	10 min
Step 4	8°C	hold

Tabelle 10: PCR-Protokoll, Zyklen-Anzahl, -Temperatur und Dauer

Als Modifikation wurden dem Mastermix ergänzend Zusätze von 3 µl Betain monohydrate (5M), 0,3 µl Bovine Serum Albumin (BSA) (10 ng/µl) bei entsprechender Aqua dest. Reduktion dazugegeben.

19 µl Mastermix wurden 1 µl auf 5 mol/µl verdünnte DNA hinzugefügt und einer PCR unterzogen (Protokoll Tab. 10). Die optimale Annealingtemperatur und die verschiedene Zusammensetzung der Zusätze wurde für jeden Primer individuell ermittelt, mit dem Ziel ein polymorphes Bandenmuster zu bekommen. Primer, die bei der anschließenden Agarosegelelektrophorese keine oder keine verwertbaren Banden zeigten („Schmier“), wurden vom weiteren Screening ausgeschlossen.

Schritt 2: Auftrennung durch Gelelektrophorese 3%

Tabelle 11: Daten für den Gel-Lauf: Agarosekonzentration, Puffer, PCR-Produkt+Zugaben, angelegte Spannung, Laufzeit und Verteilung der PCR-Produkte auf dem Gel

Agarosekonzentration	3%
Lösungs-/Elektrophorese Puffer	TAE
Zusammensetzung	12µl DNA + 3µl Silbergold
Laufzeit	150 min
Gelgröße/ Taschenanzahl (Slots)	38 (2 frei – 12 DNA Proben – Marker-12 DNA Proben – 2 frei)

Mit Hilfe der Elektrophorese lassen sich die elektrisch geladenen, verschieden langen DNA-Fragmente aufgrund ihrer unterschiedlichen Wanderungsgeschwindigkeit im elektrisch geladenen Feld trennen. Auf ein großes Gel wurden, wie in Tabelle 11 ersichtlich, 38 Proben nebeneinander aufgetragen. Außerdem wurden zwei Marker als Referenz zwischen die Proben aufgetragen. Die Befüllung der Geltaschen ergab folgende Abfolge in der Verteilung: 12 Taschen mit Proben, eine mit Marker, 10 Proben, Marker und nochmals 12 Proben. Die Geltaschen wurden mit einem Mix bestehend aus 12 µl PCR-Extrakt, und 3 µl Sybergold gefüllt. Das mit TAE befüllte Becken, in dem sich das Gel befand, wurde für mindestens 150 Minuten bei 120 Volt und 80 A angeschlossen. Dabei trennte sich die DNA elektrophoretisch auf. Nach Beendigung der Elektrophorese wurde das Gel in der E-Box©CX5 von VILBER LOURMAT fotografiert.

Schritt 3: Gewinnung der Rohdaten

Die jeweiligen Fotos der Gele eines Primers mit amplifizierter DNA wurden nebeneinandergelegt. Die Ausrichtung der Gele erfolgte über die Markerbanden als Referenz. Anschließend wurden Banden (Loci) der einzelnen Individuen jeweils auf Anzahl und Lage (Größe Basenpaaranzahl) verglichen. Fragmente im Bereich von 200 bis über 3000 bp wurden ausgewertet. Manuell wurde eine Datenmatrix der Loci/Merkmale (0/1-Matrix) erstellt. Anwesende Allele (amplifiziert) wurden mit einer 1, abwesende Allele (nicht amplifiziert) mit einer 0 markiert. Die Matrix wurde im Excel-Format für Microsoft Windows GenAlEx übertragen.

Schritt 4: Multivariaten Statistik zur Analyse der Rohdaten

Die Betrachtung der genetischen Vielfalt anhand von ISSR-Markern wurde auf Basis der ermittelten binären Daten durchgeführt. Genetische Unterschiede oder Ähnlichkeiten und molekulare Vielfalt zwischen Individuen oder Populationen werden in der 0/1-Matrix [0 (kein Unterschied) und 1 (maximaler Unterschied)] als genetische Distanz ausgedrückt (Dice, 1945). Die Auswertung der 0/1-Matrix erfolgte mittels GenAlEx 6.5 (Peakall & Smouse 2012; Nei & Li, 1979) für Populationsgenetische Analysen, welches über Microsoft Office Excel 2010 läuft. Ausgangspunkt für diese Analysen war die Umwandlung der 0/1-Matrix in eine paarweise individuell-genetische Distanzmatrix und/oder zusätzlich in eine geographische Distanzmatrix mit den dazugehörigen Koordinaten der Fundpunkte.

Schritt 4a: Auswertung der genetischen Distanzen

Folgende multivariaten Statistiken wurden mit Hilfe von GenAlEx 6.5 durchgeführt: Die Varianzanalyse (**AMOVA**) (Excoffier, 1992), eine **Hauptkoordinatenanalyse PCoA** (Orlowski, 1978) und der **Manteltest** (Mantel, 1967; Smouse & Long 1992; Smouse et al., 1986).

Analysis of Molecular Variance (AMOVA)

Für die Analyse der Populationsstruktur zwischen den vier verschiedenen *Senecio* Arten, beziehungsweise innerhalb der jeweils einzelnen betrachteten Art, wurden Hypothesen bezüglich des Genflusses und der Isolation innerhalb der Arten aufgestellt. Um zu ermitteln, wie stark sich eine Population von einer anderen Population oder einer Grundgesamtheit genetisch differenziert hat (Achtelik G, 2006), wird die distanz-basierte Analyseform Analysis of Molecular Variance (AMOVA) angewandt. Das Procedere folgt der Methode von Excoffier et al. (1992), Huff et al. (1993), Peakall et al. (1995) und Michalakis & Excoffier (1996) und Peakall & Smouse (2015). Mittels quadratischer Euklidischer Distanz über der Matrix (Excoffier et al., 1992), wird der *Wright's fixations index* F_{st} berechnet, der das Maß der genetischen Differenzierung angibt (Meirmans, 2006). Der F_{st} -Wert wird in meinen Tabellen als Φ_{RT} angegeben (vgl. Ergebnisse ISSR S.143). Die genetische Differenz wird in verschiedenen hierarchischen Leveln bewertet: innerhalb und zwischen Populationen, innerhalb und zwischen Regionen oder innerhalb und zwischen Arten (Bonin, 2007). Um die genetische Differenz zwischen den Regionen zu ermitteln, wurde über die Entfernungsoption aus den X- und Y-Koordinaten eine paarweise individuelle geografische Distanzmatrix (N x N) erzeugt. Dadurch ergeben sich folgende Werte: der Wert Φ_{PR} , der die Varianz zwischen den Populationen ausdrückt, der Wert Φ_{PT} , der die Varianz innerhalb der Populationen beschreibt, und der Wert Φ_{RT} , der die Varianz zwischen den Arten beziehungsweise zwischen den Regionen angibt.

Der von GenAlEx über AMOVA berechnete Wahrscheinlichkeitswert P wird als P (rand> = data) angegeben. Er gibt an, ob die Wahrscheinlichkeit eines Zufallswerts größer oder gleich dem beobachteten Datenwert ist. Ermittelt wurde der Wert durch zufällige Permutationen (999 Wiederholungen). Somit wird für 999 Permutationen der kleinste P-Wert 0,001 als Wert für die höchste Signifikanz des F_{st} -Werte angegeben.

Hauptkoordinatenanalyse PCoA

Mit Hilfe der Hauptkoordinatenanalyse PCoA (Leyer & Wesche, 2008, S. 138 ff.) wurden genetische Strukturen innerhalb eines multivariaten Datensatzes (z. B. mehrere Loci und mehrere Proben) visualisiert (Peakall & Smouse, 2015). Der PCoA liegt das Prinzip der Korrespondenzanalyse CoA zu Grunde. Das allgemeine Prinzip der Korrespondenzanalyse geht von der Annahme aus, dass sich Arten unimodal und nicht linear entlang der Umweltgradienten verhalten, d. h. die Umweltansprüche der Art besitzen ein Optimum irgendwo entlang dieser Gradienten. Die Varianz multipler und heterogener Daten versucht die Korrespondenzanalyse über eine Diagonalisierungsstruktur zu erklären. Die Arten, die sich ähnlich Verhalten, werden entlang eines Gradienten zusammenstehend angeordnet. Arten, die entgegengesetztes Verhalten zeigen, liegen in der Matrix weiter voneinander entfernt. Die Diagonalisierung ist dabei umso deutlicher, je deutlicher die Unterschiede in den Artwerten (in den Optima der Artkurven) sind (Leyer & Wesche, 2008, S. 138 ff.).

Der Datensatz in meinen Untersuchungen ist sehr heterogen und bei der Vielzahl von Variablen ist a priori nicht bekannt, ob und in welcher Weise sie miteinander korrelieren (Achtelik, 2006). Deshalb werden, analog zur Korrespondenzanalyse, in einer Hauptkoordinatenanalyse PCoA paarweise Kombinationen von Variablen in einer Distanz- oder Ähnlichkeitsmatrix auf wenige Dimensionen (meist 2 – 3) reduziert und graphisch dargestellt. Die ersten zwei Achsen zeigen den größten Teil der Trennung zwischen ihnen. Das Verfahren in GenAlEx basiert auf einem von Orloci (1978) veröffentlichten Algorithmus und gibt die Erklärung der Variabilität in Prozent entlang der Achsen an. Die vier verschiedenen Arten (*S. ovatus* WILLD, *S. hercynicus* HERBORG, *S. sarracenicus* L., *S. germanicus* WALLR.) wurden gemeinsam und unabhängig voneinander in Abhängigkeit der unterschiedlichen Standorte analysiert.

Manteltest

Der Mantel-Test berechnet die Zusammenhänge zwischen Umweltdaten und Artdaten (Leyer & Wesche, 2008, S. 138 ff.). Mittels der Mantel-Option in der Software GenAlEx (Mantel, 1967) wurde der Korrelationskoeffizient R (nach Pearson) zwischen der genetischen Nei-Distanzmatrix und der geographischen Distanzmatrix für die jeweiligen Populationen berechnet (Peakall & Smouse, 2015; Smouse et al., 1986; Smouse & Long, 1992). In meiner Tabelle wird der Wert mit R_{xy} bezeichnet (Peakall & Smouse, 2015). Zusätzlich wird das Bestimmtheitsmaß R^2 angegeben. Dieser Wert beschreibt die Stärke des Zusammenhangs in Prozent.

Schritt 4b: Auswertung der Genetischen Diversität

Mit Hilfe der Statistik-Software **AFLPsurv 1.0** (Vekemans, 2002) wurde die ISSR-Matrix hinsichtlich ihrer **genetischen Diversität** ausgewertet. Das Programm verwendet den Ansatz von Lynch & Milligan (1994). Die Gendiversität ist ein Maß der genetischen Variation einer Population, das über die durchschnittlich erwartete Heterozygotie der Loci ermittelt und deshalb auch als Heterozygotie (H_e = Gen-Diversität) bezeichnet wird. Berechnet wird diese mittels des Hardy-Weinberg-Gesetzes. Die Gendiversität (Hardy-Weinberg-Genotyp-Proportionen) wird auch als Nei-Gendiversität bezeichnet, denn eines der gebräuchlichsten Maße für die Gendiversität („gene diversity“ H_e) wurde von Nei (1973) vorgeschlagen. Die Gendiversität H_e gibt den Mittelwert der Heterozygotie über alle Loci an.

Die Signifikanz der Diskriminanzfunktion wird durch die Resampling-Technik (Permutationen) abgeschätzt. Hier wurden die Diskriminanzfunktionen jeweils mit einem zufällig ausgewählten Subset der Daten berechnet. Wenn dieses Resampling vielfach wiederholt wird, bekommt man einen Eindruck von der Stabilität und Zuverlässigkeit der Diskriminanzfunktion (Leyer & Wesche, 2008). Im Falle meiner Untersuchungen werden 1.000 Wiederholungen mit Hilfe des Programms gemacht. Ausgedrückt wird diese Rechenoperation im ermittelten Wert PLP=Anteil der polymorphen Loci in Prozent (proportion polymorphic loci), angegeben in Prozent.

Ein weiterer Score für die Gendiversität ist der SSWP (Sum of Squares Within Population). Mit Hilfe der Software GenAlEx (Peakall & Smouse, 2012) wurde die Genetische Vielfalt innerhalb der untersuchten Populationen als AMOVA-abgeleiteter SSWP Wert gemessen (Excoffier et al., 1992). Der SSWP Wert wird von der Probengröße unabhängig (Listl et al., 2017, S. 36), wenn er durch die Anzahl der Individuen dividiert wird $\rightarrow (SSWP / n - 1)$.

3 Ergebnisse

3.1 Kochs Vita und Werdegang im Detail

Eine graphische Übersicht Kochs Vita und Werdegang mit biographischen und bibliographischen Eckdaten aus seinem Leben, sowie mit assoziierten Veröffentlichungen ist am Ende der Arbeit zum Herausklappen zu finden (vgl. Abbildung 41).



Abbildung 7: FAU-KUNSTINVENTAR 513: K o c h, Wilhelm Daniel Joseph (1771-1849), Prof. der Medizin und Botanik in Erlangen, Ölgemälde. Brustbild als junger Mann, 33x26 cm, im Goldrahmen 45x41 cm, testamentarisch vermacht von der Ururenkelin von Koch, Renate Wollner, Bad Kreuznach, erhalten Mai 2002

Eltern, Kindheit, Jugend, Studium

Wilhelm Daniel Joseph Koch wurde am 05. März 1771 in Kusel geboren. Die Familie Koch blickt auf eine Reihe bekannter Beamten zurück, sie waren geschätzte Bürger der Pfalz (Sprenger, 2021). Sein Vater Karl Philipp Koch (1737-1813) war von Beruf Rentamtmann in Funktion eines Kirchenschaffners für das Oberamt Lichtenberg. Dieses Amt hatte er bereits von seinem Vater übernommen (Sprenger, 2021). Karl Philipp heiratete 1769 Susanna Rettig, eine Tochter des kurpfälzischen Forstmeisters Franz Daniel Rettig aus Kaiserslautern. Dieser Ehe entsprangen sechs Kinder, die durch ihre Leistungen beachtliche wissenschaftlichen Erfolge erzielten und es zu hoher Anerkennung brachten (Zink, 1968, S. 15). Wilhelm Daniel Joseph Koch war der Älteste der Geschwister. Er hatte vier Brüder und eine Schwester. Zu seinen Geschwistern pflegte Koch Zeit Lebens ein inniges Verhältnis. Der rege Austausch mit seiner Familie ist durch zahlreiche Briefe dokumentiert. Der zweitälteste Bruder **Friedrich Wilhelm** Koch (1775 - 1820) wurde Kriegsrat in München (Zink, 1968). Friedrich Wilhelm verstirbt als erster der Koch-Brüder. Für diese Arbeit standen keine Korrespondenzen zwischen Wilhelm Daniel und Friedrich Wilhelm zur Verfügung. **Philipp** Koch (weitere Lebensdaten sind nicht bekannt) wurde Brauereibesitzer in Kusel. Die Briefe von und an Wilhelm Daniel, die ich analysiert habe, wurden ausschließlich zwischen Kusel und Erlangen (ab 1824) geschrieben. **Karl Ludwig** Koch (1778-1857) war Förster an mehreren Stellen in Bayern und in Österreich. Zuletzt war er Kreisforstrat in Regensburg (Pongratz, 1963). Nebenberuflich war er ein eifriger Sammler von Spinnen („Spinnenkoch“). Außerdem legte er eine ornithologische und eine Käfersammlung an (Sprenger, 2021). Viele Briefe schickte Karl aus Regensburg. Zwischen Wilhelm Daniel und Karl sind zusätzlich zu den Korrespondenzen auch etliche persönliche gegenseitige Besuche bekannt. Der Zwillingsbruder **Ludwig Christian** Koch (1778-1855) blieb ledig und wurde 1815, obwohl er wegen der Zeitumstände kein Studium an einer Universität absolvieren konnte, nach einem juristischen Privatstudium, im Alter von 38 Jahren Generaladvokat am neugegründeten Appellationsgericht in Kaiserslautern. 1821 wurde er zum Generalstaatsanwalt in Zweibrücken ernannt und später zum Staatsprokurator in München. In den Briefen wurde er von Wilhelm Daniel liebevoll Louis genannt. Die meisten mir zur Verfügung stehenden Briefe wurden aus Zweibrücken geschrieben. **Wilbrand Jakob** Koch (1785-1853) brachte es zum Forstmeister im unterfränkischen Gerolshofen. Zu ihm liegen keine Korrespondenzen vor. Das jüngste Kind der Kochs war ein Mädchen, **Sophie** Koch (1787 –1853). Sie heiratete den preußischen Geheimrat Karl Ruppenthal (1777-1851) zu Köln (Döderlein, 1849). Wilhelm Daniel war vor allem mit seinem Bruder Karl, der zumindest

zeitweise in Regensburg und damit auch räumlich am nächsten lebte, intensiv verbunden. Durch fachliche Diskussionen erweiterten und bereicherten sich Karl und Wilhelm Daniel gegenseitig.

Während der Schulzeit verbrachte der junge Wilhelm Daniel Joseph Koch seine Ferien bei Verwandten, vor allem bei seinem Onkel Daniel Emil Koch (1725-1795). Dieser war ein gestandener Arzt; er gewann großen Einfluss auf den begabten Jungen und konnte ihn besonders für die Botanik begeistern. Bestärkt durch die Einwirkung seines Onkels durchwanderte der junge Koch, mit der „dickleibigen Flora“ von Pollich (vgl. Pollich S.61) in der Reisetasche, die Wälder, Wiesen und Sümpfe der Gegend (Löhr, 1951). Eben jener Onkel hatte einen großen Einfluss auf die Berufswahl des jungen Koch und die Ausrichtung seines Studiums (Bischoff, 1850, S. 37).

Als Jugendlicher war Koch oft zu Besuch im Hause des evangelischen Pfarrers Georg Friedrich Ludwig Müller (1734-1811) in Odenbach bei Meisenheim/Glan, einem hochgebildeten Mann mit einer reichen Bibliothek und verschiedenen Sammlungen von Naturgegenständen und Münzen. Müller Senior wurde Koch ein treuer Freund und Lehrer. Müller hatte ebenfalls großen Einfluss auf Koch und stellte entscheidende Weichen, die ihn zur Botanik führten (Zink, 1968). Parallel entwickelte sich eine enge Freundschaft zum gleichaltrigen Sohn des Pfarrers, Philipp Wilbrand Jakob Müller (1771-1851) (Reichert, 2000). Für Koch führten viele Verbindungen in das Gelehrtennetzwerk über die Familie Müller (vgl. Müller S.65).

Der jugendliche Koch genoss eine anständige Bildung, denn er besuchte in seinen ersten Schuljahren die Lateinschule von Kusel. Dort lehrten die „Herausgeber der Zweibrücker Ausgabe der Classiker“ (Bischoff, 1850), die nicht zuletzt dazu beitrugen, dass Kochs floristische Arbeiten in „sehr klarem, der Sache angemessenen Latein“ verfasst wurden (Wagenitz, 2000). Nach dem Besuch der lateinischen Schule in Kusel und des Gymnasiums in Zweibrücken wurde er 1790 bei einer öffentlichen Promotion „für die Universität fähig“ erklärt (Bischoff, 1850). Nach dreieinhalb Jahren an der Uni Jena wechselte Koch an die Universität Marburg, um schon ein dreiviertel Jahr später nach Gießen umzusatteln. Am 4. Juli 1794 wurde Koch examiniert. Ihm wurde auch die Erlaubnis erteilt, „öffentlich zu disputieren“. Eine Disputation erfolgte allerdings nicht, da Koch weder Zeit noch Geld dafür aufbringen konnte. Zusätzlich musste die Fakultät seinen Eltern „ein Drittheil der Examinationsgelder“ erlassen, da diese durch den Krieg in missliche Umstände gekommen waren (Bischoff, 1850).

Zeit als Arzt

In Kochs Heimatregion herrschte, während er auswärts studierte, große Unruhe, die sich im späteren Verlauf entscheidend auf Kochs Leben auswirken sollte. Die 1789 begonnene französische Revolution erreichte über die Revolutionskriege die Nachbarstaaten. Die junge Französische Republik musste sich gegen äußere Bedrohungen sichern, denn die Nachbarstaaten Frankreichs sahen ihre monarchistischen Herrschaftsansprüche bedroht (Godbersen, 2020). Vor diesem Hintergrund waren 1792 die preußischen und österreichischen Truppen (Pillnitzer Deklaration von 1791) in das revolutionäre Frankreich einmarschiert. Nach dem erfolglosen Vormarsch der Truppen der österreichisch-preußischen Koalition (Kanonade von Valmy, 20.09.1792), setzte die französische Revolutionsarmee zur Gegenoffensive an. Dabei eroberten die französischen Truppen bis 1795 das gesamte linksrheinische Rheinland, zu dem auch Kochs Heimatregion zählte. Während der französischen Offensive wird der explizite Befehl zur Vernichtung der ganzen Stadt Kusel gegeben, da diese sich bei jeder Gelegenheit als „Feindin der Republik und als zugethane Freundin [...] Preußens“ gezeigt hatte (Goebel, 2020). Als Koch Anfang Juli 1794 nach seinem Studium von Gießen in seine Heimat zurückkehrte, um dort als Arzt die von der Bevölkerung dringend benötigte Hilfe zu leisten, vergingen keine zwei Wochen, bis sein Geburtsort auf Befehl des Conventscommissär Heintz am 26. Juli überfallen und niedergebrannt wurde. Koch verlor sein gesamtes Hab und Gut. Seine Familie musste Zuflucht in einer kleinen Ziegelhütte finden. Während einige Kuseler Bürger, unter anderem Kochs Vater nach Paris zog, um eine Entschädigung zu erhalten, (Sprenger, 2021), stürzte sich Koch indes vor Ort, in Kusel, in die Arbeit und verbrachte viel Zeit in seiner neueröffneten Praxis. Im ersten Brief an seinen Jugendfreund Müller (vgl. Müller S.65, *res publica literaria* S. 61) schrieb Koch eine bildhafte Beschreibung seiner persönlichen und der allgemein-medizinischen Lage.

„Die Praxis machte mir gleich so viel Händel, [...]. Nachdem ich aber einige glücklich kuriert und einige ins Elysium einen Paß gegeben hatte, ließ man mich bis jetzt ungeschoren und ich habe dato nur zwei Patienten, wovon der eine schon die Posaunen hört.“ (Zink, 1968)

Schon in Kochs medizinischer Anfangszeit finden sich erste naturwissenschaftliche Anmerkungen in seinen Korrespondenzen, trotz der belastenden politischen Lage:

„Der Erste Gedanke [...] waren unsere Schwämme, die ich so gerne in einem haben möchte, als ich wünsche, dass es Frieden mit den Franzosen würde.“ (Zink, 1968)

Sein Interesse galt nicht nur der Botanik, auch den Schwämmen sowie Vögeln und Insekten.

Ein halbes Jahr nach dem verheerenden Überfall tritt Koch am 22. Januar 1795 im Nachbarort Trarbach die Stelle als provisorischer Oberamtsarzt an. Seine medizinischen Fähigkeiten wurden sogleich auf die Probe gestellt, da währenddessen eine Faulfieber-Epidemie unter der Bevölkerung grassierte (Bischoff, 1850). Vermutlich handelte es sich dabei um den *Typhis exanthematicus* (Fleckfieber)¹. Besonders stark wütete das Fleckfieber während der napoleonischen Kriege und verbreitete sich in ganz Europa. Große Teile der Bevölkerung sollen durch diese Krankheit hingerafft worden sein (Krause, 1911). Bei aller Hingabe blieb Koch selbst später auch nicht von der Infektionskrankheit verschont. Nach 22 Dienstjahren als Arzt erkrankte Koch an Fleckfieber. In einem Brief an seinen Freund Müller schrieb Koch am 02.12.1817:

„Deinen Brief vom 15. vorigen Monats konnte ich nicht beantworten, ich war krank und habe wieder eine sehr bedeutende Krankheit überstanden. Ich hatte ein Fleckfieber oder [...] Nervenfieber mit Flecken, wahrscheinlich durch Ansteckung erhalten. Noch kann ich nur stundenweise außer dem Bett sein und bin noch sehr schwach. Es ist traurig, welchem unverschuldeten Nebeln ich stets ausgesetzt bin.“ (Zink, 1968).

Dies war nur eine von vielen Erkrankungen, die Kochs Tatenkraft im Weg standen, seine Leistungen wurden jedoch durch diese nicht gemindert.

1798 vermittelte ihm der Onkel mütterlicherseits, Forstmeister Rettig, eine Anstellung als Amtsarzt in Kaiserslautern (Zink, 1968). Damit öffnete sich ihm ein weiterer Wirkungskreis. Kochs Lebensumstände waren trotz seiner Anstellung als Amtsarzt unsicher. Seine Position war ohne Besoldung, sein Lebensstil kümmerlich (Wagenitz, 2000).

Dreißig Jahre verrichtete Koch mit Hingabe, Aufopferung und Verdienst um die Menschlichkeit seine Tätigkeit als Arzt (Döderlein, 1849). Es erstaunt, dass er neben seiner ärztlichen Tätigkeit noch Zeit für zahlreiche botanische und zoologische Freizeitaktivitäten fand. So präparierte er in den 1890er Jahren mit großem Geschick Vögel und legte eine größere Insektensammlung an. Erst allmählich wurde die Botanik zu seinem Hauptarbeitsgebiet (Reichert, 2000). Kochs besonderes Augenmerk galt der heimischen Flora. Nicht zuletzt zum Zwecke der Erholung durchwanderte Koch unermüdlich seine Heimat. Dabei sammelte er Pflanzen, machte naturkundliche Notizen in einem Büchlein und legte ein Herbar an. An einen Freund schrieb er 1799 von seinen beruflichen Sorgen und meinte dann,

¹ *Typhis exanthematicus* (Fleckfieber) ist eine akute Infektionskrankheit, die aber mit *Typhus abdominales* nichts zu tun hat.

Ergebnisse

„um diese Grillen zu verscheuchen, [...] weiß ich kein besseres Mittel, als ich eile in die freie Natur, betrachte ihre schönen Geschöpfe und bin dann wieder so heiter [...]. Wenn ich ein neues Pflänzchen find und in meine Florula eintragen kann, dann habe ich wieder himmlische Freude und alle Grillen marschieren weg.“ (*Wagenitz, 2000, S. 835*)

So wurde ihm die Naturkunde zum Quell von Freude und Erholung (Uhl, 2019).



Abbildung 8: FAU-KUNSTINVENTAR 512: K o c h, Wilhelm Daniel Joseph (1771-1849), Prof. der Medizin und Botanik in Erlangen, Brustbild. Aquarell/Kreide?, 34x29 cm, im Goldrahmen hinter Glas 42,5x37,5 cm, testamentarisch vermacht von der Ururenkelin von Koch, Renate Wollner, Bad Kreuznach, erhalten Mai 2002

Professur

Koch pflegte sein Netzwerk auf verschiedene Weise. Persönliche Besuche zur Kontaktpflege und zum Wissensaustausch waren für Koch sehr aufwendig und daher eher selten. Neben den Belastungen aus Reisezeit und Reisekosten war es auch sein wechselnder gesundheitlicher Zustand, der Koch zwang, seine persönliche Präsenz wohlüberlegt einzusetzen. Dennoch trat Koch ein paar Reisen an, die er durch Reiseberichte in einschlägigen Magazinen und Briefen dokumentierte. 1823 unternahm er eine Reise, über die in der *Flora oder Botanische Zeitung* berichtet wird (Anonymus, 1823, S. 574). Sie führte Koch über Frankfurt nach Regensburg und

München. Von München aus trat Koch schließlich mit Bischoff (vgl. Bischoff S.65) nochmal über Regensburg nach Stuttgart und Heidelberg die Heimreise nach Kaiserslautern an. Es ist zu vermuten, dass dies als eine Reise zur Verbreitung seiner neu erschienenen *Deutschland Flora* (Mertens & Koch, 1823) zu verstehen war.

1824 bekam Koch, der durch Veröffentlichungen erfolgreich sein Können unter Beweis gestellt hatte, einen Ruf als Professor für Medizin, Naturwissenschaften und Botanik an die Universität Erlangen und wurde Direktor des Botanischen Gartens in Erlangen. Koch genoss bereits vor seiner Berufung einen weitreichenden Ruf als Florist, wie die Bekanntgabe seiner Berufung in der *Flora oder Botanischen Zeitung* zeigte:

„Den Freunden und Verehrern der vaterländischen Naturkunde eilen wir die gewisse erfreuliche Nachricht mitzutheilen, dass der Verfasser der neuesten Flora von Deutschland, H. Dr. Koch von Kaiserslautern, aus Liebe zu unserer Wissenschaft, seinem bisherigen Beruf eines praktischen Arztes und Kantons-Physikus entsagt, und stattdessen die Stelle eines ordentlichen Professors der Botanik [...] an der Universität zu Erlangen übernommen hat. Dass die Wissenschaft selber, so wie ihr Studium, bei dessen scharfsinnigem Beobachtungsgeiste und dem Feuereifer, den er allen die ihn umgeben, für sein Lieblingsfach einzulösen weiß, durch diese Veränderung nicht andere als gewinn können, werden alle diejenigen, die Ihn näher kennen, in freudiger Erwartung mit uns die Volle Überzeugung theilen.“ (Anonymus, 1824b, S. 379)

Nach seinem Umzug nach Erlangen begann für Koch eine intensive Schaffensperiode, in der er seinen Lebensinhalt ausschließlich der Wissenschaft widmete. Zahlreiche Werke bezeugen dies noch heute. Für sein wissenschaftliches Arbeiten war ein engmaschiges Netzwerk aus Gelehrten von größter Bedeutung, welches er bereits als Physikus in der Pfalz entwickelt hatte. In der Zeit, die Koch als Professor in Erlangen verbrachte, wuchs dieses Netzwerk weiter und wurde zum Fundament für sein Handeln und seine Werke.

Koch unternahm, abgesehen von eintägigen Lehrexkursionen, zwei Reisen zu Forschungszwecken. Über die einschlägigen Periodika berichtete Koch über die Reise nach Wildbad in der Gegend vom Tegernsee im Süden Deutschlands im Jahre 1829. Diese hatte im Gegensatz zu seiner Reise 1823 das Ziel der Erholung und der Rekonvaleszenz. Dennoch konnte er, wie er berichtete, den Beobachtungen auf dem Felde nicht entsagen (Koch, 1830, S. 121). Unter anderem widmete er sich bei seinen Wanderungen der Gattung *Salix* (Koch, 1830, S. 132). Er gab eine umfangreiche Beschreibung der Europäischen Salices *De Salicibus Europaeis commentatio* (Koch, 1828) heraus (vgl. *Salicibus europaeus* S.102). Auf der

Heimreise von seiner Kur machte Koch in München halt. Voller Ehrfurcht beschrieb Koch, wie herzlich er von „den Priestern der Flora“ dort aufgenommen wurde (vgl. *Königlich Bayerische Akademie München* S.73). Er verweilte einige Zeit in München und studierte die Pflanzen im Botanischen Garten. Vor allem aber nutzte er den Aufenthalt zum Austausch mit den Gelehrten der Münchner Akademie. Nach drei Wochen reiste Koch weiter nach Regensburg und pflegte dort Kontakt sowohl auf freundschaftlicher Ebene (mit Hoppe) als auch auf höchster politischer Ebene (mit dem Präsidenten der Botanischen Gesellschaft Graf von Bray) (vgl. Bray S.71).

Bedauerlicherweise schien Kochs Zustand weiterhin nicht sehr stabil gewesen zu sein, denn bereits zwei Jahre später, 1831, unternahm Koch eine weitere Reise zur Pflege der Gesundheit, dieses Mal nach Gastein. Bei diesem Aufenthalt gesellt sich Martius (vgl. Martius S.73) dazu. Gemeinsam werden einige botanische Beobachtungen durchgeführt (Anonymous, 1831, S. 32). Auch mit Funck (vgl. Funck S.71) unternahm Koch einige Wanderungen vom Standort Gastein aus (Hertel, 1995).

Kleinere Exkursionen zu Lehrzwecken unternahm Koch dagegen häufig (Bischoff, 1850, S. 41). Besonders gut dokumentiert sind zwei Fahrten nach Streitberg und Muggendorf im Jahr 1841 (Koch, 1841, S. 289). Ziel war es, Pflanzen und Samen für wissenschaftliche Untersuchungen zu sammeln, vor allem *Linaria* für den Botanischen Garten, und ausführliche Studien der einheimischen Flora durchzuführen, vor allem zu verschiedenen Arten der Gattung *Brassica*.

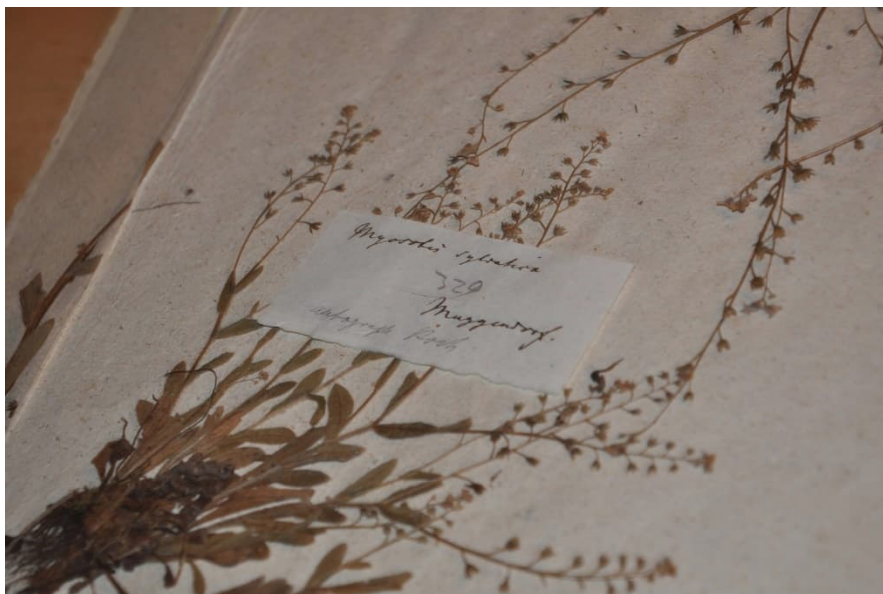


Abbildung 9: *Myosotis sylvatica*, Muggendorf, Autograph Koch, Herbarbeleg aus dem Herbarium Erlangense

In Wissenschaftskreisen waren und sind kollaborative Arbeitsweisen üblich. Kochs Publikationen dokumentieren seine außergewöhnlich intensive Forschungstätigkeit und seinen

weitreichenden Meinungsaustausch. Sie bestärkten das Wissenschaftsnetzwerk in der Botanik über weite Distanzen hinweg. Das reziproke Prinzip, nach dem das Gelehrtennetzwerk im 19. Jahrhundert sein Wissen weitergab und zirkulieren ließ, wurde von Koch intensiv genutzt. So unterstützte Koch Freunde und Kollegen mit seinen Kenntnissen bei der Bearbeitung von deren lokalen Floren, beispielsweise als er für die Flora von Regensburg um Rat gebeten wurde (vgl. Fürnrohr S.72) (Brief 2: vom 03. Januar 1837, von Hoppe an Koch). Auch unterstützte er die Bearbeiter der Flora um München, indem er Referenzbelege seines umfangreichen Herbars als Forschungsinfrastruktur zur Verfügung stellte (Brief 2: vom 03. Januar 1837, von Hoppe an Koch) (Riedl-Dorn, 2019, S. 929+238). Außerdem bekam Koch etliche Herbarbelege von verschiedenen Kollegen zugesandt mit der Bitte um Durchsicht und Unterstützung beim Bestimmen der Pflanzen. Dabei waren die Gegenden, aus denen die Pflanzen stammten, keineswegs heimisch für Koch. Aus den verschiedensten Landstrichen des „Alten Reichs“ gelangten Herbarbelege nach Erlangen. Beispielsweise sandte Friedrich Wilhelm Noé (1798-1858) aus den südlichen Regionen von Fiume und Dalmatien (dem heutigen Kroatien) Pflanzen an Koch, um diese nachbestimmen zu lassen (Noé, 1831). Aus Siebenbürgen bearbeitete Koch für einen unbekannten Kollegen zahlreiche Belege (Brief 12: vom 24. Februar, ohne Jahr, von Hoppe an Koch), die heute noch im Herbarium Erlangense aufbewahrt werden. Aus Triest übersandte Mutius Joseph Tommasini (1794 -1879) Belege an Koch (Brief 4: vom 01. August 1842, von Hoppe an Koch). Aus der britischen Flora bearbeitete Koch Pflanzen, die Georg Bentham (1800 - 1884) (vgl. Bentham S.75) von einer Europareise nach Erlangen liefern ließ (Brief von Bentham an Endlicher vom 14.10.1837 – veröffentlicht: Riedl-Dorn, 2019, S. 317). Die über die Anfragen erhaltenen Belege verblieben oftmals als Vergleichsobjekte in Kochs Herbar. Somit erweiterten sich stetig sowohl Kochs floristische Kenntnisse als auch sein Herbar und seine Bibliothek. Koch konnte sich eine weitreichende Artenkenntnis von Pflanzen auch aus Gegenden aneignen, in die er nie einen Fuß gesetzt hatte. Koch ließ das Wissen über die fremden Floren auch in seine Veröffentlichungen einfließen. Seine veröffentlichten Aufsätze und Werke belegen seine weitreichenden Kenntnisse und dokumentieren seine systematischen Beobachtungen (vgl. Kap. Werke und die Systematik im Gesamtbild der Botanik S.87).

Dauerhafte Belege für die gegenseitige Wertschätzung entstanden nicht selten durch Verewigungen in Taxa, indem Namen von geschätzten Personen bei der Benennung neuer Arten in das Gattungs- oder Artepitheton Eingang fanden. Beispielsweise dokumentierte Koch seine Freundschaft zum Botaniker Freyer (vgl. Freyer S.86, Naturforscher und Kustos des

Krainischen Landesmuseum in Laibach), indem er eine Pflanze *Cirsium Freyerianum*² nach ihm benannte (Riedl-Dorn, 2019, S. 395). Auch wurden Pflanzen nach Koch benannt, als Ausdruck von Lob und Anerkennung für die Dienste, die er seinen Kollegen leistete. Der Botaniker Roth benannte die Gattung *Kochia* nach Koch (vgl. Roth S. 62 ff.). Eine weitere Art der Dankesbekundung war es, einem Gönner und Unterstützer die neue eigene Veröffentlichung zukommen zu lassen. Da Literatur häufig teuer oder schwer zu bekommen war, war die Zusendung einer neu erschienenen Flora von hohem Wert. So bedankte sich Kochs Kollege und Freund Hoppe in verschiedenen Briefen (Brief 13: von 1833, von Hoppe an Koch, Brief 14: vom 21. März 1823, von Hoppe an Koch) für die Zusendung des aktuellen Bandes der Deutschlandflora und versicherte, ihn mit großem Interesse gelesen zu haben, ja, „...dass Ihre Flora mein täglich Abendgebetbuch geworden ist...“

Weiterhin brachte Koch sich in die Gesellschaft ein, indem er Ämter in verschiedenen Gremien übernahm. Darunter waren neben diversen botanischen Sozietäten und Akademien auch politische Aufgaben. Am 10. Mai 1832 wurde Koch zum Landrat des Bezirkes Mittelfranken bestimmt. Von 1833–1843 war Koch Bezirkstagspräsident (Anonymus, 2020); dieses Amt band zusätzlich Zeit und Ressourcen. Nicht selten begannen Kochs Briefe mit einer Entschuldigung für „verzögerte Antworten“ aufgrund nicht enden wollender Aufgaben, die erst erledigt werden mussten (Brief 3: von 1832, von Koch an Fresenius in Frankfurt).

Am 14. November 1849 starb Koch im Alter von 78 Jahren nach einem erfüllten und abwechslungsreichen Leben.

Ehrungen

Zu Lebzeiten wurden Koch etliche Ehrungen zuteil. Bereits 1816 wurde er mit dem Titel *Rheinlandpfälzischer Hofrat* geehrt. Dies war ein Amtstitel (bis 1850), der von Kaiser Maximilian I. verliehen wurde. 1824 wird er *Bayerischer Hofrat* und 1845 schließlich *Bayerischer Geheimer Hofrat*. Damit wurde er Teil eines Kollegiums von Räten, die unmittelbar dem Fürsten unterstanden, hohes Vertrauen besaßen und als Ratgeber dienten (Anonymus, zuletzt besucht am 07.04.2021). Schließlich ehrte die Stadt Erlangen Koch im Jahr 1844 mit der Ehrenbürgerschaft. Am 13.09.1888 wurde unter Hinweis auf sein Wirken als Professor 1824-1849 und der 1828 durch ihn veranlassten Umgestaltung des Botanischen Gartens der Universität eine Straße in der Innenstadt Erlangens nach ihm benannt (Dörfler, 2009, S. 131). Etwas Besonders muss für Koch 1845 die Verleihung des Ritterkreuzes des

² *Cirsium freyerianum* W.D.J.Koch, Taschenb. Deut. Schweiz. Fl. 288 (1843).

königlich-schwedischen Nordstern-Ordens gewesen sein – eine exzeptionelle Ehrung aus Linnés Vaterland für den Verfechter und Verfeinerer des Linnéschen Systems der Botanik. 1846 wurde Koch zum Ritter des Ludwigsordens ernannt. Der St. Ludwigsorden, auch Orden des Heiligen Ludwig für Zivil-Verdienst genannt, wurde am 22. Dezember 1836 durch Herzog Karl II. Ludwig von Lucca gestiftet und wurde Koch anlässlich seines 50jährigen Dienstjubiläums verliehen (Wagenitz, 2000; Döderlein, 1849).

3.2 Res publica literaria, Netzwerk

Da es Koch angerechnet wird, dem natürlichen Pflanzensystem in Deutschland „zum Siege“ verholfen (Löhr, 1953), sowie großen Einfluss auf die Gestaltung weiterer floristischer Studien gehabt zu haben, ist es für das Verständnis der Botanik als Wissenschaft wertvoll, zu sehen, wer auf Koch Einfluss hatte bzw. wer von Koch beeinflusst wurde. Der fortwährende gegenseitige Austausch neuer Erkenntnisse war Kochs kulturelle und soziale Stärke und sein Kapital. Es ist aufschlussreich, mit welchen Menschen sich Koch umgab und mit wem und über was er korrespondierte und philosophierte. Die im Rahmen dieser Arbeit gesichteten Schriften und wissenschaftlichen Werke sind Zeugnis eines engmaschigen Netzwerkes. Die Rekonstruktion dieses Netzwerkes zeigt, wie sich Wissen bzw. wissenschaftliche Diskussion fortentwickeln konnten und wie sich Kochs Naturforschung in den Kanon gesamtstaatlicher und gesellschaftlicher Interessen integriert. Es wird deutlich, dass Korrespondenz für Koch nicht ein rein wissenschaftliches Paradigma war, durch welches er sich Vorteile verschaffte, sondern dass sie eine politische und kulturelle Doppelstellung hatte (Ladurner, 2016, S. 3). Die Auswertung der Korrespondenzen Kochs, seiner Veröffentlichungen und insbesondere der Informationen aus den Herbarbelegen als Zeugnis seiner Vernetzung innerhalb der botanischen *res publica literaria* belegt Kochs Leistungen in der Anwendung und Weiterentwicklung der Botanik.

3.2.1 Beispiele der bilateralen Wissenskorespondenz aus der ganzen Republik

Seinen ersten botanischen Achtungserfolg verschaffte sich Koch mit der Überarbeitung der Flora seiner Heimatregion. Grundlage für die Überarbeitung war die gewaltige, 1.454 Seiten umfassende Flora der Pfalz, die zwischen 1776-1777 nach zehnjähriger, unermüdlicher Arbeit von **Pollich (1740-1780)** veröffentlicht worden war. Es war eben jenes Werk, welches Koch während seiner Kindheit begleitete und welches er als Jugendlicher bei seinen Wandungen durch die Landschaften seiner Heimat immer mit sich in der Tasche getragen hatte (vgl. Jugend S.52). Auch wenn die beiden großen Pfälzer Botaniker Pollich und Koch sich nie persönlich

begegnet waren, denn Koch saß noch als neunjähriger Knabe in der Lateinschule, als Pollich zu Grabe getragen wurde, wurde Pollich zu Kochs großem Vorbild (Löhr, 1951). Nachdem Koch als junger Erwachsener nach seinem Studium in seine Heimat zurückgekehrt war, durchwanderte er in seiner Freizeit mit seinen beiden Freuden Müller (vgl. Müller S.65) aus Odenbach und Hoffmann aus Meisenheim (nähere Daten zur Person nicht bekannt) erneut die Pfalz und untersuchte die pfälzischen Pflanzen an den von Pollich angegebenen Orten (Roth, 1800). Koch trat Pollichs Erbe an, indem er dessen Angaben kommentierte und berichtigte, außerdem beschrieb er verschiedene neue Pflanzen, die bisher übersehen worden waren mit großer Präzision und Passion. Durch diese Überarbeitung wurden andere Wissenschaftler auf Koch aufmerksam.

Dem Bremer Botaniker **Albrecht Wilhelm Roth (1757-1834)** übersandte Koch einige Belege aus seinen Untersuchungen in der Pfalz. Roth hatte ab 1778 in Erlangen studiert. Der Erlanger Professor Schreber (vgl. Schreber S.11) wurde Roths Lehrer und Vertrauter. Das gegenseitige Vertrauen ging sogar so weit, dass Roth statt Schreber die Lehre übernahm, wenn dieser verhindert war (Heineken, 1844). Nach seinem Studium verließ Roth Erlangen in Richtung Bremen. Er lebte in dem kleinen Ort Vegesack, der seit Ende der 1930er Jahre ein Stadtteil Bremens ist. Mit dem Bestreben, eine deutsche Flora zu schreiben, deren erster Teil 1788 (Roth, 1788–1800) erschien (Focke, 1889, S. 305), wurde Roth ein Vorbild für Koch. Mit seiner Flora zeigte Roth eine gute Beobachtungsgabe und beschrieb einheimische Gewächse detailliert (Focke, 1889). Koch schickte ihm 1799 seine dokumentierten Beobachtungen aus der Region Pfalz mit instruktiven Exemplaren zu jeder Art. Roth veröffentlichte daraufhin vor allem Kochs Untersuchungen zu *Digitalis* Arten (Wagenitz, 2000) im *Catalecta botanica* (Roth, 1797-1806) und „feierte ihn mit Lob“ im Praefatio des zweiten Faszikels 1800 (Roth, 1797-1806). Roth entwickelte sich zu einem Mentor und Partner für Koch. Im *Catalecta botanica* beschrieb Roth, ganz dem Zeitgeist entsprechend, einige Arten neu und versah unter anderem eine von ihm beschriebene neue Gattung mit Kochs Namen: *Kochia*. Er würdigte damit den Neufund Kochs, als Dank für den „unermüdlichen Fleiß des Herrn Doctor Koch in der Bereicherung der Pflanzenkenntnis und der Berichtigung der pfälzischen Pflanzen“ (Roth, 1800, S. 320 ff.). Zum Zwecke der Gültigkeit veröffentlichte er im ersten Teil des fünften Bandes des „*Journals für die Botanik*“ 1800 einen Protolog dazu (Roth, 1800) und beschrieb in lateinischer Sprache den Habitus der Pflanze. Hier ein Auszug aus dem Protolog von Roth: „Calyx campanulatus,



Abbildung 10: Syntypus *Kochia arenaria* aus dem Herbarium Erlangense

quinque-partitus: laciniis petalodeis rotatis; faux clausa dentibus quinque depressis. Corolla nulla. Stylus filiformis. Stigmata duo, patula, longissima. Capsula subrotunda, unilocularis, mono- &- disperma. *Kochia arenaria* Tab. II“ (Kelch glockig, fünf Teile: keulig, gedrehte Kronblätter; im Schlund fünf niedergedrückte, zahnartige Klausen. Keine Krone. Säule fadenförmig. Zwei Narben, klaffend, sehr lang. Kapsel rund, unilocular, ein- und zweisamig) (Uhl, 2019). Der zu der Veröffentlichung gehörige Syntypus-Beleg befindet sich im Herbarium Erlangense (Abbildung 10).

Über Roth lernte Koch den Bremer Theologen **Franz Karl Mertens (1764-1831)** kennen. Nach einem Studium in Halle trat dieser eine Stelle als Professor und Vorstehender an der Handelsschule in Bremen an. Aus seiner Lehrtätigkeit entstammen zwei namhafte Botaniker, Ludolf Christian Treviranus (1779-1864) (vgl. Treviranus S.75) und Michael Rohde (1782-1812). Zu beiden Wissenschaftlern hatte Koch ebenfalls engen Kontakt, wie zahlreiche Briefe und unzählige Herbarbelege dokumentieren. Mertens lernte über einen gemeinsamen Bekannten namens Dr. Schultz (nähere Daten zur Person nicht bekannt) (Focke, 1885), der ihm den Zugang zu Parkanlagen ermöglichte, Roth kennen. Roth brachte Mertens die Botanik nahe und Mertens nahm an nahen und fernen Exkursionen teil, auf denen er viele Pflanzen für sein Herbar sammelte. Mertens wissenschaftliches Interesse galt vor allem den Algen, wie aus einem Briefwechsel mit Dawson Turner (1775–1858)³ in Yarmouth hervorgeht. Mertens übernahm die Beschreibungen der Algen in Roths *Catalect botanica* (1806) (Focke, 1885). 1816 unternahm Mertens eine Reise nach Frankreich und England, wo er „in höchst ehrenvoller Weise und mit großer Artigkeit zu Zuvorkommenheit aufgenommen“ wurde (Historische Gesellschaft Bremen, 1912, S.324 ff.). An der ersten Station seiner Reise, Paris, traf er niemanden geringeres als Antoine-Laurent de Jussieu (vgl. Jussieu A-L S.17), der ihm seinen „ganzen Algenvorrat übergab und seine Nomenclatur berichtigte“ (Stachow, 1844). Außerdem lernte er die namhaften Männer der Botanik, wie René Louiche Desfontaines (1750–1833), Jean-Baptiste de Lamarck (1744-1829), *Alexander Humboldt (1769–1859)* und viele weitere kennen (*Delille Desvauz, Mirbel, Bosc, Richard, Vauquelin, Ramond, Lacretelle, Palisot-de Beauvais, Thouin*) (Stachow, 1844). Auf seiner Weiterreise nach England besuchte er Dawson Turner (1775-1858). Leider war Mertens 1817 nach seiner Rückkehr aufgrund einer Verkettung von unglücklichen Ereignissen, insbesondere dem Verlust seiner Forschungsarbeit, Turners Abwende von der Botanik und dem Tod seines Freundes Rohde, fast depressiv. Dennoch, oder vielleicht wegen dieser Stimmung, schuf Mertens in Zusammenarbeit mit Koch das Werk, durch welches sie ihre Namen verewigen konnten und gleichzeitig der botanischen Welt einen großen Dienst erwiesen: die Überarbeitung von Röhlings Deutschlandflora (Mertens & Koch, 1823; Stachow, 1844). Mit Mertens verbindet Koch viele Jahre einer freundschaftlichen Beziehung. Mertens legte ein Herbar an, welches am Ende 30.000 Arten umfasste. Es diente ihm zum Vergleich und zum Tausch (Stachow, 1844). Interessanterweise liegen viele Belege

³ Dawson Turner (1775 – 1858) war ein britischer Bankier, Antiquar und Naturforscher. Autor von *Synopsis of British Fuci* 1802, Mitglied (Matrikel-Nr. 1016) der Leopoldina, 1816 auswärtiges Mitglied der Schwedischen Akademie der Wissenschaften. Er war der Großvater von Joseph Dalton Hooker, da seine älteste Tochter William Jackson Hooker heiratete. (Claude et al., 2019)

von Mertens im Herbarium von Bernhard Heinrich Echterling (1797-1809), der an der Flora von Lippe arbeitete (Tenbergen, 2010, S.5).

Eine Freundschaft aus seiner Heimatregion Pfalz, die Koch Zeit seines Lebens begleitete, war die zu **Gottlieb Wilhelm Bischoff (1797-1854)**. Bischoff, gebürtig in Dürkheim an der Hardt, widmete sich in Kaiserslautern unter der Anleitung Kochs dem Studium der Botanik. In einem Gedicht über eine Wochenendreise mit Freunden auf den Donnersberg schrieb der junge Bischoff 1817 seine Passion für die Botanik in 813 Versen nieder (Kremp, 2017). Er besuchte 1819 die Akademie der Bildenden Künste in München und studierte ab 1821 in Erlangen Botanik. Als Koch 1824 den Ruf an die Erlanger Universität bekam, ging Bischoff als Lehrer nach Heidelberg und habilitierte dort 1825. Er wurde 1833 Professor der Botanik und 1839 Direktor des Botanischen Gartens Heidelberg. Aus der Zeit nach 1832 ist eine rege Brief-Korrespondenz zwischen Koch und Bischoff überliefert. In den Briefen werden neben dem Austausch von Veröffentlichungen auch morphologische Details spezieller Spezies diskutiert. Bischoff unterstützte vielfach seinen Lehrer und Freund Koch durch Beiträge zu dessen *Deutschen Flora* (Engle, 1875). Des Weiteren unternahm er Reisen mit Koch (Anonymus, 1823, S. 574). Bischoff verfasste im Jahresbericht der *Pollichia* einen Nachruf für Koch mit dem Titel „dem Andenken an Dr. Wilhelm Daniel Joseph Koch, Professor der Medicin und Botanik bei der Universität zu Erlangen“ (Bischoff, 1850), in dem er Koch ausführlich und sehr persönlich würdigt.

Die älteste Freundschaft pflegt Koch zu **Philipp Wilbrand Jakob Müller (1771-1851)** einem Jugendfreund aus seiner pfälzischen Heimat. Zahlreiche Briefe dokumentieren den Austausch von wissenschaftlichen und persönlichen Belangen. Müller trat zwar in die Fußstapfen seines Vaters Georg Friedrich Ludwig Müller (1735-1811), indem er Pfarrer und Dekan wurde. Er hatte jedoch, wie Koch, einen ausgeprägten Hang zur naturwissenschaftlichen Forschung. Gegenseitig spornten sich die zwei an, naturwissenschaftlichen Fragestellungen auf das genaueste nachzugehen. Im Jahr 1800 schrieb Müller in einem Brief an Koch: „Ich bitte dich fleißig zu sein, damit wir einmal mit etwas Ordentlichem in der Welt erscheinen“ (Zink, 1968, S. 17). Akribisch untersuchten sie die Flora und Fauna ihrer Heimatregion Pfalz und diskutierten ihre jeweiligen Ergebnisse. Ihre Interessen lagen neben der Botanik auch bei Insekten und Vögeln. 1803 veröffentlichten sie die Ergebnisse ihrer intensiven Untersuchungen zu Insekten.

Auf den Kupferstecher **Jakob Sturm** (1771-1848) aus Nürnberg wurde Koch vermutlich durch die von Sturm 1791 veröffentlichte Sammlung von Abbildungen (ohne Text) *Insecten-Cabinet*,

nach der Natur gezeichnet und gestochen (Sturm, 1791-92) aufmerksam. Sturm, der im gleichen Jahr wie Koch geboren worden war, zog bereits im Alter von erst 16 Jahren Aufmerksamkeit auf sein außergewöhnliches künstlerisches Talent, als er einen kunsthandwerklichen Auftrag, den sein Vater aus gesundheitlichen Gründen nicht erledigen konnte, so vorzüglich anbot, dass er den Auftrag gewann. Die Order war für den Entomologen Georg Wolfgang Franz Panzer (1755-1829). Sturm führte die Arbeit *Icones Insectorum praesertim Rossicae, Sibiriaeque peculiarium* (Panzer, 1781–1798) so erstklassig aus, dass er weitere Gelehrte, wie Schreber (vgl. Schreber S.11) und Peter Palas (1741-1811) von der Universität Erlangen als Auftraggeber für sich gewann. Schreber, ein herausragender Naturforscher, schulte und förderte Sturm. Dadurch konnte Sturm sein ausgesprochenes Talent als Naturzeichner weiterentwickeln. 1796 ließ Sturm das erste Verzeichnis seiner Insekten-Sammlung drucken (Sturm & Panzer, 1795). Koch gewann Sturm um 1802 als Kupferstecher für die Abbildungen seiner *Entomologischen Hefte*. Dies war der Beginn einer langen und fruchtbaren Zusammenarbeit zwischen dem Kupferstecher Sturm und dem Naturkundler Koch (Zink, 1968, S. 26). Ebenfalls 1796 begann Sturm seine bemerkenswerteste Arbeit, die vielbändige *Deutschlands Flora in Abbildungen nach der Natur mit Beschreibungen*, die seinen Ruf als bedeutenden Kupferstecher begründete. Das Werk erschien in Heften mit je acht bis 16 kolorierten Kupfertafeln im Taschenformat (Wunschmann, 1894), die in konsekutiven Einzelbänden veröffentlicht wurden. Die *Flora* wurde bereits vor ihrem Erscheinen anerkennend durch die Presse erwähnt (Hartenkeil, 1790-1800, S. 13). Das herausragende der *Flora* waren die den großartigen Bildern beigefügten detaillierten morphologischen und soziologischen Angaben. Die ergänzenden Texte stammten von namhaften Botanikern. Koch hatte einen nicht unerheblichen Beitrag zu der Sturmschen *Flora* geleistet (vgl. Kap. *Botanik im Bild* S.121).

Trotz der schwierigen politischen Umstände zwischen Frankreich und Deutschland war der naturwissenschaftliche Austausch zwischen dem Pfälzer Koch und dem Franko-Schweizer **Augustin-Pyrame de Candolle (1778 – 1841)** (vgl. Kap. De Candolle S. 19 und *Plantarum umbelliferarum* S.98) sehr fruchtbar. Erste Berührungspunkte zwischen den beiden gab es im Jahr 1810 auf einer Reise De Candolles durch das westliche Deutschland. De Candolle hatte den Auftrag des französischen Außenministers, die Landbewirtschaftung einschließlich der Parkanlagen und botanischen Gärten zu studieren (Reichert, 2014 , S. 115). Laut Reisebericht traf De Candolle Koch nicht persönlich, obwohl De Candolle durch Kaiserslautern reiste. Aber am 4. August 1810 besichtigte De Candolle das Herbar des Johannes Scherbius (1769-1813) aus Frankfurt und wurde auf Herbarbelege von Koch aufmerksam. De Candolle vermerkte in

seinen Reisenotizen, „*es scheint wichtig zu sein mit ihm [Koch] in Korrespondenz zu treten*“ (Reichert, 2014, S. 123). Auch als De Candolle den darauffolgenden Tag mit Johann Baptist Ziz (1779-1828) (vgl. Ziz S. 67 und *Catalogus plantarum, quas in ditone florum Palatinatus* S.89) verbrachte und dessen Herbarium durcharbeitete, fiel ihm der Name Koch mehrfach auf. Bereits zwei Jahre später dokumentieren Korrespondenzen einen direkten Austausch zwischen Koch und De Candolle. De Candolle erhielt zahlreiche Belege aus Kaiserslautern von Koch (Löhr, 1953). Im Brief vom 23.05.1812 schickte Koch Pflanzen mit kurzen Notizen in Latein an De Candolle nach Montpellier: „Gewisse Beobachtungen an Pflanzen sind selbständig in der Provinz des Donnersbergs entstanden, sowie geringfügig zu den angehängten gallischen Blumen.“ (Brief veröffentlicht: Bernardi, 1975). Koch stand De Candolle für die Veröffentlichung *Flore française, ou, descriptions succinctes de toutes les plantes qui croissent naturellement en France: disposées selon une nouvelle méthode d'analyse, et précédées par un exposé des principes élémentaires de la botanique* (Candolle, 1815) bereits beratend zur Seite. Was De Candolle im Vorwort seiner Flora von Frankreich (Candolle, 1815, S.8 ff.) belobigend erwähnte. De Candolle kehrte 1816 in seine Heimat Genf zurück, wo er das sogenannte natürliche Pflanzensystem weiterentwickelte, welches bereits Bernhard de Jussieu (vgl. Jussieu S. 17) in Paris entworfen hatte. In Deutschland traf dieses System erst einmal auf Ablehnung. Einige Pfälzer Botaniker bildeten hierin allerdings eine Ausnahme, zu ihnen zählte auch Koch (Löhr, 1953, S. 47). Koch wandte 1824 als einer der ersten Deutschen Botaniker De Candolles theoretische Systematik bei der Bearbeitung der Umbelliferen (Koch, 1824) an (vgl. Kap. *Plantarum umbelliferarum* S.98). Damit gebührt Koch der Verdienst, dem natürlichen Pflanzensystem in Deutschland den Weg bereitet und am Ende zum Siege verholfen zu haben (Löhr, 1953). De Candolle wiederum erweist Koch 1829 in seinen *Mémoire sur la famille des Ombellifefes. = Collection de e'moires* 5. III. seine Ehre, indem er die von Koch entworfene Systematik der Doldengewächse übernahm und alle vorgeschlagenen 15 Stämme in seiner Monographie der Doldengewächse und seinem Prodromus verwendete. De Candolle schrieb im Vorwort der *Mémoire sur la famille des Ombellifefes* über die Ordnung Kochs, dass sie „mit einem bemerkenswerten Geist der Beobachtung und Logik gegründet zu sein [schienen], und alle Genera ein bemerkenswertes Maß an Präzision böten.“ (Candolle, 1829, S. 84; Candolle, 1824-73).

Eine weitere wichtige Freundschaft pflegte Koch mit **Johann Baptist Ziz (1779-1828)** aus Mainz. Dieser war zwar von der Ausbildung Apotheker, widmete sich aber aus eigener Vorliebe dem Studium der Botanik. Die Botanische Gesellschaft zu Regensburg ernannte ihn schließlich im Jahre 1804 zu ihrem Ehrenmitglied und die Wetterauische Gesellschaft kürte ihn für die

gesammelten Naturfunde im Jahre 1808 zum korrespondierenden Mitglied. Wo und wann zwischen Koch und Ziz die Verbindung geknüpft wurde, ist nicht genau bekannt. Jedoch machte Ziz mit Gelehrten seines Faches verschiedene botanische Exkursionen und Reisen, insbesondere in das südliche Frankreich und die Pyrenäen. Dabei sammelte er ein beträchtliches Herbarium. Ziz hatte sowohl zu deutschen als auch zu französischen Botanikern regen Kontakt und Austausch. Koch und Ziz sammelten und wirkten viele Jahre gemeinschaftlich in der Pfalz. Zusammen brachten sie 1814 einen Catalog mit Pflanzen der Pfalz (Koch & Ziz, 1814) heraus (Voigt, 1831, S.785) (vgl. Kap. *Catalogus plantarum, quas in ditione florum Palatinatus* S.89).

Über Ziz ergab sich auch die Verbindung zu **Philipp Salzmann (1781-1852)**. Aus Deutschland stammend, war dieser ab 1806 Krankenhausarzt in Montpellier. Außerdem beschäftigte er sich nebenher mit Entomologie und Botanik. De Candolle und Salzmann wirkten zur selben Zeit in Montpellier. Über gemeinsame Reisen lernten sich Ziz und Salzmann kennen. Salzmann sammelte im Zuge zahlreicher Studien vor Ort und auf Reisen in vielen Teile der Welt Pflanzen, die Ziz für ihn dann in Deutschland verkaufte. Auch hier wird das engmaschige Netzwerk innerhalb der Botanik deutlich (Röse, 1853, S. 5). Salzmann war unter anderem auch ein wichtiges Bindeglied zwischen De Candolle und Koch. Salzmann lieferte De Candolle zahlreiche Pflanzen für seine Studien. Zum Dank dafür widmete De Candolle Salzmann in dem im Jahre 1830 erschienenen IV. Band des Prodrômus (Candolle, 1824-73) auf S. 617, die Gattung *Salzmannia* DC mit folgenden Worten: „Dicavi cl Salzmann plantae detectori, qui, Botanices cura, plagas Occitanicas, Mauritanicas et nuperrime Brasilienses diligenter peragravit“⁴ (Röse, 1853, S. 7).

Friedrich Wilhelm Schultz (1800-1876) war ein deutscher Botaniker und Apotheker. Schultz besuchte, wie Koch, das Gymnasium in Kusel und lernte und arbeitete anschließend in der väterlichen Apotheke in Zweibrücken. Ab 1827 bis 1831 studierte und promovierte er in München und Tübingen. Er kaufte verschiedene Apotheken: 1832 in Bitsch (Lothringen), 1853 in Weißenburg im Elsass. Im Jahr 1853 wurde er zum Mitglied der Leopoldina gewählt. Er knüpfte zahlreiche Kontakte zu einschlägigen Naturforschern, wie Wilhelm Philipp Schimper (1808-1880), Alexander Braun (1805-1877) oder Gottlieb Wilhelm Bischoff (1797-1854) (Wunschmann, 1891). Koch war für Schultz nicht nur ein trefflicher Lehrer, sondern auch ein wohlwollender Gönner (Wunschmann, 1891). Schultz veröffentlichte von 1836 bis 1855 gemeinsam mit Paul Constantin Billot (1796-1863) die *Flora Galliae et Germaniae exsiccata*, die später als *Archives de la Flore de France et d'Allemagne* weitergeführt wurde. Ein weiteres

⁴ Übersetzung A. Uhl: Ich habe dem Pflanzenentdecker, Pflanzenpfleger cl. Salzmann, der die Gegenden Okzitaniens, Mauretaniens und kürzlich Brasiliens sorgfältig durchwandert hat [die Gattung] geweiht.

Werk von Schultz war die *Flora der Pfalz* (Schultz, 1846), in der er sich vergleichend auf seine pfälzischen Vorgänger stützte. Insbesondere bei der Anordnung der Familien und in den Gattungs- und Artmerkmalen baute er explizit auf Kochs Floren auf. Schultz erwähnte Koch mehrfach belobigend, beispielsweise in der *Flora der Pfalz* als *Meister der beschreibenden Botanik* (Schultz, 1859, S. 4) (vgl. Kap. *Catalogus plantarum, quas in ditione florae Palatinatus* S.89). Eines seiner herausragendsten und nachhaltigsten Werke war die Herausgabe von getrockneten Pflanzensammlungen, die als *Flora Galliae et Germaniae exsiccata* ab dem Jahre 1836 erschienen. Das ebenfalls von Schultz herausgegebene *Herbarium normale*, welches bis nach Kochs Tod 1869 erschien, repräsentierte die Flora von ganz Europa (Uechtritz, 1873, S. 349) und ist zu großen Teilen im Herbarium Erlangense gelagert.

Auch der jüngere Bruder **Carl Heinrich Schultz (1805-1867)**, ebenfalls Botaniker und zur besseren Unterscheidung *Schultz Bipontinus* genannt, stand in Korrespondenz mit Koch. Der jüngere Schultz gründete 1840 den naturforschenden Verein Pollichia zu Bad Dürkheim. Beide Schultz' veröffentlichten in den ersten 25 Jahren nach der Vereinsgründung zahlreiche Beiträge in den Jahresberichten dieses Vereins (zum Beispiel Nachträge zur *Flora der Pfalz*) (Wunschmann, 1891). Schultz hatte in Erlangen auch persönlichen Kontakt zu Koch (Dvorak, 2002).

3.2.2 Beispiel der bilateralen gegenseitigen Wissenskorespondenz aus der Friedrich-Alexander- Universität Erlangen

Koch folgte 1824 dem Ruf als Professor für Medizin, Naturwissenschaften und Botanik an der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Alexander-Universität in Erlangen. Über die Kontakte innerhalb der Universität ist wenig belegt, da die meisten Kontakte offensichtlich nicht schriftlich festgehalten wurden. An der Fakultät hielten sich zu der Zeit jedoch einige charismatische Charaktere auf, die sowohl die Geschicke der Universität als auch Kochs beeinflussten.

Gottfried Fleischmann (1777-1850) war wie Koch ab 1824 ordentlicher Professor der Anatomie und Physiologie sowie der Direktor des anatomischen Institutes.

Johann Ludwig Christoph Wilhelm Döderlein (1791-1863) wurde 1819 Rektor des Gymnasiums Fridericianum in Erlangen und zweiter Professor für klassische Philologie. 1826 wurde er erster Professor der Philologie sowie Direktor des philologischen Seminars und 1827 auch Professor der Beredsamkeit. Döderlein muss ein enger Vertrauter Kochs gewesen sein. Er hielt eine Grabrede an Kochs Beisetzung (Döderlein, 1849).

Gotthilf Heinrich Schubert (1780-1860) lehrte in Erlangen von 1818-1827 und war Professor für Zoologie, Botanik, Mineralogie, Geologie und Naturgeschichte (Jaenicke, 1993, S. 642). Jedoch hatte Schubert die Lehre der Botanik nur vorübergehend übernommen und übergab diese an Koch bei dessen Amtsantritt (Kolde, 1910, S. 283).

Den Wissenschaftler **August Goldfuß (1782-1848)**, der 1804 von Berlin an die Universität Erlangen wechselte, erlebte Koch nie direkt als Kollegen an der Universität. Er wechselte bereits 1818 von Erlangen nach Bonn, aber die beiden Gelehrten korrespondierten viel. Von 1811-1818 lehrte Goldfuß als Privatdozent und Lehrstuhlverwalter an der Erlanger Zoologie. Goldfuß betrieb 1817 die Berufung von **Christian Gottfried Daniel Nees von Esenbeck (1776-1858)** auf einen Lehrstuhl für Botanik nach Erlangen. Auch Esenbeck wechselte 1818 nach Bonn. Koch hatte regen Briefkontakt sowohl zu Gottfried Nees von Esenbeck, sowie zu dessen Bruder Theodor Friedrich Ludwig Nees von Esenbeck (1787-1837), der 1805 eine pharmazeutische Lehre beim Hofapotheker Wilhelm Martius (1756-1849) in Erlangen absolviert hatte und schließlich mit einer Arbeit über die Vermehrung von Laubmoosen 1818 in Erlangen promovierte. Auch er folgte seinem Bruder nach Bonn.

Karl Wilhelm Gottlob Kastner (1783-1857), ab 1820 in Erlangen, lehrte von 1821 bis 1857 als Professor für Chemie und Physik an der Universität Erlangen. In den Jahren 1834, 1838, 1842 und 1846, als Kastner das Amt des Dekans der Erlanger Philosophischen Fakultät inne hatte, bestand reger Briefkontakt zwischen Koch und Kastner. Auch Justus von Liebig lernte bei Kastner in Erlangen (Jaenicke, 1993, S. 643).

Adalbert Carl Friedrich Hellwig Conrad Schnizlein (1814-1868) war ein Student Kochs. Koch hatte bereit mit seinem Vater Karl Friedrich Christoph Wilhelm Schnizlein (1780-1856) Kontakt (vgl. Kap. Schnizlein K.F.Ch.W. S.84). Schnizlein Junior absolvierte zunächst in Ansbach und Nördlingen eine Ausbildung zum Apotheker. Im Anschluss an seine Lehre nahm er an der Universität München ein Studium der Pharmazie auf und promovierte schließlich 1836 an der Universität Erlangen. Neun Jahre später folgte seine Habilitation. 1850 wurde Schnizlein als Nachfolger Kochs zum Professor für Botanik an der Universität Erlangen berufen und übernahm die Leitung des Botanischen Gartens.

3.2.3 Sozietäten

Sozietäten dienten Koch, sowohl zum Knüpfen von Kontakten zu Gelehrten und einschlägig Interessierten, als auch zum Veröffentlichen und Kommunizieren eigener Ergebnisse. Über

Zeitungen und Periodika der Sozietäten veröffentlichte Koch Beiträge und berichtete über das Zirkulieren von Herbarbelegen.

3.2.3.1 Königlich Bayerische Botanische Gesellschaft zu Regensburg

Die Regensburgische Botanische Gesellschaft, zu Kochs Zeiten noch Königlich Bayerische Botanische Gesellschaft zu Regensburg, ist heute die älteste noch existierende botanische Gesellschaft der Welt. **David Heinrich Hoppe (1760-1846)**, ein Apotheker, Arzt und Lehrer, gründete 1790 die Gesellschaft zusammen mit Ernst Wilhelm Martius (1756-1849), Johann August Stallknecht (1752-1797) und Heinrich Christian Funck (1771-1839) (vgl. Funck S.71). Zu diesem Zeitpunkt handelte es sich um die erste und einzige botanische Gesellschaft in Bayern (Ilg, 1990). Durch die Gründung des Vereins schuf Hoppe einen Knotenpunkt für Gelehrte und botanisch Interessierte, der es ermöglichte, Kontakte zu knüpfen und Informationen zu multiplizieren. Über den Verein wurden Exkursionen, Tagungen und sonstige Treffen organisiert. Als Kommunikationsplattform diente die Vereinszeitung *Flora oder Botanische Zeitung* (vgl. Kap. *Flora oder Botanische Zeitung* S.113). Hoppes persönliches Interesse galt den Alpen, eine bis dahin wenig erforschte Region. 1798 brach er das erste Mal zu einer Sommerreise in die Salzburger Berge auf. Zusammen mit dem österreichischen Botaniker Anton von Braune (1766-1853), Verfasser der *Salzburgischen Flora* (1797), erkundete er die Gegend um Salzburg, Heiligenblut, Untersberg und Großglockner. Bis 1843 reiste er fast jedes Jahr in diese Region, um die Flora der Kärntner und Salzburger Alpen zu erforschen. Mit Hoppe verband Koch eine sehr enge und auch wissenschaftlich fruchtbare Freundschaft. Etliche Korrespondenzen und Reisen zwischen Regensburg, Kaiserslautern, Erlangen und Heiligenblut sowie zahlreiche Herbarbelege dokumentieren dies.

Heinrich Christian Funck (1771-1839) erlernte 1789 bis 1792 den Beruf des Apothekers in Regensburg und kam 1794 nach Erlangen zum Hofapotheker Martius. Funck war ein enger Freund Hoppes und 1790 auch ein Gründungsmitglied der Botanischen Gesellschaft zu Regensburg. Mit Funck als aktivem Mitglied der Regensburgischen Gesellschaft hatte Koch viel Kontakt. Schwerpunkt des Austausches zwischen Koch und Funck waren Laubmoose (Pongratz, 1963, S. 64). Das Herbarium Erlangense beherbergt Moose, Flechten und Kleinpilze aus dem Fichtelgebirge von Funck. Des Weiteren besuchte Funck Koch auf dessen Reise nach Gastein. Sie unternahmen gemeinsame Wanderungen (vgl. Reise 1831 S.58) (Hertel, 1995).

Über die Königlich Bayerische Botanische Gesellschaft hatte Koch Kontakt in höhere politische Kreise. Ein enger Freund und Berater von Maximilian von Montgelas war der Diplomat und Naturforscher **Gabriel de Bray (1765-1832)**. Bray entstammte einem alten

Landadel der französischen Normandie. Als ihn jedoch die französische Revolutionsregierung auf die Emigrantenliste setzte, gewährte ihm das fürstliche Haus von Thurn und Taxis Unterstützung. So kam er nach Regensburg. Dort fand er durch Hoppe Anschluss an die Königlich Bayerische Botanische Gesellschaft zu Regensburg. Gleich die erste Sitzung der Gesellschaft (am 30. 10. 1790) eröffnete Bray als neu ernanntes Ehrenmitglied, das heißt, er wurde schon im Gründungsjahr ab 1790 ein aktives Mitglied. Bray erhielt durch die Gesellschaft von Gelehrten reiche Anregung zu botanischen Studien und Arbeiten (Duval, Graf v. Sternberg und Legationsrat Felix). In dankbarer Würdigung stiftete er der Gesellschaft im Jahre 1800 500 fl. (Pongratz, 1963, S. 67). 1811 wurde er Präsident der Regensburgischen Botanischen Gesellschaft. Ebenfalls 1811 erwarb er das Schloss und die Brauerei von Irlbach bei Straubing (sowie 1813 Schloss Schambach). Auf diesem Schoß Irlbach besuchte Koch den Grafen von Bray auf einer Reise 1830.

Der Botaniker **Heinrich Alexander Braun (1805-1877)** stand mit Koch in intensiven fachlichem Austausch. Braun war zwar auch Mitglied der Königlich Bayerischen Akademie München, hier wird er aber bei der Regensburgischen Gesellschaft aufgeführt, denn mit Koch war er über die *Flora oder Botanische Zeitung* verbunden. Schon vor seinem Studium, im jungen Alter von 14 Jahren, beherrschte Braun die Phanerogame Flora Badens und lieferte Hoppe für die Flora „*Bemerkungen über einige Lebermoose*“ (Braun, 1821, S. 754; Pongratz, 1963, S. 82). Braun studierte von 1824 bis 1827 in Heidelberg Medizin und Naturwissenschaften, mit einem Schwerpunkt auf die Botanik. Während des Studiums freundete er sich neben Koch auch mit anderen Wissenschaftlern wie Karl Friedrich Schimper (1803-1867), Louis Agassiz (1807-1873) sowie Georg Engelmann (1809-1884) an, mit denen er sein Leben lang Kontakt hielt (Wunschmann, 1903). Die Korrespondenzen, die zwischen Koch und Braun zirkulierten, beinhalteten hauptsächlich Diskurse über morphologische Details der Phanerogamen.

August Emanuel Fűrnrrohr (1804-1861) war gelernter Apotheker und Botaniker. Ob Koch Fűrnrrohr bereits während verschiedener Aufenthalte zwischen 1820 und 1833 in Zweibrücken (in der Apotheke des Bryologen Philipp Bruchs (1781-1847)) oder erst während seines Studiums der Botanik, Chemie, Mineralogie und Geognosie 1824-26 an der Universität in Erlangen kennenlernte, ist nicht bekannt. Nach seinem Studium kehrte Fűrnrrohr nach Regensburg zurück. 1834 wurde er Professor der Naturgeschichte am dortigen Lyceum. Fűrnrrohr und Koch hatten durch Fűrnrrohrs Amt als Schriftleiter der *Flora oder Botanischen*

Zeitung (ab 1830 Mitredakteur und 1842 bis 1861 Direktor) engmaschige Korrespondenz (Anonymous, 1861, S. 289; Ascherson, 1878).

3.2.3.2 *Königliche Akademie der Wissenschaften München*

Die ehemals königliche Akademie der Wissenschaften, heute Bayerische Akademie der Wissenschaften (BAW) mit Sitz in München, war und ist die größte, forschungsstärkste und eine der ältesten der acht Landesakademien in Deutschland. Die Akademie wurde bereits 1759 von Kurfürst Maximilian III. Joseph gegründet. Schon damals hatte sie zum Ziel, Forschung und Forschungsnetzwerke zu fördern. Darin war sie, ähnlich der bayerischen königlichen botanischen Gesellschaft in Regensburg, für den Informationsaustausch über Fach- und Ländergrenzen hinweg unentbehrlich. Außerdem wirkte die Akademie mit ihrer wissenschaftlichen Expertise in Politik und Gesellschaft und förderte den wissenschaftlichen Nachwuchs (Marzocca, 2021). Seit 1821 war Koch korrespondierendes Mitglied der königlichen Akademie der Wissenschaften. Er nutzte, wie im Folgenden aufgezeigt wird, in vielen Fällen die Akademie, um sich mit Gelehrten zu vernetzen. Des Weiteren erbat er sich mehrfach Literatur aus der Bibliothek der Akademie. Dafür wandte sich Koch an den König, er bat „allerunterthänigst durch die Bibliothek der Königlichen Akademie der Wissenschaften unterstützt zu werden“ (Brief 5: vom 5. September 1835, von Koch an den König, Brief 15: vom 1. Mai 1847, von Koch an die königl. Hofbibliothek München).

Ludwig I., geboren als **Ludwig Karl August (1786-1868)**, war König des Königreiches Bayern aus dem Geschlecht der Wittelsbacher. Er folgte seinem Vater Maximilian I. nach dessen Tod im Jahre 1825 auf den bayerischen Thron. 1830 wurde er zum Ehrenmitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften ernannt. Ludwig I. war ein Förderer der Wissenschaft und unter ihm kehrte die Akademie zu ihrer ursprünglichen Bestimmung als freie Gelehrten-gemeinschaft und Forschungsreinrichtung zurück, nachdem Forschung und Wissenschaft durch die gesamteuropäischen Umbrüche nur eingeschränkt stattfanden. Er stattete auch die Bibliothek der Akademie mit großzügigen Mitteln aus.

Carl Friedrich Philipp Martius (1794-1868) war ein deutscher Naturforscher, Botaniker und Ethnograph. Martius war der Sohn des Erlanger Hofapothekers Ernst Wilhelm Martius (1756-1849). 1810 nahm Carl Friedrich Philipp Martius das Studium der Medizin in Erlangen auf. Während seines Studiums lernte er den Botaniker und Insektenforscher Franz von Paula Schrank (1747-1835) und den Zoologen Johann Baptist von Spix (1781-1826) kennen. 1814 wurde Martius in das Eleven-Institut der Bayerischen Akademie der Wissenschaften aufgenommen und er wurde Schrank als Gehilfe bei der Leitung des neu gegründeten

Botanischen Gartens in München unterstellt. Im Jahr 1816 wurde er zum Mitglied der Leopoldina gewählt. 1817, erst 23 Jahre alt, veröffentlichte er sein erstes großes wissenschaftliches Werk, die *Flora cryptogamica Erlangensis* eine Beschreibung der Pflanzenwelt in und um Erlangen. 1817-1820 unternahm Martius zusammen mit Spix eine Reise nach Brasilien, in der er insbesondere das Amazonas-Gebiet erkundete und Herbarmaterial sammelte. Sein Schwerpunkt lag bei den Palmen. Als *Palmen-Papst* ließ er vielen Institutionen wie beispielsweise dem Esslinger Reiseverein (vgl. Kap. Esslinger Reiseverein S.81) (Wörz, 2016) mehrfach Herbarmaterial zukommen. Etliche Herbarbelege im Herbarium Erlangense bezeugen, dass auch Koch Material von Martius erhalten hatte. Koch pflegte zu Martius ein sehr freundschaftliches Verhältnis, wie unzählige Briefe dokumentieren. Beide Wissenschaftler haben sich mehrfach gegenseitig besucht beziehungsweise einander auf Reisen begleitet.

Franz von Paula Schrank (1747-1835) war ein deutscher Botaniker, Insektenforscher und Geistlicher der römisch-katholischen Kirche. Nach verschiedenen Stationen als geweihter Priester und Professor der Mathematik in Ingolstadt und Landshut wurde Schrank zwischen 1809 und 1832 der erste Direktor des Botanischen Gartens in München. 1778 wurde er außerordentliches Mitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften und Ehrenmitglied der Regensburgischen Botanischen Gesellschaft. Koch stand mit dem ehrwürdigen älteren Wissenschaftler in freundschaftlichem Briefaustausch. Die beiden Gelehrten schickten sich gegenseitig ihre Veröffentlichungen. In einem Brief von 1833 bedankt sich Schrank sehr überschwänglich über die Zusendung des 4. Bandes der Flora von Deutschland (Brief 6: vom 4. Oktober 1833, von Schrank an Koch) und unterschrieb den Brief huldigend mit „gehorsamster Diener Schrank“.

Joseph Gerhard Zuccarini (1797-1848) war gebürtiger Münchner, war aber auch mit Erlangen eng verbunden. Er wurde während seines Medizinstudiums 1815 bis 1819 in Erlangen von Professor Christian Nees von Esenbeck in die Naturwissenschaften eingeführt. Nach seinem Studium kehrte er nach München zurück, wo er im Botanischen Garten unter Schrank über systematische Botanik arbeitete. Ab 1820 bearbeitete er für Philipp von Martius Pflanzen aus Brasilien. Eine Reihe von Briefen dokumentieren eine ausgedehnte Korrespondenz zwischen Koch und Zuccarini, vor allem ab 1830 nach der Veröffentlichung von Kochs drittem Band der Deutschland Flora. Zuccarini lag, genau wie Koch, die „vaterländische Flora sehr am Herzen“ und mit seiner „Flora der Gegend um München“ (Zuccarini, 1829) leistete Zuccarini auch einen wesentlichen Beitrag dazu. In Briefen „trieb“ Zuccarini Koch dazu an,

seine *Synopsis Flora Germanicae et Helveticae* fertigzustellen. In einem Brief vom 05.01.1835 sandte Zuccarini Oxalideen samt einigen Dubletten an Koch und stellte Fragen zur Systematik einiger Pflanzenarten. Auch hier fügte er dem Brief Kommentare bei, mit denen er Koch zur Fertigstellung der Synopsis antrieb (Riedl-Dorn, 2019, S. 929+238). Nach der Veröffentlichung der Kochschen Synopsis (1838) sah Zuccanini in der Schrift ein so bedeutendes Standardwerk, dass er es zu seinem Ziel machte, die Synopsis mit den einzelnen *Spezialfloren* in Beziehung zu setzen (z. B. Reichenbach: *Flora germanica excursoria* 1830–1832; oder Kittel: *Taschenbuch der Flora Deutschlands zum Gebrauche auf botanischen Excursionen, Verzeichniß der offenblüthigen Pflanzen der Umgegend von Aschaffenburg und des Spessarts* 1853). Dafür erbat er immer wieder Materialien und wissenschaftlichen Input von Koch (Brief 2: vom 03. Januar 1837, von Hoppe an Koch).

George Bentham (1800-1884) war ein britischer Botaniker. Bentham lebte von 1814 bis 1826 bei Montpellier und erforschte dort die Flora der Pyrenäen. Er widmete sich ab 1832 ausschließlich der Botanik, wobei er zum Zwecke seiner Feldforschungen fast ganz Europa durchreiste. 1830 wurde er Sekretär der Gartenbaugesellschaft in London und später Präsident der Linnéschen Gesellschaft. Über viele wissenschaftliche Fragestellungen tauschte er sich mit Koch aus. Auf einer Reise durch Europa besuchte 1837 Bentham Koch in Erlangen für die Durchsprache wissenschaftlicher Studien (Riedl-Dorn, 2019, S. 317). Beide befassten sich mit dem Aufbau einer effizienten wissenschaftlichen Klassifizierung von Pflanzen. Bentham gab 1827 eine Veröffentlichung heraus mit dem Titel: *Outline of a New System of Logic* (Bentham, 1827). Bentham arbeitete auch eng mit William Jackson Hooker (1785-1865) und ab 1863 mit dessen Sohn Joseph Dalton Hooker (1817-1911) zusammen. Koch hatte zwar keinen persönlichen Kontakt zu Hooker, dennoch liegen viele Herbarbelege von Hooker im Herbarium Erlangense, die einen Tauschkontakt bezeugen, der vermutlich über Bentham stattfand.

Joseph Franz von Jacquin (1766-1839), Sohn von Nikolaus Joseph von Jacquin (vgl. Jacquin S.21), war ein österreichischer Chemiker und Botaniker, der Koch mit seinen Schriften beeinflusste. Er studierte bis 1788 Medizin in Wien. Zwischen 1788 und 1791 unternahm er, von Kaiser Joseph II. beauftragt, eine Forschungsreise, die ihn durch Deutschland, Frankreich und England führte. Ab 1820 stand Koch mit Jacquin in Korrespondenz. Jacquin war korrespondierendes Mitglied sowohl in der Königlich Bayerischen Akademie München als auch der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina.

Der Bremer Botaniker und Hochschullehrer **Ludolf Christian Treviranus (1779-1864)** war zwar Mitglied der königlich bayerischen Akademie München, einen Kontakt zu ihm hatte Koch

allerdings vermutlich über seine Freunde Roth und Mertens aus Bremen (vgl. Kap. Mertens S.64), Treviranus ersten Lehrer, geknüpft (Historische Gesellschaft Bremen, 1912). Treviranus arbeitete ab 1807 als Arzt und als Dritter Professor am Lyceum in Bremen. Nach etlichen Zwischenstationen in Rostock und Breslau, wechselte er 1830 an die Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn und wurde dort Nachfolger des Botanikers und Naturphilosophen Christian Gottfried Daniel Nees von Esenbeck (vgl. Kap. Nees von Esenbeck S.70). In Bonn leitete Treviranus den Botanischen Garten. Die Briefe zwischen Koch und Treviranus, die hauptsächlich aus den 1830er Jahren stammten, waren freundschaftlich gehalten und beinhalteten überschwänglich freundliche Floskeln des Dankes zu dem jeweiligen ausgetauschten Pflanzen- bzw. Schriften-Material, wie beispielsweise die Durchsprache des Index der *Synopsis* von Koch vor seiner Veröffentlichung. Viel Raum nahmen Diskussionen zur Systematik in den Korrespondenzen ein, wie Ausführungen über z. B. *Papaver alpinum* L. versus *P. burseri* CRANTZ. im Brief 7: vom 12. Dezember 1839, von Treviranus an Koch (Hermes, 2011, S. 60). Treviranus veröffentlichte bereits 1815 seine Studien über die Entwicklungsgeschichte des Embryos in der Abhandlung *Von der Entwicklung des Embryo und seiner Umhüllung im Pflanzenei*. Ein Themenschwerpunkt, den er mit Koch teilte. Leider brachte diese Veröffentlichung nicht den gewünschten Durchbruch, weil er in seinen Erklärungen seinen Vorgängern nichts hinzufügte. Koch setzte dann die mit Treviranus viel diskutierten theoretischen Beobachtungen zur Entwicklung des Embryos 1824 in seiner Veröffentlichung zu den *Apiaceae* um (Koch, 1824) (vgl. Kap. *Plantarum umbelliferarum* S.98). Treviranus legte den Schatz seiner Erfahrungen auf dem Gebiet der Pflanzenphysiologie und Phytotomie in einem zweibändigen Werk nieder: *Physiologie der Gewächse* (erschieden 1835-38). In diesem Werk trat Treviranus außergewöhnliche Forschungsleistung zu Tage, indem er zusätzlich alles was die Vorgänger bisher geleistet hatten in seine Studien berücksichtigte, wie reichhaltige Literaturangaben bezeugten (Martius, 1866).

Kochs Verleger **Johann Leonhard Schrag (1783-1858)** konnte sich 1810 in Nürnberg mit einer Verlagsbuchhandlung selbständig machen, nachdem er eine vermögende Nichte des 1806 von den französischen Besatzern exekutierte Buchhändlers Johann Philipp Palm geheiratet hatte (Ehmann, 2005). Schrag war mit Koch in engem Austausch, weil Koch neben der Verlagsarbeit verschiedene Schriften für Schrag las. Beispielsweise schrieb Koch in einem Brief vom 19.01.1827 an Schrag: „Ich habe mit den Vermischten Schriften von Brown bereits angefangen...“ (Brief 16: vom 19. Januar 1827, von Koch an Schrag). Obwohl Koch an der Überarbeitung der Brownschen Schriften (vgl. Kap. Brown S.20) beteiligt war und Brown mit

seinen Untersuchungen zu den Samenanlagen Einfluss auf Koch ausübte, sind keine persönlichen Kontakte zwischen Brown und Koch bekannt.

Zu dem Schweizer **Carl Wilhelm von Nägeli (1817-1891)**, einem Schüler De Candolles, hatte Koch über die Königlich Bayerische Akademie München Berührungspunkte. Daneben war Nägeli, zusammen mit Schleiden (vgl. Praefatio S.20), 1844 Gründer der *Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik* (Hoppe, 1997), die Koch in seinen letzten Lebensjahren aufmerksam las. In der Korrespondenz zwischen Koch und Nägeli ging es um den Austausch von Manuskripten und um die systematischen Studien (Brief 9: vom 1. Dezember 1844, von Nägeli an Koch).

3.2.3.3 Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina

Die Leopoldina wurde 1652 in Schweinfurt gegründet und ist die älteste ununterbrochen existierende naturwissenschaftliche-medizinische Akademie der Welt. 1818 brach mit der Präsidentschaft des Erlanger Botanikers Christian Gottfried Daniel Nees von Esenbeck nach einer Phase der Stagnation eine Zeit voller Ideen und Aktivitäten an. Unter Esenbeck als Präsidenten erhielt die Akademie zahlreiche neue Mitglieder, darunter auch Johann Wolfgang von Goethe (unter dem Beinamen Arion IV.), mit dem Nees von Esenbeck eine rege Korrespondenz über naturwissenschaftliche Beobachtungen und Untersuchungen führte (Haug, 2021). 1821 wurde Koch korrespondierendes Mitglied der Leopoldina und baute viele Kontakte über die Akademie auf. Die im Zeitraum von 1757 bis 1842 erschienene Zeitung der Akademie *Nova acta physico-medica Academiae Caesareae Leopoldino-Carolinae Naturae Curiosum* war für Koch ein wichtiges Medium, in dem er seine Untersuchungen veröffentlichte. Die Zeitung der Akademie wurde ein wichtiges Sprachrohr Kochs, weil dort wesentliche Veröffentlichungen zur Systematik von Koch erschienen. Dort veröffentlichte er beispielsweise 1824 seine Untersuchungen zu *Apiaceae* mit dem Titel *Generum Tribuumque plantarum umbelliferarum nova dispositio auctore G. D. I. Koch* (Koch, 1824) (vgl. *Plantarum umbelliferarum* S.98).

Carl Friedrich Wilhelm Wallroth (1792-1857) war ein deutscher Arzt, Botaniker und Mykologe. Wallroth studierte ab 1810 in Halle (Saale) Medizin, hörte aber auch botanische Vorlesungen. Er promovierte 1815 in Göttingen und arbeitete in verschiedenen Gemeinden als Arzt und Physikus. Der Hallenser Botaniker Kurt Sprengel (1766-1833) (vgl. Sprengel S.81) förderte Wallroth. Rasch folgten wissenschaftliche Veröffentlichungen Wallroths, wobei sich seine publizierende Tätigkeit in der Botanik ausschließlich auf Pflanzenbeschreibungen von Phanerogamen und Kryptogamen beschränkte. Dabei bewies er sich als sorgfältiger Beobachter

und genauer Beschreiber einheimischer Pflanzen, eifrig bemüht, den Formenreichtum kritisch zu beleuchten (Mägdefrau, 2013). Im Jahr 1823 wurde Wallroth zum Mitglied der Nationalen Akademie der Wissenschaft Leopoldina gewählt. Wallroths Medium der öffentlichen Diskussion waren die Blätter der *Jenaischen Allgemeinen Literatur-Zeitung* (Wallroth, 1825). Dort zeigte er sich streithaft und veröffentlichte mitunter auch sehr kritische Artikel oder griff Wissenschaftler direkt an. In einem Brief an Schlechtendal schreibt Koch, dass Wallroth in „einigen Dingen Recht habe, aber in einigen Punkten aber die Falschen angreife“ (Brief 10: vom 27. Januar 1834, von Koch an Schlechtendal, transkribiert von Wagenitz). Koch pflegte mit Wallroth durchaus auch konstruktiven brieflichen Austausch. In einem Brief von Wallroth an Koch vom 22.01.1838 (Brief 11: vom 22. Januar 1838, von Wallroth an Koch) tauschen die Gelehrten Informationen zu verschiedenen Pflanzen und der gerade neu erschienenen *Synopsis* von Koch aus.

Diederich Franz Leonhard Schlechtendal (1794-1866) war ein deutscher Botaniker und wurde 1820 in die Nationale Akademie der Wissenschaft aufgenommen. Er studiert in Berlin Medizin und war von 1819 bis 1833 Kurator des Königlichen Herbariums. Ab 1833 war er ordentlicher Professor für Botanik in Halle (Saale) als Nachfolger des 1833 verstorbenen Kurt Sprengel (vgl. Sprengel S.81), gleichzeitig wurde er zum Direktor des Botanischen Gartens Halle ernannt. Beide Stellungen behielt er zeitlebens. Er gab von 1826 bis 1866 die *Linnaea* sowie zusammen mit Hugo von Mohl von 1843 bis 1866 die *Botanische Zeitung* heraus (Heuchert, 2017; Wunschmann, 1890). Koch veröffentlichte kurz vor seinem Tod 1849 in der *Linnaea* einen Protolog zu einem Typusbeleg (Koch, 1849). Zwischen Koch und Schlechtendal existiert eine rege Korrespondenz, die botanische Diskussionen über Bestimmungen und Standorte von Pflanzen und wissenschaftliche Auseinandersetzungen zu Veröffentlichungen enthielt.

Zu **Wilibald Swibert Joseph Gottlieb von Besser (1784-1842)**, einem österreichischen Botaniker und Entomologen, existiert keine direkte Korrespondenz. Im Herbarium Erlangense liegen allerdings viele Herbarbelege, so dass zu vermuten ist, dass zwischen Koch und Besser ein reger Tauschverkehr stattfand. Durch den Pflanzenaustausch zwischen Besser und Koch

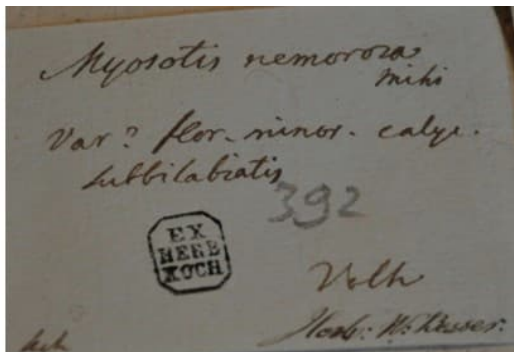


Abbildung 11 Ausschnitt einer Schede eines Herbarbelege von *Myosotis nemorensis* gesammelt von Besser

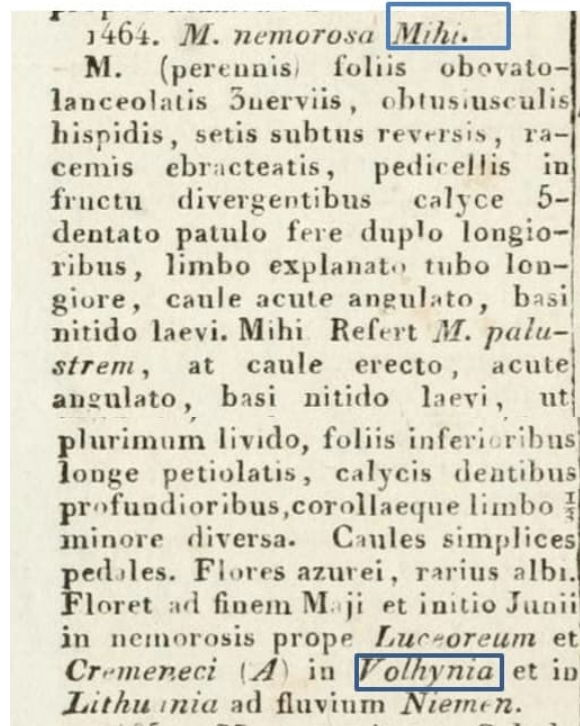


Abbildung 12 Veröffentlichung: Ausschnitt aus *Enumeratio Plantarum hucusque in Volhynia*, 1822, S. 52

gelangten etliche Typusbelege aus der Ukraine ins Herbarium Erlangense. Besser studierte bis 1807 Medizin in Lemberg und Krakau. Danach war er kurz Klinikarzt in Krakau, ging jedoch schon 1808 als Lehrer für Zoologie und Botanik an eine Schule in Wolhynien. 1808 erschien seine Flora von Galizien, sie umfasst die Beschreibung von rund 360 Pflanzenarten aus der Umgebung von Krakau. Ab 1809 war er Lehrer und Direktor des Botanischen Gartens in Kremenez. Im Jahr 1822 wurde er zum Mitglied der Leopoldina gewählt. 1834 wurde er Professor für Botanik an der Universität in Kiew.

Heinrich Gottlieb Ludwig Reichenbach (1793-1879) war ein sächsischer Naturwissenschaftler, Zoologe und Botaniker. Er studierte ab 1810 Medizin und Naturwissenschaften an der Universität Leipzig. 1820 wurde er Ordinarius für Naturgeschichte an der chirurgisch-medizinischen Akademie in Dresden und war zugleich Direktor der Naturhistorischen Sammlungen am Zwinger. Außerdem leitete er den von ihm selbst begründeten Botanischen Garten von Dresden bis zu seinem Tode. Im Jahr 1820 wurde er zum Mitglied der Leopoldina gewählt. Reichenbach beschäftigte sich wie Koch mit der Systematik

der Pflanzen. Er veröffentlichte unter anderem *Conspectus regni vegetabilis* (Leipzig 1828), *Flora Germanica excursoria* (Leipzig 1830-32) und das *Handbuch des natürlichen Pflanzensystems* (Dresden und Leipzig 1837), in dem er ein eigentümliches Pflanzensystem entwickelte. Dieses Pflanzensystem strebte eine kritische Teilung der größeren Artenkomplexe an und wurde in Wissenschaftskreisen vielfach angegriffen (Bley, 1879, S. 101). Auch zwischen Koch und Reichenbach sind hitzige Debatten überliefert. So beschuldigt Reichenbach beispielsweise in seiner Veröffentlichung *Übersicht der Gattung Aconitum*, dass Koch ihm keine Beachtung schenke, indem er folgendes in seiner Veröffentlichung schrieb:

„Über *A. inunctum* Koch [...] kann ich auch nichts sagen [...] da meinen wiederholten Bitten um Auskunft über dieselben, durch ein lebendes, oder trocknes Exemplar von ihren Besitzern kein Gehör gegeben wurde“ (Reichenbach, 1819, S. 75; Koch, 1819, S.645).

Diese Anschuldigung muss Koch sehr geärgert haben, da er als Antwort nicht etwa einen persönlich adressierten Brief wählte, sondern in der *Flora oder Botanischen Zeitung*, für die gesamte Fachwelt einsehbar, zu den Anschuldigungen Stellung nahm:

„Eine solche öffentliche Beschuldigung musste mich in der That kränken, indem ich noch jederzeit mit der größten Bereitwilligkeit den von anderen Botaniker an mich ergangenen Anforderungen, und so schnell als es meine sehr häufigen amtlichen Arbeiten gestatten, entsprochen habe. Herr Prof. Reichenbach hat an mich keine Sylbe geschrieben, und hat mich weder um ein lebendes, noch um ein getrocknetes Exemplar von *A. inunctum* gebeten“ (Koch, 1819, S. 646).

Reichenbach entschuldigte sich nicht, aber er beteuerte, dass weder Koch noch ein anderer „würdiger Mann“ mit den Anschuldigungen gemeint war (Reichenbach, 1820, S. 208).

Reichenbachs naturwissenschaftliche Schriften wurden von dem Verleger Friedrich Hofmeister (1782-1864) in Leipzig verlegt. Über seinen Vater bekam Friedrich Wilhelm Benedikt Hofmeister (1824 -1877) Kontakt zu Ludwig Reichenbach, der ihn in die Botanik einführte. Auch Botaniker wie Matthias Jacob Schleiden (vgl. Schleiden S.20) und Hugo von Mohl (1805-1872) regten Hofmeister zum wissenschaftlichen Arbeiten an. Forschungsschwerpunkt für Hofmeister wurde der Generationswechsel bei Pflanzen. Er schaffte 1849 mit seinen Veröffentlichungen über die Embryologie der Blütenpflanzen den entscheidenden Durchbruch in Bezug auf die stammesgeschichtliche Verwandtschaft (vgl. Hofmeister S. 20 und 80). Hofmeister folgte, nach dem Tod von Bischoff 1854 (vgl. Bischoff S.65), einem Ruf an die

Universität Heidelberg. Koch stand in den 1830er Jahren in Korrespondenz mit Hofmeister (Wagenitz, 2001; Sengbusch, 2004).

Ein weiterer wichtiger Botaniker, der Koch mit seinen Veröffentlichungen stark beeinflusste, war **Kurt Polycarp Joachim Sprengel (1766-1833)**. Sprengel war Mediziner, Botaniker, Pathologe und Medizinhistoriker. Bis zum Jahr 1795 praktizierte er als Arzt und führte den Titel Geheimer Medizinalrat. Ab dem Jahre 1789 las er zunächst Vorlesungen als Extraordinarius, wurde aber ab dem Jahre 1795 zum ordentlichen Professor an der medizinischen Fakultät in Halle berufen. Zusätzlich kam ab 1797 das Ordinariat der Botanik hinzu. 1795 wurde er Direktor des 1696 gegründeten Botanischen Gartens Halle. Er war in verschiedenen Sozietäten korrespondierendes Mitglied: Leopoldina (1871), Göttinger Akademie der Wissenschaften (1793), Bayerische Akademie der Wissenschaften (1809) (Pagel, 1893). Eine eher beiläufige Veröffentlichung Sprengels war die *Anleitung zur Kenntniss der Gewächse*. Er brachte sie in zwei Auflagen heraus: 1802-1804 und, überarbeitet, 1817-1818. Dieses Werk war die Grundlage für Kochs und Mertens *Überarbeitete Flora von Deutschland von Röhling*. Koch hatte keinen nachgewiesenen persönlichen Kontakt zu Sprengel. Allerdings war Koch in enger Korrespondenz mit dem Apotheker und Bryologe Ernst Georg Ludwig Hampe (1795-1880). Dieser begann zwischen 1810 und 1817 eine Lehre in der Hirsch-Apotheke in Halle (Saale). Dort traf er auf Kurt Sprengel und Georg Friedrich Kaulfuß (Hornung, 1833). Hampe wiederum wurde 1874 zum Mitglied der Leopoldina gewählt, welche der Knotenpunkt zwischen Koch, Hampe und Sprengel war.

3.2.3.4 Esslinger Reiseverein

Der Esslinger Reiseverein bestand zwischen 1825 und 1845 (Wörz, 2016). Die Gründung dieses Reise- und Pflanzentauschvereins trug der Notwendigkeit des Pflanzentransfers als Voraussetzung für länderübergreifende botanische Arbeit Rechnung. Vor dem Hintergrund der Kolonialisierung der Welt und nachdem die Oberfläche der Erde in großen Zügen bekannt war, hatten auch die Naturwissenschaften einschließlich der Pflanzenkunde das Bestreben, ihre Kenntnisse auf fernere Regionen auszudehnen. Forscherdrang, Neugierde und wirtschaftlicher Nutzen waren der Antrieb. Botanische und naturkundliche Vereinigungen, wie z. B. die Königlich Bayerische Botanische Gesellschaft zu Regensburg, gab es zwar bereits und hatten über die Herausgabe ihrer Zeitschriften auch eine große Reichweite. Allerdings boten sie keinen direkten Zugang zu Pflanzenbelegen, was erst durch Tausch- oder Sammelvereine möglich wurde (Wörz, 2016, S. 36). Der Esslinger Reiseverein ermöglichte vorfinanzierte und

institutionalisierte Reisen. Er sendete Wissenschaftler in die Welt, um naturwissenschaftliches Material zu sammeln. Die Verfügbarkeit der so entstehenden Pflanzensammlungen demokratisierte beziehungsweise verbürgerlichte die Botanik, die lange Ausdruck eines elitären Zugangs zu privaten Sammlungen oder zu Akademien war. Durch den Reiseverein gewonnene Sammlungen enthielten oft neue, noch nie beschriebene Objekte. Der Verein finanzierte sich über den Verkauf von Sammlungen oder Anteilsscheinen (Aktien). Auch die Mitgliedsbeiträge trugen zur Wirtschaftlichkeit des Vereins bei. Koch war fünf Jahre lang Mitglied des Vereins. Außerdem erwarb er zahlreiche Belege von Reisen des Vereins. Im Herbarium Erlangense dokumentieren viele heute noch vorhandene Belege die Partizipation an der Erfassung der Flora der Welt.

Der Esslinger Reisverein wurde vom Pfarrer Christian Friedrich Hochstetter (1787-1860) und Ernst Gottlieb Steudel (1783-1856) gegründet (Klemun, 2006, S. 216). Im Vorwort zum Topographischen Verzeichnis der Pflanzensammlung von C. F. Ecklon erklärten sie (Ecklon, 1827):

„Der fruchtbarste Nutzen des botanischen oder [...] naturhistorischen Reisevereins möchte wohl dahin zu setzen seyn, dass die Naturgegenstände, welche [...] nur in Museen der öffentlichen Anstalten und der Reichen und Großen zu finden und daher wenigen zugänglich sind allfällig Gemeingut aller Freunde der Naturwissenschaften mit verhältnismäßig nur sehr geringen Opfern für den Einzelnen werden könne.“

Die Gründer des Reisevereins waren zwei ausgesprochen gegensätzliche Persönlichkeiten: der eine, Steudel, war zielstrebig, anpackend und ein wenig ehrgeizig, aber auch ein international anerkannter Wissenschaftler. Hochstetter dagegen war eher unstet, aber fachlich sehr kompetent (Wörz, 2016). Exemplarisch werden hier die Gründer und einige Sammler vorgestellt, vor allem Kollektoren, deren Belege im Herbarium Erlangense vorliegen, oder mit denen Koch direkt korrespondierte.

Ernst Gottlieb (Theophil) von Steudel (1783-1856) stammte aus einer Familie, die zur bürgerlichen Oberschicht der Stadt Esslingen sowie der kirchlich-geistlichen Führung angehörte (Loose, 2008). Er studierte Medizin und Naturwissenschaften in Tübingen. 1806 ließ er sich als praktischer Arzt in Esslingen nieder. Neben seiner Tätigkeit als Arzt befasste er sich auch mit der Botanik. Ab dem Jahre 1821 publizierte er das botanische Werk: *Nomenclator Botanicus* (Steudel, 1821-1824), mit dem er berühmt wurde. 1824 folgte der *Nomenclator* für die „Niederer Pflanzen“ (Steudel, 1824). Steudel rief zur Mitarbeit in der *Isis* („Zeitschrift für naturwissenschaftlichen Liebhabereien“) auf und trat mit zahlreichen Botanikern aus aller Welt

in Verbindung (Wörz, 2016); dazu gehörte auch Koch, wie zahlreiche Briefe dokumentieren. Die Briefe, die im Herbarium Leiden Naturalis gelagert werden, stammen aus den Jahren 1833-1837.

Christian Ferdinand Friedrich Hochstetter (1787-1860) stammte aus einer alteingesessenen württembergischen Familie. Bis 1805 studierte er Theologie. 1809 floh er ins „Ausland“, zuerst nach Erlangen, Berlin und schließlich nach Nürnberg. Während eines Aufenthaltes in München lernte Hochstetter Martius kennen. 1824 wurde Hochstetter zum Professor am Lehrerseminar in Esslingen berufen. Hochstetter stand in sehr engem Kontakt mit Reichenbach. Hochstetter hatte auch intensiven schriftlichen Austausch mit Koch in Erlangen (Kurr, 1861). Mehrere Briefe dokumentieren den wissenschaftlichen Austausch zwischen den beiden Gelehrten in den späten 1830er Jahren.

Der Botaniker **Franz von Fleischer (1801-1878)** reiste im Sommer 1825 nach Tyrol, zu den ionischen Inseln, Smyrna, Konstantinopel und den griechischen Küstengegenden. Der gelernte Apotheker wurde durch die „Aktiengesellschaft“ Steudels und Hochstetters finanziert (Nördlinger, 1880). Die Reise fiel in eine Zeit des inneren Aufruhrs im Osmanischen Reich. Bereits 1821 hatten die Griechen sich gegen die türkische Herrschaft erhoben. Fleischer geriet in den Strudel der großen Politik. 1827 ging eine Kiste mit fünf- bis sechstausend Beleg-Exemplaren auf dem Transport verloren. Erst 1828 erhielten die Esslinger dann ungefähr 25.000 Exemplare (Wörz, 2016, S. 25). Persönliche Kontakte zwischen Fleischer und Koch lagen mir nicht vor, jedoch beherbergt das Herbarium Erlangense etliche Pflanzen von der Reise.

Der Naturforscher und Botaniker **Wilhelm Schimper (1804-1878)** ist mehrfach im Auftrage des Reisevereins im nördlichen Teil Afrikas unterwegs gewesen, unter anderem in Abessinien (Wörz, 2016). Schimper stammte aus schwierigen Familienverhältnissen und ließ sich einiges zuschulde kommen, so dass seine Abreise 1831 möglicherweise nicht ganz freiwillig war. Seine erste Reise ging nach Algerien. Algerien war damals Kriegsgebiet, Algier war erst im Jahr zuvor von den Franzosen erobert worden. In Algier erkrankte er dann an Typhus. Zur Genesung kehrt er nach Europa zurück, um schließlich 1835 Richtung Alexandria aufzubrechen. Von dort sandte er Pflanzen aus Cephalonien, die die Daheimgebliebenen begeisterten. Die Reise wurde über Ägypten, Nubien und Senaar bis schließlich nach Abessinien fortgesetzt. Wilhelm Schimper war zweifellos der wichtigste Reisende des Reisevereins, sowohl was den Umfang seiner Sammlungen als auch was deren Bedeutung angeht. Er war aber auch einer der teuersten und sein Abessinien-Abenteuer trug nicht unwesentlich zum Untergang des Reisevereins bei

(Götz, 1990). Briefe von Schimper an Koch, die er während seines europäischen Aufenthaltes zwischen seinen Reisen geschrieben hatte, lagern im Herbarium Leiden. Im Herbarium Erlangense lagern zahlreiche Belege von Schimpers Reisen.

Christian Friedrich Ecklon (1795-1868) und **Carl Ludwig Philipp Zeyher (1799-1858)** waren für den Reiseverein gemeinsam in Südafrika tätig. Ecklon, ein Schlesier, der in Hamburg studierte, war ausgebildeter Apotheker und wanderte 1823 nach Kapstadt aus, um dort in einer Apotheke zu arbeiten. 1827 gab er die Stelle in der Apotheke auf und verdiente seinen Lebensunterhalt durch den Verkauf von Herbarmaterial (Gunn M. & Codd L.E., 1981). Nach einem Aufenthalt in der Heimat kehrte Ecklon 1828 in die Kap-Region zurück und unternahm zunächst einige lokale Exkursionen um Kapstadt. Dann startete er mit Zeyher zu einer Reise in die östliche Kap-Region und in die Kleine Karroo (Wörz, 2016, S. 78). Obwohl Ecklon und Zeyher für den Reiseverein reisten, erfolgte der Verkauf der Pflanzen aus den Exkursionen nicht über den Reiseverein. Die Briefe zwischen Koch und Zeyher beziehungsweise Ecklon stammen aus der Zeit nach den Exkursionen. Im Herbarium Erlangense liegen allerdings viele Belege, die aus den Exkursionen stammen.

Karl Friedrich Christoph Wilhelm Schnizlein (1780-1856), Vater von Adalbert Schnizlein (1814-1868), der Kochs Nachfolge in der Professur der Botanik antrat (vgl. Schnizlein S.70), war Magistratsrat und Landarzt in Monheim. Er arbeitete mit Steudel im Reiseverein Esslingen zusammen. Persönlich reiste er nicht, war aber Mitglied des Vereins und hat, wie Koch auch, mit seinem Vereinsbeitrag Reisen finanziert. Er hatte enge Verbindungen nach Erlangen. Koch stand mit Schnizlein in enger Korrespondenz. Schnizlein besaß ein umfangreiches Herbarium mit etwa 18.000 Arten, aus dem heute viele Herbarbelege im Herbarium Erlangense liegen.

3.2.3.5 Schwedische Akademie

Die Königlich Schwedische Akademie der Wissenschaften wurde 1739 unter anderen vom Carl von Linné in Stockholm gegründet. Fast 100 Jahre später, 1834, wurde Koch korrespondierendes Mitglied der Akademie.

Über die Schwedische Akademie pflegte Koch Kontakte insbesondere zu Sir **William Jackson Hooker (1785-1865)**, einem britischen Botaniker, Professor für Botanik an der University of Glasgow und erster Direktor des Royal Botanic Gardens in Kew bei London. Mittel aus einem Erbe ermöglichten Hooker unabhängige Reisen und ein Studium der Naturgeschichte, wobei er sich zunächst auf Vogel- und Insektenkunde spezialisierte. Später wurde sein Interesse auf die Botanik gelenkt. In den Jahren 1807/1808 bereiste er Schottland, die Hebriden und Orkney.

Hookers erste botanische Expedition führte ihn im Sommer 1809 nach Island. 1814 verbrachte er neun Monate in Frankreich, der Schweiz und Norditalien mit botanischen Forschungen und Erkundungen. Die Erstellung seines Herbariums brachte ihm unter den Botanikern weltweit hohes Ansehen. Durch seine Arbeiten zu Blütenpflanzen, Farnen und Moosen zählt Hooker zu den bedeutendsten systematischen Botanikern seiner Zeit. Beispiele seiner Veröffentlichungen sind *British Flora* (1830), *Characters of Genera from the British Flora* (1830) oder *British Flora Cryptogamia* (1833). Er war Mitglied, sowohl bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, als auch bei der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina. Zahlreiche Herbarbelege im Herbarium Erlangense bezeugen wissenschaftlichen Austausch zwischen Hooker und Koch.

Auch Sir **Joseph Dalton Hooker (1817 – 1911)**, der zweite Sohn von William Jackson Hooker, hatte Kontakte nach Erlangen. Von 1847 bis 1851 bereiste er Indien, 1860 Palästina, 1871 Marokko und 1877 die Vereinigten Staaten. Von 1865 bis 1885 war er Direktor des Royal Botanic Garden in Kew. Hooker lernte Charles Darwin kennen. Die beiden Wissenschaftler wurden enge Freunde und Hooker stand Darwin mit Rat und Tat zur Seite.

3.2.3.6 Botanische Gesellschaft Edinburgh

Robert James Shuttleworth (1810-1874) war ein britischer Botaniker. 1830 bis 1832 studierte er Medizin in Edinburgh. Außerdem sammelte er Pflanzen in den schottischen Highlands. 1836 war er einer der Gründungsmitglieder der Botanical Society of Edinburgh, in der auch Koch ab 1837 Mitglied war. 1840 veröffentlichte Shuttleworth Forschungen zu Süßwasser-Algen mit dem Mikroskop. Shuttleworth bezahlte Kollegen für das Sammeln von Belegen in Korsika, auf den Kanaren und in Puerto Rico und weiteren Orten in Nord- und Südamerika. Er selbst sammelte in den Sommermonaten in Südfrankreich, wo er mit Edmont Huet (1827-1906) zusammenarbeitete. Huet stand auch mit Koch im Kontakt.

3.2.3.7 Botanischer Tauschverein Wien

Der Botanische Tauschverein Wien gründete sich erst 1845/46, wenige Jahre vor Kochs Tod. Trotzdem befinden sich viele Belege im Herbarium Erlangense, die über diesen Verein erworben wurden (Skofitz, 1866).

Alexander Skofitz (1822-1892) war Pharmazeut und Botaniker, der sich als Kind viel in Brünn (Brno) und Laibach (Ljubljana), im Laibacher botanischen Garten, aufhielt. Der Garten wurde unter Franz Hladniks (1773-1844) Leitung mit der Flora der Region Krain kultiviert. Sowohl von Skofitz als auch von Hladnik sind Herbarbelege im Herbarium Erlangense hinterlegt. Im Alter von nur zwölf Jahren lernt Skofitz auf einer botanischen Exkursion den Kustos am

Museum in Laibach, Heinrich Freyer, kennen (Wurzbach, 1877, S. 75; wikisource, 2021). Von 1845 bis 1847 studierte Skofitz Pharmazie an der Universität Wien. Bereits 1845 gründete er den „Botanischen Tauschverein Wien“, der sich bald einer lebhaften Aufmerksamkeit erfreute und die Anzahl der Teilnehmer, darunter viele der bekannten Namen, stieg von Jahr zu Jahr. Die Anstalt entwickelte sich rasch zu einem der bedeutendsten Tauschvereine Österreichs (Anonymus, 1875). Im Durchschnitt gelangen jährlich 20.000 bis 30.000 Exemplare zur Verteilung, die alle auch durch Skofitz' Hand gingen (Steinbach, 1959).

Heinrich Freyer (1802-1866) war ein österreichischer Naturforscher, mit dem Koch über den österreichischen Tauschverein Kontakt hatte und wissenschaftliche Korrespondenz führte. Freyer machte in Laibach und Wien eine pharmazeutische Ausbildung. Von 1829 bis 1832 arbeitete er als Apotheker. Im Jahre 1832 wurde er für das kurz zuvor gegründete Krainische Landesmuseum in Laibach zum Kustos berufen. Ab 1853 war Freyer am Zoologisch-Botanischen Museum in Triest als Konservator tätig. Freyer war korrespondierendes Mitglied der Akademie der Wissenschaften in Wien. Zwischen Koch und Freyer gab es eine engere wissenschaftliche Zusammenarbeit. Koch benannte in der *Synopsis florum germanicarum et helveticarum* (Koch, 1843, S. 454) eine Pflanze nach Freyer, *Cirsium freyerianum* W.D.J.KOCH (Riedl-Dorn, 2019, S. 395).

Zu **Eduard Fenzl (1808-1879)**, einem österreichischen Botaniker, pflegte Koch ausgedehnte briefliche Korrespondenz. Als Fenzl, nach seinem Medizin Studium in den Jahren 1825 bis 1833 an der Universität Wien, Assistent an der Lehrkanzel für Botanik unter Joseph Franz von Jacquin (vgl. Jacquin, S.75) war, hatte Koch viele Berührungspunkte mit ihm. Von 1840 bis 1878 war Fenzl Kustos und Leiter des botanischen Hofkabinetts und von 1849 bis 1878 Professor der Botanik an der Universität Wien, sowie ab 1849 Direktor des Botanischen Gartens der Universität (Haynald, 1885). Im Jahr 1842 wurde er zum Mitglied der Leopoldina gewählt (Wunschmann, 1904).

Augustin François César Prouvençal de Saint-Hilaire (1779-1853) war ein französischer Botaniker und Forschungsreisender. Auf den Herbarbelegen des Herbarium Erlangense wird er als Auguste Saint-Hilaire geführt. Von 1816 bis 1822 unternahm Saint-Hilaire eine Reise nach Südamerika, wo er das Hinterland Brasiliens vom Nordosten aus bis zum Río de la Plata erforschte. Er sammelte 24.000 Pflanzen aus 6.000 verschiedenen Arten, daneben aber auch viele Tierarten, unter anderem 2.000 Vögel, 16.000 Insekten und 135 Säugetiere. Koch erwarb viele Belege von Saint-Hilaire über den botanischen Tauschverein Wien.

Philipp Maximilian Opiz (1787-1858) war österreichischer Forstamtskonzipist und Taxonom und im Herbarium Erlangense liegen viele Herbarbelege, die auf ihn zurückgehen. Durch Reisen innerhalb seines engeren Heimatgebietes im Riesengebirge lernte er die Flora Böhmens gründlich kennen und lieferte von 1809 bis 1812 für das von Johann Baptist Emanuel Pohl (1782-1834) herausgegebene Werk *Tentamen florae Bohemiae* einen erheblichen Beitrag. Er gründete die botanische Tauschanstalt von Böhmen

Obwohl **Ignaz Emanuel Dörfler (1866-1950)** erst nach Kochs Tod geboren wurde, kann auch er hier genannt werden, da heute zahlreiche Herbarbelege im Koch Herbar in Erlangen einsortiert sind. Der Botaniker Dörfler, der zunächst 1889-90 als Demonstrator im Botanischen Garten der Universität Wien wirkte, hatte schon 1893 die Leitung des Wiener Tauschvereins nach Alexander Skofitz übernommen. 20 Jahre lang unterhielt er einen ausgedehnten Handel mit herbarisierten Pflanzen, hatte weitreichende internationale Kontakte und beteiligte sich finanziell an Sammel-Exkursionen. Kontakte, die Koch zum Tauschverein aufgebaut hatte, wurden von Kochs Nachfolger Schnizlein fortgeführt, wie viele Herbarbelege von Dörfler belegen.

3.3 Kochs Werke und die Systematik im Gesamtbild der Botanik

Filum ariadneum Botanices est systema, sine quo chaos est Res herbaria. (Linné, 1755)

Deus creavit

Linnaeus disposuit (Stöver, 1792)

Kochs Werke im Kontext ihrer Entstehung, ihres Inhaltes und ihres Umfeldes In diesem Kapitel werden nun Kochs naturwissenschaftliche Werke als Beitrag zur Entwicklung der Botanik, insbesondere der Systematik untersucht. Die Behauptung, „Koch gebührt der Verdienst, dem natürlichen Pflanzensystem in Deutschland zum Siege verholfen zu haben“ (Löhr, 1953, S. 47), wird im Folgenden anhand von Kochs Werken erörtert, die als Spiegel seiner Arbeitsweisen, Denkweisen und gleichzeitig als nachhaltige Dokumentation seiner Untersuchungen dienen. Diese Arbeit soll sich über die bisherigen Denkschriften hinaus mit der Essenz von Kochs wissenschaftlichem Wirken beschäftigen und seine Kerngedanken anhand einiger, für kennzeichnend gehaltener Stellen im Detail erörtern. Schwerpunkt des naturwissenschaftlichen Interesses Kochs waren die Zusammenhänge der Natur der Arten und die Verbesserung ihrer Beschreibung im ‚natürlichen System‘ der Lebewesen. Koch schuf mit seinen Florenwerken, dem *Taschenbuch der Deutschen und Schweizer Flora* (Mertens & Koch, 1823) und der *Synopsis florae germanicae et helveticae* (Koch, 1838), Leitfäden für die deutsche Flora, die

über Generationen von Botanikern genutzt wurden (Wagenitz, 2000, S. 833). Aussagen und Erkenntnisse Kochs fanden in die Entwicklung der Botanik Eingang, besonders in diejenigen der systematischen Botanik.

3.3.1 Entomologische Hefte (1803)

Obwohl die Pflanzen Kochs größtes Interesse weckten, behandelte seine erste wissenschaftliche Veröffentlichung Insekten. Mit seinem langjährigen Freund, dem Pfarrerssohn Phillipp Wilbrand Jakob Müller (vgl. Müller, S.65) aus dem Nachbarort Odenbach, unternahm Koch zoologische Untersuchungen. Mit Koch und Müller fanden sich zwei verwandte Seelen, die in ihrer Freizeit einträchtig dem beruflichen Stress entkamen. Ein reger Briefwechsel, es sind allein 190 Briefe zwischen 1794 und 1824 erhalten, zeugen von einer äußerst intensiven naturwissenschaftlichen Zusammenarbeit (Zink, 1968, S. 13). Aus dem ausführlichen Briefwechsel zwischen den beiden jungen Gelehrten sprach eine überschwängliche Freude über einzelne Funde oder den Erwerb schöner Stücke durch Tausch. Ziel ihrer Studien war neben dem Katalogisieren der heimischen Insekten auch deren Systematisierung. Hier wurde Kochs Geschick und Können in systematischen Denkweisen erstmals deutlich. Ihre systematischen Erkenntnisse stellte die beiden Forscher nicht selten vor neue Rätsel und ließ sie ihre Systeme neu sortieren. In einem Brief vom 23. Oktober 1794 schrieb Müller an Koch:

„Ich ging aus, bracht täglich ein Schnupftuch voll nach Haus, beschrieb, konferierte, klassifiziert, fand mich aber nicht selten in großer Verlegenheit, indem ich manche als ganz neue beschrieb, und endlich fand ich, dass es bloße variable waren; bei sehr vielen mangelten mir aber, so wie es Linné erging, die gehörigen Ausdrücke, um ihre Verschiedenheiten auszudrücken. Ich ließ endlich die schwierigsten Arten weg und gab mich einstweilen nur mit den besonders hervorstechenden ab und beschrieb und rangierte sie als dann nach unserem neuen Lammellensystem; aber, o Himmel, wie die Natur doch so eigensinnig ist; ich glaubte es wäre das vollkommenste Schwammsystem, das noch je ein Gehirn ausgebrütet hätte; aber sieh, ich fand sehr vielen Schwämme, die die Bosheit hatten, entweder nicht in meine Ordnung zu passen zu wollen oder die durch ihre Rentabilität ganze Löcher in mein System rissen.“ (Zink 1968, S. 21)

Koch hatte verschiedene Aspekte entwickelt, um die Schwämme in einem System abzubilden. Alter, Lage, Durchschnitt, Umriss sowie Farbe, Lage der Lamellen, Insertion und Gestalt waren Kriterien für ihr entwickeltes System (Zink, 1968, S. 21). Für die Veröffentlichung ihrer Erkenntnisse nahmen die beiden Gelehrten ab 1800 Kontakt zum Kupferstecher Jakob Sturm

(vgl. Sturm S. 65) aus Nürnberg auf. 1803 gaben Müller und Koch die Entomologischen Hefte heraus, in denen sie ihre Erkenntnisse veröffentlichten. Sturm war für die Abbildungen der Arten in Müllers und Kochs Entomologischen Hefte verantwortlich. Die Entomologischen Hefte erschienen beim Verlag Friedrich Eßlinger in Frankfurt am Main; sie umfassten zwei Bände – Heft drei war nicht erschienen (Koch, 1803). Die Veröffentlichung war als eine Monographie der Gattungen *Pselaphus*, *Lathridius*, *Haltika* und *Dorcatoma* anzusehen (Zink, 1968, S. 18). Die Fundorte der Insekten waren Orte aus der Pfalz, also aus Kochs und Müllers Heimatregion: Meisenheim, Dürkheim, Kaiserslautern, Frankenthal, Otterberg, Kusel, Mannheim, Grünstadt und Schloss Böckelheim.

Die angehenden Gelehrten erbrachten mit der Veröffentlichung eine respektable Leistung. Eine sehr positive Kritik des Werkes erschien in der *Neuen allgemeinen Deutschen Bibliothek* im Jahre 1805. Die Rezensenten würdigten in dem vorliegenden ‚Werkchen‘ das Talent der Autoren und lobte diese, dass sie „nicht Anfänger, sondern geübte und gründliche Kenner“ seien. Auch die Bearbeitung der einheimischen Arten der Gattungen *Haltika* und *Dorcatoma* erhielt folgendes Lob: „So finden wir hier bei den Arten der Gattung *Haltika* einen Reichtum an Arten, wie kein Werk ihm bisher aufzuzeigen im Stande war“ (Zink, 1968, S. 18). Eine weitere Kritik erschien in *Gemälde aus Rheinbaiern* im Jahr 1817, auch diese erwähnte die Veröffentlichung von Müller und Koch positiv (Pauli, 1817, S. 22+24+112+114).

3.3.2 Catalogus plantarum, quas in ditioe florae Palatinatus legerunt G. Koch und I. B. Ziz (1814)

Beginnend mit Kochs Überarbeitung von Pollichs Flora der Pfalz, publizierte Koch eine Reihe botanischer Untersuchungen, die ihn im Laufe seines Lebens vom einem Arzt mit botanischem Interesse zum viel geachteten Pflanzenkenner und Professor der Botanik werden ließen. Koch, der sich schon von Kindheitstagen an mit der Pflanzenwelt der unmittelbaren Umgebung seiner Heimatstadt beschäftigt hatte, übermittelte um 1799 die ersten Ergebnisse seiner botanischen Streifzüge dem befreundeten Arzt und Botaniker Roth in Bremen (vgl. Roth S.62). Koch kommentierte verschiedene neue Pflanzen, die bisher in Pollichs *Pflanzen der Pfalz* übersehen worden waren und beschenkte Roth zugleich mit instruktiven Exemplaren von dieser Arten. Roth machte dies in seinem *Catalecta botanica* bekannt (Roth, 1797-1806). Dennoch strebte Koch eine eigene Veröffentlichung an und schloss sich dazu mit Johann Baptist Ziz (1779-1828) (vgl. Ziz S.67) zusammen. Koch stand mit Ziz bereits über Pflanzenaustausch in Kontakt, da Ziz im Gegensatz zu Koch in verschiedene Gebiete außerhalb der Pfalz zu botanischen

Exkursionen gereist war. Der gebürtige Mainzer war aber mit der Flora der Pfalz ähnlich vertraut wie Koch.

Koch und Ziz sammelten und wirkten viele Jahre gemeinschaftlich und verfassten 1814 den *Catalogus plantarum, quas in ditone florum Palatinatus legerunt*. Diese Veröffentlichung wurde auf gutem Papier in Oktavformat gedruckt, umfasste 24 Seiten und bestand aus zwei Teilen. Auf den Seiten drei bis 16 befindet sich ein Verzeichnis der Phanerogamen der Pfalz. In zwei Spalten sind die Gattungen und Arten mit Autor ohne Nennung von Familienzuordnung nach dem Linnéschen System geordnet. Nur vereinzelt werden Varietäten und Synonyme genannt (Spliger, 1938). Im Verzeichnis wurden keine Fundorte angegeben. Ab Seite 17 beginnt ein Teil mit dem Titel *Annotationes*. Hier befinden sich Beschreibungen von 26 verschiedenen Arten mit genaueren Angaben. Die *Annotationes* sind in lateinischer Sprache verfasst. Auch hier bildet die Abfolge das Linnésche System ab. Neben Taxon, Gattung und Art sind Autor, Beschreibung, Differenzierungsmerkmale, Synonyme, Sammelort und Sammler zu finden. Die meisten angeführten Taxa sind bereits bekannte und beschriebene Arten aus bekannten Orten der Pfalz, wie „auf Sand bei Mainz“, „Wäldern zwischen Oggersheim und Speyer“ oder „bei Wolfstein in Bergwäldern“, um einige exemplarisch zu nennen. In der Veröffentlichung beschrieb Koch sieben Erstbeschreibungen, das bedeutet, dass unter den Annotationen auch sieben Protolog für Typusbelege sind (Tropicos.org., 2021)

Die Darstellung der Erstbeschreibung von *Chlora acuminata* KOCH ET ZIZ (Koch & Ziz 1814) wird im Folgenden genauer erörtert. In dieser Veröffentlichung wird die „Art 15, Sub Chlora perfoliata“ (ohne Autor) von Koch noch in *Chlora perfoliata* Linn., *Chlora acuminata* Nova species., *Chlora lanceolata* Nova species unterteilt. Das Taxon *Chlora acuminata* wurde mit dem Vermerk „Nova species“ als Erstbeschreibung gekennzeichnet. Es folgt eine Beschreibung der einzelnen Pflanzenbestandteile in lateinischer Sprache. Neben der morphologischen Beschreibung der Art sind die Angabe des Fundortes und des Sammlers, „Circa Monspelium

Familie	Gattung Art Varietät	Autor	Protolog	Jahr
Gentianaceae	<i>Chlora acuminata</i>	W.D.J. Koch & Ziz	Cat. Pl. 20	1814
Gentianaceae	<i>Chlora lanceolata</i>	W.D.J. Koch & Ziz	Cat. Pl. 20	1814
Amaranthaceae	<i>Atriplex campestris</i>	W.D.J. Koch & Ziz	Cat. Pl. 24	1814
Potamogetonaceae	<i>Potamogeton semipellucidus</i>	W.D.J. Koch & Ziz	Cat. Pl. 5	1814
Brassicaceae	<i>Sinapis arvensis</i> var. <i>orientalis</i>	(L.) W.D.J. Koch & Ziz	Cat. Pl. Palat. 12	1814
Asteraceae	<i>Podospermum purpureum</i>	W.D.J. Koch & Ziz	Cat. Pl. Palat. 13	1814
Potamogetonaceae	<i>Potamogeton natans</i> var. <i>major</i>	W.D.J. Koch & Ziz	Cat. Pl. Palat. 18	1814

Tabelle 12: Übersicht, Erstbeschreibungen in *Catalogus der Pfalz* von Koch und Ziz 1814 aus Tropicos.org

legit Salzmann“, ungewöhnlich, denn Ort und Sammler sind nicht in beziehungsweise aus der Pfalz.

2. *Chlora acuminata*. Nova species.
C. foliis caulinis perfoliatis ovatis, calyce ultra medium octofido; lanciniis lanceolato-subulatis trinerviis, limbi laciniis ovatis acuminatis.
Circa Monspelium legit Salzmann. Præcedenti speciei valde similis, differt vero: foliis paulo longioribus, calycibus parum ultra medium tantum nec ad basin usque fissis, laciniis latioribus trinerviis, et limbo corollæ, cuius laciniæ latiores et acuminatæ sunt.

Abbildung 13: Ausschnitt aus dem Catalogus palatinant von Koch & Ziz von 1814, S. 12

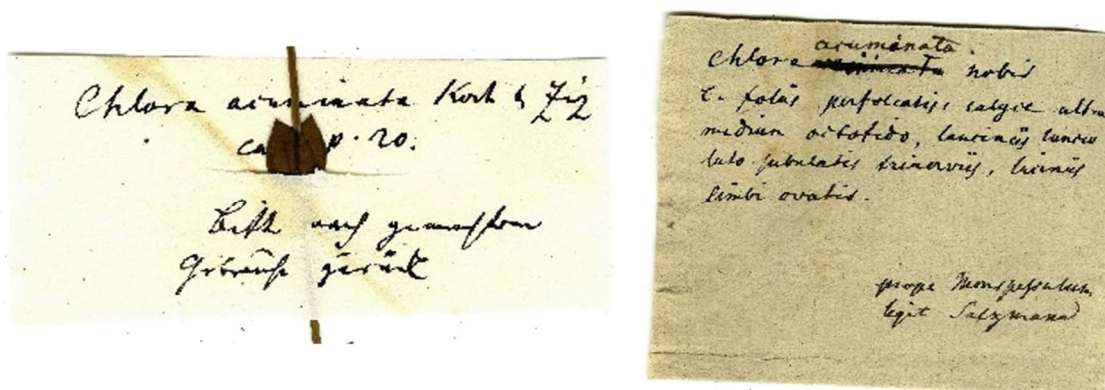


Abbildung 14: Vergrößerte Darstellung der Scheden, zum Beleg der *Chlora acuminata* Koch & Ziz gehörend, aus dem Herbarium Erlangense

Ein zum Protolog gehörender Originalbeleg aus dem Herbarium Kochs bestätigte die Angaben. Der beschriebene Herbarbeleg des Herbarium Erlangense ist ein Typusbeleg. Das Exemplar ist jenes Individuum, das die Grundlage zur Benennung des Taxons bildete. Der Beleg spielt eine unersetzliche Rolle bei der Zuordnung des Taxons. Er ist ein einzigartiger Referenzpunkt für den Namen und von unschätzbarem Wert in der Dokumentation der Neubeschreibung des Taxons. Die Autoren Koch und Ziz haben die Benennung auf der Basis von Linnés binärer Nomenklatur vorgenommen (Uhl, 2019, S. 102). Es handelt sich damit um die konsequente praktische Anwendung der Linné’schen Systematik, das Ergebnis einer Arbeitsweise, wie sie Koch auszeichnet und seine Werke über Generationen Bestand haben lässt.



Abbildung 15: Herbarbeleg der *Chlora acuminata* Koch & Ziz aus dem Herbarium Erlangense

Das Werk von Ziz und Koch schließt mit einigen Bemerkungen zu Arten, die in Pollichs *Flora palatina* (Pollich, 1776-1777) angegeben werden, die die Verfasser jedoch noch nicht beobachtet und nicht weiter bearbeitet hatten. Zum Schluss erwähnen die Verfasser, dass sie in kurzer Zeit einen *Catalogus plantarum cryptogamarum* herausbringen wollen, der aber nie erschienen ist (Spliger, 1938; Scriba, 1829).

Das Lob für die Veröffentlichung ließ nicht lange auf sich warten. Im Jahr 1818 entdeckte der Regensburger Botaniker Funck (vgl. Funck S.71) auf einer Reise nach Erlangen den *Catalogus plantarum* bei einem Kollegen und war so erfreut über den Inhalt des Werkes, dass er in der Flora der Gelehrtengeinschaft mitteilt (Funck, 1818, S. 523):

„Unter den literarischen Kleinigkeiten hat sich eine von großer Werthe vorgefunden: *Catalogus plantarum, quas in ditione florum palatinatus legerunt G. Koch et J Ziz* Da dieses Werk nicht in den Buchhandel gekommen ist, gleichwohl aber vielen botanischen Werth hat, und sogar wieder einen wahrhafte neuen Juncus enthält, der wohl in mehreren Gegenden aufgefunden werden könnte, so erlaube ich mir, einen Auszug beizufügen ...“

Auch der große französische Botaniker De Candolle rühmte die beiden Naturforscher in seiner *Flore française* Band 4 indem er sich mehrfach auf Koch und seine Pflanzenbeschreibungen um Kaiserslautern beruft (Candolle, 1815; Anonymus, 1831, S. 786).

Ein Schüler Kochs, Friedrich Schultz (vgl. Schultz S.68), schrieb 1845 in seiner Flora der Pfalz:

„Das Beste, was seit Pollich über die Flora der Pfalz erschienen ist, und vielleicht die gewissenhafteste Arbeit dieser Art, die wir haben, ist allgemein anerkannter Weise der: *Catalogus plantarum, quas in ditione florum Palatinatus legerunt G. Koch und I. B. Ziz Monuntiae, 1814* – Schade, dass die Verfasser die Orte, wo sie die Pflanzen gefunden, nicht beigesetzt haben, ich konnte sie deshalb nur bei solchen Pflanzen als Finder nennen, welche ich mich entweder erinnerte, mündlich von Ihnen selbst, oder von einigen ihrer Freunde erfahren zu haben, oder welche in Briefen von ihnen angegeben wurden.“ (Schultz, 1846, S. Vorrede IV ff.)

3.3.3 J. C. Röhlings Deutschlands Flora (1823, 1826, 1831, 1833, 1839)

Entstehung des Werkes und Arbeitsweise in der Bestimmung und Darstellung

Johann Christoph Röbling (1757-1813) veröffentlichte 1796 sein bedeutendstes Werk: *Deutschlands Flora, zum bequemen Gebrauch in tabellarische Form gebracht nebst erklärender Einleitung in die botanische Kunstsprache, ein Taschenbuch* (Otto, 1889). In der ersten Auflage 1796 bekräftigte er die Absicht: „Mit der Beschreibung der um Braubach, oder, wenn es seyn kann, der in der ganzen Niedergrafschaft Katzenelnbogen wildwachsenden Pflanzen keinen geringeren Beitrag zur Vollständigkeit der Flora von Deutschland zu liefern.“ (Röbling, 1796). Intention seines Werks war ein „verständliches Verzeichnis der deutschen Flora“, denn seines Wissens war diese Gegend bis dato noch nicht untersucht worden (Röbling, 1796). Er nannte Floren, die er als Muster verwendete: *Bayerische Flora* (1788 + 1793) von Schrank, *Roths Tentamen florae germanicae*, 3 Bände, Leipzig (1788-1800), *Hoppes Ectypa plantarum ratisbonensium, oder Abdrücke derjenigen Pflanzen, welche um Regensburg wild wachsen*, Regensburg 1787–1793 und *Hoppes Botanisches Taschenbuch* (1792). Wie in den Vorlagen hielt sich Röhlings Werk an das linnésche System von 24 Klassen. Als Referenz nannte Röbling die Methode nach der das linnésche Pflanzensystem von Weizenbeck (1786) und Roth (1797-1806) „dem Liebhaber zum bequemen Gebrauche ist“. Dafür erstellte Röbling einen ausführlichen erklärenden Teil zur Terminologie. Allerdings waren in diesem Teil kein Schlüssel oder genauere Beschreibungen zu finden, sondern nur einzelne Merkmale der genannten Arten (Wagenitz, 2000; Röbling, 1796). Röbling brachte auch eine zweite Auflage heraus. Diese erschien ebenfalls im Friedrich Wilmans Verlag Frankfurt am Main, und bestand aus drei Teilen. Der erste Teil mit dem Titel *Anleitung zur Kenntniß der äussern Theile der Gewächse Deutschlands* erschien 1812. Der zweite Teil, *Phanerogamische Gewächse*, erschien noch im gleichen Jahr. Der dritte Teil, *Kryptogamische Gewächse*, kam im Jahre 1813 auf den Markt. Leider war 1816 die zweite Auflage der Röhlingschen Flora Deutschland laut Verleger Wilmans schon fast vergriffen (Mertens & Koch, 1823). Der Verlag regte eine Überarbeitung für eine Neuauflage des Werkes an, derer sich der Bremer Botaniker Mertens annahm. Dafür suchte Mertens einen geeigneten Mitarbeiter, denn er hielt dies für ein „kühnes Wagnis, da eine vollständige Flora nur mit kräftigen Hilfsmitteln ausgestattete Universität solches hervorbringen könne“ (Mertens & Koch, 1823, S. Vorrede XII). Im Jahr 1820 besuchte Mertens Koch und trug ihm an, bei der Neuauflage von Röhlings Flora von Deutschland mitzuarbeiten (Wagenitz, 2000, S. 835). Die beiden Botaniker einigten sich rasch auf eine Zusammenarbeit,

was von der Fachöffentlichkeit allenthalben positiv wahrgenommen wurde (Stachow, 1844). Das Werk erschien in fünf Teilen in den Jahren 1823, 1826, 1831, 1833, 1839.

Für den ersten Teil teilten die beiden Wissenschaftler Mertens und Koch die Klassen untereinander auf und schickten sich gegenseitig ihre Skripte hin und her. In einem Brief schrieb Koch: „Professor Mertens führt durch die erste, zweite und dritte Linnésche Klasse, bis zu den Gräsern, deren Bearbeitung mir zu Theil wart“ (Stachow, 1844). Leider zwang Mertens bereits nach der Vollendung des ersten Bandes 1823 ein Augenleiden zur Schonung seiner Augen. Mertens erblindete recht bald, so dass Koch die Hauptarbeit blieb. Daraufhin kamen die zwei Wissenschaftler überein, dass von nun an Mertens für die folgenden Bände vornehmlich die Standorte der Arten niederschreiben sollte, da er diese aus eigener Erfahrung kannte und aus Floren beziehungsweise aus anderen Büchern entnehmen konnte. Des Weiteren sollte Mertens die Synonyme bearbeiten, Zitate, Beobachtungen und Bemerkungen hinzufügen, sowie fehlende Pflanzen in Form von Herbarbelegen und Original-Exemplaren besorgen. Dahingegen fiel Koch die Untersuchung und Beschreibung der Arten zu. Auf diese Weise folgten 1826 und 1831 zwei weitere Bände (Stachow, 1844). Der dritte Band der *J. C. Röhlings Deutschlands Flora* wurde so ausführlich gestaltet wie später Kochs *Synopsis*: neben den Diagnosen wurde jeder Art eine ausführliche Beschreibung mitgegeben, die meist mit den Merkmalen begann, durch die sich die Art von den nächstverwandten unterschied (Wagenitz, 2000, S. 846).

Beiden Verfassern, vor allem dem kränkelnden Mertens, wurde mit Vollendung des dritten Bandes der Beifall des Fachpublikums zuteil. Trotz der Schwierigkeiten während seiner Entstehung erreichte der Band ein „sehr hohen Grad an Vollkommenheit.“ (Mertens & Koch, 1823). Es erschienen Rezensionen in:

- der *Flora oder Botanische Zeitung*, verfasst von Nees von Esenbeck (1823);
- eine sehr ausführliche in der *Allgemeine Literatur-Zeitung*, 3. Band (1824, S. 87)
- in der *Jenaische Literatur Zeitung* verfasst von Wallroth (1825, S. 269);
- *Leipziger Literaturzeitung* (1826, S. 1312);
- *Isis* (Steudel, 1827, S. 103 und 134);

Stellvertretend sei hier ein Auszug aus der Rezension in der Allgemeinen Literatur Zeitung zitiert:

„Es ist vielmehr eine selbständige Arbeit, die in wissenschaftlicher Rücksicht durch den darauf verwendeten mühsamen Fleiß, die allenthalben sichtbare tiefe Sachkunde, die Menge neuer und schafsinniger Beobachtungen und Winke, endlich die treue Benutzung

eines nicht unbedeutenden Schatzes von Original - Exemplaren als ein unbestreitbares die botanische Kritik ist so reichhaltig, dass in dem weiten Umfang des deutschen Vaterlandes kein Freund der einheimischen Flora das Buch wird entbehren könne. Dass das Gebiet dieser deutschen Flora mehr oder weniger von den politischen Grenzen des Heiligen römischen Reiches umschlossen wird, liegt in der Natur der Sache“ (Anonymos, 1824a, S. 87).

Die beiden letzten Teile der *Flora Germanica*, die Bände vier und fünf, erschienen in den Jahren 1833 und 1839 und wurden von Koch allein herausgegeben.

Interessant ist, dass die Flora inhaltlich nicht ganz fertiggestellt wurde. Der fünfte Band endet nach dem Linnéschen System mit der 17. von eigentlich 24 Klassen. Kochs Arbeitsweise, alle Pflanzen mit „eigenen Augen gesehen zu haben“, war sehr zeitintensiv. Sowohl die Beschaffung des Untersuchungsmaterials, als auch die Analysen und deren Differenzierungen, kosteten Koch viel Geduld und häufige Nachforschungen oder Anfragen bei Kollegen. Da die Bearbeitung des fünften Bandes der Flora Deutschlands sich mit der Bearbeitung der Ausgaben der *Synopsis* überschneidet, musste die Bearbeitung eines der beiden Werke zurückstehen. Die Überarbeitung der Röhlingschen Flora Deutschlands wurde deshalb vermutlich aus zeitlichen Gründen nicht fortgeführt.

Inhaltliche-systematische Analyse der *Flora Germanica*

1. Grenzen des Untersuchungsgebiets

Das Gebiet, welches die Flora umfasste, beschrieb mehr oder weniger die politischen Grenzen des Deutschen Bundes, inklusive Teilen von Westpreußen. Folgende Außengrenzen beschrieben das Gebiet: von Kroatien als südlichsten und Schleswig als nördlichsten Punkt, gegen Nord-Ost und Ost Königsberg, hinter Schlesien und Mähren nach Wien bis Carlsstadt, im Westen den Rhein, die Mosel, nebst den üerrheinischen Ländern bis an die Grenze des Königreichs der Niederlande und zu den Küsten der Nordsee hinreichend. Das Gebiet umschließt ungefähr den Raum zwischen dem 23. bis 38. Längen- und dem 45. bis 56. Breitengrad (Mertens & Koch, 1823, S. Vorrede XVI ff.).

2. Terminologie

Der erste Band der 1823 erschienen Flora beginnt mit einem ausführlichen Verzeichnis der bei der Ausarbeitung des Werkes genutzten Schriften. In den folgenden Bänden wird das

Verzeichnis nochmals überarbeitet, weil es laut den Autoren im ersten Band „ohne Wert und voller Druckfehler sei“.

In der Einleitung werden klare Kriterien zur Bestimmung der Pflanzen erörtert. Anwendbare *Prädicate*, also sinnlich wahrnehmbare oder über das Verstehen erkannte Eigenschaften, wurden als Merkmale zur Unterscheidung verwendet. Allerdings stellen die Autoren klar, dass die Datenerhebung „ohne besondere Berücksichtigung der aus höheren physiologischen Untersuchungen“ folgenden anatomischen Zergliederung durchgeführt worden sei. Im ersten Band ist in einer ersten Abteilung auch eine sehr ausführliche Erklärung der Terminologie zu finden: in zwei getrennten, nach dem Alphabet sortierten Verzeichnissen werden die Erklärung der „*Hauptwörter*“ und die Erklärung der „*Beywörter*“ aufgeführt.

3. Methodologie, Anordnung, System

Die Autoren Koch und Mertens hatten sich zum Ziel gesetzt, die ihrer Meinung nach über dreißigtausend bereits bekannten Gewächsorten in einem System zu berücksichtigen. Um die Gesamtheit der Artenvielfalt mit einzubeziehen zu können, musste ein System zur Einordnung generiert werden. Angesichts des Umfangs der Aufgabe fühlten die Autoren sich nur im Stande, eine Einteilung in höhere oder niedrigere Abteilungen vorzunehmen. Bei der Ordnung der Pflanzen orientierten sich die Autoren an bereits vorhandenen Systemen und modifizierten diese. Sie sprachen von dem „*Methodus naturalis*“, einer natürlichen Methode, bei der die Pflanzen aufeinander folgend angeordnet wurden, abhängig von der Summe von Ähnlichkeiten oder Gemeinsamkeiten, die auf Verwandtschaftsverhältnisse schließen ließen. Die Autoren hielten die Pflanzen-Klassifikation von Bernhard de Jussieu aus dem Jahr 1773 einschließlich der Verbesserungen durch dessen Neffen Anton Lorenz für eine passende Grundlage (vgl. Jussieu S.17). Allerdings war es Mertens und Koch bewusst, dass in den von Jussieu aufgestellten Ordnungen „die Classen oft sehr künstlich und auf unsicherem Grund gebaut waren“. Als Art definierten die Autoren Individuen, die sich im Wesentlichen in den bei ihnen anzutreffenden Eigenschaften glichen und konstant verhielten. Dabei stellten Koch und Mertens fest, dass dieses Vorgehen zu einem „Nebeneinander“ führte, also einer Aneinanderreihung nach Ähnlichkeiten, wobei Übergänge regellos ineinander verschmolzen. Um Unvollkommenheiten und Inkonsistenzen in ihrem Vorgehen zu verbessern, nahmen sie einige Änderungen in der Systematik vor, wie sie bereits von anderen Botanikern ihrer Zeit vorgeschlagen worden waren, beispielsweise von Sprengel oder De Candolle. Ihr Ziel war es, die Summe der allgemeinen Regeln zu einem „Prinzip“ zu verbinden, indem sich alle Einzelheiten an einem geordneten Ganzen orientieren sollten, ein „richtiges System“, welches

„Ächte und natürliche“ Klassen beschrieb. Dazu kombinierten sie das Linné'sche System, dessen Problem es war, dass es im Grunde ein künstliches System *Systema artificial* war, mit Mustern aus den Anordnungen der Pflanzen durch Botaniker wie dem Franzosen De Candolle und dem Deutschen Sprengel. Sprengel wurde dann auch in der Einleitung des ersten Bandes der *J. C. Röhlings Deutschlands Flora* als „Geleitmanne“ bezeichnet. Das System Sprengels fasste die neuesten Untersuchungen anderer Wissenschaftler sowie seine eigenen Untersuchungen zusammen in einem berichtigten System der natürlichen Familien. Die Ordnungen in der *J. C. Röhlings Deutschlands Flora* entsprechen der Reihenfolge in Sprengels *Anleitung zur Kenntniss der Gewächse im 2. Teil der Zweiten Ausgabe* (1817-1818). Eine deutliche Abweichung von Sprengels System ergab sich bei der Bearbeitung der „Kryptogamischen Familie“. Koch und Mertens erkannten den großen Umfang und „so manche sehr auffallende Eigentümlichkeit“ bei den niederen Pflanzen, sie erklärten die Kryptogamen zu einem eigenen Hauptteil des Pflanzenreiches. Es waren also Koch und Mertens, die den eigenen Zweig der ‚Kryptogamen‘ erkannten, der im Jahr 1849 durch Hofmeister über eine vollständige Klärung in der stammesgeschichtlichen Verwandtschaft abschließend bestätigt wurde. Koch und Mertens beschlossen 1823, die „Familie der Kryptogamen“ komplett zu „übergehen“, nachdem sie deren Systematik in der gegebenen Zeit nicht abschließend würden klären können (Mertens & Koch, 1823, S. 223). Koch bemerkte auch bei weiteren systematischen Arbeiten die Problematik mit der Einteilung der niederen Pflanzen und stand diesbezüglich in Korrespondenz mit Hofmeister.

3.3.4 Generum Tribuumque plantarum umbelliferarum nova dispositio auctore G. D. I. Koch (1824)

Koch veröffentlichte im Jahr 1824 seine erste monographische Bearbeitung einer einzelnen speziellen Pflanzenfamilie. In der akademischen Zeitung der Leopoldina *Nova acta physico-medica Academiae Caesareae Leopoldino-Carolinae Naturae Curiosum* (1824-1825) erschienen auf den Seiten 55-157 Kochs Studienergebnisse zu Untersuchungen der *Umbelliferen* (*Apiaceae* oder *Doldengewächse*) mit dem Titel *Generum Tribuumque plantarum umbelliferarum nova dispositio auctore G. D. I. Koch*. Obwohl diese Veröffentlichung kein eigenständiges Buch war, handelte es sich doch um ein wichtiges und wegweisendes Werk im Hinblick auf die Systematik der Familie der Doldengewächse.

Entstehung des Werkes und Arbeitsweise in der Bestimmung und Darstellung

Bevor Koch 1824 seine Bearbeitungen zu den Umbelliferen in der Zeitschrift der Leopoldina veröffentlichte, hatte er bereits viele Jahre auf das Studium dieser Familie verwendet. Koch stützte sich dabei auf die Untersuchungen und Veröffentlichungen anderer Naturkundler, die sich bis dahin schon mit dieser Familie auseinandergesetzt hatten. Es waren namhafte Botaniker wie De Candolle, der 1813 in seiner *Théorie élémentaire de la botanique; ou, Exposition des principes de la classification naturelle et de l'art de décrire et d'étudier les végétaux* (1813) die Umbelliferen oberflächlich betrachtete. Georg Franz Hoffmann (1760-1826) veröffentlichte 1816 *Genera plantarum umbelliferarum* (Hoffmann, 1816). Hoffmann, der ab 1780 in Erlangen erst studiert, dann von 1789 bis 1792 zum Professor der Medizin ernannt worden war, beschäftigte sich ab 1804 während seiner Professur in Moskau intensiv mit Botanik, unter anderem mit den Doldengewächsen. Eine dritte Veröffentlichung, auf die Koch in seiner Bearbeitung der Umbelliferen zurückgriff, war Sprengels *Anleitung zur Kenntniss der Gewächse* (1817-1818).

In der Einleitung seiner Veröffentlichung beruft sich Koch explizit auf Hoffmann. Koch hatte die Entstehung von Hoffmanns Werk genau beobachtet und es war auch Hoffmann, der die Liebe Kochs zu der Familie der Umbelliferen weckte. In seinen Notizen hatte Hoffmann die Gattungen bereits „sehr klug“ zusammengestellt, dennoch hatte er offensichtlich nur „*alleinige Kennzeichen*“ für seine Einteilung verwendet, wie sich Koch in der Einleitung seiner Publikation beklagte (Koch, 1824, S. 57). Hoffmann analysierte sowohl die Blütenblattformen als auch die verschiedenen Arten der Kompression der Frucht. Sprengel charakterisierte und systematisierte über die verschiedenen „Grade der Blütenstände“. Allerdings stellt Koch in einem Brief an De Candolle fest:

„Mei muneris erat, plantas umbelliferas Germaniae describendi, quo labore vix incepto, statim intellixi, genera in systemate vegetabilium Roem. & Schult. A Sprengelio proposita (hujus merita caeterum maxime veneror) vix ullis characteribus inniti“ (Bernardi, 1975)⁵

Koch strebte mit seinem Werk Nachbesserungen an, indem er eine Methode zu finden beabsichtigte, mit der die Arten der Umbelliferen geordnet werden konnten und durch die die

⁵ Übersetzung Uhl: „Meine Aufgabe war es, die doldenblütigen Pflanzen Deutschlands zu beschreiben und obwohl diese Arbeit erst begonnen wurde, erkannte ich sofort, dass die Arten, die in dem System der Vegetation (Roem. & Schult.) von Sprenglius vorgeschlagen wurden (ich verehere seine Verdienste alles andere als höchst(?)) [sich] kaum auf irgendwelche Charakteristika stützen.“

Verwandtschaften der Arten über deren Formen und die entdeckten „Eigenthümlichkeiten“ eine Beständigkeit fanden. Dies versuchte Koch, indem die er Verwandtschaften über Teile der Fruktifikationsorgane bestimmte und Arten so miteinander verband (Koch, 1824).

Inhaltliche-systematische Analyse der *Generum Tribuumque plantarum umbelliferarum*

Schwerpunkt der Veröffentlichung Kochs zu den Umbelliferen in der akademischen Zeitung der Leopoldina war nicht die Beschreibungen einzelner Arten, sondern die Gliederung und ihre verwandtschaftlichen Verhältnisse der Arten innerhalb der Familie. Auch hier zeigt sich wieder, wie konsequent Koch nach systematischen Strukturen strebte und an Methoden interessiert war, die es ermöglichten, jedem Einzelbeleg einen logischen Platz im System zuzuweisen. Die Anordnung war in sogenannte Triben und Gattungen unterteilt. Koch schlug in seinem Werk 15 „Stämme“ vor. Vorweg zergliederte und charakterisierte Koch die „Blumenblätter“ und bildete Affinitäten zwischen den Arten. Sein Hauptaugenmerk bei der Systematisierung war die Betrachtung der Frucht. Er stellte völlig neue Parameter der Differenzierung auf. Er maß die Querdurchmesser der Frucht und verglich die verschiedenen Breiten der „Commissura“ (Verbindungsflächen der Frucht). Die größte Beachtung schenkte Koch der Form des sogenannten „Eyweise“ (Eiweiß oder Albumen: „Derjenige mehlig, oder fleischige oder ölige oder harte, oder knorpelige Theil des Samens der beim Reifwerden aus der verdickten Keimflüssigkeit oder Feuchtigkeit des Schafhäutchens seinem Ursprung und seine Nahrung erhalten hat, und sodann zur Nahrung des Embryos dient, wie etwa der Dotter dem im Eye eingeschlossenen Kücklein.“ (Mertens & Koch, 1823, S. 28). Laut Koch machte die Form des Eiweißes fast den gesamten Samen aus und er war der Meinung, dass sich darüber am besten Arten verbinden ließen. Um die Klassen zu trennen, wurden „Perikarpium-Erhebungsprozesse“ (mit Ausnahme der Spitzen) durchgeführt. Außerdem verband er die Zahl der „Juga“ (Jugum: „Fiederpaar“ Blättchenpaar, Rippe auf einigen Samen) und „Vittae dorsum“ (Vitte, auch Strieme: „durch dunkle Färbung erkennbare Längsstreifen auf den Samen der Doldengewächse, [...] die sowohl durch das Auge als auch durch Geschmack und Geruch charakterisieren.“ (Mertens & Koch, 1823, S. 85) miteinander und bildete an Hand dessen Verwandtschaftsverhältnisse (Anonymos, 1825). Des Weiteren waren die Erhabenheit oder Vertiefung und Breite der „Valleculae“ (die Zahl der Vittae commissurales) wichtig.

In Kochs Veröffentlichung folgt nach der Einleitung eine synoptische Übersicht der Triben und Genera. Danach folgt eine sehr ausführliche Beschreibung der einzelnen Arten mit 115 erklärenden Zeichnungen. Maximale Beachtung bekam die Gattung *Seseli*. Außerdem zeigt sich Koch im „zehnten Paragraphen“ sowohl als scharfsinniger als auch erfahrener Forscher bei

der Bearbeitung der Gattung *Libanotis*, indem er die Gattung *Libanotis* im Sinne von Crantz, die sich kaum von *Seseli* unterscheidet, in die Gattung *Seseli* einbettete. Nachfolgende Autoren übernahmen dies, wie beispielsweise De Candolle, der *Athamantam libanotis* L. (= *Libanotis montana* CRANTZ) mit den *Seseli* zusammengefügt (Candolle, 1829, S. 144-151; Koch, 1824, S. 109-111; Bernardi, 1975). Des Weiteren widmete sich Koch in seiner Veröffentlichung der Überarbeitung des bereits bekannten *Bupleurum*. Bei den Gattungen *Caucalis* und *Toril* beschreibt Koch die Frucht als den wesentlichen Charakter für die Systematisierung.

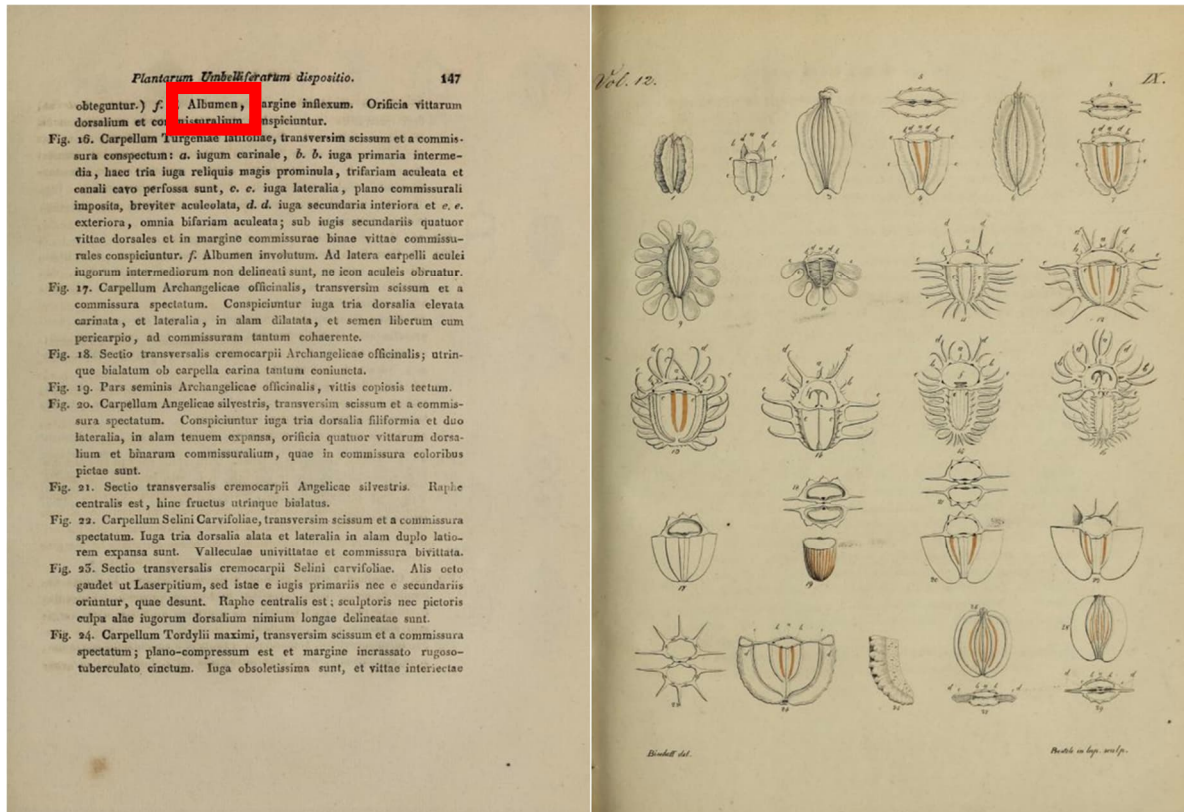


Abbildung 16: Aus *Plantarum Umbelliferarum* Seite 147 und Tafel IX mit Beschreibung und dazugehöriger grafischer Darstellung der Früchte: Die nummerierten Darstellungen in Abbildung 16 zeigen einige Beispiele, wie Koch die Samen und Eiweiß mit eigener Außenhülle beschrieb. Es erscheint in der Form verschieden zusammengesetzter flacher Oberflächen (Nr. 27 oder 12)

Koch war während der Erstellung der Arbeit in enger Korrespondenz mit De Candolle, so verwundert es nicht, dass sich De Candolle in seiner Bearbeitung der Umbelliferen 1829 dann auch auf Kochs Systematik stützte und diese lobend im Vorwort seines Werkes erwähnte:

„Les 15 tribus, proposé par M. Koch, me paraissent donc établies avec un esprit remarquable d'observation et de logique, et presque tous les gener offrent un degré de précision remarquable”⁶ (Candolle, 1829)

Das System Kochs hatte über ein halbes Jahrhundert später noch Bestand. Auch in Englers *Natürlichen Pflanzenfamilien* 1898 wurde Kochs Systematik übernommen: „Die meisten Gruppen welche Candolle im Zusammenwirken mit Koch auf gestellt und erklärt haben, sind als Tribus oder Subtribus natürlich und verdienen aufrecht erhalten zu werden....“ (Drude, 1898, S. 92).

In der *Flora oder Botanische Zeitung* wurde auf Kochs Artikel über die Umbelliferen mit einer ausführlichen Rezension aufmerksam gemacht (Anonymos, 1825). Darin wurden mit Nachdruck alle Botaniker aufgefordert, sich diese Einteilung der Familie anzusehen. Außerdem wurde darauf hingewiesen, dass die Umbelliferen auch in dem schon in Druck befindlichen zweiten Band der *J. C. Röhlings Deutschlands Flora* enthalten sei (Anonymos, Recensionen, 1825, S. 388).

3.3.5 De salicibus europaeis commentatio, qua ad orationem pro aditu muneris sibi demandati die sept. mdcccxxviii publice recitandam omni qua decet observantia invitatur
G. D. I Koch (1828)

Bereits 1821 übergab Koch eine Zusammenstellung verschiedener Salix-Arten an die Königlich Bayerische Botanische Gesellschaft zu Regensburg. Koch war sich der Bedeutung des „vielfältigen Wechsels der Gestalt und des Überzugs der Blätter“ bewusst. Er erkannte, „wie sehr man irren musste, in dem man Arten bloß nach der Form und dem Überzug der Blätter von den verwandten trennte“ (Koch, 1821, S. 356). Um sich einen Überblick über die Weidengewächse verschaffen zu können, startete er einen Aufruf über die Königlich Bayerische Botanische Gesellschaft zur Aufklärung dieser „verworrenen Gattung“ und bat darum, dass ihre Mitglieder aus verschiedenen Gegenden Exemplare zum Vergleich zusammentragen sollten. Er bot sich auch an, eine Revision zu übernehmen, wenn ein „Vorrath von Exemplaren aus verschiedenen Gegenden“ eingelaufen wäre (Koch, 1821, S. 458). Koch erhielt daraufhin von verschiedenen Botanikern Pflanzenmaterial. Besonders erwähnte er seinen Freund Mertens, von dem er einen Großteil des Vergleichsmaterials an Exemplaren zur Verfügung gestellt bekommen hatte. Die Belege stammten aus Schweden, Galizien und

⁶ Übersetzung Uhl: „Die von Herrn Koch vorgeschlagenen 15 Stämme scheinen mir daher mit einem bemerkenswerten Geist der Beobachtung und Logik gegründet zu sein, und fast alle Generationen bieten ein bemerkenswertes Maß an Präzision.“

England. Neben dem breiten Spektrum an Arten, die er als Herbarmaterial zusammengetragen hatte, muss Mertens ebenfalls eine große Anzahl an Arten im Botanischen Garten gezüchtet haben, denn Mertens erwähnt seinen fleißigen Gärtner. Des Weiteren ist auch eine Korrespondenz zwischen Koch und dem Gärtner des *Akademischen Garten Berlin*, Carl Friedrich Eduard Otto (1812-1885) dokumentiert. Mit De Candolle korrespondierte er ebenfalls über die Anordnung der *Salices*. Dieser schickte im Jahr 1829 an Koch „als Beweis seiner Verehrung eine kleine Abhandlung über die Gattung *Salix*“ (Bernardi L., 1975, S. 69).

Im Jahr 1828 brachte Koch als Ergebnis seiner Bearbeitung einen sogenannten *Commentatio der Salices* heraus. Das Werk erschien im Kunstmann Verlag in Erlangen. Es wurde in lateinischer Sprache verfasst und umfasst rund 60 Seiten.

Koch stellte mit seiner Veröffentlichung eine Organisation der Weidenarten (Gattung *Salix*) auf. Grundlage für die monographische Bearbeitung der Weiden war wieder das Werk von Linné, das Koch wie schon in anderen Bearbeitungen unter Verwendung einer breiten Auswahl an Vergleichsliteratur anwendete. Auch hier arbeitete Koch unter anderem mit einer Veröffentlichung von Georg Franz Hoffmann (1760-1826) (vgl. *Plantarum umbelliferarum* S.98), der sich im Bereich der höheren Pflanzen um die Beschreibung der Weiden verdient gemacht hatte (Hoffmann, 1785). Ein Verweis auf Hoffmanns Arbeiten wird in Kochs Veröffentlichung bei den Beschreibungen der Arten genannt. Des Weiteren hatten sich Abraham Rees (1743-1825) mit seiner *Rees's Cyclopædia* im Vorfeld mit Weiden beschäftigt. Diese Arbeiten waren für Koch hilfreich. Auch die „gründlichen“ Beschreibungen der Weiden in Schweden durch den schwedischen Botaniker Göran Wahlenberg (1780-1851) waren für Koch wichtig. In der Einleitung seines Werkes beschrieb Koch ausführlich Wahlenbergs Aspekte, die er für die Bewertung einer Art katalogisierte. Wie bei den Umbelliferen verwendete Koch für die morphologischen Charakteristika neben Blattform, -stiel, -rand, -oberfläche auch die Analyse der Fruktifikationsorgane und Ovarien. Koch beobachtete 135 Arten im lebenden Zustand und bekam dann auch noch die Gelegenheit 119 Arten zu untersuchen, da er das Herbarium von Johann Michael Zeyher (1770-1843) bei Johann Christoph Schleicher ausgiebig bearbeiten durfte. Belegt sind eine hochfrequente Korrespondenz und Pflanzentausch über den Garten in Schwetzingen, dem Johann Michel Zeyher als Hofgärtner vorstand.

Auf der Basis von Linnés Systematik, bestehend ursprünglich aus 31 beschriebenen Arten, bearbeitete Koch das „intricate“ Genus *Salix* (Anonymus, 1830). Koch stufte zwei der *Salices* als „exotisch“ ein. Er teilte die *Salices* in zehn „Kohorten“ auf und beschrieb rund 160

Weidenarten. Nomenklatorisch hielt sich Koch an Steudels *Nomenklator Botanicus* (1824). Die systematische Anordnung ähnelt der von Fries' *Syllage plantarum novarum a Societate bot. Ratisbonensi edita Tom. II S. 36* (Koch, 1828, S.5). Kochs Bearbeitung umfasste alle europäischen Arten und er setzte sich auch mit den Hybriden auseinander, die er aber nicht abschließend behandelte (vgl. Gärtner S. 21). Koch nannte zu etlichen Arten Zwischenformen, die er als Hybride beschrieb. In seiner späteren Veröffentlichung, der *Synopsis* (vgl. Kap. *Synopsis* S.105) nennt er nur noch eine Hybridart.

Kochs Systematik der Weidenarten bestand fort in dem es in anderen Werken weiterverwendet wurde. In der *Flora* wurde 1848 ein Text über die Weiden veröffentlicht, in dem auf Koch referenziert wurde (Wimmer, 1848, S. 308). Auch im *Jahres-Bericht der Schlesischen Gesellschaft für Vaterländische Cultur* (Bd. 25, 1847, S. 127) wurde auf Kochs Weiden-Aufstellung und Beschreibung Bezug genommen.

Kochs Betrachtungen der Weidenarten waren mit der Veröffentlichung noch nicht abgeschlossen. Während seines Kuraufenthalts im Voralpenland um Wildbad Kreuth im Jahr 1829 führte er erneut ausführliche Studien zu den Weidengewächsen durch (Koch, 1830). Seine verbesserte Systematik und Taxonomie zu den *Salices* veröffentlichte er 1836 in seiner *Synopsis*. Die verbesserte Ordnung der Gattung wurde mit Applaus von den Gelehrten aufgenommen.

„Die Bearbeitung der *Salices*, über deren europäische Arten der Verf. Bekanntlich früher eine eigene sehr lehrreiche Commentatio herausgegeben, ist ein wahres Musterstück in ihrer Art und man kann die Sorgfalt, mit welcher der Verf. Die Schriften und Exemplare der Autoren verglich, mit seinen Beobachtungen und Erfahrungen zusammengestellt, so wie die Behutsamkeit und Sicherheit, womit er die verwickelten Widersprüche gelöst oder auszugleichen versucht, nicht genug rühmen.“ (Wimmer, 1838, S. 396).

3.3.6 De plantis labiatis. Programma (1833)

Koch veröffentlichte 1833 die Ergebnisse seiner Untersuchungen zu den *Labiatis*. Die Lippenblütler waren aufgrund ihres medizinischen Gebrauches bereits frühzeitig beschrieben und geordnet worden. Im ersten Teil der Veröffentlichung wiederholte Koch die bereits bekannten Charakteristika der Lippenblütler (Koch, 1833). Koch stellte einige „Eigenthümlichkeiten fest, die bisher vernachlässigt worden waren“ (Anonymus, 1834). Der zweite Teil enthielt eine synoptische Tabelle mit den wesentlichen Charakteren der deutschen

Gattungen der Lippenblütler. Die Gliederung der Tabelle war wie ein synoptischer Schlüssel aufgebaut und erinnert in seiner Struktur an einen modernen Pflanzenbestimmungsschlüssel. Im Gegensatz zu den heute gebräuchlichen dichotomen Bestimmungsschlüsseln wurde in Kochs synoptischem Schlüssel nicht der Reihe nach gegliedert beziehungsweise abgefragt. Der Schlüssel ließ bei den unterschiedlichen Merkmalen sämtliche Möglichkeiten zu, die ein Lippenblütler besitzen kann. So ließ sich bei der Kombination einzelner Merkmale schnell auf eine Art oder auf eine Gruppe von Arten schließen bzw. andere Arten ausschließen. Am Ende der Schlüsselpfade wurden Arten und deren Blüten-Charakteristika, aber auch die der Fruktifikationsorgane, aufgeführt.

3.3.7 Synopsis Florae Germanicae et Helveticae (1837 + 1843) und Taschenbuch der deutschen und Schweizer Flora (1844 + 1848)

Im Jahr 1836 brachte Koch die *Synopsis florae Germanicae et Helveticae: exhibens stirpes phanerogamas rite cognitae, quae in Germania, Helvetia, Borussia et Istria sponte crescunt atque in hominum usum copiosius coluntur. Index generum, specierum et synonymorum* im Wilmans Verlag heraus. Das Werk erschien in zwei lateinischen und zwei deutschen Auflagen und schließlich in Form eines Taschenbuches als Exkursionsflora. In der deutschen Ausgabe waren einige Modifikationen bei den Zahlen und Abkürzungen notwendig, weil die Ausgabe in deutscher Sprache einen größeren Umfang gegenüber der Lateinischen hatte (Koch, 1838).

Geographisches Untersuchungsgebiet

Für die geographischen Beschreibungen seines Untersuchungsgebietes verwendete Koch als Grundlage zwei Karten, die *Tabulae geographicae: Deutschland entworfen und gezeichnet von C. F. Weiland*, Weimar 1833 (Abbildung 17), und *Die Schweiz oder helvetische Eidgenossenschaft, entworfen und gezeichnet von C. F. Weiland*, Weimar 1831 (Koch, 1838).

Der Übersichtlichkeit halber teilte Koch das Untersuchungsgebiet in drei Florengebiete ein, die kaum mit politischen Grenzen übereinstimmten: Das mitteleuropäische Florengebiet vom Fuß der Alpen bis zur Ostsee und Nordsee; die alpine Flora, die, vom Jura gebirge beginnend, entlang der Alpenkette bis Ungarn reichte; und den südlichen Teil des Florengebietes, der die mediterrane Flora von Oberitalien, österreichischen Litoralen, das adriatische Meer mit Istrien inklusive der Inseln Cherso, Osero und Veglia beschrieb. Des Weiteren bezog er das Elsass ein, sowie Ost- und West Preußen. Schließlich untersuchte er noch das Florengebiet der Schweiz, welches eindeutig mit Helveticae eingegrenzt wurde. Koch kennzeichnete die Arten

entsprechend ihrer Herkunft mit verschiedenen Buchstaben (Koch, 1838). Das Untersuchungsgebiet von Kochs Synopsis umfasste eine große und diverse Fläche, die ihm eine umfangreiche Artenkenntnis abverlangte. Koch klammerte bewusst Gebiete wie Galizien, Ungarn, Bosnien, Serbien und Dalmatien aus, obwohl diese Areale in der vormals geschriebenen *Flora germanica excursoria* von Reichenbach (1830) hinzugezogen worden waren (Wagenitz, 2000; Reichenbach, 1830-1832).

Um seine umfangreichen Untersuchungen durchführen zu können, benötigte Koch neben dem pflanzlichen Material auch Vergleichsliteratur. Sowohl die Beschaffung des Pflanzenmaterials, als auch der Literatur war nicht immer einfach und wurde oftmals nur über Kontakte innerhalb des Gelehrtennetzwerkes möglich. Aufgrund des weit gefassten geographischen Umgriffs und des artenreichen Umfangs seiner Flora war Koch diesmal ganz besonders auf die Zusammen-

arbeit mit den lokalen bzw. regionalen Wissenschaftlern angewiesen. Von ihnen erhielt er Unterstützung bei der konstanten Erweiterung, Korrektur und Aktualisierung seiner systematischen Schriften. Informationen wurden nicht nur über die Publikationen und Korrespondenzen ausgetauscht, sondern auch über persönliche Kontakte. Das Netzwerk der *res publica litteraria* war eine häufig genutzte Möglichkeit der Materialbeschaffung, insbesondere für Koch, der, wie weiter oben belegt, ein weitreichendes und zugleich engmaschiges Netzwerk an Kontakten pflegte.



Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

Abbildung 17: Deutschland / entworfen und gezeichnet von C. F. Weiland Weiland, Karl Ferdinand (1782-1847).[Quelle: "Quelle gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France" Or. En "Quelle gallica.bnf.fr / BnF".]

Systematik

Mit der Synopsis wollte Koch eine „erste gründliche und zuverlässige Darstellung der phanerogamischen Flora Deutschlands“ anfertigen (Wimmer, 1838, S. 389). Der pflanzensoziologische Teil der *Synopsis* beginnt mit einer Übersicht der Familien, geordnet nach den Klassen und Ordnungen des Linnéschen Systems. Im Anschluss daran werden die Arten angeführt, geordnet nach dem De Candolleschen System (1824-1873). Eine konsistente Aufstellung der Arten generieren zu können, setzte für Koch voraus, den Begriff der Art klar abzugrenzen. Er erläuterte seine Auffassung von ‚Art‘ sehr genau und verwendete sie unter Bezugnahme auf Aristoteles und Linné als Grundlage seiner Systematik. Im Gegensatz zu seinen früheren Untersuchungen bei der Überarbeitung der *Röhlingschen Flora* (Mertens & Koch, 1823) ging Koch nun davon aus, dass Merkmale, die zur Unterscheidung von Arten dienten, nicht alle a priori erkannt werden können. Daher hielt er neben detaillierten morphologischen Untersuchungen eine für jede Art individuelle Beobachtung und Abgleichung der Artzugehörigkeit für erforderlich. Dementsprechend konnten Zusammenhänge nur über artspezifische Unterschiede aufgestellt werden (Wimmer, 1838, S.381). Kochs Grundlage für die Zuordnung zu einer Art war die Stetigkeit, die den Charakter wahrte, d. h. die Fortdauer der Charakteristika über Generationen. Zur Ermittlung dieser Beständigkeit diente „der Same, in welchem die Kraft der Art ruhte“ (Wimmer, 1838, S. 376). Koch wies in seiner Einleitung explizit darauf hin, dass er nur Pflanzen aufgenommen habe, welche er bereits kannte oder die er hinlänglich untersuchen konnte (Koch, 1838). Dafür ließ sich Koch Samen und Pflanzen aus allen erreichbaren Regionen zusenden, um diese entweder im Botanischen Garten zu kultivieren oder als Herbarbelege zu konservieren und zu untersuchen. Ein wichtiger Bestandteil seiner Untersuchungen war die Frage nach Varietäten, Unterarten oder Hybriden. Koch unterschied häufig Varietäten, aber vergab keine Unterarten (Wagenitz, 2000). Varietäten und Hybridität, die durch Befruchtung verschiedener Arten entstanden, waren in Kochs Augen eine Ausnahme. Das kann an der Seltenheit festgemacht werden, mit der der Status Hybrid von Koch vergeben wurde. Denn trotz Kochs umfänglicher Beobachtungen nennt er nur eine einzige stabil gewordene *planta hybrida*, die Art *Salix fissa* EHRH., die aus einer Kreuzung von *S. viminalis* und *S. monandra* abstammte (Wimmer, 1838). Koch tauschte sich intensiv zu dieser Thematik mit Botanikern aus, besonders zu erwähnen sind hier Gärtner und Hofmeister. (vgl. Gärtner S.21 und Hofmeister S. 20).

In Briefen zwischen Koch und Gärtner aus Calw zweifelt Gärtner die in der Kochschen Synopsis von Koch aufgeführten Arten und Hybriden an. Er bietet ihm ein Tausch – seine sicher

wissenschaftlich belegbaren Hybride gegen Kochs in der Synopsis aufgeführten Individuen der Arten *Verbarscum*, *Digitalis*, *Geum* [...] für weitere seiner Studien. (Brief 17, vom 24. Juni 1839, von Gärtner an Koch)

In der ersten Auflage der *Synopsis* sind 360 Holzgewächse, 2.114 ausdauernde, 755 zweijährige und 280 einjährige krautartige Gewächse beschrieben (Anonymus, 1847, S. 51). In die zweite Auflage fanden über die Aufnahme der Kryptogamen weitere 62 weitere Arten Eingang, wie die *Equisetaceen*, die *Marsileacee*, *Lycopodiaceen* und *Filices* (Anonymus, 1847, S. 51). Koch beschrieb das Wesen und den Charakter jeder Art in klarer und bündiger Sprache, so kurz wie möglich und ausführlich, wo es die Sache erforderte, aber überall deutlich und bezeichnend. In seinen Diagnosen liess Koch die augenfälligsten und bedeutendsten Merkmale durch Kursivschrift hervortreten. Synonyme nannte er nur, wenn die Namen „verschieden“ waren oder zur Aufklärung einer Spezies beitrugen. Teilweise ergänzte Koch die Synonyme mit treffenden Erklärungen (Koch, 1838; Wimmer, 1838, S. 390).

Einige schwierige Sippen bearbeitete Koch meisterhaft. Im Folgenden werden Kochs systematische und beschreibende Bearbeitung an Beispielen einzelner Arten erörtert.

- Besonders zu erwähnen ist die Gattung *Thalictrum*, mit der sich Koch gründlicher als mit anderen Gattungen auseinandergesetzt hat. Er beschrieb die schwierig zu differenzierenden *Thalictrum*-Arten und enträtselte die Synonymie trefflich.
- Auf der anderen Seite führte er Arten zusammen, beispielsweise machte er die Trennung der *Cardamine sylvatica* von *C. hirsuta* rückgängig.
- Bei der Familie der Kreuzblütler ist die neuerliche, deutliche gegenseitige Abgrenzung der Sippen *Erysimum* und *Draba* herauszuheben.
- In der Familie der Violaceae änderte Koch den Status von *Viola rothomagensis* oder *V. elatior* von eigenständigen Arten zur Varietät der Art *V. tricolor*.
- Besonders zu erwähnen ist auch die Überarbeitung der *Rubi*, bei denen Koch viele Formen und Arten, die von Weihe und Nees von Esenbeck aufgestellt worden waren, alle unter der einen Art *Rubus fruticosus* zusammenfasst. Die Arbeit Kochs ist heute noch im Herbarium Erlangense anhand von vielen Typus Belegen der *Rubi* dokumentiert. Viele Belege des Herbars sind im Original von Weihe oder von Nees von Esenbeck.
- Ganz vortrefflich ist die Auseinandersetzung mit der Sippe *Rosa* in der *Synopsis*, die verschiedene Varietäten von verschiedenen Autoren als Arten betrachtete und benannte und deren schwer zu sichtende und verwickelte Synonymie von Koch geklärt wurde.

- Auch die Vollständigkeit der Bearbeitung der *Salices* ist bemerkenswert, hier stellt Koch viele verschiedene, bereits vorhandene Schriften und seine eigenen Beobachtungen und Erfahrungen zusammenfassend dar. Die Bearbeitung veröffentlichte er bereits 1829 als Monographie (vgl. Kap. *Salibus europaeus* S.102).
- Die Bearbeitung der *Gladiolus*-Arten sei hier in Ergänzung zu den Informationen aus der Sturmschen *Flora* als wissenschaftlicher Bearbeitung in Schrift und Bild erwähnt (vgl. Kap. *Botanik im Bild* S.121).
- Sogar die kritischen Formen und vielfältigen Übergänge bei der Gattung *Poa* werden von Koch meisterhaft unterschieden (Wimmer, 1838, S. 388 ff.) (vgl. Abbildung 18). Wimmer war es auch, der bereits 1838 die Außergewöhnlichkeit der Arbeit erkannte und diese in einer ausführlichen Darstellung erörterte:

„Wo es erforderlich schien, folgen Erläuterungen, welche zur genaueren Kenntnis der Art dienen sollen und entweder die weiteren Merkmale derselben und ihre Unterschiede von den nächst ähnlichen oder Bemerkungen über die Variationen über die Synonymie über die verwandten außerhalb des Gebiets wachsenden Arten bisweilen auch Rechtfertigung gegen unbegründete Angriffe enthalten [... der Autor deutet darauf hin,] dass es für die Wissenschaft wesentlich förderlich sei, dass die Grundlage in einer sicheren Breite feststehe, die wahren Arten in einer geordneten Übersicht vorliegen, der unnütze Ballast aber von leichtfertigen Arten, deren leider schon übermäßig angewachsene Zahl die leidige Synonymie täglich verwickelter macht, bei Seite geworfen werde: wüssten wir dem angezeigten Werke kein umfassenderen Lobspruch zu ertheilen, als wenn wir ihn in dieser Beziehung den Charakter der Klarheit und Zuverlässigkeit vindiciren und haben nur noch gegen den Verf. unseren Dank dafür anzusprechen, dass es ihm gelungen eine so vollständige auf gründlichen Studien beruhende und auf haltbare Prinzipien gestützte Übersicht der phanerogamischen Flora Deutschlands herzustellen“ (Wimmer, 1838, S. 388 ff.)



Abbildung 18: *Poa alpina*, aus dem Herbarium Leiden Naturalis, Schedere unten in Vergrößerung: „*Poa alpina*, ... dieses Exemplar aus den pyreneis orientalis ist größer als Gaudis Ex. [???] Pflanzen. Verleichen Sie den Halm, [...]“

Kurz nach dem Erscheinen der ersten Auflage wurde die strukturelle und systematische Herangehensweise der *Synopsis* für viele Botaniker Vorbild und Grundlage für weitere Floren. Mit der Verwendung in seiner *Synopsis* verhalf Koch dem De Candolleschen natürlichen Pflanzensystem, einer Weiterentwicklung des Linnéschen Systems, zum Durchbruch in Deutschland, wo sich bis dahin kaum ein Botaniker für De Candolles System interessiert hatte (Löhr, 1953). Das natürliche Pflanzensystem von Koch fand in nachfolgenden Floren Anwendung. Ein Beispiel für die Übernahme von Kochs Artenaufstellung ist die von Kunth (1838) angefertigte *Flora Berolinensis*. In seiner Einleitung nennt er Koch „hochberühmt“ und referenziert auf die *Synopsis* (Wagenitz, 2000, S.844). Auch für die *Flora von Thüringens* (Schönheit, 1850), die ein Jahr nach Kochs Tod erschien, wurde die *Synopsis* von Koch zur Grundlage der Bearbeitung. In der Einleitung heißt es, dass „die Kochsche Synopsis zur Grundlage des Werkes dienen sollte...“ (Wagenitz, 2000).

Von verschiedenen Autoren wurde Koch mit seiner *Synopsis* lobend erwähnt. Scheele lobte Kochs Werk in den *Beiträgen zur deutschen und schweizerischen Flora* (Scheele, 1843):

„Unter allen Spezialfloren zeichnet sich aber Kochs deutsche und schweizerische Flora auf eine so vortheilhafte Weise aus, dass sie so gleich bei ihrem Erscheinen mit allgemeinem und verdientem Beifall begrüsst ward. Dieses Werk ist durch die Gründlichkeit und Sorgfalt der Beobachtung, die Schärfe der Charakteristika, den seltenen Takt mit welchem die Natur aufgefasst und wiedergegeben ist, und die besonnene Auswahl der Citate ein wahres Meisterstück und eine Zierde deutscher Wissenschaft“ (Scheele, 1843)

Eben jene vielen Details in Kochs Werk, sowie die Schärfe in der Auffassung der Charakteristika, „die eindeutige und kompromisslose Unterscheidung der Arten, verbunden mit einer klaren und bündigen Darstellung, zeichneten die Synopsis aus und machten seine deskriptiven Werke zu dem verlässigen und sichersten Wegweiser für die Auffindung und Bestimmung der vaterländischen Pflanzen“ (Bischoff, 1850, S. 44).

Ein Schüler und enger Vertrauter Kochs aus seiner Heimat war Schultz (vgl. Schultz S. 68 und *Catalogus plantarum, quas in ditone florum Palatinatus* S.89). In Schultz' *Flora der Pfalz* (1846; S. IV) folgt die Anordnung der Pflanzen der von Kochs *Synopsis*. Nur bei denjenigen Pflanzenarten, bei welchen die Erfahrung Schultzes nicht mit der „seines grossen Meisters“ Kochs übereinstimmte, fügte Schultz Unterscheidungsmerkmale oder kurze Beschreibungen hinzu, was jedoch bei wenigen der Fall war (Schultz, 1846, S. IV).

Ein Nachfolger Kochs an der Universität Erlangen war Maximilian Rees (1845-1901). Rees war erst Privatdozent, ab 1872 dann Professor für Botanik und Pharmakognosie und Direktor des Botanischen Gartens in Erlangen. Rees, der selbst 1855 mit Hilfe der *Synopsis* seine ersten Pflanzen bestimmen durfte, schrieb in *Über die Pflege der Botanik in Franken* (Rees, 1884, S.25):

„Die Synopsis hat in den Schatten gestellt, was vor ihr und von sich abhängig gemacht, was nach ihr über die deutsche Flora geschrieben wurde. Koch hat im richtigen Augenblick das Bedürfnis nach einer ähnlichen Arbeit erkannt und das selbe glänzend befriedigt. Seine Vorzüge sind: einmal Vergleichung und Sichtung des überall zerstreuten Materials mit eigenen Augen; so konnte er die Synonymie wirklich bewältigen, Dann die auf scharfe Beobachtung und Kritik gegründete Sicherheit in der Aufstellung und Abgrenzung der Arten und Varietäten. Endliche und vor Allem die Schärft, Knappheit, Wesentlichkeit seiner Diagnose. In dieser Kunst ist Koch unerreicht geblieben.“

Rees gestaltete den Botanischen Garten nach pflanzengeographischen oder systematischen Kriterien in Gruppen auf der Grundlage der Kochschen Systematik (vgl. Kap. Botanischer Garten Erlangen S.126).

Die *Synopsis Florae Germanicae et Helveticae* wurde für viele Jahre zur Standardflora für Mitteleuropa (Wagenitz, 2000). Erst 1878 brachte Christian August Friedrich Garcke (1819 – 1904) eine *Flora von Deutschland* heraus, die das System Kochs mehr und mehr ersetzte (Wagenitz, 2000, S. 841).

3.3.8 Flora oder Botanische Zeitung

1818 gründete Hoppe die Zeitschrift *Flora oder Botanische Zeitung*. Sie wurde von der *Königlich Bayerischen Botanischen Gesellschaft* in Regensburg herausgegeben. Die *Flora oder Botanische Zeitung* enthielt Rezensionen, Abhandlungen, Aufsätze, Neuigkeiten und Nachrichten, die die Botanik betrafen und wurde damit ein Sprachrohr für die Gesellschaft der korrespondierenden Botaniker. Sie wurde bis 1965 herausgegeben. Erstmals Erwähnung fand Koch 1818 gleich in der ersten Ausgabe der *Flora*. In einem Reisebericht von Funck (vgl. Funck S.71) dokumentierte Funck seine Fahrt 1818 nach Erlangen für eigene Untersuchungen zu *Luzula* und *Juncus*. Für seine Forschungen warf Funck einen Blick in Nees von Esenbecks Herbarium. Funck fand neben Pflanzenbelegen im Herbarium auch den nicht im Buchhandel erhältlichen *Catalogus plantarum palatinatus* (1814). Die Autoren hatten *Luzula* und *Juncus*

mit der gängigen einschlägigen Literatur von Pollich, De Candolle und Linné bearbeitet. Funck konnte dank Kochs Werk seine wissenschaftlichen Fragestellungen klären. Gleich in der ersten Ausgabe der *Flora* vermerkte Funck den „großen Werthe“ des Werkes und trug so zur Verbreitung Kochs Veröffentlichungen bei (Funck, 1818).

Auch Koch nutzte die Botanische Zeitung gleich ab 1818. Er veröffentlichte seine Beobachtungen, Untersuchungen, Reisen und Korrespondenzen, obwohl er zu der Zeit noch als Pysikus in Kaiserslautern arbeitete. Kontinuierlich bereicherte Koch die *Flora* auch gemeinsam mit Fachkollegen oder für Fachkollegen mit methodischen Artikeln über Arten der deutschen Flora. Bemerkenswert waren Kochs sehr detaillierte populationsökologische Studien zu einzelnen Sippen und Arten.

Manche der Artikel erschienen später auch als eigenständige Veröffentlichung oder Monographien, wie die über *Salicies* oder *Umbelliferen*. Einige detaillierte Analysen aus der *Flora* wie beispielsweise über *Draba*, wurden später in Kochs großen Werken zusammengefasst herausgegeben (Koch, 1820, S. 191; Koch, 1823, S. 417). Nicht zuletzt durch die Zusammenfassung und Kondensation einzelner Untersuchungsergebnisse wurden die *J. C. Röhlings Deutschlands Flora* sowie die *Synopsis* zu Meilensteinen der botanischen Systematik. Wimmer hob die hervorragende Bearbeitung besonders hervor:

„Im Übrigen gehört die Bearbeitung der Cruciferae wegen der trefflichen Sichtung der Sippen sowohl als Arten und der zahlreichen Aufklärungen besonders in den verwickelten Sippen *Erysimum* und *Draba* zu den verdienstvollsten Theilen dieses Buches“ (Wimmer, 1838, S. 391-391).

Gleiches kann man im Fall der Bearbeitung der *Viola canina* und *V. montana* in der *Flora* (Koch, 1828, S.1), oder über *Orobis sylvaticus* in der *Flora* (Koch, 1829, S. 733) vermerken. Die die Bearbeitung der Arten durch Koch erschien in der *Flora*, aber die „gelungene Auseinandersetzung der Arten“ wurde letztlich erst nach Veröffentlichung in der *Synopsis* von der Fachöffentlichkeit bemerkt. Kochs über viele Jahre verteilt erschienenen detaillierten Bearbeitungen einzelner Pflanzenarten gerieten nicht in Vergessenheit, sondern hatten in seinen Werken Fortbestand und festigten schrittweise seine Ansichten über Charakteristika und Systematik in der allgemeinen Botanik.

Tabelle 13 zeigt eine Übersicht der Veröffentlichungen Kochs in der *Flora*:

Tabelle 13: alle Veröffentlichungen von Koch in der Flora oder Botanischen Zeitung

Ausgaben	Seiten	Inhalt
v.1:no.1 (1818)	517	Notizen über eine Reise nach Erlangen Hier erzählt Hoppe unter anderem von <i>Juncus</i> und <i>Luzula campestris</i> , das auch in Kochs <i>Catalogus plantarum</i> erschienen ist
v2:no.1 (1819)	394	Koch und Ziz Berichtigungen einiger Pflanzen in Pollichs <i>Flora palatinata</i>
v2:no.1 (1819)	508	Pflanzen, neue zu Pollichs <i>Flora palatinata</i>
v2:no.1 (1819)	613	Koch über <i>Saxifraga sponhemica</i> u <i>S. condensata</i>
v2:no.1 (1819)	715	Koch einige Bemerkungen über den <i>Senecio nemorensis</i> und <i>S. saracenicus</i> in <i>Flora palatina</i>
v. 3no.1 (1820)	208	Erklärung Reichenbachs über einen Kommentar Kochs
v.3:no.1 (1820)	208	Rückblick auf Kochs Bemerkungen in <i>Flora</i> 1819 Nr. 41 von Reichenbach
v.3:no.1 (1820)	191	Berichtigung: Berichtigung über <i>Draba aizoides</i>
v.3:no.1 (1820)	468	Bemerkungen über einige Pollichische Pflanzen von Koch (<i>Senecio Poll.</i> , <i>Cineraria integrifolia</i>)
v.3:no.2 (1820)	463	Aufsätze: Koch Bemerkungen über Pollichische Pflanzen
v.3:no.2 (1820)	587	botanischen Notizen: Koch über <i>Polygonum monspeliense</i> und <i>P. maritimum</i>
v.4:no.2 (1821)	456	Correspondenz: Koch über Weidenarten
v.4:no.2 (1821)	488	Correspondenz: Koch über Hoppische Pflanzen
v.5:no.2 (1822)	704	Bemerkungen: Koch fand bei Kayzerslautern auch <i>Sambucus racemosa</i> Individuen mit doppeltgefiederten Blättern...
v.5:no.2 (1822)	754	Neuigkeiten: Mertens und Koch Deutschlands <i>Flora</i>
v.5:no.2 (1822)	753	Correspondenz: Koch über Siebera und Sommerauera
v.6:no.1 (1823)	158	Koch Botanische Notizen: <i>Carex nigra</i> betreffend
v.6:no.2 (1823)	574	Koch: Reisende Botaniker: Reise Meldung [Reise Kochs mit Bischoff von Frankfurt über Regensburg nach München]
v.6:no.2 (1823)	385+402	Röhlings Deutschlands <i>Flora</i> , Nach einem erweiterten Plan bearbeitet von Prof. Mertens und Dr. Koch. Erster Band
v.6:no.2 (1823)	417	Aufsätze: Koch Abhandlungen über die zur <i>Flora</i> Deutschlands gehörigen Arten der Gattungen <i>Draba</i> [die dazugehörigen Abbildungen sind in, Sturm, J.W., Deutschlands <i>flora</i> , vol. 14 (1831-1833) und <i>Draba aizoides</i> ist auch im Sturm <i>Flora</i> Deutschlands no 5 (1804-1806) erschienen
v.6:no.2 (1823)	689	Aufsätze: Koch Beobachtungen über die Gattungen <i>Armeria</i>

Ausgaben	Seiten	Inhalt
v.6:no.2 (1823)	497	Aufsätze: Koch: über deutschen Cinerarien
v.7:no.1 (1824)	379	Beförderung Kochs vom Physikus in Kaiserslautern zum Professor in Erlangen
v.7:no.1 (1824)	185	Aufsätze: Sedum recurvatum und collinum
v.7:no.2(1824)	488	Koch: Conservation der Herbarien
v.7:no.2(1824)	447	Koch: Vertreibung der Insektenlarven bei Herbarien
v.8:no.1(1825)	190	Correspondenz: Koch: über einige bei Erlangen gefundene Pflanzen
v.8:no.1(1825)	89	Aufsätze: Juncus conglomeratus und effusus
v.8:no.2(1825)	387	Generum tribuumque plantarum umbelliferarum nova dispositio, Koch, Com tabulis tribus lithogaphicis
v.10:no.1(1827)	368	Mertens und Koch, Deutschlands Flora Bd. II.
v.11:no.1(1828)	1	Anzeigen: Koch, über Viola canina und montana Linn.
v.11:no.1(1828)	225	Anzeigen: Koch, botanische Bemerkungen
v.12:no.2(1829)	733	Correspondenz: Koch, über Orobus sylvaticus als ein neuer Beitrag zu Deutschlands Flora
v.13:no.1(1830)	114+ 132 149 178	Aufsätze und Abhandlungen: botanische Bemerkungen auf einer Reise nach dem Wildbade Kreuth.
v.13:no.1(1830)	319	Correspondenz: Koch Entdeckung des männlichen Strauches der Salix forbyana Smith in Deutschland
v.13:no.1(1830)	E36	Literatur: Koch des salicibus europaeis commentatio
v.13:no.2(1830)	664	Koch und Mertens Flora betreffend
v.13:no.2(1830)	665	Koch über einige Dianthus-Artne der deutschen Flora
v.13:no.2(1830)	713	Koch über die Zahl der Blüthentheile bei Chrysosplenium alternifolium
v.13:no.2(1830)	Bl. 1. S. 2	Desiderate für die Flora germanica
v.13:no.2(1830)	487	Botanische Reisende: Koch et Thumann
v.13:no.2(1830)	609	botanische Notizen: Koch über Silene polyphylla

Ausgaben	Seiten	Inhalt
v.13:no.2(1830)	709-713	Verzeichnis der Schriftsteller: Koch
v.14:no.1(1831)	32	Botanische Reisende: Koch, Martius, Noe
v.14:no.1(1831)	13	Correspondenz: Koch, über Saxifraga hypnoides u. sponhemica
v.14:no.1(1831)	Intellbl. 5.	Verzeichnisse von Pflanzen: zweites Desideratenverzeichnis für die Flora germanica exsiccata
1, 1831	145-160	Mertens und Koch, Röhrlings Deutschlands Flora, dritter Band
v.15:no.1(1832)	321	Abhandlungen: Koch über einige Anemonen aus der Rotte der Pulsatillen
v.15:no.1(1832)	49	Abhandlungen: Koch über einige in Deutschl. angebaute Pflanzen und ihre Aufnahme in die deutsche Flora
v.15:no.1(1832)	BBL 97	Abhandlungen: Koch über die Hederich-Arten der Deutschen und Schweizer Flora
v.15:no.1(1832)	129	Abhandlungen: Koch über einige Rosen, besondere die Rosa baltica Roth
v.15:no.1(1832)	1.	Abhandlungen Koch Sempervivum Funckii Bruan; eine neue deutsche Hauswurzart
v.15:no.1(1832)	80	Berichtigungen: Koch über Astragalus Mülleri, argenteus und subulatus
v.15:no.1(1832)	178	Correspondenz, Koch, über die Grenzen der deutschen Flora und seine Synopsis Florae Germanicae et Helveticae
v.15:no.1(1832)	206	Botanische Notizen: Koch über Phleum Gerardi, Phyteuma persicifolium, Kondia Epipactis
v.16:no.1(1833)	126	Koch über Dinanthus, Alectorolophus, Vicia angustifolia, Pimpinella nigra
v.16:no.2(1833)	766	Notizen: Deckers Pflanzensammlungen aus Sicilien
v.16:no.2(1833)	766	Todesfall Decker
v.17:no.1(1834)	91	Koch über Helleborus odorus und viridis
v.17:no.1(1834)	138	Koch über Loefflingia hispanica
v.17:no.1(1834)	254	Anfrage und Bitte: Koch, Bitte an meine Freunde, welche ausser dem preussischen Zollvereine wohnen stc
v.17:no.1(1834)	305	Anfragen und Bitten: über einige Achillen, welche Wulfen in den Bergen bei Lienz angibt
v.17:no.1(1834)	225	Koch Bemerkungen über einige deutsche Pflanzen
v.17:no.1(1834)	49	Koch Tanacetum officinale und palustre erweisen sich durch die Zucht aus dem Samen als eine und dieselbe Art
v.17:no.1(1834)	223	Koch, de plantis labiatis

Ausgaben	Seiten	Inhalt
v.17:no.1(1834)	303	Koch: Anfrage
v.17:no.1(1834)	318	Koch: Correspondenz: Zwei briefliche Mittheilungen des Hrn Prof. Trevianus in Bonn an Koch
v.17:no.1(1834)	368	Koch: Correspondenz: eine Erzählung Kochs zu <i>Loeflingia hispanica</i> bzw <i>Scleranthus annuus</i>
v.17:no.2 (1834)	608	über einige Arten der Gattung <i>Senecio</i> ; von Hr. Hofr. Koch in Erlangen
v.18:no1(1835)	209	Abhandlungen: Koch, <i>Sempervivum globiferum</i> Linn. Spec. Plantar.
v.18:no1(1835)	240	Bemerkungen u. botanische Notizen: Koch, über <i>Tanacetum palustre</i>
v.18:no1(1835)	257	Abhandlungen: Koch, die deutschen <i>Erigeronen</i> . Sendschreiben an Prof. Dr. Hoppe
v.18:no1(1835)	361	Ankündigungen und Anzeigen: Koch's Synopsis der Flora von Deutschland und der Schweiz betreffend
v.18:no.2(1835)	638	Correspondenz: Koch, über <i>Androsace chamaejasme</i> , <i>A. pilosa</i> et <i>A. villosa</i>
v.18:no.2(1835)	670	Notizen, botanische: Über Koch's Synopsis florae Germaniae
v.19:no.1(1836)	61	in der Flora S 61 ist en Bericht über eine Untersuchung zur Frucht von <i>Lloydia</i> dazu wurden von Nees von Esenbeck Exemplare von Braun, und Maritin (Appenzell) unterducht und weiter Exemplare von Koch in Erlangen erbeten
v.19:no.1(1836)	161	Abhandlungen: <i>Biasolettia</i> , <i>Hladnikia</i> , zwei neue Gattungen der Doldengewächse
v.19:no.1(1836)	Beibl.65	Abhandlungen: tabellarische Übersicht der Ordnungen des natürlichen Systems, welche die Flora Deutschlands und der Schweiz aufzuweisen hat
v.19:no.1(1836)	187	Korrespondenz: über <i>Saxifraga cernua</i> L.
v.19:no.1(1836)	333	Botanische Notizen (<i>Senecio Doria</i> L. <i>Senecio sarracenicus</i> Linné)
v.19:no.2(1836)	691	Notizen, botanische.: Koch, über die <i>Semperviva</i> der Flora Deutschlands
v.20:no.2(1837)	736	Berichtigungen: Koch: über Dr. Braun's Entdeckung von <i>Orob. sylvaticus</i> für die Flora Deutschlands
v.21:no.1(1838)	289	Abhandlungen. Entdeckung des in Kochs Synopsis schon aufgeführten <i>Juncus nigritellus</i> Don. und dessen nähere Beschreibung
v.21:no.1(1838)	001. 023	Abhandlungen: Koch, Zusätze und Verbesserungen zu meiner Synopsis Florae Germanicae et Helveticae 1.23
v.21:no.1(1838)	Inteli.bl. 32	Anfragen und Bitten: Koch, Synopsis der deutschen und der Schweizer Flora.
v.21:no.1(1838)	238	Correspondenz: Koch, Entdeckung der <i>Saxifraga retusa</i> im Gebiete der deutschen Flora

Ausgaben	Seiten	Inhalt
v.21:no.2(1838)	697	Abhndlungen: Koch: noch einige Bemerkungen über <i>Senecio doria</i> , <i>S. saracinicus</i> , <i>S. nemorensis</i> und <i>S. octoglossum</i>
v.21:no.2(1838)	760	botanische Notizen: Koch: über <i>Ranunculus columnae</i> und <i>segueiri</i>
v.21:no.2(1838)	484	Correspondenz: Koch: zu Erläuterungen des Zusatzes p. 80 und der Anmerkung p 32 dieses Jahrgangs : <i>Orobanch</i>
v.21:no.2(1838)	628	Correspondenz: Koch: über <i>Saxifraga oppositifolia</i> und <i>Saxifraga retusa</i> der Sturm'schen Flora
v.21:no.2(1838)	710	Correspondenz: Koch: über <i>Senecio octoglossum</i> an Prof. Hoppe
v.22:no.1(1839)	2	Abhandlungen: Koch, <i>Moehringia diversifolia</i> Dolliner, ein neue deutsche Pflanzenart
v.22:no.1(1839)	14	Berichtigungen: Koch, wegen <i>Pastinaca selinoides</i> Visinai.
v.22:no.1(1839)	21	Correspondenz: Koch über <i>Festuca drymeia</i> M. et K. und <i>F. sylvatica</i> Villars
v.22:no.1(1839)	45	Berichtigungen: Koch: wegen <i>Gladiolus illyricus</i>
v.22:no.1(1839)	107	Botanische Notizen: Koch, über die deutschen Standorte des <i>Hypocrepis littoralis</i> und der <i>Fumaria acaulis</i>
v.22:no.1(1839)	216	Correspondenz: Koch: <i>Bupleurum baldense</i> Waldst, et Kot. , eine von Hr'n Assessor Tommasini für die Deutschlands Flora von Neuem aufgefunden Pflanze
v.22:no.1(1839)	225	Abhandlungen: Koch: über die <i>Polygala buxifolia</i> minoris folio Vaillant
v.22:no.1(1839)	383	Correspondenz: Koch, über die <i>Ophrys</i> -Arten der Triestiner Gegend
v.22:no.1(1839)	364	Abhandlungen: Koch: <i>Ornithogalum tunicatum</i> Presl und <i>O. pusillum</i> Schmidt
v.23:no.1(1840)	353	Abhandlungen: Koch: Zusätze und Verbesserungen zu meiner Synopsis Florae germanicae et helvetica, Von Hofrath Dr. Koch in Erlangen
v.23:no.2(1840)	Bbl. 34	Koch in Jever, Pflanzentausch
v.23:no.2(1840)	672	Koch, Berichtigung über <i>Orchis ornithogali</i>
v.24:no.1(1841)	289	Abhandlungen: Koch, zwei Excursionen nach Streitberg und Muggendorf
v.24:no.1(1841)	63	Bitte: Koch, über <i>Cherleria sedoides</i>
v.24:no.1(1841)	141	Rechtfertigung: Koch, über die Ursachen seiner Ablehnung des Amtes eines ersten Geschäftsführeres bei der Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Erlangen
v.24:no.1(1841)	159+ 349	Botanische Notizen: Koch Die <i>Rhizobotrya</i> ist keine Heimathlose mehr

Ausgaben	Seiten	Inhalt
v.24:no.2(1841)	417, 433 449, 481 497,, 513	Abhandlungen, Koch, Zusätze und Verbesserungen zur Synopsis Florae Germanicae et Helveticae
v.24:no.2(1841)	697	Correspondenz: Koch, über Carex distans, C. vulva und Hornschuchiana
v.24:no.2(1841)	655	botanische Notizen: Koch, Bemerkungen zu einigen Stellen der diesjährigen botanischen Zeitung, über Carix Oederi Juncus nigritellus, u Scirpus trigonus
v.25:no.2(1842)	529	Abhandlungen: Koch, über deutsche Erdbeeren
v.25:no.2(1842)	633	Abhandlungen: Koch über Saxifraga planifolia, S. seguieri und eine verwandte Art
v.25:no.2(1842)	734	Correspondenz: Koch, über Viola amoena und Anthemis agrestis
v.25:no.2(1842)	585	Koch, über Erysimum ochroleucum,
v.25:no.2(1842)	587	Koch, Festuca pseudo myurus u. scioroides
v.25:no.2(1842)	526	Koch, über einige Arten der Gattung Geum
v.25:no.2(1842)	704	Koch, über Ornithogalum pusillum.
v.25:no.2(1842)	571	Koch, über die Arten der Gattung Pulsatilla
v.25:no.2(1842)	639	Koch, über Thalictrum flavum
v.26:no.1(1843)	431	Ankündigungen und Anzeigen: Koch, Taschenbuch der deutschen und schweizerischen Flora
v.32 (1849)	712 ff.	Nekrolog Koch

Nicht selten kamen Kochs Beschreibungen und Ordnung von Arten einer Neuentdeckung, Trennung oder Untergliederung gleich. Dies zog teilweise Erstbeschreibungen von Arten, Sippen oder Familie nach sich. Von den bei Tropicos, zuletzt besucht 01.10.2018 genannten 392 Erstbeschreibungen Kochs erschienen zehn Protologe für Typusbelege in der *Flora oder Botanischen Zeitung* (vgl. Tabelle 14).

Tabelle 14: Liste der Erstbeschreibungen Kochs, deren Protologe in der Flora oder Botanischen Zeitung erschienen. Generiert aus Tropicos am 12.12.2020 (!! = nom. cons., ! = Legitimate, ** = Invalid, *** = nom. rej., * = Illegitimate)

Familie	!	wissenschaftlicher Name	Autor	Protolog	Datum
Papaveraceae	*	Corydalis ochroleuca	W.D.J. Koch	Flora 14: 708	1831
Asteraceae		Senecio subalpinus	W.D.J. Koch	Flora 17(2): 614	1834
Apiaceae	*	Hladnikia	W.D.J. Koch	Flora 19(1): 166	1836
Apiaceae	*	Hladnikia	W.D.J. Koch	Flora 19(1): 166	1836
Apiaceae	*	Biasoletia	W.D.J. Koch	Flora 19: 163	1836
Equisetaceae		Equisetum × trachyodon	(A. Braun) W.D.J. Koch	Flora 22: 305	1839
Caryophyllaceae		Arenaria marschlinsii	W.D.J. Koch	Flora 24(2): 509	1841

Ranunculaceae	Thalictrum sylvaticum	W.D.J. Koch	Flora 24: 426	1841
Plumbaginaceae	Armeria purpurea	W.D.J. Koch	Flora 6(2): 710	1823

3.3.9 Koch und die Botanik im Bild

Bildliche Darstellungen von Pflanzen hatten für die Botanik als Wissenschaft im 18. und 19. Jahrhundert eine große Bedeutung. Als visuelle Repräsentanten eines realen Sachverhalts, als Abbild eines Ausschnitts der Wirklichkeit gaben sie die Erkenntnisse und Beobachtungen der Wissenschaftler wieder. In der Funktion eines Transportmediums für Wissen konnten Bilder für sich stehend Informationen autonom vermitteln. Über den besonderen handwerklichen Vollendungsgrad der Zeichnungen und Kupferstiche, der die morphologisch detailgetreuen floralen Motive genau wiedergab, wurden Pflanzendarstellungen zu Werken der bildenden Kunst, die wiederum eng mit dem jeweilig vorherrschenden Zeitgeist verbunden waren. Des Weiteren konnte über die Herstellung und Verbreitung von Pflanzenabbildungen Wissen vermittelt werden. Die Bedeutung und der Kontext, in dem die Bilder standen, waren höchst variabel und vielseitig. Bereits im 18. Jahrhundert entstanden bildliche Illustrationen, die für Koch mehr als nur ein Abbild einer real existierenden Pflanze waren, sondern Informationsquelle und Vorbild für seine eigenen Floren. Dazu zählten einige herausragende illustrierte Floren, wie der *Plante Selectae* von Trew (Trew, 1750-1773) oder die von dem Nürnberger Kupferstecher Michael Rößler (1705-1777) und seinem Sohn Martin (1727-1782) als Zeichner gestaltete *Flora Danicae* (Oeder, 1753-1883) oder die von Koch viel zitierten und referenzierten Werke *Flora Austriaca* vom Österreicher Nicolaus Joseph von Jacquin (Jacquin, 1773–78) (vgl. Jacquin S.21 und S.75). Jacquin hatte künstlerisch einen hohen Anspruch und systematisch orientierte er sich an der neuesten Forschung, denn die *Flora Austriaca* wurde als Anhang zur 10. Auflage von Linnés *Systema naturae* (1758) herausgegeben (Linné, 1735-1768). Unter den in Österreich erschienenen botanischen Büchern beanspruchten die Werke Jacquins wegen ihres wissenschaftlichen, künstlerischen und bibliophilen Wertes den ersten Rang (Dolezan, 1973, S. 136). Jacquins *Flora Austriaca* war eines der großen Abbildungswerke der zweiten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts. Es orientierte sich in vieler Hinsicht an der *Flora Danica*, deren Erscheinen kurz vorher in Kopenhagen begonnen hatte und im Vorwort der *Flora Austriaca* ausdrücklich als Vorbild genannt wurde (Jacquin, 1773-78). Dargestellt wurden in diesem Werk auf den großformatigen, kolorierten Kupferstichen nur die Zählungen, aber der wissenschaftliche Name, der Pflanzenillustrator und der Stecher wurden nicht genannt und bleiben auch im Vorwort unerwähnt. Beschrieben und abgebildet wurde eine Fülle von in Mitteleuropa verbreiteten Pflanzen, von denen manche noch keine binären Namen erhalten

hatten (Lack, 1999, S. 543). Koch referenzierte bei vielen seiner Charakterisierungen von Arten auf eben jene Abbildungen von Jacquin, wie beispielsweise in dem Aufsatz *Einige Bemerkungen über den Senecio nemorensis und S. sarracenicus der Flora palatina und Flora badensis, von Hrn. Dr. Koch in Kaiserslautern* erschienen in der *Flora oder Botanischen Zeitung* (Koch, 1819, S. 317).

Besonders zu erwähnen ist Kochs Zusammenarbeit mit dem Künstler und Kupferstecher Jakob Sturm (vgl. Sturm S.65). Bereits in seinen ersten naturwissenschaftlichen Veröffentlichungen (1803) ergänzt Koch seine Arbeiten mit Illustrationen angefertigt von Sturm.

Sturm selber verfasste über einen Zeitraum von 64 Jahren als Illustrator, Kupferstecher und Herausgeber in einer Person das Florenwerk *Deutschlands Flora in Abbildungen nach der Natur mit Beschreibungen* (Sturm, 1798- [1862]). Das Werk entstand im kleinen Duodezformat und in konsekutiven Einzelbänden (Nissen, 1966, S. 183). Diese Form der Herausgabe ermöglichte Sturm, sich von Ausgabe zu Ausgabe zu verbessern und schließlich zu exzellenter Qualität heranzureifen. Die Illustrationen aus Sturms Bildband *Flora Deutschlands in Abbildungen* stammen alle aus der Hand Sturms persönlich. Schreber (vgl. Schreber S.11), als Sturms naturwissenschaftlicher Ziehvater, war der Meinung, „die Naturgeschichte benötige spezialisierte Illustratoren, die um die Balance von Genauigkeit und Schönheit wußten“ (Ludwig, 1998, S. 152). Mit Hilfe Schreibers und weiterer Naturwissenschaftler gelangte der Künstler Sturm zu dem Fachwissen, welches eine naturgetreue Wiedergabe der Pflanzen gewährleistete. Sturm pflegte ab 1824 auch engen Kontakt zu Koch, als dieser die Professur in Erlangen übernahm. Koch nahm Sturm mit auf Exkursionen, ermöglichte ihm Studien im Botanischen Garten Erlangen oder legte ihm Herbarbelege vor (Sturm, 1798- [1862], S. Index, S. IV Vorbericht) und ermöglichte ihm so, sich in der Pflanzenbeobachtung zu schulen. Viele Original-Herbarbelege von Koch, die als Vorlagen für die Sturmschen Illustrationen dienten, beherbergt das Herbarium Erlangense noch heute. Ein Beispiel ist das Orangerote Habichtskraut *Hieracium aurantiacum* L.. Sturms Abbildung (vgl. Abbildung 19) zu der Pflanze gibt den vollständigen Habitus wieder. Zum Vergleich ist der original Herbarbeleg, der als Vorlage diente neben der Sturmschen Illustration in Abbildung 19 und 20 zu sehen.



Abbildung 19: *Hieracium aurantiacum* L., Herbarbeleg aus: Herbarium Erlangense, Erlangen. Orangerotes Habichtskraut – Herbarbeleg



Abbildung 20: *Hieracium aurantiacum* L., aus: Jacob Sturm, Deutschlands Flora in Abbildungen nach der Natur mit Beschreibungen, Abt.1, Bd. 10, 1817, XIX.1, UBE, H00/BOT 774.

Das Arrangement der Pflanze stimmt in Sturms Illustration und dem Herbarbogen überein. Zusätzlich wurden farblose Nebensbilder gezeichnet, die die Blüte mit Blütenstiel in natürlicher Größe, den Stempel mit Narbe, den Staubgefäßen, die Kapsel und die Samen zeigten. Sturm illustriert auf seinen Kupferstichen alle wichtigen Charakteristika jeder Art, die für eine zweifelsfreie Bestimmung notwendig waren. Sturm legte großen Wert auf die Wiedererkennbarkeit der Pflanze. Neben einer Zuordnung war auch die Systematisierung innerhalb Gattungen möglich. Die Sturmsche Flora hat im Gegensatz zur Jacquinschen *Flora Austriaca* zusätzlich ausführliche Beschreibungen zu jeder Abbildung. Die Beiträge zu den Abbildungen der Pflanze in Sturms Werk stammten von verschiedenen bekannten Botanikern Deutschlands (Isphording, 2008, S. 94). Ausdrücklich erwähnt in der Sturmschen Flora wurde Koch, der wichtige Abhandlungen lieferte. Durch die detaillierten schriftlichen Darstellungen

als Ergänzung zu den Bildern, deren Genauigkeit von Heft zu Heft zunahm, erhielt das äußerlich kleine und unscheinbare Werk Sturms den Beifall der Botaniker (Hilpert, 1849, S. 7).

“Wenn wir den Gang genau betrachten, welches dies Werkchen seit der Entstehung genommen hat, so finden wir die Wahrheit bestätigt, dass Kunst sich durch Übung bilde, ein solides Werk mit der Zeit vervollkommt und geründet werde, und die Botanik unaufhaltsam fortschreite.“ (Anonymus, 1818, S. 33).

Bis zu Sturms Tod erschienen 151 Hefte mit mehr als 2.000 Kupfertafeln. Allerdings konnte Sturm sein Werk nicht fertig stellen. Seine beiden Söhne, Johann Heinrich Christian Friedrich (1805-1862) und Johann Wilhelm (1808-1865), die ihn in späteren Jahren bei seiner Arbeit unterstützt hatten, vollendeten das Werk. Noch knapp hundert Jahre später war es Grundlage der bekannten Reihe *J. Sturm's Flora von Deutschland* (Sturm, 1900 - 07), die zwischen 1900 und 1907 erschien. Koch war maßgeblich am Erfolg von Sturms Werk beteiligt (Sturm, 1798-[1862], S. VI Vorbericht (1839). Die *Synopsis Florae Germanicae et Helveticae* (Koch, 1838) war Grundlage des deskriptiven Teils der Sturmschen Flora. Die Beteiligung Kochs an Sturms *Deutschlands Flora in Abbildungen nach der Natur mit Beschreibungen* ermöglichte Koch, seine Forschung besonders in Bezug auf die „germanische“ Flora und das aktuelle Wissen der Botanik in einem Medium neben rein deskriptiven Veröffentlichungen illustriert zu publizieren (Dietz, 2017, S. 125). Wie Koch bei der *Synopsis* war Sturm wegen des umfangreichen, deutschlandweiten Geltungsbereichs seiner *Flora* auf die Zusammenarbeit mit lokalen und regionalen Wissenschaftlern angewiesen, die ihn bei der konstanten Erweiterung, Korrektur und Aktualisierung seiner systematischen Schriften unterstützten. Der Wissensbildungsprozess zwischen Sturm und Koch wurde besonders gefördert durch ihre räumliche Nähe. Informationen wurden nicht nur über die Publikationen und Korrespondenzen ausgetauscht werden, sondern oft auch über persönliche Kontakte.

Inhaltlich richtete Sturm den Blick in seinen Bildern auf die der Vielfalt unterliegenden Struktur. Bei den pflanzlichen Darstellungen rückte die Erfassung und Ordnung der Artenfülle in den Vordergrund (Jahn & Krauß, 1998, S.220). Diese Bemühungen hatten nicht nur eine gründliche Kenntnis aller Gattungen zur Voraussetzung, sondern erforderten auch ein bedeutendes Abstraktionsvermögen (Mägdefrau, 2013, S. 79). Dies gelang Sturm zum einen über die Betonung der morphologischen Differenzierung der Arten innerhalb der Gattung in seinen Illustrationen, zum anderen, indem er ergänzende Texte von namhaften Wissenschaftlern schreiben ließ, in denen soziologische Aspekte oder ökologische Faktoren wie beispielsweise Licht, Wärme oder Standortfaktoren sowie geographische Einflüsse

berücksichtigt wurden. Beispielsweise konzentrierte sich Koch auf die Frage, warum eine Pflanze an einem Ort vorkam und an einem anderen Ort nicht. So stellte David Heinrich Hoppe (1760-1846) in einem Brief an Koch fest, dass „Kräuter der Alpen [...] wie die menschlichen Bewohner derselben, sich nicht an des Auslands Ebenen gewöhnen, sondern starben, da sie nicht, wie diese, in das geliebte Vaterland zurückkehren konnten.“ (Hoppe, 1805, S. 105). Damit wurden in der *Sturmschen Flora* die komplizierte Bedingtheit von morphologischer und physiologischer Erscheinungen untersucht (Jahn & Krauß, 1998, S. 322). Dies konnte am Beispiel der Gattung *Gladiolus* L. aus der Familie der Schwertlilienartigen aufgezeigt werden, deren Darstellung eine scharfe morphologische Trennung der fünf einzelnen Arten mit der dazugehörigen Synonymie beschreibt (Jahn & Krauß, 1998, S. 303).



Abbildung 21: eine Reihe verschiedener Gladiolus Arten aus der Sturmschen Deutschland Flora

In Sturms Werk wurden alle in Deutschland vorkommenden Arten der Gattung *Gladiolus* L. monographisch mit ihren diagnostischen Merkmalen und reicher Fundortsinformationen und ökologischer Angaben nebeneinander dargestellt (vgl. Abbildung 21), meist von der Wurzel über den Stängel bis zur Blüte (Isphording, 2008, S. 100). Zusätzlich ermöglichte in Kombination mit den Abbildungen ein Bestimmungsschlüssel, der gegenüber den Werken des 18. Jahrhunderts eine Neuerung war, eine genaue Identifizierung einer gefundenen Pflanze (Lienhard, 2005, S. 378).

Die bildlichen Präsentationen bieten viel mehr als nur die Morphologie der dargestellten Pflanze. Es zeigte sich, dass Bilder eine Fülle von Vorstellungen aufnehmen und transportieren können. Dies reicht von einer Ästhetisierung der Bilder, bei der Grund und Aufgabe der Darstellung kaum mehr eine Rolle spielen, bis hin zur Präsentation von minimalen morphologischen Varianten (Kötter, 2007). Trotz des kleinen Formats bot das Sturmsche Werk *Flora Deutschlands in Abbildungen* einen sehr hohen inhaltlichen Wert wegen Kochs schriftlichen Ausführungen zu den Zeichnungen. In der *Sturmschen Flora* wird deutlich, dass

den Wissenschaftlern, allen voran Koch, klar wurde, dass der Sinn der systematischen Tätigkeit nicht allein darin lag, einen bestimmten Formenkreis in zahlreiche Arten und Varietäten zu gliedern, sondern den Zusammenhang zwischen Formenkreisen und den Ursachen für Formendifferenzen erkennen und erklären zu können.

3.3.10 Orte des wissenschaftlichen Arbeitens

Botanischer Garten

Mit seinem Amtsantritt als Professor wurde Koch von 1824-1849 auch Direktor des Botanischen Gartens Erlangen und erwirkte sehr rasch Mittel und Wege für die königliche Genehmigung für Veränderungen des Gartens (Engelhardt, 1843, S. 143). Unter anderem waren Verlegungskosten, aber auch die Ausgaben für die Herrichtung des Wohnhauses im Schlossgarten mitinbegriffen, außerdem die Anstellung eines Aufsehers im botanischen Garten ab 1825 (Botanischer Garten, 2004). Nicht nur örtlich veränderte sich der Garten, auch strukturell gestaltete Koch den Garten komplett neu. Er legte eine Systemanlage an, die die Systematik des Pflanzenreichs vermitteln sollte, sowie eine große Sammlung von Arzneipflanzen und stellte den Garten als Infrastruktur für botanische Forschung zur Verfügung stellte. Damit leitete er die Emanzipation der Botanik als Disziplin ein (Jahn & Krauß, 1998, S. 306). Er vollzog damit, wie auch andere Universitäten seiner Zeit, den Wandel der Anlage vom Medizinalgarten zu einer wissenschaftlichen Institution und einem Forschungszentrum. Auf diese Weise bot der Botanische Garten in Erlangen sowohl Gelehrten wie pflanzenkundlich Interessierten neben einer großen botanischen Diversität auch die Möglichkeit, Pflanzen von der Knospe über die Blüte bis zur Frucht zu beobachten (Uhl, 2021). Allerdings musste auch Koch für die Finanzierung den Garten in zwei Parzellen trennen, einen **Ökonomischen Garten** und einem **Hauptgarten**. Für den Ökonomischen Garten wurde eine Baumschule angelegt. Dort wurden unter anderem 1.000 Maulbeerbäume großgezogen, deren Verkauf an die Züchter von Seidenraupen zwischen 1829 und 1831 jährlich 200 Gulden einbrachte. Ein Maulbeerbaum aus dieser Zeit steht noch am Eingang des Botanischen Gartens neben der Kinderklinik. In einem Teil des Ökonomischen Gartens versuchte man Getreide und Ölsaaten anzubauen. Der Ertrag des Ökonomischen Gartens wurde auf Tagelohn verwandt (Engelhardt, 1843, S. 143). Allerdings war der Getreide- und Ölsaatenenertrag wegen des nährstoffarmen, trockenen Bodens kaum gewinnbringend. Mit der wirtschaftlichen Nutzung des Botanischen Gartens, der Kultivierung und dem Anbau von Nutzpflanzen, war Erlangen keineswegs alleine. Viele Anlagen rechneten mit den wirtschaftlichen Vorteilen, es entstand sogar unter den betroffenen europäischen Mächten durchaus eine Art Wettbewerb untereinander (Groove, 2010, S. 78).

Für den Bereich der Forschung erstellte Koch im Botanischen Garten ein langgestrecktes Grundstück mit zahlreichen, quer verlaufenden Beeten, auf denen Arzneipflanzen, einjährige oder ausdauernde Pflanzen angebaut wurden. Sowohl die krautartigen Gewächse als auch das Arboretum, welches im mittleren Teil des Gartens angelegt worden war, wurden dem breiten Publikum zugänglich gemacht (Botanischer Garten, 2004). Koch nutzte diese Felder auch für seine Forschung. Er ließ sich Samen und Pflanzen aus diversen Regionen zusenden, um diese zu kultivieren. Mehrfach betonte er, dass er nur Pflanzen, die er selber haptisch in Händen gehalten und mit eigenen Augen gesehen hatte, in seine *Synopsis* aufnahm (Koch, 1838; Koch, 1892, S. Vorwort). Mit dem nationalen und internationalen Artenspektrum verlieh Koch dem Erlanger Botanischen Garten einen wissenschaftlichen Anspruch, der eine Basis für taxonomisches Arbeiten bot (Jahn & Krauß, 1998, S. 306). Der Garten kostete Koch viel Zeit und Kraft. 1840 wurden ihm allerdings (nach einem schweren Kopfleiden) von seiner Universität dringend benötigte und eigentlich schon zugesagte Gelder für sein Institut versagt. Die Mittel wurden Wortführern anderer Interessen zugesprochen. Koch empfand dies als schmachvolle Zurücksetzung von Seiten seiner Kollegen. Vermutlich war dieses Ärgernis nur ein „Tropfen“, dennoch brachte er das Fass zum Überlaufen; Koch entschied anschließend, seinen Nachlass explizit nicht der Universität Erlangen zuteil werden zu lassen.

Herbarium

„Unter diesen Umständen wird ein zukünftiger Betrachter zweifelsohne Lücken oder Fehler entdecken“ (Merill, 1917)⁷

In Erlangen fand Koch bei seiner Amtsübernahme 1824 nur wenige herbarisierte Exemplare von seinen Vorgängern vor. Durch den wissenschaftlichen Austausch getrockneter und gepresster Pflanzen sammelte Koch eine Vielzahl von nationalen und internationalen Belegen. Koch formierte das Herbarium Erlangense im 19. Jahrhundert zu einem Ort mit vermehrtem

⁷ So beschrieb E. D. Merrill im Jahr 1917 seine Arbeit am Herbarium Amboinense von Rumphius, das im 17. Jahrhundert angelegt worden war (Merrill, 1917). Merrill geht davon aus, dass ergänzende Interpretationen aufgrund anderer oder größerer Wissensbasis zu einem späteren Zeitpunkt aufkommen werden. Spätere Betrachtungen lassen auch soziologische oder wissenschaftshistorische Überlegungen anhand der Herbarbelege und deren individuellen Objektgeschichten zu.

Artenreichtum unabhängig von Ort und Zeit. Auch das Herbarium war, wie der Botanische Garten, den Nutzern eine Forschungsinfrastruktur (Jahn & Krauß, 1998, S. 307).

Die Basis des Herbarium Erlangense war ein reicher Fundus an Herbarexemplaren, die Koch von seinen bisherigen Untersuchungen und Projekten in der Pfalz mit nach Erlangen brachte. Das Dokumentieren der zahlreichen Herbarbelege, die aus der Zeit vor dem Amtsantritt Kochs (aber aus seinem Fundus) stammen. Koch erweiterte das Herbarium stetig mit Referenzbelegen der lokalen Flora, Tauschobjekten, herbarisierten Exemplare aus seinen Studien im Botanischen Garten. Darüber hinaus beinhaltete die Sammlung Funde aus großen und kleinen Expeditionen, wie beispielsweise der bemerkenswerten Südamerika-Expedition von Martius (vgl. Martius S. 73) und Johann Baptist von Spix. So kommen etliche tropische Belege aus Brasilien in das Artenspektrum des heutigen Herbarium Erlangense. Außerdem erwarb Koch Belege von Wissenschaftlern aus Sammelexkursionen. Deswegen unterstützte Koch auch Forscher bei Exkursionen, so auch Ferdinand Decker aus Ansbach, der die südeuropäische Flora erforschen wollte (Koch, 1831). Jedoch verstarb dieser nach vielfachen Strapazen, Entbehrungen und Bemühungen um Pflanzenbelege auf der Umrundung der Insel Sizilien völlig erschöpft in Palermo (Anonymos, 1833, S. 766). Die gesammelten Pflanzen von Decker müssen Koch dennoch nach Erlangen geschickt worden sein, denn im Herbarium Erlangense liegen die von Professor Vincenzo Tineo (1791-1856) aus Palermo nachbestimmten und revidierten Pflanzenbelege, die aus der Gegend von Palermo und den Nebroden stammen.

Das Herbarium Erlangense dokumentiert noch weitere Kooperationen Kochs mit Gelehrten. Beispielsweise liegen im Herbarium Erlangense eine große Anzahl Belege aus dem Riesengebirge und der Ukraine. Dies war auf den Umstand zurückzuführen, dass der Botaniker Besser Koch bat, einige Pflanzen bestimmen zu lassen. Wertvolle und einzigartige Belege, unter anderem auch Typusbelege aus der Ukraine, werden seither im Koch Herbar gelagert (vgl. Besser S.79).

Das Herbar blieb für Koch zeitlebens eine elementare Grundlage für seine vorwiegend deskriptiven und klassifikatorischen Arbeiten, zumal er manche Arten, die er in seinen Werken nannte, nie in situ, sondern nur als Herbarexemplare gesehen hatte. Er kannte den Inhalt und den Umfang seines Herbars auf das genaueste und wusste exakt, welche Art im Herbar gelagert wurde, von wem und wo diese gesammelt worden war. Anfragen und Bearbeitungen belegte er nicht selten mit konkreten Herbarexemplaren aus seinem Herbar:

„Von der *Aquilegia alpina*, womit doch Linné's Beschreibung der gleichnamigen Pflanze in der Spec. Pl. 1.572 mehr übereinzustimmen scheint als mit *A. alpina* STERNB. besitze ich zwei Exemplare aus der Schweiz, eines von Schleicher und eines von Thomas. Die Blüte hat die meiste Aehnlichkeit mit...“ (Anonymos, 1830, S. 121).

Heute beherbergt das Erlanger Herbarium in seinem Kern nur einen Teil des historischen Herbariums Kochs. Der Bestand in Erlangen umfasst rund 108.000 Objekte. Weitere Belege von Koch liegen im Herbarium Leiden (L) in den Niederlanden, welches im Naturalis Biodiversity Center betreut wird. Diese Teilung geht auf Kochs Zerwürfnis mit der Universität zurück, aufgrund dessen er bestimmte, dass sein Nachlass nach seinem Ableben nicht der Universität zukommen solle. Dies hatte zur Folge, dass das Herbarium 1852, nach Kochs Tod, in das Eigentum des Apothekers Dr. Georg August Weiß (1805-1861) in Nürnberg überging, mit dem Koch in einem freundschaftlichen Verhältnis stand. Dessen Sohn, August Weiß (1848-1899), veräußerte das umfangreiche Herbarium (Engel, 2016, S. 306). Daraufhin versuchte Kochs Nachfolger Adalbert Schnizlein (1814-1868), das Herbarium zurückzukaufen. Da Schnizlein kein ausreichendes Budget zur Verfügung stand, erwarb er schließlich leider nur den Teil der Herbarbelege zurück, der nicht die Belege bezüglich der *Synopsis* beinhaltete. Den Teil der Pflanzen bezüglich der *Synopsis* erwarb **Frederik Reinier Suringar (1832-1898)** aus Leiden (Anonymus, 1871). Im dortigen Herbar befinden sich die Belege heute noch.

Vorlesungen

„Wahre Achtung kann bestehen ohne Liebe, aber wahre Liebe nicht ohne Achtung, und je weniger ein Lehrer um beides buhlt, um so reichlicher kommt im beides von alles Seiten; davon gibt Kochs Beispiel ein sprechendes Zeugnis“ (Döderlein L., 1849, S. 6).

Lehre **vor** Koch 1743-1824:

Die Botanik wurde in den ersten Jahren der Universität Erlangen nicht regelmäßig alle Jahre gelesen. Ab 1770 war Schreber einer der ersten Botaniker der Zeit, der die Botanik als Hauptfach vertat (Engelhardt, 1843, S. 144). Er las außer botanischen, zoologischen, mineralogischen und chemischen Vorlesungen auch Pathologie, Diätetik, Physiologie, technologische und ökologische Gegenstände: Landwirtschaft, Forstwissenschaft, Metallurgie, über Manufactum, Stadtökonomie! Er hielt die Vorlesungen bis zu seinem Tod 1810. Leider fiel Schrebers Tod in eine für die Universität ungemein schwierige Übergangszeit. Das Land war zwar im gleichen Jahr bayerisch geworden, dennoch herrschten überall noch Kriegsnachwehen, nirgends gab es Geld (Rees, 1884, S. 24). Die Vertretung Schrebers im

Bereich der Naturgeschichte fiel dem Privatdozenten Goldfuß zu. Dieser hatte ebenfalls beachtenswerte Kenntnisse in naturwissenschaftlichen Belangen, vor allem das geographische Gebiet um das Fichtelgebirge kannte er botanisch gut. Dies teilte er mit den Zuhörern und bot botanische Exkursionen an. Goldfuß wurde für kurze Zeit von Nees von Esenbeck vertreten, der die Botanik als Privatdozent übernahm. Nach Nees wurde die Botanik einige Jahre von Schubert vorgetragen (Rees, 1884, S. 25). Auch Schubert besetzte die Botanik nur Vvrtretungsweise bis zum Jahre 1824 (Engelhardt, 1843, S. 144). In diesem Jahre übernahm Koch die botanischen Vorlesungen sowie die Leitung der Exkursionen. Koch sah seine Tätigkeit an der Uni vorerst in der Tradition eben jener genannten Erlanger Professoren, die bis dato Botanik und Naturgeschichte unterrichtet hatten (Petermann, 2008, S. 55).

Lehre Kochs 1824-1849

Koch lehrte das Fach Botanik als letzter unter dem Dach der medizinischen Fakultät (Rees, 1884, S. 26). Mit Kochs Berufung kam schließlich wieder wissenschaftlicher Zug in die Erlanger Botanik (Rees, 1884, S. 26). Koch wurde bei seiner Berufung vor allem die Lehre der medizinischen Fächer zugeteilt, aber, da er bereits einen Ruf in der Botanik genoss, sollte er auch die Botanik vortragen (Engelhardt, 1843, S. 101). Er verfolgte über die Jahre einen konstanten Plan. Laut Vorlesungsverzeichnis las er im Sommersemester die Vorlesungen „Natürliche Gruppen und das natürliche System des Gewächsreiches“ und „Beschreibende und physiologische Botanik mit besonderer Rücksicht auf die offiziellen und technischen Gewächse“ (Wagenitz, 2000, S. 837). Des Weiteren hielt Koch bis in seine späten Jahre im Wintersemester noch eine Vorlesung über Pathologie und Therapie der chronischen Krankheiten. Koch las außerdem regelmäßig über Obstbau für Theologen (Rees, 1884, S. 25). Im Vorlesungsverzeichnis war die Literatur angegeben, nach der er las: für die allgemeine Botanik A. Richards „*Grundriss der Botanik und Pflanzenphysiologie*“ und für die Systematik die 1834 erschienene deutsche Übersetzung des *Nixus plantarum* von J. Lindley, „Stämme des Gewächsreiches“ (Wagenitz, 2000, S. 837). Koch modifizierte allerdings seine Vorlesung 1836 nach dem Erscheinen seiner *Synopsis*, die an Stelle von Lindleys Werk trat.

Kochs Vortrag muss schlicht und einfach, sein Auftreten gewandt und sicher gewesen sein. Obwohl Koch seine Lehre im eher kameratschaftlichen Ton abhielt, verlor er dadurch nicht an Respekt und Würde gegenüber seinen Studenten und liess keine Zweifel an der von ihm erwarteten Gründlichkeit. Diesen Stil des Referierens und die Kunst der Gleichstellung pflegte er auch bei seinen botanischen Wanderungen, die er bis in die hohen Siebziger anführte und für seine Teilnehmer zu einem unvergesslichen Genuss werden liess (Döderlein, 1849, S. 6).

Inhaltlich gestalteten sich die botanischen Vorlesungen, ähnlich wie das botanische Leben und die Wissenschaft, deskriptiv-klassifikatorisch und der angewandten, medizinischen, ökologischen, forstwissenschaftlichen Botanik gewidmet. Das Linnésche System klang zwar erstmals bei Schrebers Vorgänger Schmiedel an und wird von Schreber zum „Evangelium“ erhoben, aber erst Koch brachte das natürliche System als festes Element in die Lehre. Die mit Schreber beginnenden Vorlesungen über Kryptogamen, die bis zum Schluss beschreibend blieben, veränderten sich auch bei Koch nur minimal. Was von Schreber bis Koch als Pflanzenphysiologie vorgetragen wurde, beruhte zwar auf einer ausführlichen Organographie, die Erläuterungen der physiologischen Zusammenhänge beschränkten sich allerdings nur auf ein paar Kapitel. Koch führte in seiner Lehrzeit weder einen physiologischen Versuch durch, noch zeigte er ein mikroskopisches Präparat. Erst in den letzten Lebensjahren Kochs – als er zu alt und nicht mehr lehrend tätig war - haben sich Aufgaben und Leistungen der Botanik gänzlich verwandelt, so dass die großen Erkenntnisse um die Zelllehre, Entwicklungsgeschichte und Pflanzenphysiologie um Scheiden, Liebig, Hofmeister und Darwin sich Bahn brechen konnten.

4 Pflanzensystematische Untersuchungen zur *Senecio nemorensis* - Gruppe

Ziel dieses Teiles der Arbeit war die Prüfung der Validität der Koch'schen systematischen und taxonomischen Aufstellung der *Senecio nemorensis* – Gruppe.

Insgesamt wurden 469 Proben für die populationsgenetische Analyse generiert, bestehend aus 143 Herbarbelegen aus dem Kochherbar sowie 326 Silika-Blatt- und Blütenproben.

In einem ersten Schritt wurde eine morphologisch-anatomische Gegenüberstellung der Herbarbelege der *Senecio nemorensis* – Gruppe angefertigt. Dafür wurden zunächst Kochs taxonomischen und systematischen Aufstellungen rekonstruiert. Nachfolgend wurden die (Frisch- und Herbar-) Exemplare nach Kochs morphologischer Beobachtungsmethodik bestimmt, anschließend nach Herborgs beziehungsweise Oberprieler's morphologischen Beobachtungsmethoden.

In einem weiteren Schritt wurden molekulare Untersuchungen mit Hilfe der Sequenzierung der ITS Kernregion für phylogenetische Aussagen durchgeführt. Diese konnte sowohl an Silikabelegen als auch an Herbarbelegen durchgeführt werden. Anschließend wurden ISSR Analysen durchgeführt, um populationsgenetische Postulate aufzustellen. Diese konnten nur an Silika Material durchgeführt werden, da aufgrund der stark degradierten DNA der 200 Jahre alten Herbarbelege keine wissenschaftlich fundierten Aussagen gemacht werden konnten.

4.1 Ergebnisse Taxonomische Aufstellung

Senecio nemorensis L.

In der Tabelle 15 sind alle Taxa mit jeweiligem Autor und Erscheinungsjahr, die Koch zunächst als *Senecio nemorensis* L. zusammenfasst und schließlich 1846 in Varietäten gliedert dargestellt hat, aufgeführt. Tabelle 16 zeigt die von den jeweiligen Autoren der verschiedenen Taxa beschriebenen Protologe mit der von Koch bearbeiteten Veröffentlichung.

Pflanzensystematische Untersuchungen zur *Senecio nemorensis* - Gruppe

Tabelle 15: Synonyme und Varietäten von *Senecio nemorensis* zusammengefasst von Koch 1819 bis 1846, farblich wurden die ursprünglichen Benennungen der von Koch vergebenen Varietät gleich dargestellt.

Gattung Art und Autor (Synonym)	Erscheinungsjahr	Koch 1819/1946	Varietät (nach Koch 1846)
<i>Senecio nemorensis</i> Willd.	1803	<i>Senecio nemorensis</i> L. Kommt lt. Koch nicht in Deutschland vor	α – <i>genuinum</i> 5-6 Zungenblüten duftend
<i>Senecio frondosus</i> Tausch.	1837		
<i>Senecio germanicus</i> Wallr.	1840		
<i>Senecio nemorensis</i> Jacq.	1773	Linné; Haller + Rupp	β – <i>odorum</i> Stärker duftend als var. α Außerdem durch nichts von α zu unterscheiden
<i>Senecio nemorensis</i> DC.	1837		
<i>Senecio frontanus</i> Wallr.	1840		
<i>Senecio Jacquinianus</i> Reichenb.	1825		
<i>Senecio nemorensis</i> Ledeb.	1829–1834	<i>Senecio nemorensis</i> L.	γ – <i>octoglossus</i> 7-8 Zungenblüten Var. α ganz ähnlich
<i>Senecio octoglossus</i> DC.	1837		
<i>Senecio nemorensis</i> Reichenb.	1825	It. Koch Synonym von <i>S. ovatus</i> Willd. (gültiges Taxon)	δ – <i>fuchsii</i> Blätter gestielt 5-6 Zungenblüten Keine kriechende Wurzel
<i>Senecio ovatus</i> Willd.	1803		
<i>Senecio ovatus</i> Decand.	1805		
<i>Senecio salicifolius</i> Wallr.	1822		
<i>Senecio fuchsii</i> Gmel.	1808		
<i>Senecio nemorensis</i> Gmel.	1808		
<i>Senecio saracenicus</i> Poll.	1766		
<i>Senecio saracenicus</i> Wallr.	1840		
<i>Senecio alpestris</i> Gaud.	1828-1833		
<i>Jacobaea ovata</i> Gaertner	1801		
<i>Senecio nemorensis</i> var. foliis omnibus petiolatis glabris Roth	1788		
<i>Senecio nemorensis</i> Hoffm.	1804		

Tabelle 16: Synonymie und Literaturangaben zu *Senecio nemorensis* L. nach Koch 1819 und 1849, farblich wurden die ursprünglichen Benennungen der von Koch vergebenen Varietät zusammengefasst.

Taxon + Autor	Erscheinungsjahr	Literatur	bearbeitet durch Koch
<i>Senecio nemorensis</i> Willd.	1803	Species Plantarum	Synopsis 1846, 454
<i>Senecio frondosus</i> Tausch.	1837	plant select. Bohem. exsicc.	Synopsis 1846, 454
<i>Senecio germanicus</i> Wallr.	1840	Linnaea 14, 647	Synopsis 1846, 454
<i>Senecio nemorensis</i> Jacq.	1773	Flora austr. 2; t. 184	Synopsis 1846, 454
<i>Senecio nemorensis</i> DC.	1837	Prodromus	Synopsis 1846, 454
<i>Senecio frontanus</i> Wallr.	1840	in Linnaea nach dem Synonym Reichenbachs	Synopsis 1846, 454
<i>Senecio Jacquinianus</i> Reichenb.	1825	Iconographia botanica seu plantae criticae. 3. p. 80	Synopsis 1846, 454
<i>Senecio nemorensis</i> Ledeb.	1829–1834	Flora altaica	Synopsis 1846, 454
<i>Senecio octoglossus</i> DC.	1837	Prodromus	Synopsis 1846, 454
<i>Senecio nemorensis</i> Reichenb.	1825	Iconographia botanica seu plantae criticae. 3. p.467	
<i>Senecio ovatus</i> Willd.	1803	Species Plantarum. Editio Quarta. Berolini	Flora bot. Zeitung 1819
<i>Senecio ovatus</i> Decand.	1805	Flora von Frankreich (Überarbeitung)	Flora bot. Zeitung 1819
<i>Senecio salicifolius</i> Wallr.	1822	Schedulae criticae de plantis florum halensis	Synopsis 1846, 454
<i>Senecio fuchsii</i> Gmel.	1808	Flora badensis	Flora bot. Zeitung 1819
<i>Senecio nemorensis</i> Gmel.	1808	Flora badensis	Flora bot. Zeitung 1819
<i>Senecio saracenicus</i> Poll.	1766	Flora palatina	Flora bot. Zeitung 1819
<i>Senecio saracenicus</i> Wallr.	1840	Linnaea	Synopsis 1846, 454
<i>Senecio alpestris</i> Gaud.	1828-1833	Flora helvetica	Synopsis 1846, 454
<i>Jacobaea ovata</i> Gaertner	1801	Flora der Wett. T. III	Flora bot. Zeitung 1819
<i>Senecio nemorensis</i> var. foliis omnibus petiolatis glabris Roth	1788	Tentamen florum germanicae	Flora bot. Zeitung 1819
<i>Senecio nemorensis</i> Hoffm.	1804	Deutland Flora	Flora bot. Zeitung 1819

Koch erkannte, dass die hohe morphologische Varianz der Art *S. nemorensis* L. nicht eindeutig morphologisch und geographisch eingrenzbar war. In allen seinen Veröffentlichungen meint und beschreibt Koch die in Deutschland einheimische Art. *S. ovatus* WILLD. Dennoch nannte Koch *S. nemorensis* L. als Taxon in seiner Synopsis von 1846 und bezeichnete *S. ovatus* WILLD. lediglich als Synonym. Das tat er, obwohl er bereits 1819 die Meinung äußerte, dass die Pflanze, die der Diagnose in Linnés *Speciebus plantarum ed. III* (Linné, 1753) entspricht, eine nicht in Deutschland einheimische Art sei und folglich nicht im Gebiet der *Flora palatina* wüchse (Koch, 1819, S. 718). Die heutige Ansicht über die Verbreitung der Art *S. nemorensis* L. teilt die Meinung Kochs und sieht sie im Osten Europas angesiedelt (Herborg, 1987).

Koch versuchte, das Problem der ineinander übergehenden Mischformen mit der Beschreibung von Varietäten zu lösen. Eigenständige Arten, wie es Wallroth 1822 für *S. germanicus* WALLR. beschrieb, erkannte er nicht an. Erst über hundert Jahre später wird durch Herborg 1987 die Art *S. hercynicus* HERBORG zum Taxon erhoben.

Senecio sarracenicus L.

Das Problem bei der Art *S. sarracenicus* L. sah Koch weniger in einem unzureichenden Protolog oder verwirrender Synonymie, sondern vielmehr in einer Falschbestimmung in dem um 1800 geläufigen Werk *Flora palatina* von Pollich (Pollich, 1776-1777). In diesem Buch wurde *S. sarracenicus* L. an Orten beschrieben, an denen sein naher Verwandter *S. ovatus* WALLR. vorkam. Koch ging sogar so weit, dass er behauptete, dass Pollich weder *S. nemorensis* L. noch *S. sarracenicus* L. je gesehen habe (Koch, 1819, S. 716). In der folgenden Abbildung 17 sind alle Taxa mit jeweiligem Autor und Erscheinungsjahr, die Koch *Senecio sarracenicus* L. zuordnete, mit den von Koch 1846 beschriebenen Varietäten aufgeführt. Abbildung 18 zeigt die von den jeweiligen Autoren der verschiedenen Taxa beschriebenen Protologe mit der von Koch bearbeiteten Veröffentlichung.

Pflanzensystematische Untersuchungen zur *Senecio nemorensis* - Gruppe

Tabelle 18: Synonyme und Varietäten von *Senecio sarracenicus* L. zusammengefasst von Koch 1819 bis 1846. Farblich sind alle vormaligen Taxa, Autoren und Erscheinungsjahre grün, Kochs Referenztaxon rot und seine aufgestellten Varietäten orange und blau dargestellt

Gattung Art und Autor (Synonym) Erscheinungsjahr		Koch 1819/1946	Varietät (nach Koch 1846)								
<table><tr><td><i>Senecio saracenicus</i> Smith.</td><td>1800</td></tr><tr><td><i>Senecio saracenicus</i> Roth</td><td>1788</td></tr><tr><td><i>Senecio saracenicus</i> Jacq.</td><td>1773</td></tr><tr><td><i>Jacobaea saracenicus</i> Gaertner</td><td>1801</td></tr></table>		<i>Senecio saracenicus</i> Smith.	1800	<i>Senecio saracenicus</i> Roth	1788	<i>Senecio saracenicus</i> Jacq.	1773	<i>Jacobaea saracenicus</i> Gaertner	1801	<i>Senecio saracenicus</i> L.	α – <i>saracenicus</i> 7-8 Zungenblüten
<i>Senecio saracenicus</i> Smith.	1800										
<i>Senecio saracenicus</i> Roth	1788										
<i>Senecio saracenicus</i> Jacq.	1773										
<i>Jacobaea saracenicus</i> Gaertner	1801										
<table><tr><td><i>Senecio fluviatilis</i> Wallr.</td><td>1840</td></tr><tr><td><i>Senecio saracenicus</i> β <i>flosculosus</i> DC</td><td>1837</td></tr></table>		<i>Senecio fluviatilis</i> Wallr.	1840	<i>Senecio saracenicus</i> β <i>flosculosus</i> DC	1837	β – <i>flosculosus</i> Die echte Pflanze, die Linné beschrieben hat: <i>radice maxime repente</i>					
<i>Senecio fluviatilis</i> Wallr.	1840										
<i>Senecio saracenicus</i> β <i>flosculosus</i> DC	1837										

Tabelle 17: Synonymie und Literaturangaben zu *Senecio sarracenicus* L. nach Koch 1819 und 1849. Farblich ist Kochs Referenztaxon rot und alle vormaligen Benennungen grün dargestellt

Taxon + Autor	Erscheinungsjahr	Literatur	bearbeitet durch Koch
<i>Senecio saracenicus</i> (L).	1753	Sp. Pl. Ed. 3, T. II. p.1221	Flora bot. Zeitung 1819
<i>Senecio saracenicus</i> Smith.	1800	Flor. Brit. T. II. p.887	Flora bot. Zeitung 1819
<i>Senecio saracenicus</i> Roth	1788	Flor. Germ. T. II. P. II. p.344	Flora bot. Zeitung 1819
<i>Senecio saracenicus</i> Jacq.	1773	Flor. Austr. T. 186	Flora bot. Zeitung 1819
<i>Jacobaea saracenicus</i> Gaertner	1801	Flor. Des Wett. T. III. p. 213	Flora bot. Zeitung 1819
<i>Senecio fluviatilis</i> Wallr.	1840	Linnaea 14, 647	Synopsis 1846, 454
<i>Senecio saracenicus β flosculosus</i> DC	1837	Prodromus	Synopsis 1846, 454

4.2 Morphologisch-anatomische Bewertung

Insgesamt wurden 143 Herbarbelege aus dem Kocherbar zur Nachbestimmung herangezogen. Alle 143 Belege wurden sowohl nach Kochs (1846) Diagnosen und Merkmalskriterien bestimmt, als auch nach Herborgs (1987) und Oberprieler's (1994) Bestimmungsschlüssel.

Bestimmung der Herbar- und Frischbelege nach den Kriterien Kochs

Von den 143 Exemplaren wurden 109 Belege dem Taxon *S. ovatus* zugeordnet, wendet man die Bestimmungskriterien nach Koch an. Bei 15 der 109 *S. ovatus* Exemplaren stimmten die Taxa, die auf den Scheden durch Koch vermerkt worden waren, nicht immer mit den nachbestimmten Taxa überein (Tabelle 19). Das entspricht einer Fehlbestimmung von 14%. Dem gegenüber war bei den 30 Herbarbelegen, die dem Taxon *S. sarracenicus* zugeordnet wurden, keine Fehlbestimmung dabei (Grafik 22+23).

Tabelle 19: tabellarische Auswertung - Kochs Bestimmungen nach Kochs Charakteristika

Koch	94	S. ov. richtig bestimmt
	15	S. ov. falsch bestimmt
	34	S. sar. richtig bestimmt
	0	S. sar. falsch best.

Abbildung 22: grafische Darstellung der Fehlbestimmungen Kochs bei *S. ovatus*

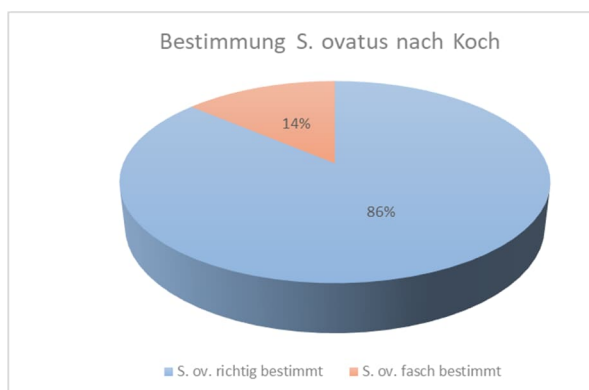
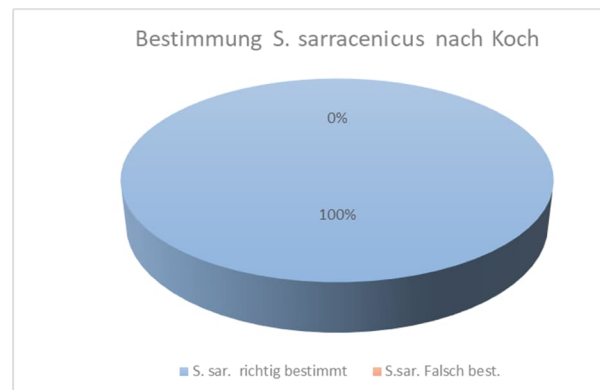


Abbildung 23: grafische Darstellung der Fehlbestimmungen Kochs bei *S. sarracenicus*.



Bestimmung der Herbar- und Freilandbelege nach Herborg und Oberprieler

Nachdem auf die gleichen Herbarbelege die heutigen Bestimmungskriterien nach Herborg und Oberprieler angewendet worden waren, kam man bei den 143 Exemplaren auf folgendes Ergebnis.

89 der 109 nach Kochschen Kriterien als *S. ovatus*. Bestimmten Belege (in Graphik 24 + 25 blau) wurden auch nach modernen Kriterien als *S. ovatus* bestimmt. Das entspricht einem Anteil von 82%. Bei 20 Exemplaren gelangte man nach heute gültigen Bestimmungsschlüsseln nicht zum Taxon *S. ovatus*. Das ist eine Abweichung von 18%. Die Fehlbestimmungen waren aber

keine Fehlleistung des Bestimmungsschlüssels Kochs oder Herborgs, sondern sind auf eine differenzierte Betrachtungsweise zurückzuführen, denn die Art *S. ovatus* wurde durch Wallroth 1822 in die Art *S. germanicus* und 1987 durch Herborg in *S. hercynicus* untergliedert.

Bei der Gegenüberstellung der Bestimmungsergebnisse der Art *S. sarracenicus* hielten fast alle Belege den Bestimmungskriterien nach Koch stand. Lediglich ein Exemplar, welches Koch als *S. sarracenicus* bestimmt hatte, wird heute als *S. germanicus* bestimmt. Kochs und Herborg stellten hier gleichermaßen valide Charakteristika für die eindeutige Artzuordnung auf.

Tabelle 20: tabellarische Auswertung - Kochs Bestimmungen nach Herborgs Charakteristika

Herborg	89	S. ov richtig bestimmt
	20	S. ov falsch bestimmt
	33	S. sar. richtig bestimmt
	1	S. sar. falsch best.

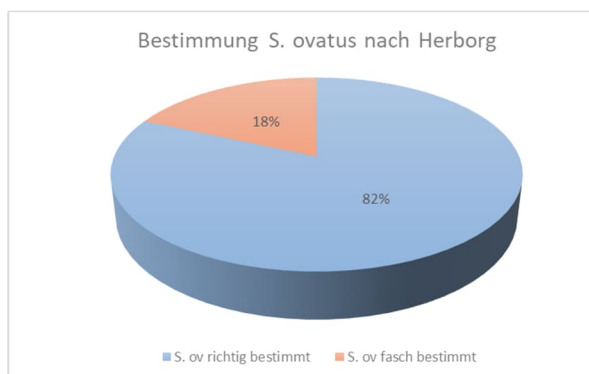


Abbildung 24: grafische Darstellung der Fehlbestimmungen bei *S. ovatus*

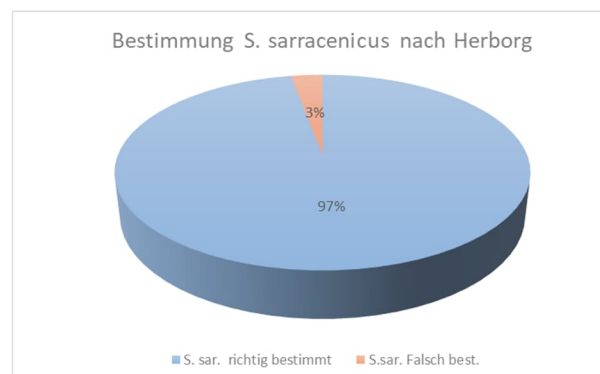


Abbildung 25: grafische Darstellung der Fehlbestimmungen bei *S. sarracenicus*.

4.3 Genetische Untersuchungen

4.3.1 Ergebnisse ITS

Von 100 Individuen, 33 Herbarbelegen und 67 Silikaprobe, wurde die ITS-Region mit einer Länge von 691 Sites (Basenpaare) sequenziert. Zusätzlich wurden die nicht-parametrischen Unterstützungswerte (Bootstrap-Werte) für die einzelnen Stammbaumäste ermittelt.

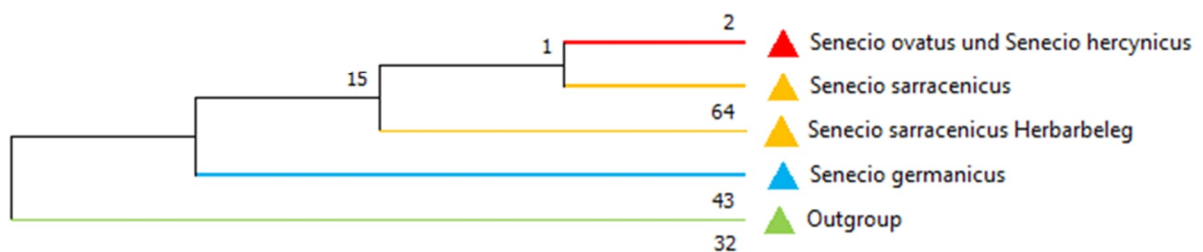


Abbildung 26 Übersicht Maximum Parsimony, alle Untergruppen wurden komprimiert

Abbildung 26 zeigt einen Übersichtsbaum der Gruppierung aller analysierten Stämme. Mit Hilfe der Maximum Parsimony Methode sollte die Abgrenzungen der einzelnen Arten gegeneinander im Überblick veranschaulicht werden. In der Darstellung wird deutlich, dass die Arten *S. ovatus* und *S. hercynicus* nicht trennbar auf dem obersten Ast gemeinsam liegen. Hingegen ist die Abgrenzung des *S. germanicus* gegenüber dem *S. sarracenicus* deutlich sichtbar. Der *S. sarracenicus* Ast weist noch eine weitere Gabelung auf. Eine genauere Differenzierung erfolgt im Anschluss.

Eine detaillierte Wiedergabe der phylogenetischen Aufstellung der Proben wurde mit Hilfe der Maximum Likelihood (ML) Methode generiert, siehe Abbildung 27.

Pflanzensystematische Untersuchungen zur *Senecio nemorensis* - Gruppe

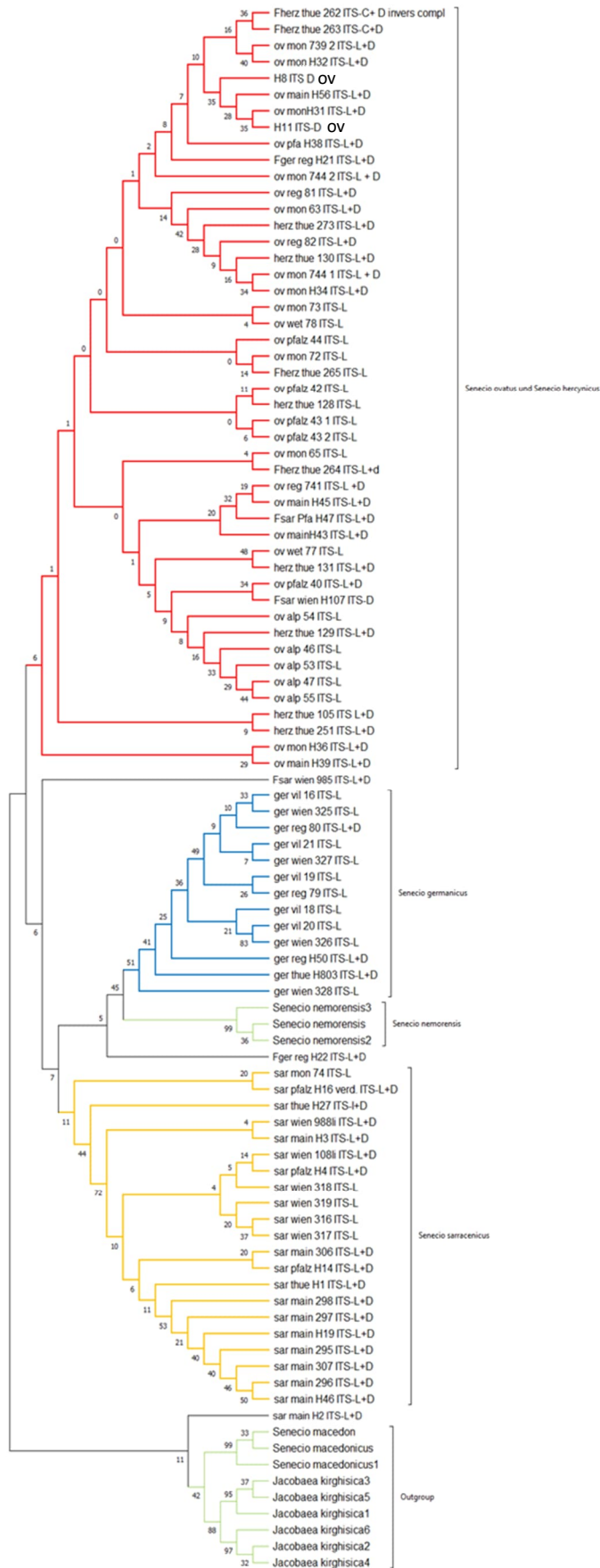


Abbildung 27: Detailansicht Maximum Likelihood, 500 Bootstraps

Die Arten *Senecio macedonicus* GRISEB. und *Jacobaea kirghisica* DC., die über die Datenbank National Center for Biotechnology Information (NCBI) mit 100% Basic Local Alignment Search Tool (BLAST) ermittelt wurden, wurden bei der Berechnung als eine Außengruppe (Outgroup) definiert, damit der Baum eine Wurzel aufzeigte (in der Abbildung grün dargestellt). Die Topologie des Baumes weist zwei Äste auf, die jeweils zwei Arten der *Senecio nemorensis* – Gruppe tragen. An dem unteren Ast befinden sich *Senecio sarracenicus* L. (in der Abbildung 27 gelb dargestellt) und *Senecio germanicus* (in der Abbildung 27 blau dargestellt). Beide Arten grenzen sich deutlich auf zwei Unterästen voneinander ab. Der Unterast des *Senecio germanicus* (blau) differenziert noch die Osteuropäische Art *Senecio nemorensis* L. (ebenfalls grün dargestellt), die als Referenz für den genetischen Abstand zu den Arten der *Senecio nemorensis* – Gruppe gewählt wurde. Die ITS Region der *S. nemorensis* ist vollständig bekannt und über NCBI erhältlich.

Der obere Ast beherbergt die Arten *Senecio ovatus* und *Senecio hercynicus* (in der Abbildung 27 rot dargestellt). Beide Arten können nicht klar voneinander abgrenzt werden. Bei der Betrachtung der Topologie des oberen Astes führen die ersten Verzweigungen zu Herbarbelegen. Diese Verzweigung detektiert bei der Sequenzanalyse eine hohe Anzahl an Mutationen. Die Mutationen sind vermutlich nicht auf der DNA etabliert und reproduzierbar, sondern eher als ein „Ablesefehler“ bei der Sequenzierung aufgrund der degradierten alten DNA zu interpretieren. Somit ist die Topologie nicht Spiegel eines evolutionären Prozesses, sondern der Degradierung der DNA aufgrund der 200-jährigen Lagerung geschuldet.

Tabelle 21: Abkürzungen aus der Abbildung 27: Detailansicht Maximum Likelihood, 500 Bootstraps

Abkürzungen	Bedeutung
ov	<i>Senecio ovatus</i>
herz	<i>Senecio hercynicus</i>
ger	<i>Senecio germanicus</i>
sar	<i>Senecio sarracenicus</i>
alp	Alpen
mon	Monheim
main	Main Ufer
pfalz	Pfalz
thue	Thüringen
reg	Regensburg
vil	Vilseck
wien	Wien
wet	Wetterau
H oder F	Herbarbeleg
Zahl	Belegnummer

ITS-L+D	Internal transcribed spacer Primer Region L und D
----------------	---

Bei der Berechnung führte dies zu sogenannten *long-branch attraction artefacts*. Dies zeigt sich durch die Topologie des Baumes und der Verzweigung. Hierbei werden Taxa auf Grund einer relativ hohen Rate an Mutationen fälschlicherweise auf Ästen an basaler Stelle im Kladogramm platziert und verzerren dadurch das Ergebnis (Felsenstein, 1978; Kolaczkowski, 2004).

Die Bootstrapwerte bestätigen die schwer zu differenzierenden Verwandtschaftsverhältnisse. Bis auf wenige Ausnahmen liegen die Bootstrapwerte unter 50 oder sogar im einstelligen Bereich. Die Topologie unterstützt die Verwandtschaftsverhältnisse nur schwach. Dies kann als eine große Variabilität der Sequenzen ausgelegt werden.

Neighbor-joining (Abstandsfunktion)

Für die Molekularphylogenie wurde auch eine Distanz-Analyse mittels der Neighbour-Joining-Methode durchgeführt. Es werden die Baum-Topologie und Astlänge getrennt ermittelt. Hier entspricht der Astlänge der Zahl von Basen-Substitutionen pro Einheit. Auch bei der Abstandsfunktion zeigt sich die typische Topologie. In der Abbildung 28 werden die Großgruppen dargestellt. Es differenzieren sich die Unteräste, welche die Arten *S. sarracenicus*, *S. germanicus* und die nicht zu differenzierenden Arten *S. ovatus* / *S. hercynicus* tragen, heraus. Herbarbelege weisen deutlich längere Äste auf.



Abbildung 28: Phylogenetischer Stammbaum der vier *Senecio* Arten (farblich unterschiedlich gekennzeichnet) berechnet mit Neighbor-Joining Methode; Darstellung der Großgruppen: compressed, Darstellung der Astlängen: maßstabsgetreu

Zusammenfassung:

Die *Senecio nemorensis* – Gruppe stellt sich als eine monophyletische Gruppe dar. Die Clusterung der vier Arten weist eine erkennbare Differenzierung der Arten *S. sarracenicus* und *S. germanicus* auf. Demgegenüber, sondern sich die Arten *S. ovatus* und *S. hercynicus* nicht eindeutig gegeneinander ab. Allerdings wurden die errechneten Bäume nur mit sehr niedrigen Bootstrap-werten unterstützt. Die intergenetischen Zusammenhänge innerhalb der *Senecio nemorensis* – Gruppe wurden zwar sichtbar, aber die Beziehungen unter den „Schwester-Arten“ konnten nicht als kongruent nachgewiesen werden.

Verschneidet man dies mit den Ergebnissen der morphologischen Untersuchungen, so lässt sich eine Differenzierung der Art *S. germanicus* schon 1822 erstmalig durch Wallroth finden. Koch separiert die Individuen durch Beschreibung von Varietäten *S. ovatus* *α* *genuinum* (1846). Bei meinen Untersuchungen war eine deutliche genetische Abgrenzung der Art. *S. germanicus* vorzufinden.

Das Ergebnis bedarf einer genaueren und ausdrücklichen Überprüfung, weil Oberprieler (2011, 2012) in seinen Untersuchungen zur Hybridisierung eine intensive Hybridisierung zwischen *S. ovatus* und *S. germanicus*, nicht aber zwischen *S. ovatus* und *S. hercynicus* beschrieb. Meine Untersuchungen lassen jedoch eine genetische Durchmischung der Arten *S. ovatus* und *S. hercynicus* vermuten.

4.3.2 Ergebnisse ISSR

Tabelle 22 Übersicht der Sammelorte unterteilt in Regionen und Orte mit Angaben über Anzahl der Individuen

Region Nr	Region	Anzahl Individuen	Anzahl Population	Art	Summe Individuen und Summe Population
1	Erlangen	18	3	<i>S. ovatus</i>	126 Individuen 17 Populationen
2	Alpen	44	3	<i>S. ovatus</i>	
4	Pfalz	23	5	<i>S. ovatus</i>	
5	Wassertrüdingen	19	4	<i>S. ovatus</i>	
6	Wetterau	3	1	<i>S. ovatus</i>	
7	Regensburg I	19	1	<i>S. ovatus</i>	
3	Vilseck	8	2	<i>S. germanicus</i>	23 Individuen 5 Populationen
8	Regensburg II	4	1	<i>S. germanicus</i>	
9	Wien I	11	2	<i>S. germanicus</i>	
10	Harz	85	9	<i>S. hercynicus</i>	85 Individuen 9 Populationen
11	Main	30	4	<i>S. sarracenicus</i>	41 Individuen 5 Populationen
12	Wien II	11	1	<i>S. sarracenicus</i>	
		275			

Die populationsgenetischen Betrachtungen der vier untersuchten Arten der *Senecio nemorensis* – Gruppe erfolgten mit Hilfe von multivariaten Statistik Auswertmethoden.

Der gesamte Datensatz bestand aus 275 Samples. Daraus ergaben sich 153 verschiedene Merkmale, die im folgenden Loci genannt werden.

Die geographische Disposition der vier untersuchten Arten wurde in 12 verschiedenen Regionen angegeben: Erlangen, Alpen, Pfalz, Monheim, Wetterau, Regensburg I, Vilseck, Regensburg II, Wien I, Harz, Main und Wien II. Des Weiteren wurde in 36 Populationen unterschieden. Zur Übersicht der geographischen Einteilung vgl. Tabelle 22. Die Analysen wurden zunächst mit dem gesamten Datensatz durchgeführt, um das Verhältnis der vier verschiedenen Arten zueinander zu betrachten (interspezifische Betrachtung). Danach folgten die Untersuchungen der einzelnen Arten getrennt voneinander (intraspezifische Beziehungen).

Interspezifische ISSR-Untersuchungen bei vier Arten aus der *Senecio-nemorensis* Gruppe

Zunächst wurde die genetische Vielfalt als H_e (Nei, 1973) und $SSWP/(n-1)$ (Excoffier, 1992) Werte ermittelt.

Tabelle 23 Übersicht: Interspezifische genetische Diversität, Anzahl der Populationen, n =Anzahl der Individuen, $\#loc$ =Anzahl der Loci, PLP =Prozentsatz polymorpher Loci, H_e = erwartete Heterozygotität, und $SSWP/(n-1) \rightarrow$ als AMOVA-abgeleiteter $SSWP$ Wert $\rightarrow$ ($SSWP$ = Summe Square Within Population)

Taxon	Population	n	#loc,	#loc_P	PLP	He	SSWP/(n-1)
<i>S. sarracenicus</i>	4	41	153	58	37,9	0,14	11,65
<i>S. hercynicus</i>	3	85	153	68	44,4	0,16	14,78
<i>S. ovatus</i>	1	126	153	87	56,9	0,19	19,08
<i>S. germanicus</i>	2	23	153	89	58,2	0,18	17,7
Average				49,35	49,35	0,17	15,8

Von den 275 untersuchten Individuen mit insgesamt 153 isolierten Fragmenten waren bei den Analysen 125 Fragmente für die Trennung verantwortlich, was einem Anteil von 81,7% entsprach. Der Prozentsatz der polymorphen Loci innerhalb der Populationen (PLP) lag zwischen 37,9% und 58,2% mit einem Mittelwert von 49,35% (Tabelle 23).

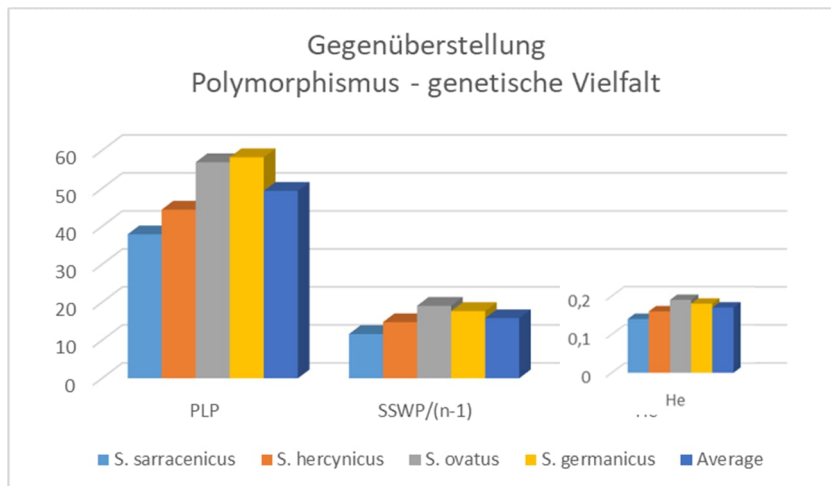
Diversität zwischen den Arten:

Die genetische Diversität innerhalb der untersuchten Arten variierte zwischen 0,14 und 0,19 mit einem Durchschnitt von 0,17. Die niedrigste Vielfalt besaßen die 41 Individuen der Art *S. sarracenicus* L. Diese hatten 58 polymorphe Loci, was bedeutet, dass 37,9% der Loci polymorph waren. Die Vielfalt der Art *S. sarracenicus* L. hatte einen H_e -Wert von 0,14. Die Art *S. sarracenicus* L. wurde von der Gruppe der Art *S. hercynicus* HERBORG gefolgt. Die 85 beprobten Individuen hatten 68 polymorphe Loci, die eine *Heterozygotität* von 0,16 aufwiesen. Die 23 Individuen *S. germanicus* WALLR. zeigten mit 89 polymorphen Loci (58%) die höchste Anzahl an polymorphen Loci eine genetische Vielfalt von 0,18 auf. Diese wurde aber von den 126 beprobten Individuen der Art *S. ovatus* WILLD. mit einer genetischen Vielfalt von 0,19 noch übertroffen.

Der von der Probengröße unabhängige $SSWP$ -Wert zeigte eine genetische Vielfalt der einzelnen Arten (vgl. Tabelle 23) zwischen 11,65 (*S. sarracenicus* L.) und 19,08 (*S. ovatus* WILLD.), mit einem Mittelwert von 15,80.

Allerdings überraschte, dass die polymorphen Loci (PLP) nicht mit der genetischen Vielfalt

Abbildung 29: graphische Gegenüberstellung des Polymorphismus, ausgedrückt als PLP (Prozentsatz polymorpher Loci) versus genetische Vielfalt ausgedrückt in SSWP (abgeleiteter SSWP Wert $\rightarrow$ (SSWP= Summe Square Within Population) und He (Heterozygotität) $\rightarrow$ He hat eine filigranere Skalierung aufgrund der kleinen Werte



(He-Wert (Nei M., 1973)) und SSWP (Excoffier, 1992) korrelierten. Die Abbildung 29 und die Werte in der Tabelle 23 ließen erkennen, dass die Art *S. germanicus* WALLR, mit dem höchsten Polymorphismusanteil von 58,2% (gelbe Säule), nicht die höchste genetische Vielfalt aufwies. Demgegenüber zeigten die Individuen der Art *S. ovatus*

WILLD. (graue Säule) mit 56,9% einen niedrigeren Prozentsatz an Polymorphismusanteil auf, aber die höchste genetische Vielfalt.

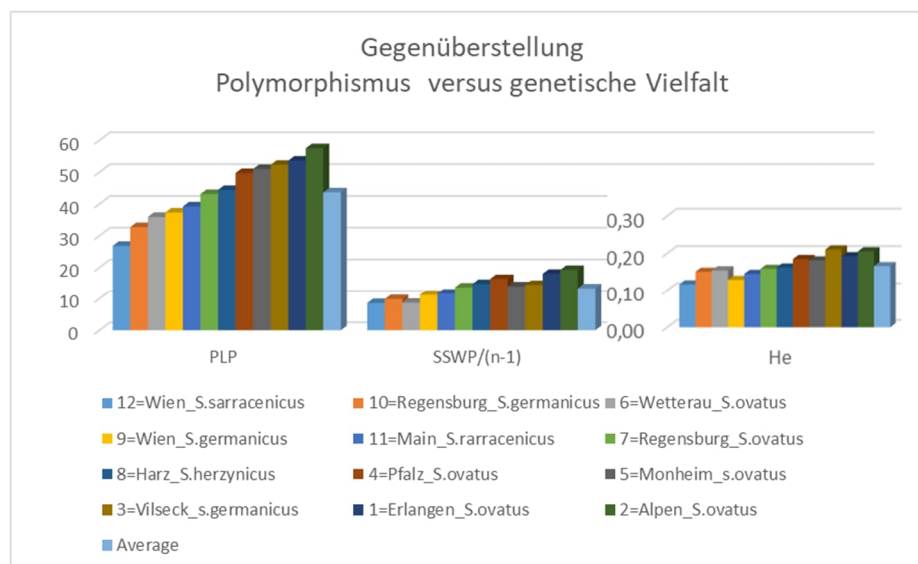
Diversität zwischen den Regionen:

Die genetische Vielfalt zwischen den Regionen (vgl. Tabelle 24), angegeben als He-Wert, lag zwischen 0,12 und 0,21 mit einem Mittelwert von 0,17. Der Prozentsatz der polymorphen Loci innerhalb der Regionen (PLP) wurde zwischen 26,8% und 57,5% mit einem Mittelwert von 43,63% gemessen. Die niedrigste genetische Vielfalt herrschte zwischen den Individuen am Sammelort Wien mit He 0,12 und SSWP 8,76 (*S. sarracenicus* L.). Die höchste genetische Vielfalt wurde in der Population der Art *S. ovatus* WILLD. in den Alpen mit He 0,21 und SSWP 19,23 errechnet. Detaillierte Untersuchungen der genetischen Vielfalt in den einzelnen Populationen folgen im Abschnitt „intraspezifische Untersuchungen“.

Tabelle 24: Interspezifische genetische Diversität, Anzahl der Populationen, n=Anzahl der Individuen, #loc=Anzahl der Loci, PLP=Prozentsatz polymorpher Loci, He= erwartete Heterozygotität, und SSWP/(n-1) als AMOVA-abgeleiteter SSWP Wert (SSWP= Summe Squere Within Population)

NR=Region_Art	n	#loc	PLP	He	SSWP	SSWR/(n-1)
					genetische Vielfalt	
12=Wien_S.sarracenicus	11	153	26,8	0,12	85,64	8,56
10=Regensburg_S.germanicus	4	153	32,7	0,15	29,50	9,83
6=Wetterau_S.ovatus	3	153	35,9	0,15	17,33	8,67
9=Wien_S.germanicus	11	153	37,3	0,13	112,18	11,22
11=Main_S.sarracenicus	30	153	39,2	0,15	337,93	11,65
7=Regensburg_S.ovatus	19	153	43,1	0,16	246,21	13,68
8=Harz_S.herzynicus	85	153	44,4	0,16	1241,84	14,78
4=Pfalz_S.ovatus	23	153	49,7	0,18	359,22	16,33
5=Monheim_s.ovatus	19	153	51	0,18	252,11	14,01
3=Wilseck_s.germanicus	8	153	52,3	0,21	101,25	14,46
1=Erlangen_S.ovatus	18	153	53,6	0,19	305,94	18,00
2=Alpen_S.ovatus	44	153	57,5	0,21	827,00	19,23
Average	22,92	153	43,63	0,17	326,35	13,37

Abbildung 30 graphische Gegenüberstellung des Polymorphismus, ausgedrückt als PLP (Prozentsatz polymorpher Loci) versus genetische Vielfalt ausgedrückt in SSWP (abgeleiteter SSWP Wert (SSWP= Summe Squere Within Population) und He (Heterozygotität) He hat eine f



(He). Dies wurde, wie in Abbildung 30 dargestellt, bei der stetig aufsteigenden Zahlenreihe der polymorphen Loci (PLP) der verschiedenen Regionen evident, die mit nicht analog aufsteigenden Werten der genetischen Vielfalt (He) (SSWP(n-1)) einherging.

Wie bei den Arten korrelierte auch bei den Regionen die genetische Vielfalt nicht mit der Polymorphie der Loci. Eine hohe Anzahl an polymorphen Loci (PLP) bedeutete nicht zwangsläufig eine hohe genetische Vielfalt

Varianz zwischen den Arten:

Die molekulare Varianz zwischen den Arten wurde mittels der AMOVA (Analysis of Molecular Variance) (Excoffier, 1992) des gesamten Datensatzes ermittelt.

Tabelle 25: d.f. = Freiheitsgrad („degree of freedom“), SSD = Summe der Abweichungsquadrate vom Mittelwert („Sum of Squares“), Varianz (%) = Anteil in % an der Gesamtvarianz innerhalb von Populationen, P-Werte = Signifikanztests nach 999 Permutationen, PhiPT = Fst =

Level of variation	Source	df	SS	MS	Est. Var.	%	Stat	Value	P(rand >= data)
AMOVA Interspezifische Varianz	1. Alle Pops								
	Among Species	3	716,950	238,980	1,714	9%	PhiRT	0,090	0,001
	Among Pops	8	566,150	70,770	3,481	17%	PhiPR	0,190	0,001
	Within Pops	263	3916,150	14,890	14,890	74%	PhiPT	0,260	0,001
AMOVA Intraspezifische Varianz									
Arten			PhiRT=Fst	PhiPR	PhiPT	P	among Pops	within Pops	among Regions
	<i>S. ovatus</i>	126	0,041	0,250	0,280	0,001_	24%	72%	4%
	<i>S. hercynicus</i>	84	0,056	0,168	0,215	0,001_	16%	79%	6%
	<i>S. germanicus</i>	23	0,349	10,180(P=0,014)	0,466	0,001_	15%	53%	35%
	<i>S. sarracenicus</i>	41	1-0,005(P=0,5)	0,240	0,230	0,001_	24%	76%	0%
Zusammenfassung									

df, degrees of freedom; SS, sum of squares; MS, means squares; VC, variance components; VC, proportion of variance in %.

All calculations were significant at $p < .001$.

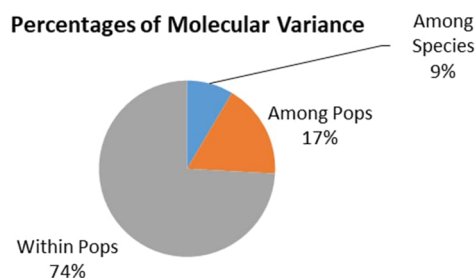
Interspezifische Varianz:

PhiPT = within Populations = innerhalb der Populationen
PhiPR = among populations = Zwischen den Populationen
PhiRT = among species = zwischen den Arten.

Intraspezifische Varianz:

PhiPT = within Populations = innerhalb der Populationen
PhiPR = among populations = Zwischen den Populationen
PhiRT = among regions = zwischen den Regionen.

Abbildung 31: graphische Darstellung der Verteilung der molekularen Varianz: innerhalb und zwischen den Populationen und zwischen den Arten



verschiedenen Arten.

Der Mantel-Test (Peakall & Smouse, 2015) zeigte eine mittlere, aber signifikante Korrelation

Tabelle 26: Rxy= Maß für die Stärke des Zusammenhanges geographischer und genetischer Distanz, Korrelationskoeffizienten R= das Best Bestimmtheitsmaß R² in Prozent, P=Signifikanz

Rxy	P(rxy-rand >= rxy-data)	R ²
0,338	0,001	0,114

des Zusammenhangs zwischen der geographischen und genetischen Distanz in Prozent

Die Ergebnisse der AMOVA (vgl. Kap. Tabelle 25 und Abbildung 31) wiesen mit 74% auf signifikante genetische Unterschiede innerhalb der Populationen (PhiPT=0,26, $p = 0,001$) hin. Die molekulare Varianz zwischen den Populationen (PhiPR= 0,189) betrug 17%. Nur 9% der gesamten Variation (PhiRT=0,09) entfiel auf zwischen den

($r = 0,338$, $p < 0,001$) zwischen der genetischen Varianz der Populationen und der jeweiligen geografischen Entfernung zwischen den Populationen. Das Bestimmtheitsmaß R², das die Stärke

errechnete, lag bei der Betrachtung der vier verschiedenen Arten mit 0,1141 bei 11%. Das bedeutet, 11 % der Unterschiede zwischen den Variablen konnten in direkten Zusammenhang miteinander gebracht werden.

Mittels der PCoA erfolgte die Visualisierung eines Gradienten, entlang dessen sich die vier verschiedenen Arten (*S. ovatus* WILLD., *S. hercynicus* HERBORG, *S. germanicus* WALLR., *S. sarracenicus* L.) anordneten in Bezug auf ihre multiplen, heterogenen nicht korrelierten Daten.

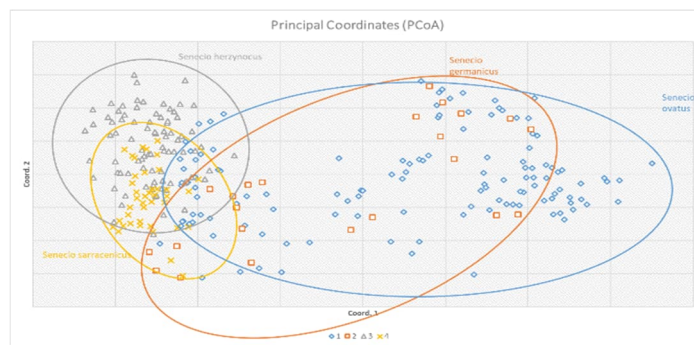


Abbildung 32: Principal Coordinates, Verteilung der vier verschiedenen Arten

Axis	1	2	3
%	13,30	6,21	5,33
Cum %	13,30	19,50	24,83

Tabelle 27: Angabe der genetischen Variation, verteilt auf drei Achsen angegeben in Prozent und Prozent kumuliert

◆ 1	■ 2	▲ 3	× 4
1	2	3	4
Senecio ovatus	Senecio germanicus	Senecio hercynicus	Senecio sarracenicus

Tabelle 28: Zeichenerklärung der vier Senecio Arten in der Graphik

Die genetischen Ähnlichkeiten (Leyer & Wesche, 2008) zwischen den Populationen konnten so über eine Diagonalisierungsstruktur entlang den Achsen erklärt werden.

Die Hauptkoordinatenanalyse konnte nur 24,83% der gesamten Variation auf den ersten drei Achsen erklären (vgl. Tabelle 27). Die erste Achse der PCoA erläuterte 13,30% der Gesamtvariabilität, während auf die zweite und die dritte Achse 6,21% und 5,33% der Varianz entfielen. Da die Merkmalsübereinstimmungen nur zu niedrigen Prozentzahlen entlang der Achsen abgebildet werden konnten, war auch nur eine unscharfe Clusterung der vier Arten entlang der Hauptachsen zu erkennen (vgl. Abbildung 32). Die Verteilungsbereiche der einzelnen Arten überlagerten sich zum Teil sehr stark. Die Arten *Senecio ovatus* WILLD. und *S. germanicus* WALLR. verteilten sich entlang der ersten Achse im nahezu gleichen Bereich, was eine starke Durchmischung der Arten im Graphen zur Folge hatte. Dagegen sah man bei den Arten *S. hercynicus* HERBORG und *S. sarracenicus* L. eine deutlichere Differenzierung entlang der zweiten Achse, auch wenn sich die Individuen in Teilbereichen überschneiden.

Intraspezifische ISSR-Untersuchungen bei vier Arten aus der *Senecio-nemorensis* GruppeA, *Senecio ovatus* WILLD.

Das ISSR-fingerprinting der 126 Individuen führte zu 153 Fragmenten; davon waren 120 der isolierten Fragmente für die Trennung bei den Analysen verantwortlich, was einem Anteil von 78,4% entspricht. Für die Ermittlung der genetischen Vielfalt wurde der Prozentsatz der polymorphen Loci innerhalb der Populationen (PLP) zwischen 30,7% und 57,5% mit einem Mittelwert von 38,95% gemessen (Tabelle 29). Die Heterozygotität (genetische Vielfalt) innerhalb der untersuchten Populationen variiert zwischen 0,13 und 0,23 mit einem Durchschnitt von 0,16. Die niedrigste genetische Vielfalt besitzen die Individuen der Population Nr. 11 aus der Pfalz mit einem He Wert von 0,16. Diese haben 47 polymorphe Loci, was bedeutet, dass 30,7% der Loci polymorph sind.

Der von der Probengröße unabhängige SSWP-Wert zeigt Werte der einzelnen Regionen (SSWP 8,68 Wetterau und 19,23 Alpen, Mittelwert 14,98) und Populationen (SSWP 3,75 und SSWP 18,52; Mittelwert 8,38).

Tabelle 29: Übersicht: Intraspezifische genetische Diversität von *S. ovatus* Willd.: Differenziert in Regionen, Anzahl der Individuen in der Region, SSWP Wert für die Region, Individuenanzahl unabhängigen SSWP/(n-1) Wert für die Region, Anzahl der Populationen, n=A

Region	n Region	SSWR	SSWR/(n-1)	n Population	#loc.	#loc_P	PLP	He	S.E.(Hj)	SSWP	SSWR/(n-1)
Alpen	44	827	19,23	12	153	57	37,3	0,14	0,01	133,08	12,10
				24	153	88	57,5	0,23	0,02	468,50	20,37
				8	153	78	51	0,2	0,02	114,63	16,38
Erlangen	18	305,94	18,00	3	153	51	33,3	0,130	0,01	32,67	16,33
				12	153	80	52,3	0,18	0,01	179,17	16,29
				3	153	63	41,2	0,19	0,02	21,33	10,67
Pfalz	23	359,22	16,33	3	153	51	33,3	0,14	0,02	16,00	8,00
				2	153	53	34,6	0,15	0,01	9,50	9,50
				5	153	47	30,7	0,13	0,01	37,20	9,30
Monheim	19	252,11	14,01	11	153	58	37,9	0,14	0,02	99,45	9,95
				4	153	67	43,8	0,21	0,02	43,50	14,50
				5	153	57	37,3	0,13	0,01	29,20	7,30
Regensburg	19	246,21	13,68	6	153	61	39,9	0,17	0,02	60,83	12,17
				4	153	66	43,1	0,18	0,02	34,00	11,33
				19	153	66	43,1	0,16	0,02	246,21	13,68
Wetterau	3	17,33	8,67	3	153	55	35,9	0,15	0,02	17,33	8,67
	16,4	236,16	14,98	6,15	153,00	59,62	38,95	0,16	0,02	63,57	12,28

Die Ergebnisse der AMOVA wiesen auf signifikante genetische Unterschiede innerhalb der Populationen ($\Phi_{PT}=0,28$, $p = 0,001$) hin mit 72% (vgl. Abbildung 33). Die molekulare Varianz war mit einem Φ_{PT} Wert von 0,258 groß. Die molekulare Varianz zwischen den Populationen ($\Phi_{PR}= 0,25$) betrug 24%. Nur 4% der gesamten Variation ($\Phi_{RT}=0,041$) entfiel auf zwischen die verschiedenen Regionen. ($p = 0,001$; Tabelle 30).

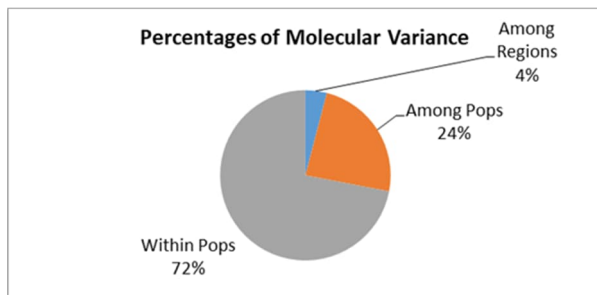


Abbildung 33 graphische Darstellung der Verteilung der molekularen Varianz der Individuen *S. ovatus* Willd: innerhalb und zwischen den Populationen und zwischen den Regionen

Tabelle 30 d.f. = Freiheitsgrad („degree of freedom“), SS = Summe der Abweichungsquadrate vom Mittelwert („Sum of Squares“), Varianz (%) = Anteil in % an der Gesamtvarianz innerhalb von Populationen, Intraspezifische Varianz: PhiRT= zwischen den Regionen, PhiPR= zwischen den Populationen, PhiPT (Fst) = innerhalb der Populationen, P-Werte = Signifikanztests nach 999 Permutationen,

	df	SS	%	Stat	Value	P(rand >= data)
Among Regions	5	377,21	4%	PhiRT	0,041	0,001
Among Pops	11	463,20	24%	PhiPR	0,250	0,001
Within Pops	109	1544,61	72%	PhiPT	0,280	0,001

Tabelle 31 Rxy= Maß für die Stärke des Zusammenhanges geographischer und genetischer Distanz, Korrelationskoeffizienten R= das Best Bestimmtheitsmaß R² in Prozent, P=Signifikanz

Rxy	P(rxy-rand >= rxy-data)	R ²
0,127	0,001	0,016

Der Mantel-Test errechnete eine niedrige aber signifikante Korrelation ($r = 0,127$, $p < 0,001$) zwischen der genetischen Struktur und der

geografischen Entfernung zwischen den Populationen. Das Bestimmtheitsmaß R² bestätigte einen ermittelten Zusammenhang zwischen der geographischen Distanz der sechs verschiedenen Standorte (Alpen, Erlangen, Pfalz, Monheim, Regensburg, Wetterau) und der genetischen Distanz der Individuen der Art *S. ovatus* WILLD. von nur 1 %.

Die Hauptkoordinatenanalyse erklärte auf den ersten drei Achsen 29,15% der gesamten Variation. Die erste Achse der PCoA verdeutlichte 14,80% der Gesamtvariabilität, während auf die zweite und die dritte Achse 8,16% und 6,18% der Varianz entfielen. Die Analyse liess zwar in der graphischen Darstellung der ersten beiden Achsen (Abbildung 34) voneinander abgrenzbare Gruppen der unterschiedlichen Standorte erkennen, aber insgesamt waren die Individuen der Standorte stark durchmischt.

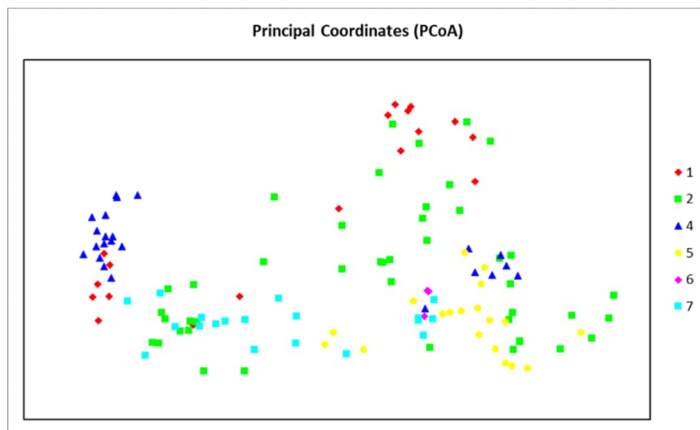


Abbildung 34 graphische Darstellung genetischer Ähnlichkeiten der Individuen der Art *S. ovatus* Wallr. im zweidimensionalen Raum

Axis	1	2	3
%	14,80	8,16	6,18
Cum %	14,80	22,96	29,15

Tabelle 32 Angabe der genetischen Variation, verteilt auf drei Achsen angegeben in Prozent und Prozent cummuliert

B, *Senecio germanicus* WALLR.

Für die populationsgenetische Analyse der Art *S. germanicus* WALLR. wurden 23 Individuen von fünf Populationen aus drei Regionen untersucht. Von den 153 isolierten Fragmenten waren 94 für die Trennung bei den Analysen verantwortlich, das entsprach einem Anteil von 61,4%. Der Prozentsatz der polymorphen Loci innerhalb der Populationen (PLP) lag zwischen 30,7% und 47,7% mit einem Mittelwert von 37,78% (Tabelle 33). Die genetische Vielfalt (Nei, 1978) innerhalb der untersuchten Populationen variierte zwischen 0,11 und 0,23 mit einem Durchschnitt von 0,17. Die Populationen aus Regensburg und Wien besaßen gegenüber den Populationen aus Vilseck eine niedrigere genetische Vielfalt

Der von der Probengröße unabhängige SSWP-Wert zeigte analoge Verteilung der genetischen Vielfalt wie der H_e – Wert. Die Region Vilseck wies mit 13,6 eine höhere genetische Vielfalt auf als die Populationen aus den Regionen Regensburg (9,8) und Wien (9,4 und 10,1).

Tabelle 33 Übersicht: Intraspezifische genetische Diversität von *S. germanicus* Wallr.: Differenziert in Regionen, Anzahl der Individuen in der Region, SSWP Wert für die Region, Individuenanzahl unabhängigen SSWP/(n-1) Wert für die Region, Anzahl der Populationen, n=Anzahl der Individuen, #loc=Anzahl der Loci, PLP=Prozentsatz polymorpher Loci, H_e =erwartete Heterozygotität, und SSWP/(n-1) als AMOVA-abgeleiteter SSWP Wert (SSWP= Summe)

Region	n	SSWP	SSWP/(n-1)	Pop	n	#loc.	#loc_P	PLP	H_e	SSWP	SSWP/(n-1)
Vilseck	8	101,25	14,46	1	3	153	69	45,1	0,23	27,333	13,67
				2	5	153	73	47,7	0,20	54,400	13,6
Regensburg	4	29,50	9,83	3	4	153	50	32,7	0,15	29,500	9,83
				5	6	153	50	32,7	0,11	47,000	9,4
Wien	11	112,18	11,22	6	5	153	47	30,7	0,15	40,400	10,1
Mittelwert	$\Sigma = 23$	80,98	11,84		$\Sigma = 23$	153	57,8	37,78	0,17	39,727	11,32

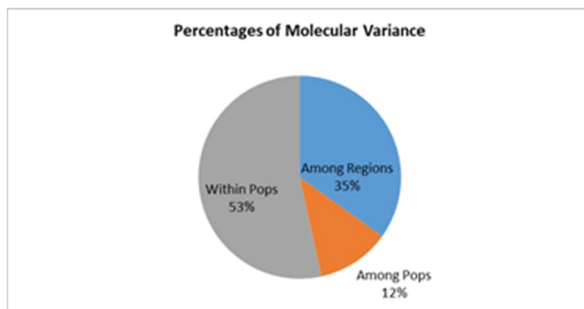


Abbildung 35: graphische Darstellung der Verteilung der molekularen Varianz der Individuen *S. germanicus* Walld: innerhalb und zwischen den Populationen und zwischen den Regionen

Die Ergebnisse der AMOVA (Tabelle 34, Abbildung 35) wiesen auf signifikante genetische Unterschiede innerhalb der Populationen ($\Phi_{PT}=0,47$, $p = 0,001$) hin mit 53%. Allerdings entfiel mit $\Phi_{RT}=0,35$ ($p = 0,001$) auch 35% der gesamten Variation auf zwischen die verschiedenen Regionen, was hoch ist. Die molekulare Varianz zwischen den Populationen ($\Phi_{PR}=0,18$) betrug 12%. Dieser Wert ist mit $p = 0,014$ signifikant.

Tabelle 34: d.f. = Freiheitsgrad („degree of freedom“), SS = Summe der Abweichungsquadrate vom Mittelwert („Sum of Squares“), Varianz (%) = Anteil in % an der Gesamtvarianz innerhalb von Populationen, Intraspezifische Varianz: Φ_{RT} = zwischen den Regionen, Φ_{PR} = zwischen den Populationen, Φ_{PT} = innerhalb der Populationen

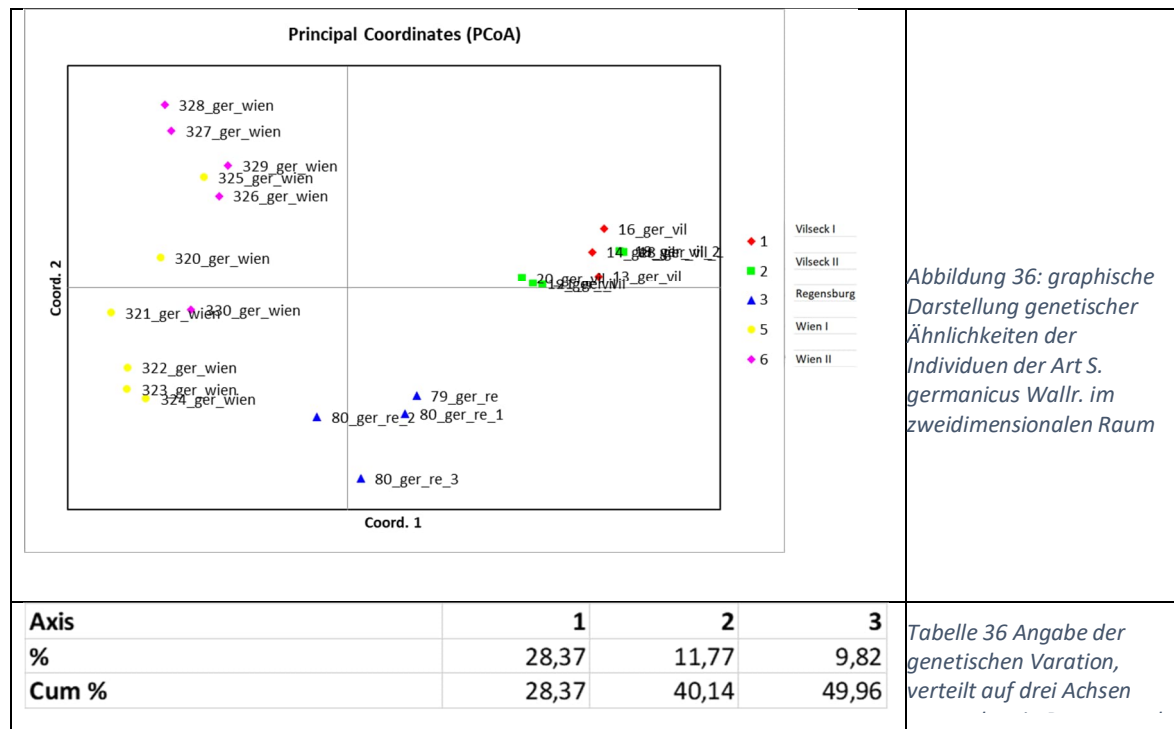
Source	df	SS	%	Stat	Value	P(rand >= data)
Among Regions	2	146,459	35%	Φ_{RT}	0,349	0,001
Among Pops	2	44,298	12%	Φ_{PR}	0,180	0,014
Within Pops	18	198,633	53%	Φ_{PT}	0,466	0,001

Der Mantel-Test zeigte eine hohe aber wenig signifikante Korrelation ($r = 0,782$, $p < 0,010$) der genetischen Struktur zwischen der genetischen und der geografischen Entfernung zwischen den Populationen. Das Bestimmtheitsmaß R^2 , lag bei der Betrachtung der drei Standorte (Vilseck,

Tabelle 35: R_{xy} = Maß für die Stärke des Zusammenhanges geographischer und genetischer Distanz, Korrelationskoeffizienten R = das Best Bestimmtheitsmaß R^2 in Prozent, P = Signifikanz

R_{xy}	P(r_{xy} -rand >= r_{xy} -data)	R^2
0,782	0,010	0,610

Regensburg, Wien) mit 0,61. Das bedeutet, 61 % der Unterschiede zwischen den Variablen konnten in direkten Zusammenhang miteinander gebracht werden.



Die Hauptkoordinatenanalyse erklärte auf den ersten drei Achsen 49,94% der gesamten Variation. Die erste Achse der PCoA präsentierte 28,37% der Gesamtvariabilität, während auf die zweite und die dritte Achse 11,77% und 9,82% der Varianz entfielen. In der Graphik ordnen sich die fünf Populationen der drei Standorte Wien, Regensburg und Vilseck in den drei Gruppen an, die den Populationen entsprachen.

C. *Senecio hercynicus* HERBORG

85 Individuen der Art *S. hercynicus* HERBORG wurden für die populationsgenetischen Untersuchungen verwendet. Diese stammten aus den vier Regionen Inselberg, Nordhausen, Ilfels und Odertalsperre (vgl. Tabelle 37) und setzten sich aus 9 Populationen zusammen. Pro

Tabelle 37 Übersicht: Intraspezifische genetische Diversität von *S. germani* Wallr.: Differenziert in Regionen, Anzahl der Individuen in der Region, SSWP Wert für die Region, Individuenanzahl unabhängigen SSWP/(n-1) Wert für die Region, Anzahl der Populationen, n= Anzahl der Individuen, #loc=Anzahl der Loci, PLP=Prozentsatz polymorpher Loci, He= erwartete Heterozygotität, und SSWP/(n-1) als AMOVA-abgeleiteter SSWP Wert (SSWP= Summe)

Region	n	SSWR	SSWP/(n-1)	Pop	n	SSWP	SSWP/(n-1)	#loc.	#loc_P	PLP	He	S.E.(Hj)
Inselberg	48	661,79	14,08	1	16	181,38	12,09	153	65	42,5	0,15	0,01
				2	17	198,24	12,39	153	60	39,2	0,16	0,02
				3	8	88,50	12,64	153	60	39,2	0,15	0,01
				4	7	67,14	11,19	153	62	40,5	0,16	0,02
Nordhausen	14	171,36	13,18	5	8	81,25	11,61	153	64	41,8	0,16	0,01
				6	6	72,50	14,50	153	65	42,5	0,18	0,02
Ilfels	13	173,23	14,44	7	8	98,63	14,09	153	67	43,8	0,18	0,02
				8	5	42,40	10,60	153	48	31,4	0,14	0,01
Odertalsperre	10	89,20	9,91	9	10	89,20	9,91	153	57	37,3	0,14	0,02
Mittelwert			12,90			102,14	12,11	153,00	60,89	39,80	0,16	0,02

Individuum ergab die Untersuchung eine mittlere Fragmenteanzahl von 31,5. Von den 153 Loci waren 83 der isolierten Fragmente für die Trennung verantwortlich, das entsprach einem Anteil von 54,2%. Der Prozentsatz der polymorphen Loci innerhalb der Populationen (PLP) lag zwischen 37,3% und 43,8% mit einem Mittelwert von 39,89% (Tabelle 37). Die genetische Vielfalt (He) innerhalb der untersuchten Populationen variiert zwischen 0,14 und 0,18 mit einem Durchschnitt von 0,16. Die Regionen Nordhausen, Illfels und Odertalsperre befanden sich alle im Harz und lagen weniger als 30km voneinander entfernt, trotzdem war die genetische Vielfalt zwischen den Populationen groß. Die Analyse zeigt, dass die Region Illfels sowohl die Population mit der niedrigsten als auch mit dem maximalen He-Wert beherbergt.

Der von der Probengröße unabhängige SSWP-Wert zeigt eine Verteilung der genetischen Vielfalt zwischen 9,91 an der Odertalsperre und 14,4 in Nordhausen.

Die Ergebnisse der AMOVA zeigten auch bei der Art *S. hercynicus* HERBORG mit 78% die größte molekulare Varianz innerhalb der Populationen (PhiPT=0,21, $p = 0,001$). 16% der Varianz entfiel mit PhiPR=0,17, ($p = 0,001$) auf zwischen die verschiedenen Populationen. Die genetische Differentiation zwischen den vier Regionen fiel mit einem Value von 0,06 (PhiRT) gering ($p = 0,001$) aus (vgl. Abbildung 37 und Tabelle 38).

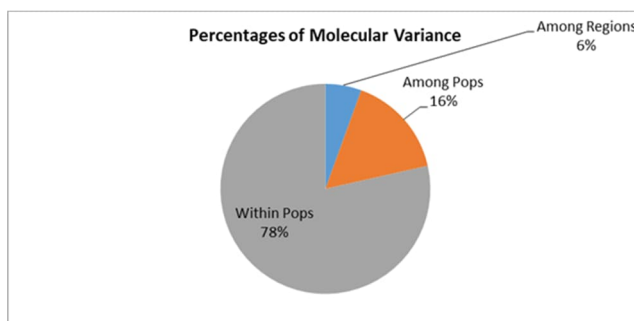


Abbildung 37: graphische Darstellung der Verteilung der molekularen Varianz der Individuen *S. hercynicus* L.: innerhalb und zwischen den Populationen und zwischen den Regionen

Tabelle 38 d.f. = Freiheitsgrad („degree of freedom“), SS = Summe der Abweichungsquadrate vom Mittelwert („Sum of Squares“), Varianz (%) = Anteil in % an der Gesamtvarianz innerhalb von Populationen, Intraspezifische Varianz: PhiRT= zwischen den Regionen, PhiPR= zwischen den Populationen, PhiPT= innerhalb der Populationen

Source	df	SS	%	Stat	Value	P(rand >= data)
Among Regions	3	146,256	6%	PhiRT	0,056	0,001
Among Pops	5	176,351	16%	PhiPR	0,168	0,001
Within Pops	76	919,228	79%	PhiPT	0,215	0,001

Tabelle 39: Rxy= Maß für die Stärke des Zusammenhanges geographischer und genetischer Distanz, Korrelationskoeffizienten R= das Best Bestimmtheitsmaß R² in Prozent, P=Signifikanz

Rxy	P(rxy-rand >= rxy-data)	R ²
0,223	0,010	0,050

Der Mantel-Test zeigte eine geringe Korrelation ($r = 0,223$, $p < 0,010$) zwischen der genetischen und geographischen Entfernung. Das

Bestimmtheitsmaß R^2 lag bei der Betrachtung der vier verschiedenen Standorte bei 0,04. Das bedeutet, dass nur 4% der Unterschiede zwischen den Variablen im direkten Zusammenhang stehen (vgl. Tabelle 39).

Die Hauptkoordinatenanalyse erklärte auf den ersten drei Achsen nur 25,18% der gesamten Variation. Die erste Achse der PCoA erklärte 9,42% der Gesamtvariabilität, während auf die zweite und die dritte Achse 8,40% und 7,36% der Varianz entfielen. Die PCoA wies eine starke Durchmischung der Individuen auf.

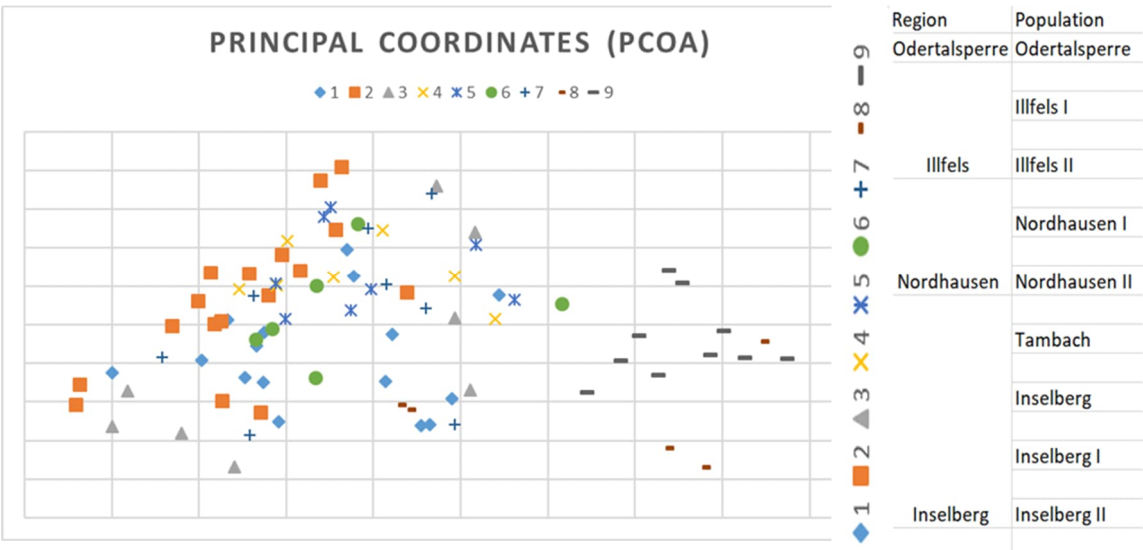


Abbildung 38: graphische Darstellung genetischer Ähnlichkeiten der Individuen der Art *S. hercynicus* Herborg im zweidimensionalen Raum, mit Legende

Axis	1	2	3
%	9,42	8,40	7,36
Cum %	9,42	17,82	25,18

Tabelle 40: Angabe der genetischen Variation, verteilt auf drei Achsen angegeben in Prozent und Prozent

D, *Senecio sarracenicus* L.

41 Individuen der Art *S. sarracenicus* L. wurden populationsgenetisch untersucht. Diese stammten von entlang des Maines und der Leitha (Wien), und setzen sich aus fünf Populationen zusammen. Von den 153 isolierten Loci waren 64 Fragmente für die Trennung bei den Analysen verantwortlich, das entsprach einem Anteil von 41,8%. Der Prozentsatz der polymorphen Loci innerhalb der Populationen (PLP) lag zwischen 16,3% und 36,6% mit einem

Mittelwert von 28,8% (Tabelle 41). Der H_e -Wert innerhalb der untersuchten Populationen variiert zwischen 0,05 und 0,15 mit einem Durchschnitt von 0,12.

Der SSWP-Wert zeigt eine Verteilung der genetischen Vielfalt zwischen 3,0 und 11,28.

Tabelle 41: Übersicht: Intraspezifische genetische Diversität von *S.germani* Wallr.: Differenziert in Regionen, Anzahl der Individuen in der Region, SSWP Wert für die Region, Individuenanzahl unabhängigen SSWP/(n-1) Wert für die Region, Anzahl der Populationen, n=

Region	n	SSWP	SSWP/(n-1)	Pop	n	SSWP	SSWP/(n-1)	#loc.	#loc_P	PLP	He
Main	30	337,93	11,65	1	18	191,72	11,28	153	56	36,6	0,15
				2	5	27,20	6,80	153	42	27,5	0,11
				3	5	35,60	8,90	153	54	35,3	0,15
				4	2	3,00	3,00	153	25	16,3	0,05
Wien_Leitha	11	85,64	8,56	5	11	85,64	8,56	153	41	26,8	0,12
Mittelwert						68,63	7,71	153,00	43,60	28,50	0,12

Die Ergebnisse der AMOVA wiesen, mit 76% ($\Phi_{PT}=0,23$, $p = 0,001$), auch bei der Art *S. sarracenicus* L. auf die größte molekulare Varianz innerhalb der Populationen (vgl. Abbildung 39 und Tabelle 42). Zwischen den verschiedenen Populationen herrschte eine molekulare Varianz von 24% ($\Phi_{PR}=0,24$, $p = 0,001$). Zwischen den Regionen konnte keine Varianz (0%) errechnet werden, allerdings war der Permutationstest nicht signifikant (Value = -0,01, $p = 0,576$).

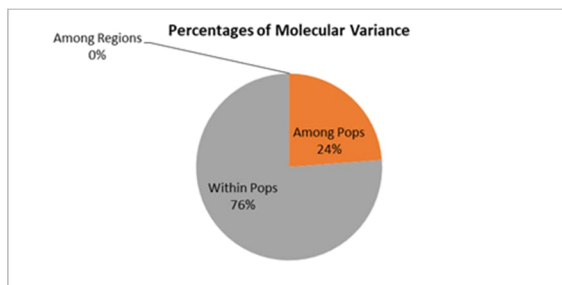


Abbildung 39: graphische Darstellung der Verteilung der molekularen Varianz der Individuen *S. sarracenicus* L.: innerhalb und zwischen den Populationen und zwischen den Regionen

Tabelle 42: d.f. = Freiheitsgrad („degree of freedom“), SS = Summe der Abweichungsquadrate vom Mittelwert („Sum of Squares“), Varianz (%) = Anteil in % an der Gesamtvarianz innerhalb von Populationen, Intraspezifische Varianz: Φ_{IRT} = zwischen den Regionen, Φ_{PR} = zwischen den Populationen, Φ_{PT} = innerhalb der Populationen

	df	SS	%	Stat	Value	P(rand >= data)
Among Regions	1	42,48	0%	Φ_{IRT}	-0,01	0,576
Among Pops	3	80,41	24%	Φ_{PR}	0,24	0,001
Within Pops	36	343,16	76%	Φ_{PT}	0,23	0,001

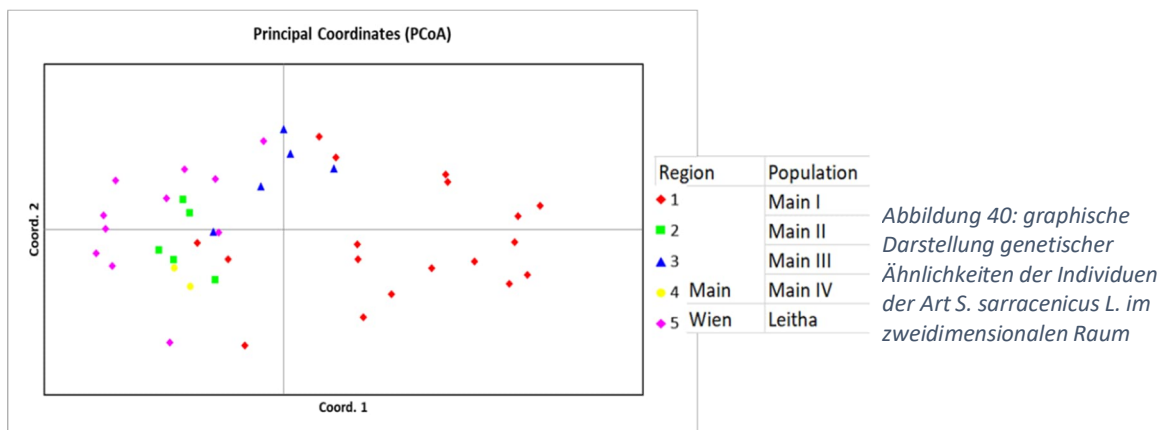
Rxy	P(rxy-rand >= rxy-data)	R ²
0,135	0,012	0,018

Tabelle 43: Rxy= Maß für die Stärke des Zusammenhanges geographischer und genetischer Distanz, Korrelationskoeffizienten R= das Best Bestimmtheitsmaß R² in Prozent, P=Signifikanz

Der Mantel-Test präsentierte eine Korrelation von $r = 0,135$ ($p < 0,012$).

Das Bestimmtheitsmaß R² maß 1% bei der Betrachtung der zwei verschiedenen Standorte.

Die Hauptkoordinatenanalyse erklärte auf den ersten drei Achsen 40,93% der gesamten Variation. Die erste Achse der PCoA definierte 17,11% der Gesamtvariabilität, während auf die zweite und die dritte Achse 13,22% und 10,61% der Varianz entfielen. Die Individuen deuteten nur eine schwache Clusterung im Hinblick auf den Standort hin (vgl. Abbildung 40 und Tabelle 44).



Axis	1	2	3
%	17,11	13,22	10,61
Cum %	17,11	30,32	40,93

Tabelle 44: Angabe der genetischen Variation, verteilt auf drei Achsen angegeben in Prozent und Prozent kumuliert

5 Diskussion

5.1 War Koch vernetzt und ein fester Bestandteil der Res publica literaria?

Die Analyse von Kochs Vita und Netzwerk zeigt Koch als großen Netzwerker und Teamplayer.

In den dreißig Jahren seiner medizinischen Tätigkeit wurde Koch zum anerkannten und gefragten Kenner der Flora der Pfalz und schließlich der Flora von Deutschland. Koch war als Wissenschaftler in einem engmaschigen Netzwerk aus botanisch Interessierten fest verankert. Dieses Netzwerk erstreckte sich über ganz Europa und verband verschiedenste fachkundige Personen miteinander. Es beruhte auf gegenseitigem Nutzen. Der fortwährende, gegenseitige Austausch bestand aus dem Transfer von Nachrichten und pflanzlichen Medien gleichermaßen. Koch kultivierte diesen Austausch sein Leben lang. Er verschaffte sich mit dem Versand von Pflanzen bereits vor seinem Studium der Medizin, in den 1790er Jahren, Achtung, als er seine gesammelten Pflanzenexemplare und seine Beobachtungen aus der Pfalz an den erfahrenen Botaniker Roth nach Bremen verschickte und dieser sie als Referenz in seinem *Catalecta botanica* (Roth, 1797-1806) verwenden konnte. Koch perpetuierte und verfeinerte die Gegenseitigkeit des Austauschs, indem er weiter unermüdlich seine gesammelten Pflanzen an Wissenschaftler übermittelte, aber auch im Gegenzug von diesem pflanzlichen Material einforderte. Er scheute sich nicht, Aufrufe in den Periodika zu starten, um bestimmte Arten oder Arten aus bestimmten Gegenden zu bekommen.

Koch war auch ein Teamplayer, er arbeitete und interagierte wissenschaftlich mit Fachleuten und Autoritäten. Einige seiner wichtigen Arbeiten, wie der *Catalogus der Pflanzen der Pfalz* oder die Überarbeitung der *J. C. Röhlingschen Deutschlands Flora* (Mertens & Koch, 1823), erschienen als Gemeinschaftsarbeiten. Die Kooperationen waren sowohl in fachlicher als auch in sozialer Hinsicht für jeden der Beteiligten stets eine Bereicherung und Begegnung auf Augenhöhe. Dies zeigte sich in dem Fortbestand vieler Kontakte auch weit über den Zeitpunkt der Veröffentlichung hinaus. Es entstanden Freundschaften, über die nicht nur wissenschaftlicher Austausch stattfand; auch bei manchen privaten Problemen wurde sich gegenseitig zur Seite gestanden. Ein Beispiel dafür ist Kochs innige Beziehung zu seinem Freund aus Kindheitstagen Müller. Koch und Müller stellten erste naturwissenschaftliche Untersuchungen an, die 1803 zur premieren wissenschaftlichen Veröffentlichung wurden, den *Entomologischen Heften*. Müller und Koch standen sich in guten Tagen, wie Hochzeit und Elternschaft, aber auch in schlechten Tagen, wie Tod eines Elternteils oder Ehescheidung, stets

zur Seite.

Die Rekonstruktion von Kochs Netzwerk zeigte, dass Koch ein europaweit bekannter, gefragter Spezialist war. Aber auch er kontaktierte als Fragender aktiv die Mitglieder der *Res publica literaria*. In unzähligen Briefen tauschte Koch Wissen aus. Bei der Entstehung vieler seiner wissenschaftlichen Abhandlungen war die vorausgegangene Diskussion prozessbildend, wie der Austausch von Desideraten in den Briefen zeigt. Mit diesen ‚Forschungsdesideraten‘ wurden Listen mit Themen oder Ordnungen von Arten, von denen gewünscht wurde, dass sich ein Forscher ihrer annimmt, versendet, damit die anderen Kollegen diese Ergebnisse für ihre eigenen Forschungen nutzen oder überarbeiten konnten. Damit sicherte Koch sich Anerkennung, was sowohl seine Unterstützung als auch den Status der Disziplin bewahrte und schließlich seine Integration als viel gefragter Vertrauter in den naturwissenschaftlichen Kanon begründete.

5.2 War Koch als Sammler relevant?

Anhand dieser Arbeit konnte klar herausgearbeitet werden, dass das Herbar, dank Kochs unermüdlichem Fleiß, Pflanzen zu sammeln und Lücken im Tausch oder mit Züchtungen im eigenen Botanischen Garten aufzufüllen, für mannigfaltige Auskünfte als Informationsquelle diente. Das Sammeln von getrockneten Pflanzen nutzte Koch, um Sachverhalte mit eigenen Augen zu sehen, das Wissen anzuwenden, Referenzen zu schaffen und damit Beweise zu sichern, beziehungsweise die wissenschaftliche Diskussion fortzuentwickeln. Koch versandte bereits in jungen Jahren (1790er) seine gesammelten Pflanzen aus seiner Heimat, der Pfalz, an viele Botaniker. Durch Kochs Sammlerfleiß war es ihm möglich, viele seiner Exemplare zu versenden, die wiederum in Herbarien fernab von Koch seine botanische Tätigkeit dokumentierten. Sowohl der französische Wissenschaftler De Candolle, oder Roth aus Bremen, als auch Funck von der Königlich Bayerischen Botanischen Gesellschaft wurden nur durch Belege, die Koch an Herbarien fernab versendet hatte, auf ihn aufmerksam. Aber auch Koch erhielt von seinen Kollegen Herbarbelege aus ganz Europa, Afrika, Südamerika und Asien. Zeit seines Lebens erweiterte Koch seine Sammlung durch eigene Reisen, durch Tausch aber auch durch professionelle Reisevereine, wie den Esslinger Reiseverein. Besondere Bedeutung hatten für ihn auch botanische Gärten, im Falle Kochs vor allem der Erlanger Garten, den er als botanisches Labor in den Fokus rückte. Vielzählige Herbarexemplare dokumentieren heute noch Kochs Züchtungen. Er investierte viel Zeit in die Führung und Pflege seiner Sammlung. Er wusste genau, welche und wieviele Pflanzen aus welchen Regionen sich in seinem Herbar

befanden. Ein handgeschriebener, vollständiger Index dokumentiert bis heute Kochs Buchführungskünste und Ordnung.

Wie sich herausstellte, eignet sich jeder einzelne Beleg aus dem Kochherbar für wissenschaftshistorische Analysen, sowohl Netzwerkanalysen als auch populationsökologische und -genetische Studien. Die Exemplare sind Zeitzeugen von Kochs Vita und Netzwerk und von pflanzenkundlichen Fragestellungen. Der Herbarbeleg als Datenträger konserviert eine Vielzahl von Informationen, die Zusammenhänge sowohl zwischen Personen, Orten, Werken aber auch vegetationskundliche Belange. Auch nach 200 Jahren haben diese Informationen nichts an Aussagekraft verloren.

Gerade weil Herbarbelege Informationen für unbestimmte Zeit konservieren, sollten Herbarien erhalten, gepflegt und weitergeführt werden. Da die Entwicklung der Botanik als Wissenschaft ein Prozess ist, entwickelt sich die Botanik auch heute noch stetig fort. Klassische Botanik, für die das Herbarium eine wichtige Infrastruktur darstellt, gerät gegenüber den molekularen Wissenschaften in den Hintergrund. Was zur Folge hat, dass das Herbarium und der botanische Garten in der Wissenschaft im Augenblick einen weniger wichtigen Stellenwert einnehmen und das Herbarium wenig Aufmerksamkeit bekommt beziehungsweise die Funktionen und Möglichkeiten eines Herbars in Vergessenheit geraten. Dennoch ist es wichtig, das Herbarium als Teil der botanischen Infrastruktur zu pflegen, da zukünftige Forschungsfragen nicht vorausgesehen werden können.

5.3 War Koch bibliographisch aktiv? War Koch in der Systematik tätig? Was macht Kochs Leistungen erwähnenswert? Welche Wirkung hatten seine Werke und welchen Einfluss hatte Koch auf die Entwicklung der Botanik als Wissenschaft?

Kochs Werke und Wirken stehen in besonderem Maße für die Floristik und Systematik. Dies zeigt sich vor allem an der Liste seiner Veröffentlichungen und deren Würdigungen. Seine publizierten Werke und Aufsätze beinhalten zum einen hervorragende Beschreibungen und Charakteristika der Arten; zum anderen spiegeln sie, über die sich verändernde systematische Anordnung der Arten, den jeweiligen Stand der Wissenschaft wieder. Kochs Werke sind eine Reflektion der eigenen Beobachtungen und einer Zusammenfassung von den in der Gelehrten-Gemeinschaft diskutierten Sachverhalten. Er schuf mit seinen Forschungsdesideraten eine solide Grundlage für die heimische Artenkunde und verfeinert diese, in dem er die jeweiligen Unterscheidungsmerkmale heraushob (Rees, 1884, S.26). Durch die Fixierung der Artcharaktere erarbeitete sich Koch den größten Verdienst. Aber war

Koch seinerzeit einer der größten Floristen Deutschlands, wie Wunschmann (1882) und Wagenitz (2000) behaupten?

Für Koch war die systematische Arbeit ein sukzessiver Prozess. Seine ersten Werke waren Überarbeitungen bereits bestehender Werke, die er mit anderen Wissenschaftlern gemeinsam revidierte. Erst allmählich wurde er Autor eigenständiger Werke und unzählige Aufsätze in Periodika. Es konnte aufgezeigt werden, dass Koch mit seinen Arbeiten Impulse gab, die die Entwicklung der empirischen Naturwissenschaften vorantrieb und bereicherte. Auch wenn Koch selbst keinen neuen bahnbrechenden Lehransatz formulierte, konnte in meiner Arbeit herausgearbeitet werden, dass seine wissenschaftliche Tätigkeit verschiedene Bereiche der Wissenschaft beeinflusst hat:

- ➔ die **Aufstellung und Abgrenzung der Arten und deren Systematisierung**, er ermöglichte den anwendungspraktischen Ausbau der Systematik
- ➔ sowie die **pflanzengeographische Betrachtung**.

Aufstellung und Abgrenzung der Arten und deren Systematisierung

In Kochs Werken stand die Erkennung der Gattungen und deren Arten im Vordergrund. Koch beherrschte die zweifelsfreie Abgrenzung zur nächsten verwandten Art; die jeweilige Diagnose verstand er mit meisterlicher Schärfe Knappheit und auf das Wesentliche konzentriert zu präsentieren. Er stellte die höchsten Ansprüche an sich selbst:

„Die vorhandenen Arten genauer zu bestimmen, sichere Grenzen für sie aufzufinden und abzustecken, ist übrigens nach meiner Ansicht weit verdienstlicher, aber auch weit schwerer, als ein halb Dutzend neue Arten aufzustellen, die, wenn sie nicht sehr auffallende Merkmale darbieten, immer problematisch bleiben müssen, solange die früheren nicht gehörig studiert und ausgemittelt sind“ (Koch, 1821, S.457).

Die erfolgreiche Beschreibung einer Art war nur möglich, weil Koch über eine herausragende und sehr diverse Artenkenntnis verfügte. Sein umfangreiches Wissen über Formenreichtum belief sich auf die wildwachsenden Farn- und Blütenpflanzen Mitteleuropas, was außergewöhnlich war unter dem Aspekt, dass er selbst wenige Regionen persönlich bereist hatte und sein detailliertes Wissen teils allein durch Analyse von Herbarbelegen oder Züchtungen erworben hatte. Rees' Behauptung (1884, S. 25), Koch habe die Forschungskollegen mit seinen Werken von sich abhängig gemacht, zieht auf die zahlreichen Florenwerke ab, die Kochs Werke oder seine Autorenschaft bei den Pflanzentaxa zitierten, wie beispielsweise die

Schultzsche *Flora der Pfalz* (1846). Des Weiteren werden durch noch heute gültige Differenzierungen kritischer Arten Kochs Aufstellungen bestätigt. Dies konnte Koch erreichen, indem er redundant und ergänzend arbeitete. Nach eingehender Untersuchung einer Art oder Artengruppe schrieb er ausführliche Einzelstudien und Monographien zur Erkennung der Gattungen und deren Arten in Periodika wie der *Flora oder Botanische Zeitung*. Sein umfangreiches Wissen, welches er in den separaten Aufsätzen veröffentlicht hatte, vereinte er schließlich in seinen epochalen und generationenüberdauernden Werken: der fünfbandigen Überarbeitung *J. C. Röhlings Deutschlands Flora* (1823-1839) und der *Synopsis* (1838) meisterhaft und einzigartig. Beide Werke wurden mindestens bis 1878, bis zum Erscheinen der *Flora von Deutschland* von Garcke (1878), wichtige Referenzwerke in der Botanik. Abgesehen von 393 heute noch dokumentierten Erstbeschreibungen von Pflanzen (Tropicos.org, 2021), greift die Botanik auch bei der Charakterisierung wie beispielsweise *Viola* oder *Draba* auf Kochs Veröffentlichung als Basis zurück.

Eine weitere ansehnliche Leistung erbrachte Koch auf dem Gebiet der **Systematisierung** von Blütenpflanzen. Ihm gebührt tatsächlich das Verdienst, dem natürlichen Pflanzensystem in Deutschland zum Siege verholfen zu haben, wie es Löhr postulierte (Löhr, 1953). Obwohl in dieser Zeit viele Pflanzensysteme entstanden, die an Jussieu, De Candolle und Brown anknüpften (Jahn & Krauß, 1998, S.304), wurden Kochs systematische Aufstellungen in vielen späteren Werken als Vorlage verwendet. Kochs besondere Leistung bestand darin, dass er lediglich theoretische Werke als Grundlage für seine Systeme verwendete, die er dann in der praktischen Systematisierung konsequent umsetzte und verfeinerte. De Candolles *Théorie élémentaire de la botanique* (Candolle, 1813) und Sprengels *Anleitung zur Kenntniss der Gewächse* (Sprengel, 1817-1818), waren keine vorgefertigten oder ausformulierten Systeme, sondern Werke, die Formen und Sachverhalte allgemein und hypothetisch formulierten. In seinem ersten eigenständigen Werk bearbeitete Koch 1824 die Doldenblütler monographisch (Koch, 1824). Koch stellte ein unabhängiges System auf, für welches er zwar das Linnésche ‚Grundgerüst‘ der 24 Klassen verwendete, brachte aber innovative Aspekte für die Systematisierung der Familie mit ein. Er verwendete die Entwicklung des Samens für die Systematisierung, nachdem er erkannt hatte, dass die Lage des Embryos im Samen, sowie die Unterscheidung von Endo- und Perisperm Merkmale lieferten, die wissenschaftlich genutzt werden konnten (Möbius, 1968, S. 52). Koch verwendete den Terminus Albumin. Er prägte den Begriff, in dem er ihn als Bestimmungsmerkmal manifestierte. Für die Gliederung der Doldenblütler setzte er den Gebrauch verschiedener Teile des Samens als Differenzierungsmerkmal konsequent ein (Koch, 1824). De Candolle wiederum, auf dessen

Grundsätzen Kochs Aufstellungen basierten, war von Kochs 1824 aufgestellter Systematik so überzeugt, dass er die Aspekte Kochs übernahm und in der Systematik in seinen folgenden Veröffentlichungen, dem vielbändigen Werk *Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis...* (1824-74) und *Mémoire sur la famille des Ombellifères. = Collection de mémoires* (1829) konsequent anwendete. De Candolles Bücher genossen europaweit hohes Ansehen. Damit verbreitete und etablierte sich, indirekt über De Candolles Werke, Kochs Systematisierung (Jahn, 1998, S. 303).

Außerdem erkannte Koch bereits bei der Bearbeitung der *J. C. Röhlings Deutschlands Flora* (Mertens & Koch, 1823) die große Vielfalt der Kryptogamen, die bis dahin nur in einer Familie gruppiert worden waren. Die Großgliederung der Pflanzenysteme war bis Anfang des 19. Jahrhundert noch weitgehend ‚künstlich‘ (Jahn, 1998, S. 305). Koch vermutete, dass die Gruppe der niederen Pflanzen so umfangreich und variabel sei, dass sie noch ungenügend beschrieben wären. Er vermutete ein eigenes Pflanzenreich und forderte eine gesonderte Bearbeitung (Mertens & Koch, 1823). Dass Koch mit seiner Vermutung recht hatte, konnte erst durch Hofmeister, mit dem Koch in enger Korrespondenz stand, abschließend geklärt werden (vgl. Hofmeister S.20+80).

Bei eingehenden systematischen Betrachtungen fiel Koch die schwierige Zuordnung von Hybriden auf. Die *Salix*-Arten, die er mit gewohnter Scharfsinnigkeit bearbeitete, führten ihm die Schwierigkeiten vor Augen. Er erkannte schnell, dass es zu diesem Thema Klärungsbedarf gab. Er suchte Rat und tauschte sich mit dem Gelehrten Gärtner (junior) aus (vgl. Gärtner S.21). Vater und Sohn Gärtner erforschten mit Bastardierungsexperimenten und Studien zur Fruchtmorphologie Hybridisierungen. Koch pflegte ebenfalls zu Naegeli (1842) und Hofmeister (1851) Kontakt, die die Bedeutung der Befruchtungsorgane klärten (Jahn & Krauß, 1998, S.387). Auch wenn Koch keine eigene Veröffentlichung zur Zuordnung von Hybriden herausgegeben hatte, gab er wichtige Impulse zu vertieften Betrachtungen zur Bastardierung, stellte seine Beobachtungen zur Verfügung und verband im Diskurs um den Forschungsgegenstand unterschiedlichste Wissenschaftler untereinander. Er selber systematisierte die kritischen Pflanzengattungen in seiner *Synopsis* meisterhaft (vgl. Kap. *Salibus europaeus* S. 102+ *Synopsis* S.105).

Eine weitere Neuerung, an deren Etablierung Koch einen nennenswerten Anteil hatte, waren die **Bestimmungsschlüssel**. Koch war es wichtig, dass der Botaniker die Pflanzen anhand seiner Charakterisierung und Systematisierung bestimmen konnte. Die Identifikationsschlüssel, die mittels einer schrittweisen Analyse auf die Unterscheidung von Pflanzen untereinander

abzielten, führte Koch bei der Bearbeitung der Labiaten (vgl. *Plantis Labiates* S.104) ein. Dafür entwickelte er neben knappen, aber eindeutigen Diagnosen einen synoptischen Bestimmungsschlüssel. Auch wenn die modernen dichotomen Bestimmungsschlüssel erst noch entwickelt werden mussten, hatte Koch eine wichtige Rolle als Wegbereiter, indem er sowohl die Organisationsprinzipien für die Systematik, die aus dem 18. Jahrhundert stammten, als auch die führenden botanischen Leitfäden, die im 19. Jahrhundert entstanden, begleitete und prägte.

Die pflanzengeographische Betrachtung

Nachdem die Väter der Botanik, wie beispielsweise Bock und Fuchs, im 16. Jahrhundert ihren forschenden Blick auf die heimische Flora gerichtet hatten, veränderte sich der Fokus der Wissenschaft Botanik auf das Verstehen kleinräumigerer Bereiche. Erste ökologische Zusammenhänge wurden erkannt. Entsprechende sich sukzessiv entwickelnde Fragestellungen reihten sich in die Entwicklung der Botanik als Wissenschaft ein. Während Willdenow (1792) erstmals den Inhalt einer Pflanzengeographie umriss und sein Freund Humboldt (1789) Phänomene aus geologischer, physikalischer, meteorologischer und botanischer Sicht in ein Verhältnis setzte, bekam die Kenntnis zur Verbreitung der Pflanzen in Abhängigkeit der klimatischen, geologischen und geographischen Verhältnisse erst Anfang des 19. Jahrhundert Struktur (Jahn, 1998, S. 309). Koch trieb diese Entwicklung mit seinen Untersuchungen voran. Koch unternahm **pflanzengeographische Studien**, indem er ökologische Faktoren und die komplizierte Bedingtheit morphologischer und physiologischer Erscheinungen betrachtete. Er beschäftigte sich mit der Pflanzenverbreitung in Abhängigkeit von klimatischen Faktoren. Koch führte sozioökologische Gliederungen durch und führte damit Humboldts erste Abhandlungen zur Pflanzengeographie fort (Humboldt, 1806; Humboldt, 1807). Koch förderte diesen Prozess progressiv, indem er Arten innerhalb einer Gattung über verschiedene Größen wie Standortfaktoren oder geographische Einflüsse differenzierte und so die Vegetation in Abhängigkeit von Klima und Boden als ‚physiognomischen Typen‘ beschrieb. Der Arbeitsansatz, die Morphologie einzelner Arten in Abhängigkeit ökologischer Einflüsse aufzuführen, ist bei Koch an vielen Stellen erkennbar.

Am konkreten Beispiel etwa der Gattungen *Gladiolus* und *Salix*, konnte Koch als Meister der Floristik bestätigt werden. Koch beschrieb die Verbreitungsgebiete jeder einzelnen Art sehr genau. Er verglich die verschiedenen Standorte geobotanisch exakt. Koch differenzierte die unterschiedlichen Arten morphologisch sehr deutlich und ordnete jeder Art auch einen bestimmten Biotoptyp, wie Ufergebüsch, zu. Vor allem in seinem Heimatgebiet, der Pfalz, analysierte er die Lebensraumtypen minutiös und konnte Pflanzenvorkommen in

Kleinstbiotopen aus vorangegangenen Florenwerken kommentieren. Die Ergebnisse aus seinen Beobachtungsmethoden, die er in seinen Werken zusammenfasste, zeigen eine Relevanz, die heutigen floristischen Charakterisierungen entspricht. Durch Kochs induktive Studien wurden nachfolgende Werke wie der *Grundriss der Pflanzengeographie* (Meyen, 1836) oder *Géographie botanique raisonnée* (Candolle, 1855) erst möglich.

5.4 Ist Kochs Beobachtungsgabe heute noch relevant – am Beispiel der *Senecio nemorensis* - Gruppe

Hält die Beobachtungsmethodik von Koch und die daraus resultierende Systematik stand, wenn sie unter Anwendung von molekularen Methoden der heutigen Systematik gegenübergestellt wird?

Die Arten der *Senecio nemorensis* – Gruppe sind aufgrund ihrer Vielgestaltigkeit schwer gegeneinander abzugrenzen (Herborg, 1987, S. 207). Sowohl Koch (1819)

„Man sieht daraus von Neuem, welch wunderliches Schicksal von Verwechslungen dem *Senecio nemorensis* von Linnés Zeiten bis auf den heutigen Tag zu Theil geworden, aber sein näherer Gattungsverwandter der *Senecio sarracenicus* hat in der That gleiches Loos gezogen und theilt dasselbe Schicksal mit ihm“ (Koch, 1819, S. 715).

als auch später Herborg (1987) und Oberprieler (1994) nahmen sich des Problems an.

Vergleicht man die Veröffentlichungen zu *Senecio nemorensis* und *S. sarracenicus* bis 1846, so zeigen sich mehrfach taxonomische Fehlbestimmungen und daraus entstandene, zahlreiche Verwechslungen, Falsch- beziehungsweise Neuaufstellungen der Arten *Senecio nemorensis* L. und *S. sarracenicus* L. in der Literatur.

Koch überarbeitete zum einen die bis 1846 entstandene Synonymie komplett neu, zum anderen untersuchte er die verschiedenen Arten und beschrieb sie anhand von morphologischen Attributen, wie Anzahl der Zungenblüten oder An- oder Abwesenheit von kriechenden Wurzeln. Zusätzlich ging er das Problem der Vielgestaltigkeit mit der Formulierung von Varietäten an. Meine Untersuchungen haben ergeben, dass Koch die verschiedenen Varietäten der *Senecio nemorensis* - Gruppe sehr genau verortete und deren Vorkommen dokumentierte. Wie bei all seinen Bearbeitungen verband er mit der Morphologie der Pflanzen auch ökologische Aspekte und beschrieb die Lebensräume, in denen die Arten vorkamen. Stellt man die von Koch beschriebenen Taxa mit den Verbreitungseinheiten denjenigen gegenüber, die man ermittelt, wenn man eine Artcharakterisierung mit den erweiterten molekularen Methoden

von heute durchführt, so kommt man zum Ergebnis, dass Koch mit seinen eingeschränkteren Untersuchungsmethoden zu den gleichen floristischen Einheiten gekommen ist.

Kochs erkannte die systematische Zuordnung von Arten und ihrer Verwandtschaften bereits korrekt. Auf Gattungsebene unterscheidet sich die Einordnung der Sippe nach heutiger Methodik gegenüber der damaligen nicht. Innerhalb der von Linné 1753 beschriebenen Art *S. nemorensis* L. wurde jedoch unterschiedlich mit der großen morphologischen Diversität umgegangen. Um das Problem mit der Vielgestaltigkeit der Gruppe zu lösen, beschrieb Koch Varietäten, wohingegen Herborg diese zu eigenständigen Arten aufwertete (Herborg, 1987). Der Verdacht liegt jedoch nahe, dass die Differenzen zwischen Koch und Herborg genealogischen Ursprungs waren. Obwohl Koch bereits die wichtigen Formunterschiede und auch die physiologischen Unterschiede, inklusive gradueller Unterschiede der fruchtbaren Vermischung (Meyer, 1877-1881, S. 61), zur Unterscheidung von Arten oder Varietäten beachtete, formulierte erst Darwin in seinem Buch *Über die Entstehung der Arten* (Darwin, 1859) das für die Systematik wichtige Verständnis der Entwicklung der Organismen. Kochs Beschreibung der Varietäten innerhalb der Art *S. ovatus* WILLD. beruht auf fundierter Beobachtung und Experimenten. Wegen der großen morphologischen Variationsbreite der Art konnte Koch jedoch mit seinen Mitteln im botanischen Garten, im Gelände und im Herbarium keine begründet eigenständige Art nachweisen. Die heutigen Modelle gründen auf genetischen Untersuchungen. Die Art *S. ovatus* WILLD., die von Koch als eine sehr diverse Art betrachtet wurde, welche sich in Varietäten untergliedern ließ und heute in drei eigenständige Arten aufgewertet wurde, ist auch genetisch betrachtet sehr facettenreich.

Die genetischen Daten bestätigen, dass es sich bei *Senecio nemorensis* – Gruppe um eine monophyletische Gruppe handelt, die sich wenig voneinander abgrenzt. Eindeutige Merkmalsunterschiede differenzieren die Art *S. sarracenicus* von den anderen drei Arten. Dies erkannte bereits Koch. Phylogenetisch lassen sich die Individuen der Arten *S. germanicus* WALLR. von *S. ovatus* WILLD. und *S. hercynicus* HERBORG nur teilweise voneinander abgrenzen. Insgesamt lässt sich sagen, dass die Unterschiede in den Bestimmungsergebnissen von damals und heute durch die Entwicklung der Wissenschaft zu erklären sind. Das System Kochs war sehr fortschrittlich und hält kritischen wissenschaftlichen Untersuchungen stand, auch wenn moderne Methoden eine weitere Differenzierung zulassen.

6 Zusammenfassung

„[Ich]....beschrieb und rangierte [die Pflanzen]... nach unserem neuen [...]System; aber, o Himmel, wie die Natur doch so eigensinnig ist; ich glaubte es wäre das vollkommenste [...] System, das noch je ein Gehirn ausgebrütet hätte; aber siehe, ich fand sehr viele [...]Arten], die die Bosheit hatten, entweder nicht in meine Ordnung zu passen zu wollen oder die durch ihre Rentabilität ganze Löcher in mein System rissen.“ (Zink 1968, S. 21)

Kochs Forschungsarbeiten sind in das Gesamtbild der „Botanik in Europa“ wie Teile in ein Puzzle eingebaut, die, wenn sie fehlen, das Ganze unvollständig lassen. Auch wenn Kochs Bausteine nicht im Zentrum des Bildes liegen, so ergänzen sie doch das Geschehen und Fügen sich wie Zahnräder in das große Ganze und trieben den Fortschritt voran. Kochs Pionier-Leistung waren für andere Wissenschaftler wie kleine Stellungsänderungen eines Getriebes, die dann den notwendigen An Schub der großen Zahnräder ermöglichten und den bedeutenden Entwicklungen Vorschub lieferten. Dabei profitierte Koch vom Wissen der Gelehrten der *res publica literaria*. Kochs herausragende Leistungen lagen in dem Gebiet der systematischen Bearbeitung einzelner Gattungen oder Familien, wobei er konsequent auf philosophische oder fortentwickelnde Interpretationen oder poetische Anschauungsweisen der Natur verzichtete. Dies überließ er anderen Wissenschaftlern, wie De Candolle (Döderlein, 1849, S. 5).

Briefe und Korrespondenzen, Res publica literaria:

Der Briefwechsel Kochs drückt in beispielhafter Weise die Gepflogenheiten der internationalen wissenschaftlichen Gemeinschaft aus, vor allem auf dem Gebiet der systematischen Botanik. Die Korrespondenzen sind Spiegel eines raffinierten Netzwerkes, das der anspruchsvolle Wissenschaftler geschickt nutzte. Kochs Briefe und Korrespondenzen waren ein zentrales Medium des Informationsaustauschs über neueste botanische Publikationen und Erkenntnisse. Ihre Funktionen waren vielfältig, angefangen von einer Plattform für die Erörterung praktischer Probleme des Alltags des Botanikers, über die Funktion als Sprachrohr für die Arten und Weisen der Beschaffung von Pflanzen, als Verständigung über Methoden der Pflanzenzucht, die Informationsweitergabe für das Vorgehen bei der Pflanzenbestimmungen bis hin zur Kommunikation der Möglichkeiten der Lagerung getrockneter Pflanzen. Ein sehr zentraler Punkt in Kochs Korrespondenzen war die Diskussion theoretischer Probleme, wie

beispielsweise der wissenschaftlichen Methodologie oder Fragen der Systematisierung und Nomenklatur. Ein weiteres Element seines botanischen Briefwechsels bildeten die Nachrichten über die botanischen Lehrstühle, deren Wissenschaftsbetrieb und die botanischen Gärten. Ein nicht zu vernachlässigender Randbereich umfasste auch den sogenannten Klatsch über Botaniker und bekannte Botanik-Liebhaber, sowie über Freundschaften oder Überwürfnisse. Neben dem ‚Dauerbrenner‘ der Bücherbeschaffung war der Samen- und Pflanzentausch mit Abstand das häufigste botanische Einzelthema.

Koch war als anerkannter Wissenschaftler fester Bestandteil eines engmaschigen und zugleich weitreichenden Netzwerkes, innerhalb dessen ein Austausch stattfand. Er trug wesentlich zur Entwicklung einer Symbiose aus Geben und Nehmen bei, die neben einer gewissen Abhängigkeit voneinander vor allem einen gegenseitigen persönlichen und wissenschaftlichen großen Nutzen bedeutete. Material, Diskurs oder Fortschritt wären ohne jene Korrespondenzen, kaum zu erreichen gewesen.

Koch war für seine Arbeiten auf den Tausch von Material und Informationen über Gelehrte und botanische Gärten, die Überlassung von Herbar-Dubletten und die Zusendung von Beschreibungen neuentdeckter Arten und Gattungen angewiesen. Er wiederum ließ zahlreichen Kollegen großzügige Hilfe zukommen, in dem er etwa Herbarbelege, Bücher oder auch seine Kenntnisse mit ihnen teilte. Zudem zeigte Koch auch politisches und kulturelles Engagement.

Arbeitsweisen

Betrachtet man die Person Koch und sein wissenschaftliches Werk, so wird deutlich, dass Kochs Überlegungen und kritischen systematischen Arbeiten es absolut wert sind, weiterhin gewürdigt zu werden. Koch beteiligte sich an der Weiterentwicklung der Klassifikation der Pflanzen nach einem natürlichen System (Schubenz, 2017, S. 257). Koch konnte auf Grund seiner Arbeitsweise und durch ausführliche Vergleiche und Sichtung des aus allen Regionen zusammengetragenen Materials mit eigenen Augen, wichtige Fragestellungen in der Systematik und der Taxonomie beziehungsweise der Synonymie bewältigen (Rees, 1884, S. 4). Die Geschichte der Wissenschaft beziehungsweise deren Veränderung, geht Hand in Hand mit der unbewussten Grundeinstellung der wissenschaftlichen Tätigen (Foucault, 2003).

Wissenschaft:

Die Anerkennung, die Koch unter den Kollegen allgemein genoss, drückte Wunschmann 1882 in dem Superlativ des „größten Floristen Deutschlands“ aus (Wunschmann, 1882; Wagenitz, 2000). Koch war auf dem Gebiet der Charakterisierung der Arten und der Artabgrenzung

brillant. Des Weiteren hatte er großen Einfluss auf die theoretische und praktische Systematisierung der Pflanzen.

Betrachtet man die Entwicklung der Wissenschaft, so lag Kochs schöpferische Phase in der Zeit eines Umbruchs in wissenschaftlichen Fragestellungen. Er erlebte noch das wissenschaftliche Bemühen um möglichst vollständige Übersichten aller Arten, welches durch Taxonomie und Klassifikation geprägt wurde. Deutschland bekam durch Koch eine fast erschöpfende Darstellung der einheimischen Gewächse, vor allem der Phanerogamen, was auch durch Vorarbeiten von Jacquin, Wallroth oder Hoppe ermöglicht wurde. Wegweisend war Kochs Herangehensweise in der Artenbestimmung, für die er hypostasierte Kriterien in der Unterscheidung von Art und Varietät etablierte. Mit den Ergebnissen seiner Pflanzenbeschreibungen stellte er allem voran mit seinem Werk *Synopsis* alles in den Schatten, was vor ihr über die deutsche Flora geschrieben worden war. Koch schuf mit der Vollendung des *Synopsis Florae Germanicae* einen anerkannt wichtigen Meilenstein in der Pflanzenkunde (Martius, 1841, S. 20).

Gleichzeitig wirkte Koch entscheidend daran mit, das natürliche Pflanzensystem in Deutschland zu etablieren. Die aus Frankreich stammenden neuen Erkenntnisse über ein natürliches System, das die Verwandtschaften und sozioökologische Beziehungen von Pflanzen berücksichtigte (Dauser et al., 2011, S. 87), griff Koch meisterhaft auf und verfeinerte es anhand eigener praktischer Anwendung an seinem großen Bestand an Pflanzenmaterial. Er rückte von der ausschließlichen Betrachtung oberflächlicher Unterschiede ab und verglich zusätzlich anatomische und verborgene Organsysteme (Foucault, 2003). Die wissenschaftshistorische Recherche macht die Entwicklungen gut nachvollziehbar, beispielsweise im Fall der von De Candolle stammenden kombinierten Identifizierung der Gestalt über die Unterscheidung von konvergent und divergent entwickelter Morphologie oder auch bei der Miteinbeziehung ökologischer Einflüsse (Scharf, 2009). Koch setzte De Candolles überwiegend theoretische Ansätze in der monographischen Bearbeitung der Umbelliferen um und bereichert sie um die Aufstellung systematischer Beziehungen unter Einbeziehen zusätzlicher Kriterien des Eiweißes im Samen und dessen Entwicklung. Die Ergebnisse Kochs übernahm wiederum De Candolle wenige Jahre später in seinem großen Werk und machte sie wissenschaftlich populär. Somit lieferte Koch einen grundlegenden Anteil an der Einführung des natürlichen Systems.

Die Organisationsprinzipien, anhand derer eine zweifelsfreie Identifikation von Arten möglich wird, stammen zwar aus dem 18. Jahrhundert, ihre systematische Anwendung wurde erst mit dem Entstehen von Leitfäden im 19. Jahrhundert möglich, unter denen Kochs *Synopsis* eine

herausragende Stellung einnimmt (Scharf, 2009). Im 20. Jahrhundert bestimmen genetische und phylogenetische Organisationssysteme die Systematik.

Kochs eingehende Untersuchungen zu den Übergängen zwischen Art, Unterart, Varietät und Hybrid trieben einen Teilbereich der Botanik in die Richtung der Entwicklungsbiologie. Während die wichtigsten Zweige der biologischen Wissenschaften bis zum Anfang des 19. Jahrhunderts ansatzweise begründet worden waren, hatte sich noch keine empirisch begründete Vererbungslehre herausgebildet. Koch beschäftigte sich auch mit Varietäten oder Hybriditäten, konnte allerdings die wissenschaftlichen Zusammenhänge nicht erklären (Wimmer, 1838, S. 378). Die endgültige molekulare Klärung fand erst durch Mendel und Darwin in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts statt.

In der Botanik zu Kochs Zeiten wurde Erfolg noch daran bemessen, eine möglichst große Zahl „neuer“, d. h. dem System noch nicht einverleibter Arten entdeckt und eingeordnet zu haben. Kochs höher zu bewertendem Verdienst besteht darin, dass er gleichzeitig die bestehende Systematisierung kritisch hinterfragt und in Teilen weiterentwickelt hat. Damit führte Koch den durch Linné begründeten *methodus naturalis* als „natürliches System“ konsequent in seine Betrachtungen ein und bereitete durch Weiterentwicklung den Weg des Systems bis zu dessen Fertigstellung in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Kochs Werke hatten vor allem Einfluss auf Werke von Bentham (1862-1883) beziehungsweise von Engler und Prantl (1887-1915).

Untersuchung *Senecio nemorensis* – Gruppe:

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts konkurrierten für die Klassifikation der Pflanzen verschiedene Ansätze der Formulierung eines natürlichen Systems. Auch die Linnésche Nomenklatur blieb weiterhin gebräuchlich (Schubenz, 2017, S. 257). In der Taxonomie herrschte dadurch teilweise ein heilloses Durcheinander. Koch erkannte das Problem und bewältigte durch ausführliche Vergleiche die Synonymie (Rees, 1884, S. 4). Erst 1905, also 50 Jahre nach Kochs Tod, wurden beim Internationalen botanischen Kongress in Wien unabhängige und internationale Regeln als *Internationale Code der botanischen Nomenklatur* beschrieben und für allgemeingültig erklärt (Zdeněk, 1972). Die Gegenüberstellung der Bestimmungsergebnisse von damals und heute zeigen auf, dass die Bestimmungen durch Koch mit denen von heute übereinstimmen beziehungsweise die Unterschiede mit der Entwicklung der Wissenschaft zu erklären sind. Das System Kochs war sehr fortschrittlich und es hält kritischen wissenschaftlichen Untersuchungen stand. Auch unter Zuhilfenahme moderner Bestimmungsmethoden erweisen sich Kochs Aussagen und Einordnungen als einwandfrei und haben weiterhin Bestand. In dieser

Arbeit wurde Kochs pflanzliches Material einer kritischen Sippe, der *Senecio nemorensis* – Gruppe gezielt durch frisches Feldmaterial ergänzt, welches an den historischen Sammelorte 2019 und 2020 erneut besammelt wurde. In ausführlichen morphologischen und genetischen Studien wurde das Material miteinander verglichen. Artcharakteristika, beschrieben von den Autoren Koch (1819) und Herborg (1987) und Oberprieler (1994), sowie die Systematik wurden einander gegenübergestellt. Die Relevanz der Aussagen von Koch hat gegenüber der heutigen nichts an Aussagekraft verloren. Dies gilt nicht nur für die *Senecio nemorensis* – Gruppe, sondern auch für viele verschiedenen Gattungen, wie *Draba* oder *Salix*.

7 Fazit / Conclusion

Fazit:

Wilhelm Daniel Joseph Koch (1771-1849) wurde von seinen zeitgenössischen Fachkollegen als großer deutscher Botaniker des 19. Jahrhunderts bezeichnet (Wunschmann, 1882; Wagenitz, 2000); heute ist sein Werk beinahe in Vergessenheit geraten. Für diese Arbeit wurden Kochs Leben, seine Werke und sein Wirken beschrieben und mittels qualitativer Methoden untersucht. Kochs Ansatz zur taxonomischen Zuordnung von Arten sowie deren Systematisierung über ihre Verwandtschaftsverhältnisse wurde durch einen genetischen Abgleich historischer und aktueller Herbarbelege empirisch überprüft.

Es konnte gezeigt werden, dass Koch innovative Aspekte sowohl in die Systematisierung der Pflanzenfamilien als auch in der Floristik einbrachte, die die Entwicklung der Botanik als Wissenschaft aktiv vorantrieben. Viele seiner Erstbeschreibungen und seiner Systematiken sind heute noch gültig. Die Arbeit belegt nicht nur die Bedeutung Kochs für die Botanik, sondern auch die Bedeutung des Herbarium Erlangense für wissenschaftshistorische Betrachtungen und für die Weiterentwicklung moderner Bestimmungsmethoden.

Conclusion:

Wilhelm Daniel Joseph Koch (1771-1849) was described by his contemporary colleagues as a great German botanist (Wunschmann, 1882; Wagenitz, 2000); today, his work has almost been forgotten. For this paper, Koch's life, works and scientific influence were described and investigated using qualitative methods. Koch's approach to the taxonomic allocation of species as well as their systematization via their relationships was empirically verified through a genetic comparison of historical and current herbarium evidence.

It could be demonstrated that Koch brought innovative aspects into the systematization of the plant families as well as into floristic issues, which actively promoted the development of botany as a science. Many of his first descriptions and systematics are still valid today. This paper not only documents the importance of Koch for botany, but also the importance of the Herbarium Erlangense for research into the history of science and for the further development of modern systematic analysis.

8 Abkürzungen

Acetat	Anion der Essigsäure
Aqua dest.	Destilliertes Wasser
BLAST	Basic Local Alignment Search Tool
Bp	Basenpaare
Bzw.	beziehungsweise
Ca.	zirka
Catalogus palatinus	Catalogus plantarum, quas in ditione Florae palatinatus legerunt G. Koch und I. B. Ziz (1814)
dNTP	desoxyNukleosidTriPhosphat
EDTA	Ethylendiamintetraessigsäure
F _{st}	<i>Wrights fixations indxs ()</i>
FASTA	textbasiertes Format zur Darstellung und Speicherung der Primärstruktur von Nukleinsäuren (Nukleinsäuresequenz) und Proteinen (Proteinsequenz) in der Bioinformatik
fl.	Gulden
GenAlEx	Genetic Analysis in Excel ist eine beliebte funktionsübergreifendes Plattformpaket für genetische Analysen von Populationen, es läuft mit Microsoft Excel
H _e	Gen-Diversität
MP	Maximum Parsimony
NCBI	National Center for Biotechnology Information Search database
NJ	Neighbor-joining

Abkürzungen

NNI	heuristische Methode Nearest-Neighbor-Interchange
Nova acta	Nova acta physico-medica Academiae Caesareae Leopoldino-Carolinae Naturae Curiosum
P	Wahrscheinlichkeitswert
PCR	Polymerase Chain Reaction
PCoA	Principal Coordinates Analysis
Plantarum umbelliferarum	Generum Tribuumque plantarum umbelliferarum nova dispositio auctore G. D. I. Koch
R	Maßkorrelationskoeffizient R
Salibus europaeus	De salicibus europaeis commentatio, qua ad orationem pro aditu muneris sibi demandati die sept. mdcccxxviii publice recitandam omni qua decet observantia invitatur G. D. I Koch 1828
SSWP	Sum of Squares Within Population
Synopsis	Synopsis florum Germanicae et Helveticae: exhibens stirpes phanerogamas rite cognitae, quae in Germania, Helvetia, Borussia et Istria sponte crescunt atque in hominum usum copiosius coluntur. Index generum, specierum et synonymorum
TAE	TRIS-Acetat-EDTA-Puffer,
TRIS	Tris-(hydroxymethyl)-aminomethan,
UE	Untereinheiten

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Portrait von Wilhelm Daniel Joseph Koch auf der Universitätsbibliothek Erlangen.....	1
Abbildung 2:	Herbarbeleg (Typus) von <i>Fucus chemnitzia</i> Esper aus dem Herbarium Erlangense von Esper	10
Abbildung 3:	Auszug aus <i>Species plantarum</i> 1753 von Linné	24
Abbildung 4:	graphische Darstellung der Abläufe für die Untersuchungen am pflanzlichen Material.....	33
Abbildung 5:	Darstellung der ITS Regionen nach White 1990.....	38
Abbildung 6:	graphische Darstellung der ITS Region und der Primerorte und Primerwalking nach (Blattner F. R., 1999)	38
Abbildung 7:	FAU-KUNSTINVENTAR 513: K o c h, Wilhelm Daniel Joseph (1771-1849), Prof. der Medizin und Botanik in Erlangen, Ölgemälde. Brustbild als junger Mann, 33x26 cm, im Goldrahmen 45x41 cm, testamentarisch vermacht von der Ururenkelin von Koch, Renate Wollner, Bad Kreuznach, erhalten Mai 2002.....	50
Abbildung 8:	FAU-KUNSTINVENTAR 512: K o c h, Wilhelm Daniel Joseph (1771-1849), Prof. der Medizin und Botanik in Erlangen, Brustbild. Aquarell/Kreide?, 34x29 cm, im Goldrahmen hinter Glas 42,5x37,5 cm, testamentarisch vermacht von der Ururenkelin von Koch, Renate Wollner, Bad Kreuznach, erhalten Mai 2002	56
Abbildung 9:	<i>Myosotis sylvatis</i> , Muggendorf, Autograph Koch, Herbarbeleg aus dem Herbarium Erlangense.....	58
Abbildung 10:	Syntypus <i>Kochia arenaria</i> aus dem Herbarium Erlangense	63
Abbildung 11	Ausschnitt einer Schede eines Herbarbelege von <i>Myosotis nemorensis</i> gesammelt von Besser.....	79
Abbildung 12	Veröffentlichung: Ausschnitt aus <i>Enumeratio Plantarum hucusque in Volhynia</i> , 1822, S. 52	79
Abbildung 13:	Ausschnitt aus dem <i>Catalogus palatinus</i> von Koch & Ziz von 1814, S. 12	91
Abbildung 14:	Vergrößerte Darstellung der Scheden, zum Beleg der <i>Chlora acuminata</i> Koch & Ziz gehörend, aus dem Herbarium Erlangense	91
Abbildung 15:	Herbarbeleg der <i>Chlora acuminata</i> Koch & Ziz aus dem Herbarium Erlangense.....	92
Abbildung 16:	Aus <i>Plantarum Umbelliferarum</i> Seite 147 und Tafel IX mit Beschreibung und dazugehöriger grafischer Darstellung der Früchte: Die nummerierten Darstellungen in Abbildung 16 zeigen einige Beispiele, wie Koch die Samen und	

	<i>Eiweiß mit eigener Außenhülle beschrieb. Es erscheint in der Form verschieden zusammengesetzter flacher Oberflächen (Nr. 27 oder 12).....</i>	101
Abbildung 17:	<i>Deutschland / entworfen und gezeichnet von C. F. Weiland Weiland, Karl Ferdinand (1782-1847).[Quelle: "Quelle gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France" Or. En "Quelle gallica.bnf.fr / BnF".].....</i>	107
Abbildung 18:	<i>Poa alpina, aus dem Herbarium Leiden Naturalis, Schede re unten in Vergrößerung: „Poa alpina, ... dieses Exemplar aus den pyreneis orientalis ist größer als Gaudis Ex. [???] Pflanzen. Verleichen Sie den Halm, [...]“</i>	111
Abbildung 19:	<i>Hieracium aurantiacum L., Herbarbeleg aus: Herbarium Erlangense, Erlangen. Orangerotes Habichtskraut – Herbarbeleg.....</i>	123
Abbildung 20:	<i>Hieracium aurantiacum L., aus: Jacob Sturm, Deutschlands Flora in Abbildungen nach der Natur mit Beschreibungen, Abt.1, Bd. 10, 1817, XIX.1, UBE, H00/BOT 774.</i>	123
Abbildung 21:	<i>eine Reihe verschiedener Gladiolus Arten aus der Sturmschen Deutschland Flora ...</i>	125
Abbildung 22:	<i>grafische Darstellung der Fehlbestimmungen Kochs bei S. ovatus</i>	136
Abbildung 23:	<i>grafische Darstellung der Fehlbestimmungen Kochs bei S. sarracenicus.</i>	136
Abbildung 24:	<i>grafische Darstellung der Fehlbestimmungen bei S. ovatus.....</i>	137
Abbildung 25:	<i>grafische Darstellung der Fehlbestimmungen bei S. sarracenicus.....</i>	137
Abbildung 26	<i>Übersicht Maximum Parsimony , alle Untergruppen wurden komprimiert</i>	138
Abbildung 27:	<i>Detailansicht Maximum Likelihood, 500 Bootstraps.....</i>	139
Abbildung 28:	<i>Phylogenetischer Stammbaum der vier Senecio Arten (farblich unterschiedlichgekennzeichnet) berechnet mit Neighbor-Joining Methode; Darstellung der Großgruppen: compressed, Darstellung der Astlängen: maßstabsgetreu</i>	141
Abbildung 29	<i>graphische Gegenüberstellung des Polymorphismus, ausgedrückt als PLP (Prozentsatz polymorpher Loci) versus genetische Vielfalt ausgedrückt in SSWP (abgeleiteter SSWP Wert → (SSWP= Summe Squere Within Population) und He (Heterozygotität) → He hat eine filigranere Skalierung aufgrund der kleinen Werte.....</i>	145
Abbildung 30	<i>graphische Gegenüberstellung des Polymorphismus, ausgedrückt als PLP (Prozentsatz polymorpher Loci) versus genetische Vielfalt ausgedrückt in SSWP (abgeleiteter SSWP Wert (SSWP= Summe Squere Within Population) und He (Heterozygotität) He hat eine f.....</i>	146
Abbildung 31	<i>graphische Darstellung der Verteilung der molekularen Varianz: innerhalb und zwischen den Populationen und zwischen den Arten.....</i>	147

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 32	<i>Principal Coordinates, Verteilung der vier verschiedenen Arten.....</i>	148
Abbildung 33	<i>graphische Darstellung der Verteilung der molekularen Varianz der Individuen S. ovatus Willd: innerhalb und zwischen den Populationen und zwischen den Regionen</i>	150
Abbildung 34	<i>graphische Darstellung genetischer Ähnlichkeiten der Individuen der Art S. ovatus Wallr. im zweidimensionalen Raum</i>	151
Abbildung 35	<i>graphische Darstellung der Verteilung der molekularen Varianz der Individuen S. germanicus Walrd: innerhalb und zwischen den Populationen und zwischen den Regionen</i>	152
Abbildung 36	<i>graphische Darstellung genetischer Ähnlichkeiten der Individuen der Art S. germanicus Wallr. im zweidimensionalen Raum.....</i>	153
Abbildung 37	<i>graphische Darstellung der Verteilung der molekularen Varianz der Individuen S. hercynicus L.: innerhalb und zwischen den Populationen und zwischen den Regionen</i>	154
Abbildung 38	<i>graphische Darstellung genetischer Ähnlichkeiten der Individuen der Art S. hercynicus Herborg im zweidimensionalen Raum, mit Legende</i>	155
Abbildung 39	<i>graphische Darstellung der Verteilung der molekularen Varianz der Individuen S. sarracenicus L.: innerhalb und zwischen den Populationen und zwischen den Regionen</i>	156
Abbildung 40	<i>graphische Darstellung genetischer Ähnlichkeiten der Individuen der Art S. sarracenicus L. im zweidimensionalen Raum.....</i>	157
Abbildung 41	<i>graphische Darstellung Kochs Vita und Werdegang</i>	letzte Seite

10 Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1:</i>	<i>Titel der Buch-Veröffentlichung Kochs, gegebenenfalls seine Mitautoren, Ort und Jahr des Erscheinens sowie die Anzahl der erschienenen Bände; Sein 1824 erschienenes Werk <i>Generum Tribuumque plantarum umbelliferarum nova disposito</i> hat Koch mit der französischen Form von Wilhelm =Guillaume seinen Namen als Autor verewigt.</i>	<i>28</i>
<i>Tabelle 2:</i>	<i>Veröffentlichungen zu <i>Senecio nemorensis</i> L. (s.l.) und <i>Senecio sarracenicus</i> L. bis 1846</i>	<i>31</i>
<i>Tabelle 3:</i>	<i>Erfasste Merkmale an den pflanzlichen Belegen</i>	<i>34</i>
<i>Tabelle 4:</i>	<i>Morphologie der Integumente und deren Zuordnung zur Art</i>	<i>35</i>
<i>Tabelle 5:</i>	<i>Primersequenzen nach Blattner (1999)</i>	<i>39</i>
<i>Tabelle 6:</i>	<i>Zusammensetzung des Mastermixes und das PCR Protokoll in Abhängigkeit der Primerkombination.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabelle 7:</i>	<i>Übersicht über Basenkombinationen bei unklarem Chromatogram: A: Adenin, C: Cytosin, T: Tymin, G: Guanin, N. ...,R.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabelle 8:</i>	<i>Primer mit Mealing Temperatur, Basenabfolge der Sequenz, Ta= Annealing Temperatur, Zusätze und Zitation.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabelle 9:</i>	<i>Standardprotokoll, Zusammensetzung Mastermix.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabelle 10:</i>	<i>PCR-Protokoll, Zyklen-Anzahl, -Temperatur und Dauer.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabelle 11:</i>	<i>Daten für den Gel-Lauf: Agarosekonzentration, Puffer, PCR-Produkt+Zugaben, angelegte Spannung, Laufzeit und Verteilung der PCR-Produkte auf dem Gel</i>	<i>45</i>
<i>Tabelle 12</i>	<i>Übersicht, Erstbeschreibungen in Catalogus der Pfalz von Koch und Ziz 1814 aus Tropicos.org</i>	<i>90</i>
<i>Tabelle 13:</i>	<i>alle Veröffentlichungen von Koch in der Flora oder Botanischen Zeitung</i>	<i>115</i>
<i>Tabelle 14:</i>	<i>Liste der Erstbeschreibungen Kochs, deren Protologe in der Flora oder Botanischen Zeitung erschienen. Generiert aus Tropicos am 12.12.2020 (!! = nom. cons., ! = Legitimate, ** = Invalid, *** = nom. rej., * = Illegitimate).....</i>	<i>120</i>
<i>Tabelle 15:</i>	<i>Synonyme und Varietäten von <i>Senecio nemorensis</i> zusammengefasst von Koch 1819 bis 1846, farblich wurden die ursprünglichen Benennungen der von Koch vergebenen Varietät gleich dargestellt.</i>	<i>133</i>
<i>Tabelle 16:</i>	<i>Synonymie und Literaturangaben zu <i>Senecio nemorensis</i> L. nach Koch 1819 und 1849, farblich wurden die ursprünglichen Benennungen der von Koch vergebenen Varietät zusammengefasst.</i>	<i>133</i>

<i>Tabelle 18:</i>	<i>Synonymie und Literaturangaben zu Senecio sarracenicus L. nach Koch 1819 und 1849. Farblich ist Kochs Referenztaxon rot und alle vormaligen Benennungen grün dargestellt.....</i>	<i>135</i>
<i>Tabelle 17:</i>	<i>Synonyme und Varietäten von Senecio sarracenicus L. zusammengefasst von Koch 1819 bis 1846. Farblich sind alle vormaligen Taxa, Autoren und Erscheinungsjahre grün, Kochs Referenztaxon rot und seine aufgestellten Varietäten orange und blau dargestellt</i>	<i>135</i>
<i>Tabelle 19:</i>	<i>tabellarische Auswertung - Kochs Bestimmungen nach Kochs Charakteristika</i>	<i>136</i>
<i>Tabelle 20:</i>	<i>tabellarische Auswertung - Kochs Bestimmungen nach Herborgs Charakteristika ..</i>	<i>137</i>
<i>Tabelle 21:</i>	<i>Abkürzungen aus der Abbildung 27: Detailansicht Maximum Likelihood, 500 Bootstraps.....</i>	<i>140</i>
<i>Tabelle 22</i>	<i>Übersicht der Sammelorte unterteilt in Regionen und Orte mit Angaben über Anzahl der Individuen</i>	<i>143</i>
<i>Tabelle 23</i>	<i>Übersicht: Interspezifische genetische Diversität, Anzahl der Populationen, n=Anzahl der Individuen, #lock=Anzahl der Loci, PLP=Prozentsatz polymorpher Loci, He= erwartete Heterozygotität, und SSWP/(n-1) → als AMOVA-abgeleiteter SSWP Wert → (SSWP= Summe Square Within Population).....</i>	<i>144</i>
<i>Tabelle 24</i>	<i>Interspezifische genetische Diversität, Anzahl der Populationen, n=Anzahl der Individuen, #lock=Anzahl der Loci, PLP=Prozentsatz polymorpher Loci, He= erwartete Heterozygotität, und SSWP/(n-1) als AMOVA-abgeleiteter SSWP Wert (SSWP= Summe Square Within Population)</i>	<i>146</i>
<i>Tabelle 25</i>	<i>d.f. = Freiheitsgrad („degree of freedom“), SSD = Summe der Abweichungsquadrate vom Mittelwert („Sum of Squares“), Varianz (%) = Anteil in % an der Gesamtvarianz innerhalb von Populationen, P-Werte = Signifikanztests nach 999 Permutationen, PhiPT = Fst =.....</i>	<i>147</i>
<i>Tabelle 26</i>	<i>Rxy= Maß für die Stärke des Zusammenhanges geographischer und genetischer Distanz, Korrelationskoeffizienten R= das Best Bestimmtheitsmaß R² in Prozent, P=Signifikanz.....</i>	<i>147</i>
<i>Tabelle 27</i>	<i>Angabe der genetischen Variation, verteilt auf drei Achsen angegeben in Prozent und Prozent kumuliert.....</i>	<i>148</i>
<i>Tabelle 28</i>	<i>Zeichenerklärung der vier Senecio Arten in der Graphik</i>	<i>148</i>
<i>Tabelle 29:</i>	<i>Übersicht: Intraspezifische genetische Diversität von S. ovatus Willd.: Differenziert in Regionen, Anzahl der Individuen in der Region, SSWP Wert für die Region, Individuenanzahl unabhängigen SSWP/(n-1) Wert für die Region, Anzahl der Populationen, n=A.....</i>	<i>149</i>

<i>Tabelle 30</i>	<i>d.f. = Freiheitsgrad („degree of freedom“), SS = Summe der Abweichungs- quadrate vom Mittelwert („Sum of Squares“), Varianz (%) = Anteil in % an der Gesamtvarianz innerhalb von Populationen, Intraspezifische Varianz: PhiRT= zwischen den Regionen, PhiPR= zwischen den Populationen, PhiPT (Fst) = innerhalb der Populationen, P-Werte = Signifikanztests nach 999 Permutationen,.....</i>	<i>150</i>
<i>Tabelle 31</i>	<i>Rxy= Maß für die Stärke des Zusammenhanges geographischer und genetischer Distanz, Korrelationskoeffizienten R= das Best Bestimmtheitsmaß R² in Prozent, P=Signifikanz.....</i>	<i>150</i>
<i>Tabelle 32</i>	<i>Angabe der genetischen Variation, verteilt auf drei Achsen angegeben in Prozent und Prozent cummuliert.....</i>	<i>151</i>
<i>Tabelle 33</i>	<i>Übersicht: Intraspezifische genetische Diversität von S.germani Wallr.: Differenziert in Regionen, Anzahl der Individuen in der Region, SSWP Wert für die Region, Individuenanzahl unabhängigen SSWP/(n-1) Wert für die Region, Anzahl der Populationen, n=Anzahl der Individuen, #lock=Anzahl der Loci, PLP=Prozentsatz polymorpher Loci, He= erwarteteHeterozygotität, und SSWP/(n-1) als AMOVA-abgeleiteter SSWP Wert (SSWP= Summe).....</i>	<i>151</i>
<i>Tabelle 34</i>	<i>d.f. = Freiheitsgrad („degree of freedom“), SS = Summe der Abweichungs- quadrate vom Mittelwert („Sum of Squares“), Varianz (%) = Anteil in % an der Gesamtvarianz innerhalb von Populationen, Intraspezifische Varianz: PhiRT= zwischen den Regionen, PhiPR= zwischen den Populationen, PhiPT= innerhalb der Populationen.....</i>	<i>152</i>
<i>Tabelle 35</i>	<i>Rxy= Maß für die Stärke des Zusammenhanges geographischer und genetischer Distanz, Korrelationskoeffizienten R= das Best Bestimmtheitsmaß R² in Prozent, P=Signifikanz.....</i>	<i>152</i>
<i>Tabelle 36</i>	<i>Angabe der genetischen Variation, verteilt auf drei Achsen angegeben in Prozent und Prozent cummuliert.....</i>	<i>153</i>
<i>Tabelle 37</i>	<i>Übersicht: Intraspezifische genetische Diversität von S.germani Wallr.: Differenziert in Regionen, Anzahl der Individuen in der Region, SSWP Wert für die Region, Individuenanzahl unabhängigen SSWP/(n-1) Wert für die Region, Anzahl der Populationen, n= Anzahl der Individuen, #lock=Anzahl der Loci, PLP=Prozentsatz polymorpher Loci ,He= erwarteteHeterozygotität, und SSWP/(n-1) als AMOVA-abgeleiteter SSWP Wert (SSWP= Summe).....</i>	<i>153</i>
<i>Tabelle 38</i>	<i>d.f. = Freiheitsgrad („degree of freedom“), SS = Summe der Abweichungs- quadrate vom Mittelwert („Sum of Squares“), Varianz (%) = Anteil in % an der</i>	

	<i>Gesamtvarianz innerhalb von Populationen, Intraspezifische Varianz: Φ_{RT}= zwischen den Regionen, Φ_{PR}= zwischen den Populationen, Φ_{PT}= innerhalb der Populationen.....</i>	<i>154</i>
<i>Tabelle 39</i>	<i>R_{xy}= Maß für die Stärke des Zusammenhanges geographischer und genetischer Distanz, Korrelationskoeffizienten R= das Best Bestimmtheitsmaß R^2 in Prozent, P=Signifikanz</i>	<i>154</i>
<i>Tabelle 40</i>	<i>Angabe der genetischen Variation, verteilt auf drei Achsen angegeben in Prozent und Prozent cummulierte.....</i>	<i>155</i>
<i>Tabelle 41:</i>	<i>Übersicht: Intraspezifische genetische Diversität von <i>S.germani</i> Wallr.: Differenziert in Regionen, Anzahl der Individuen in der Region, SSWP Wert für die Region, Individuenanzahl unabhängigen SSWP/(n-1) Wert für die Region, Anzahl der Populationen, n=.....</i>	<i>156</i>
<i>Tabelle 42</i>	<i>d.f. = Freiheitsgrad („degree of freedom“), SS = Summe der Abweichungs- quadrate vom Mittelwert („Sum of Squares“), Varianz (%) = Anteil in % an der Gesamtvarianz innerhalb von Populationen, Intraspezifische Varianz: Φ_{RT}= zwischen den Regionen, Φ_{PR}= zwischen den Populationen, Φ_{PT}= innerhalb der Populationen.....</i>	<i>156</i>
<i>Tabelle 43</i>	<i>R_{xy}= Maß für die Stärke des Zusammenhanges geographischer und genetischer Distanz, Korrelationskoeffizienten R= das Best Bestimmtheitsmaß R^2 in Prozent, P=Signifikanz</i>	<i>157</i>
<i>Tabelle 44:</i>	<i>Angabe der genetischen Variation, verteilt auf drei Achsen angegeben in Prozent und Prozent kumuliert</i>	<i>157</i>

11 Personenregister

B

Bauhin C. (1560 – 1624)	16, 17
Bentham George (1800-1884)	61, 77, 78, 174
Besser Wilibald Swibert Gottlieb von (1784-1842).....	81, 131
Bischoff Gottlieb Wilhelm (1797-1854)	58, 67, 71, 83
Bock H. (1498-1554).....	16, 167
Braun Alexander (1805-1877)	74
Braun Alexander (805-1877)	71, 74, 121
Bray Gabriel de (1765-1832)	59, 74
Brown R. (1773-1858).....	20, 79, 165
Brunfels O. (1488-1534).....	16

C

Candolle A.-P- de (1778-1841).....	19, 20, 23, 32, 68, 69, 70, 96, 100, 102, 104, 105, 106, 117, 162, 165, 166, 168, 171, 173
Cesalpino A. (1524 – 1603).....	16, 22

D

Dillenius J. (1684-1747	16
Döderlein Wilhelm (1791-1863).....	15, 53, 55, 62, 72, 171
Dörfler Ignaz Emanuel (1866–1950).....	62, 89

E

Ecklon Christian Friedrich (1795-1868).....	84, 86
Esenbeck von Nees F. (1776-1858)	11, 72, 77, 78, 79, 98, 112, 121, 133
Esper E.....	11

F

Fenzl Eduard (1808-1879).....	88, 89
Fleischer Franz von (1801-1878)	85
Freyer Heinrich (1802-1866)	61, 88
Fuchs L. (1501-1566)	16, 167
Fürnrohr August Emanuel (1804-1861)	60, 75

G

Gärtner J. (1732-1791)	22, 106, 107, 111, 166
Gärtner Karl Friedrich (1772-1850).....	22
Gessner C. (1516-1565).....	16
Goldfuß G. (1782-1848)	11, 72, 133

H

Hampe Ernst Georg Ludwig (1795-1880).....	33, 83
---	--------

Heinrich Christian Funck (1771-1839).....	59, 73, 74, 96, 116, 117, 162
Hladniks Franz (1773-1844).....	88
Hochstetter Christian Ferdinand Friedrich (1787-1860)	84, 85
Hofmeister W. Hofmeister (1824-1877).....	20, 21, 82, 83, 101, 111, 134, 166
Hooker Joseph Dalton (1817 – 1911).....	87
Hooker Joseph Dalton (1817-1911)	77
Hooker William Jackson (1785-1865.....	66, 77, 78, 87
Hoppe David Heinrich (1760-1846).....	32, 33, 34, 59, 61, 73, 74, 79, 116, 118, 121, 122, 128, 173
Huet Edmont (1827-1906).....	88

J

Jacquín Joseph Franz von (1766 - 1839).....	78
Jacquín N. Freiherr von (1727 - 1817)	21, 22, 32, 78, 124, 125, 173
Jussieu Antoine-Laurent de (1748-1836)	17
Jussieu Bernard de (1699-1777).....	14, 17

K

Kastner Karl Wilhelm Gottlob (1783-1857).....	72
Koch.....	5, 52, 55, 58, 59, 61, 62, 66, 67, 69, 70, 73, 77, 87, 92, 97, 98, 130
Koch Daniel Emil (1725 -1795).....	53
Koch Friedrich Wilhelm (1775 - 1820).....	52
Koch Karl Ludwig (1778 - 1857).....	52
Koch Ludwig Christian (1778 – 1855).....	52
Koch Philipp	52
Koch Sophie (1787 – 1853).....	52
Koch Wilbrand Jakob (1785 - 1853).....	52

L

Linné C. von (1707-1778) ...	11, 14, 17, 18, 19, 21, 22, 25, 32, 87, 90, 106, 111, 117, 121, 132, 169, 174
Ludwig I., geboren als Ludwig Karl August (1786-1868)	8, 75

M

Martius Carl Friedrich Philipp (1794-1868).....	59, 72, 73, 76, 77, 85, 120, 131
Mattioli P. (1500-1577)	16
Mertens Franz Karl (1764-1831)..	30, 66, 67, 78, 83, 97, 98, 100, 101, 105, 106, 118, 119, 120
Mohl Hugo von (1805-1872).....	80, 82
Müller Georg Friedrich Ludwig (1734-1811).....	53, 67
Müller Philipp Wilbrand Jakob (1771-1851).....	29, 53, 54, 55, 63, 67, 161

N

Nägeli Carl Wilhelm von (1817-1891).....	79
--	----

O

Opiz Philipp Maximilian (1787–1858).....	89
--	----

P

Pollich (1740-1780)..... 25, 32, 53, 63, 96, 117, 137

R

Ray M. (1628-1705).....17
 Reichenbach Heinrich Gottlieb Ludwig (1793-1879)..... 33, 77, 81, 82, 85, 109, 118
 Rohde Michael (1782-1812).....66
 Röhling Johann Christoph (1757–1813).....83, 97
 Roth Albrecht Wilhelm (1757-1834) 33, 38, 61, 63, 64, 66, 78, 92, 97, 120, 161
 Ruppenthal Karl (1777-1851).....52

S

Saint-Hilaire Augustin François César Prouvençal de (1779-1853).....89
 Salzmann Philipp (1781-1852) 70, 93
 Scherbius Johannes (1769-1813)69
 Schimper Wilhelm (1804-1878).....85
 Schimper Wilhelm Philipp (1808-1880) 70, 74
 Schlechtendal Diederich Franz Leonhard (1794-1866).....80
 Schleiden M. (1804-1881)..... 20, 79, 82, 134
 Schnizlein Adalbert Conrad (1814-1868)..... 72, 86, 89, 132
 Schnizlein Karl Friedrich (1780-1856)..... 72, 86
 Schrag Johann Leonhard (1783-1858)79
 Schrank Franz von Paula (1747-1835)..... 76, 77, 97
 Schreber J.....11
 Schreber J. (1739-1810)..... 11, 12, 63, 68, 125, 132, 134
 Schubert Gotthilf Heinrich (1780-1860) 11, 12, 72, 133
 Schultz Carl Heinrich (1805-1867)71
 Schultz Friedrich Wilhelm (180-1876).....66, 70, 71, 96, 115
 Shuttleworth Robert James (1810-1874)87
 Skofitz Alexander (1822-1892).....88, 89
 Spix Johann Baptist von (1781-1826) 76, 131
 Sprengel Kurt Polycarp Joachim (1766-1833).....80, 83, 100, 101, 102
 Steudel Ernst Gottlieb (Theophil) von (1783-1856) 84, 85, 86
 Suringar Frederik Reinier (1832 - 1898) 132

T

Tournefort de P. (1656-1708) 17, 18
 Treviranus Ludolf Christian (1779-1864)..... 66, 78, 79
 Trew Ch. (1965 – 1769).....22, 124
 Turner Dawson (1775 – 1858).....66

V

Vaillant S. (1669-1722) 17, 18, 122

W

Wahlenberg Göran (1780-1851) 106

Personenregister

Wallroth Carl Friedrich Wilhelm (1792-1857).....26, 33, 80, 98, 137, 140, 145, 173

Z

Zeyher Carl Ludwig Philipp (1799-1858)86

Ziz Johann Baptist (1779-1828).....30, 69, 70, 92, 93, 94, 96, 118, 177

Zuccarini Joseph Gerhard (1797-1848).....77

12 Archivalien

Naturalis Biodiversity Center Leiden

- Brief 2, vom 03. Januar 1837, von Hoppe an Koch
- Brief 4, vom 01. August 1842, von Hoppe an Koch
- Brief 6, vom 4. Oktober 1833, von Schrank an Koch
- Brief 7, vom 12. Dezember 1839, von Treviranus an Koch
- Brief 9, vom 1. Dezember 1844, von Nägeli an Koch
- Brief 11, vom 22. Januar 1838, von Wallroth an Koch
- Brief 12, vom 24. Februar, ohne Jahr, von Hoppe an Koch
- Brief 13, von 1833, von Hoppe an Koch
- Brief 14, vom 21. März 1823, von Hoppe an Koch
- Brief 17, vom 24. Juni 1839, von Gärtner an Koch

Senckenberg Museum Frankfurt:

- Brief 3, von 1832, von Koch an Fresenius in Frankfurt

Institut für Geobotanik Halle:

- Brief 10, vom 27. Januar 1834, von Koch an Schlechtendal, transkribiert von Wagenitz

Bayerische Staatsbibliothek München:

- Brief 5, vom 5. September 1835, von Koch an den König
- Brief 15, vom 1. Mai 1847, von Koch an die königl. Hofbibliothek München
- Brief 16, vom 19. Januar 1827, von Koch an Schrag

13 Literaturverzeichnis

- Achtelik G. (2006): Molekularbiologische Analyse der genetischen Diversität von *Melitaea athalia/celadussa*-Komplexes unter Anwendung der ISSR-PCR auf Art-, Unterart- und Populationsebene. PhD dissertation, Naturwissenschaftliche Fakultät für Biologie, Ruhr-Universität Bochum.
- Afzelius K. (1924): Embryologische und zytologische Studien in *Senecio* und verwandten Gattungen. *Acta Horti Berg.* **8** (7): 123-219.
- Andersen M. (1993): Diaspore morphology and seed dispersal in several wind-dispersed *Asteraceae*. *American Journal of Botany* **80**: 487–492.
- Anonymus. Jura - was ist ein Geheimer Rath. <https://www.juraforum.de/lexikon/geheimer-rat>: zuletzt abgerufen am 2021, Januar 03.
- Anonymus (1823): Reiseberichte. *Flora oder Botanische Zeitung* **6** (2): 574.
- Anonymus (1824) a: Allgemeine Literatur-Zeitung. **3**. Halle, Leipzig: Churfürstl. Sächsische Zeitungsexpedition: 87,
- Anonymus (1824) b: *Flora oder botanische Zeitung* **7** (1): 379
- Anonymus (1825): Recensionen. *Flora oder botanische Zeitung* **8** (2): 387-389.
- Anonymus (1834): De labiatis, Programma, Conscripsit G. D. J. Koch, Augustiss. Reg. Bay. a consil aulic., Med. et Bot. Prof. ets. Erlangae typis Jungeanis. *Flora oder Botanische Zeitung* **17** (1): 223-230.
- Anonymus (1830): Kochs de salicibus europaeis commentatio. *Flora oder Botanische Zeitung* **13** (1): E36-E46.
- Anonymus (1831): Reisende Botaniker. *Flora oder Botanische Zeitung* **14** (1): 32.
- Anonymus (1831): Neuer Nekrolog der Deutschen. Ilmenau: B.F. Voigt.
- Anonymus (1836): Botanische Notizen. *Flora oder Botanische Zeitung* **19** (1): 333-336.
- Anonymus (1847): Zusammenstellung der in Koch's Synopsis florae germanicae et helveticae aufgeführten Arten, nach verschiedenen Verhältnisse ihres Vorkommens, der Vertheilung in einzelnen Familien und deren Stufenleiter. *Flora oder Botanische Zeitung* **30**: 49-57.
- Anonymus (1861): Zu A. E. Fürnrohrs Gedächtnis. *Flora oder Botanische Zeitung* **44**: 289-291.
- Anonymus (1871): Der 5. März 1871 ist der hundertjährige Geburtstag von Wilhelm Daniel Joseph Koch [über den Verbleib seines Herbars]. *Flora oder Botanische Zeitung* **29**: 143-144.
- Anonymus (1875). Skofitz Alexander. *Österreichisches Biographisches Lexikon* **12** (Lfg. 57, 2004): 327f

- Anonymus (2020): Karl Friedrich von Gärtner. Von Wikipedia:
https://de.wikipedia.org/wiki/Karl_Friedrich_von_G%C3%A4rtner: zuletzt
abgerufen am 2020, August 15.
- Arber A. (1912): Caspar Bauhin. *Herbals: Their origin and evolution*. London: Cambridge
University press: 94–96.
- Ascherson P. (1878): Fürnrohr, August Emanuel. *Allgemeine Deutsche Biographie*,
herausgegeben von der Historischen Kommission bei der Bayerischen Akademie der
Wissenschaften **8**: 208.
- Ax P. (1988): Systematik der Biologie. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.
- Baldwin B.G. (1995): The ITS-region of nuclear ribosomal DNA: a valuable source of
evidence on angiosperm phylogeny. *Ann. Missouri Bot. Gard.* **82**: 247–277.
- Ball R., Tunger D. (2005): Bibliometrische Analysen – Daten, Fakten und Methoden
Grundwissen Bibliometrie für Wissenschaftler, *Wissenschaftsmanager*,
Forschungseinrichtungen und Hochschulen **12**. Jülich: Schriften des
Forschungszentrums Jülich.
- Bangs, M. (kein Datum): What’s the difference between neighbor joining, maximum
likelihood, maximum parsimony and Bayesian inference? ResearchGate:
[https://www.researchgate.net/post/Whats-the-difference-between-neighbor-joining-
maximum-likelihood-maximum-parsimony-and-Bayesian-inference](https://www.researchgate.net/post/Whats-the-difference-between-neighbor-joining-maximum-likelihood-maximum-parsimony-and-Bayesian-inference): zuletzt abgerufen
am 2020, August 05.
- Barkley T. M. (2006): Senecio. – In: Flora of North America editorial committee: Flora of
North America, North of Mexico Vol. **20**, Magnoliophyta: Asteridae, part 7:
Asteraceae **2**. New York & Oxford: Oxford University Press: 544–570.
- Beck von Mannagetta. (1893): *Flora von Nieder-Österreich*. Wien: Carl Gerold’s Sohn.
- Bentham G. (1827): Outline of a New System of Logic. With a Critical Examination of Dr.
Whately’s “Elements of Logic”. London: Hunt and Clarke.
- Bentham G. & Hooker J.D. (1862–1883): Genera plantarum ad exemplaria imprimis in
herbariis Kewensibus servata definita. (3 Bände). London: A. Black.
- Bernardi L. (1975): Epistolae Guilielmi D. I. Koch Augusto-Pyramo de Candolle missae una
cum modicis commentationibus. *Candollea* **30**: 63–70.
- Bienert M. (1999): Adalbert von Chamisso der große Botaniker. Stuttgart: Klett-Cotta. von
http://www.text-der-stadt.de/Chamisso_als_Botaniker_von_Michael_Bienert.pdf:
zuletzt abgerufen am 2018, November 27.
- Bischoff G.W. (1850): Dem Andenken an Wilhelm Daniel Joseph Koch, Professor der
Medizin und Botanik an der Universität zu Erlangen. *Pollichia* **8**: 36–46.
- Blattner F.R. (1999): Direct Amplification of the Entire ITS Region from Poorly Preserved
Plant Material Using Recombinant PCR. *Bio Techniques* **27**: 1180–1186.
- Bley C. (Hg). (1879). Nekrolog. *Sitzungs-Berichte der naturwissenschaftlichen Gesellschaft
Isis zu Dresden*. Burdachsche Hofbuchhandlung: 97–104.

- Bock H. (1539): New Kreütter Büch. Straßburg: Wendel Rihel.
- Bonin A., D. Ehrich D., Manel S. (2007): Statistical analysis of amplified fragment length polymorphism data: a toolbox for molecular ecologists and evolutionists. *Molecular ecology* **16**: 3737-3758.
- Botanischer Garten. (2004): Der Botanische Garten der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. Erlangen: PRINT COM.
- Braun A. (1821): Bemerkungen über einige Lebermoose von Hrn. Alexander Braun. *Flora oder Botanische Zeitung* **4** (2): 754-757
- Bremer K. (1994): Asteraceae: Cladistics and Classification. Portland: Timber Press.
- Browne P. (1756): The civil an natural history of Jamaica: in three parts. London: T. Osborne and J. Shipton in Gray's-Inn.
- Candolle A.P.d. (1813): Théorie élémentaire de la botanique; ou, Exposition des principes de la classification naturelle et de l'art de décrire et d'étudier les végétaux. Paris, Déterville: Libraire Candolle A.P.d. (1855): Géographie botanique raisonnée; ou, Exposition des faits principaux et des lois concernant la distribution géographique des plantes de l'époque actuelle. Paris: V. Masson.
- Candolle A.P.d. (1815): Flore française ou descriptions succinctes de toutes les plantes qui croissent naturellement en France (3. Aufl.) **5**. Paris: Verlag Desray.
- Candolle A.P.d. (1824-73): Prodrômus systematis naturalis regni vegetabilis, sive, Enumeratio contracta ordinum generum specierumque plantarum huc usque cognitarum, juxta methodi naturalis, normas digesta. Parisii: Sumptibus Sociorum Treuttel et Würtz.
- Candolle A.P.d (1829): Mémoire sur la famille des Ombellifefes. = Collection de e' moires **5**. III + 84 S. Paris.
- Carrasco B.G. (2007): The Chilean Strawberry [*Fragaria chiloensis* (L.) Duch.]: Genetic Diversity and Structure. *Journal of the American Society for Horticultural Science* **132** (4): 501-506.
- Chater et Walters (1976): In: Tutin T. G., Heywood, V. H., Burges, N. A., Valentine, D. H., Stuart Max Walter, David Allardice Webb: *Flora Europaea* **4**. Cambridge University Press, Cambridge.
- Claude J., Mahler H., Demmer C., Michael W. & James P. (2019, September 17): Dawson Turner. abgerufen Von Wikipedia: https://de.wikipedia.org/wiki/Dawson_Turner: zuletzt abgerufen am 2019, September 17.
- Darwin C. (1859): The origin of species. London: John Murray, Albemarle Street.
- Dauser R., Hächler S., Kempe M., Mauelshagen F. & Stuber M. (2011): Wissen im Netz: Botanik und Pflanzentransfer in europäischen Korrespondenznetzen des 18. Jahrhunderts: De Gruyter.
- Deschmann K. (1867): Heinrich Freyer. *Almanach der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften* **17**: 265-277.

- Dice L. (1945): Measures of the amount of ecologic association between species. *Ecology* **26**: 297-302.
- Dietz B. (2017): Das System der Natur. Die kollaborative Wissenskultur der Botanik im 18. Jahrhundert. Köln Weimar Wien: Böhlau Verlag.
- Dietz B. (2019): Networked names: synonyms in eighteenth-century botany. Springer Nature Switzerland AG.
- Döderlein L. (1849): Worte am Grabe des Herrn Wilhelm Daniel Joseph Koch. Barfuß'schen Universitäts-Buchdruckerei: 1-12.
- Dogan B.D. (2010): Phylogenetic relationships among the taxa of the genus *Johrenia* DC. (Apiaceae) from Turkey based on molecular method. *Bangladesh Association of Plant Taxonomists* **17** (2): 113-120.
- Dolezan H. (1973): Zur Editions-geschichte der Icones plantarum rariorum von Nicolaus Joseph von Jacquin. *Festschrift für Claus Nissen, zum siebzigsten Geburtstag 2. September 1971*. Wiesbaden: 136 – 173.
- Dörfler H-D. (2009): Schildergeschichten. Das Lexikon aller Erlanger Straßen. Erlangen: Erlanger Bausteine zur fränkischen Heimatforschung.
- Drouin J.-M. (2001): Principles and Use of Taxonomy in the Works of Augustin-Pyramus de Candolle. *Stud. Hist. Phil. Biol. & Biomed. Sci.* **32** (2): 255–275.
- Drude O. (1898): Umbelliferae. In A. & Engler. *Die natürlichen Pflanzenfamilien III*, **8**: 63-250. Leipzig: W. Engelmann.
- Dvorak H. (2002): Biographisches Lexikon der Deutschen Burschenschaft I: Politiker. **5**. Heidelberg: R–S. Winter.
- Eck R. & Dayhoff M. (1966): Atlas of Protein Sequence and Structure. Silver Springs, Maryland: National Biomedical Research Foundation.
- Ecklon C.F. (1827): Topographisches Verzeichniss der Pflanzensammlung von C. F. Ecklon. Esslingen: Naturhistorischer Reise-Verein.
- Ehmann U. (2005): Die Belletristikproduktion des Verlages Johann Leonhard Schrag in Nürnberg 1810 - 1857. *Verlagsgeschichte und –Bibliographie*: 328. Erlangen Jena: Palm & Enke.
- Ehrendorfer F. (1973): Liste der Gefäßpflanzen Mitteleuropas 2.Aufl, erweiterte Auflage. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Engelhardt W.H. (1843): Die Universität Erlangen von 1743 bis 1843: Zum Jubiläum der Universität 1843. Erlangen: Barfuß'schen Universitätsdruckerey.
- Engle A. (1875): Bischoff, Gottlieb Wilhelm. *Allgemeine Deutsche Biographie* **2**: 673–674. Historischen Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.
- Engler A. & Anton P.K. (1887–1915): Die Natürlichen Pflanzenfamilien. Leipzig: Wilhelm Engelmann.
- Esenbeck N.v. (1823): Rezensionen. *Flora oder Botanische Zeitung* **9** (2): 385.

- Excoffier L.S. (1992): Analysis of molecular variance inferred from metric distances among DNA haplotypes: Application to human mitochondrial DNA restriction sites. *Genetics* **131** (17): 479-491.
- Farris J. (1972): Estimating Phylogenetic Trees from Distance Matrices. *The American Naturalist* **106** (951).
- Farris J.S. (1996): Parsimony jackknifing outperforms neighbour-joining. *Cladistics* **12**: 99-124.
- Felsenstein J. (1978): Cases in which Parsimony or Compatibility Methods will be Positively Misleading. *Systematic Biology* **27** (4): 401–410.
- Felsenstein J. (1985): Confidence limits on phylogenies: an Approach using the Bootstrap. *Evolution* **39** (4): 783-791.
- Fischer H. (1966): Conrad Gesnner Leben und Werk. *Neujahrsblatt von der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich*. Zürich: Kommissionsverlag Leemann AG.
- Fitch W. (1971): Towards defining the course of evolution: Minimum change for a specific tree topology. *Systematic Zoology* **20**: 406-416.
- Focke W.O. (1885): Mertens, Franz Karl. *Allgemeine Deutsche Biographie* (ADB) **21**: 470f. Leipzig: Duncker & Humblot.
- Focke W.O. (1889): Roth Albrecht Wilhelm. *Allgemeine Deutsche Biographie* (ADB) **29**.
- Foucault M. (2003): Die Ordnung der Dinge. *Eine Archäologie der Humanwissenschaften* (Les mots et les choses, 1966). Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Fuchs-Eckert H. (1979): Die Familie Bauhin in Basel. Caspar Bauhin – Erster ordentlicher Professor der Anatomie und Botanik an der Universität Basel. *Bauhinia* **6** (2): 311–329 [7 (2) (1981): 45–62; 7 (3) (1982): 135–153].
- Funck F. (1818): Correspondenz. *Flora oder botanische Zeitung* **1**: 517-529.
- Gaertner P.G. (1801): *Oekonomisch-technische Flora der Wetterau* **3** (1). Frankfurt a. M.
- Gärtner J. (1789–1791): De fructibus et seminibus plantarum. 2 Bände. Stuttgart, Tübingen.
- Gärtner K. F. (1805–1807): Supplementum carpologiae, seu continuati operis Josephi Gaertner de fructibus et seminibus plantarum voluminis tertii. Leipzig.
- Gatsey J. D., De Salle R., Wheeler W. (1993): Alignment-ambiguous nucleotide sites and the exclusion of systematic data. *Molecular Phylogenetics and Evolution* **2** (2): 152-157.
- Genaust H. (2017): Etymologisches Wörterbuch der Botanischen Pflanzennamen. Hamburg: Springer Basel AG.
- Gessner C. (1555-1569): Historia plantarum. Zürich.
- Godbersen H. (2020, Dezember 15): Geschichte in fünf. Hildesheim: <http://www.geschichte-in-5.de/index.php/16-franzoesische-revolution-napoleonische-kriege/114-der-erste-koalitionskrieg-revolutionskrieg>: zuletzt abgerufen 2020, Dezember 15.

- Goebel C. (2020, Dezember 16): Die Niederbrennung von Kusel, Befehl von Nikolaus Hentz, Kommissar des revolutionären Nationalkonvents der französischen Republik zur Niederbrennung von Kusel vom 26.07. 1794. Landeshauptarchiv Koblenz: <https://www.landeshauptarchiv.de/service/landesgeschichte-im-archiv/schaetze-aus-dem-archiv/die-niederbrennung-von-kusel>: zuletzt abgerufen 2020, Dezember 16.
- Goethe J.W.v. (1810): Goethe's sämtliche Werke in vierzig Bänden. Deutschland: Cotta.
- Goethe J.W. (1790): Gedichte. Epigramme. Venedig
- Götz H. (1990): Georg Wilhelm Schimper, der Abessinier, *Schriften des Stadtarchivs Schwetzingen* **14**: 1-85.
- Graham R.L. (1982): Unlikelihood that minimal phylogenies for a realistic biological study can be constructed in reasonable computational time. *Mathematical Biosciences* **60**: 133-142.
- Groove R.H. (2010): Green Imperialism: Colonial Expansion, Tropical Island Edens and the Origins of Environmentalism, 1600-1860.
- Gültepe M.U., Uzuner U., Coskuncelebi K., Beldüz A.O., Terzioğlu S. (2010): Internal transcribed spacer (ITS) polymorphism in the wild Primula (Primulaceae) taxa of Turkey. *Turk. J. Bot.* **34**: 147-157.
- Gunn M. & Codd L.E. (1981): Botanical Exploration of Southern Africa. Cape Town: A. A. Balkema.
- Gupta M., Chyi Y.S., Romero-Severson J., Owen J.L. (1994): Amplification of DNA markers from evolutionarily diverse genomes using single primers of sequence repeats. *Theoretical and Applied Genetics* **89**: 998-1006.
- Hall B. (2001): Phylogenetic Trees Made Easy. A How-To Manual for Molecular Biologists. Sunderland, Massachusetts, USA: Sinauer Associates, Inc.
- Hartenkeil J.J. (1790-1800): *Medicinish-chirurgische Zeitung*: Dritter Ergänzungsband: **1**: 480.
- Hartl D.L. (1997): Principles of population genetics, third edition. *Principles of population genetics*, Third edition xiii+542p–xiii+542p.
- Hayek A.v. (1915): Die Trichome einiger heimischer Senecio-Arten. *Österr. Bot. Z.* **65**: 292-297.
- Haynald L. (1885): Denkrede auf Dr. Eduard Fenzl, auswärtiges Mitglied der Ungarischen Akademie der Wissenschaften: gelesen in der Gesamtsitzung der Akademie am 27. October 1884. In Hunfainy P., Heinrich G. (Hg), *Ungarische Revue*: 1-76. Leipzig Berlin Wien: F. A. Brockhaus.
- Hegi G. (1923-1924): *Illustrierte Flora von Mitteleuropa* **IV** Band, 3. Teil. München: J. F. Lehmanns Verlag.
- Hegi G. (1925): *Illustrierte Flora von Mitteleuropa* **II** Band. München: J. F. Lehmanns Verlag.

- Hegi G. (1925): *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*, **V** Band (2). München: J. F. Lehmanns Verlag.
- Hegi G. (1928): *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*, **VI** Band (2). München: J. F. Lehmanns Verlag.
- Hegi G. (1964): *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*, Dicotyledones **V** Band (4). München: Carl Hanser.
- Hegi G. (1965): *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*, **II** Band (2). München: J. F. Lehmanns Verlag.
- Hegi G. (1965): *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*, **III** Band (3). München: Carl Hanser.
- Hegi G. (1987): *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*, **VI** Band (4). Berlin und Hamburg: Verlag Paul Parey.
- Hegi G. (1995): *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*, **IV** Band (2A). Berlin: Blackwell Wissenschafts-Verlag.
- Hegi G. (1965): *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*, **V** Band (3). München: J. F. Lehmanns Verlag.
- Hegi G. (kein Datum): *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*, **VI** Band (1). München: J. F. Lehmanns Verlag.
- Heineken Ph. (1844): Dr. Albrecht Wilhelm Roth, Eine biographische Skizze. *Biographische Skizzen verstorbener Bremischer Ärzte und Naturforscher, Eine Festgabe für die zwei und zwanzigste Versammlung Deutscher Naturforscher und Arzt zu Bremen*: 393-432. Bremen: Johann Georg Heyse.
- Herborg J. (1987): Die Variabilität und Sippenabgrenzung in der *Senecio nemorensis*-Gruppe (Compositae) im europäischen Teilareal. Berlin - Stuttgart: J. Cramer.
- Hermes M. (2011): Der Nachlass Gottfried Reinhold Treviranus' (1776 – 1837) und Ludolph Christian Treviranus' (1779 – 1864). Staats- und Universitätsbibliothek Bremen: 1-108.
- Heuchert B., Braun U. (2017): Biography of D. F. L. von Schlechtendal and type material of his new taxa preserved in the herbarium of Martin Luther University Halle-Wittenberg (HAL) and other botanical collections. *Schlechtendalia* **31**: 1–143.
- Hilpert J.W. (1849): Nekrolog. Dr. Jacob Sturm. *Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung* **32**: 145–155.
- Historische Gesellschaft Bremen. (1912). *Bremische Biographie des neunzehnten Jahrhunderts*. Faks.-Ausg. [d. Ausg.]. Bremen: Gustav Winter.
- Hodálová I. (1999): Multivariate analysis of the *Senecio nemorensis* group (Compositae) in the Carpathians with a new species from the East Carpathians. *Folia Geobotanica* **34**: 321–335.
- Hoffmann G.F. (1785): *Historia salicum*. Leipzig.
- Hoffmann G.F. (1816): *Genera plantarum umbelliferarum*. Mosqua.

- Hofmeister W. (1849): Entstehung des Embryos der Phanerogamen. Leipzig: Verlag von Friedrich Hofmeister
- Hoppe B. (1997): Nägeli, Carl von. *Neue Deutsche Biographie* **18**: 702-704.
- Hoppe, D.H. (1787): Ectypa plantarum Ratisbonensium: oder Abdrucke derjenigen Pflanzen, welche um Regensburg wild wachsen. Regensburg.
- Hoppe D.H. (1792): Botanisches Taschenbuch für die Anfänger dieser Wissenschaft und der Apothekerkunst.
- Hoppe D.H. (1805): Die Cultur der Alpenpflanzen. *Botanisches Taschenbuch*: 105-175. Regensburg. der Montags Erben.
- Hoppe D.H. (1818): Botanische Notizen. *Flora oder Botanische Zeitung* **1** (1): 98ff.
- Hornung E.G. (1833): Bericht über die von Hrn. Apotheker Hampe zu Blankenburg an die königl. botan. Gesellschaft eingesandten Harzpflanzen. *Flora oder Botanische Zeitung* **16** (1): 89–94.
- Huff D.P., Peakall R., Smouse P. E. (1993): RAPD variation within and among natural populations of outcrossing buffalograss *Buchloë dactyloides* (Nutt) Engelm. Theoretical and Applied. *Genetics* **86** (18): 927-934.
- Humboldt A.v. (1807): Idee zu einer Geographie der Pflanzen. Tübingen: F.G. Cotta.
- Humboldt A.v. (1806): Ideen zu einer Physiognomik der Gewaechse. Tübingen: F.G. Cotta.
- Ilg W. (1990): Geschichte der Botanik in Regensburg: 200 Jahre Regensburgische Botanische Gesellschaft, 1790 - 1990. *Hoppea* **48**.
- Isphording E. (2008): Kräuter und Blumen. Kommentiertes Bestandsverzeichnis der botanischen Bücher bis 1850 in der Bibliothek des Germanischen Nationalmuseums Nürnberg: Verlag des Germanischen Nationalmuseums.
- Jacquin N.J. (1764): Observationes botanicae (4 Bände mit 100 Tafeln). Wien.
- Jacquin N.J. (1773–78): Flora Austriaca (mehrere Bände mit 450 kolorierten Tafeln). Wien.
- Jaenicke W. (1993): Naturwissenschaften und Naturwissenschaftler in Erlangen 1743-1993. In Kössler H.: 250 Jahre Friedrich - Alexander - Universität Erlangen - Nürnberg. Erlangen: Erlanger Forschungen.
- Jahn I. & Krauß E. (1998): Geschichte der Biologie. Theorien, Methoden, Institutionen, Kurzbiographien 3. Jena: Fischer.
- Jeffrey, C. H.-D. (1977). Generic and sectional limits in Senecio (Compositae): I. Progress report. *Kew Bulletin* **32**: 47–67. Springer
- Jeffrey C. (1979): Generic and sectional limits in Senecio (Compositae): II. Evaluation of some recent studies. *Kew Bulletin* **34** (1): 49-58. Springer
- Jovet P.A. & Mallet J. (2008): Vaillant, Sébastien. *Complete Dictionary of Scientific Biography* **13**: 553–554. Charles Scribner's Sons, Detroit.

- Kandziora M. (2015): Evolution und historische Biogeographie von *Senecio* L. mit Fokus auf die Alte Welt. PhD dissertation, Fachbereich Biologie, Johannes Gutenberg-Universität Mainz.
- Kempe M. (2004): Gelehrte Korrespondenzen. Frühneuzeitliche Wissenschaftskultur im Medium postalischer Kommunikation. In *Die Medien der Geschichte: Historizität und Medialität in interdisziplinärer Perspektive*: 407–429. Konstanz: UVK-Verl.-Ges,
- Klemun M. (2006): Globaler Pflanzentransfer und seine Transferinstanzen als Kultur-, Wissens- und Wissenschaftstransfer der frühen Neuzeit. *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte* **29**: 205-223.
- Knoke D.K. (1982): *Network Analysis*. Newbury Park: CA.
- Koch W.D. & Ziz B. (1814): *Catalogus plantarum quas in ditione florum Palatinatus legerunt*.
- Koch W.D. (1819): Einige Bemerkungen über *Senecio nemorensis* und *S. saracenicus* der Fl. Palatinat und Fl. Badensis. *Flora oder Botanische Zeitung* **2**: 715-739.
- Koch W.D. (1820): Bemerkungen über einige Pollich'sche Pflanzen von Herrn Dr. Koch. *Flora oder Botanische Zeitung* **3** (1): 468ff.
- Koch W.D. (1821): Correspondenz. *Flora oder Botanische Zeitung* **4** (2): 456-459.
- Koch W.D. (1823): Bemerkungen über die in Deutschland einheimischen Cinerarien, von Hr. Dr. Koch in Kaiserslautern. *Flora oder Botanische Zeitung* **6** (2): 514ff.
- Koch W.D. (1824): *Generum tribuumque plantarum umbelliferarum nova dispositio. Nova acta physico-medica Academiae Caesareae Leopoldino-Carolinae Naturae Curiosum* **4** (t12): 55-156.
- Koch W.D. (1828): *De salicibus europaeis commentatio, qua ad orationem pro aditu muneris sibi demandati die sept. mdcccxxviii publice recitandam omni qua decet observantia invitatur G. D. I Koch. Erlangae: Typis Kunstmannianis, Sumtibus Caroli Heyderi*.
- Koch W.D. (1830): Aufsätze und Abhandlungen: botanischen Bemerkungen auf einer Reise nach dem Wildbade Kreuth. *Flora oder Botanische Zeitung* **13** (1): 114+132+149-178.
- Koch W.D. (1833): *De plantis labiatis*. Erlangen: Typis Jungeanis.
- Koch W.D. (1834): Über einige Arten der Gattung *Senecio*; von Hr. Hofrath Koch in Erlangen. *Flora oder Botanische Zeitung* **17** (2): 608 ff.
- Koch W.D. (1836): Botanische Notizen. *Flora oder Botanische Zeitung* **19** (1): 333ff.
- Koch W.D. (1838): Noch einige Bemerkungen über *Senecio Doria* Linn., *S. sarracenicus* Linn. und *S. nemorensis* Linn., sowie über *S. octogrossus* DeC., *Flora oder Botanische Zeitung* **21** (2): 697-728.
- Koch W.D. (1838): *Synopsis florum Germanicae et Helveticae : exhibens stirpes phanerogamas rite cognitatas, quae in Germania, Helvetia, Borussia et Istria sponte crescunt atque in hominum usum copiosius coluntur. Index generum, specierum et synonymorum. Francofurti ad Moenum: F. Wilmans*.

- Koch W.D. (1841): zwei Exkursionen nach Muggendorf und Streitberg beschrieben von Hofrath Koch in Erlangen. *Flora oder Botanische Zeitung* **24** (1): 289-304.
- Koch W.D. (1846): Synopsis der Deutschen und Schweizer Flora enthaltend die genauer bekannten phanerogamischen Gewächse, so wie die cryptogamischen Gefäß-Pflanzen, Ed. 2, erster Theil. Leipzig: Gebhardt & Reisland.
- Koch W.D. (1849): *Leonurus discolor* W.D.J. Koch. *Linnea* **21**: 680
- Koch W.D., Müller P.W. (1803): Entomologische Heft (2Lfgn). Frankfurt am Main: Friedrich Eßlinger
- Kolaczowski B.T. (2004): Performance of maximum parsimony and likelihood phylogenetics when evolution is heterogeneous. *Nature* **431** (7011): 980–984.
- Kolde T. (1910): Die Universität Erlangen unter dem Hause Wittelsbach 1810 bis 1910. Erlangen Leipzig: A. Deichert'sche Verlagsbuchhandlung Nachs.
- Konechnaja G. (1979): De generis *Senecio* L. speciebus partis europaeae URSS 1. Sectio Pseudo-oliganthi Sof. Novit. *Syst. Pl. Vasc.* **15**: 216-219.
- Krause P. (1911): Typhus exanthematicus (Fleckfieber). In Mohr L.: Infektionskrankheiten. Handbuch der Inneren Medizin: 291-305. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Kremp K. (2017): Die Reise auf den Donnersberg, den 27ten Juli 1817: aus dem Leben und Werk des Naturforschers Gottlieb Wilhelm Bischoff (1797-1854). Bad Dürkheim: Druckerei Giloi & Ultes GmbH.
- Kumar S.S. (2018): MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across Computing Platforms. *Molecular Biology and Evolution* **35** (6): 1547–1549.
- Kunth C.S. (1838): *Flora Berolinensis sive enumeratio plantarum sponte crescentium secundum familias naturalis disposita* Foma I. Berlin: Duncker & Humblot.
- Kurr J.G. (1861): Nekrolog des Professor Dr. Hochstetter zu Esslingen. *Jahreshefte des Vereins Vaterländische Naturkunde in Württemberg* **17**: 34-40.
- Lack H.W. (1999): Eine unbekannte Wiener Bilderhandschrift: Die 'Phythanthologia Eikonike' des Johann Jakob Well. Wien.
- Lacaita (1913): *Senecio stabianus* Lacaita. *Bull. Orto Bot Napoli* **3**: 282-285.
- Ladurner M. (2016): Ein Beispiel wissenschaftlicher Vernetzung der Wiener Botanik - aus der Korrespondenz des Nikolaus Joseph von Jacquin. Masterarbeit, Universität Wien. Historisch-Kulturwissenschaftliche Fakultät.
- Leu U.B. (2016): Conrad Gessner (1516-1565). Zürich: Verlag Neue Züricher Zeitung.
- Leyer I. & Wesche K. (2008): Multivariate Statistik in der Ökologie. Eine Einführung. Berlin, Heidelberg: Springer (Springer-Lehrbuch).
- Lindley J. (1830): Introduction to the natural System of Botany. London: Longman, Rees, Orme, Brown, and Green.
- Lindley J. (1833): *Nixus plantarum*. Londini: Apud Ridgway et filios.

- Linné C.v. (1753): *Species plantarum* **2**. Stockholm.
- Linné C.v. (1763): *Species plantarum* **6** (2). Stockholm.
- Linné C.v. (1735-1768): *Systema naturae sive*. Leiden: Joannis Wilhelmi de Groot.
- Linné C.v. (1755): *Philosophia botanica: in qua explicantur fundamenta botanica cum definitionibus partium, exemplis terminorum, observationibus rariorum, adiectis figuris aeneis*. R. Kiesewetter (Stockholm) and Z. Chatelain (Amsterdam). Vienna: Joannis Thomae Trattner
- Listl D.P. (2017): Genetic variation of liverleaf (*Hepatica nobilis* Schreb.). In: Bavaria against the background of seed transfer guidelines in forestry and restoration. *Biochemical Systematics and Ecology* **71**: 32-41.
- Löhr O. (1951): Männer, die unter Kräutern und Blumen lebten: Die Kaiserslauterner Floristen J. A. Pollich und W. D. J. Koch. In O. Münch. Kaiserslautern 1276 – 1951: 215-226. Kaiserslautern: Landesbibliothek Speyer.
- Löhr O. (1953): Die Beziehungen zwischen pfälzischen und französischen Botanikern im 19. Jahrhundert. *Pfälzische Heimat* **4**: 47-49.
- Loose R. (2008): Passion und Profession. Der Esslinger Oberamtsarzt und Botaniker Ernst Gottlieb (von) Steidel (1783-1856). *Esslinger Studien* **81**:140.
- Ludwig H. (1998): Nürnberger naturgeschichtliche Malerei im 17. und 18. Jahrhundert. (=Acta biohistorica - Schriften aus dem Museum u. Forschungsarchiv für die Geschichte der Biologie 2). Marburg an der Lahn: Basiliken-Presse
- Lynch M. & Milligan B. (1994): Analysis of population genetic structure with RAPD makers. *Molecular Ecology* **3**: 91-99.
- Mägdefrau K. (1992): *Geschichte der Botanik, Leben und Leistungen großer Forscher*, 2. Aufl. Stuttgart: Springer.
- Mägdefrau K. (2013): *Geschichte der Botanik*. Springer Berlin Heidelberg.
- Manel A.B. (2007): Statistical analysis of amplified fragment length polymorphism data: a toolbox for molecular ecologists and evolutionists. *Molecular Ecology* **16**: 3737–3758.
- Mantel N. (1967): The detection of disease clustering and a generalized regression approach. *Cancer Res.* **27**: 209-220.
- Martius P.v. (1841): Über die Entwicklung der Botanik. *Denkschriften der Königlich-Baierischen Botanischen Gesellschaft in Regensburg* **3**: 1-300.
- Martius P.v. (1866): Nekrolog auf L. Chr. Treviranus. *Akademischen Denkrede*.
- Marzocca, B. (2021, Januar 3): <https://badw.de/die-akademie.html>: zuletzt abgerufen am 2021, Januar, 3
- Meekins J.B. (2001): Genetic variation and molecular biogeography of a North American invasive plant species (*Alliaria petiolata*, Brassicaceae). *International Journal of Plant Sciences* **162**: 161-169.

- Meirmans P. (2006): Using the AMOVA framework to estimate a standardized genetic. *Evolution* **60** (11): 2399–2402.
- Mertens F.C. & Koch W.D. (1823-39): J. C. Röhlings Deutschlands Flora. 3. Aufl. **1-5**, (unvollendet), Frankfurt a. M.: Wilmans.
- Merrill E.D. (1917): An interpretation of Rumphius' s Herbarium amboinense. Manila: Bureau of printing.
- Meyen F.J. (1836): Pflanzengeographie. Berlin: Haude und Spenersche Buchhandlung.
- Meyer A.M. (1877-1881): Vierter Bericht der Commission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere, in Kiel für die Jahre 1877 bis 1881. Kiel: Kgl. Preuss. Ministerium für Landwirtschaft, Domänen und Forsten.
- Michalakis Y., Excoffier L.A. (1996): A generic estimation of population subdivision using distances between alleles with special reference for microsatellite loci. *Genetics* **142**: 1061-1064.
- Möbius M. (1968): Geschichte der Botanik: von den ersten Anfängen bis zur Gegenwart. 2. Auflage: Stuttgart: Fischer.
- Mohl H.v. (1846): Mikrographie oder Anleitung zur Kenntniss und zum Gebrauch des Mikroskops. Tübingen: Fues.
- Nägeli C. (1844): Zellkern, Zellenbildung und Zellenwachstum bei den Pflanzen. *Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik* (Schleiden M. J und Nägeli C. Hrsg.) **1**: 35-133
- Nei M. (1973): Analysis of gene diversity in subdivided populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **70**: 3321-3323.
- Nei M. & Kumar S. (2000): Molecular Evolution and Phylogenetics. New York: Oxford University Press.
- Nei M. & Li W. (1979): Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **76**: 5269-5273.
- Nei M. (1972): Genetic distance between populations. *The American Naturalist* **106**: 283-292.
- Nei M. (1977): F-statistics and analysis of gene diversity in subdivided populations. *Annals of Human Genetics* **41**: 225-233.
- Nei M. (1978): Estimation of average heterozygosity and genetic Distance from a small number of individuals. *Genetics* **89** (3): 583-590.
- Nei M. (1978): The theory of genetic Distance and evolution of human races. *The Japan Society of Human Genetics Award Lecture* **23**: 341-369.
- Nickelsen K. (2006): Draughtsmen, Botanists and Nature: The Construction of Eighteenth-Century Botanical Illustrations. Bern, Schweiz: Springer.
- Nissen C. (1966): Die botanische Buchillustration. Ihre Geschichte und Bibliographie. 2. Aufl. ergänzt durch ein Supplement. Stuttgart: Hiersemann.

- Niebuhr B.G. (1848): Historische und philologische Vorträge, an der Universität zu Bonn gehalten **2** (2). G. Reimer,
- Noé F.W. (1831): In Köstler E.:
<https://www.autographen.shop/autograph/naturwissenschaftmedizin/noe-friedrich-wilhelm-botaniker-1798-1858/>: zuletzt abgerufen 2020, Dezember 19.
- Nordenstam B.P., Pelser P.B., Kadereit J.W. & Watson L.E. (2009a): Senecioneae. Systematics, evolution, and biogeography of Compositae. In Funk V.A., Susanna A., Stuessy T.F. and Bayer R.J.: *International Association for Plant Taxonomy*. Vienna: 503–525.
- Nördlinger H.v. (1880): Nekrolog des Dr. Franz v. Fleischer. *Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg* **36**: 36-39.
- Nyman C.F. (1879): *Conspectus florae europaeae*. 2. – Örebro (Sueciae).
- Nyffeler R. (2016): Conrad Gessner als Botaniker. In Leu U.: Conrad Gessner (1516-2016). Facetten eines Universums: 175. Zürich: Spektrum.
- Oberdorfer E. (1983): *Pflanzensoziologische Exkursionsflora* 7. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Oberprieler C. (1994): Die *Senecio nemorensis*-Gruppe (Compositae, Senecioneae). *Ber. Bayer. Bot. Ges.* **64**: 7-54.
- Oberprieler C., Barth A., Schwarz S. & Heilmann J. (2010): Morphological and phytochemical variation, genetic structure and phenology in an introgressive hybrid swarm of *Senecio hercynicus* and *S. ovatus* (Compositae, Senecioneae). *Plant Syst. Evol.*: 153-166.
- Oberprieler C., Hartl S., Schauer K., Meister J. & Heilmann, J. (2011). Morphological, phytochemical and genetic variation in mixed stands and a hybrid swarm of *Senecio germanicus* and *S. ovatus* (Compositae, Senecioneae). *Plant Syst Evol.*: 177-191.
- Oeder G.C. (1753-1883): *Flora Danica* [...]. Kopenhagen: Gr. Königl. Majest. Hof.
- Orloci L. (1978): Multivariate analysis in vegetation research.
- Otto F. (1889): Röhling, Johann Christoph. *Allgemeine Deutsche Biographie* (ADB): 56-57.
- Pagel J. (1893): Sprengel, Kurt. *Allgemeine Deutsche Biographie* (ADB) **35**: 296–299.
- Pagel M. (1999): The maximum likelihood approach to reconstructing ancestral character states of discrete characters on phylogenies. *Syst. Biol.* **48**: 612-622.
- Panzer G. (1781–1798): *Icones Insectorum praesertim Rossicae, Sibiriaeque peculiarium*. Erlangen: Walther.
- Pauli A. (1817): *Gemälde von Rheinbaiern*. Frankenthal.
- Peakall R., Smouse P.E. (2015): GenAlEx 6.502 – Appendix 1 – Methods and Statistics.
- Peakall R. (1995): Evolutionary implications of allozyme and RAPD Variation in diploid populations of dioecious buffalograss *Buchloë dactyloides*. *Molecular Ecology* **4**: 135-147.

- Peakall R. (2012): GenAlEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research—an update. *Bioinformatics* **28** (19): 2537–2539.
- Pelser P.N. (2007): An ITS phylogeny of tribe Senecioneae (Asteraceae) and a new delimitation of Senecio L. *Taxon* **56**: 1077–1104.
- Petermann H. (2008): Gotthilf Heinrich Schubert, Die Naturgeschichte als bestimmendes Element. *Erlanger Studien* **137**. Erlangen: Verlag Palm & Enke.
- Pignatti S. (1977): Note critiche sulla Flora d'Italia. V. Nuovi appunti miscellanei, *Giornale botanico italiano* **111** (1-2): 45-61.
- Pollich J. (1776-1777): Flora palanina, sive Historia Plantarum in Palatinatu electorali sponte nascentium, secundum soystema sexuale digesta. Mannheim.
- Pongratz L. (1963): Naturforscher im Regensburger und ostbayerischem Raum. *Acta Albertina Ratisbonensia* **25**: 1-152.
- Pritzel G.A. (1882): Die deutschen Volksnamen der Pflanzen. Neuer Beitrag zum deutschen Sprachschätze. Hannover: Philip Cohen.
- Rautenberg U. (2021): Christoph Jacob Trews Aloestudien - Die Sammlungen als Wissens- und Forschungsraum. In Dickel H., Engl E., Rautenberg U.: *Frühneuzeitliche Naturforschung in Briefen, Büchern und Bildern - Christoph Jacob Trew als Sammler und Gelehrter*. Anton Hiersemann Verlag Stuttgart
- Rees M. (1884): Über die Pflege der Botanik in Franken von der Mitte des 16. bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts nebst einigen Bemerkungen über gegenwärtige Zustände. Rede beim Antritt des Prorektorats der Königlichen Bayerischen Friedrich-Alexander-Universität Erlangen. Erlangen: Univ.-Buchdruckerei Junge & Sohn.
- Reichenbach L. (1819): Uebersicht der Gattung Aconitum. Regensburg: Nach einem Beschuße der K. B. bot. Gesellschaft zu Regensburg, als Beilage der von derselben herausgegebenen Flora oder botan. Zeitung besonders abgedruckt.
- Reichenbach L. (1830-1832): Flora germanica excursoria. Leipzig.
- Reichenbach L. (1829): Erklärung - Rückblick auf Herrn Dr. Kochs Bemerkungen in Flora 1819. Nr. 41. p. 645. *Flora oder Botanische Zeitung* **3** (1): 208.
- Reichert H. (1987): Der Briefwechsel zwischen Wilhelm Daniel Joseph Koch und Philipp Wilbrand Jakob Müller aus den Jahren 1794 bis 1824.
- Reichert H. (2000): Ein bedeutender Sohn der Stadt Kusel: der Botaniker Wilhelm Daniel Joseph Koch (1771.1849). Zum 150. Todestag am 14. November 1999. *Pfälzer Heimat* **51**: 46–49.
- Reichert H. (2014): Bisher unveröffentlichte Reisenotizen von Augustin Pyramus De Candolle aus dem westlichen Deutschland des Jahres 1810. *Decheniana* **167**: 115-139.
- Rheinberger H.-J. (2005): Epistemologica: Präparate. In Anke te Heesen P. L.: *Dingwelten. Das Museum als Erkenntnisort*: 65-76. Köln, Weimar, Wien.

- Riedl-Dorn C. (2019): Ein uomo universale des 19. Jahrhunderts und sein wissenschaftliches Netzwerk. Stephan Ladislaus Endlicher und seine Korrespondenz mit Wissenschaftlern seiner Zeit. Göttingen: V&R unipress.
- Röhling J.Ch. (1796): Deutschlands Flora, zum bequemen Gebrauch in tabellarische Form gebracht, nebst erklärender Einleitung in die botanische Kunstsprache. Bremen: Wilmans Friedrich.
- Röhling J.C., Mertens F.C. & Koch W.D. (1823): J. C. Röhlings Deutschlands Flora. Nach einem veränderten und erweiterten Plane. Frankfurt a. M.: Wilmans.
- Röse A. (1853): Phillipp Salzmann. Ein biographisches Denkmal. *Botanische Zeitung* **11**: 4-8.
- Rosenhauer W.G. (1877): Esper, Eugen Johann Christoph. *Allgemeine Deutsche Biographie* (ADB) **6**: 376.
- Roth A. (1800): Journal für die Botanik 1.
- Roth A.W. (1788–1800): Tentamen florae germanicae 3. Leipzig.
- Roth A.W. (1797-1806): Catalecta botanica: quibus plantae novae et minus cognitae descriuntur atque illustrantur. Fascicel 1-3. Lipsiae: I.G. Müller.
- Roth A.W. (1800): Kochia. eine neue Pflanzengattung beschrieben von Herr. Dr. Roth. In *Journal für die Botanik* **1**: 450. Göttingen: Dieterichschen Buchhandlung.
- Rothmaler (1976): Exkursionsflora von Deutschland. Spektrum Akademischer Verlag Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- Rytz W. (1936): Die Pflanzenaquarelle des Hans Weiditz aus dem Jahre 1529. Die Originale zu den Holzschnitten im Brunfels'schen Kräuterbuch. Bern: Haupt.
- Sachs J. (1875): Geschichte der Botanik. München: R. Oldenbourg.
- Saitou N.N. (1987): The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Molecular biology and evolution* **4** (4).
- Sanger F., Nicklen S., Coulson A.R. (1977): DNA sequencing with chain-terminating inhibitors. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (PNAS) **74** (12): 5463-5467.
- Scharf S. (2009): Identification keys, the “natural method”, and the development of plant identification manuals. *Journal of the history of biology* **42** (1): 73–117.
- Scheele A. (1843): Beiträge zur deutschen und schweizerischen Flora. *Flora oder Botanische Zeitung* **26** (I): 297-310, 313-328, 421-435, 437-455.
- Schnalke T. (2008): Christoph Jacob Trew (1695-1769) in seiner botanischen Matrix. In Dauser R.: *Wissen im Netz*: 427. Berlin: Akademie Verlag GmbH.
- Schiller F., Suphan B., Schmidt E., Goethe J.W.v. (1893): Xenien 1796. Deutschland: Goethe-Gesellschaft.
- Schmeil-Fitschen (1982): Die Flora Deutschland und angrenzender Länder 97. Quelle & Meyer Verlag Wiebelsheim.

- Schönheit F. (1850): Taschenbuch der Flora Thüringens LXXII + 562. Rudolstadt: Renovanz.
- Schrank F.v. (1793): Schranks bairische Flora. Zum bequemern Gebrauche als Taschenbuch in tabellarische Form gebracht; mit einigen Aenderungen und Verbesserungen.
- Schreber J.C. (1769-1810): Dr. Johann Christian Daniel Schrebers. Beschreibung der Gräser nebst ihren Abbildungen nach der Natur 1. Leipzig: S. Lebrecht Crusius.
- Schubenz K. (2017): Botanik/Wald. In Begemann C., Metzler J.B.: *Stifter-Handbuch*. Stuttgart.
- Schluter D., Price T., Mooers AØ., Ludwig D., (1997): Likelihood of ancestor states in adaptive radiation. *Evolution* **51**: 1699-1711.
- Schultz F. (1846): Flora der Pfalz enthaltend ein Verzeichnis aller bis jetzt Bayerischen Pfalz und den angrenzenden Gegenden Badens Hessens Oldenburgs, Rheinpreussens und Frankreichs beobachteten Gefäßpflanzen. Speyer: Verlag von G. L. Lang.
- Schultz F.W. (1859): Weitere Zusätze zu meiner Flora der Pfalz. Weissenburg a. L.
- Scriba (1829): Biographisches über Ziz. *Flora oder Botanischer Zeitung* **12** (2).
- Scriba (1830): *Neue Mainzer Zeitung* **30** (19): 841.
- Seidl E., Schmieder F., Schuppe J., Piech J., Biber A. & Holly M. (2019): Zur Sache! Objektwissenschaftliche Ansätze der Sammlungsforschung. Berlin: Humboldt-Universität zu Berlin (Junges Forum für Sammlungs- und Objektforschung).
- Sengbusch P.v. (2004): <http://www1.biologie.uni-hamburg.de/b-online/d01/01g.htm>. Charakterisierung der Kryptogamen, stammesgeschichtliche Verwandtschaft zwischen Kryptogamen und Phanerogamen: zuletzt abgerufen am 2020, Dezember 15.
- Shannon C.E. (1948): A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal* **27**: 379-423 und 623-656.
- Sharma S.K. (2013): Assessment of genetic variation and identification of species-specific ISSR markers in five species of Cymbidium (Orchidaceae). *J. Plant Biochem. Biotechnol.* **22** (2): 250–255.
- Smouse P.a. (1992): Matrix correlation analysis in anthropology and genetics. *Yearbook Phys. Anthropol.* **35**: 187-213.
- Smouse P., Long J. & Sokal R. (1986): Multiple regression and correlation extensions of the Mantel test of matrix correspondence. *Systematic Zoology* **35**: 627-632.
- Spliger L. (1938): Eine unbekannte Arbeit eines Mainzer Botaniker Ziz. *Jahrbuch-Nassauischen Verein-Natur*: 215-220.
- Spindler M. (1988): Handbuch der bayerischen Geschichte, München: C.H.Beck.
- Sprengel K. (1818): Kurt Sprengels Geschichte der Botanik. in 2 Theilen. Altenburg: Brockhaus.
- Sprengel K. (1817-1818): Anleitung zur Kenntniss der Gewächse im 2. Teil der Zweiten Ausgabe. Halle: Kümmel.

- Sprenger K.-Mi. (kein Datum): Kusel in der Pfalz. Mainz: Institut für Geschichtliche Landeskunde an der Universität Mainz e.V.
- Stachow L.C. (1844): Professor Dr. Franz Carl Mertens, Vorsteher der Handelsschule in Bremen. Eine Festgabe für die zwei und zwanzigste Versammlung Deutscher Naturforscher und Aerzte zu Bremen. In A. V. Bremen, *Biographische Skizzen verstorbener Bremischer Aerzte und Naturforscher*: 239-393. Bremen: Johann Georg Heyse.
- Stadtarchiv (2020, Dezember 15): https://www.erlangen.de/desktopdefault.aspx/tabid-1393/3362_read-24518/: zuletzt abgerufen am 2020, Dezember 15.
- Stafleu F.A. (1981): Nikolaus Freiherr von Jacquin und die systematische Botanik seiner Zeit. Wien: Verlag der Österr. Akad. d. Wiss (Sonderabdruck aus dem Anzeiger der Phil.-Hist. Klasse der Österreichischen Akademie der Wissenschaften **117**: 198.
- Steinbach R. (1959): Österr. Botaniker des 19. Jh., die nicht an Hochschulen wirkten. phil. Diss. Wien: 205f.
- Steudel E.G. (1821-1824): Nomenclator Botanicus enumerans ordine alphabetico Nomina atque Synonyma tum generica tum specifica et a Linnaeo et Recentioribus de Re Bonatica Scriptoribus Plantis Cryptogamis impostia 1.2. Stuttgart, Tübingen: Cotta.
- Steudel E.G. (1827): J. C. Röhlings Deutschlands Flora. Nach einem veränderten und erweiterten Plan bearbeitet von Mertens und Koch. *Isis oder Encyclopädische Zeitung* **11**: (103 und 134)
- Stöver D.H. (1792): Leben des Ritters Carl von Linné, Hamburg
- Strasburger E. (1895): The Development of Botany in Germany during the Nineteenth Century. *Botanical Gazette* **20** (6): 249–257.
- Sturm J. (1791-92): Insecten-Cabinet nach der Natur gezeichnet und gestochen. Nürnberg.
- Sturm J. (1798- [1862]): Deutschlands Flora in Abbildungen nach der Natur. Nürnberg: Gedruckt auf Kosten des Verfassers.
- Sturm J. & Panzer G. (1795): Deutschlands Insectenfauna oder Entomologisches Taschenbuch. Nürnberg: Felseckerschen Buchhandlung.
- Tenbergen B.R. (2010): Vom Münsterland bis zum anderen Ende der Welt. Das Herbarium des LWL-Museums für Naturkunde in Münster - ein einzigartiges naturkundliches Archiv in Nordrhein-Westfalen. *Heimatspflege in Westfalen* **23**: 1–20.
- The Plant List V. 1. (2021, August 03): <http://www.theplantlist.org/>: zuletzt abgerufen am 2021, August 03.
- Touloumenidou T. (2001): Untersuchungen zur Radiation der Gattungen Monsonia L. und Pelargonium L'Hérit. (Geraniaceae) im südlichen Afrika auf der Grundlage molekularer Befunde. Dissertation am Institut für Botanik, Fachbereich Biologie, Westfälische Wilhelms-Universität Münster.
- Trew (1750-1773): Plantae selectae. Augsburg: Haid.

- Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. (2021, August 02):
<http://www.tropicos.org/Name/19300008>: zuletzt abgerufen am 2021, August 02.
- Tyrrell K. (2015-2018): Botanical Art & Artists. Von About Georg Dionysius Ehret:
www.botanicalartandartists.com/about-georg-ehret.html: zuletzt abgerufen am 2121, März 15.
- Uechtritz R.v. (1873): F. Schultz und F. Winter, Herbarium normale. *Österreichische Botanische Zeitschrift* **23** (11): 348-353.
- Uhl A. (2019): Das Herbarium: Objekt und Zeugnis der Forschung. In Seidl E., Schmieder F., Schuppe J., Piech J., Biber A. & Holly M.: *Zur Sache! Objektwissenschaftliche Ansätze der Sammlungsforschung*: 100-108. Berlin: Humboldt-Universität zu Berlin (Junges Forum für Sammlungs- und Objektforschung).
- Vekemans X. (2002): AFLP-SURV version 1.0. Distributed by the author. Université Libre de Bruxelles, Belgium: Laboratoire de Génétique et Ecologie Végétale.
- Voigt B. (1831): *Neuer Nekrolog der Deutschen* **7** (2). Ilmenau: Druck und Verlag Bernh. Voigt.
- Wägele J.-W. (2001): Grundlagen der Phylogenetischen Systematik. München: Verlag Dr. Friedrich Pfei.
- Wagenitz G. (1996): Wörterbuch der Botanik. Jena: Gustav Fischer.
- Wagenitz G. (2000): Wilhelm Daniel Joseph Koch (1771-1849), ein Altmeister der Floristik. *Hoppea, Denkschr. Regensb. Bot. Ges.* (Bresinsky- Festschrift) **61**: 833-852.
- Wagenitz G. (2001): Wilhelm Hofmeister. In Jahn I. Darwin & Co.: *Eine Geschichte der Biologie in Portraits* **1**: 332–334. München: C.H. Beck.
- Wallroth K.F. (1822): *Schedulae criticae de plantis florum halensis*. 1. Halle.
- Wallroth K.F. (1840): *Scholion zu Hampe's Prodrömus Florae Hercyniae*. Halle.
- Weizenbeck G.A. (1786): Anzeige der meisten um München wildwachsenden, oder allgemein gebauten Pflanzen, mit ihren Kennzeichen in tabellarischer Form. Ein Anhang zu den botanischen Unterhaltungen des zweyten Jahrganges.
- White T. J., Bruns T., Lee S., Taylor J. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics applications. In: Innis M.A., Gelfand D.H., Sninsky J.J. and White, T.J.: *PCR Protocols. A Guide to Methods and Applications*: 315-322. Academic Press San Diego.
- Wijnands D.O. (1983): *The Botany of the commelins*. Wageningen. A. A. Balkema/Rotterdam.
- Wikisource (2021, August 03):
https://de.wikisource.org/wiki/BLK%C3%96%3ASkofitz%2C_Alexander: zuletzt abgerufen am 2021, August 03.
- Wimmer F. (1838): *Synopsis Florae Germanicae et Helveticae, exhibens stirpes phanerogamas rite cognitae, quae in Germania, Helvetia, Borussia et Istria sponte crescunt atque in hominum usum copiosius coluntur, secundum systema*

- Candolleaum digestas, praemissa generum disp. In P. H. General-Secretär der Sozietät, *Jahrbücher für wissenschaftliche Kritik*: 372-396. Berlin: Verlag von Duncker und Humblot.
- Winckler E. (1854): Geschichte der Botanik. Frankfurt a. M. Literarische Anstalt. (J. Rütten.).
- Wolfe A., Liston A. (1998): Contributions of PCR-based methods to plant systematics and evolutionary biology. In Soltis D.E., Soltis P.S., Doyle J.J.: *Molecular Systematics Plants II*: 43-86. Springer, Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Wolfe A., Xiang Q.-Y., Kephart S.R. (1998): Diploid hybrid speciation in *Penstemon* (Scrophulariaceae). *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **95**: 5112-5115.
- Wörz A. (2016): Der Esslinger Botanische Reiseverein 1825-1845 Eine Aktiengesellschaft zur Durchführung naturkundlicher Sammelreisen. In Hentschel K.: *Stuttgarter Beiträge zur Wissenschafts-und Technikgeschichte* **9**. Logos Verlag Berlin.
- Wright S. (1946): Isolation by distance under diverse systems of mating. *Genetics* **31**: 39-59.
- Wright S. (1951): The genetical structure of populations. *Ann. Eugenics* **15**: 323-354.
- Wright S. (1965): The interpretation of population structure by F-Statistics with special regard to systems of mating. *Evol* **19**: 395-420.
- Wunschmann E. (1882): Koch Wilhelm Daniel Joseph. *Allgemeine Deutsche Biographie* (ADB) **16**: 402-405.
- Wunschmann E. (1890): Schlechtendal, Diederich Franz Leonhard von. *Allgemeine Deutsche Biographie* (ADB) **31**: 351–353. Leipzig: Duncker & Humblot.
- Wunschmann, E. (1891): Schreber, Johann Christian Daniel Edler von. *Allgemeine Deutsche Biographie* (ADB) **32**: 465 f. Leipzig: Duncker & Humblot.
- Wunschmann E. (1891): Schultz, Friedrich Wilhelm. *Allgemeine Deutsche Biographie* (ADB) **32**, 706–707.
- Wunschmann E. (1891): Schultz, Karl Heinrich. *Allgemeine Deutsche Biographie* (ADB) **32**: 722 f. Leipzig: Duncker & Humblot.
- Wunschmann E. (1894): Sturm, Jakob. *Allgemeine Deutsche Biographie* (ADB) **37**: 20-21.
- Wunschmann E. (1896): Wallroth, Karl Friedrich Wilhelm. *Allgemeine Deutsche Biographie* (ADB) **40**: 766-768.
- Wunschmann E. (1903): Braun, Alexander. *Allgemeine Deutsche Biographie* (ADB) **47**: 186–193.
- Wunschmann E. (1904): Fenzl, Eduard. *Allgemeine Deutsche Biographie* (ADB) **48**: 520 f. Duncker & Humblot: Leipzig.
- Wurzbach C. (1863): Jacquin, Nikolaus Joseph Freiherr von. *Biographisches Lexikon des Kaiserthums Oesterreich* **10**: 26–32. Wien: Kaiserlich-königliche Hof- und Staatsdruckerei.

- Wurzbach C. (1877): Skofitz, Alexander. *Biographisches Lexikon des Kaisertums Oesterreich* **35**: 73. Universitätsbibliothek Graz.
- Yadegari R.P. (1994): Cell differentiation and morphogenesis are uncoupled in Arabidopsis raspberry Embryos. *The Plant Cell* **6**: 1713-1729.
- Zdeněk U. (1972): Internationaler Code der botanischen Nomenklatur und die sich daraus ergebenden Konsequenzen für die Arbeit der Humanmykologie. *Mycoes* **15** (7): 299-304.
- Zietkiewicz E., Rafalski A., Labuda D. (1994): Genome fingerprinting by simple sequence repeat (SSR)-anchored polymerase chain reaction amplification. *Genome* **20**: 178-183.
- Zink A. (1968): J. W. D. Koch - Ph. W. J. Müller ein gelehrtes Freundespaar. *Mitteilungen der Pollichia* II. **15**: 13-42.
- Zuccarini J.G. (1829): Flora der Gegend um München. München: Jos. Lindauer'sche Buchhandlung (C. T. Fr. Sauer).

Abbildung 41: Kochs Vita und Werdegang

