



universität
wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

Verleihung verborgener Schätze. Metadaten zu den Herbarien und botanischen Datenbanken der Universität Wien und des Naturhistorischen Museums Wien

verfasst von / submitted by

Karina Maria Hobek, BA

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Master of Arts (MA)

Wien, 2023 / Vienna 2023

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

UA 066 665

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Interdisziplinäres Masterstudium
Zeitgeschichte und Medien

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. Dr. Anna Maria Echterhölter, M.A.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei den zahlreichen Menschen bedanken, die mich bei meiner Masterarbeit unterstützt und dieses Projekt ermöglicht haben.

Zuallererst möchte ich mich herzlich bei meiner Betreuung Dr. Anna Maria Echterhölter, M.A. für Ihr außerordentliches Engagement bedanken. Durch die Zusammenarbeit zwischen dem Naturhistorischen Museum von Wien und der Universität Wien war die Betreuung dieser Arbeit zeitintensiv. Ihre wertvollen Beiträge, das konstruktive Feedback und ihr großes Interesse haben wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen.

Mein Dank gilt dem Team des Naturhistorischen Museum Wiens. Durch den früheren Leiter Dr. Christian Bräuchler wurde eigens für diese Masterarbeit eine Kooperation zwischen beiden Institutionen eingerichtet. Als Ansprechperson lieferte er mir stets wertvolle Informationen über die Botanische Abteilung des Naturhistorischen Museums. Mein herzlicher Dank gilt auch Mag. Heimo Rainer (der aktuellen Leitung), der stets ein offenes Ohr für mich hatte und mir viele wesentliche Informationen zur Datenbank JACQ sowie der Botanischen Abteilung zukommen ließ. Weiterer Dank gebührt Dr. Tanja Schuster und Mag. Astrid Hille die mir sämtliche Forschungsdaten des Naturhistorischen Museums zur Verfügung stellten.

Ein besonderer Dank gilt dem Kurator Mag. Dr. Hermann Voglmayr. Nicht nur für seine Expertise und sein außerordentliches Engagement, sondern vor allem dafür, dass er immer im richtigen Moment eine verschlossen geglaubte Tür für mich öffnete, die richtigen Kontakte herstellte und damit maßgeblich zum Gelingen meiner Arbeit beitrug.

Zu guter Letzt bedanke ich mich für die großartige Unterstützung meines Mannes während dieser Masterarbeit. Seine umfassenden Fachkenntnisse in verschiedenen Bereichen sowie sein konstantes Vertrauen in meine Fähigkeiten und meine Arbeit erwiesen sich als wesentliche Unterstützung für mich.

1. Einleitung	5
1.1 Quellenlage und Forschungsstand	7
1.2 Die Wissenszirkulation	11
1.3 Botanische Sammlungen	16
2. Geschichtliche Einordnung der Herbarien.....	20
2.1 Zur Geschichte der botanischen Systematik.....	20
2.2 Carl von Linnés Pflanzenverwaltung und Bürokratie des Lebendigen	22
2.3 Die Entwicklung des ICBN	24
2.4 Herbarbelege und ihr Erscheinungsbild: Die visuelle Repräsentation von Pflanzen.....	26
2.5 Die Digitalisierung und der damit verbundene Medienwandel	29
2.6 Die Bedeutung neuer Datenarchitekturen für die Botanik.....	31
3. Forschungsgegenstand.....	35
3.1 Global Plant Initiative.....	35
3.2 Vorstellung des Herbariums der Universität Wien	36
3.3 Die historischen Entwicklungen von WU	40
3.4 Vorstellung des Herbariums des Naturhistorischen Museum in Wien	43
3.5 Die historischen Entwicklungen von W	44
3.6 Die Datenbank JACQ	47
3.7 Eingrenzung.....	48
3.8 Die Unterteilung in die Pflanzengroßgruppen	51
3.9 Untersuchungszeitraum	54
3.10 Forschungsfragen.....	55
4. Quellenpräsentation	56
4.1 Vorstellung der Quellen	56
4.2 Die Bearbeitung der Quellen.....	61
4.3 Statistische Erklärungen zur Bearbeitung der Quellen.....	62
5. Forschungsdaten	63
5.1 Der (inter)nationale Vernetzungsgrad der beiden Herbarien in Wien	63
5.1.1 Nationale und internationale Bewegungsmuster	67
5.2 Die genaue Abfrage bzw. der Bezug von Pflanzenmaterial	69
5.2.1 Analyse einzelner Pflanzengruppen des Naturhistorischen Museum Wien	77
5.2.2 Analyse einzelner Pflanzengruppen des Herbariums der Universität Wien.....	80
5.2.3 Analyse der Datenzirkulation des Herbariums der Universität Wien mit Asien	81
5.2.4 Ein weit gereister Beleg: <i>Thelonectria westlandica</i>	83
5.3 Die Digitalisierung der Herbarien	85
6. Diskussion und Forschungsergebnisse.....	89
6.1 Forschungsergebnisse zu den nationalen und internationalen Vernetzungen.....	89
6.2 Forschungsergebnisse zu den Detailanalysen	91
6.3 Forschungsergebnisse zur Digitalisierung der Herbarien.....	94
7. Fazit und Ausblick.....	97

8. Literaturverzeichnis.....	101
8.1. Literaturverzeichnis.....	101
9. Tabellenverzeichnis	108
10. Zusammenfassung/Abstract	109
11. Anhang	111
11.1. Quellenverzeichnis.....	111

1. Einleitung

Diese Masterarbeit beschäftigt sich mit der Zirkulation von botanischen Belegen, die für Jahrhunderte gesichert in Herbarien aufbewahrt werden, darin die Zeit hinweg überdauern, und heute digitalisiert werden. Dieses existenzielle botanische Wissen ist nicht nur ein höchst schützenswertes Kulturgut, sondern auch für die Forschung als Materialgrundlage, sowie als Referenzbeleg für die Neubestimmung von Arten bedeutend.

Da wir nur schützen können, was wir kennen, beschäftigt sich diese Arbeit mit den zurückgelegten Wegen der archivierten Pflanze (vgl. M. A. Fischer, 2008). Pflanzen, Pilze und Algen sind elementar für das Leben des Menschen auf der Erde. Erst durch die Entwicklung der Photosynthese (die von Pflanzen und Algen und von manchen Bakterien betrieben wird) konnte das Leben auf der Erde, so wie wir es kennen entstehen (vgl. Kadereit et al., 2021). Exemplare aller Pflanzengruppen (Pflanzen, Pilze und Algen) lagern weltweit in Herbarien. Botanische Sammlungen sind Bibliotheken der Arten. Mit der Archivierung von wichtigen historischen und naturwissenschaftlichen Pflanzenbelegen sichern und konservieren diese Sammlungen nicht nur einen Teil unserer Natur, sondern lagern auch wichtige Referenzwerte aus vergangenen Tagen.

Dabei handelt es sich auch um weltweit relevantes wissenschaftliches und kulturelles Gut für die Nachwelt. Neben den Wiener Sammlungen beherbergen auch weltweit viele andere Herbarien einzigartige Referenzexemplare – sogenannte Typusbelege. Ab 2004 wurde begonnen, Typusbelege der Herbarien des Naturhistorischen Museum Wien (internationale Abkürzung W) und der Universität Wien (mit der internationalen Abkürzung WU) zu digitalisieren. Bei dem Übergang von physischen Herbarien zu botanisch-taxonomischen Datenbanken kommt es hierbei derzeit zu einem epochalen Medienwandel, der die Materialgrundlage der Botanik transformiert. Dieser Wandel stellt Herbarien aber auch vor schwierigen Aufgaben: die Digitalisierung ist nicht immer einfach zu bewerkstelligen, da diese mit einem hohen Arbeitsaufwand und damit einhergehend hohen Kosten verbunden ist. Keinesfalls sind digitalisierte Belege lediglich als ein Back-Up der Natur anzusehen, neben weiteren Bearbeitungsmöglichkeiten ermöglichen sie damit einen niederschweligen Zugang zu botanischen Archiven.

Im Mittelpunkt dieser Arbeit steht die quantitative Analyse der Nutzungs- und Entlehnungsdaten der Botanischen Sammlungen seit den 2000er Jahren bis heute. Dabei werden mithilfe der Zirkulationsanalyse und Datengeschichte Datenmuster identifiziert, die nach unterschiedlichsten Parametern aufgeschlüsselt und analysiert werden. Weiters werden

die Zusammenhänge zwischen den physischen Herbarien und den botanisch-taxonomischen Datenbanken untersucht, anhand der Beispielinstitute:

- das Herbarium der Universität Wien,
- das Herbarium des Naturhistorischen Museum von Wien und
- der Datenbank JACQ.

Durch die Digitalisierung der Herbarien verdoppelt diese die Materialgrundlage. Es entstehen neue Infrastrukturen und Möglichkeiten für die Forschung. Wobei beide Formen – physisch wie digital – unterschiedliche Vorteile und Nachteile aufweisen. Mithilfe der Zirkulationsanalyse und der Datengeschichte werden Nutzungsmuster identifiziert, die mithilfe von Diagrammen und Vernetzungskarten visualisiert werden. Bilder und Diagramme sind eng mit der Geschichte der Natur verbunden. Bereits Linné verwendete in seinem Buch „*Genera plantarum*“ das Diagramm zur Veranschaulichung (vgl. Müller-Wille, 2002).

„Der Gegenstandsbereich der Naturgeschichte gliedert sich bis heute in Folge einer analytischen Bewegung, an der die Produktion von Bildern und die Produktion von Texten zu gleichen Teilen beteiligt sind“ (Müller-Wille, 2002).

Online-Datenbanken sind für die Verbreitung von wissenschaftlichen Daten zu einem wichtigen Instrument für die Forschung geworden. So können zum Beispiel in der Systembiologie durch bereits automatisierte und technologiebetriebe Datenerfassung in wenigen Stunden Milliarden von Datenpunkten online gestellt werden (vgl. Leonelli, 2014b). Künstliche Intelligenz, die mithilfe von Millionen Bilddatensätzen mittels Deep Learning trainiert wurde, ist heute in der Lage anhand von fotografierten Pflanzen diese mit einer Genauigkeit von über 85 Prozent sekundenschnell richtig zu erkennen (vgl. Wäldchen & Mäder, 2019).¹

Forschungsmaterial für diese Arbeit sind die botanischen Metadaten der genannten Institute. Damit ist die Zirkulation des botanischen Forschungsmaterials gemeint. Pflanzenbelege werden angefordert, versendet und/oder digitalisiert. Mit dem Forschungsmaterial dieser Arbeit wird untersucht: inwieweit beide Herbarien miteinander und international vernetzt sind, wie sich die internationale Anfrage verschiedenster Pflanzengroßgruppen im Laufe der Zeit verändert hat und inwieweit die Digitalisierung von botanischen Belegen dabei relevant ist.

¹ Die Flora Incognita App ist für jede Person die ein Smartphone besitzt einsetzbar. Durch ein Eingabetool können Pflanzen relativ genau automatisch bestimmt werden. Dieses Beispiel veranschaulicht wie Forschungsdaten für Interessierte niederschwellig verfügbar gemacht werden können.

Das erste Kapitel dieser Arbeit beschäftigt sich mit Forschungsstand und der Quellenlage. Weiters wird auf die Forschungsmethode der Wissenszirkulation eingegangen. Es werden botanische Sammlungen kurz vorgestellt und eine geschichtliche Einordnung der Herbarien überblicksartig erläutert. Wie werden Pflanzen, Pilze und Algen dauerhaft konserviert aufbewahrt? Neben dessen Herstellung und Lagerung wird auf das Konzept der unterschiedlichen Typenbelege eingegangen werden. Weiters wird die Digitalisierung dieser Belege beleuchtet, welche Informationen sind dafür notwendig und welcher Medienwandel ist damit verbunden. Dabei spielt der *International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants* eine fundamentale Rolle, auf die neben der Bestimmung von Arten, Onlinestellen von Daten und Artenlisten eingegangen werden wird. Im zweiten Kapitel werden die beiden Herbarien in Wien und der Datenbank JACQ genauer behandelt.

Im nächsten Schritt wird die Geschichte der beiden Wiener Herbarien und deren Vernetzung mit der Datenbank JACQ geklärt. Neben den Forschungsfragen werden die Untersuchungszeiträume und die unterschiedlichsten Parameter vorgestellt, die für die Untersuchung mithilfe der Wissenszirkulation und für die Bearbeitung der Hypothesen notwendig sind.

1.1 Quellenlage und Forschungsstand

Die Quellenlage für diese Masterarbeit ist sehr ergiebig. Nur wenige Arbeiten wurden bis jetzt über beide Herbarien (einzeln) verfasst, wie etwa ein kurzer geschichtlicher Abriss und ein Leitfaden für die Verwendung des Herbariums des Naturhistorischen Museums (vgl. Bräuchler et al., 2021) oder ein Zeitschriftenartikel zur Geschichte des Herbariums der Universität Wien (vgl. Schönbeck-Temesy, 1992). Die Metadaten beider Herbarien wurden (obwohl schon seit Jahrhunderten aufgezeichnet) noch nie in einer Arbeit analysiert. Diese Datensammlung erweist sich entsprechend als reichhaltige Quelle historischer Informationen, die sich durch ihre umfassende und detaillierte Beschaffenheit auszeichnet. Für die Analysen in dieser Masterarbeit mussten die Quellen zeitlich und inhaltlich stark eingegrenzt werden. Im Mittelpunkt der Quellenanalysen stehen die aufgezeichneten Entlehn-Daten und die Digitalisierungsdaten des Herbariums der Universität Wien und des Herbariums des Naturhistorischen Museum von Wien. Die Daten lagen Großteils handschriftlich, teilweise digital in Access-Sheets vor².

² Einige Daten wurden bereits vor Jahren von MitarbeiterInnen des Naturhistorischen Museum von Wien in Access-Datenbanken eingepflegt. Für meine Forschungsarbeit wurden mir die Daten von Mag. Astrid Hille persönlich überreicht (in Excel Tabellen importiert) und teilweise per E-Mail von Dr. Tanja Schuster geschickt.

Herbarien und botanische Gärten führen Buch über den Tausch ihres Pflanzenmaterials. Analysen über diese Netzwerke können die „*Verflechtungen der Wissensproduktion bezüglich der Pflanzen und ihrer Transfers*“ (vgl. Klemun, 2017) besonders gut veranschaulichen.

Wissenschaft ist eine Form der Kommunikation (vgl. Secord, 2004). Für wissenschaftliche Daten sind die Prozesse der Bewegung, Transformation und Übersetzung von zentraler Bedeutung. Bei diesen Vorgängen können mögliche Grenzen überwunden werden (vgl. Secord, 2004). Damit eröffnet sich ein größeres Kommunikationsfeld bzw. Interaktionsfeld für AkteurInnen. Auf die zu untersuchenden Daten für diese Masterarbeit umgelegt, bedeutet es, dass die Pflanzenbelege, die nun digitalisiert und auf Datenbanken online gestellt werden, einen einfacheren Zugang aufweisen als physische Herbarien. Die Bewegungsdaten der Herbarien sind die Informationen, welche in der Arbeit im Mittelpunkt stehen. Methodologisch stützt sich die Forschungsarbeit auf die Wissenszirkulation („*data journeys*“) von Leonelli & Tempini, (2020). Für sie sind *data journeys* eine Analyseeinheit, mit welcher zugrundeliegende Infrastrukturen untersucht werden.

Die Masterarbeit ist im Feld der Wissenschaftsgeschichte verortet. Die Wissenschaftsgeschichte wird in Teildisziplinen aufgeteilt, chronologisch – wie auch disziplinär. So wird in der Wissenschaftsgeschichte häufig in Zeitepochen unterteilt, sowie in Fachrichtungen (wie zum Beispiel in die Medizingeschichte, Biologiegeschichte, Technikgeschichte). Jedoch wird betont, dass die Unterteilung der Wissenschaftsgeschichte in Blöcke und starre Grenzen kritisch betrachtet wird. Für die aktuelle Wissenschaftsgeschichte stehen nicht mehr nur Erneuerungen im Mittelpunkt, sondern vielmehr „*Prozesse der Tradition und der Translation von Wissen*“ (vgl. Sommer et al., 2017). Die Wissenszirkulation lässt sich auf unterschiedlichste Arten untersuchen. Beispielsweise über den Transfer von bakteriologischen Wissens nach Warschau (vgl. Kreuder-Sonnen, 2012) oder der Austausch von biologischen Objekten (vgl. Bleichmar & Mancall, 2011). Wie Nickelsen (2018) schreibt, mangelt es der Wissenschaftsgeschichte nicht an Themen, die in der Zukunft in dieser Disziplin bearbeitet werden können. Die perspektivische Sicht des Wissenschaftshistorikers wurde erweitert, sowie neue Sozialstrukturen geschaffen. Doch wurden historische Themen in den Naturwissenschaften nicht mehr so häufig aufgegriffen, wie Nickelsen (2018) schreibt.

Herbarien übernehmen mit ihrem Datenmaterial eine wichtige Rolle in der Biodiversitätsforschung. Ihre teils sehr alten historischen Belege fungieren auch als Zeitzeugen. Es kann untersucht werden, wo der ursprüngliche Verbreitungsort der Pflanzen war und wie sich die Artzusammensetzung im selben Gebiet heute verändert hat. Diese Forschung arbeitet mit historischen Belegen und Landkarten (vgl. Grass et al., 2013). Durch modernste Technik

kann die Pflanzen-DNA auch noch von Jahrhunderte alten Belegen untersucht werden, vorausgesetzt die Belege wurden fachgerecht getrocknet und gelagert. Das macht die Herbarien zu einer äußerst wichtigen Materialquelle. Die Daten der Herbarien werden als „**botanical big data**“ gehandelt. Mithilfe der Informationen die auf Datenbanken online gestellt wurden, versuchen Forschende zu eruieren, wie sich die historische Verteilung von Pflanzenarten und deren Artzusammensetzung auf (durch den Menschen verursachten) Veränderungen wie den Klimawandel und ein starkes Bevölkerungswachstum (damit einhergehend der weitere Verlust von Lebensraum für Pflanzen und Tiere) hin ändern. Um die Biodiversität erhalten und Pflanzenarten schützen zu können, ist es äußerst wichtig, zu wissen wie die jeweiligen Pflanzen auf diese sich veränderten Umstände reagieren (vgl. Trinity College Dublin, 2015).

Die Digitalisierung wissenschaftlicher Erkenntnisse und das Aufbauen von Datenbanken wird in vielen Teilbereichen der Botanik vorangetrieben. So wurde das Projekt ABOL³ (Austrian Barcode of Life) ins Leben gerufen, in welcher die genetische Erfassung der österreichischen Biodiversität im Vordergrund steht. Bei diesem Projekt werden die DNA-Barcodes von österreichischer Flora und Fauna in eine frei zugängliche Datenbank digitalisiert. Damit können für verschiedenste Anwendungsfelder die Arten rasch bestimmt werden (vgl. | *Naturhistorisches Museum*, 03.11.2014 | APA-OTS, 2014). Diese Datenbanken sind multifaktoriell, können sich aufeinander beziehen und sind für viele verschiedenste Forschungsanwendungen essentiell. Ab 2004 begannen die Herbarien ihre Bestände zu digitalisieren. Dieser Schritt ist jedoch bei Weitem noch nicht abgeschlossen. Durch eine digitale Kopie bzw. ein digitales Abbild in eine öffentliche Datenbank wird ein sogenannter digitaler Zwilling erstellt. Kuhn beschreibt digitale Zwillinge als „*digitale Repräsentanzen von Dingen aus der realen Welt*“ (vgl. Kuhn, 2017). Durch eine „*einheitliche Schnittstelle*“ (in unserem Fall die Datenbank JACQ) werden die botanischen Informationen öffentlich zugänglich. Wesentlich hierbei ist die einheitliche Präsentation aller Informationen hinweg über das ganze Datenmaterial (vgl. Kuhn, 2017).

Neben dem Digitalen Zwilling gibt es die Fragestellung, ob ein Original (in dem Fall physisch – ein Herbarbeleg) und eine Kopie (in diesem Fall digital vorhanden) überhaupt noch unterscheidbar sind, außer von ihrem Erstellungsdatum. Fehrmann schlägt hierfür den Terminus der „*Originalkopie*“ vor, die „*als Kategorien aufgefasst werden, die über komplexe Transkriptionsverhältnisse generiert und attribuiert werden*“ (vgl. Fehrmann, 2004). Die Untersuchung von Organismen mittels der Next-Generation-Sequenzierung (NGS) veränderte die Forschung der Biologie nochmals nachhaltig. Hierbei handelt es sich um eine

³ <https://www.abol.ac.at/>

Hochdurchsatzsequenzierung. Dabei werden parallel eine große Anzahl an Sequenzen oder Proben sequenziert. Das bedeutet, dass in kurzer Zeit mit geringen Kosten eine große Menge an Daten generiert werden (vgl. Buerki & Baker, 2016).

Die Silbe „omik“ (auf Englisch „omics“) wird dafür verwendet, um etwas Großes zu beschreiben. Es leitet sich aus dem Wort OM ab, was so viel wie die „Vollkommenheit und Fülle“ bezeichne (vgl. Grünblatt, 2014). In der Biologie haben sich zahlreiche „omik“ Begriffe gebildet, wie die Genomik (dabei werden ganze Genome mittels Next-Generation-Sequencing sequenziert), die Metagenomik (dabei werden viele Genome gleichzeitig analysiert), das Epigenom (dabei handelt es sich um alle chemischen Veränderungen der DNA oder der Histone) (vgl. Boenigk, 2021). „Omik“ ist ein Sammelbegriff für verschiedene wissenschaftliche Disziplinen, alle weisen dabei die Gemeinsamkeit auf, indem sie mit umfangreichen Datensätzen arbeiten (vgl. Grünblatt, 2014). Bei der Museomik wird Material aus Naturkundemuseen, Botanischen Gärten oder Tiergärten untersucht (vgl. Weirauch et al., 2020). Durch historische Sammlungs- und Forschungsreisen befinden sich in den nationalen Herbarien (wie WU und W) ein großer Fundus an globalen Exponaten. Diese sind nicht nur geschichtlich von Belang, sondern können auch helfen, Forschungsdaten aus Gebieten zu erhalten, aus denen aktuell nur schwer, oder kein neues Pflanzenmaterial generiert werden kann.⁴

Durch die NGS-Methode können diese über Jahrhunderte aufbewahrte und durch zeitintensive Feldarbeit erworbenen Exponate untersucht werden. Typusbelege, auf die sich die Nomenklatur stützt, sind gerade für die DNA-Extraktion von großer Bedeutung, um eine genau Bestimmung der Arten gewährleisten zu können. Auch dadurch können Lücken im Tree of Life geschlossen werden (vgl. Buerki & Baker, 2016). Der Holotypus⁵ jedoch ist ein Unikat, die Hauptreferenz zur Abgrenzung einer Art - die Geburtsurkunde. Jedes Stück welches zur DNA-Sequenzierung entfernt wird, zerstört einen Teil dieses wertvollen Beleges unwiederbringlich. Deshalb wird vor einer Probeentnahme sorgfältig geprüft, ob es sich lohnt dieses Risiko einzugehen, oder noch andere Möglichkeiten bestehen dieses Material zu bekommen, zum Beispiel ähnliche Belege (Isotypen), welche zeitgleich vom Sammelnden erstellt wurden. Auf einigen Holotypusbelegen befinden sich kleine gefaltete Papierkapseln, in denen sich abgefallene Teile des Beleges befinden, auch hiervon könnte ein Stück zur Sequenzierung verwendet werden ohne den Typusbeleg weiter zu beschädigen. Der Schatz in Herbarien sind konservierte Fakten aus der Vergangenheit. Erst die Erforschung dieses historischen Materials hilft die

⁴ Mögliche Gründe können dafür sein: gefährliche Gebiete, Krieg, Probleme beim Export bzw. mit dem Zoll der jeweiligen Länder, Artenschutz, politische Gründe ...

⁵ Es gibt unterschiedliche Typusbelege, auf diese wird im Kapitel „Herbarbelege“ weiter eingegangen werden.

Zusammenhänge, Trends, mit Hinblick auf die Zukunft besser zu verstehen und einordnen zu können. Werden diese ausgehoben, untersucht, erforscht, restauriert und bewahrt können diese dazu beitragen zukünftige Herausforderungen anzugehen und innovative Lösungen in unterschiedlichsten Forschungsbereichen zu entwickeln. Der historische Erkenntnisgewinn kann zum Beispiel in der Biodiversitätsforschung, Medizin oder Klimapolitik nützlich sein. Verlorenes Wissen ist unwiederbringlich. Aus diesem Grund sind Herbarien besonders wertvoll und unersetzbar, sie sind ein wichtiger Teil des intellektuellen und kulturellen Erbes einer Gesellschaft.

1.2. Die Wissenszirkulation

Wissen wird erzeugt und zirkuliert von einem Punkt zum nächsten. Die Wissenszirkulation untersucht dabei den Prozess der Bewegung und Veränderung von Daten. Bei der Reise dieser, können Informationen transformiert und angepasst werden. Bei der Zirkulation von Wissen zwischen Orten und Personen, kann sich dieses akkumulieren, verdichten, zu neuen Erkenntnissen führen, sich verändern und zu neuem Wissen werden. Im Zuge dessen überwindet es mitunter (nationale) Grenzen – zwischen Forschungsgruppen z.B., es überdauert aber wie in Herbarien auch Zeitperioden, möglicherweise Jahrhunderte oder steht unterschiedlichsten Fachdisziplinen für verschiedenste Forschungsfragestellungen zur Verfügung. Secord bezieht sich bei der Wissenszirkulation auf die Weitergabe und Verbreitung von Wissen zwischen (wissenschaftlichen) Gemeinschaften und unterschiedlichen Disziplinen (vgl. Secord, 2004). Dies kann auch auf die Untersuchung von botanischen Datenströmen angewandt werden. Je nach Kontext und Disziplin können diese Daten aus unterschiedlichsten Blickwinkeln betrachtet werden. So kann zum Beispiel nur eine Pflanzentransaktion von Peking nach Wien bis ins kleinste Detail nachverfolgt werden, oder aber auch der gesamte Datenaustausch zwischen Peking und Wien analysiert werden. Beide Forschungsfragen untersuchen dasselbe Material. Mithilfe der Wissenszirkulation kann die Dynamik von Datenströmen besser verstanden werden. Mit dem Konzept von Leonellis „*data journeys*“, womit sie den Fokus auf dynamische Aspekte der Datenerzeugung, Datenverwendung und Datenweitergabe in verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen legt, schließt sich hier der Kreis. Leonelli betont, dass sich Daten durch verschiedene Blickwinkel und Kontexte verändern. Daten sind nicht stationär, sondern einem ständigen Fluss aus Vernetzung, Austausch und Kontextualisierung unterworfen (vgl. Leonelli & Tempini, 2020). Die Theorien der Wissenszirkulation und der Datenreisen weisen Parallelen auf, beide Konzepte beruhen auf dem Fokus zwischen Austausch und der Verbreitung von Daten. Bei der Wissenszirkulation nach

Second werden darunter Forschungswissen und Ideen verstanden, hingegen fokussieren sich Leonellis Datenreisen auf den Austausch von digitalen Daten. Beide Theorien betonen die Datenveränderung während der Wissensreisen und deren Auswirkungen auf das wissenschaftliche Umfeld. Sie kommen aus unterschiedlichen Zeiträumen und entspringen verschiedenen Kontexten. Sie ergänzen sich jedoch nicht nur sondern können miteinander verwoben werden. Aufgrund der unterschiedlichen Methoden entsteht durch deren Verknüpfung eine Emergenz. Die Vereinigung beider Konzepte ermöglicht die Herausbildung neuer Datenstrukturen. Auf beiden wissenschaftlichen Ansätzen, die sich miteinander verbinden, beruht die Forschung in dieser Arbeit.

Im Zentrum der Arbeit stehen nicht die einzelnen zirkulierenden Datenbewegungen, sondern der gesamte historisch gewachsene Datenstrom. Dieser wird quantitativ aufgearbeitet und anschließend anhand seiner Bewegungen analysiert. Mit anderen Worten formuliert bedeutet, dass, das nicht der Weg eines einzelnen Herbarbogens mit all seinen Berührungspunkten nachgezeichnet wird, sondern der gesamte Datenverkehr, der über einen festgelegten Zeitraum über festgelegte Wege fließt. Nur durch die Untersuchung des gesamten Datenverkehrs aller botanischen Belege, können neue Muster erkannt werden, wie zum Beispiel: Wohin werden die meisten Belege versandt? Mit welchen Instituten lässt sich eine besonders intensive Zusammenarbeit herauslesen? Ist die historische Zusammenarbeit der Herbarien der Universität Wien und des Herbariums des Naturhistorischen Museums von Wien durch den Austausch von Belegen nachweisbar? Korrelieren besondere Ereignisse wie zum Beispiel die Covid19 Pandemie mit den Zugriffszahlen der Herbarien?⁶

Der Fokus in dieser Arbeit liegt nicht auf einzelnen Datenpunkten, deren Bewegungen und Transformationen. Die historisch entstandenen Datenströme sollen quantitativ aufgearbeitet und analysiert werden. Durch diesen neuen Blickwinkel entstehende Datenmuster werden mit meinen Arbeitshypothesen abgeglichen und diskutiert. Um es auf die Arbeit bezogen verständlicher zu machen: Es wird nicht der Weg eines einzelnen Herbarbogens mit all seinen Berührungspunkten untersucht, sondern der gesamte historische Herbarbelegs Verkehr der ausgewählten Institute in einem festgelegten Zeitraum.

⁶ Der Untersuchungszeitraum in dieser Masterarbeit beginnt mit dem Jahr 2000. Würde dieser ausgedehnt werden (zum Beispiel ab 1900) würden sich noch weitere Fragen für die Analysen eignen: Sind historischen Ereignisse wie zum Beispiel der Entdeckung des Penicillins (1928) in den Datenmustern zu erkennen? Zu dieser Zeit entdeckte die pharmazeutische Industrie die Pilze als reiche Quelle für biologisch aktive neue Verbindungen. Oder gibt es höhere Entlehnungszahlen in der Gruppe der Pilze ab den 1980er Jahren als direkte Folge eines gestiegenen Interesses an biotechnologischen Verfahren (vgl. Hawksworth, 1985)?

Nur durch die Untersuchung des gesamten Bewegungsstromes aller botanischen Belege, können neue Muster erkannt werden, wie zum Beispiel: Wohin werden die meisten Belege versandt? Wo und warum findet eine besonders intensive Zusammenarbeit statt? Ergänzen sich Sammlungen in Bezug auf bestimmte Forschungsfragen besonders gut? Ist die historische Zusammenarbeit der Herbarien WU und W auch durch den Austausch von Belegen nachweisbar? Korrelieren besondere Ereignisse wie zum Beispiel die Covid19 Pandemie mit den Zugriffszahlen der Herbarien? Sind historischen Ereignisse wie zum Beispiel der Entdeckung des Penicillins (1928) in den Datenmustern zu erkennen? Zu dieser Zeit entdeckte die pharmazeutische Industrie die Pilze als reiche Quelle für biologisch aktive neue Verbindungen. Oder gibt es höhere Entlehnungszahlen in der Gruppe der Pilze ab den 1980er Jahren als direkte Folge eines gestiegenen Interesses an biotechnologischen Verfahren (vgl. Hawksworth, 1985).

Es wird hier die These vertreten, dass Daten erst zu Wissen werden, wenn sie von jemanden konsumiert werden, sonst wären Daten totes Wissen. Darum ist es nicht nur für die Wissenschaft und Forschung essenziell, dass Daten möglichst frei und breit zugänglich sind. Der Zugang zu Daten und Wissen soll niederschwellig auch für die Allgemeinheit zugänglich sein.

Der Historiker Secord (2004) versteht die Wissenschaft als Kommunikationsform. Denn die Wissenschaft ist untrennbar mit dem gesprochenen und geschriebenen Wort verbunden. Wissen kann Grenzen von Nationen überwinden, genauso wie zeitliche Perioden und Disziplinen. Durch die Schaffung von Wissensorten (wie zum Beispiel Museen, Universitäten usw.) kann ein breiterer Dialog gefördert werden. Werden Datenströme wie in diesem Fall aus Metadaten bestehend auf Secords Konzept der Wissenszirkulation übertragen, fließen verschriftliche Einheiten von einem Ort zum nächsten. Dabei überwinden sie neben nationalen Grenzen auch physische, wenn sie als Digitalisate transferiert werden.

Je lokaler und spezifischer Wissen ist, umso wahrscheinlicher ist es, dass weniger Menschen auf diese Informationen Zugriff haben. Kontexte sollten nicht zu eng gefasst sein und sie weder in Zeit noch in Ort begrenzen. Bei der Untersuchung von Wissenszirkulation werden Praktiken des Verteilens genauso wie Grenzen und mögliche Barrieren sichtbar.

Zirkulierendes Wissen kann auf seinen Weg verändert werden und andere Kontexte annehmen. Die Wandelbarkeit von Wissen entscheidet, inwieweit sich Wissen in unterschiedliche Kontexte anpassen kann und somit für weitere Forschung genutzt werden kann. Um es mit anderen Worten zu sagen: Wenn Wissen in Form von gespeicherten Daten die Fähigkeit hat, sich möglichst vielen Kontexten anzupassen und modifiziert werden können, eignen sie sich

besonders für die Zirkulation. Wie Leonelli und Tempini (2020) festhalten, hängt die Mobilität von Daten davon ab, wie sich diese in verschiedenste Datenstrukturen einfügen können. Wenn also die Integrität von Daten nicht verändert wird, ihr Inhalt vollständig bleibt, dann kommt es zu sogenannten „fruchtbaren Reisen“ („*travelling fruitfully*“) (vgl. Morgan & Howlett, 2011, S. 12-13). Die Entstehung von Daten, die dann zu einem späteren Zeitpunkt auf Reisen gehen, ist ebenfalls von Bedeutung. Mit welchen Methoden wird das Wissen generiert, dass dann als gespeicherte Daten durch unterschiedlichste Hände läuft. Bei der Entstehung von Wissen sind oftmals Geräte mit involviert. Seien es Messgeräte, Mikroskope, Datenverarbeitungsprogramme usw. Latour versteht unter dem Zusammenspiel von Dingen (Maschinen) und Menschen die Akteur-Netzwerk Theorie. Dabei spricht er vom Konzept der *immutable mobiles*. Hier führt er als Beispiel eine Druckerpresse an. Diese vereint unveränderliche Technik (den Buchdruck – womit unzählige identische Drucke erstellt werden können, mit jedoch beweglichen Lettern) und die damit verbundene Mobilisierung (Verteilung dieser geschriebenen Drucken). Somit konnten *immutable mobiles* über Grenzen und Zeiträume hinweg zirkulieren (Latour, 1983). Im Gegensatz dazu spricht Mary Morgan von einem Konzept der *mutable mobiles*. Darunter versteht sie die Wandelbarkeit von Wissen. Je mehr sich diese Informationen in andere Gegebenheiten anpassen können, dabei jedoch ihre Integrität bewahren, desto eher eignen sie sich für die Zirkulation (Morgan & Howlett, 2011).

Ein weiterer Diskussionspunkt bei der Zirkulation von Wissen ist die Transformation und die dabei entstehende Wirkung auf die reisenden Informationen. Porter (2020) geht von einer Ausdünnung der Daten während der Transformation aus.

Der Standpunkt, dass bei einer Umwandlung eine mögliche Ausdünnung stattfindet, wird an dieser Stelle nicht bestätigt. Vielmehr geht nicht die Qualität von Daten verloren, sondern der Kontext in welchem sie ursprünglich standen. Durch das erneute Verwenden werden sie jedoch in einem neuen Kontext miteinander verwoben. So werden zum Beispiel Belege in Herbarien gesammelt und verschickt. Wenn dieses Wissen auf Reisen geht, wird es nicht ausgedünnt, sondern überbringt die gespeicherten Informationen an den Adressaten. An diesem Ort wird es weiterverwendet, in Forschungsarbeiten eingebettet und eventuell verdichtet. Wichtig dabei ist – um eine Verdünnung der Daten zu verhindern – dass diese vollständig in eine neue Forschungslandschaft implementiert werden.

Für Leonelli & Tempini (2020) ist die Reise von Daten eine Analyseeinheit. Mit dieser Analyse sollen die Metadaten von Herbarien und der zugrunde liegenden Infrastruktur untersucht werden. Tschigge et al. (2019) schreibt, dass Metadaten für die Geschichtswissenschaft elementar sind: „...also von Daten, deren Zweck darin besteht, andere Daten zu verwalten.“

(vgl. Tschiggerl et al., 2019. S. 39). Für Leonelli & Tempini (2020) sind Metadaten ein Konzept, in welchem Informationen gesammelt werden. Diese können bei einer Bewertung und Analyse helfen, indem sie Auskünfte über Umstände und Produktion liefern. Die Verwendung von Metadaten eröffnet die Möglichkeit, einen völlig neuen Erkenntnisstand zu gewinnen und damit verbunden Zusammenhänge, Trends mit Hinblick auf die Zukunft besser zu verstehen und einordnen zu können. Über die theoretische Perspektive hinaus, die darüber entscheidet, ob Informationen als Daten oder als Metadaten betrachtet werden, spielt diese theoretische Ausrichtung eine entscheidende Rolle bei der Klassifizierung und Beurteilung von Informationen innerhalb eines Forschungskontextes (vgl. Müller-Wille, 2020). So sind zum Beispiel Informationen die im Herbarentlehnungsbuch gesammelt werden, Aufzeichnungen um den Pflanzentransfer zu speichern. Sie können als ein Nebenprodukt des Herbarverwaltungssystem angesehen werden. Die Herausforderung dieser Daten liegt in ihrer Fülle und der Tatsache, dass diese generierten Daten keiner spezifische Fragestellung gefolgt sind (vgl. Kitchin, 2014).

Um es mit einem Oxymoron zu erklären: Das Unsichtbare (die Daten die hinter den verschiedensten Systemen stehen) wird sichtbar gemacht. Um die Metadaten sichtbar zu machen, werden sie in einem neuen Kontext gestellt. Oft kann es helfen, einen Schritt zurück zu gehen, um Abläufe besser verstehen und Muster erkennen zu können. Für die Untersuchung dieser Zirkulationsströme und die sich daraus ergebenden Datenmuster kann es hilfreich sein, diese Daten zu visualisieren. Wie Leonelli & Tempini (2020) schreiben, werden Visualisierungen selbst zu Daten.

Das Visualisieren von Daten in Diagrammen und Tabellen spielt eine wesentliche Rolle um die Zirkulation des Wissens zu veranschaulichen und Datenmuster erkennen zu können. Hypothesen können damit überprüft werden und möglicherweise ergeben sich neue Fragestellungen aufgrund der generierten Datenmuster, die zu einem späteren Zeitpunkt weiterverfolgt werden können.

Durch die Untersuchung der Vernetzung von botanischem Wissen kann gezeigt werden, wo es wichtige Zusammenarbeiten gibt und wie dieses wissenschaftliche Wissen international genutzt wird. Auch historische Fragestellungen können damit beantwortet werden, zum Beispiel welche Pathotypen für die Kartoffelkrautfäule (*Phytophthora infestans*) verantwortlich waren (vgl. Herrmann et al., 2009).

Die Zirkulation von Wissen ermöglicht es, Grenzen zu überwinden und in Kontakt mit verschiedenen Denkrichtungen und Konzepten zu treten. Auf diese Weise interagiert das bestehende Wissen in vielfältigen sozialen Kontexten mit bereits vorhandenem Wissen und

unterliegt Veränderungen (vgl. Sarasin, 2011). Im nächsten Schritt schlagen Sarasin und Kilcher (2011) Eingrenzungen für die Wissenszirkulation vor. Eine handelt von der Verfügbarkeit, die andere vom Zugriff auf eben jenes Wissen. Denn auch wenn Wissen zirkuliert, ist dies nicht gleichbedeutend mit der freien Zugänglichkeit für jede Person. Sowohl die Produktion von Wissen, als auch deren Zirkulation findet unter komplexen Machtstrukturen statt. *„Wissen entsteht und zirkuliert unter den Bedingungen komplexer Machtverhältnisse. Es kann zu wertvoll sein, um freiwillig weitergegeben zu werden, oder nützlich im Kampf gegen Mächtige.“* (vgl. Sarasin & Kilcher, 2011. S. 10). Online gestellte Daten sind möglicherweise zugänglicher, als einzelne Herbarbögen in einem Herbarium. Viele Menschen besitzen einen Internetzugang und können somit potentiell auf botanische Datenbanken zurückgreifen. Der Besuch eines Herbariums ist dabei weit weniger gängige Praxis. Wissen wird nicht uneingeschränkt weitergegeben, manchmal sind Daten zu sensibel und könnten in „falsche Hände“ geraten.

„Das heißt nicht, dass sich Wissen schrankenlos ausbreitet und überall gleichmäßig verteilt ist – das wäre eine ebenso naive wie absurde Annahme –, es heißt aber, dass Wissen in seinem ›Funktionieren‹ auf Zirkulation angewiesen ist, dass es auf ›Anstöße‹ aus anderen Wissensfeldern aus unterschiedlichen sozialen Räumen reagiert, an anderen Orten wieder aufgegriffen und dabei umgeformt wird.“ (vgl. Sarasin. 2011. S. 164.) Prinzipiell ist jedoch das Teilen von Wissen - der Wissenstransfer etwas höchst Positives. Um mögliche Vernetzungen, Verflechtungen und Beziehung zueinander sichtbar zu machen, wird die Wissenszirkulation herangezogen. Somit kann Wissen und deren Nutzung, dessen Weg, genauso wie die Vergangenheit gewisser Institutionen aufgearbeitet werden.

1.3. Botanische Sammlungen

Es gibt unterschiedliche Arten von botanischen Sammlungen. In diesem Kapitel wird kurz auf die einzelnen Sammlungen eingegangen und die Unterschiede erklärt.

Botanische Gärten

Ursprünglich gab es bereits im Mittelalter erste einzelne artenreiche Gärten, wie die etwa von Theophrastos in Griechenland. Die ersten akademischen botanischen Gärten wurden jedoch erst zur Zeit der Renaissance im nördlichen Italien gegründet. Sie wurden 1545 zum Beispiel in Padua, in Florenz und in Pisa angelegt. Dabei zählten bereits Glashäuser zum Inventar dieser Gärten. Durch das Sammeln von lebenden Pflanzen und das Anlegen von Gärten bot es den damaligen Gelehrten die Möglichkeit, nicht nur in Bibliotheksbüchern ihr Wissen zu vertiefen, sondern an echten Pflanzenmaterial Forschungen durchzuführen. Hierbei kam es zu einem

kleinen ersten Wandel in der Botanik, nämlich vom reinen Buchwissen zu einem Reservoir an lebenden oder getrockneten Pflanzenmaterial, das mehr Anwendungen bot, als lediglich Illustrationen in Büchern (vgl. Mägdefrau, 2013).

Botanische Gärten nehmen heute wichtige Funktionen ein, sie dienen der Forschung, der Bildung, aber auch als Erholungsort oder als grüner Rückzugsort in Städten, wie zum Beispiel der Botanische Garten der Universität Wien. Neben seiner jahrhundertealten Tradition (er wurde im Jahre 1754 durch Kaiserin Maria Theresia gegründet) umfasst er aktuell acht Hektar in der Bundeshauptstadt von Österreich. Mit dieser Größe ist der Garten einer der größten innerstädtischen Grünflächen. Neben den Außenflächen gibt es Pflanzensammlungen in den Gewächshäusern, die zirka 1500 m² groß sind (vgl. Kiehn, 1992).

Samenbanken

Samenbanken existieren in verschiedenen Bereichen, wie zum Beispiel in der Humanmedizin, den Pflanzenwissenschaften, den Agrarwissenschaften oder der Zoologie. In diesem Abschnitt wird aufgrund der thematischen Einordnung nur auf die pflanzlichen Samenbanken eingegangen. In einer Samenbank wird das Sammlungsobjekt als Muster bezeichnet. Es handelt sich häufig dabei nicht um ein Pflanzenindividuum, sondern um eine festgelegte Anzahl an Samen einer Sorte, die verschlossen und gekühlt (bei -18 °C) gelagert werden. Selten werden kryokonservierte Gewebeproben in Flüssigstickstoff gelagert.

Wie auch in anderen Bereichen sind die Samenbanken bedroht, jedoch nicht etwa durch Naturkatastrophen oder ähnlichem, sondern durch die Verknappung von Ressourcen, wie Finanzen und Personal. Samenbanken benötigen große Flächen, um ihre Samen stetig verjüngen zu können. Ohne Kühlung sollten die Samen alle drei Jahre gepflanzt werden, da ab diesem Zeitpunkt die Keimfähigkeit abnimmt. Durch steigende Immobilienpreise und Pachten führt das zu existenziellen Bedrohungen (vgl. Karafyllis, 2019).

Herbarien

Neben diesen Sammlungen sind die Herbarien und Naturkundemuseen der zweite wichtige Schwerpunkt beim Sammeln von Pflanzen. Diese Institutionen sammeln, wie bereits erwähnt, getrocknetes und eingelegtes Pflanzenmaterial. Botanische Gärten, Herbarien und Museen *„fungieren als multifunktionale und mehrfachkodierte Wissensräume“* (vgl. Klemun, 2017).

Botanische Gärten wurden früher häufig als Klostergärten geführt, dort wurden Heilpflanzen kultiviert und gesammelt. Naturkundemuseen wurden als *„Wunderkammer“* oder *„Kuriositätenkabinett“* gegründet. Die Museen sammelten in ihren Anfangsjahren das Kuriose um die Besonderheiten von Natur und Kunst aufzubewahren und ausstellen zu können. Im 18. Jahrhundert kam es zu einem Wandel in der Sammeltechnik. Es wurden nicht nur die Gebiete

der Natur und der Kunst gänzlich voneinander getrennt, sondern auch Naturobjekte nicht mehr im Lichte einer Kuriosität gesammelt. Stattdessen wurden allgemeine und alltägliche Naturobjekte gesammelt. Foucault prägte hierfür den Begriff der „*Historisierung der Natur*“. Die Praktiken des Sammelns lancierten zu einer populären Kultur. Wissensorte zu schaffen stand hier im Mittelpunkt. Dabei etablierten sich Techniken des Sammelns, wie das Katalogisieren, Ordnen und Etikettieren der Objekte. Diese Orte des Wissens ermöglichten es, die Objekte institutionsübergreifend zu vergleichen. Neben diesen wissenschaftlichen Praktiken ermöglichte der Erhalt von Naturkundemuseen und Herbarien den Menschen, eine indirekte Interaktion mit der Natur zu erleben, und eröffnete somit die Möglichkeit für eine gezielte und auf Wissen basierende Auseinandersetzung mit diesen Objekten. Diese Ordnungen wurden und werden stets von der Taxonomie gelenkt, (vgl. Klemun, 2017) bis zur schlussendlich heutigen gültigen binären Nomenklatur, eingeführt von Carl von Linné.

Herbarien wurden anfänglich zur Ergänzung von Botanischen Gärten gegründet.

Die getrockneten und gepressten Pflanzen wurden zunächst nicht als Herbar bezeichnet, sondern als „*Herbarium vivum*“ oder „*Hortus hiemalis*“. Unter einem Herbarium wurden früher Kräuterbücher verstanden. Diese waren Bücher über Pflanzen mit detailgetreuen Pflanzenabbildungen, die anfänglich in großen Bibliotheken zu finden waren und den frühen Gelehrten zur Forschung freistanden (vgl. Mägdefrau, 2013). Als Herbarium werden nicht nur getrocknete Pflanzen verstanden, sondern auch die Institution an sich, die diese Belege aufbewahren (vgl. Stützel, 2021).

Die aktuelle Bestandsaufnahme von Herbarien

Gab es am Ende des 19. Jahrhunderts weltweit gerade einmal an die 350 Herbarien, so stieg die Zahl im 20. und 21. Jahrhundert auf das Zehnfache an. An die 800 Herbarien wurden allerdings aufgelöst und in andere Herbarbestände integriert (vgl. Thiers et al., 2016).

Seit den 1990er Jahren stiegen die weltweiten gesammelten Belege auf 27 Millionen an. Heute gibt es in Europa zirka 920 Herbarien, in Nordamerika 700, und im pazifischen Raum 400. Herbarien können anhand ihrer Bestände und ihrer geografischen Breite unterteilt werden. Es gibt eine große Zahl an kleinen regionalen Herbarien. Nur wenige Herbarien besitzen jedoch einen ausgedehnten Herbarbestand an Referezebelegen und ein entsprechendes Verwaltungssystem um für wissenschaftliche Forschungszwecke umfassend nutzbar zu sein (vgl. Hurka & Neuffer, 2011).

Im Dezember 2018 gab es laut „Index Herbariorum“⁷ weltweit 3095 aktive Herbarien. Diese dokumentieren und archivieren mit schätzungsweise 387.513.053 Exemplaren die Pflanzenvielfalt der letzten 400 Jahre der Erde (vgl. Thiers B. M (updated continuously). Hier wird eine Liste der acht größten Herbarien der Welt angeführt, sie sind nach der Größe sortiert und in Klammer wurde das Gründungsjahr hinzugefügt:

- 8,0 Millionen: Paris (P), Muséum National d'Histoire Naturelle (1635)
- 7,3 Millionen: New York (NY), New York Botanical Garden (1891)
- 7,1 Millionen: Sankt Petersburg (LE), V.L. Komarov Botanical Institut (1823)
- 7,0 Millionen: London (K), Royal Botanic Gardens, Kew Herbarium (1852)
- 6,0 Millionen: Genf (G), Swiss Conservatoire et Jardin Botaniques de la Ville de Genève (1824)
- 5,8 Millionen: St. Louis (MO), Missouri Botanical Garden (1859)
- 5,2 Millionen: London (BM), Natural History Museum (1753)
- 5,0 Millionen: **Wien (W)**, Naturhistorisches Museum (1807)

Das Herbarium der Universität Wien hat mit seinen geschätzten 1,4 Millionen Belegen eine ebenfalls beträchtliche Anzahl an Pflanzensammlungen.

- 1,4 Millionen: **Wien (WU)**, Universität Wien (1879) (vgl. Till, 2012)

Mit der begonnenen Digitalisierung revolutionieren Herbarien nicht nur ihre Archivierung, sie bilden mit ihren gespeicherten Daten auch das Rückgrat der Pflanzenwissenschaften. Richtig gelagert und gepflegt ist getrocknetes Pflanzenmaterial dauerhaft konserviert und sehr lange haltbar, weshalb es sich auch Jahrhunderte nach dem Sammeln noch für die Nachbestimmung eignet. Ein Herbarbeleg beweist also: Das untersuchte Taxon gehört tatsächlich zu dem zugeordneten, oder es unterscheidet sich von diesem in bestimmten Merkmalen. Herbarbögen werden für Forschungsarbeiten herangezogen. Durch die Aufbewahrung dieser Bögen können Forschungen später nachbearbeitet werden. Reproduzierbarkeit ist gegeben – ein wichtiges Kriterium für wissenschaftliches Arbeiten.

Obwohl die Digitalisierung von Herbarien und der Zugang zu diesen Daten enorm wichtig ist, werden die Originale durch das Digitalisat nicht unbedeutend. Denn aus einer Fotografie kann keine DNA-Proben entnommen werden, bzw. kann sie auch nicht mikroskopiert werden (vgl. Stützel, 2021).

⁷ Index Herbariorum ist ein umfassendes Verzeichnis über Herbarien, deren Standort und deren Personal. Es erlaubt eine schnelle Suche zum Beispiel über das Herbarium-Akronym. Vgl. <https://sweetgum.nybg.org/science/ih/herbarium-details/?irn=125500>

Alle Herbarien, bei denen es um dauerhaft wissenschaftliche Aufbewahrungsorte handelt, werden im „Index Herbariorum“ (kurz IH)⁸ aufgenommen (vgl. Thiers B. M (updated continuously)).

2. Geschichtliche Einordnung der Herbarien

Dieses Kapitel widmet sich den (geschichtlichen) botanischen Anfängen der Systematik. Es behandelt wichtige Namen, die damit in Zusammenhang stehen. Es war ein langer Weg, vom Erkennen der „wahren“ Pflanzennatur. Die Einteilung der Systematik erfolgte stufenweise. Natürlich muss hierbei Carl von Linné besonders hervorgehoben werden. Mit seinen Werken hat er herausragendes geleistet und die binäre Nomenklatur in das Pflanzen- und Tierreich eingeführt. Linné bestand darauf, dass Gattungen als „natürlich“ bezeichnet werden sollten. Diese konnten nicht einfach definiert werden, sondern mussten schrittweise beschrieben werden, aufbauend auf den Grundlagen von Beobachtungen und Vergleichen mit anderen Arten (vgl. Müller-Wille & Charmantier, 2012). Dies führte letztlich zu einem „globalen“ Code für jede einzelne Art und somit zum systematischen Einteilen der Natur. Dieser Schritt ist lange noch nicht abgeschlossen, da nach wie vor viele neue Arten entdeckt werden. So gelten zirka 10% aller Blütenpflanzen als unentdeckt (vgl. Borsch, Berendsohn, et al., 2020). Am Ende dieses Kapitels wird der International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants kurz behandelt.

2.1. Zur Geschichte der botanischen Systematik

Die Geschichte der Botanik reicht bis ins klassische Altertum zurück. Bereits im Neolithikum, etwa 5000 bis 3000 Jahre vor Christus, wurde der Mensch sesshaft und begann verschiedenste Getreidesorten zu züchten. Ab dem 16. Jahrhundert versuchten Gelehrte Pflanzen nach morphologischen Gesichtspunkten zusammenzufassen. So wurde von Andrea Cesalpino (1519-1603) ein erstes „allgemeines“ botanisches Werk verfasst. Cesalpino suchte in seinem

⁸ Neue Herbarien können sich mittlerweile selbst registrieren und werden nach einer Prüfung freigeschalten. Diese Einrichtungen müssen nachweisen, dass ihre wissenschaftlichen Pflanzensammlungen dauerhaft kuratiert werden und diese jederzeit für WissenschaftlerInnen zugänglich sind. Die ersten Ausgaben des Index Herbariorum wurden von der International Association for Plant Taxonomy in den Jahren von 1952 bis 1974 publiziert. Seit 1997 ist die Datenbank vom Index Herbariorum online. Die Direktorin des NYBG Herbariums (New York Botanical Garden) Dr. Barbara M. Thiers ist seit 2008 die Herausgeberin des IH. (vgl. Thiers B. M (updated continuously), o. J.).

Buch die Pflanzenseele und dachte er könne sie zwischen Wurzel und Spross finden. Obwohl er bereits versuchte, Pflanzen in Prinzipien der Systematik zu unterteilen, hielt er diese für asexuell (vgl. Mägdefrau, 2013a).

Caspar Bauhin (1560-1624) leistete wichtige Arbeit im Gebiet der Pflanzeneinteilung mit seinen detailgetreuen Pflanzenbeobachtungen. Er führte die Gattungsnamen ins Pflanzenreich ein und beschrieb Tausende von Arten (vgl. Mudry, 2014). In seinem Werk „Pinax“ unterscheidet er die Pflanzen erstmals zwischen Gattung und Art. Linné hat die Gattungsnamen von Bauhin fast alle übernommen. Die Artnamen bestanden aus einem oder mehreren Adjektiven (vgl. Mägdefrau, 2013a). Joseph Pitton de Tournefort (1656-1708) führte die Unterscheidung zwischen Gattung und Art fort. Er beschrieb etwa 7000 Pflanzen und unterteilte diese in 700 Gattungen. Dieses Konzept der Klassifizierung war bahnbrechend, auch wenn die Artnamen meist aus Adjektiven bestand die aneinander gereiht wurden (vgl. Staples, o. J.). Bis zu dieser Zeit beschäftigten sich Botaniker hauptsächlich mit den Phanerogamen. Erst Antonio Micheli (1679 – 1737) fiel durch sein großes Interesse an den Pflanzen und den darin enthaltenen Kryptogamen auf. Er beschrieb mehr als 1900 Arten. Außergewöhnlich zu dieser Zeit war, dass fast alle seiner neuen beschriebenen Arten zu den niederen Pflanzen gehörten, wie zum Beispiel den Algen, Pilzen, Flechten, Lebermoosen, usw. Die Flechten unterteilte Micheli in 34 Ordnungen, davon sind heute viele Artnamen noch gültig. Er arbeitete bereits mit dem Mikroskop. Damit untersuchte er Sporen in Asci. Er säte Pilzsporen aus und beobachtete deren Entwicklung bis zur Fruchtkörperentwicklung. Aus diesem Grund kann Micheli als erster Mykologe angesehen werden (vgl. Mägdefrau, 2013a).

Ein weiterer wichtiger Gelehrter zu den Kryptogamen war Johann Jacob Dillenius (1684 – 1747) der mit seinem Werk⁹ die Kryptogamenkunde etablierte (vgl. Benedum, 1990).

All diese Botaniker forschten noch vor Linné und konnten deshalb die binäre Nomenklatur noch nicht anwenden. Es wurden (wie bereits erwähnt) bereits Artnamen verwendet, doch wurden diese noch weiter mit sogenannten „Phrasen“ umschrieben. Das waren Aneinanderreihungen von charakteristischen Merkmalen der zu beschreibenden Pflanze. Des Weiteren wurden diese Phrasen für ein und dieselbe Pflanze manchmal von dem gleichen Autor nicht gleich formuliert, sondern noch im selben Werk unterschiedlich beschrieben. Das macht eine heutige Identifizierung von historischen Büchern sehr schwierig (vgl. Mägdefrau, 2013a).

⁹ Vgl. „Historia muscorum“

2.2. Carl von Linnés Pflanzenverwaltung und Bürokratie des Lebendigen

Der schwedische Naturforscher Carl von Linné¹⁰ (1707-1778) schuf mit der binären Nomenklatur den Grundstein für die Klassifikation in der Botanik und in der Zoologie. Sein naturwissenschaftliches Schaffen für die Nomenklatur und die Terminologie ist bis heute beständig (vgl. Stützel, 2021).

Im Jahre 1707 wurde Carl von Linné geboren. Mit 25 Jahren unternahm er seine erste Reise nach Lappland. Sie gehört zu einer der lebendigsten Reiseschilderungen aus dieser Zeit, da er nicht nur botanisch und zoologische Beobachtungen beschrieb, sondern auch ethnographische. Linné verfasste hervorragende Werke in einem Vierteljahrhundert, wie zum Beispiel „Systema naturae“ (1735), „Fundamenta botanica“ (1736), „Bibliotheca botanica“ (1736), „Hortus Cliffortianus“ (1737), „Critica botanica“ (1737) (vgl. Mägdefrau, 2013a).

Er bekam in Holland und in Paris, die er während seiner Tätigkeiten besuchte, Anstellungen angeboten. Diese schlug er jedoch immer aus. Nach Uppsala zurückgekehrt, praktizierte er als Arzt und gründete die Schwedische Akademie für Wissenschaften. Wenige Zeit später wurde er in Uppsala an der Universität für die Lehre der Botanik, Materia medica, Diätetik und Naturgeschichte angestellt. Linné war für seine Exkursionen den sogenannten „Herbationes“ mit seinen Studenten bekannt, in der er sie in die Umgebung durch Uppsala führte. Linné unterrichtete eine außergewöhnlich hohe Zahl an Studenten. Viele Studenten kamen nur seinetwegen aus dem Ausland nach Schweden.

Nach seiner Anstellung an der Universität in Schweden führte er keine Auslandsreisen mehr durch. Dafür schickte er seine Schüler in die ganze Welt hinaus. Einige der jungen Studenten, die nach ihren Reisen nicht mehr zurückkehrten, verewigte er, indem er Pflanzenarten nach ihnen benannte. Mit seinen Schülern hat Linné den Überblick über die Pflanzenwelt und ihrer Arten und Formenreichtum gelegt (vgl. Mägdefrau, 2013a).

Müller-Wille schreibt, dass es in der frühneuzeitlichen Naturgeschichte zu einer „Informationsüberlastung“ kam. Speziell in der Botanik und in der Zoologie kam es bereits damals zu einem ständig wachsenden Informationsfluss. Linné entwickelte dafür Methoden, um die Informationsflut einzudämmen. Genau das ermöglichte durch die Begrenzung und Reduzierung die Entwicklung des „natürlichen“ Systems (vgl. Müller-Wille & Charmantier, 2012). Aus Manuskripten von Linné können drei Arbeitsmethoden herausgefiltert werden. Er entwickelte Listen, dichotome Diagramme und Tabellen. So erstellte er bibliographische Listen von botanischen Veröffentlichungen. Er versah diese Aufzählungen mit dem Namen des Autors, den Titel, dem Jahr, dem Ort, dem Format und der Seitenanzahl der Publikation. Der

¹⁰ Carl von Linné wird latinisiert als Carolus Linnaeus bezeichnet.

Preis für das Buch wurde ebenfalls noch beigelegt. Mit dem Erstellen von dichotomen Diagrammen ordnete er Begriffe und Artnamen von anderen Forschern. Diese Diagramme versah er häufig zusätzlich mit Tabellen. Damit fügte er noch zusätzliche Informationen hinzu, um Systeme klarer und vollständiger skizzieren zu können. Mit möglichst vielen Informationen auf einem Blatt Papier, ermöglichte es ihm, alle Informationen auf einen Blick zu erfassen, wie auf einer Karte (Müller-Wille & Charmantier, 2012).

Ursprünglich waren einzelne Gattungen einfache Platzhalter in den Aufzeichnungen. Dadurch, dass Linné immer mehr Informationen und Einzelheiten verknüpfen konnte, wurden diese langsam zu greifbaren Forschungsobjekten, die plötzlich mehr waren, als einfach nur unterschiedliche Tiere und Pflanzen, sondern auch einzelne Arten (vgl. Müller-Wille & Charmantier, 2012). Eine weitere wesentliche Rolle in Linnés Schaffen spielte sein Herbariumsschrank. Es waren insgesamt drei eigens dafür angefertigte Schränke in seinem Besitz. Diese Schränke wurden dafür konzipiert, Herbarbelege einzeln dort ablegen zu können. Die Schränke sind schmal, dafür hoch gebaut. Die einzelnen Fächer wurden durch Regalböden getrennt und es gab pro Schrank zwei Regalsäulen, die mit Pflanzenmaterial befüllt werden konnten. Er ließ somit seine Herbariumblätter ungebunden und lose. Das eröffnete ihm, zusammen mit seinen Schränken ein fluides und offenes System zur Bearbeitung seines Pflanzenmaterials. So konnte er auch in sein System ständig neue Belege beifügen, oder (rein theoretisch) die Belege neu sortieren (vgl. Müller-Wille, 2006). Durch die damals außergewöhnliche Neusortierung und Umgestaltung der Aufbewahrung von Herbarbögen eröffneten sich für Linné neue Dimensionen für die Bearbeitung seines Pflanzenmaterials. Dadurch dass einzelne Blätter einfach dem System entnommen werden konnten, war es möglicherweise einfacher, sie durch verschiedene Hände und über verschiedene Schreibtische weiterzureichen. Linné fügte einzelne Herbarblätter von anderen Forschenden (wie zum Beispiel George Clifford) in seine Schränke hinzu (vgl. Müller-Wille, 2006).

Erst die Verwendung von einzelnen auf Karton montierten Herbarbelegen machte den Austausch zwischen Institutionen sinnvoll durchführbar. Es ermöglichte das Erstellen von Bestandslisten oder die Erstellung von Karteikarten über die Typusbelege in einzelnen Herbarien. Klemun versteht die Listen als „*spaces in between*“, also als Brückenbauer zwischen den Wissensorten, die zeitlich und räumlich Bedeutung in sich bergen (vgl. Klemun, 2017). In diesem Fall spielen die Belege und keine Kärtchen die Hauptrolle, die versendet werden und zwischen den Wissensorten zirkulieren.

Im Jahre 1778 verstarb Linné mit 71 Jahren. Sein gesamter Nachlass, Linnés Herbar, seine Bibliothek, seine Korrespondenzen, seine Manuskripte und Sammlungen wurden von seiner Witwe an den englischen Botaniker James Edward Smith verkauft.

Seit 1802 wird sein gesamter Nachlass (bis auf wenige Schränke) von der „Linnean Society of London“¹¹ aufbewahrt. Linné verfasste insgesamt über 20 Bücher und schrieb damit über 7000 bedruckte Seiten. Eine seiner größten Leistungen war es, die binäre Nomenklatur zu schaffen. Das bedeutet, dass Tier- und Pflanzennamen zweigliedrig sind. Die Gattungsnamen sind Substantive und die Artnamen Adjektive. Damit wurden die sogenannten „Phrasen“ ersetzt. Mit der binären Nomenklatur wurden diese zeilenlangen Beschreibungen vereinfacht. Um ein kurzes Beispiel zur Veranschaulichung zu geben: eine Beschreibung mit „Phrasen“: „*Gentiana alpina latifolia flore magno*“. Die gleiche Pflanzenart mit der binären Nomenklatur benannt: „*Gentiana acaulis*“ (vgl. Mägdefrau, 2013a).

Neben diesen fundamentalen Erkenntnissen, prägte Linné auch die Gattungs- und Artnamen. Er benannte diese wesentlich genauer und präziser. Er sortierte bereits zusammengefasste Pflanzenarten auseinander und führte die Varietäten (wie beispielsweise Farbe, Größe, Geschmack, Duft, Blütenfüllung...) an. In „*Systema naturae*“ entwickelte er das Sexualesystem der Pflanzen weiter. Er war stets darauf bedacht zu erwähnen, dass er das System der Botanik nicht vollenden könnte. Er bezeichnete sein Schaffen als „*Fragmenta*“, denn „*Vollenden kann ich es nicht, und würde ich mein ganzes Leben daran verwenden.*“

Linné, der auch Arzt war, beschäftigte sich eingehenden mit den „Heilkräften“ bzw. mit den Inhaltsstoffen von Pflanzen. Deshalb stellte er fest, dass Pflanzen innerhalb einer Gattung auch in ihrer Wirkung übereinstimmen. Damit legte er den ersten Grundstein für die Chemotaxonomie. Sein Wissen und sein Schaffen gingen weit über die Ordnung und Klassifizierung der Pflanzen hinaus (vgl. Mägdefrau, 2013a).

2.3. Die Entwicklung des ICBN

Der Ausgangspunkt für das System der Ordnung der wissenschaftlichen Benennungen machte Carl von Linné mit seinem Werk „*Species Plantarum*“ aus dem Jahre 1753. Nur Namen die der binären Nomenklatur entsprechen sind zulässig, frühere vergebene sind nicht gültig. Ziel ist es, mit diesem internationalen Regelwerk die Nomenklatur der Vergangenheit zu ordnen und die Zukünftige zu regeln (vgl. Boenigk, 2021). Mithilfe seiner Papier-Ordnungssysteme und seiner Herbarienschränke versuchte Linné eine neue „natürliche“ Ordnung für das Pflanzensystem zu etablieren. Ursprünglich wurden Arten durch ein einziges divergierendes

¹¹ <https://www.linnean.org/The-Society>

Merkmal voneinander unterschieden. Diese Unterteilung bezeichnete Linné als ein „künstliches“ System das sobald eine neue Art mit dem gleichen Merkmal gefunden werde, Teile des Systems revidieren werden müssten. So plädierte er darauf, Arten beschreibend zu definieren und nicht auf einige wenige Merkmale zu reduzieren (vgl. Müller-Wille, 2006).

Linnés Vorschlag für die Etablierung des natürlichen Systems wurde weitergeführt und mündete im International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (<https://www.iapt-taxon.org/nomen/main.php>). Eine morphologische Artabgrenzung kann aufgrund der subjektiven Betrachtung des Bestimmenden zu unscharfen Grenzen zwischen taxonomischen Gruppen führen. Ist es gleich oder doch divergent? Durch genetische Untersuchungen gibt es eine neue Möglichkeit die Ähnlichkeit von Arten aufgrund des Erbgutes zu bestimmen. Die umstrittenen Ordnungskriterien für die Klassifizierung können als rote Line betrachtet werden, wobei dabei die Genetik eine neuartige Schlüsselrolle einnimmt.

Dieser Kodex beinhaltet Regeln und Empfehlungen, wie Organismen wissenschaftlich benannt werden sollen. In diese Organismengruppe fallen alle Algen, Pilze, Pflanzen (fossil oder nicht fossil), Cyanobakterien, Chytriden, Oomyceten, Schleimpilze und photosynthetische Protisten. Im Juli 2017 fand in Shenzhen, in China, der internationale Botanische Kongress statt. Der Shenzhen-Code, so werden die neuen aktuellen Regeln genannt, lösten den Melbourne-Code ab, der im Jahre 2011 veröffentlicht wurde (vgl. Turland, 2019). Jedes Mitglied der Internationalen Vereinigung für Pflanzentaxonomie (International Association for Plant Taxonomy [IAPT] - <https://www.iaptglobal.org/>) ist berechtigt, an dem Kongress teilzunehmen und über mögliche Nomenklaturvorschläge abzustimmen (vgl. N. J. Turland & Wiersema, 2017). Der neunzehnte Botanische Kongress (der eigentlich 2023 stattfinden sollte) wurde aufgrund der Pandemie auf Juli 2024 verlegt. Er wird in Madrid stattfinden (vgl. <https://ibcmadrid2024.com/?seccion=nomenclature&subSeccion=nomenclature>).

Der wissenschaftliche Name einer Art setzt sich aus zwei Teilen (binäre Nomenklatur) zusammen. Der vollständige Name wird kursiv geschrieben. Der erste Teil davon ist der (großgeschriebene) Gattungsname. Das zweite Wort ist das kleingeschriebene Epitheton. Dieses beschreibende Beiwort wird in der Botanik und bei Prokaryoten als solches bezeichnet. In der Zoologie ist es der Artname oder Artzusatz (vgl. Boenigk, 2021). Wird eine neue Spezies entdeckt, ist eine genau Artdiagnose vorzunehmen. Dabei werden neben morphologischen Beschreibungen, Unterschiede zwischen nahen verwandten Taxa beschrieben und (wenn möglich) DNA-Sequenzdaten beigelegt. Die Beschreibung erfolgt anhand eines Exemplars dieser Spezies. Wenn eine neu entdeckte Pflanzenart beschrieben wird, muss das Pflanzenmaterial als Typusbeleg festgelegt werden und in einer Forschungseinrichtung wie

einem Naturkundemuseum oder einer wissenschaftlichen Institution wie einem Herbarium archiviert werden. Bei der Erstbeschreibung wird der Beleg als Holotypus bezeichnet. Danach muss die Entdeckung einer neuen Art wissenschaftlich publiziert werden, dies ermöglicht einen Peer-Review anderer Forscher und sorgt für die Einhaltung internationaler Standards (vgl. Boenigk, 2021). Ein Holotypus ist weltweit einzigartig, sozusagen eine Geburtsurkunde für eine neu entdeckte Spezies. Die Dubletten eines Holotypus werden als Isotypus bezeichnet. Wird ein Taxon neu veröffentlicht, sind in dessen Angaben Belege erwähnt (vgl. Stützel, 2021).

2.4. Herbarbelege und ihr Erscheinungsbild: Die visuelle Repräsentation von Pflanzen

Da in dieser Masterarbeit die Herbarbögen die zentralen Figuren sind, werden diese in den nächsten Unterkapitel hinsichtlich ihrer Erscheinungsform und ihrer Erstellung kurz vorgestellt bzw. erläutert. Für die Belege gibt es standardisierte Darstellungsformen um für die Wissenschaft als Quellen fungieren zu können.

Tournefort verwendete als erstes den Begriff des „Herbariums“ um gesammelte, getrocknete Pflanzen zu beschreiben (vgl. Mägdefrau, 2013c).

Die Herbarbelege von Carl von Linné werden heute im Burlington House in London – dem Sitz der Linnean Society temperiert und feuchtigkeitskontrollierend aufbewahrt. Noch heute sind sie für das Taxonomische System von unermesslichem Wert, da seine Werke: 5900 Pflanzenbögen und 4378 Tierarten als „Typusexemplare“ gelten (vgl. Müller-Wille, 2006). Die Bögen von Linné sind noch weitgehend vorhanden und somit kann auch heute noch geprüft werden, für welches Taxon er welchen Namen verwendet hat. Ein weiterer Grund, warum die Botanik von heute nur bis zu seinem Ursprung der Benennung zurückgreift und nicht weiter (vgl. Stützel, 2021).

Im Regelfall werden Angiospermen gepresst und getrocknet auf Karton oder festem Papier montiert. Die Bögen werden übereinandergestapelt, manchmal in Umschlägen gelegt die wiederum in Schachteln aufbewahrt werden. So verpackt werden die Bögen in Regalen oder Schränken schließlich aufbewahrt. Samen, Früchte oder Zapfen werden gesondert aufbewahrt – in einer karpologischen Sammlung. Saatgut muss trocken aufbewahrt werden um eine mögliche Keimung zu verhindern. Außerdem sollten die Samen in einem Belegexemplar in der Hauptsammlung gelistet sein. Holzsammlungen werden als Xylarium¹² bezeichnet und sind ebenfalls ein Teil eines Herbariums. Die Holzblöcke können mit oder ohne Rinde, poliert oder unpoliert, katalogisiert in Schränken oder Schubladen gelagert werden. Bryophyten und

¹² Oder auch als Xylotheke bezeichnet.

Lichenes werden in gefalteten Umschlägen aufbewahrt. Die Lagerung von Makrofungi ist nicht so einfach, da sie besonders vor Insekten geschützt werden müssen. Deshalb sollten sie gründlich desinfiziert werden, und entweder ganz oder in Längsrichtung aufgeschnitten in Pappschachteln oder versiegelten Beuteln aufbewahrt werden. Neben dem Pilz selbst, sollten noch Sporenabdrücke und Zeichnungen von Mikrostrukturen gemeinsam aufbewahrt werden. Fossilien werden häufig in Metallkästen aufbewahrt. Wenn die dreidimensionale Form oder komplexe Strukturen, wie etwa bei Blüten, aufbewahrt werden sollen, werden diese häufig in flüssigen Chemikalien¹³ gelagert. Diese Pflanzen(teile) schrumpfen nicht durch das Trocknen und können somit noch für die anatomische Forschung und zur Vermessung von wichtigen Merkmalen herangezogen werden. Sie verlieren jedoch teilweise ihre Farbe bzw. verblassen und werden in Gläsern archiviert.

Weiters werden in Herbarien sogenannte Dauerpräparate für mikroskopische Untersuchungen aufbewahrt. Das sind Objektträger mit Präparatdünnschnitten. Die Schnitte werden sortiert zumeist in kleinen beschrifteten Pappheften aufbewahrt (vgl. Victor, 2004).

Die Erstellung eines Herbarbelegs hat sich historisch zu einer kulturellen Praktik entwickelt. Vor der Erstellung eines Beleges muss Pflanzenmaterial dafür gesammelt werden. Es ist wichtig alle repräsentativen Teile der Pflanze mit wichtigen Merkmalen im besten Fall mehrfach zu besammeln um sie bestimmen und mehrere Belege anlegen zu können. Alle wichtigen Artmerkmale müssen vorhanden sein. Im Feld, noch während des Sammelns werden alle Daten zur Pflanze protokolliert, vor allem die später nicht mehr sichtbaren, außerdem das Datum der Aufsammlung, der spezifische Fundort, der geografische Standort, worauf es wächst, und sämtliche Informationen, die auf einem Beleg später nicht mehr sichtbar sind, beispielsweise die Baumgröße oder der epiphytischen Charakter einer Pflanze.

Der Fundort wird häufig mittels GPS-Geräten genauestens lokalisiert. Beim Standort handelt es sich um eine ökologische Charakterisierung (vgl. Stützel, 2021). Der nächste Schritt nach dem Sammeln ist das Pressen der Pflanzen. Dies kann entweder gleich direkt vor Ort (noch im Feld) passieren oder in einem Herbarium selbst. Wichtig beim Vorgang des Pressens ist, dass die Pflanzenteile möglichst flach gepresst werden, um Sperrigkeit und Verwelken zu vermeiden. In die Pflanzenpresse kommt zwischen die Herbarbögen Zeitungspapier und/oder Wellpappe. Das Papier (je nach Pflanze variabel) kann alle paar Tage gewechselt werden um

¹³ Es gibt unterschiedliche Mischungen für die Lagerung in Gläsern: Häufig in Ethanol, mit Zusätzen wie z.B. Essigsäure, Propionsäure oder Chloroform. Es werden für die Fixierungen zahlreiche Mischungen verwendet, die alle leicht abweichende Inhaltsstoffe aufweisen, z.B. die Kew Mischung (für Histologische Schnitte), die Kopenhagen Mischung (für lange Aufbewahrung) usw (vgl. Victor, 2004).

ein Verschimmeln zu verhindern und das Präparat möglichst trocken zu halten. Beim Pressen ist auf den richtigen Druck zu achten. Bei zu hohem Druck werden die Pflanzenteile zerquetscht, bei zu niedrigem Druck kräuseln sich die Pflanzen (vgl. Stützel, 2021). Die Pflanzen sollten so positioniert werden, dass alle wesentlichen Merkmale gut sichtbar sind. Ein Trockenschrank eignet sich besonders gut, da den Pflanzenteilen bei konstanter Temperatur zügig und gleichmäßig die Feuchtigkeit entzogen wird. Während des Trocknungsprozesses muss die Pflanzenpresse nachgestellt werden, dh. die Riemen um die Presse werden nachgezogen, und Trocknungspapier sollte in regelmäßigen Abständen gewechselt werden (vgl. Victor, 2004). Einige Pflanzen (wie zum Beispiel Crassulaceae) sollten vor dem Pressen noch vorsichtig mit Wärme (Wasser, Mikrowelle) behandelt werden um ein Weiterwachsen in der Herbarpresse zu verhindern. Der Trockenvorgang an sich sollte schnell erfolgen, um ein Verschimmeln oder ein Verfärben des Pflanzenmaterials zu verhindern.

Ist die Pflanze vollständig getrocknet wird sie im nächsten Schritt etikettiert. Nur durch diesen Vorgang wird ein Herbarbeleg zu einem wissenschaftlichen Schriftstück. Wer die Pflanze gesammelt hat wird mit „leg.“ = legit gekennzeichnet, und wer die Pflanze bestimmt hat, wird mit „det.“ = determinavit beschrieben. Wird ein Beleg später neu bestimmt, dürfen alte Etiketten nicht einfach entfernt oder überklebt werden, sondern diese müssen mit dem Kürzel „rev.“ = revidiert ebenfalls an Bogen angebracht werden. Etiketten dürfen handschriftlich oder mit dem Computer verfasst werden. Ist letzteres der Fall sollte der Artname kursiv geschrieben werden und der Autorennamen in Kapitälchen (vgl. Stützel, 2021). Die getrockneten Pflanzen werden als Exsikkate bezeichnet. Diese werden in der Regel zusammen mit dem Etikett (das am rechten unteren Rand angebracht werden sollte) verklebt. Um Exsikkate wieder vom Bogen lösen zu können, zum Beispiel um diese mikroskopisch zu untersuchen, oder die Bögen zu restaurieren, sollten sie im Idealfall mit gummierten Papierstreifen verklebt werden (vgl. Stützel, 2021).

Die DNA-Extraktion aus historischen Pflanzenbelegen ist abhängig davon, wie der Beleg getrocknet und über die Jahre hinweg aufbewahrt wurde. Die brauchbarste DNA wird dann gefunden, wenn die Pflanzen möglichst rasch luftgetrocknet wurden. Kommen hingegen die Sammlungen häufig mit Chemikalien in Kontakt (bei der jährlichen Begasung oder bei früheren chemischen Behandlungen), werden die Pflanzenteile bevor sie getrocknet werden durch kochendes Wasser oder der Mikrowelle abgetötet, nimmt der Gehalt an verwendbarer DNA stark ab und ist zum Teil ganz unbrauchbar. Für die Extraktion der Pflanze eignet sich am besten das Blatt oder die Samen. Werden Pflanzentaxa beprobt, die selten vorkommen, oder womöglich bereits ausgestorben sind, ist eine ausreichende Entnahme für die DNA-Extraktion

ein Balanceakt. Um genügend Forschungsmaterial zur Verfügung zu haben, kann es sein, dass Belege völlig zerstört werden. Bei besonders wertvollen historischen Belegen ist das ein Problem (vgl. Drábková, 2014).

2.5. Die Digitalisierung und der damit verbundene Medienwandel

Herbarien beherbergen eine Vielzahl an botanischen Belegen, die als Momentaufnahme und Teil einer historischen Natur angesehen werden können. Auf diesen Belegen beruht das Artkonzept – sie sind wie eine Geburtsurkunde für eine Spezies.

Durch die Digitalisierung von Herbarien kann lokal verdichtetes Wissen weltweit zugänglich gemacht werden. Neben der Digitalisierung von botanischen Sammlungen und dem damit verbundenen schnelleren Onlinezugang für Forschende zu Belegen, ermöglicht dies auch einen freien Zugang zu den Datenbanken von Herbarien und Museen (vgl. Tegelberg et al., 2014). Durch das Online-stellen von Herbarbelegen werden diese *„zu Teilen eines Netzwerks (...) das als kulturelle Matrix, als Wissens- und Erfahrungsraum historisch ohnegleichen ist“* (vgl. Tschiggerl et al., 2019).

Um diesen Onlinezugang auch optimal nutzen zu können, müssen sinnvolle Infrastrukturen geschaffen werden, welche die Informationen nicht nur speichern, sondern ideal miteinander vernetzen und entsprechend inhaltlich erschließen. Ein wichtigen Schritt Beitrag hierbei spielt die Global Biodiversity Information Facility (GBIF). In der Botanik gibt es unterschiedliche Sammlungsportale (wie zum Beispiel JACQ¹⁴), die von unterschiedlichsten Herbarien gespeist werden und die diese Daten verwalten.

Die Daten aus der Datenbank JACQ werden in GBIF eingespeist. Hierbei werden globale biologische Daten erfasst (vgl. Borsch et al., 2020). *„Global Biodiversity Information Facility“* (kurz GBIF) wurde 2001 gegründet, unter anderem mit dem Ziel ein übergeordnetes Portal zu erstellen um darin wissenschaftliche Datenbanken zu vereinen und somit die Artenvielfalt breiter öffentlich zugänglich zu machen. Es ist ein internationales Netzwerk mit zahlreichen nationalen Mitgliedern. Österreich ist im Oktober 2002 der GBIF beigetreten (vgl. Götzl, 2003). An GBIF-Österreich beteiligen sich aktuell 19 österreichische Institutionen, wie zum Beispiel die Universität Wien, das Naturhistorische Museum Wien, die Österreichische Mykologische Gesellschaft, die Universität Graz usw. Von GBIF-Austria werden aktuell rund 7,6 Millionen Datensätze über die (vorwiegend in Österreich heimischen) Tier-, Pflanzen- und Pilzarten zur Verfügung gestellt. Mit dieser (österreichischen) Plattform sollen die wissenschaftlichen Daten frei über das Internet zugänglich gemacht werden. Sie sind eminent

¹⁴ Auf die Datenbank JACQ wird im Kapitel 3.6 *Die Datenbank JACQ* noch weiter eingegangen.

für die Forschung, den Naturschutz und die Bildung, sollen aber auch das Bewusstsein in der österreichischen Bevölkerung über die biologische Artenvielfalt stärken (vgl. <https://www.gbif.at/home/>).

Die taxonomisch-botanischen Datenbanken sind ein bedeutender Schritt für die weltweite Vernetzung und Zirkulation dieses Wissens. Digitalisierte Daten können vor einer möglichen Herbarentlehnung eingesehen werden, somit können bereits im Vorfeld Eingrenzungen getroffen werden und lediglich favorisierte und tatsächlich benötigte Bögen angefordert und versendet werden. Dies spart nicht nur finanzielle Ressourcen, sondern schont auch historisches Pflanzenmaterial. Diese sind mitunter einzigartig und haben somit neben dem wissenschaftlichen auch einen hohen historischen Wert.

Das Ziel einer Digitalisierung ist es alle Informationen eines Herbarbeleges zu übertragen: der wissenschaftliche Name, der Name des Sammelnden, das Sammeldatum, der Sammelort (Koordinaten), hochauflösende Bilder, QR-Code mit einer Seriennummer (vgl. Tegelberg et al., 2014) und mögliche Informationen die nicht fehlen dürfen aber auf dem Beleg nicht ersichtlich sind, wie zum Beispiel die Farbe, welche im getrockneten oder eingelegten Zustand nicht mehr erkennbar ist, die Größe der Pflanze, oder ob es sich bei der Pflanze um einen Epiphyten handelt.

In manchen Datenbanken werden noch weitere Informationen gesammelt, wie etwa Bilder von lebenden Pflanzen oder weiteres Wissen, dass für ein Herbarexemplar wichtig sein kann bzw. sich darauf bezieht. Zum Beispiel Mikrofotografien, Nahaufnahmen von morphologisch wichtigen Merkmalen, botanische Illustrationen, andere Zeichnungen oder historische Änderungen an einem Beleg ob die angebrachte Pflanze auf einem Beleg von einem botanischen Experten umbenannt wurde, oder anders zugeordnet wurde. Oftmals sind diese Randnotizen handschriftlich auf kleinen Zettelchen dem Herbarbeleg beigelegt. All diese Informationen sind von Belang und werden als Metadaten in der Digitalisierung erhoben.

Die effiziente Speicherung von Daten ist eine große Herausforderung, da sich die Technologie ständig weiterentwickelt und die Anzahl an Megapixel für Kameras (womit die Fotos für die Digitalisierung gemacht werden) ständig steigt (vgl. Thiers et al., 2016). Für die Digitalisierung auf europäischer Ebene wurde das Projekt „*Innovation and consolidation for large scale digitisation of natural heritage*“ (vgl. <https://cordis.europa.eu/project/id/777483>) ins Leben gerufen. Damit wurde die Initiative „*Distributed System of Scientific Collections*“ (DiSSCo) gestartet. Ziel ist es hierbei, eine Forschungsinfrastruktur zu schaffen, die

Informationsstandards für die Digitalisierung entwickelt und dabei auch innovative Technologien für die Massendigitalisierung schafft (vgl. Borsch, Stevens, et al., 2020).

2.6. Die Bedeutung neuer Datenarchitekturen für die Botanik

Die Biologie hat sich zu einer datenintensiven Disziplin entwickelt. Es werden viele Daten gesammelt, von zum Beispiel groß angelegten Digitalisierungsprogrammen, die zum Teil lediglich online gestellt aber nicht analysiert werden. Um dieses System managen zu können, erfordert es eine hohe Vernetzung zwischen den Onlinedatenbanken bzw. den Artlisten. Die eigentliche Herausforderung ist es, Daten für den Endverbraucher nutzbar zu machen. Sind die Pflanzenbelege richtig beschriftet und zugeordnet? Um mit Daten arbeiten zu können, ist es wichtig, dass diese korrekt sind. Sie müssen in Datenbanken gefunden und gefiltert werden um damit Muster identifizieren zu können. So ist es möglich Antworten auf unterschiedlichste Fragestellungen finden zu können. Das wichtigste um diese Daten verwalten zu können, ist der verwendete Name und die damit verbundene Artabgrenzung (vgl. Patterson et al., 2010). Denn nur so können Datensätze wiedergefunden werden um danach in weitere Forschungen eingebettet zu werden. Der Kontext der Daten und dessen Verknüpfbarkeit sind bedeutend für die Forschung.

Das Projekt World Flora Online (WFO) wurde 2012 ins Leben gerufen, nachdem 2010 die Globale Strategie zur Erhaltung der Pflanzen des UN-Übereinkommens über die biologische Vielfalt als Ziel formuliert wurde. Ein Ziel davon ist es, alle bekannten Pflanzen in einer Online-Flora aufzulisten. Es ist ein Projekt von mehr als 45 Institutionen weltweit zur Erstellung einer Online-Flora der Welt. Es handelt sich hierbei um eine dynamische Datenbank die frei zugänglich ist. Dieses internationale Projekt hat es sich zum Ziel gemacht neben bestehendem Wissen auch neue Informationen über weniger bekannte Pflanzen in unerforschten Regionen zu generieren (vgl. WFO. <https://about.worldfloraonline.org/>. 2022).

Laut Schätzungen gibt es etwa 400 000 Arten von Landpflanzen auf der Erde, wobei noch geschätzt weitere 10 Prozent davon unentdeckt sind. Laut Berechnungen sind die Meisten davon Blütenpflanzen. Alle Pflanzen stellen die Basis von terrestrischen Ökosystemen dar und können Antworten für viele Probleme der Welt liefern, wie das Lösen von Gesundheitsproblemen, sozialen, wirtschaftlichen, und auch Natur/Umweltproblemen.

Ein Beispiel für einen Problemlöser wäre hierfür die Phytoremediation. Dabei handelt es sich um eine Sanierungstechnik von belasteten und verunreinigten Böden mithilfe von Pflanzen. Die eingesetzten Pflanzen können Schwermetalle, Pestizide, Herbizide, Fungizide oder Antibiotika aus dem Boden extrahieren und diesen somit dekontaminieren. Farne der Gattung *Pteris* können

zum Beispiel in großen Mengen Arsen aufnehmen, *Arabidopsis halleri* ist im Stande Zink und Cadmium aus dem Boden zu filtern. Weite Teile der Welt sind seit der Industrialisierung durch den Menschen stark durch Schwermetalle (zum Beispiel Blei und Cadmium) belastet. So wird geschätzt, dass in Europa 20 Prozent der Landfläche durch Bodenverunreinigungen betroffen sind. Aus manchen Pflanzen können konzentrierte Metalle wieder zurückgewonnen werden. Dieser Vorgang wird Phytomining bezeichnet. Dabei werden die Pflanzen verbrannt um daraus anschließend aus der Asche Metallrückstände zurück zu gewinnen (vgl. Saier & Trevors, 2010). Ein weiteres Beispiel ist das Projekt *Nemo's Garden*®, dass durch die Ocean Reef Group entwickelt wurde. Hierbei handelt es sich um Unterwasser-Gewächshäuser in fünf Metern Tiefe. Die mit Luft gefüllten Kuppeln unter Wasser stellen eine eigene Biosphäre dar, in welcher Kulturpflanzen erstmals 2017 ausgesät wurden. Damit sollen alternative Anbaumöglichkeiten geschaffen werden, um für die immer stärker wachsende Menschheit mehr Fläche, nämlich Unterwassergebiete, zur Verfügung zu stellen (vgl. Pistelli et al., 2020). Fragestellungen und Probleme wie diese gibt es sehr viele. Die Beispielliste würde sich noch lange weiterführen lassen. In diesen Sammlungen ruhen unvorstellbare Mengen an historischen Daten und Fakten die helfen könnten, globale Probleme besser zu verstehen und eventuell zu lösen. Es soll zeigen, wie wichtig botanische Daten im Allgemeinen sind, wie wertvoll deren Digitalisierung, das noch nicht erschlossene Potential dieses Wissens und somit uneingeschränkter Zugang weltweit ist. Erst kürzlich wurde in Kew Gardens eine neue Riesenseerosenart (*Victoria boliviana*) entdeckt. Die morphologischen Untersuchungen wurden unter anderem mithilfe von 110 Belegen aus 58 Herbarien - physisch sowie digital geklärt (vgl. Smith et al., 2022).

Viele Pflanzenarten und Pflanzengemeinschaften sind vom Aussterben bedroht. Deshalb ist es entscheidend, eine vollständige Inventarisierung der Pflanzenwelt der Erde vorzunehmen (vgl. Borsch, Berendsohn, et al., 2020). Bereits in den 1990er Jahren wurde eine globale Liste der Arten angestrebt. Der Catalogue of Life (CoL), wird von Species 2000 betreut. Der CoL vereint über 173 einzelne globale Listen und deckt damit einen Großteil der biologischen Vielfalt ab. Organisationen wie GBIF nutzen den CoL als taxonomisches Grundwerk für ihre Datenbanken (vgl. Garnett et al., 2020). So haben formell benannte Taxa eine Chance von etwa 82 Prozent in CoL gefunden zu werden (vgl. Patterson et al., 2016).

World Flora Online besteht aus streng wissenschaftlich geprüften Biodiversitätsdaten über Angiospermen, Gymnospermen, Bryophyten und Pteridophyten. Ein taxonomisches Grundgerüst besteht aus einer Checkliste aller Pflanzenarten sowie anderen Kategorien (wie zum Beispiel: Familien, Gattungen, Unterarten...) Taxonomische Experten (TENS –

Taxonomic Expert Networks) kuratieren die Fortschritte. Diese Daten sind vorrangig für den Biodiversitäts- und Naturschutz fundamental. Das WFO wird somit also die erste umfassende Plattform (online und frei zugänglich) für diese bedeutenden Daten. Weiters finden sich neben Daten wie Pflanzenarten, den Namen, und Beschreibungen auch die Verbreitung und der Erhaltungszustand. Das WFO ist durch seine konsistente und zuverlässige Datenarchitektur für die Taxonomie grundlegend für viele Anwendungen, wie schon bereits erwähnt den Naturschutz. Erhaltungszustände von einzelnen Pflanzen oder Pflanzengemeinschaften werden häufig über genaue Informationen von geografischen Verbreitungsgebieten über Karten gemonitort. Bereits bestehende internationale Zusammenarbeiten wie bei Global Biodiversity Information Facility (GBIF) erleichtern den Zugang zu Landkarten oder etwaigen weiteren Pflanzeninformationen. Weitere wichtige Informationen können zum Beispiel DNA-Sequenzendaten, sekundäre chemische Verbindungen, medizinische und ernährungsphysiologische Relevanz, gebräuchliche Namen, mögliches invasives Potenzial, Vorkommen in der Natur oder Vorkommen in Sammlungen sein. Dies ermöglicht weitreichende Analysen über ein großes Spektrum an modernen Forschungsfragen. Besonders wichtig für solche Untersuchungen und Bewertungen sind eine einheitliche Taxonomie oder einer Ergänzung von anerkannten Synonymen bzw. Namen für Pflanzenarten. Es gibt einen weltweiten Bedarf an einer einheitlichen Liste um die biologische Vielfalt während eines stattfindenden beschleunigten Wandels bestmöglich dokumentieren zu können (vgl. Borsch, Berendsohn, et al., 2020). Wird ein Taxon in eine weltweite Liste eingebettet, so kann es erst danach in weitere Listen aufgenommen werden, zum Beispiel in eine Liste zur Erhaltung. Globale anerkannte Listen zu verfassen ist jedoch eine Schwierigkeit für sich. So ist die Beschreibung einer Art keine völlig objektive Entscheidung. Hier stellt sich die Frage: Wird eine Reihe von Exemplaren als Varianz einer Population beschrieben, oder ist die Divergenz groß genug um als mehrere Arten betrachtet und gut voneinander abgegrenzt werden zu können? Taxa können mit unterschiedlichen Methoden beschrieben werden, wie morphologischer oder molekularer Phylogenetik, der Morphometrie oder anhand von ökologischen oder physiologischen Merkmalen (vgl. Garnett et al., 2020). Die Entscheidung darüber obliegt einem Spezialisten. Durch Gen-Sequenzierung eröffnen sich jedoch neue Möglichkeiten zur Artabgrenzung.

Besonders der Name einer Art spielt eine wichtige Rolle, erst durch deren Benennung kann eine Art wiedergefunden werden, sei es in der Literatur oder in Datenbanken. Aus unterschiedlichsten Gründen wie der Subjektivität der Artabgrenzung, neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse oder Mehrfachbeschreibungen der gleichen Art, kommt es dazu, dass es für eine

Art mehrere wissenschaftliche Namen geben kann. Der erste angeführte Name ist in der Regel der Gültige. Solange diese Differenz zwischen den Namen einer Art besteht, können im Zweifelsfall nicht alle Informationen über eine Art gesammelt werden, da einige nicht aufscheinen. Weiters kommt es dazu, dass wissenschaftliche Namen schlicht falsch geschrieben werden. Durch Zitate anderer AutorInnen können so unterschiedliche Schreibweisen implementiert werden. Ein weiteres Namensproblem kann auftreten, wenn unterschiedlichen Taxa den gleichen Namen verwenden. So wird die Name *Aotus* für den Nachtaffen verwendet, aber auch *Aotus lanigera* um eine Pflanze, gehörend zu den Fabaceae, zu benennen.

Ziel ist es, ein genaues Abbild der biologischen Daten in verknüpfte Datenbanken zu bringen. AnwenderInnen von Datenbanken sollten alle Informationen online finden können, unabhängig davon welcher Name bei der Suchmaske eingegeben wird. Die Suchmaschine im Hintergrund sollte alle möglichen Namen kennen und richtig filtern können. Das Potenzial zur Verknüpfung von Daten ist enorm (vgl. Patterson et al., 2010).

Dafür wurde die Global Name Architecture (GNA) ins Leben gerufen. Dabei handelt es sich um ein System, dass wissenschaftliche Namen im Internet sucht, indexiert, die Informationen überprüft, organisiert und vernetzt. In dieser Datenbank werden wissenschaftlich korrekte Namen genauso gefunden, wie umgangssprachliche Namen die für Taxa verwendet werden. Diese außergewöhnliche Infrastruktur ermöglicht WissenschaftlerInnen zu einer großen Zahl an Datensätzen zu gelangen (vgl. <https://globalnames.org/>). Durch diese Möglichkeiten werden die online gestellten Informationen zu einem weiteren Werkzeug in der Biologie (vgl. Patterson et al., 2010). Historische Bilddaten von Herbarien spielen hierbei ebenfalls eine wichtige Rolle im Erweiterungsschatz der Werkzeugkiste. Durch die stetig anwachsenden Digitalisierungsraten der Herbarien wird immer mehr Bilddatenmaterial mit wichtigen taxonomischen Informationen frei zugänglich. Dieses Forschungsmaterial kann mithilfe von Deep-Learning-Techniken zur Artbestimmung eingesetzt werden, um zum Beispiel bei Revisionen unterstützend eingesetzt zu werden. Durch die hohe Trefferquote könnten hierbei mithilfe von Klassifikationen halb- oder aber auch vollautomatische Arbeitssysteme für Herbarien geschaffen werden (vgl. Wäldchen & Mäder, 2018).

3. Forschungsgegenstand

Forschungsgegenstand dieser Arbeit sind die Metadaten des „Entlehnungsverkehrs“ der Herbarien der Universität Wien und des Naturhistorischen Museum von Wien¹⁵ und deren Digitalisierungsraten auf JACQ. Von beiden Instituten wird die aktuelle sowie die historische Entwicklung vorgestellt. Seit den frühen 2000er Jahren werden beide Institute mithilfe der Finanzierung der Global Plants Initiative (GPI) schrittweise digitalisiert.

3.1. Global Plant Initiative

Die Global Plant Initiative hatte es sich zum Ziel gesetzt, botanische Typusbelege aus Herbarien durch die Digitalisierung weltweit zugänglich zu machen. Typusbelege sind die „Geburtsurkunde“ einer Art. Wird ein Individuum neu beschrieben, so ist es zwingend notwendig, bei der Erstveröffentlichung auf den Typusbeleg zu verweisen. Es muss klar gekennzeichnet sein an welchem Ort sich dieses Dokument befindet. Der Typusbeleg ist der wichtigste Referenzbeleg zur Definition einer neuen Art. Dieses GPI-Projekt zielte darauf ab, eine möglichst vollständige Bibliothek der Arten Online zur Verfügung zu stellen und somit für jeden Forschenden unkompliziert zugänglich zu machen.

2004 startete das Projekt unter den Namen *African Plants Initiative*. Stark in die Digitalisierung eingebunden war Kew Gardens¹⁶. Von dort wurden Fachschulungen und technische Unterstützung, inklusive das Verteilen von Bildgebungsgeräten an beteiligte Herbarien weltweit versendet. Finanziert wurde GPI von der Andrew W. Mellon Foundation¹⁷ (<https://mellon.org/about/>). Die beiden Herbarien in Wien beteiligten sich ebenfalls von 2004 bis zum Februar 2015 an der Digitalisierung der Typusbelege. Das Projekt wurde durch die *Latin American Plants Initiative* geografisch ausgeweitet und ab 2009 wurde das Projekt zur *Global Plants Initiative* weiterentwickelt. Laut Kew beteiligen sich 329 Herbarien weltweit an diesem umfassenden Digitalisierungsprojekt (vgl. <https://www.kew.org/science/our-science/projects/global-plants-initiative>). Die Global Plant Initiative ist eine stetig wachsende Sammlung von digitalisierten hochauflösenden Typusexemplaren und den dazugehörigen Materialien (wie Nachschlagewerke und Primärquellen, Tagebücher von Sammlern, Illustrationen usw.). Aktuell umfasst die Sammlung fast drei Millionen Belege. Damit ist Global Plant eine wichtige Online-Ressource, die weltweit von zahlreichen Herbarien mit

¹⁵ Naturhistorisches Museum Wien = häufig verwendete Abkürzung: NHMW

¹⁶ <https://www.kew.org/>

¹⁷ Die Andrew W. Mellon Foundation ist eine private Stiftung mit Sitz in New York City die von den Kindern von Andrew Mellon 1969 gegründet wurde.

digitalen Inhalten bespielt wird. Deshalb hat sie einen hohen Stellenwert für die Forschung in den Pflanzenwissenschaften (vgl. <https://plants.jstor.org/>).

3.2. Vorstellung des Herbariums der Universität Wien

Das Herbarium der Universität Wien¹⁸ wurde 1879 gegründet. Seit Juni 2021 leitet es der Kurator Mag. Dr. Hermann Voglmayr. Der Hauptzugriff auf die Belege erfolgt von internen sowie externen WissenschaftlerInnen. Laut Index Herbariorum lagern im Universitätsherbarium 1.4 Millionen Belege (vgl. Thiers B. M (updated continuously):

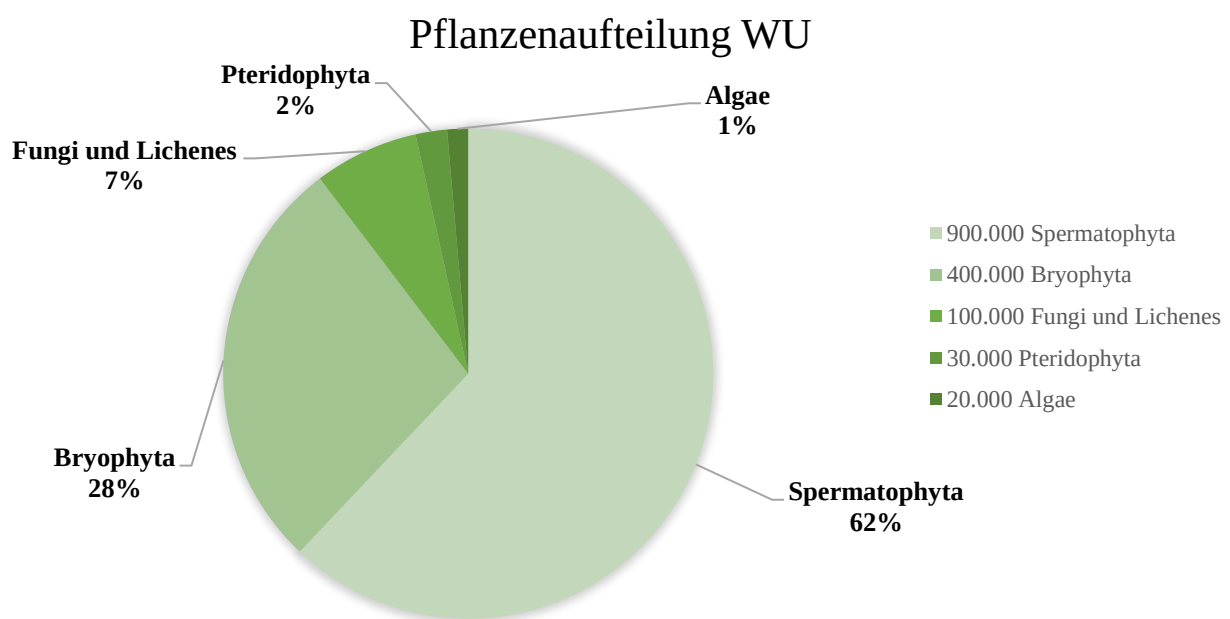


Abb.1 Die Pflanzenaufteilung im Herbarium der Universität Wien¹⁹

Die Pflanzen/teile stammen hauptsächlich aus Mitteleuropa, der Balkanhalbinsel, Südwestasien, China, Südamerika und Afrika. Insbesondere Typusbelege wurden bereits im Zuge des GPI-Programmes auf die Datenbank JACQ digitalisiert (vgl. Thiers B. M (updated continuously)). Wichtige Privatsammlungen die in den Bestand des Herbars integriert wurden sind zum Beispiel die von Heinrich Handel-Mazzetti (1882-1940), eine Belegsammlung mit

¹⁸ Internationaler Herbarium Code: WU.

Adresse: Department for Botany and Biodiversity Research
Faculty of Life Sciences
Rennweg 14
1030 Wien

¹⁹ Vgl <https://sweetgum.nybg.org/science/ih/herbarium-details/?irn=126513>

über 13.000 Stück, die aufgrund seltener chinesischer Pflanzen auch viele Typusbelege enthält. Eine weitere Privatsammlung des Herbariums ist das testamentarisch vermachte Herbar von Karl Keck (1825-1894). Es umfasst 53.000 Herbarbögen mit Pflanzen aus aller Welt (vgl. Schönbeck-Temesy, 1992). Die Sammlungen der Mykologische Gesellschaft von Österreich (<https://myk.univie.ac.at/>) werden dem Herbarium ebenfalls zugerechnet (vgl. Thiers B. M (updated continuously)).



Abb.2 Impressionen des Herbariums

Die Belege lagern in schwarzen beschrifteten Kisten, sortiert in unterschiedlich gefärbten Mappen. Alle Typusbelege befinden sich in roten Mappen, Die grünen Mappen kennzeichnen Österreichische Belege. Es gibt gelbe Mappen für Karyologische/Cytologische/Phytochemische Belege. Wenn Belege aus dem Botanischen Garten der Universität Wien stammen werden sie in rosa Mappen sortiert. Alle übrigen Belege wandern in graue Mappen. Diese Farbcodes wurden so beschlossen, werden aber heute nicht mehr so weitergeführt (bis auf die Roten Mappen für Typusbelege). Neue Belege werden wieder in graue Mappen sortiert. Die Kisten mit den Belegsmappen befinden sich in mobilen Regalanlagen, die Kompaktus genannt werden. Für Typusbelege wird üblicherweise die Farbe Rot verwendet, was

weitgehend als internationaler Standard gilt. Entweder werden rote Mappen, oder Mappen mit roten Streifen verwendet. Manchmal ist auch der Typusbeleg rot gekennzeichnet.²⁰

Das Herbarium der Samenpflanzen ist nach dem „Register zu Dalla Torre – Harms“ geordnet. Dabei handelt es sich um ein historisches Modell der Pflanzeneinteilung mit der primären Funktion: Belege einfach und zuverlässig zu finden. Für dieses Ordnungssystem wurde eine Gattungsliste mit Gattungsnummern erstellt, beginnend bei den Gymnospermen bis hin zu den höher evolvierten, den Angiospermen (Asteraceae am Schluss).

Es gibt unterschiedlichste Ordnungssysteme, die auch miteinander kombiniert werden können (siehe Herbarium NHMW). Eines davon ist das alphabetische Ordnungssystem (wird vom Herbarium des NHMW verwendet). Dabei werden alle Taxa alphabetisch nach dem Rang der Familie geordnet und archiviert.

Wie erwähnt ist das System von Dalla Torre-Harms ein in sich geschlossenes System, das eigentlich nicht für eine Erweiterung ausgelegt ist. Jedoch hat jedes Herbarium sein eigenes System um die Sammlungen dennoch erweitern zu können. Zur Erweiterung nutzt die Universität Wien dafür zum Beispiel Buchstaben (a) die an den jeweiligen Nummern im System angehängt werden. Das System ist sehr aufwendig. Jede Erweiterung bzw. Änderung muss zusätzlich in jedem Dokumentationsband, welches in jedem Herbarsaal aufliegt, händisch eingetragen werden.

Alle anderen Pflanzengruppen, die Pilze und Flechten werden im Herbarium der Universität nach eigenen teils historischen Katalogsystemen geordnet.

Die Sammlung der historischen Pilze ist nach Großgruppen sortiert. Sie befinden sich getrocknet in Kapseln. Sie sind mithilfe von Karteikarten (vergebene Nummern von 1 bis zirka 200) archiviert. Sammlungsteile wie die historischen Pilzsammlungen, wurden in den letzten 100 Jahren nicht aktiv bearbeitet. Häufig angefragt wird jedoch die Sammlung der Mykologischen Gesellschaft. Diese lagert separat in Schachteln.²¹

Zahlreiche Privatsammlungen (wie zum Beispiel die beiden Sammlung von Halácsy: Herbarium Graecum und Herbarium Europaeum) lagern in gebundener Form (Faszikel) in Metallschränken. Die Metallschränke befinden sich alle im fünften Stock des Institutsgebäudes. Aufgrund der zahlreichen Dachschrägen konnten hier keine Kompaktoren eingebaut werden. Die Metallschränke sind alle alt und wurden bereits vor dem Umbau im Herbarium genutzt. Angedacht war es, dass sie lediglich als Zwischenlösung zur Aufbewahrung dienen, sind nun aber zu einer Dauerlösung geworden. Die Herbarbelege werden in den Metallschränken

²⁰ Mündliche Mitteilung des Kurators Mag. Dr. Hermann Voglmayr am 06.02.2023

²¹ Mündliche Mitteilung des Kurators Mag. Dr. Hermann Voglmayr am 06.02.2023

faszikuliert aufbewahrt. Diese Lagerung ist sehr platzsparend, jedoch durch die Schnürung (Druck) und Stapelung (Gewicht) der Belege können die Belge dabei schneller beschädigt werden, Pflanzenteile können zerbröseln.²²

Es werden immer wieder neue Belege in das Herbarium der Universität Wien gebracht. Die gesammelten und getrockneten Pflanzen kommen hauptsächlich von MitarbeiterInnen und Studierenden des Instituts, aber auch durch Schenkungen und testamentarischen Vermachungen an das Herbarium. Auf den Schränken lagern diese Belege dann und warten auf ihre Weiterbearbeitung und Einsortierung, um einen vorläufigen Platz für sie in den Räumlichkeiten des Herbariums zu haben. Laut dem Kurator Mag. Dr. Hermann Voglmayr wurde etwa das letzte halbe Jahrhundert großteils noch nicht aufgearbeitet.²³

Sollten jedoch eines Tages alle Belege einen Platz in den Regalen und Schränken des Herbariums finden, müsste vorher das Platzproblem behoben werden²⁴.

Häufig sind historische Belege nur mit dem Taxonamen beschriftet. Mit viel Zeitaufwand könnten theoretisch weitere Informationen recherchiert werden, zum Beispiel mithilfe von Feldtagebüchern oder Exsikkatenwerken²⁵, wo Daten wie die Pflanzenfundorte oder weitere wichtige Informationen notiert sein könnten. Eine weitere Aufgabe des Herbariums ist die Reparatur von beschädigten Belegen. Werden die Belege zur Forschung herangezogen, gehören sie etwa alle Hundert Jahre restauriert. Um sicherzustellen, dass die Pflanzen auf den Belegen nicht von Schädlingen gefressen werden (wie zum Beispiel dem Wollkrautblütenkäfer – auch „Museumskäfer“ - *Anthrenus sp.*) wird das Herbarium einmal jährlich begast²⁶.

Erst seit 2021 werden konsequent alle Herbarbelege, bevor sie entlehnt werden, digitalisiert (sollten sie sich noch nicht in der Datenbank befinden). Früher wurden zur Forschung auch größere Mengen an Herbarbelegen versandt (500 oder mehr). Heute ist das nicht mehr üblich; ist für Forschende die Sichtung eine große Anzahl an Belegen zur Sichtung wichtig, werden diese in das entsprechende Herbarium eingeladen und Vorort begutachtet. (So die Digitalisierung dafür nicht ausreichend ist, wenn zum Beispiel Pflanzenproben aus Belegen für DNA- Extraktion benötigt werden)²⁷.

²² Mündliche Mitteilung des Kurators Mag. Dr. Hermann Voglmayr am 06.02.2023

²³ Mündliche Mitteilung des Kurators Mag. Dr. Hermann Voglmayr am 16.11.2021

²⁴ Möglicherweise ist im nächsten Jahrzehnt ein Neubau für das Herbarium (in Universitätsnähe) geplant.

²⁵ Exsikkatenwerken sind historische durchnummerierte Belegsammlungen, manchmal gebunden als Buchform oder als lose Blätter.

²⁶ Mündliche Mitteilung des Kurators Mag. Dr. Hermann Voglmayr am 16.11.2021

²⁷ Mündliche Mitteilung des Kurators Mag. Dr. Hermann Voglmayr am 16.11.2021

3.3. Die historischen Entwicklungen von WU

Den Grundstein für das Herbarium der Universität legte Leopold Trattinnick als er das erste Pflanzen-Cabinet in Wien 1807 gründete. Durch die Bestrebungen seines Nachfolgers, dem Universitätsprofessor Stephan Ladislaus Endlicher, wurde die botanische Sammlung in das Botanisches Museum am Rennweg verlegt, um besser für die Universität und deren Lehre genutzt werden zu können (vgl. V. M. Fischer et al., 1976).

1842 wurde der Bau eines Botanischen Museums im Botanischen Garten beantragt, um botanischen Sammlungen des k.k.Naturalienkabinetts dort aufbewahren zu können, in welchem auch die botanischen Sammlungen ihren neuen Platz finden sollten.

Das Gebäude wurde 1844 fertiggestellt und ab dann „Altes Museum“ genannt. Bis zu diesem Zeitpunkt befand sich das Herbarium im Wohngebäude des Direktors des Botanischen Gartens und des Obergärtners. Nach der Fertigstellung des Museums wurde das Herbarium und die botanische Bibliothek in das Museum transferiert. Für die botanische Lehre wurde ein Hörsaal integriert, der mit einem Blumengemälde (in Andenken an Nikolaus Joseph von Jacquin 1727-1817) bemalt war.

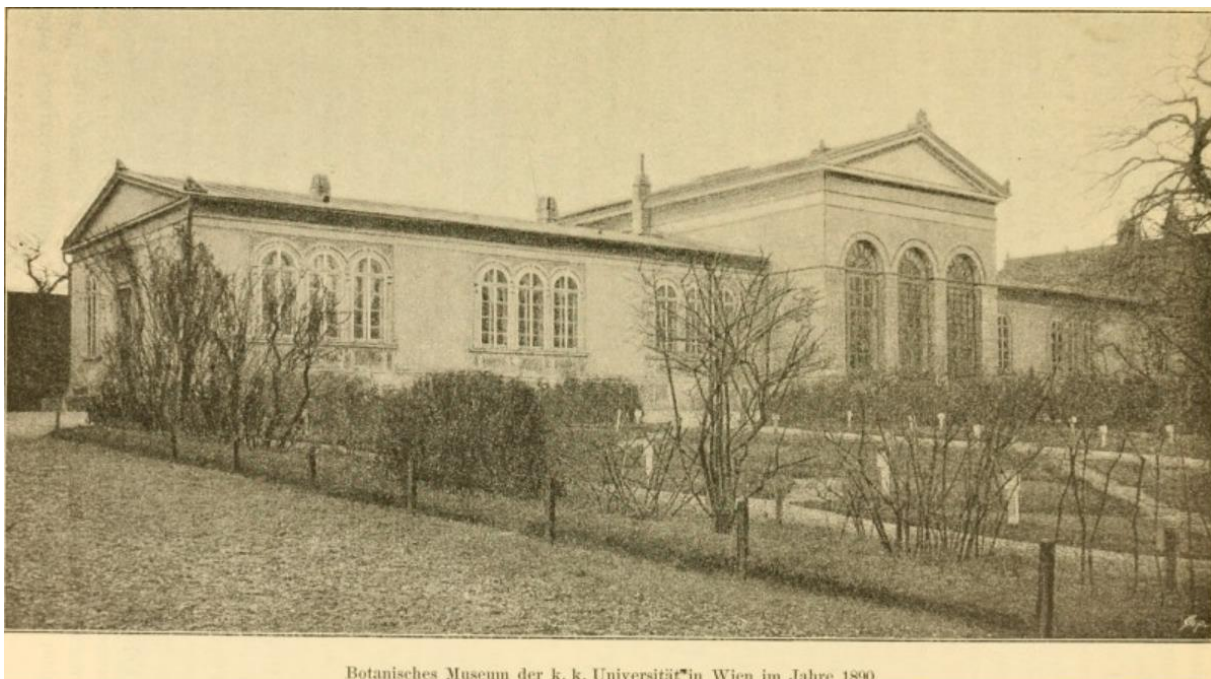


Abb.3 Foto des „Alten Museums“²⁸ (1890).

1878 wurde die Leitung des Botanischen Gartens und des k.k. Botanischen Hofkabinetts voneinander getrennt nachdem Endlicher in den Ruhestand ging und Eduard Fenzl (1808-1879) der neue Leiter wurde. Das Alte Museum behielt einen Teil der Fachbibliothek,

²⁸ Vgl. <https://geschichte.univie.ac.at/de/gebaeuete/botanisches-museum>

Feuchtpräparate sowie karpologische und dendrologische Objekte. Alle Pflanzenbelege wurden jedoch dem Hofkabinett zugeordnet. Deshalb wurden die insgesamt 340.000 Belege ein Jahr später an das k.k. Naturhistorische Hofmuseum am Ring (heute das Naturhistorische Museum) nicht ganz freiwillig übergeben (vgl. Schönbeck-Temesy, 1992). Ab diesem Zeitpunkt stand der Insitutsvorstand (Direktor des Botanischen Museums und des Botanischen Gartens) Anton Kerner von Marilaun (1831-1898) vor der Aufgabe, das Herbar völlig neu aufzubauen. Er verfasste das große Exsikkatenwerk „*Flora Exsiccata Austro-Hungarica*“, wovon hunderte Ausgaben gedruckt wurden. Dieses Werk konnte nur im Tausch gegen Herbarbelege erworben werden und konnte nicht gekauft werden. Durch dieses ausgeklügelte Tauschsystem konnte ein erneut beeindruckendes Herbarium der Universität Wien aufgebaut werden. So wurden allein im Zeitraum von 1879 bis 1889 80.000 Belege gesammelt und archiviert (vgl. Schönbeck-Temesy, 1992). Neben dem Tausch durch die Exsikkatenwerke wurde das Herbarium zusätzlich durch Herbar-Schenkungen und Ankäufe von ganzen Kollektionen erweitert (vgl. Till, 2012). 1891 enthielt das Herbarium der Universität bereits 100.000 Exemplare. Zahlreiche Forschungsreisen und Expeditionen trugen ebenfalls dazu bei, die Sammlungen des Herbars zu vergrößern. Ein Pflanzensammler war Thomas Pichler aus Tirol (1828-1903) der drei Persienreisen unternahm. Frühere Leibärzte, wie J.E. Polak – der den Schah von Persien betreute, leiteten Forschungsreisen in diesen Gegenden und finanzierten diese auch zum Teil. Während des Zweiten Weltkrieges wurde das Herbar zum Schutz in unterschiedliche Gebäude gebracht. So wurde vermutlich ein beachtlicher Teil in einen Keller des benachbarten Gebäudes der Staatsdruckerei verlegt. Höchstwahrscheinlich wurde ein Teil der Sammlungen in der Tierärztlichen Hochschule gelagert und in einem Klostergebäude der Salesianerinnen. Die Holzsammlung des Herbariums wurde in den Keller der Russischen Kirche verlegt. Doch wegen der hohen Luftfeuchtigkeit begann das Holz dort zu schimmeln, weshalb sie gereinigt und wieder zurücktransferiert wurden. Als während des Zweiten Weltkriegs im Jahre 1943 das Herbarium des Botanischen Museums in Berlin zerstört wurde, entschied sich die Universität Wien unter dem damaligen Kurator Fritz Knoll vier Kisten an Herbarbelegen an Berlin zu spenden. Im Februar 1945 wurde das Alte Museum im Botanischen Garten in Wien zum Teil zerstört. Der rechte Flügel des Museums, in welchem das Herbarium aufbewahrt wurde, blieb jedoch unbeschädigt. Obwohl Pläne für den Wiederaufbau des Museums vorlagen, wurde zugunsten einer Erweiterung des Botanischen Gartens darauf verzichtet das Gebäude wieder neu aufzubauen, stattdessen wurde es im Jahre 1951 abgerissen (vgl. Schönbeck-Temesy, 1992). 1974 wurde Eva Schönbeck-Temesy die Kuratorin des Herbariums. Sie war die erste Kuratorin. Vor ihr wurde der Kuratorenposten nicht extra besetzt, sondern vom

Institutspersonal neben den Lehrtätigkeiten mitbetreut. Während ihrer Leitung wurde das Institut umgebaut und renoviert. Das Herbarium litt unter starkem Platzmangel, weshalb drei Kellerräume zusätzlich zu den zwei Herbarsälen im 4. Obergeschoss für die Lagerung vorgesehen waren. In diesen herrschte jedoch eine zu hohe Luftfeuchtigkeit, die geplante Unterbringung darin war daher nicht sinnvoll möglich. Nachdem ein Starkregen 1986 diese Kellerräume überflutete, wurde der Plan – das Herbarium im Keller unterzubringen – aufgegeben. Erst danach wurde dem Herbarium im Obergeschoss und im Dachgeschoss mehr Platz zur Verfügung gestellt und die Räume umgebaut um einen großen Saal zu erhalten. Walter Till arbeitete ab 1987 anfänglich als Hilfskraft im Herbarium. Er unternahm zahlreiche Sammelreisen nach Südamerika. Durch seine Tätigkeiten wurde die *Bromeliaceae*-Sammlung stark erweitert und umfangreich (vgl. Schönbeck-Temesy, 1992). Von 1993 bis Ende 2020 war Walter Till der Kurator des Herbariums.²⁹ Im Jahr 2019 wurden nochmals Bauarbeiten am Rennweg durchgeführt. Es wurde ein winterfester Pavillon, das „Botanicum“ im Botanischen Garten errichtet. Damit wurde ein Bildungszentrum für BesucherInnen errichtet.³⁰

²⁹ Mündliche Mitteilung des Kurators Mag. Dr. Hermann Voglmayr am 06.02.2023

³⁰ Vgl. <https://medienportal.univie.ac.at/uniview/uni-intern/detailansicht/artikel/botanischer-garten-der-uni-wien-bekommt-botanicum/>

3.4. Vorstellung des Herbariums des Naturhistorischen Museum in Wien

Das Herbarium des Naturhistorischen Museums³¹ von Wien wurde 1889 unter dem Namen k.k. Naturhistorisches Hofmuseum gegründet. Heute ist der Leiter der Botanischen Abteilung Mag. Heimo Rainer. Laut Index Herbariorum lagern im Herbarium 5.5 Millionen Belege: (vgl. Thiers B. M (updated continuously)).

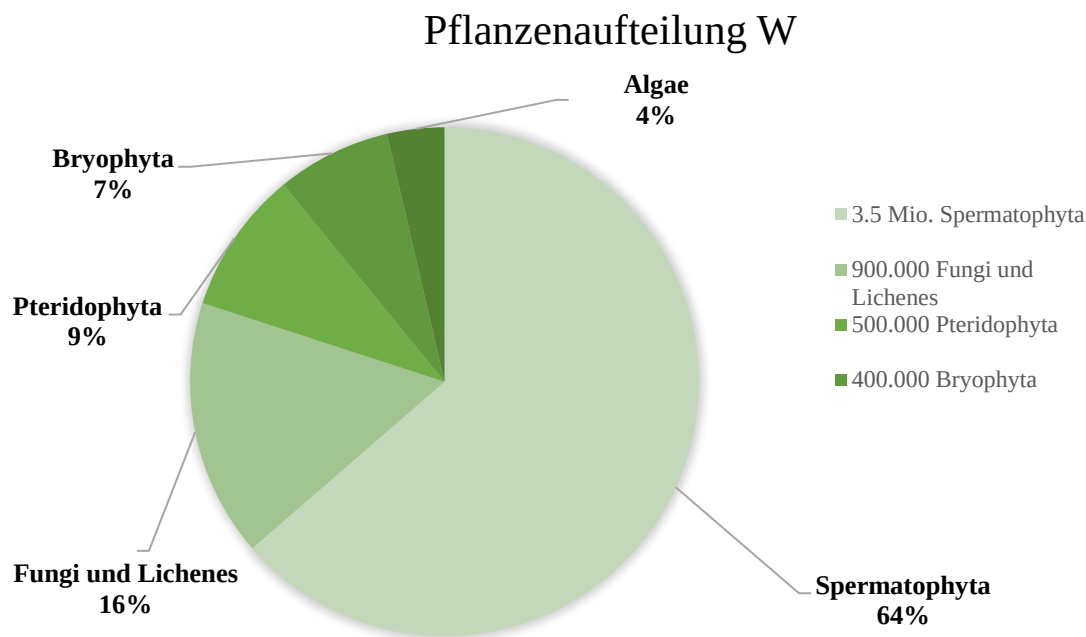


Abb.4 Die Pflanzenaufteilung in der Botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museum von Wien³²

Die Sammlungen des Herbariums sind umfangreich und beherbergen Pflanzen aus aller Welt. Die Schwerpunkte des Europäischen Sammlungsteils liegen hauptsächlich auf den Gebieten der ehemaligen Österreichisch-Ungarischen Monarchie, in Mitteleuropa, im Mittelmeerraum sowie der Türkei und Griechenland.

Die Schwerpunkte der Asia-Sammlungen liegen im Orient, Kaukasus und Iran. In Afrika sind die Sammlungen aus Tunesien, Ost-Zentralafrika sowie aus dem südlichen Kap-Gebieten vorhanden. Weitere Sammlungen gibt es aus Südamerika (vor allem aus Brasilien, Argentinien und Chile) sowie aus Australien und Neuseeland (vgl. <https://www.nhm->

³¹ Internationaler Herbarium Code: W.
Adresse: Naturhistorisches Museum Wien
Burgring 7
1010 Wien

³² Vgl. <https://sweetgum.nybg.org/science/ih/herbarium-details/?irn=125500>

[wien.ac.at/forschung/botanik/sammlungen](https://www.univie.ac.at/forschung/botanik/sammlungen)). Ab 1989 kam es im Museum zu umfangreichen Bauarbeiten. Es wurde ein zusätzliches Dachgeschoss eingebaut, um die Lagerkapazitäten erheblich zu vergrößern. 1993 waren die Umbauarbeiten fertiggestellt (vgl. Bräuchler et al., 2021). 1995 konnten die Sammlungen des Herbars umziehen und wurden nochmals neu sortiert. Es wurden alle Taxa alphabetisch nach dem Rang der Familie geordnet. Dieses gewählte System ermöglicht eine intuitive Suche von bestimmten Belegen. Typusexemplare wurden ab diesem Zeitpunkt in roten Mappen archiviert. Da es für *Pteridophyten* keine stabile Klassifizierung auf der Ebene der Familien gibt, können diese nicht alphabetisch auf Familienebene geordnet werden. Deshalb wurden diese alphabetisch nach Gattungsnamen sortiert. Es wurden teilweise Ordnungssysteme von regionalen Floren (wie der „*Flora Iranica*“, „*Flora Iberica*“ usw.) übernommen. Diese unterschiedlichen Systeme in den Sammlungen des Herbariums führen dazu, dass es kein Einheitliches gibt und die Ordnungssysteme gemischt sind. Aus diesem Grund soll ein taxonomischer Katalog für das Herbarium angefertigt werden, der eine Art Vorstufe für die Digitalisierung der Sammlungen darstellt (vgl. Bräuchler et al., 2021).

3.5. Die historischen Entwicklungen von W

Bereits 1857 wurde der Bau eines Kunsthistorischen und Naturhistorischen Museums in Wien angedacht. Für den Bau eines Naturhistorischen Museums gab es viele planerische Ideen und so wurde über ein Jahrzehnt über den Museumsbau debattiert. Schließlich wurden die baulichen Entwürfe von Karl von Hasenauer angenommen, allerdings noch wesentlich verändert. So sollte laut ihm im Inneren des Museums eine große Halle entstehen, diese wurde allerdings in verschiedene Säle aufgegliedert. Im Jahre 1871 kam es zu den ersten Erdaushebungen – dem Spatenstich. Äußerlich wurde das Hofmuseum zehn Jahre später (1881) und im Inneren 1884 vollendet. Erst am 10. August 1889 fand die feierliche Eröffnung des Hofmuseums durch Kaiser Franz Joseph I. statt. Franz Ritter von Hauer wurde zur Leitung des k.k. Naturhistorischen Hofmuseums ernannt. Unter seiner Führung wurde die Überführung der Sammlungen (auch die botanischen Sammlungen der Universität Wien) und die Neueinrichtung des Museums geleitet. Hauer führte die wissenschaftliche Publikationsmöglichkeit des Museums ein. Er gründete die Zeitschrift „Annalen des k.k. Naturhistorischen Hofmuseums“ die ab 1886 erschien.

Im Jahre 1919 wurde die Zeitschrift in „Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien“ unbenannt und erscheint noch heute (vgl. V. M. Fischer et al., 1976). Nach dem Ende des Ersten

Weltkrieges (1918) und dem Zusammenbruch der Monarchie wurde das Hofmuseum dem Staatsamt für Unterricht (dem späteren Bundesministerium für Unterricht) unterstellt und in das „Naturhistorische Museum“ unbenannt. Die sogenannte Intendanz, wurde 1919 aufgelöst, stattdessen wurde ein Vorsitzender für jeweils zwei Jahre gewählt, um das Museum zu leiten. 1925 wurde dieser Titel in „Erster Direktor“ geändert. Durch das Ende der Monarchie, kam es zu zahlreichen Umstellungen für das Museum. Sammeleinkäufe und Sammlungsreisen mussten eingestellt werden. Wegen der schwierigen finanziellen Lage konnte zwei Winter lang nicht geheizt werden und es musste mit mangelnder Beleuchtung ausgeharrt werden. Im Jahre 1923 wurde der „Verein der Freunde des Naturhistorischen Museums“³³ gegründet. So sollte mehr Geld durch die Vereinsmittel in das Museum fließen, denn mit dem Ende der Monarchie wurden auch staatliche Gelder für das Museum gestrichen (vgl. V. M. Fischer et al., 1976).

Nach dem Anschluss Österreichs an das Deutsch Reich wurden zahlreiche Mitarbeiter des Museums für den Kriegsdienst eingezogen. Bei Kriegsbeginn wurden eine einmalige Meteoritensammlung und die Edelsteinsammlung in Sicherheit gebracht. Bis zum Frühjahr 1942 konnte das Museum wieder öffnen. Erst danach kam es vermehrt zu Luftangriffen in Wien. Im August 1942 begann die Museumsleitung damit, die Bestände in Sicherheit zu bringen. Bis 1944 waren die gesamten Bibliotheken und Teile der Sammlungsbestände in bombensicheren Kellern in Wien und auch außerhalb der Stadt untergebracht. Die Bergungsarbeiten gestalteten sich schwierig, da viele Menschen für den Kriegsdienst eingezogen wurden. So war vom Museumspersonal nur noch ältere und geschwächte Personen vorhanden (vgl. V. M. Fischer et al., 1976).

Als im März 1943 bekannt wurde, dass die Bibliothek und Teile der Sammlungen des botanischen Museums in Berlin durch den Krieg zerstört wurden, wurde die Gefahrenlage für das Naturhistorische Museum in Wien und insbesondere die botanischen Sammlungen (welche sich im obersten Stock befanden) neu eingestuft. Bei einem Fliegerangriff wären diese Sammlungen vollständig verloren gewesen. Deshalb wurde die komplette Räumung

³³ Dieser Verein ist „eine Non Profit Organisation mit dem Ziel, das Museum mit seinen Aktivitäten auf allen Ebenen zu fördern.“ (vgl. <https://freunde.nhm-wien.ac.at/vereinsportrait/item/49-die-freunde>) Es gibt hierbei die Ebenen der Wissenschaft, der Volksbildung und der Schausammlung. Aktive Mitglieder haben freien Zugang in das Museum und können an unterschiedlichen Vorträgen, Exkursionen etc. teilnehmen. Mithilfe der Vereinsmittel werden unter anderem zahlreiche Ankäufe finanziert, wie zum Beispiel der Ankauf von Herbarbelegen aus Spanien (datiert auf das Jahr 1483) im Jahr 2019 (vgl. <https://freunde.nhm-wien.ac.at/aktivitaeten/ankauefe-subventionen/item/161-ankauf-herbabelege-2019>).

beschlossen. So wurden in nur wenigen Monaten, bis zum Sommer die über 12 000 Faszikel³⁴ und die Bibliothek in Sicherheit gebracht (vgl. Petrak, 1948). Das gesamte Herbarium wurde an sechs Standorte in Niederösterreich evakuiert (Gaming, Kirchstetten bei Staatz, Klosterneuburg, Lunz, Oberhöflein bei Retz und Purgstall) (vgl. Bräuchler et al., 2021). Die Sammlungen wurden während der zwei Jahre außerhalb des Museums einige Male besucht und gegen Insektenfraß behandelt. Im Juli 1945 ereilte das Museum die Nachricht, dass die Sammlung die in Ober-Höflein bei Retz in einem Schloss untergebracht worden waren, verbrannt seien. Ein großer Saal mit über 2000 Faszikel war vollständig zerstört worden. Nur wenige Faszikel dieser Sammlung wurden vom Feuer verschont, da diese zufällig in anderen Räumen des Schlosses untergebracht worden waren. Die restlichen Sammlungen die in Klosterneuburg, Ober-Höflein bei Retz, Kirchstetten bei Staatz, Purgstall und Gaming konnten bis zum November 1945 wieder an das Museum rücküberführt werden. Die Bibliothek und das in Lunz aufbewahrte Herbar wurden etwas später, bis ins Frühjahr 1946 nach Wien gebracht (vgl. Petrak, 1948). Das Naturhistorische Museum in Wien selbst blieb von größerem Schaden bewahrt. Es kam lediglich durch Artillerietreffer zu Schäden an Vitrinen. Kleinere Brände konnten durch das Museumspersonal rasch gelöscht werden (vgl. V. M. Fischer et al., 1976). Nach dem Krieg wurde Karl Holdhaus der provisorische Leiter des Museums. Bis zum Jahre 1947 wurden alle Sammlungen, die während des Krieges auswärtig gelagert waren wieder zurückgebracht. Nachdem die Kriegsschäden im Museum beseitigt wurden, wurden einige Verbesserungen am Gebäude vorgenommen: es wurde ein Personen-und Lastenaufzug und eine Begiftungsanlage eingebaut, Gästezimmer für wissenschaftliches Personal errichtet usw. Seit dem 10. Juli 1970 wird das Museum vom Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung verwaltet (vgl. V. M. Fischer et al., 1976).

1989 wurde damit begonnen ein zusätzliches Dachgeschoss für das Museum zu erbauen. Es wurde 1993 fertiggestellt. Erst zwei Jahre später konnte das Herbarium in das neu errichtete Dachgeschoss umziehen. Damit wurde nicht nur die Raumkapazität vergrößert, sondern auch das Herbarium auf zwei Stockwerke aufgeteilt. Während des Umräumens wurde von der Aufbewahrung von Herbarbögen in Faszikel auf das Lagern in Archivboxen umgestellt. Dies führte dazu, dass sich das Gesamtvolumen nochmals vergrößerte. Die Kryptogamen werden getrennt von den Phanerogamen im Dachgeschoss aufbewahrt (vgl. Bräuchler et al., 2021). Die Kryptogamensammlung beinhaltet zirka 1.5 bis 2 Millionen Belege. Dazu zählen Pilze, Algen, Flechten und verschiedenste Moose (vgl. <https://forschungsinfrastruktur.bmbwf.gv.at/>

³⁴ Werden Faszikel im Herbarium verwendet, so versteht man darunter ein Bündel, also ein zusammenhängender Stapel an Belegen. (vgl. <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/faszikel/23812>)

[de/fi/botanik-kryptogamen_4166](https://forschungsinfrastruktur.bmbwf.gv.at/de/fi/botanik-kryptogamen_4166)). Die Phanerogamen-Sammlungen bestehen aus zirka 4 Millionen Belegen von höheren Pflanzen (dh. Farne und Samenpflanzen) (vgl. https://forschungsinfrastruktur.bmbwf.gv.at/de/fi/botanik-phanerogamen_4165).

Nachdem es zahlreiche Stempel, Klebesticker und unterschiedlichste Nummern für die Zuordnung von Belegen gibt, wurde schließlich ein gedruckter QR-Code eingeführt (vgl. Bräuchler et al., 2021). Die Objekte werden mittels eines CETAF-Identifikators³⁵ versehen. Diese sind mit einem Linked Open Data Mechanismus für maschinelles Auslesen gedacht (vgl. Güntsch et al., 2018). Diese gedruckten QR-Codes werden im Herbarium des Naturhistorischen Museum auf allen Objekten angebracht. Die gedruckte Variante, wird im Gegensatz zur gestempelten nicht unleserlich. Sie beinhalten das Akronym „W³⁶“ und eine siebenstellige vorlaufende Kennungsnummer und den QR-Code. Damit können die Datensätze auch online auf JACQ gefunden werden, sollten diese bereits digitalisiert worden sein. Zurzeit werden im Naturhistorischen Museum für die zirka 5.5 Millionen Objekte 3.5 Vollzeitstellen für die Betreuung des Herbariums angestellt³⁷ (vgl. Bräuchler et al., 2021). Zusätzlich gibt es (zu Spitzenzeiten) bis zu 70 Freiwillige (sogenannte Citizen Scientists), die im Museum mithelfen und das Personal bei Arbeitsabläufen unterstützen, wie zum Beispiel das Montieren, Restaurieren und Reparieren von Belegen, Bearbeitung von Datenbanken, Transkribieren von Etiketten³⁸ usw (vgl. Bräuchler et al., 2021).

3.6. Die Datenbank JACQ

JACQ ist ein Datenbanksystem welches für die Verwaltung der Herbarien-Sammlung der Universität Wien und des Naturhistorischen Museum von Wien eingesetzt wird. Mittlerweile haben sich insgesamt 43 weltweit teilnehmenden Herbarien angeschlossen (vgl. <https://www.jacq.org/#home>). Dieses System wird seit dem Jahr 2000 für die Herbarbelegsverwaltung der Wiener Herbarien verwendet. Allerdings wurde laut Bräuchler et

³⁵ Consortium of European Taxonomic Facilities (CETAF) - <https://cetaf.org/>

³⁶ Akronym W steht für das Herbarium des Naturhistorischen Museums von Wien.

³⁷ In einer internationalen Untersuchung wurde von Parnell unter Einbeziehung der finanziellen Werte der Belege, aufgezeigt, wieviel Personal pro Belege in Herbarien nötig wären (vgl. Parnell, 2001). Darin wird erläutert, dass ein Kurator zwischen 75.000 bis zu 100.000 Belegen betreuen sollte. Für das Naturhistorische Museum würde das bedeuten, dass statt 3,5 Vollzeitstellen 73 Vollzeitstellen geben sollte und für das Herbarium der Universität Wien statt einer Vollzeitstelle 17 Vollzeitstellen beschäftigt werden sollten (vgl. Götzl, 2003).

³⁸ Unter dem Transkribieren von Etiketten wird die Übertragung von historischen Etiketten (zum Beispiel in Kurrentschrift verfasst und/oder nur schwer leserlich) in gut leserliche Schrift verstanden.

al., (2021) erst ein kleiner Teil der Sammlungen der Botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museums Wien digitalisiert, ähnlich wie beim Herbarium der Universität Wien. Der digitale Zugriff ermöglicht es, dieses Datenmaterial für Forschung und Lehre überall und jederzeit zur Verfügung zu stellen. Die Einbindung von *Persistent Identifiers* (PIDs) ermöglicht eine präzise Verweisung auf Pflanzenarten über unterschiedliche taxonomische Hierarchien hinweg. PIDs ermöglichen eine eindeutige Kennzeichnung und Identifizierung von digitalen Objekten. Dadurch wird es möglich, eine breite Vielfalt von Pflanzen innerhalb des Sammlungsverwaltungssystem JACQ zu lokalisieren. Selbst historische Herbariensammlungen mit teils nicht mehr gebräuchlichen Synonymen oder Klassifizierungssystemen können dadurch im System erkannt werden (vgl. Rainer et al., 2023). Immer mehr Herbarien verwenden diese Plattform und sammeln ihre Belege gemeinsam in dieser Datenbank. Durch das Portal bekommen NutzerInnen den Zugang zu zahlreichen Fotos und Informationen von Pflanzen (aus Herbarien und/oder Lebendsammlungen). So wird zum Beispiel der gesamte Pflanzenbestand des Botanischen Gartens der Universität Wien über JACQ verwaltet. Namensgebend für die Plattform ist der frühere Botaniker Nikolaus von Jacquin (1727-1817) (vgl. <https://botanischergarten.univie.ac.at/der-garten/pflanzen-von-a-z/datenbank-jacq/>).

3.7. Eingrenzung

Die beiden Wiener Herbarien und die Datenbank JACQ, die in dieser Masterarbeit behandelt werden, haben zahlreiche Gemeinsamkeiten. Die Geschichte der Herbarien ist eng miteinander verwoben. Das „Urherbarium“ der Universität Wien ging im NHMW auf. Das Herbarium der Universität Wien wurde danach neu gegründet und das Herbarium des Naturhistorischen Museum wurde weitergeführt. Heute sind beide Herbarien voneinander unabhängige Sammlungen. Es besteht jedoch offenbar eine enge Zusammenarbeit zwischen beiden Instituten, die im Zuge der Analysen dieser Arbeit ein Teil der Forschungsfragen sind. Beide Institute speisen ihre Datensätze in die Datenbank JACQ und sie haben eine wichtige globale und wissenschaftliche Reichweite. Welche Reichweite wird in der Datenauswertung genauer behandelt. Wie sich im Zuge der Literaturrecherchen herausstellte, existieren nur begrenzt Publikationen über die hier in der Masterarbeit behandelten Herbarien. Über beide Institute gibt es Veröffentlichungen zur jeweiligen Institutsgeschichte bzw. Forschungen rund um beide Herbarien³⁹.

³⁹ Wie zum Beispiel:

Wie Dr. Bräuchler (ehemaliger Leiter der der Botanischen Abteilung des NHMW) selbst schrieb, gab es seit über 40 Jahren keine Publikation über das Herbarium des NHMW. Die neueste ist seine eigene (2021) und die erste in englischer Sprache (vgl. Bräuchler et al., 2021a). Die veröffentlichten Publikationen über die großen Wiener Herbarien befassen sich allesamt mit deren Entstehung und Entwicklung. Es gibt keine Publikationen zu den historischen Metadaten der genannten Institute, hier klafft eine eklatante Forschungslücke und enormes historisches Potential. Wie Vowinckel schreibt „*ist das Weltwissen ein großes Puzzle, jede wissenschaftliche Arbeit ist ein Puzzleteil*“ (vgl. Vowinckel, 2012) und gliedert sich in das historische (wie in diesem Fall auch) höchst moderne Weltgeschehen ein. Dabei existiert nicht nur historisches Metadatenmaterial, das Metadatenmaterial für diese Masterarbeit wird täglich weiter produziert und ist höchst relevant in vielerlei Hinsicht, insbesondere wenn es um den Fortbestand und die Finanzierung der Institute und Forschungsprojekte geht. Je mehr botanisches Material aus Herbarien für Forschungen verwendet wird, umso mehr historisches Quellenmaterial wird von gelagertem, mitunter vergessenem Wissen, in einen neuen Kontext eingebettet.

Es wird zu lebendigem, zirkulierendem Wissen, welches in unterschiedlichsten Forschungsarbeiten für verschiedenste Fragestellungen zur Verfügung stehen und Problemlöser sein kann. Wissenschaftlich höchst relevante Daten sollte nicht nur für Forschende, sondern für jede Person einfach zugänglich sein⁴⁰.

-
- „*Das Naturhistorische Museum in Wien und seine Geschichte*“ (vgl. V. M. Fischer et al.,) aus dem Jahre 1976.
 - „*The Department of Botany at the Natural History Museum Vienna (Herbarium W) – history, status, and a best practice guideline for usage and requests*“ (vgl. Bräuchler et al.) aus dem Jahre 2021.
 - „*Zur Geschichte des Herbars der Wiener Universität*“ (vgl. Schönbeck-Temesy) von 1992 und
 - „*Herbarium der Universität Wien*“ (vgl. Till, 2012).
 - „*Die wundersamen Wege des Zuwachses der Pflanzensammlungen des Wiener Naturhistorischen Museums*“ (vgl. Engelhardt et al.) aus dem Jahre 2020.
 - „*Botaniker-Pflanzenjäger-Intriganten? Die Rolle der Pflanzenkunde bei der Weltumsegelung der Fregatte "Novara" (1857 - 1859)*“ (vgl. Riedl-Dorn) aus dem Jahre 2014.

⁴⁰ Wissenschaft darf nicht in die Hände einzelner Konzerne fallen, wie das zum Beispiel bei Corteva der Fall ist. Der Biotech-Konzern hat global gesehen weit über 1000 Patente auf Neue Gentechnik Pflanzen (NGT) angemeldet (ein Pflanzenbeispiel ist dabei ein herbizid-resistenter Mais). Mit neuen patentgeschützten Technologien werden dabei genetische Eigenschaften von Pflanzen verändert/verbessert. Dies führt zu einer dominierenden Rolle der Saatguthersteller (Biotech-Konzernen) und einer immer stärker werdenden

Hätte es die externe Finanzierung der Andrew W. Mellon Foundation nicht gegeben, wären die Typusbelege der Herbarien von Wien bis zum heutigen Zeitpunkt digitalisiert? Wer könnte die weitere/umfassende Digitalisierung der Herbarien finanzieren? Die AutorInnen von (vgl. Borsch, Stevens, et al., 2020) schreiben „*A complete digitization of German herbaria is possible, sensible and should be started now.*“ Laut Ihnen können ganze Herbarien mit einer Hochdurchsatz- Digitalisierung in kurzer Zeit erfolgreich digitalisiert werden.

Dies sehe ich jedoch kritisch, dafür wäre ein sehr hoher Ressourcenaufwand notwendig. Die Belege müssen nicht nur von Hand aus den Regalen genommen, geöffnet und etikettiert werden um mit hochauflösenden Kameras fotografiert zu werden. Sie müssen evtl. vor der Digitalisierung repariert werden da einige schon Jahrzehnte lagern, danach müssen sie wieder geschlossen und sortiert werden. Es genügt nicht einfach nur Bilder zu machen, dies wäre noch der leichte Teil der Arbeit, alle Informationen des Beleges müssen in die Webmaske eingetragen werden um später auch gefunden werden zu können, auch das ist bei alten Handschriften mitunter eine Herausforderung. Bei 1,4 bis 5,5 Millionen Belegen eine Mammutaufgabe, die nicht in kurzer Zeit möglich ist. Ich stimme jedoch mit den AutorInnen überein dass es jetzt gemacht werden sollte. Die botanischen Daten sind dabei nicht nur wissenschaftlich, sondern auch gesellschaftlich von hohem Stellenwert (vgl. Borsch, Stevens, et al., 2020).

Die durch Bewegung der Herbarbelege entstehenden Metadaten – eigentlich ein Nebenprodukt des Herbarverwaltungssystems – wurden in eine für diese Masterarbeit separat angelegte Datenbank eingespeist. Diese seit Jahrzehnten gesammelten Daten können analysiert und mit Forschungsfragen bespielt werden. Die Entlehnzahlen und Digitalisierungsraten sind gesicherte und verifizierbare Daten. Durch diese kann sichtbar gemacht werden wie wichtig beide Herbarien für das wissenschaftliche Umfeld sind, wie stark sie vernetzt und eingebunden sind. Besonders jedoch, zeigt sich nicht nur der historische, sondern auch der Wert für die Zukunft dieser so wichtigen Sammlungen. Im Zuge der Recherchen für die Forschungsarbeit wurde ein großes nicht bearbeitetes Forschungsfeld entdeckt. Bei den Forschungsdaten die verwendet wurden, handelt es sich bei allen um Primärquellen. So sind nicht nur die verwendeten Forschungsdaten (die Daten der Zirkulationen) nicht untersucht, auch der Blickwinkel von welchem sie betrachtet werden (ausgehend von den zirkulierenden Metadaten) wurde für eine Untersuchung von Herbarbelegen noch nicht angewandt. Mit den hier durchgeführten Untersuchungen werden gleich mehrere Forschungslücken bespielt. Erstens werden mithilfe

der Zirkulation mögliche Netzwerke zwischen Herbarien bzw. Forschungsinstituten gefunden, zweitens werden in einem definierten Zeitraum unterschiedliche Pflanzengemeinschaften analysiert. Welche Pflanzen wurden wann am häufigsten bzw. am seltensten angefragt? Lassen sich diese Geschehnisse mit anderen Ereignissen in Kontext setzen? Drittens wird mit dieser Arbeit auch die Digitalisierung beider Herbarien analysiert. Die Frage wie die Digitalisierung von statten ging und welchen Einfluss das auf beide Herbarien hatte wird ebenfalls analysiert. Mithilfe des hier verwendeten historischen und äußerst wertvollen Forschungsmaterialien kann die Forschungslücke sehr gut bearbeitet werden.

Derartige Forschungslücken zu bearbeiten bedeutet „*Ereignisse, Zusammenhänge, Phänomene zu verstehen, die sich nicht von selbst erschließen*“ (vgl. Vowinckel, 2012).

3.8. Die Unterteilung in die Pflanzengroßgruppen

Für die Untersuchung der Zirkulation der Pflanzenbelege ist es sinnvoll, die Pflanzen in Großgruppen einzuteilen. Gespräche mit den Kuratoren bzw. Leitern der Herbarien legten dies nahe. Durch die Aufspaltung der Pflanzen in Großgruppen kann eruiert werden, welche Gruppen (in welchem Zeitraum) besonders häufig angefragt wurden. Laut ihren Wahrnehmungen haben sich in den letzten Jahrzehnten die Zahlen der Ausleihen verändert.

Großpflanzen werden offenbar nicht mehr so stark angefragt, da (wenn bereits ein Digitalisat existiert) ein Blick auf dieses hochauflösende Bild der Pflanze ausreicht, um morphologische Eigenschaften einer Pflanze zu analysieren. Früher mussten viele Belege angefordert werden, heute kann mit den Bildern eine Vorauswahl getroffen werden. Nur mehr Belege mit den benötigten Merkmalen werden angefordert (z.B. Blüten). Bei Algen und Flechten reicht ein Foto meist nicht aus, da diese häufig physisch mit einem Mikroskop untersucht werden. Pilze sollen in den Herbarien stark nachgefragt sein. In einer Publikation von 2009 wurde geschätzt, dass lediglich 5 Prozent aller Pilzarten weltweit wissenschaftlich beschrieben wurden. Von diesen 5 Prozent können nur 17 Prozent kultiviert werden (ca. 0,85% der Hochrechnung aller Pilzarten) (Brock et al., 2009). Eine konservative Hochrechnung geht von 1.5 Millionen Pilzarten weltweit aus. Es gibt jedoch auch Schätzungen von bis zu 2.2 und 3.8 Millionen Pilzarten.

Bei bisher 120.000 bekannten Pilztaxa wurden im besten Fall rund 8 Prozent beschrieben und im schlechtesten Fall lediglich 3 Prozent. Für die hohe Zahl an unbekannten Pilzen gibt es mehrere Gründe: unerforschte, schwer zugängliche Landschaften und ökologische

Lebensräume, kryptische Arten⁴¹ die mikroskopisch klein sind oder kryptische Arten die mit anderen bereits bekannten Pilzen verwechselt werden.

Hawksworth und Lücking vermuten das eine hohe Zahl der bisher unentdeckten Pilzarten bereits gesammelt wurden. So schreiben die AutorInnen, dass häufig gesammeltes Pilzmaterial (getrocknet oder lebend) unzureichend bestimmt ist. Bei einer Revision würden möglicherweise viele Pilzsammlungen einer anderen taxonomischen Klassifikation zugeordnet werden (vgl. Hawksworth & Lücking, 2017). Besonders hier ist erkennbar wie groß und unerforscht Sammlungen und Informationen dazu aktuell noch sind. Werden im Rahmen dieser Arbeit hohe Zugriffszahlen bei den Pilzen bestätigt?

Folgende Großgruppen wurden deshalb für die Bearbeitung der Daten diese Arbeit gewählt:

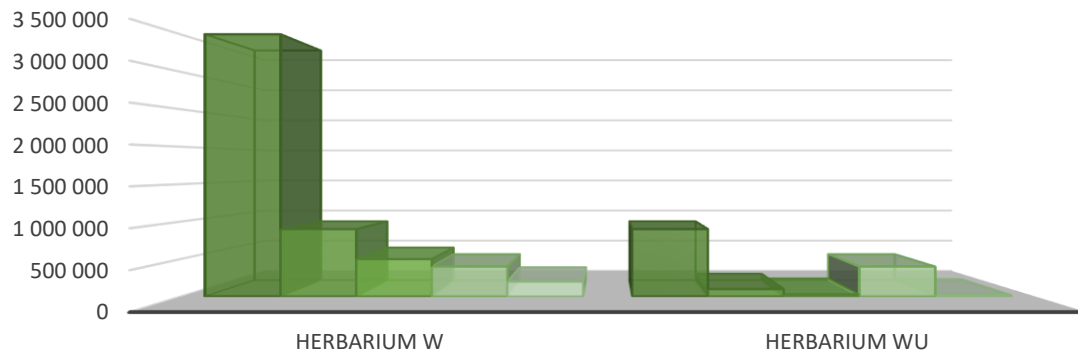
Die Großgruppe der Algen, die Großgruppe der Pilze (inklusive der Flechten) und die Großgruppe der Pflanzen (darunter subsumiert sind alle Gefäßpflanzen und Moose).

Bereits Linné unterteilte die Pflanzen in „offenblütige“ Pflanzen – den Phanerogamen und in die „verborgenblütige“ Pflanzen – den Kryptogamen. Zu den Kryptogamen werden die Pflanzen gezählt, die keine offensichtlich zu erkennenden Fortpflanzungsorgane haben. Dazu gehören Algen, Flechten, Pilze, Moose und Farne. Die Phanerogamen hingegen zeigen deutlich zu erkennende Fortpflanzungsorgane (also Staubgefäße und Stempel) (vgl. Hoffschmidt, 1901). Die Unterteilung der Pflanzen in Phanerogamen und Kryptogamen ist deshalb wichtig, da das Herbarium des NHMW die Unterteilung der Belege in der Archivierung so führt. Es gibt dafür eigene Kuratoren (Phanerogamen: Dr. Bruno Wallnöfer und Kryptogamen: Dr. Tanja Schuster) (vgl. <https://www.nhm-wien.ac.at/museum/mitarbeiterinnen>). Durch die Aufbewahrung der Pflanzen in unterschiedlichen Abteilungen, werden auch die Aufzeichnungen über den Transfer dieser gesondert dokumentiert. Aufgrund der Komplexität des Kryptogamen Verwaltungssystems über viele Ordner hinweg und des damit verbundenen Arbeitsaufwandes konnte für diese Arbeit lediglich die Phanerogamen Sammlung ausgewertet werden. Zur Veranschaulichung der Sammlungsgrößen werden nachfolgend zwei Diagramme⁴² angeführt:

⁴¹ Kryptische Arten sind morphologisch nicht voneinander unterscheidbar (vgl. Boenigk, 2021).

⁴² Quelle zu den Abbildungen 5 und 6: <https://sweetgum.nybg.org/science/ih/herbarium-details/?irn=125500#ih-collections-summary>
<https://sweetgum.nybg.org/science/ih/herbarium-details/?irn=126513#ih-collections-summary>

Großgruppen beider Herbarien im Vergleich



	Herbarium W	Herbarium WU
■ Spermatophyta	3 500 000	900 000
■ Fungi und Lichenes	900 000	100 000
■ Pteridophyta	500 000	30 000
■ Bryophyta	400 000	400 000
■ Algae	200 000	20 000

Abb.5 Die Pflanzengroßgruppen des Herbariums der Universität Wien und der Botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museum von Wien im Vergleich

Phanerogamen und Kryptogamen beider Herbarien im Vergleich

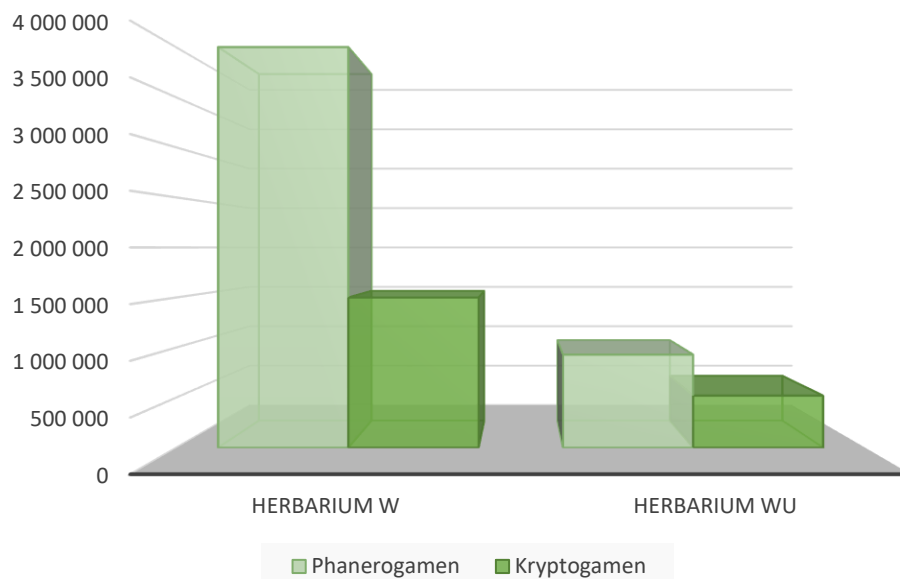


Abb.6 Die Phanerogamensammlung und die Kryptogamensammlung beider Institute (Herbariums der Universität Wien und der Botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museums von Wien) im Vergleich

3.9. Untersuchungszeitraum

Beide Herbarien sammeln bereits seit Jahrhunderten Pflanzenbelege (Herbarium des NHMW: Beginn 1807 und Herbarium der Universität Wien: 1879). Die Herbarien übernahmen bereits bei ihrer Gründung und in darauffolgenden Jahren Privatsammlungen, die noch deutlich älter waren. Vom Herbarium der Universität Wien wurden 340.000 bespannte Bögen 1884 an das NHMW übergeben. Historische Sammlungen sind zum Beispiel jene wie die von Zisterzienserpater Dominik Bilimek (1813-1884) mit 830 Pflanzen (vgl. Schönbeck-Temesy, 1992). Für diese Masterarbeit wurden die historischen Metadaten⁴³ ab dem Jahre 2000 analysiert. Das bedeutet, dass über 22 Jahre des dokumentierten Wissensfluss der Herbarien untersucht wurden. Trotz dieser zeitlichen Einschränkung wuchs die eigens für die Masterarbeit angelegte Datenbank⁴⁴ auf über 60 000 Datenpunkte an.

Die zeitliche Eingrenzung des Untersuchungszeitraumes lässt sich in drei Phasen einteilen:

1. Phase – Jänner 2000 bis Jänner 2004:

Dieser gewählte Untersuchungszeitraum beschäftigt sich mit der Abbildung eines regulären Herbariumbetriebs, noch vor dem Beginn der Digitalisierung der Typusbelege.

2. Phase – Jänner 2004 bis Februar 2015:

Ab dem Jänner 2004 wurde in beiden Herbarien mit der Digitalisierung begonnen.

3. Phase – Februar 2015 bis Dezember 2022:

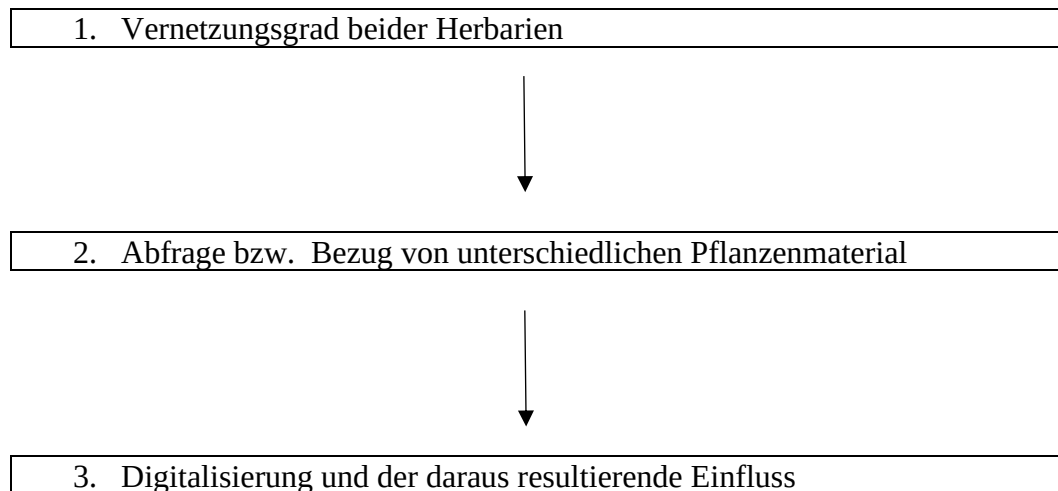
Das ist die Zeitperiode nach dem Typendigitalisierungsprojekt bis zur Gegenwart.

⁴³ Mit Metadaten sind die bereits erwähnten Entlehnungszahlen und die Digitalisierungsrate gemeint.

⁴⁴ Die eigene Datenbank wird im Kapitel 4 erklärt.

3.10. Forschungsfragen

Basierend auf der Methode der Wissenszirkulation analysiert die Masterarbeit die Wegstrecke von Metadaten. Diese als Nebenprodukt aufgezeichnete Daten stehen hierbei im Mittelpunkt und werden von unterschiedlichen Standpunkten aus erforscht.



Im ersten Schritt wird **der (inter)nationale Vernetzungsgrad der beiden Herbarien in Wien** im gesamten genannten Untersuchungszeitraum untersucht. Hierbei wird die Frage aufgeworfen, mit welchen internationalen und nationalen Herbarien beide Institute am häufigsten in Austausch standen. Lässt sich aus den Daten eine besonders intensive Zusammenarbeit herauslesen? Exemplarisch wird in diesem Zusammenhang die chinesische Sammlung (von dem Forschenden Handel-Mazzetti) näher analysiert. Hat seine historisch wertvolle Sammlung noch heute Einfluss auf das Herbarium der Universität Wien? Wie häufig stand das Herbarium der Universität mit asiatischen Instituten in Kontakt? Ein weiterer wesentlicher Punkt an dieser Stelle ist die Vernetzung beider Herbarien miteinander. Wie viel Datenmaterial wird zwischen dem Herbarium der Universität Wien und dem Herbarium des Naturhistorischen Museums von Wien transferiert?

Im nächsten Schritt werden **die Abfrage bzw. der Bezug von unterschiedlichen Pflanzenmaterial** untersucht. Welche Pflanzengroßgruppen wurden am häufigsten in beiden Herbarien angefragt? Sind Veränderungen im Zeitraum 2000 – 2022 feststellbar?

Welche Pflanzengroßgruppen wurden am häufigsten von beiden Herbarien bezogen und wie hat sich das über den untersuchten Zeitraum verändert? Welche Veränderungen sind in den Datenströmen ablesbar? Lassen sich Veränderungen der Digitalisierung (beginnend mit dem Jahr 2004) und der weltweiten Covid-19 Pandemie (beginnend mit dem Jahr 2020) in den Datenströmen der Herbarien wiederfinden?

Im dritten Schritt wird **der Digitalisierungsgrad beider Herbarien und der Einfluss auf die Institute** ermittelt. Wie viele Belege wurden in beiden Herbarien zu welchem Zeitpunkt digitalisiert? Führt die Digitalisierung zu Veränderungen (Rückläufigkeit) in den Entlehnungen? Wann wuchs die Datenbank JACQ wie schnell? Wann wurde das meiste Datenmaterial eingespeist? Wurde nach dem GPI-Projekt (und damit dem Ende der Finanzierung) weniger digitalisiert oder ging es mit der Digitalisierungsrate linear weiter? Sind die Daten von W und WU annähernd gleich oder sind Unterschiede bemerkbar?

4. Quellenpräsentation

Dieses Kapitel umfasst die Vorstellung und die Erklärung der Quellen. Für die Datenauswertung wurden verschiedene Quellen herangezogen, welche nachfolgend vorgestellt werden. Im nächsten Schritt wird die eigens für die Masterarbeit entworfene Datenbank behandelt und ein Überblick über die statistischen Auswertungen der Forschungsdaten gegeben.

4.1. Vorstellung der Quellen

Für die Bearbeitung der Masterarbeit wurden unterschiedlichste Quellen aus den Instituten und aus einer Datenbank herangezogen.

HistorikerInnen wählen Quellen bewusst aus. Die Quelle wird erst zur Quelle, nachdem sie von einem Forschenden untersucht und Gegenstand einer Forschung wird. Die Quelle ist ein „*mediales Bedeutungsangebot*“ (vgl. Tschiggerl et al., 2019). Alle handschriftlichen Quellen⁴⁵, die für diese Arbeit verwendet wurden, liegen seit dem Jahr 1970 vor. Sie wurden in Buchform geführt und handschriftlich und nach Datum sortiert eingetragen. Die handschriftlichen Quellen werden alle im Herbarium der Universität Wien aufbewahrt. Die Bücher wurden häufig in die Hand genommen, um Einträge zu verfassen. Äußerlich ist die häufige Nutzung am Einband der Bücher und auch an den eingetragenen Seiten erkennbar. Wer die Einträge getätigt hat, lässt sich leider nicht eruieren. Es kann jedoch vermutet werden, dass es höchstwahrscheinlich die KuratorInnen waren oder MitarbeiterInnen aus dem Herbarium selbst. Die Quelleneinträge sind standardisiert und wurden zu Dokumentationszwecken des Herbariums schriftlich festgehalten (vgl. Finger et al., 2009). Durch die Digitalisierung verändern sich auch zunehmend die Quellen für HistorikerInnen. Wie auch in dieser Arbeit werden Daten aus einer Online-Plattform zur

⁴⁵ Die handschriftlichen Quellen aus dem Herbarium der Universität Wien. Das sind das Journalbuch und die Herbarentlehnungsbücher.

Quelle (vgl. Föhr, 2018). Digitale Quellen werden für HistorikerInnen immer bedeutender. Für diese Arbeit stehen die Metadaten der digitalen Daten im Vordergrund. Genauer, die Einspielungsdaten auf der Plattform.

Die Quellen aus dem Herbarium der Universität Wien (WU):

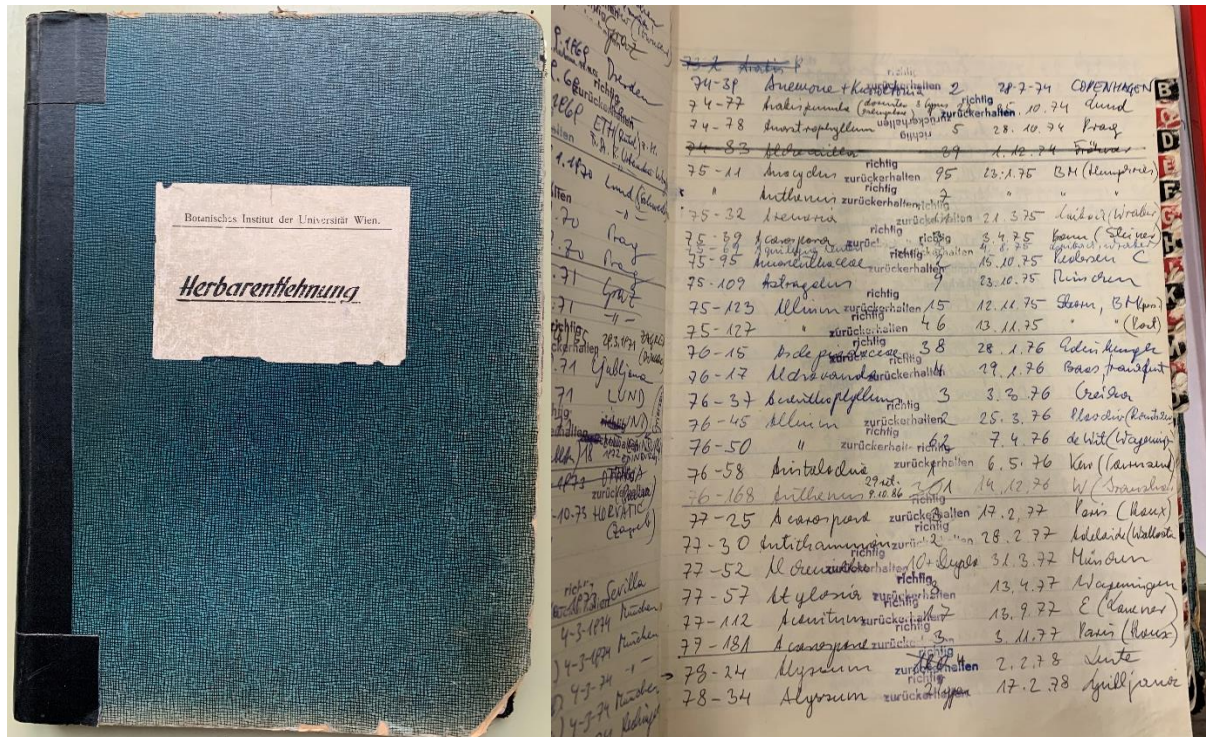


Abb.7 Herbarentlehnungsbuch der Universität Wien (links: Außenansicht, rechts: Innenansicht)

Das Herbarentlehnungsbuch dokumentiert nur die Entlehnungen an andere Institute. Es besteht aus 113 beschriebenen Seiten, welche alphabetisch sortiert sind. So sind zum Beispiel beim Buchstaben „A“ 12 Seiten beschrieben. Diese beginnen mit dem Zeitpunkt vom 17.10.1967 bis zum 16.04.2019. Meine Datenauswertung berücksichtigt jedoch die Zahlen ab 2000. Was in diesem Fall mit dem Eintrag ab 17.01.2000 (auf Seite 10 zu finden) begann.

Die Quellen aus der Datenbank JACQ (Statistics⁴⁶):

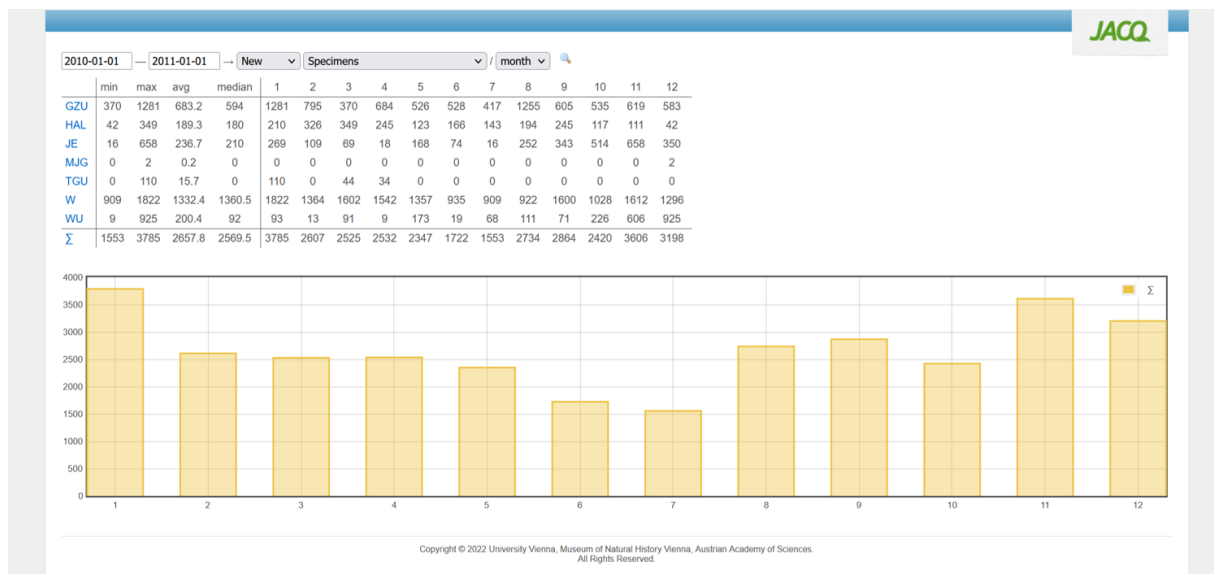


Abb.9 Eine exemplarische Seite von JACQ Statistics⁴⁷

Die digitalisierten Daten werden hier ab dem 01. Jänner 2004 dokumentiert. Ganz links in hellblau werden die Herbarien angeführt, welche ihre Daten hochladen. Die Webmaske erlaubt die Filterung nach unterschiedlichen Parametern, wie zum Beispiel: Datum, Belegexemplare, Typusbelege und der zu untersuchende Zeitraum (täglich, wöchentlich, monatlich, jährlich). Das Herbarium der Universität ist unter dem Akronym „WU“ zu finden, das Herbarium des Naturhistorischen Museum von Wien unter „W“. Zusätzlich gibt es, aus technischen Gründen, einen eigenen Eintrag für die Sammlung der Österreichischen Mykologischen Gesellschaft („WU-MYC“). Diese sind auch Teil des Herbariums der Universität Wien und bezüglich der Metadaten bereits vollständig⁴⁸.

⁴⁶ <https://www.jacq.org/jacqStatistics.php>

⁴⁷ Dies ist zu finden auf der JACQ.org – Interseite.

⁴⁸ Diese Informationen stammen vom Kurator des Herbariums Mag. Dr. Hermann Voglmayr.

Die Quellen aus dem Herbarium des Naturhistorischen Museums Wien:

2003

			TZ	Ti
29	5.5.2003	Jacimurac		
30		Orchardia X 16.6.2004	46	JE
31		Geomina X 2.1.04	35	HA
32		Geomina X 4.10.05	155	HA
33	2.6.	Cortex X 25.4.2004	128	HAL
34		Heterotrichia X 20.4.2004	121	HAL
35	23.6.	Gentiana X 6.8.2003 WNW	1	Galebrowski
36	23.6.	Danilopalmu X 11.06	135	Li
37	14.8.	Polyschgrus X 3.7.08	7	MSB
38		Calceolaria X 1.10.08	17	MSB
39		varia indet aus Chile X 4.8.08	24	MSB
40	18.8.	Fernca X 6.2.02	3	HA
41		Glycyrrhiza X 28.12.07	1	PE
42		Notropalis X 14.12.07	6	PE
43		Elygium X 3.2.07	17	STH
44		Cicerbita X 14.2.07	6	PE
45		Caryophyllaceae X 2.2.07	68	STH
46		Papaveraceae X 5.2.07	51	STH
47		Lachemilla X 29.10.04	2	MSB
48		Hieracium X 05.06.05	3	Li
49		Euphorbia X 2.2.07	34	HA
50	11.9.	Euphorbia X 4.2.04	67	STH
51	12.9.	Symlocus X 2.2.04	35	TUT
52		Hydrocotyle X 11.10.04	55	TUT
53	10.10.	Notropalis X 11.9.07	1	MSB
54		Sitopul.	4	MSB
55	12.11.	Oalis X 2.2.07	17	HA
56	23.12.	Urtica X 8.4.2004	5	STH

Abb.10 Herbarium NHMW: Entlehn-Journal Herbarium von 1971 bis 2017 (exemplarische Seite)

Das Quellenmaterial aus dem Herbarium des NHMW sind vielfältig. Die oben gezeigte Seite aus dem Entlehn-Journal wurde bereits vom NHMW selbst in eine Access-Datenbank eingetragen. Zur Bearbeitung der Fragestellungen wurden die Daten aus Excel-Dokumenten, welche von Dr. Christian Bräuchler und Mag. Astrid Hille zur Verfügung gestellt wurden entnommen. Die Phanerogamen-Abteilung speichert ihre Dokumentation über die Ausleihe und die Entlehnung in Access. Diese wurden für mich in Exceldateien kopiert. Dieses Excel Dokument besteht aus vier Blättern („Ausleihe“, „Ausleihe erledigt“, „Entlehnung“ und „Entlehnung erledigt“). Bei den Ausleihen wurde das „Land“, die „Abkürzung für das Herbarium“, die „Journalnummer“, das „Datum“, die „Fremdenr.“, das „Zurück-Datum“, die „Familie“, die „Gattung“, die „Anzahl“, der „Bearbeiter, ob „Verlängert“ wurde und „Anmerkungen“ festgehalten. Für meine Bearbeitung waren folgende Daten wichtig:

„Indherb“, „Zurück-Datum“, „Familie“ und die „Anzahl“. Selten fehlten Informationen, die dann Großteiles unter den Anmerkungen zu finden waren.

Für die Entlehnungen wurden von NHMW folgende Daten archiviert: „Land“, „Akronym“, „Journalnummer“, „Fremdennr.“, „Entlehndatum“, „Bestelldatum“, „Urgenz“, „Rücksendung“, „Familie“, „Gattung“, „Anzahl“, „Bearbeiter“, „Verlängert“, „Anmerkung“.

Für meine Bearbeitung waren folgende Daten wichtig: „Akronym“, „Entlehndatum“, „Familie“ und „Anzahl“.

An dieser Stelle soll nochmals hervorgehoben werden, dass vom Herbarium des Naturhistorischen Museum von Wien nicht alle Daten vollständig vorliegen. Für die Masterarbeit wurden lediglich die Daten der Phanerogamensammlung verarbeitet.

Der Entlehn- und Ausleihverkehr wurde traditionell getrennt in der jeweiligen Botanischen Abteilung für die Phanerogamen und Kryptogamen verwaltet. Die Phanerogamen wurden handschriftlich in einem Buch bzw. später in einer Access-Datenbank geführt. Die Kryptogamendaten existieren im Museum auch, sind aber sehr schwierig zugänglich. Die Entlehn und Ausleihdaten der Kryptogamen verteilen sich über viele Ordner. Diese sind nicht chronologisch einsortiert. Alleine das Entlehnservice dieser könnte, wie Mag. Heimo Rainer anmerkte, ein eigenes Kapitel in dieser Arbeit füllen. Sie müssten in langwieriger Kleinstarbeit über verschiedene Mappen hinweg gesucht werden, um einzelne zusammenhängende Entlehnvorgänge zu rekonstruieren und zusammenzuführen. Dies würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass eine weiterführende Analyse und Bearbeitung dieser Thematik empfehlenswert ist.

4.2. Die Bearbeitung der Quellen

Aufgrund des Alters der Quellen, und der handschriftlichen Führung dieser (oft schwer leserlich) wurden diese Stück für Stück, in langwieriger Kleinstarbeit, Datenpunkt für Datenpunkt in eine eigens angelegte Microsoft Access Datenbank überführt. Die dafür angelegte Datenbank besteht aus 14 Spalten, über 7500 Zeilen oder 60 000 Datenpunkten. Durch die Transformation und Zusammenführung der unterschiedlichsten Daten in eine Datenbank wurde ein eigenes Quellenmaterial geschaffen.

Diese wurde mithilfe zahlreicher Abfragen (Querys) in unterschiedlichste Teile aufgespalten und machte somit die Beantwortung der einzelnen Forschungsfragen möglich. Danach wurden diese Abfragen mithilfe von Microsoft Excel in Pivot Tabellen weiterverarbeitet und dort visualisiert.

Die Datenbank in Access besteht aus den folgenden Unterpunkten:

- Aus einer fortlaufenden Nummer beginnend bei der Nummer 1.
- Dem Datum der Akquise, der Entlehnung oder der Ausleihe.
- Dem Akronym des Herbariums: also entweder WU oder W
- Der Akquise: Wenn Herbarbelege in den Bestand des Herbariums übergehen, also erworben werden.
- Den Eingang: Ob ein Pflanzenbeleg in das Herbarium WU oder W angefordert wurde und somit in das Institut eingetroffen ist.
- Den Ausgang: Ob ein Pflanzenbeleg in das Herbarium WU oder W von einem anderen Institut angefordert wurde und somit verschickt wurde.
- Ort: Wohin/oder Woher der Pflanzenbeleg eingegangen oder verschickt wurde, eingetragen in die Datenbank entweder als Akronym des Instituts oder die Abkürzung des Landes.
- Anzahl: Wie viele Pflanzenbelege bei der Transaktion verschickt wurden, zum Beispiel „63“.
- Artnamen: Welcher Pflanzengattung oder Pflanzenfamilie, oder selten einfach nur als „Phanerogamen“ angeführt, verschickt wurde.
- Um welche Pflanzengroßgruppe es sich handelte: Algen, Pilze oder Pflanzen.
- Ob eine Pflanze lediglich online verschickt wurde.

4.3. Statistische Erklärungen zur Bearbeitung der Quellen

Bevor statistische Auswertungen von Daten durchgeführt werden, müssen diese erst auf den Analyseprozess vorbereitet werden (vgl. Kuckartz et al., 2013). Eigens dafür wurde eine Access-Datenbank aufgebaut in welche sämtliche Forschungsdaten eingespeist werden konnten. Diese Daten wurden zum besseren Verständnis in Diagrammen visualisiert um dann mithilfe deskriptiver Statistik beschrieben zu werden. Franco Moretti untersucht quantitative Daten mithilfe von Modellen wie Grafiken, Karten und Stammbäumen. Mit diesen Ansätzen analysiert er Daten über Zeit und Raum hinweg, um darin bestimmte Muster oder Auffälligkeiten zu entdecken (vgl. Moretti, 2009). Moretti versteht unter der Darstellung von Tabellen, wie Linien oder Balkendiagrammen, eine Visualisierung von Forschungsmaterial. Bei historischen Forschungen ist meist einer der Diagrammachsen eine Zeitachse (vgl. Tschiggerl et al., 2019). Wie Tschiggerl et al., (2019) schreibt, sind für die Geschichtswissenschaften Metadaten die kontextualisiert dokumentiert wurden von großem Interesse. So können zum Beispiel Metadaten sortiert und beschrieben werden. *„Daten lassen sich in visuellen Modellen abbilden. Das ist immer dann sinnvoll, wenn eine solche*

Visualisierung gegenüber anderen Ausdrucksformen leichter verständlich ist“ (vgl. Tschiggerl et al., 2019). In der deskriptiven Statistik gibt es drei Bearbeitungsmöglichkeiten: erstens die Veranschaulichung der Daten mithilfe von Tabellen, zweitens die grafische Visualisierung und drittens durch die Berechnung von Kennwerten (wie zum Beispiel Mittelwert und Median) (vgl. Kuckartz et al., 2013). Für die Datenvisualisierung in dieser Arbeit wurden vorrangig Histogramme und Kreisdiagramme verwendet, da sich diese besonders für die Zusammenfassung von historischem Datenmaterial eignen und diese für die Analyse vorbereiten.

5. Forschungsdaten

In diesem Kapitel werden die Forschungsergebnisse mittels Grafiken visualisiert. Die Diagramme der Botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museum sind in grün gehalten, die Diagramme des Herbariums der Universität Wien werden in blau dargestellt.

Bezugnehmend auf die drei Forschungsfragen, wird erstens, der internationale Vernetzungsgrad beider Herbarien anhand einiger Grafiken veranschaulicht, um zu klären inwieweit beide Herbarien weltweit vernetzt sind. Es wird die nationale und die internationale Einbettung diskutiert und die Zirkulation anhand unterschiedlicher Erdteile visualisiert. Die Frage, inwieweit beide Herbarien miteinander vernetzt sind, wird ebenfalls grafisch dargestellt. Danach folgt die zweite Forschungsfrage, um den genauen Bezug bzw. die Abfrage von unterschiedlichen Pflanzenmaterial (einschließlich Herbarbögen von Pilzen und Algen) zu analysieren. Drittes werden Grafiken zur Digitalisierung beider Forschungsinstitute dargestellt. In der letzten Forschungsfrage wird gezeigt, ob und wie die Finanzierung Auswirkungen auf das jeweilige Institut hatte. Es wird visualisiert, wie weit der Digitalisierungsgrad beider Herbarien fortgeschritten ist und wie hoch der daraus resultierende Einfluss auf beide Institute war.

Alle Akronyme die in dieser Arbeit genannt werden, beziehen sich auf Auflistungen des Index Herbariorum (vgl. <https://sweetgum.nybg.org/science/ih/>).

5.1. Der (inter)nationale Vernetzungsgrad der beiden Herbarien in Wien

In diesem Abschnitt der Arbeit werden die Diagramme der Botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museum von Wien und des Herbariums der Universität Wien jeweils bei den gleichen Themen, wie den globalen Datentransfer, sowie den Pflanzenausgängen und

Pflanzeneingängen direkt nacheinander behandelt. Bei den folgenden **Abb.11** und **Abb.12** wurden die Transaktionsdaten verarbeitet, wobei eine Transaktion durch einen Austausch von einer unbestimmten Anzahl an Herbarbelegen zwischen zwei Orten definiert ist. Eine Transaktion kann aus unterschiedlich vielen Herbarbelegen bestehen. Die Anzahl der Belege spielt für die Analyse der folgenden zwei Grafiken jedoch keine Rolle. Bei der Untersuchung der nationalen bzw. internationalen Vernetzung zeigen die Zahlen der Transaktion die globale Einbettung beider Institute.

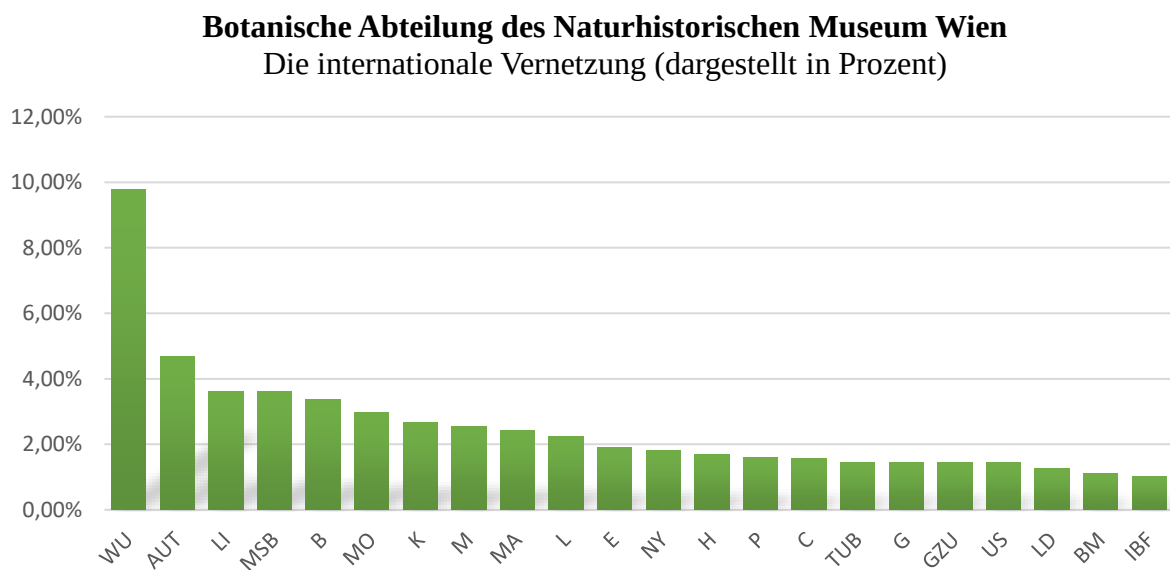


Abb.11 Botanische Abteilung des Naturhistorischen Museum Wien - Die internationale Vernetzung

In **Abb.11** wird die internationale Vernetzung der Botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museum von Wien von 2000 bis 2022 in Prozent dargestellt.

Die Grafik veranschaulicht mit welchen Instituten und Ländern die Botanische Abteilung am häufigsten im Austausch stand. Insgesamt wurden 257 unterschiedliche Ortsangaben in der Datenbank registriert. Zur besseren Übersicht wurden nur die Orte über 1 Prozent Anteil der Gesamtinteraktion dargestellt. Die dargestellten Standorte betragen bis zu 9,77 Prozent vom Gesamtergebnis. Die 22 in der Grafik gezeigten Parameter entsprechen 55,61 Prozent der Gesamtbewegungsdaten der Phanerogamen Sammlung. Die restlichen 235 Orte verteilen sich insgesamt auf die übrigen 44,39 Prozent. Die Länderakronyme der Grafik befinden sich im Anhang der Arbeit¹.

Die Auswertung der Daten, die mittels **Abb. 11** dargestellt sind, zeigen eine starke Verflechtung mit dem Herbarium der Universität Wien (WU) und übrigen Instituten aus Österreich (AUT sowie LI), sowie zwei Instituten aus Deutschland (MSB und B).

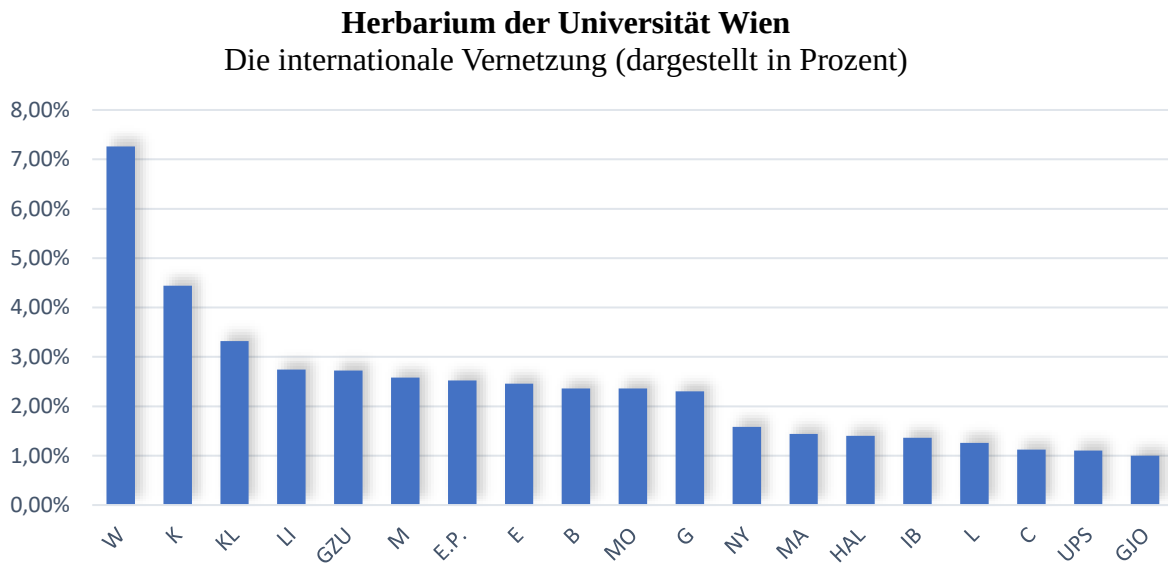


Abb.12 Herbarium der Universität Wien - Die internationale Vernetzung

In **Abb.12** wird die internationale Vernetzung des Herbariums der Universität Wien von 2000 bis 2022 in Prozent dargestellt. Die Grafik veranschaulicht mit welchen Instituten bzw. Ländern die Botanische Abteilung am häufigsten im Austausch stand. Insgesamt wurden 549 Orte in meiner Datenbank registriert. Zur besseren Übersicht wurden nur Orte über 1 Prozent Anteil der Gesamtinteraktion dargestellt. Die dargestellten Standorte betragen bis zu 7,26 Prozent vom Gesamtergebnis. Die 19 in der Grafik gezeigten Parameter entsprechen 45,34 Prozent vom Gesamtergebnis der bewegten Pflanzenbelege. Die restlichen 530 Orte verteilen sich auf die übrigen 54,66 Prozent der Gesamtbewegungsdaten. Die Länderakronyme befinden sich im Anhang dieser Arbeitⁱⁱ.

An dieser Stelle ist erkennbar, dass WU⁴⁹ mit W am häufigsten interagierte, nämlich mit 7,26% des Gesamtergebnisses. An zweiter Stelle steht K (Royal Botanic Gardens – in England) mit 4,44%. Die nachfolgenden drei Positionen im Balkendiagramm, mit welchen WU am häufigsten im Austausch stand, sind ebenfalls österreichische Institute: KL (=Landesmuseum für Kärnten in Österreich) mit 3,32%, LI (Oberösterreichische Landeskultur GmbH in Linz) mit 2,74% und GZU (Karl-Franzens-Universität in Graz) mit 2,72%.

Für die nachfolgende Grafik (**Abb.13**) wurde neben den Transaktionszahlen auch die Belegszahlen in einem Kombinationsdiagramm visualisiert um den Datenstrom umfassender abbilden und analysieren zu können.

⁴⁹ WU (= Herbarium der Universität Wien) und W (Herbarium des Naturhistorischen Museum Wien) wurden zur besseren Lesbarkeit abgekürzt.

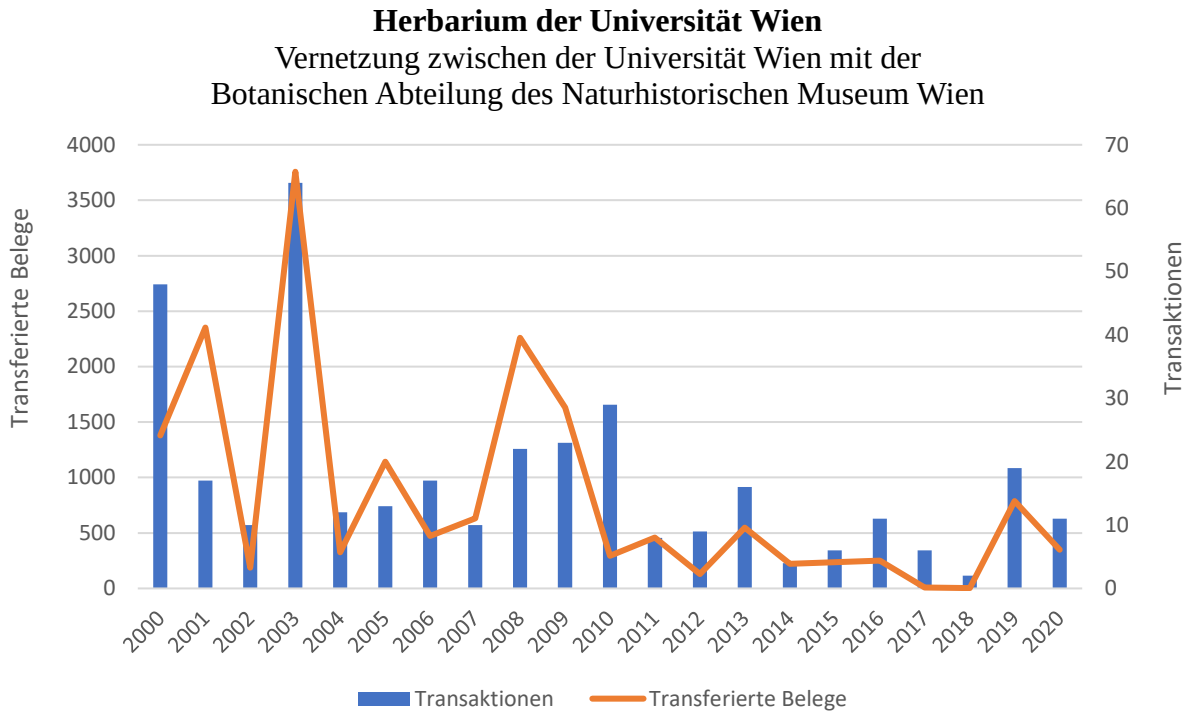


Abb.13 Herbarium der Universität Wien - Vernetzung zwischen der Universität Wien mit der Botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museum Wien

In **Abb.13** wird die Vernetzung des Herbariums der Universität Wien (WU) mit der Botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museum Wien (W) von 2000 bis 2020 dargestellt. Als Datenquelle wurde das Journalbuch von WU verwendet, da dieses alle transferierten Pflanzen umfasst.

Aus den visualisierten Daten der **Abb.11** und **Abb.12** geht hervor, dass das jeweils andere Herbarium bei den Untersuchungen des gesamten Ausleihverkehrs an erster Stelle steht. Die meisten Anfragen und Ausleihen vom Herbarium der Universität Wien (mit 7,26%) gingen an die Botanische Abteilung des Naturhistorisches Museum von Wien, und umgekehrt gingen 9,77 % des Datenmaterials von der Botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museum zum Herbarium der Universität Wien.

Mithilfe dieses Diagrammes nähere ich mich der Forschungsfrage wie stark beide Institute miteinander vernetzt sind. **Abb.13** zeigt im Detail, dass die stärksten Transaktionsinteraktionen (Entlehnungen und Ausleihen) der Herbarien in den Jahren 2000 (48) und 2003 (64) stattfanden. Den geringsten Datentransfer gab es in den Jahren 2014 (4) und 2018 (2). Mithilfe der Transferierten Belege veranschaulicht **Abb.13** den gesamten Datenstrom der einzelnen Pflanzenbelege. Es zeigt, dass im Jahr 2003 nicht nur die meisten Transaktionen stattfanden, sondern mit 3757 versandten Belegen, der Höhepunkt der Zirkulation von Herbarbelegen war.

5.1.1. Nationale und internationale Bewegungsmuster

Im folgenden Kapitel wird auf die Gesamtheit der in der Datenbank registrierten Ortsangaben eingegangen. Diese werden in drei Diagrammen (**Abb.14-Abb.16**) visualisiert um die nationale und internationale, sowie die kontinentale Vernetzung herauszuarbeiten. Es werden alle Orte die mit dem Naturhistorischen Museum und der Universität von Wien in den 22 untersuchten Jahren in Verbindung standen berücksichtigt. Da es sich um Vernetzung, Zirkulation und im weiteren Sinne Kommunikation handelt, werden bei der Analyse dieses Unterkapitels die Transaktionsdatenströme analysiert um den globalen Austausch zu visualisieren.

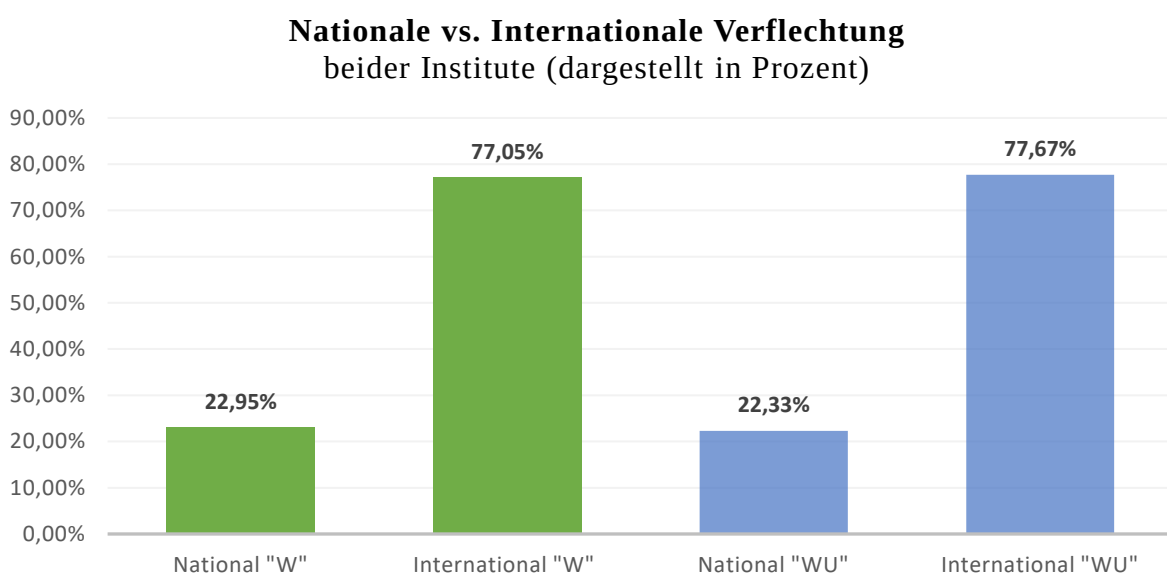


Abb.14 Nationale und internationale Verflechtung beider Institute (dargestellt in Prozent)

In **Abb.14** werden jeweils die nationale und die internationale Vernetzung von W und WU von 2000 bis 2022 in Prozent dargestellt.

Der linke Grafikteil (grün) zeigt die prozentuale Verteilung des Herbarbelegverkehrs der Botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museum von Wien aller 257 Orte national sowie international (Phanerogamendaten). National wurden 12 Orte in Österreich in der Datenbank dokumentiert. Darunterfallen: WU, AUT, LI, WNLM, GJO, SZU, IB, IBF, KL, SZB, GZU und WUPⁱⁱⁱ, auf diese entfallen 22,95% der Gesamtdaten. Die restlichen 77,05% der Ausleihen bzw. Entlehnungen gingen bzw. kamen aus internationalen Herbarien.

Abb.14 veranschaulicht, dass zwischen der Botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museum von Wien und zahlreichen internationalen Institutionen ein globales Netzwerk besteht. Das Herbarium verleiht bzw. empfängt beinahe drei Viertel seines gesamten Datenverkehrs von einer internationalen Gemeinschaft. Aber auch auf nationaler Ebene, ist das Herbarium des

Naturhistorischen Museum von Wien mit über 12 Institutionen sehr stark vernetzt. Der rechte Grafikteil (blau) zeigt die prozentuale Verteilung des Herbarbelegverkehrs des Herbariums der Universität Wien, mit allen 549 registrierten Orten, national sowie international (vollständige Transaktionsdaten). National wurden 15 Orte in Österreich in der Datenbank dokumentiert. Darunter fallen: BREG, WFBVA, GJO, WHB, SZU, NBSI, IB, IBF, W, KL, SZB, GZU, WUP, Person und LI^{iv}. Auf diese entfallen 22,33% der Gesamtdaten. Die restlichen 77,67% der Ausleihen bzw. Entlehnungen gingen bzw. kamen aus internationalen Herbarien. Mithilfe von **Abb. 14** ist ersichtlich, dass das Herbarium der Universität Wien ein ähnliches Vernetzungsbild wie das Herbarium des Naturhistorischen Museum aufweist.

Im Folgenden werden die weltweiten Verflechtungen des Naturhistorischen Museum und der Universität Wien anhand der Aufspaltung in die unterschiedlichen Erdteile⁵⁰: Nordamerika, Südamerika, Europa, Afrika, Asien und Australien dargestellt. Die genaue prozentuale Aufteilung errechnete sich aus dem gesamten Transaktionsverkehr (dargestellt in Prozent).

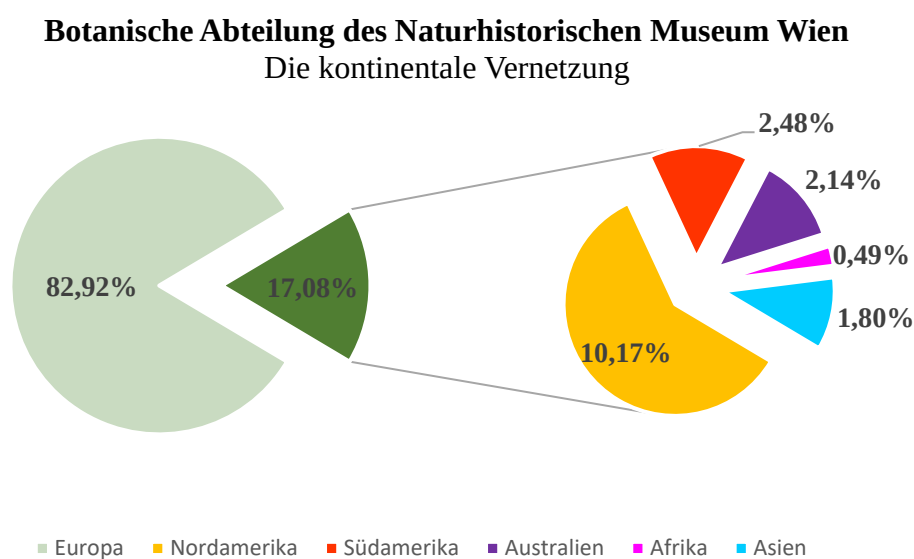


Abb.15 Botanische Abteilung des Naturhistorischen Museum Wien - Die kontinentale Vernetzung

Abb.15 zeigt die kontinentale Vernetzung der Botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museum von Wien von 2000 bis 2022, dargestellt in Prozent. Die Grafik zeigt, dass mit 82,92%

⁵⁰ Da Länder wie Russland oder die Türkei geografisch beiden Kontinenten (Europa und Asien) zugerechnet werden, wurde die jeweilige prozentuale Verteilung der Länder zur Hälfte zu Europa gerechnet und zur anderen Hälfte zu Asien.

der größte Anteil der Entlehnungen und Ausleihen innerhalb Europas stattfand. Die restlichen 17,08% verteilen sich auf die restlichen Kontinente. Mit 10,17% liegt Nordamerika an zweiter Stelle der internationalen kontinentalen Vernetzung mit dem Naturhistorischen Museum. Die restlichen 6,91% verteilen sich auf Südamerika (2,48%), Australien (2,14%), Afrika (0,49%) und Asien (1,80%).

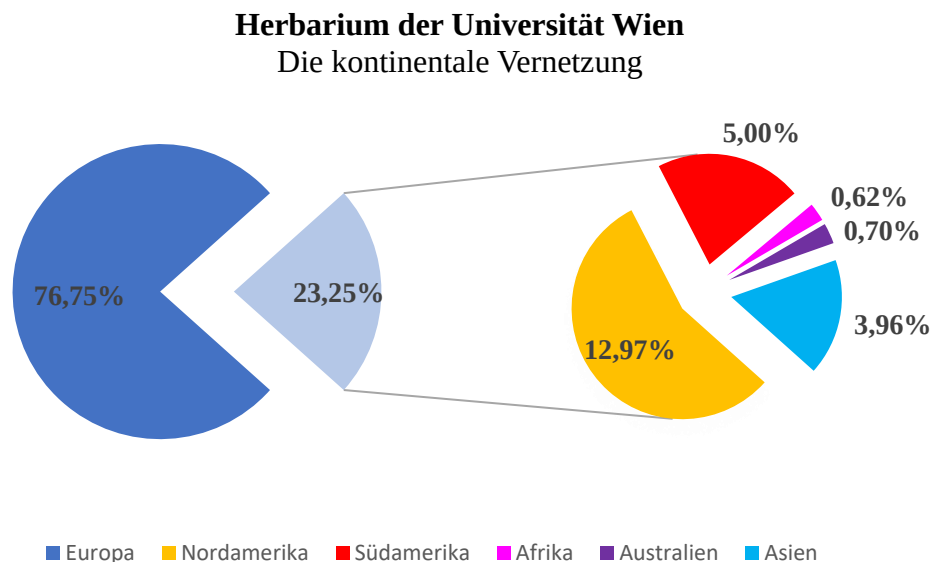


Abb.16 Herbarium der Universität Wien - Die kontinentale Vernetzung

Abb.16 zeigt die kontinentale Vernetzung der Universität Wien von 2000 bis 2022, dargestellt in Prozent. Die Grafik veranschaulicht, dass mit 76,75% der größte Anteil der Entlehnungen und Ausleihen innerhalb Europas stattfand. Die übrigen 23,25% verteilen sich auf die Kontinente: Nordamerika (12,97%), Südamerika (5,00%), Afrika (0,62%), Australien (0,70%) und Asien (mit 3,96%).

5.2. Die genaue Abfrage bzw. der Bezug von Pflanzenmaterial

In diesem Kapitel werden die Teildatenströme der Pflanzengroßgruppen, geteilt in Eingänge und Ausgänge visualisiert. Die Daten der Botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museum und des Herbariums der Universität Wien werden aufeinanderfolgend aufgearbeitet und visualisiert. Danach werden die Daten des Herbariums der Universität Wien (Pilz- und Algenabfragen) dargestellt. Letztere konnten nicht mit der Botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museum von Wien verglichen werden. Für die nachfolgenden Grafiken (**Abb.17-Abb.23**), wurden neben den Transaktionszahlen auch die Belegzahlen in

Kombinationsdiagrammen visualisiert um den Datenstrom umfassender abbilden und analysieren zu können.

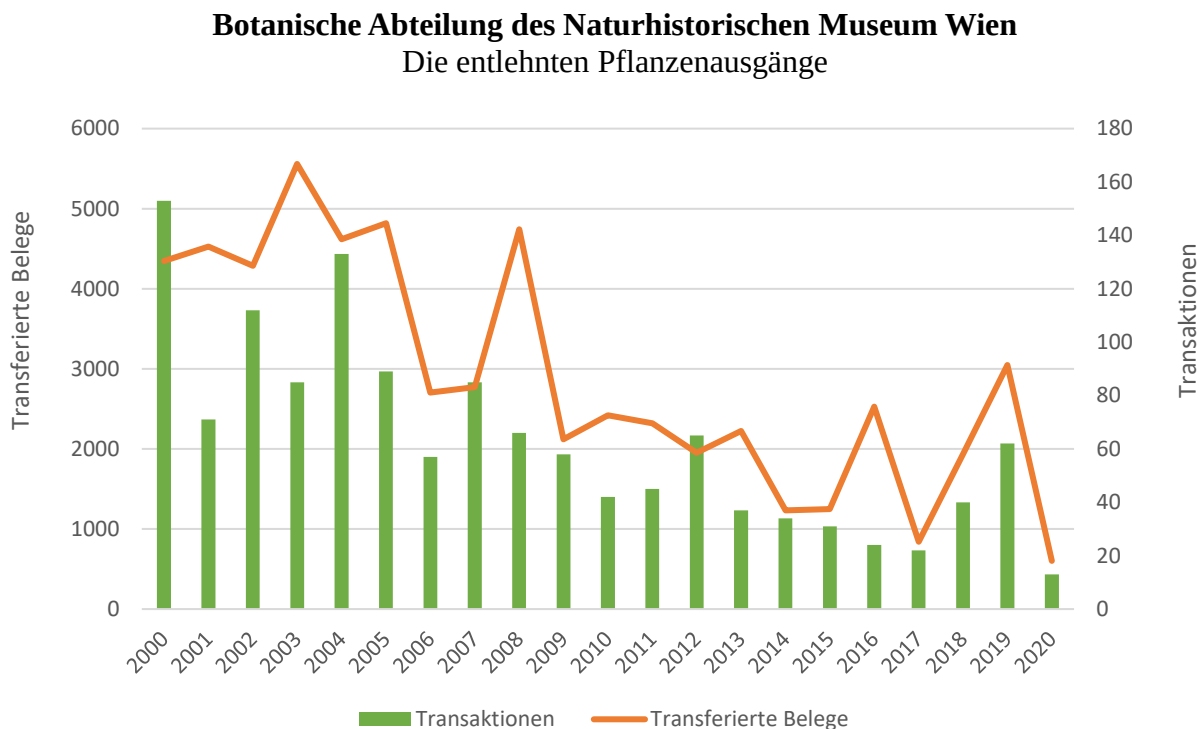


Abb.17 Botanische Abteilung des Naturhistorischen Museum Wien - Die entlehnten Pflanzenausgänge

Abb.17 zeigt die dokumentierten Ausgänge der Phanerogamen-Sammlung des Naturhistorischen Museums Wien von 2000 bis 2020.

In den zwanzig untersuchten Jahren gab es insgesamt 1324 verzeichnete Transaktionen. Diese waren im Jahr 2000 (153 Entlehnungen) und im Jahr 2004 (133 Entlehnungen) am höchsten. Danach schwankten die Zahlen der Entlehnungen, gingen jedoch bis auf Ausnahmen in den Jahren 2007 (85), 2012 (65) und 2019 (62) kontinuierlich zurück. Werden hingegen die verschickten Pflanzenbelege analysiert, zeigt sich ein etwas anderes Bild. Hier gab es 2003 die höchste Zahl der entlehnten Pflanzenbelege (5559) gefolgt von den Jahren 2005 (4819) und 2008 (4742). **Abb.17** zeigt, dass im Jahr 2008 mit durchschnittlich 71,85 Bögen die meisten Pflanzenbelege pro Transaktion versandt wurden. Im Jahr 2020 verließen durchschnittlich 46,37 Bögen pro Transaktion die Botanische Abteilung des Naturhistorischen Museum.

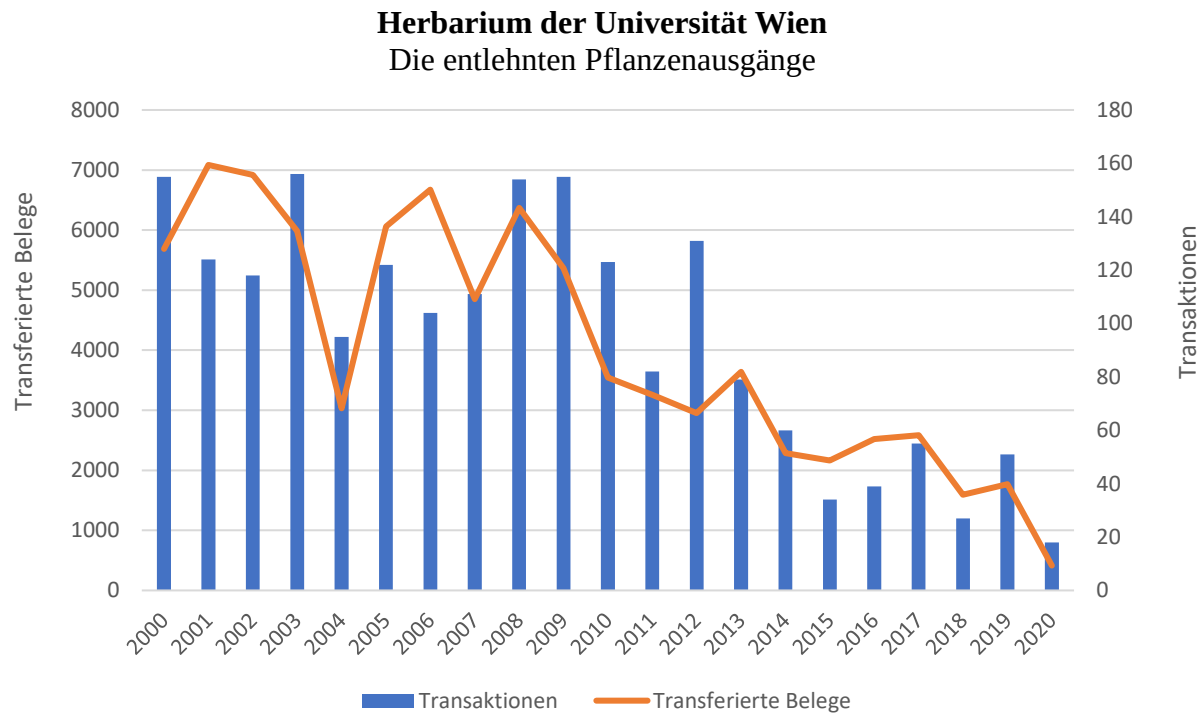


Abb.18 Herbarium der Universität Wien - Die entlehnten Pflanzenausgänge

Abb.18 zeigt die dokumentierten Ausgänge der Pflanzenentlehnungen des Herbariums der Universität Wien 2000 bis 2020.

In den untersuchten 20 Jahren gab es insgesamt 1993 Transaktionen. Wovon die meisten in den Jahren 2000/2009 (jeweils 155), 2003 (156) und 2008 (154) stattfanden. Die geringsten Transaktionsausgänge wurden in den letzten Jahren der Aufzeichnungen dokumentiert: 2015 (34), 2018 (27) und 2020 (18). Erkennbar ist, dass die Transaktionen der Pflanzen ab 2014 kontinuierlich abnahmen. Bei der Analyse der einzelnen Pflanzenbögen zeigt sich ein ähnliches Bild. So wurden im Jahr 2001 (7085) die meisten Herbarbögen versandt. Die wenigsten Belege wurden im letzten untersuchten Jahr 2020 (414) entlehnt. **Abb.18** veranschaulicht, dass im Jahr 2002 die meisten Pflanzenbelege pro Transaktion mit durchschnittlich 58,64 Bögen entlehnt wurden. Im Jahr 2020 wurden durchschnittlich 23 Bögen pro Transaktion vom Herbarium der Universität Wien versandt.

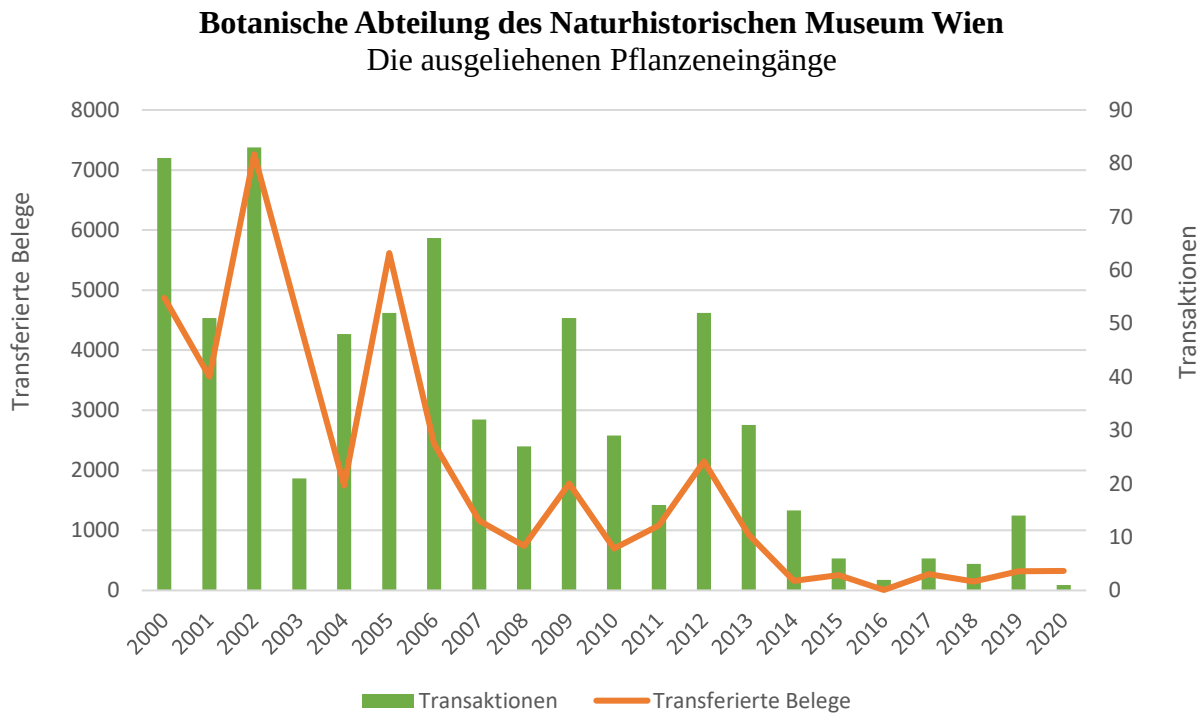


Abb.19 Botanische Abteilung des Naturhistorischen Museum Wien - Die ausgeliehenen Pflanzeneingänge

Abb.19 zeigt die dokumentierten Eingänge der Phanerogamen-Sammlung des Naturhistorischen Museums von Wien von 2000 bis 2020.

In den zwanzig Jahren wurden insgesamt 689 Transaktionen verzeichnet. Die meisten Pflanzentransaktionseingänge wurden in den Jahren 2000 (81), 2002 (83) und 2006 (66) verzeichnet. Die geringsten Transaktionen wurden in den Jahren 2016 (2) und 2020 (1) festgehalten. 2002 wurde die höchste Anzahl an Pflanzenbögen (7262) empfangen und 2016 (8) am wenigsten.

Abb. 19 zeigt, dass im Jahr 2005 die meisten Pflanzenbelege pro Transaktion mit durchschnittlich 108,06 Bögen ins Museum eingingen. Im letzten analysierten Jahr 2020 gab es hingegen nur eine Transaktion mit 327 Bögen. Bei diesem Eingang handelte es sich um 327 *Amaranthaceae*⁵¹ Belege, die aus dem Institut IBF (Tiroler Landesmuseum) am 21.09.2020 eingingen.

⁵¹ *Amaranthaceae* = Fuchsschwanzgewächse (vgl. Stützel, 2021)

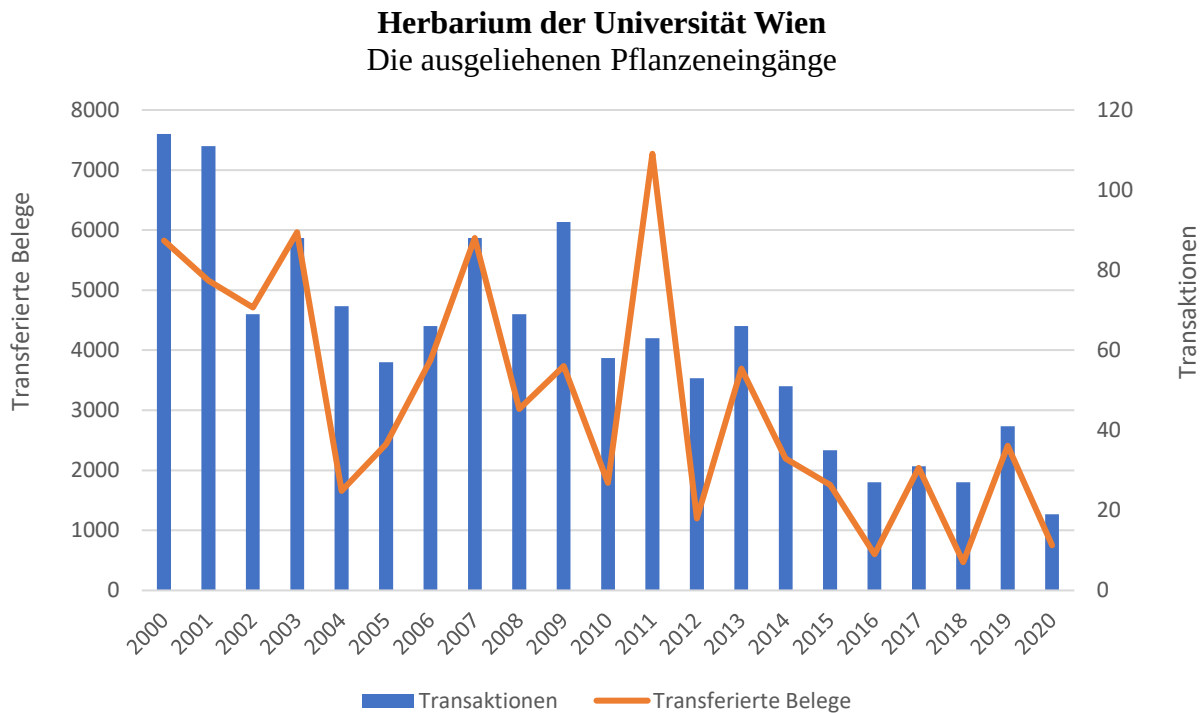


Abb.20 Herbarium der Universität Wien - Die ausgeliehenen Pflanzeneingänge

Abb. 20 zeigt die dokumentierten Pflanzeneingänge des Herbariums der Universität Wien von 2000 bis 2020.

In den untersuchten 20 Jahren gab es insgesamt 1296 Transaktionen. Die meisten Transaktionen gab es in den Jahren 2000 (114), 2001 (111) und 2009 (92). Die wenigsten Transaktionen gab es in den Jahren 2020 (19), 2016 und 2018 (jeweils 27). Werden die transferierten Belege analysiert, zeigt sich, dass im Jahr 2011 (7271) die meisten Belege eingingen, gefolgt von den Jahren 2007 (5867) und 2003 (5862). Die wenigsten Belege wurden in den Jahren 2018 (470), 2016 (602) und 2020 (753) dokumentiert. **Abb. 20** visualisiert, dass im Jahr 2011 die meisten Pflanzenbelege pro Transaktion mit durchschnittlich 115,41 Bögen das Herbarium erreichten. Im letzten dokumentierten Jahr 2020 wurden pro Transaktion durchschnittlich 39,63 Bögen angefordert.

In diesem Abschnitt erfolgt eine Analyse der Zirkulation der Herbarbögen des Herbariums der Universität Wien:

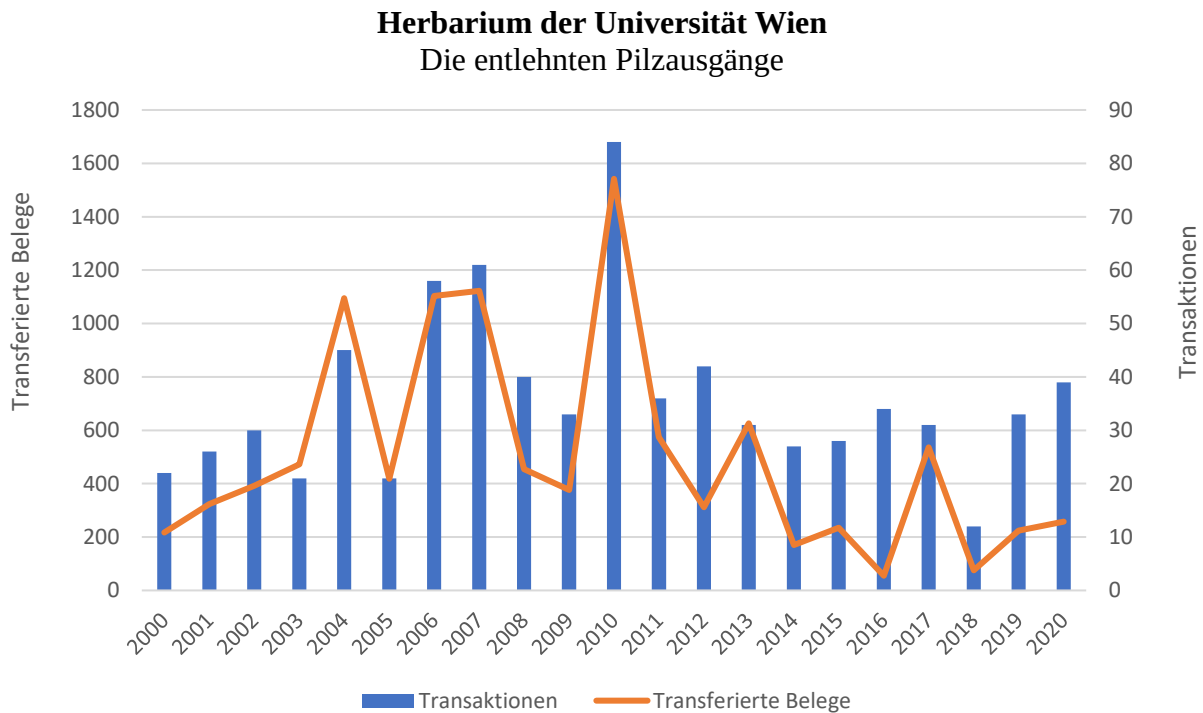


Abb.21 Herbarium der Universität Wien - Die entlehnten Pilzausgänge

Abb.21 zeigt die dokumentierten Ausgänge der Pilzentlehnungen des Herbariums der Universität Wien 2000 bis 2020.

Wie die Grafik zeigt, wurden insgesamt 754 Transaktionsausgänge registriert. Die Pilzausgänge weisen ein anderes Ausleihmuster auf als die Pflanzenanfragen. Während im Jahr 2000 sehr viele Pflanzenbögen (siehe Abb.18) angefragt wurden, waren die Pilzbelege (22 Transaktionen, gesamt 217 Belege) noch nicht stark gefragt. Die Anfragen an Pilzbelegen nahmen jedoch zu, bis sie 2010 (84 Transaktionen, gesamt 1542 Belege) ihren vorläufigen Höhepunkt fanden. Danach gingen die Entlehnzahlen zurück, sie pendelten sich auf einem konstanten Niveau ein und stiegen im Gegensatz zu den Pflanzenbelegen zuletzt wieder leicht an, das zeigen die Transaktionszahlen aus den Jahren 2019 (33) und 2020 (39).

Abb.21 zeigt, dass im Jahr 2004 die meisten Pilzbelege pro Transaktion mit durchschnittlich 24,33 vom Herbarium versandt wurden.

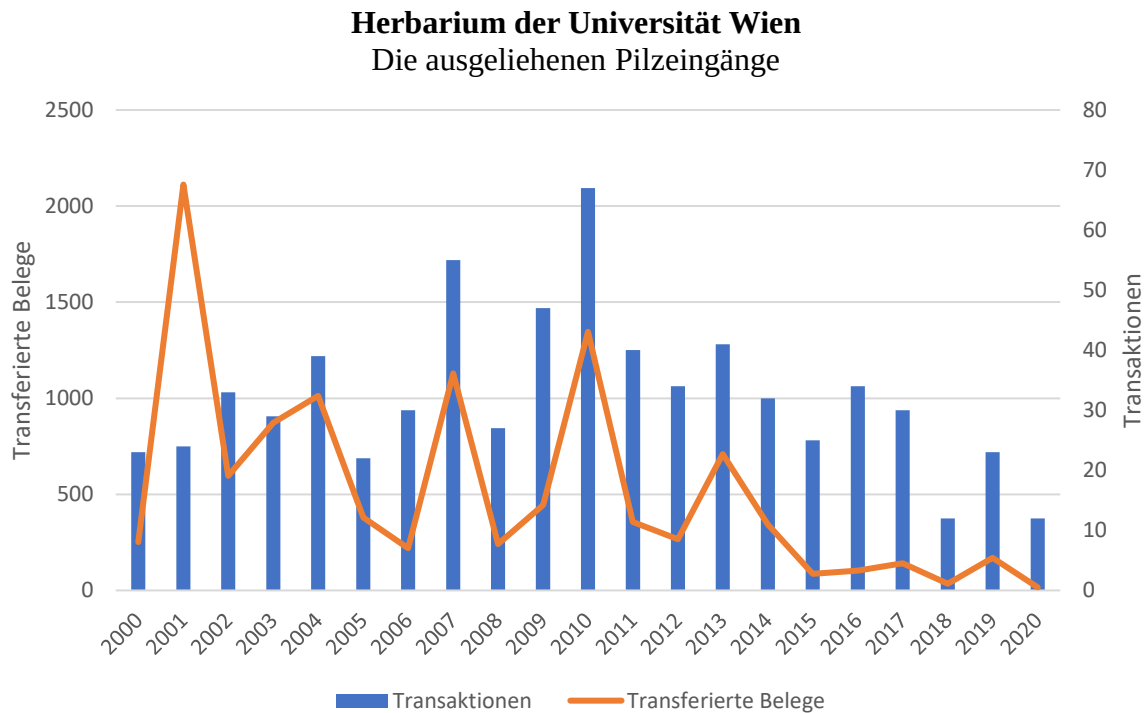


Abb.22 Herbarium der Universität Wien - Die ausgeliehenen Pilzeingänge

Abb.22 zeigt die dokumentierten Pilzeingänge des Herbariums der Universität Wien von 2000 bis 2020. Im untersuchten Zeitraum gab es insgesamt 679 Transaktionen. Während im Jahr 2000 sehr viele Pflanzenbögen (siehe Abb.20) ausgeliehen wurden, waren die Pilzebelege in diesem Jahr nicht so stark gefragt. Bei der Analyse der Transaktionszahlen zeigt sich, dass diese bis 2010 (67) anstiegen und danach wieder leicht rückläufig waren. Die geringsten Transaktionen gab es in den Jahren 2018 und 2020 (jeweils 12). Bei der Analyse der Anzahl der transferierten Belege zeigt sich ein verändertes Muster. Die Transaktionen waren (ähnlich wie in Abb.21) im Jahr 2010 am höchsten, doch die Zahlen der transferierten Belege sanken in den 20 analysierten Jahren kontinuierlich. So wurden 2001 die meisten Pilze (2112) angefordert, hingegen im Jahr 2020 die wenigsten (16). **Abb.22** zeigt, dass im Jahr 2001 die meisten Pilzbelege pro Transaktion mit durchschnittlich 88 Bögen im Herbarium eingingen.

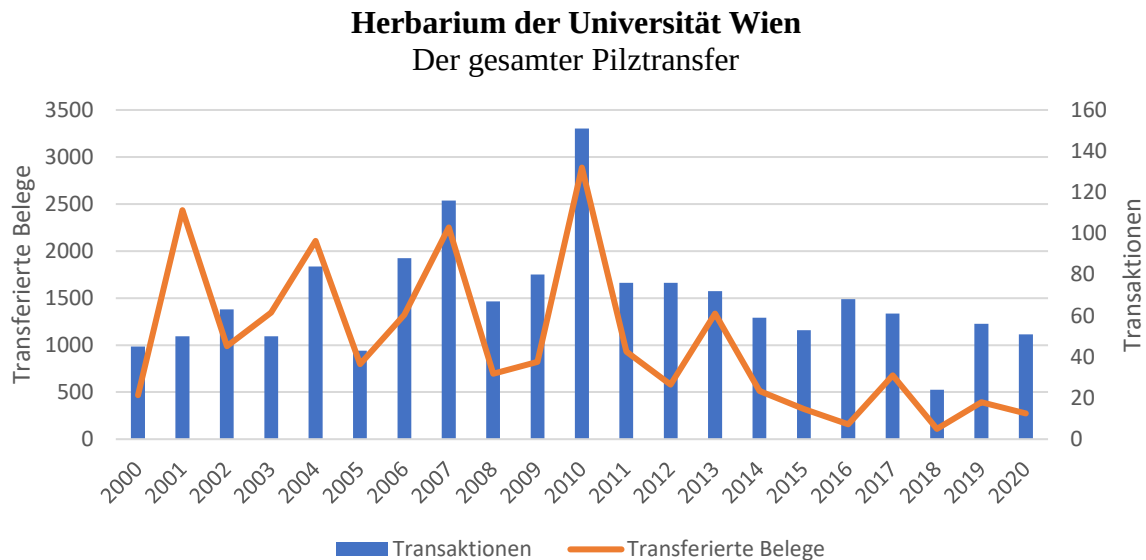


Abb.23 Herbarium der Universität Wien - der gesamte Pilztransfer

Abb.23 zeigt den gesamten Pilztransfer des Herbariums der Universität Wien von 2000 bis 2020. Die Daten aus **Abb. 21** und **Abb. 22** zeigen ein unterschiedliches Muster. Um sich der Forschungsfrage bezüglich der Veränderung der Wissenszirkulation nähern zu können, wurden diese deshalb in einer Grafik vereint um ein Gesamtbild aller Transfers und Herbarbelege zu erhalten.

In den Aufzeichnungen finden sich keine entlehnten Algenausgänge wieder. Jedoch wurden einige wenige Algeneingänge verzeichnet, wie in folgender Grafik gezeigt wird:

Herbarium der Universität Wien Die ausgeliehenen Algeneingänge

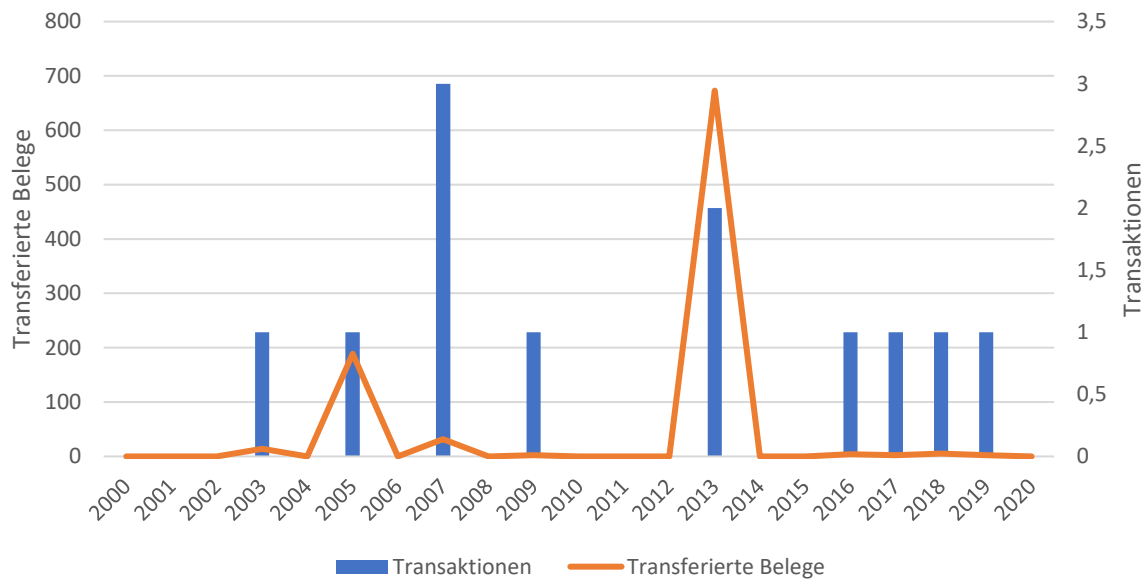


Abb.24 Herbarium der Universität Wien - Die ausgeliehenen Algeneingänge

Abb.24 zeigt die dokumentierten Algeneingänge des Herbariums der Universität Wien von 2000 bis 2020. Insgesamt wurden 12 Algentransaktionen im untersuchten Zeitraum registriert. Die meisten Transaktionen gab es im Jahr 2007 (3). Auffallend ist, dass bei der Anzahl der Herbarbelege im Jahr 2013 die meisten Belege ausgetauscht wurden. So gingen zum Beispiel am 26.09.2013 634 *Cyanobacteria* vom Institut OLD⁵² ein. Am 07.07.2005 gab es einen weiteren hohen Belegeingang von der koreanischen Universität SNU⁵³ (insgesamt 189 *Ulva*es).

5.2.1. Analyse einzelner Pflanzengruppen des Naturhistorischen Museum Wien

Dieser Abschnitt der Arbeit konzentriert sich auf die Analyse von Teildatenströmen beider Institute. Nachfolgend werden die Pflanzenfamilien/arten visuell dargestellt, die am häufigsten angefordert oder versandt wurden. Anschließend erfolgt eine weitere Analyse des Bewegungsmuster der am häufigsten vorkommenden Pflanzenfamilien (für W: Analyse der Rubiaceae und Compositae und für WU: Hieracium und Ranunculaceae).

Für die Analysen wurden die Zahlen der transferierten Belege verwendet.

⁵² OLD = Universität Oldenburg (vgl. <https://sweetgum.nybg.org/science/ih/herbarium-details/?irn=126507>)

⁵³ SNU = Seoul National University, Republic of Korea (vgl. <https://sweetgum.nybg.org/science/ih/herbarium-list/?NamOrganisationAcronym=SNU%20>)

Botanische Abteilung des Naturhistorischen Museum Wien
 Datenzirkulation der 10 häufigsten Pflanzenfamilien/arten

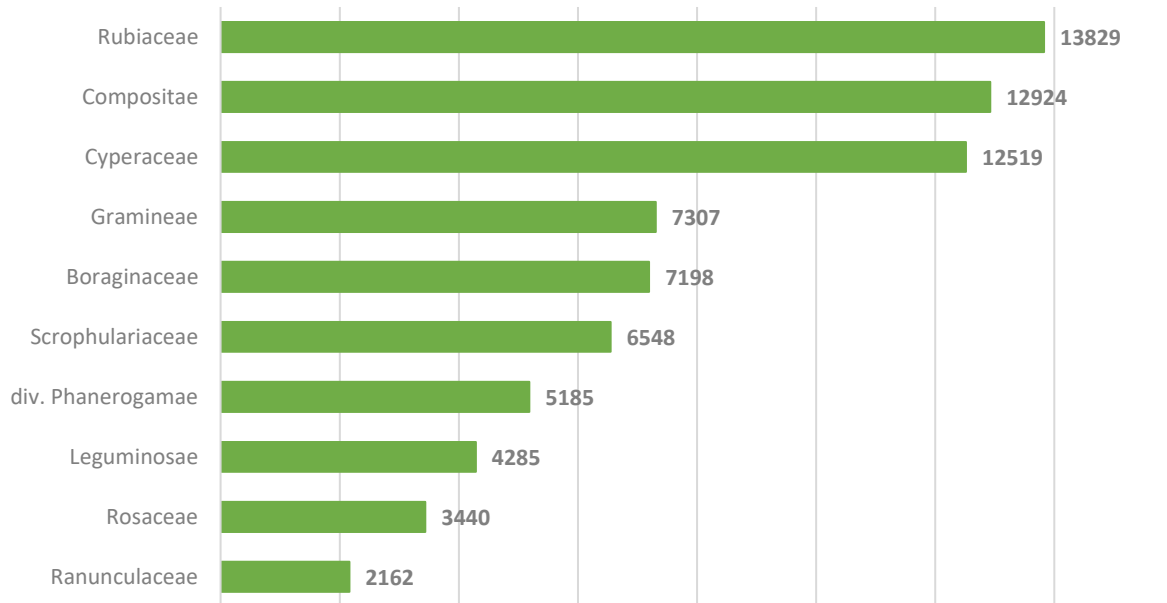


Abb.25 Botanische Abteilung des Naturhistorischen Museum Wien - Datenzirkulation der 10 häufigsten Pflanzenfamilien/arten

Abb.25 zeigt die dokumentierten Eingänge und Ausgänge der zehn häufigsten Pflanzenfamilien der Botanischen Abteilung der Phanerogamen-Sammlung des Naturhistorischen Museums von Wien von 2000 bis 2020.

Wie ersichtlich, wurden am häufigsten Pflanzenarten aus der Familie der Rubiaceae (Rötegewächse, Labkrautgewächse) verschickt bzw. empfangen, gefolgt von Compositae (auch als Asteraceae bezeichnet, Korbblütengewächse) Cyperaceae (Ried- oder Sauergräser), Gramineae (= auch als Poaceae bezeichnet, Süßgräser), Boraginaceae (Raubblattgewächse, Boretschgewächse), Scrophulariaceae (Braunwurzgewächse), diverse Phanerogamen (die nicht näher in den Quellen genannt wurden), Leguminosae (auch als Fabaceae bezeichnet, Schmetterlingsblütengewächse), Rosaceae (Rosengewächse) und Ranunculaceae (Hahnenfußgewächse) (vgl. Stützel, 2021).

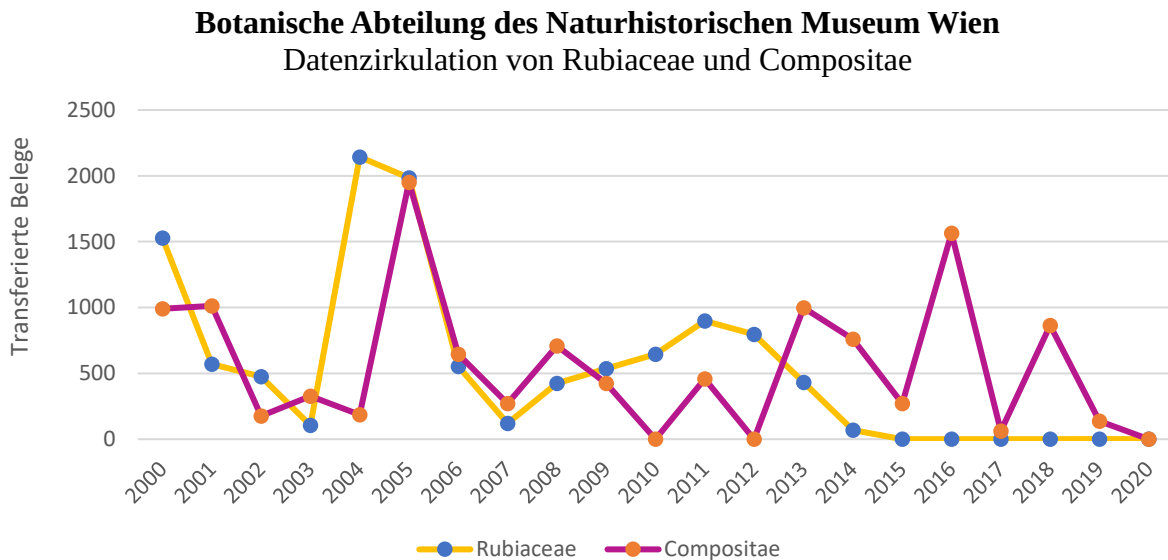


Abb.26 Botanische Abteilung des Naturhistorischen Museum Wien - Datenzirkulation von Rubiaceae und Compositae

Abb.26 zeigt die dokumentierten Eingänge und Ausgänge der Pflanzenfamilie der Rubiaceae und Compositae der Botanischen Abteilung der Phanerogamen-Sammlung des Naturhistorischen Museums von Wien von 2000 bis 2020.

Die Rubiaceae gehören zur Familie der Rötengewächse bzw. Labkrautgewächse. Weltweit sind 13150 Arten dieser Pflanzenfamilie bekannt, wovon 4 Gattungen mit 39 Arten heimisch sind. Ein prominenter Vertreter der Rubiaceae ist die Kaffeepflanze (*Coffea arabica*). In unseren Breiten wachsen Rötengewächse nur zu Kräutern und Stauden, in den Tropen und Südtropen werden diese hingegen zu Sträuchern aber auch Bäumen (vgl. Stützel, 2021). **Abb.26** zeigt, dass in den ersten Untersuchungsjahren eine große Anzahl an Rubiaceae- Belegen zirkulierte. Den Höhepunkt gab es in den Jahren 2004 (2143 Bögen) und 2005 (1986 Bögen). Auffallend ist, dass danach die Nachfrage für diese Pflanzenfamilie sank und ab dem Jahr 2014 (69 Belegzahlen) verebbte, nur im Jahr 2019 gab es noch eine weitere Zirkulation von 2 Herbarbögen.

Compositae (oder Asteraceae) gehören zur Ordnung der Asterales. Es sind Korbblütler wovon es zirka 1600 Gattungen weltweit gibt. Davon sind etwa 73 Gattungen mit 491 Arten bei uns heimisch (vgl. Stützel, 2021). Im Gegensatz zu den Rubiaceae wurden die Compositae auch in den letzten Jahren der Untersuchungen nachgefragt. Die höchste Datenzirkulation gab es im Jahr 2005 (1951 Bögen), gefolgt vom Jahr 2016 (1564 Bögen). In manchen Jahren gab es keine Zirkulation bei der Pflanzenfamilie der Compositae, wie beispielsweise in den Jahren 2010, 2012 und 2020.

5.2.2. Analyse einzelner Pflanzengruppen des Herbariums der Universität Wien

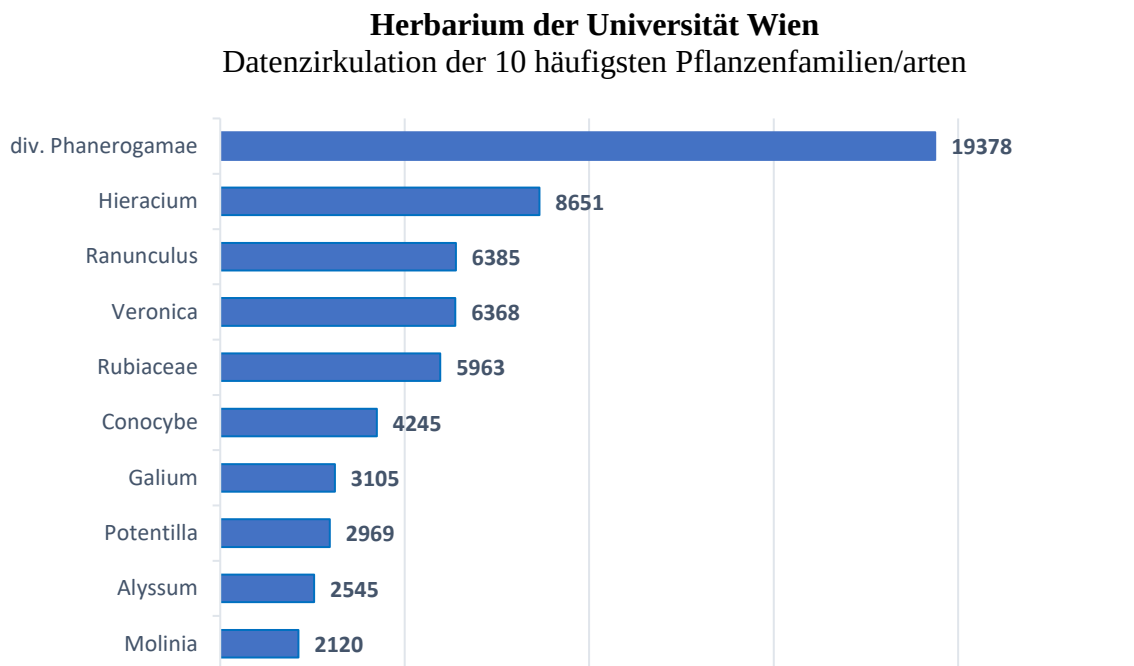


Abb.27 Herbarium der Universität Wien - Datenzirkulation der 10 häufigsten Pflanzenfamilien/arten

Abb.27 zeigt die dokumentierten Eingänge und Ausgänge der zehn häufigsten Pflanzenfamilien/arten des Herbariums der Universität Wien von 2000 bis 2020.

Wie ersichtlich, wurden am häufigsten div. Phanerogamen (diese wurden in den Quellen nicht näher definiert) verschickt bzw. empfangen, gefolgt von *Hieracium* (gehörend zur Familie der Asteraceae – den Korbblütler), *Ranunculus* (gehörend zur Familie der Ranunculaceae, der Hahnenfußgewächse), *Veronica* (gehörend zu den Scrophulariaceae – den Braunwurzgewächsen), *Rubiaceae* (Rötegewächse), *Conocybe* (gehörend zur Familie der Bolbitiaceae⁵⁴- den Mistpilzartigen Pilzen⁵⁵), *Galium* (gehörend zu den Rubiaceae – den Rötegewächse), *Potentilla* (gehörend zur Familie der Rosaceae⁵⁶- den Rosengewächsen), *Alyssum* (gehörend zu den Brassicaceae – den Kreuzblütengewächsen) und *Molinia* (gehörend zu den Poaceae⁵⁷ - den Süßgräsern⁵⁸) (vgl. Stützel, 2021).

⁵⁴ Vgl. <https://www.jacq.org/detail.php?ID=11797>

⁵⁵ Vgl. <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/bolbitiaceae/9952>

⁵⁶ Vgl. <https://www.jacq.org/detail.php?ID=827915>

⁵⁷ Vgl. <https://www.jacq.org/detail.php?ID=1217839>

⁵⁸ Vgl. <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/poaceae/9205>

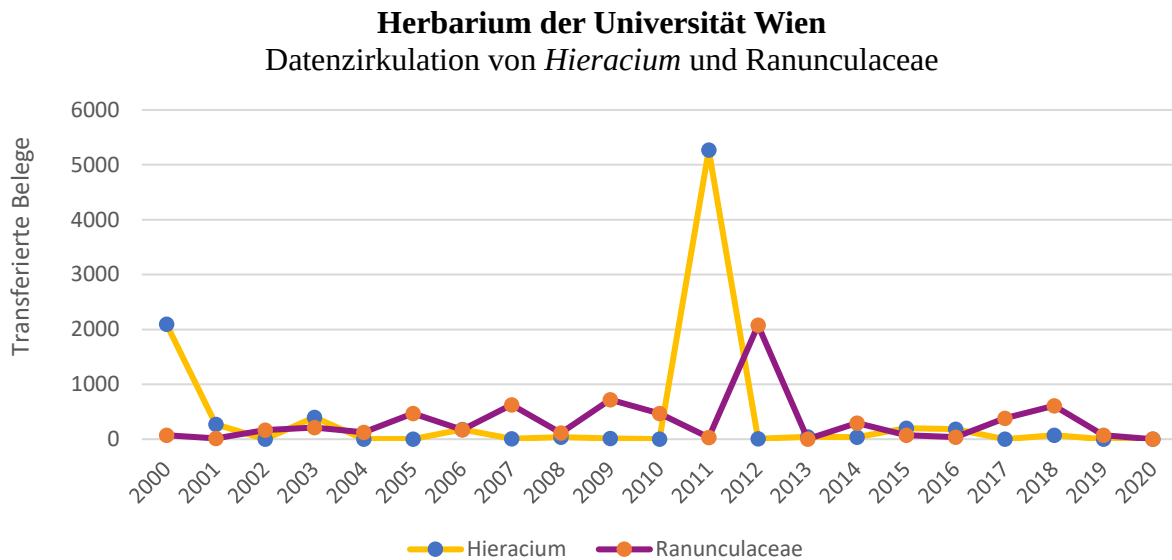


Abb.28 Herbarium der Universität Wien - Datenzirkulation von *Hieracium* und Ranunculaceae

Abb.28 zeigt die dokumentierten Eingänge und Ausgänge der Pflanzengattung *Hieracium* und der Ranunculaceae des Herbariums der Universität Wien von 2000 bis 2020.

Hieracium (das Habichtskraut) wird zur Familie der Asteraceae gezählt. Diese gehören zu einer der artenreichsten Blütenpflanzenfamilien weltweit (vgl. Stützel, 2021).

Den größten Datenaustausch bei *Hieracium* gab es in den Jahren 2011 (mit 5270 Bögen – und insgesamt 46 Schachteln – die von LI⁵⁹ ins Herbarium der Universität eingingen), und 2000 (mit 2096 Bögen). In den Jahren 2002, 2010, 2017 und 2019 wurden keine *Hieracium*-Daten dokumentiert.

Die Ranunculaceae waren die dritthäufigste Pflanzenfamilie, die angefragt oder versendet wurde. Diese gehören zu den Hahnenfußgewächsen, dazu zählen rund 55 Gattungen, wovon 18 Gattungen mit 98 Arten heimisch sind (vgl. Stützel, 2021). Im Jahr 2012 gab es bei den Ranunculaceae den größten Datenaustausch (mit 2077 Bögen), gefolgt von 2009 (719 Bögen) und 2007 (624 Bögen). Im Jahr 2020 zirkulierten keine Ranunculaceae-Daten.

5.2.3. Analyse der Datenzirkulation des Herbariums der Universität Wien mit Asien

Durch den Forscher und Reisenden Handel-Mazzetti (1882-1940) gelangte eine umfangreiche Sammlung chinesischer Herberbelege in den Bestand des Herbariums der Universität Wien. Handel-Mazzetti wurde im Jahr 1913 von der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu einer ausgedehnten Forschungsreise in den Südwesten Chinas entsandt. Ursprünglich war diese Reise für die Dauer von einem Jahr geplant, jedoch erstreckte sich diese schließlich über fünf Jahre, ehe er

⁵⁹ Vgl. LI = Oberösterreichische Landeskultur GmbH

nach Österreich zurückkehrte. Es dauerte jedoch bis zum Jahre 1922, bis seine Sammlung von 13.000 Herbarbelegen in das Herbarium der Universität gelangte, da sie zuvor von den chinesischen Behörden nicht ausgehändigt wurde. Neben seinen botanischen Sammelbelegen publizierte er detaillierte Reisebeschreibungen, die auch ethnologische Beschreibungen miteinbezogen. Mit „*Naturbilder aus Südwest-China*“, das im Jahr 1927 erschien, und später ins Englische übersetzt wurde, schuf er eine umfassende Darstellung seiner Forschungsreisen. Die chinesische Sammlung, die Handel-Mazzetti dem Herbarium hinterließ, ist aufgrund seiner hohen Anzahl an Typusbelegen und Erstbeschreibungen neuer Pflanzen einzigartig. Neben den Herbarbelegen aus China, finden sich auch zahlreiche andere Sammlungen von Handel-Mazzetti im Herbarium der Universität Wien, wie zum Beispiel umfangreiches Pflanzenmaterial von Forschungsreisen nach Kurdistan, Anatolien und Mesopotamien (vgl. Schönbeck-Temesy, 1992).

Mit seinem dreibändigen Sammelwerk „*Symbolae Sinicae*“ beschrieb er einen Großteil seiner katalogisierten Pflanzenbelege. Für die Erforschung der Pflanzenwelt von China ist sein Nachlass noch heute von großer Bedeutung. Im Zuge der internationalen Zusammenarbeit für „Flora of China“ wurde deshalb das Herbarium der Universität häufig wegen Belegen von Handel-Mazzetti angefragt. Deshalb wurden seine historischen Herbarbelege bereits digitalisiert. Durch das Wirken von Handel-Mazzetti entstand somit eine historische Verflechtung mit China (vgl. https://bibliothek.univie.ac.at/sammlungen/objekt_des_monats/003792.html).

Aufgrund dieses speziellen historischen Kontextes wurden die Transaktionsdaten zwischen der Universität Wien und Asien analysiert und dabei festgestellt, dass mit PE (Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing) die häufigsten Transaktionen (42) stattfanden⁶⁰. Aus diesem Grund werden die Transaktionsdaten und die Belegzahlen dieses Institutes nachfolgend visualisiert.

⁶⁰ Zum Vergleich: die zweithäufigsten Transaktionen (insgesamt 23) gab es mit KUN (Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Yunnan).

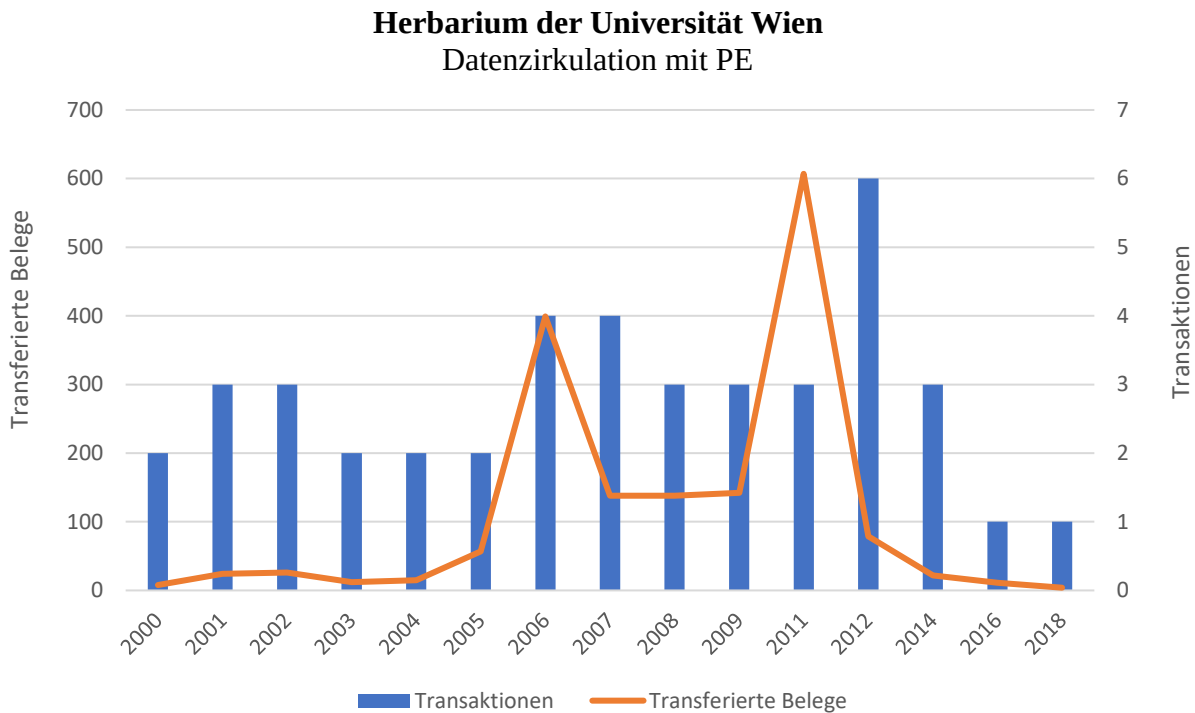


Abb.29 Herbarium der Universität Wien - Datenzirkulation mit PE

Abb.29 zeigt den gesamten Datenaustausch mit dem Herbarium der Universität Wien mit PE (Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing) von 2000 bis 2020.

Insgesamt gab es mit dem Herbarium der Universität Wien und dem Institute of Botany (PE) 42 Pflanzentransaktionen. Die häufigsten Transaktionen gab es in den Jahren 2012 (6), 2006 und 2007 (jeweils 4). Die meisten Belege wurden im Jahr 2011 (607), 2006 (399) und 2009 (142) transferiert. Die wenigsten Belege wurden in den Jahren 2018 (4), 2000 (8) und 2016 (11) versandt bzw. empfangen. Einige der am häufigsten angefragten bzw. versendeten Belege waren Pflanzenfamilien innerhalb der Ranunculaceae, zum Beispiel *Clematis* (die Waldrebe) und *Delphinium* (der Rittersporn), sowie Belege der Pflanzenfamilie der Rubiaceae (der Rötengewächse) (vgl. Stützel, 2021). Pflanzengattungen wie *Elastomema* (gehörend zur Pflanzenfamilie der Urticaceae - der Brennesselgewächse) gehörte ebenfalls zu den empfangenen bzw. versendeten Pflanzen. *Elastomema* umfasst etwa 300 Arten, wovon zirka ein Drittel davon endemisch in China vorkommend ist⁶¹.

5.2.4. Ein weit gereister Beleg: *Thelonectria westlandica*

Zuletzt wird in diesem Teil der Feinanalyse die Reise einer einzelnen Pilztransaktion vorgestellt. Mit den verarbeiteten Daten lassen sich nicht nur quantitative Muster erfassen,

⁶¹ vgl. Flora of China http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=2&taxon_id=111400

sondern auch einzelne Transaktionen nachverfolgen. Bemerkenswert dabei ist, dass diese Pilze um die halbe Welt reisten, von Manaaki Whenua – Landcare Research (Herbarium Akronym PDD) aus Neuseeland (Auckland) zum Herbarium der Universität Wien und wieder zurück. Bei dieser besagten Transaktion handelte es sich um genau fünf Pilzbelege von *Nectria westlandica*, die am **28.01.2009** am Institut eingingen und am **11.04.2011** das Herbarium Richtung Neuseeland wieder verließen. In den Aufzeichnungen fanden sich bei der Dokumentation des Eingangs der Pilztransaktion der Vermerk „*Nectria*“. Bei der Dokumentation des Ausgangs aus dem Herbarium wurde der gesamte Artname „*Nectria westlandica*“ verwendet. Bei Recherchen stellte sich heraus, dass dieser Name ein Synonym bzw. heute nicht mehr gebräuchlich ist. Laut Index Fungorum befindet sich der Holotypus von *Nectria westlandica* in PDD. *Nectria* gehört zu den Ascomycoten (vgl. Index Fungorum ⁶²). Neben den Synonymen *Nectria* (1951) und *Neonectria* (2004) ist der aktuelle Name für diese Spezies *Thelonectria westlandica* (2011) (vgl. Species Fungorum⁶³).



Abb.30 Das getrocknete Holotypusexemplar von *Thelonectria westlandica* (Dingley) aus PDD

Die Auswahl dieser spezifischen Transaktion wurde aufgrund der genauen Erklärungen in der Ursprungsquelle und der außergewöhnlichen geografischen Strecke, welche die Pilzbelege während ihrer Reise zurücklegten ausgewählt.

⁶² Vgl. Index Fungorum: <https://www.indexfungorum.org/Names/NamesRecord.asp?RecordID=301789>

⁶³ Vgl. Species Fungorum: <https://www.speciesfungorum.org/Names/SynSpecies.asp?RecordID=518576>

5.3. Die Digitalisierung der Herbarien

In diesem Kapitel werden die Digitalisierungen beider Herbarien und der Einfluss der damit für beide Institute einhergehend untersuchen. 2004 startete das Digitalisierungsprojekt an beiden untersuchten Herbarien, mit der finanziellen Unterstützung der Andrew W. Mellon Foundation. Die Finanzierung endete im Jahr 2015. Das Ziel der Andrew W. Mellon Foundation war es, möglichst alle Typusbelege zu digitalisieren, im Zuge dessen wurden die finanziellen Mittel auch dazu genutzt die Digitalisierung der Herbarien allgemein voran zu treiben. Die nachfolgenden Kombinationsdiagramme vereinen die gesamten Digitalisierungsdaten und den Datenverkehr⁶⁴ der Botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museum Wien (Phanerogamendaten) und dem gesamten Datenverkehr des Herbariums der Universität Wien.

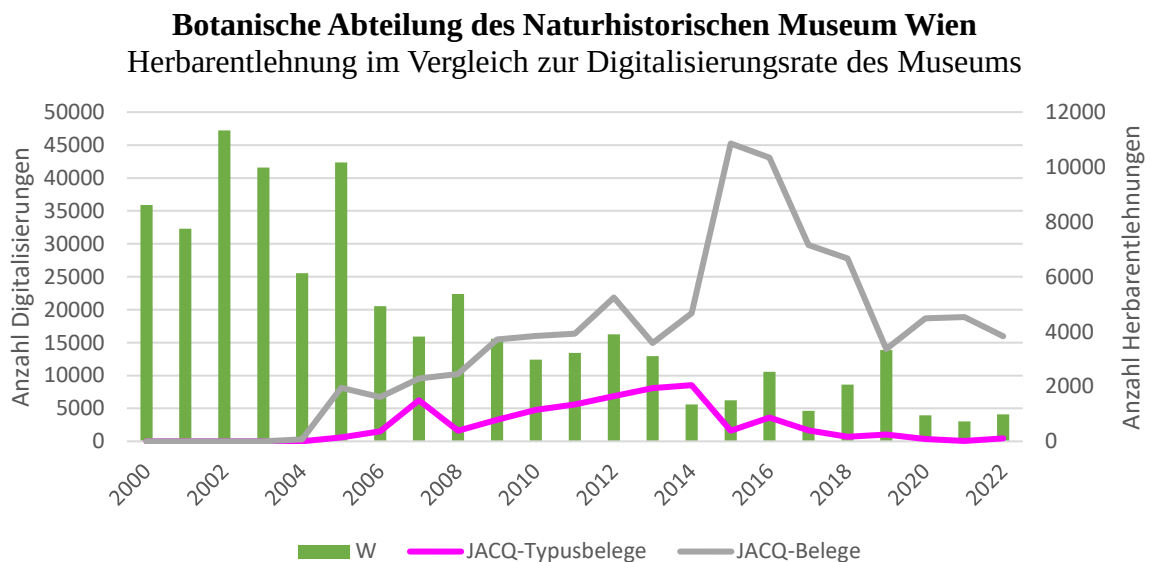


Abb.31 Botanische Abteilung des Naturhistorischen Museum Wien - Herbarentlehnung im Vergleich zur Digitalisierungsrate des Museums

Abb.31 zeigt den gesamten Herbarbelegsverkehr (Phanerogamensammlung) der Botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museum von Wien verglichen mit der gesamten Digitalisierungsrate der Abteilung von 2000 bis 2022. Insgesamt digitalisierte W von 2004 bis 2022 56.535 Typusbelege und 352.430 Herbarbelege.

Am Beginn der 2000er Jahre wurden die meisten Belege transferiert, danach über zwei Jahrzehnte hinweg nahmen sie, mit Ausnahme der Jahre 2002 (11.329), 2003 (9.977) und 2005 (10.166) kontinuierlich ab. Bei den Digitalisierungszahlen ist erkennbar, dass deutlich mehr Herbarbelege als Typusbelege digitalisiert wurden. Die meisten Typusbelege wurden 2012 (6.873), 2013 (8.086) und 2014 (8.532) digitalisiert. Nach dem Ende der Finanzierung (2015)

⁶⁴ Für den gesamten Herbarverleih beider Institute wurde die Anzahl der transferierten Belege herangezogen.

nahm die Digitalisierung der Typusbelege stark ab. Die Digitalisierung der restlichen Herbarbelege erreichte ein Jahr später - 2015 (45.235) ihren Höhepunkt, sank dann 2016 (43.113) und 2017 (29.815). 2019 wurden lediglich 14.013 Herbarbelege und 1.016 Typusbelege digitalisiert.

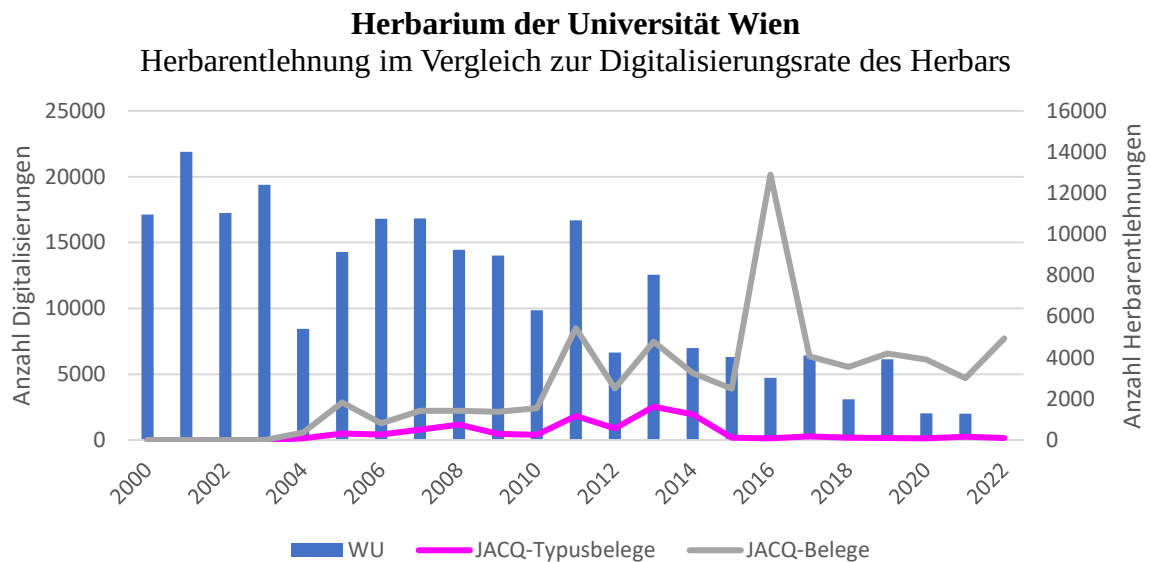


Abb.32 Herbarium der Universität Wien - Herbarentlehnung im Vergleich zur Digitalisierungsrate des Herbars

Abb.32 zeigt den gesamten Herbarbelegsverkehr des Herbariums der Universität Wien verglichen mit der Digitalisierungsrate des Herbariums von 2000 bis 2022. Insgesamt digitalisierte das Herbarium 12.510 Typusbelege und 99.714 Herbarbelege. Bis zum Jahr 2011 war die Anzahl der transferierten Herbarbelege relativ konstant (im Jahr 2000 (10.957), 2009 (8.965) und 2011 (10.679), danach sanken diese. Bei den Zahlen der Digitalisierungen ist erkennbar, dass deutlich mehr Herbarbelege als Typusbelege digitalisiert wurden. Die meisten Typusbelege wurden in den Jahren 2011 (1.820), 2013 (2.535) und 2014 (1.947) digitalisiert. Nach dem Jahr 2014 fielen die Digitalisierungszahlen der Typusbelege stark. Die Digitalisierungen der restlichen Herbarbelege erreichte ihren Höhepunkt in den Jahren 2011 (8.497), 2013 (7.475), 2014 (5.079) und 2016 (20.157). Die Grafik zeigt, dass die Digitalisierungen im Jahr 2015 (3.891) weniger wurden, jedoch im Jahr 2022 (7.712) wieder stiegen.

Botanische Abteilung des Naturhistorischen Museum Wien und Herbarium der Universität Wien

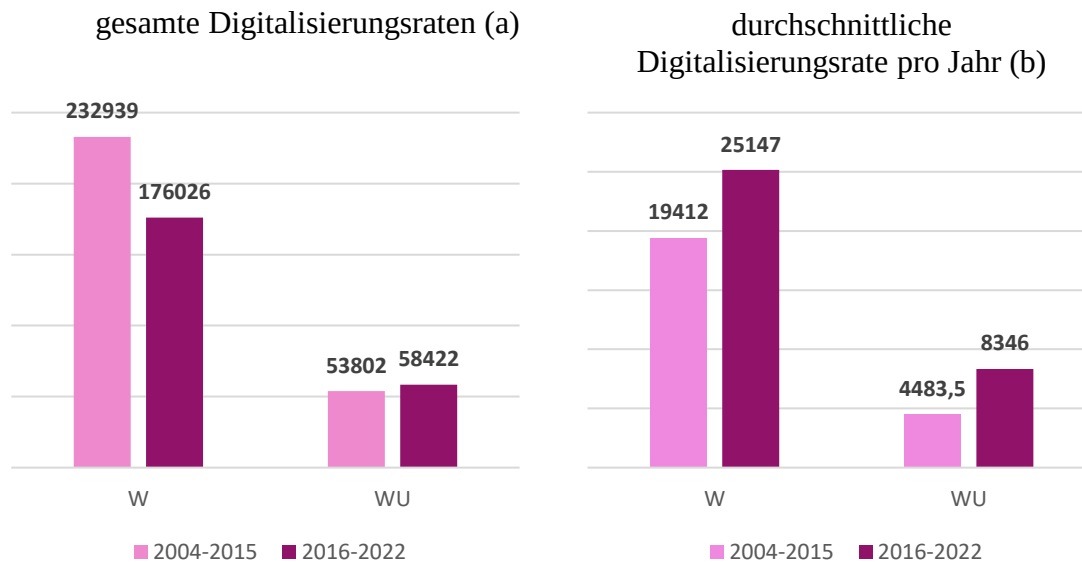


Abb.33 Botanische Abteilung des Naturhistorischen Museum Wien und Herbarium der Universität Wien - Die Digitalisierungsrate beider Institute

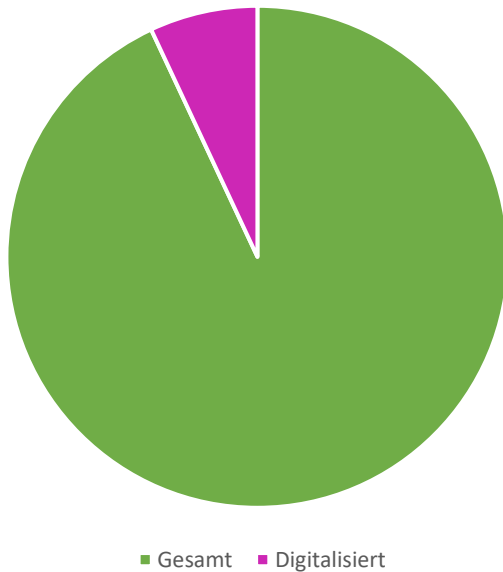
Abb.33 zeigt die dokumentierten Digitalisierungen der Belege⁶⁵ beider Herbarien, eingeteilt in die Zeiträume 2004-2015 (finanziert durch die Andrew W. Mellon Foundation) und 2016-2022 (der Zeitraum danach).

In der Botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museums wurden zwischen 2004-2015 232.939 Belege und 2016-2022 176.026 Belege digitalisiert. Durchschnittlich wurden von 2004-2015 19.412 Belege pro Jahr digitalisiert, zwischen 2016-2022 waren es im Mittel sogar 25.147 Belege.

Im Herbarium der Universität Wien wurden zwischen 2004-2015 53.802 Belege und 2016-2022 58.422 Belege digitalisiert. Durchschnittlich wurden von 2004-2015 pro Jahr 4.483,50 Belege pro Jahr digitalisiert, zwischen 2016-2022 8.346 Belege pro Jahr.

⁶⁵ Für die Gesamtzahlen der Digitalisierungen wurden die Typusbelege mit den Herbarbelegen addiert.

**Botanische Abteilung des
Naturhistorischen Museum Wien**
Digitalisierungen insgesamt



Herbarium der Universität Wien
Digitalisierungen insgesamt

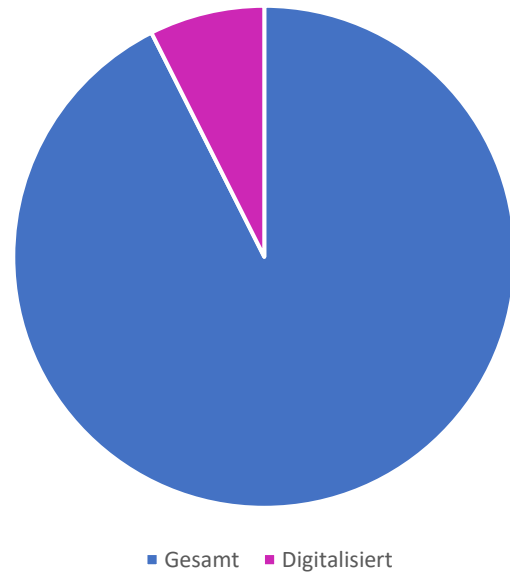


Abb.34 Botanische Abteilung des Naturhistorischen Museum Wien - Digitalisierungen insgesamt

Abb.35 Herbarium der Universität Wien - Digitalisierungen insgesamt

Abb.34 zeigt die gesamte Beleganzahl der Botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museum von Wien⁶⁶ verglichen mit der Digitalisierungsrate der Abteilung von 2000 bis 2022. Zirka 7,44 Prozent des Gesamtvolumens des Herbariums wurden digitalisiert.

Abb.35 zeigt die gesamte Beleganzahl des Herbariums der Universität Wien⁶⁷ verglichen mit der Digitalisierungsrate des Herbariums von 2000 bis 2022. Zirka. 8,20 Prozent des Gesamtvolumens des Herbariums wurde digitalisiert.

⁶⁶ Die gesamte Beleganzahl der Botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museum wurde dem Index Herbariorum (<https://sweetgum.nybg.org/science/ih/herbarium-details/?irn=125500/>) entnommen.

⁶⁷ Auch für das Herbarium der Universität Wien wurden die gesamte Beleganzahl dem Index Herbariorum (<https://sweetgum.nybg.org/science/ih/herbarium-details/?irn=126513/>) entnommen.

6. Diskussion und Forschungsergebnisse

Diese Masterarbeit beschäftigte sich mit den zirkulierenden Metadaten zweier Wiener Herbarien. Mit den Erkenntnissen aus den Untersuchungen dieses historischen Materials konnten Vernetzungsmuster der botanischen Wissenschaftsentwicklung aufgedeckt werden.

Damit einhergehend wurde der gesamte Wissensaustausch zwischen den Instituten analysiert, Netzwerke zwischen diesen wurden aufgedeckt und analysiert. Mit den Analysen wurden nicht nur Zugriffe untersucht, sondern auch der sanfte Medienübergang vom Physischen zum Digitalen. Dies führt zur Untersuchung der Veränderung von verfügbarem botanischen Forschungsmaterial. Die Forschungsfragen wurden anhand einer quantitativen Analyse ausgewertet und die dabei entstandenen Datenmuster interpretiert. Die Forschungsfragen wurden in drei Punkte untergliedert. Diese Reihung wird auch im Kapitel der Diskussion beibehalten.

6.1. Forschungsergebnisse zu den nationalen und internationalen Vernetzungen

Die Analyse der Phanerogamensammlung der Botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museums ergab, dass es mit insgesamt 257 unterschiedlichen Instituten weltweit im untersuchten Zeitraum (2000-2022) in Kontakt stand (**Abb.11**). Am häufigsten gab es Austausche mit dem Herbarium der Universität Wien, gefolgt von anderen Herbarien/Instituten aus Österreich, sowie auch aus Deutschland. Die Analysen des Herbariums der Universität Wien haben gezeigt, dass es im untersuchten Zeitraum von 2000-2022 mit insgesamt 549 Orten in Kontakt stand (**Abb.12**). Am häufigsten gab es Kontakt mit der Botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museum von Wien. Bemerkenswert ist, dass am zweithäufigsten der Austausch mit „K – der Royal Botanic Garden in England“ (mit 4,44 Prozent) stattfand. Weitere wichtige Institute, mit denen das Herbarium häufig in Kontakt stand, kamen ebenfalls aus Österreich.

Es lässt sich eine große Abweichung zwischen der Botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museum von Wien und des Herbariums der Universität Wien mit der Anzahl der Institute/Orte feststellen. Beim Museum wurden 257 Orte registriert, beim Herbarium der Universität wurden hingegen mehr als doppelt so viele Orte (549) aufgelistet. Ein Grund dafür könnte sein, dass beim Herbarium der Universität Wien der komplette Datenverkehr untersucht wurde, beim Naturhistorischen Museum lediglich die Phanerogamensammlung.

Bei der Frage, wie eng beide untersuchten Institute miteinander vernetzt sind (**Abb.13**), konnte festgestellt werden, dass der höchste Austausch im Jahr 2003 (mit 64 Transferierungen und 3757 transferierten Belegen) stattfand, der geringste Austausch fand im Jahr 2018 (mit lediglich 2 Transferierungen und 3 transferierten Belegen) statt.

Bisher wurde vermutet, dass beide Wiener Herbarien in regem Austausch stehen. Durch die Analyse dieses Forschungsmateriales (der Transaktionsdaten bzw. der transferierten Belege) konnte die intensive Zusammenarbeit zwischen beiden Instituten bewiesen werden und somit die Forschungsfrage zur Vernetzung beider Herbarien beantwortet werden. Ein zentrales Ergebnis dieses ersten Forschungsschwerpunktes ist es, dass beide untersuchte Herbarien nicht nur stark miteinander interagieren, sondern der wichtigste Kooperationspartner des jeweils anderen sind. Mit diesem Datenmaterial wurde nachgewiesen, dass große Datenströme zwischen beiden Herbarien zirkulierten.

Die Analyse der internationalen Vernetzung der Botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museum von Wien (**Abb.14** und **Abb.15**) ergab, dass fast ein Viertel (22,95%) des Austausches in Österreich stattfand und beinahe drei Viertel (77,05%) global versandt wurden. In Europa wurden die meisten Belege versandt (82,92%), gefolgt von Nordamerika (10,17%), Südamerika (2,48%), Australien (2,14%), Asien (1,80%) und einen sehr geringen Austausch mit Afrika (0,49%). Die Untersuchung der internationalen Verflechtung des Herbariums der Universität Wien (**Abb. 14** und **Abb.16**) ist ähnlich wie die des Museums. 22,33% des Austausches fand mit österreichischen Instituten statt, 77,67% mit internationalen Instituten. In Europa wurden die meisten Belege versandt (76,75%), gefolgt von Nordamerika (12,97%), Südamerika (5%), Asien (3,96%), Australien (0,70%) und Afrika (0,62%).

Mit der Analyse dieser Daten konnte die Forschungsfrage geklärt werden, mit welchen internationalen und nationalen Herbarien beide Institute am häufigsten in Austausch standen. Dabei zeigte sich, dass beide Institute eine ähnliche Vernetzung in der Internationalen Gemeinschaft aufweisen. Die prozentualen Verteilungen sind nahezu ident. Die Herbarien verleihen bzw. empfangen beinahe drei Viertel des gesamten Datenverkehrs aus Herbarien weltweit. Beide Institute weisen ähnliche prozentuale Verflechtungen mit Kooperationspartnern auf unterschiedlichen Kontinenten auf (**Abb.15** und **Abb.16**). Der Interaktionsschwerpunkt beider Institute liegt in Europa, gefolgt von Nordamerika. Bei beiden Wiener Herbarien fand die geringste Korrespondenz mit Instituten aus Afrika statt. Es gab jedoch auch Abweichungen zwischen den Interaktionen beider Herbarien hinsichtlich der kontinentalen Vernetzung. So hatte das Herbarium der Universität Wien zirka doppelt so viele Transaktionen mit Asien (W: 1.80% und WU: 3,96%) und mit Südamerika (W: 2,48% und WU: 5%).

6.2. Forschungsergebnisse zu den Detailanalysen

Bei der Untersuchung des Bezuges von Pflanzenmaterial der Botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museums Wien und des Herbariums der Universität Wien, wurden die Transaktionen sowie Ein- und Ausgänge der Pflanzenbelege analysiert (visualisiert in **Abb.17** - **Abb. 20**).

Anfang der 2000er Jahre gab es bei der botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museum von Wien (**Abb.17** und **Abb.19**) die meisten Transaktionen, sowohl bei den Entlehnungen als auch bei ausgeliehenen Belegen. Es ist eine abnehmende Tendenz in Bezug auf die Transaktionszahlen sowie auf die Belegzahlen bis zum Jahr 2020 erkennbar. Die entlehnten Pflanzenausgänge (**Abb.17**) erreichten bei den Transaktionszahlen und transferierten Belegen 2020 den niedrigsten Stand. Die ausgeliehenen Pflanzeneingänge (**Abb.19**) erreichten ihren Tiefstwert 2014, anschließend stabilisierten sich die Daten auf diesem Niveau.

Bei der Analyse der entlehnten Pflanzenausgänge (**Abb. 18**) des Herbariums der Universität Wien ist erkennbar, dass die Transaktionen bis zum Jahr 2012 eher gleichmäßig waren. Ab dem Jahr 2013 gingen sie jedoch stark zurück. Die Zahl der transferierten Belege war bereits ab dem Jahr 2009 rückläufig. Die Untersuchung der ausgeliehenen Pflanzeneingänge (**Abb.20**) zeigt, dass die Transaktionszahlen einen negativen Trend aufweisen. Die Zahlen der transferierten Belege schwankten stark. Obwohl 2011 mit 7271 Belegen die meisten Belege eingingen, ist der negative Trend der Ausleihen ersichtlich.

Durch die Auswertung der Daten des Pflanzenmaterials beider Institute konnte die Forschungsfrage nach den Veränderungen in den Datenströmen beantwortet werden. Mithilfe der detaillierten Untersuchungen konnte eine konstante Abnahme der Pflanzenentlehnungen und der Pflanzenausleihen über den betrachteten Zeitverlauf hinweg nachgewiesen werden.

Für das Herbarium der Universität Wien lag der gesamte Datenverkehr vor. Deshalb werden nachfolgend die Transaktionsdaten sowie der die transferierten Belege der Pilze und der Algen (**Abb. 21- Abb. 24**) analysiert.

Bei der Analyse der entlehnten Pilzausgänge (**Abb.21**) des Herbariums der Universität Wien ist erkennbar, dass sowohl die transferierten Belege als auch die Transaktionen zwischen 2006

und 2010 am höchsten waren. Danach sanken beide. Ab 2019 kam es zu einer Trendumkehr, die Transaktionen nahmen wieder zu.

Die Forschungsdaten zu den ausgeliehenen Pilzeingängen (**Abb.22**) zeigen, dass im Jahr 2001 die meisten Belege (2112) transferiert wurden, danach ist der Trend bei den Pilzeingängen bis 2020 (16) rückläufig. Die Transaktionen der Pilzeingänge erreichten ihren Höhepunkt zwischen 2007 und 2010. Danach nahmen auch diese konstant ab.

Um ein umfassendes Bild der gesamten Pilztransaktionen (**Abb.23**) und deren Veränderungen im Laufe der 20 analysierten Jahre abbilden zu können, wurden sämtliche Pilzdaten in einem Diagramm zusammengeführt. Die Transaktionszahlen der Pilze erreichten zwischen 2004 und 2013 ihren Höhepunkt. Vor 2004 und nach 2013 waren sie ähnlich hoch. Bis in das Jahr 2010 wurden immer wieder hohe Belegs- Transaktionen festgestellt. 2010 fand der Höhepunkt der Transaktionen und transferierten Belege statt. Danach nahm die Anzahl der transferierten Pilzbelege ab.

Bei der Analyse der Algen Daten wurden keine Algenausgänge vom Herbarium der Universität Wien dokumentiert. Es wurden jedoch einige wenige Algeneingänge (**Abb. 24**) verzeichnet. 2007 fanden die meisten Transaktionen (3) statt. 2013 sind die meisten Algenbelege (673) eingegangen.

Durch die Auswertung der Pilzentlehnungen sowie der Algenentlehnungen des Herbariums der Universität Wien konnte noch detaillierter auf die Veränderungen in den Datenströmen eingegangen werden. Die Analyse der Pilzdatenströme zeigt ein anderes Verteilungsmuster als die Pflanzenentlehnungen. Während die Pflanzenentlehnungsdaten seit 2000 einen negativen Trend verzeichneten der bis 2020 anhielt, erreichte die Zirkulation der Pilzdaten zwischen 2004 und 2013 ihren Höhepunkt. Danach sanken sie zwar ein wenig, blieben jedoch konstant und verzeichneten in den letzten zwei Untersuchungsjahren einen leicht positiven Trend.

Ein weiteres wichtiges Forschungsergebnis bei der Untersuchung der Algenentlehnungen war, dass diese nur eine untergeordnete Rolle im Herbarbetrieb spielten. Es zirkulierten kaum Algendaten in den untersuchten 20 Jahren.

Die Ergebnisse der Datenanalysen zur Forschungsfrage, welchen Einfluss die Covid-19 Pandemie⁶⁸ (ab 2020) auf den Wissensfluss in den Instituten hatte, konnte nicht abschließend beurteilt werden. Es war zu wenig Datenmaterial über die Zeit nach Covid-19⁶⁹ vorhanden. Weitere Forschungsarbeit wäre notwendig um abschließend klären zu können, wie stark die Pandemie die Wissenszirkulation der Herbarentlehnungen und Ausleihen prägte.

Zur Annäherung an die Forschungsfrage welche Pflanzengroßgruppen am meisten zirkulierten, wurden die Daten sämtlicher Pflanzenfamilien/arten der Botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museums Wien und des Herbariums der Universität Wien analysiert. Die zehn am häufigsten Zirkulierenden wurden in **Abb.25- Abb.28** dargestellt.

Die Auswertung der Forschungsdaten zeigen, dass bei der Botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museum Pflanzenarten aus den Familien der Rubiaceae, Compositae und der Cyperaceae am stärksten nachgefragt waren. Bei der Analyse der Datenzirkulation von Rubiaceae und Compositae der Botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museum von Wien (**Abb.26**) wurde sichtbar, dass beide Pflanzenfamilien ein unterschiedliches Datenmuster aufwiesen. So erreichte die Zirkulation der Pflanzenbelege von Rubiaceae in den Jahren 2004-2005 ihren Höhepunkt. Die Nachfrage nach Rubiaceae ging zurück, ab dem Jahr 2015 zirkulierten kaum noch Belege. Die Untersuchung der Pflanzenfamilie Compositae zeigte, dass diese verstärkt in den Jahren 2005 angefragt wurden, allerdings kam das Interesse daran bis 2019 nicht zum Erliegen. Erst 2020 wurden keine Belege mehr bewegt.

Die Untersuchung der Forschungsdaten zeigen, dass das Herbarium der Universität Wien (**Abb.27**) am häufigsten nicht näher definierte Pflanzenbelege (in den Quellen unter div. Phanerogamae subsumiert) versandt bzw. empfangen hatte. An zweiter und dritter Stelle zirkulierten in der Analyse Pflanzenbögen von *Hieracium* und *Ranunculus*.

Bei der Analyse von *Hieracium* und Ranunculaceae Belegen der Universität Wien (**Abb.28**) im Untersuchungszeitraum von 20 Jahren ist ersichtlich, dass ca. 85% der zirkulierenden *Hieracium* Belege in den Jahren 2000 und 2011 bewegt wurden. Das Zirkulationsmuster der

⁶⁸ Es gab drei harte Lockdowns in Österreich: März 2020, November 2020, Dezember 2020 (vgl. <https://www.diepresse.com/6062811/lockdowns-lockerungen-verschaerfungen-eine-chronologie-der-pandemie>).

⁶⁹ Ende Juni 2023 wurden alle Sonderbestimmungen der österreichischen Regierung beendet (vgl. <https://orf.at/stories/3303465/>).

Ranunculaceae einen Höhepunkt im Jahr 2012 auf, in den restlichen Jahren wurden die Belege eher gleichbleibend bewegt.

Hieracium (gehörend zur Familie der Asteraceae bzw. Compositae) wurde in beiden Herbarien stark nachgefragt. Eine Gemeinsamkeit beider Institute war es, dass Pflanzengattungen der Compositae an zweiter Stelle in der Datenzirkulation dokumentiert wurden.

Um die Forschungsfrage beantworten zu können, inwiefern das historische Wirken des Forschenden Handel-Mazzetti und seiner chinesischen Sammlung noch heute einen Einfluss auf das Herbarium der Universität hat, wurde die Datenzirkulation des Herbariums der Universität Wien mit Asien analysiert. Dabei wurde festgestellt, dass das Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing (PE) (**Abb.29**) von 2000-2020 ein wichtiger Kooperationspartner für das Herbarium der Universität Wien war. Der höchste (asiatische) Austausch wurde mit diesem Institut dokumentiert. Beinahe jährlich zirkulierten zwischen beiden Herbarien Belege. Die Forschungsdaten zeigen eine intensive Zusammenarbeit. Der Verleih von *Elastomema*-Belegen ist ein Hinweis für die Wichtigkeit der historischen Belege von Handel-Mazzetti

Um die Power der Metadaten zu zeigen, wurde ein besonderer Beleg *Thelonectria westlandica* (**Abb.30**) vorgestellt. Mit dieser Detailanalyse wurde auf die Forschungsfrage des Vernetzungsgrades des Herbariums der Universität Wien eingegangen. Diese spezifische Transaktion wurde ausgewählt um nachzuweisen, dass das Herbarium der Universität Wien einen globalen Wirkungsgrad bis nach Neuseeland hat. Diese Analyse verdeutlicht, dass die Datenmuster bis zur kleinsten Einheit (ein Datentransfer) aufgeschlüsselt werden können. Es belegt, dass jede Datenreise ihre ganze eigene Geschichte hat.

6.3. Forschungsergebnisse zur Digitalisierung der Herbarien

Zur Klärung der Forschungsfrage, ob die Digitalisierung zu Veränderungen der transferierten Belege in Herbarien führte, wurde der Datenverkehr der Institute im Vergleich zur Digitalisierungsrate in Kombinationsdiagrammen (**Abb.31** und **Abb.32**) vereint.

Der Verleihverkehr (Phanerogamen) der Botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museum (**Abb.31**) lag in den Jahren 2000 - 2005 immer zwischen 6.135 und 11.329 Belegen. Ab 2006 wurden physische Herbarbelege deutlich seltener angefragt. Der Verleihverkehr des

Herbariums der Universität Wien (**Abb.32**) lag in den Jahren von 2000 - 2013 mit Ausnahmen in den Jahren 2004, 2010 und 2012 immer zwischen 8.036 und 14.015 Belegen. Ab 2014 wurden physische Belege deutlich seltener angefragt. Die meisten Typusbelege wurden bis 2014, vor Ende der Finanzierung durch Andrew W. Mellon Foundation digitalisiert. 2004 startete das Digitalisierungsprojekt. Es scheint zwischen 2004 und 2013 zu einem epochalen Medienwandel gekommen zu sein. In dieser Übergangsphase, wurden zum Teil noch viele Herbarbelege angefordert, gleichzeitig begann aber die Digitalisierung dieser, was zu einer stetig wachsenden Informationsdatenbank (JACQ) und einem Rückgang der physisch angefragten Belege führte. Nach dieser Umbruchsphase, als genug Daten in JACQ eingespeist waren, konnte bei vielen Herbarbelegen eine Vorauswahl getroffen werden. Wenn beispielsweise nur Blütenmerkmale einer bestimmten Pflanze untersucht werden sollen, kann bei den entsprechenden Belegen via JACQ-Datenbank (so diese digitalisiert sind) eine Vorauswahl getroffen werden. Es müssen nicht mehr alle Belege einer Art angefragt und versandt werden, wenn das benötigte Merkmal nicht vorhanden ist. Die Datenverteilungen beider Institute legen nahe, dass mit zunehmender Digitalisierungsrate der Herbarbelege, der physische Datenverkehr im Herbarium abnahm. Mittlerweile wird jeder Beleg der zum Versand vorbereitet wird, vorab digitalisiert.

Interessant ist, dass nach Ende der Finanzierung zwischen 2015 und 2019 die meisten Belege der Botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museum pro Jahr digitalisiert wurden, ehe sich die Digitalisierungsraten pro Jahr auf konstantem Niveau einpendelten. Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass durch die Finanzierung Strukturen geschaffen und in den Arbeitsalltag integriert wurden, um die Digitalisierung der Herbarien kontinuierlich voran zu treiben.

Zur Beantwortung der Forschungsfrage nach den Digitalisierungsraten auf JACQ durch beide Institute, wurde auf das Datenmaterial beider Kombinationsdiagramme (**Abb.31** und **Abb.32**) zurückgegriffen. Zur weiteren Analyse wurde das gesamte Digitalisierungsvolumen beider Herbarien (**Abb.33**) ausgewertet. Dafür wurden zwei Untersuchungszeiträume gewählt. 2004 bis 2015 – der Beginn der Digitalisierung mithilfe der Finanzierung durch die Andrew W. Mellon Foundation und 2016 bis 2022 – die Zeit nach der Finanzierung. Grafik (a) zeigt die gesamten Digitalisierungsraten auf JACQ in besagten Zeiträumen. Grafik (b) visualisiert die gleichen Daten pro Jahr.

Die gesamten Digitalisierungen der Botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museum von Wien zeigen, die meisten Belege pro Jahr wurden 2015 (45.235), 2016 (43.113) und 2017

(29.815) digitalisiert. Das Herbarium der Universität Wien digitalisierte 2011 (8.497) und 2016⁷⁰ (20.157) die meisten Belege.

Der Finanzierungsraum der Andrew W. Mellon Foundation betrug 12 Jahre (2004-2015). Der Untersuchungszeitraum dieser Arbeit umfasst zusätzlich die 7 Jahre (2016-2022) danach. Aufgrund dieser Tatsache wurden gesamt während der Finanzierungsphase in beiden Herbarien mehr Belege pro Jahr digitalisiert (**Abb. 33 (a)**) als danach. Wird jedoch die Digitalisierungsrate pro Jahr berechnet, ist diese in der Zeit nach der Finanzierung (2016-2022) höher (**Abb.33 (b)**). Möglicherweise wurde durch die externe Finanzierung das Know-how und die Rahmenbedingungen für die Digitalisierung der Herbarbelege geschaffen, die jetzt von den Instituten im Rahmen ihrer vor allem finanziellen und personellen Ressourcen weiterverwendet wird. Die Digitalisierung der Botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museum sowie das Herbarium der Universität Wien schreiten voran. Im Auswertungszeitraum von **22 Jahren** hat die Botanische Abteilung des Naturhistorischen Museum von Wien 7,44 Prozent ihres gesamten Belegsvolumen digitalisiert, das Herbarium der Universität Wien insgesamt 8,20 Prozent aller vorhandenen Belege. Das zeigt, dass bei beiden Instituten erst ein geringer Teil der Daten online zugänglich sind.

⁷⁰ Im Jahr 2016 wurden insgesamt 15.179 Pilzbelege und 65 Typusbelege der Österreichischen Mykologischen Gesellschaft (WU-MYC) digitalisiert.

7. Fazit und Ausblick

In abschließender Betrachtung lässt sich feststellen, dass beide Herbarien einen bedeutenden Stellenwert sowohl in der nationalen als auch in der internationalen wissenschaftlichen Gemeinschaft einnehmen. Die Herbarien W und WU fungieren als wichtige Kooperationspartner, deren wechselseitiger Austausch mit den Forschungszahlen deutlich belegbar ist. In beiden analysierten Instituten wurde bis zum Jahre 2022 bis zu 8 Prozent des gesamten Herbarvolumen digitalisiert. Der Medienwandel vom Physischen zum Digitalen ist ein bedeutender Prozess. Dieser sollte weiter begleitet und analysiert werden, um den epochalen Medienwandel zu untersuchen und für zukünftige Generationen festzuhalten. Mit dem neu generierten Wissen können fundierte Entscheidungen bezüglich künftiger Strategien zur Erhaltung der Herbarien getroffen werden.

Die Untersuchung der Metadaten wird dem Forschungsfeld der Wissenschaftsgeschichte zugeordnet. Durch die Analyse der historischen Dokumentationspraktiken und Kommunikationsformen, der Untersuchung der Vernetzung von botanischem Wissen (Herbarbelegen) und die Aufdeckung von historischen Entwicklungen untersucht es historisch höchst relevantes Quellenmaterial.

Im Zuge der Forschungsrecherchen für diese Arbeit stellte sich heraus, dass noch niemand den historischen Entlehnverkehr untersucht hat. Bisher gab es keine geschichtliche Aufarbeitung der Metadaten beider Institute. Die historische Entwicklung würde durch das Untersuchungen von präzisen Datenmustern (die kontinuierlich über Jahrzehnte hinweg geführt wurden) festgehalten und somit durch Zahlen untermauert werden.

Beide Institute sind weltweit sehr gut einbettet. Durch die Analyse ihrer Metadaten (ab Beginn der Aufzeichnungen) würden viele unentdeckte historisch relevante Aspekte aufgedeckt werden. Es wäre von großem Interesse, die Entwicklungsgeschichte beider Herbarien anhand ihrer historischen Metadaten zu rekonstruieren und vergangene Zirkulationsmuster, Vernetzungen und Kooperationspartnerschaften aufzudecken. Die historische Erforschung beider Herbarien über die Metadaten würde es ermöglichen, vergangene Ereignisse zu verstehen und damit wertvolle Einblicke in die Entwicklung und "Evolution" beider Institute zu liefern.

Diese geschichtlichen Einblicke könnten Meilensteine in der Entwicklung der Herbarien und weitere Transformationen aufdecken. Umfassende Analysen würden einen wichtigen Beitrag für die Wissenschaftsgeschichte als auch für die individuelle Entwicklungen beider Herbarien

liefern. Das Forschungsmaterial der Wiener Herbarien offenbart ein großes Forschungspotenzial und bietet zahlreiche Möglichkeiten für unterschiedlichste Analysen und Fragestellungen. Im Rahmen dieser Masterarbeit musste der Analysezeitraum aufgrund der Fülle an Daten jedoch stark begrenzt werden.

Aufgrund der Digitalisierung von Herbarbelegen kann sich historisches Wissen dieser Sammlungen mit anderen Daten vernetzen, sich aufeinander beziehen und in einen neuen Kontext einfügen (vgl. Leonelli & Tempini, 2020). Durch den digitalen Transformationsprozess werden die Daten von einem festen Standort entkoppelt, ermöglichen einen globalen Zugriff und die Vernetzung mit anderen Datenbanken. Es wird ein neues umfassenderes und komplexes Wissensnetzwerk geschaffen welches mit Forschungsfragen bespielt werden kann. Die Analyse dieser *data journeys* (vgl. Leonelli & Tempini, 2020) ermöglicht es einen Einblick in die Bewegung von Daten zu gewinnen. Daten sind nicht statisch, sondern vielmehr dynamisch. Durch ihre Zirkulation verbunden mit Transformation helfen sie ein umfassenderes Bild für die Wissenschaft zu erzeugen, oder ermöglichen einen neuen Blickwinkel, eine neue Betrachtungsweise auf vorhandenes Datenmaterial. Beispielsweise die Initiative ABOL (Austrian barcode of life)⁷¹, GBIF „*Global Biodiversity Information Facility*“⁷², GNA (Global Names Architecture)⁷³ oder die Mykologische Datenbank von Österreich⁷⁴ um nur einige wenige andere Datenbanken bzw. Infrastrukturen zu nennen. Durch die Vernetzung dieser Datenbanken ist es nicht nur möglich verschiedenste biologische Forschungsschwerpunkte aufeinander zu beziehen, wie die Untersuchung der Morphologie oder von genetischem Material, das Abgleichen von verschiedensten Pflanzennamen oder die Untersuchung von Änderungen in der Pflanzenzusammensetzung in gewissen Lebensräumen. Durch diese Daten lassen sich auch historisch relevante Analysen wie das Alter und der Zustand von Herbarbögen, historische Aufsammlungsorte oder Forschungsreisen erfassen. Das Zusammenführen von Datensätzen aus unterschiedlichsten Forschungsrichtungen ermöglicht eine ganzheitlichere Datenanalyse. Digitalisierte Daten erhöhen die Zugänglichkeit für Forschende, unabhängig von nationalen oder zeitlichen Barrieren. Sie sind jederzeit abrufbar. Durch die erweiterte Datenverfügbarkeit können Forschungsinformationen aus verschiedensten Quellen miteinander verglichen, in Bezug zueinander gebracht und miteinander verwoben werden. Es ermöglicht eine effizientere

⁷¹ABOL ist eine Initiative zur Erfassung von genetischem Material für Tiere, Pflanzen und Pilze aus Österreich (vgl. <https://www.abol.ac.at/>)

⁷² GBIF ist ein internationales Netzwerk und eine Dateninfrastruktur (vgl. <https://www.gbif.org/>).

⁷³ GNA hilft dabei, biologische Namen zu finden (vgl. <https://globalnames.org/>)

⁷⁴ Die Mykologische Datenbank die von der Österreichischen Mykologischen Gesellschaft betrieben wird (vgl. <https://www.pilzdaten-austria.eu/>).

Nutzung, tiefgreifendere und neue Einblicke in das Forschungsmaterial. Die wertvollen Sammlungen der Herbarien sind jedoch nicht nur für die Forschung von Bedeutung, sondern auch ein wichtiges kulturelles Erbe für die Gesellschaft. Historische Sammelreisen von österreichischen Persönlichkeiten wie Johanna Witasek (1865-1910), Alois Teyber (1876-1914) Thomas Pichler (1828-1903) oder Walter Till⁷⁵ (*1956) und noch viele mehr, (vgl. (Schönbeck-Temesy, 1992) trugen mit ihrem Schaffen zu einer natürlich gewachsenen Vernetzung zwischen Institutionen oder Regionen bei. Dabei sammelten sie zum Teil sehr wertvolles Pflanzenmaterial, teilweise kamen dabei wichtige Typusbelege in die Sammlungen. Die heute verwendete binäre Nomenklatur beruht auf dem System der Erstbeschreibungen von Pflanzen und den zugehörigen Typusbelegen. Diese Forschungsexpeditionen haben maßgeblich zur nationalen Wissenschaftsgeschichte beigetragen. Ein weiterer wichtiger Aspekt der Herbarien ist das Bewahren von regionalem historischen Wissen. Da häufig Pflanzenaufsammlungen lokal durchgeführt werden, sind diese spezifisch für eine bestimmte Region und tragen damit zur kulturellen Identität bei.

Diese Forschungseinrichtungen sind unter anderem Bibliotheken der Pflanzenarten. Aufgrund der aktuellen klimatischen Situation auf unseren Planeten ist es deshalb umso bedeutender, historische Sammlungen für die Forschung leicht zugänglich zu machen und zu analysieren. Das Konzept des Anthropozän⁷⁶ beschreibt den Einfluss der Menschen auf die Natur, ethische Grundsätze, rechtliche Fragen und Folgen. So forderte etwa Schellnhuber einen globalen Gesellschaftsvertrag für Nachhaltigkeit. Er spricht von einem „*post-anthropozänen Leviathan*“ der einen „*Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation*“ vorschlägt (vgl. Kersten,

⁷⁵ Wegen zahlreicher Mittel- und Südamerika Aufenthalte von Walter Till gelangte eine umfangreiche Bromeliaceen Sammlung in das Herbarium der Universität Wien (vgl. Schönbeck-Temesy, 1992).

⁷⁶ Die Erdgeschichte wird in unterschiedliche geologische Zeitskalen eingeteilt, diese Einheiten werden durch Leitfossilien⁷⁶ gekennzeichnet. Grundlegend wird die Erdgeschichte in drei Ären eingeteilt: das Paläozoikum („Zeitalter des ältesten Lebens“), das Mesozoikum („Zeitalter des mittelalten Lebens“) und das Känozoikum („Zeitalter des neuen Lebens“). Diese Ären werden weiters in Perioden und manche von ihnen noch weiter in Epochen der Erdgeschichte unterteilt. Die letzte Epoche war das Holozän. Dieser Begriff kommt aus dem Griechischen und bedeutet: „Das völlig Neue“. Paul Crutzen schlug im Jahre 2003 vor eine neue Epoche in der geologischen Zeitskala zu definieren: Das Anthropozän – als das Zeitalter der Menschen. Laut Definition sollte das Zeitalter ab den Jahre 1780 mit der Erfindung der Kohle angesetzt werden. Die Grenze zwischen Holozän und Anthropozän sind fließend und die Veränderungen des Menschen sind gegenwärtig. Für die Definition einer neuen geologischen Epoche ist ein Massenaussterben wesentlich (vgl. (Grotzinger & Jordan, 2017). Die Autoren Grotzinger & Jordan (2017) gehen davon aus, dass zukünftige Forschende einen besseren Überblick über die aktuellen Geschehnisse haben werden und diese Grenzen deshalb später besser definieren werden können.

2014). Was können mögliche Folgen des Anthropozän sein? Das Klima verändert sich auf unserer Erde. Dementsprechend unvorbereitet ist alles Leben auf diesem Planeten (vgl. Essl & Rabitsch, 2013).

Das Intergovernmental Panel on Climate Change (kurz: IPCC) ist ein Gremium der Vereinten Nationen für die wissenschaftliche Bewertung des Klimawandels. 2021 wurde der Sechste Assessment Report (AR6)¹ veröffentlicht. Der Klimareport verweist auf den aktuellen Stand des Klimas, zeichnet eine mögliche Klimazukunft voraus, gibt eine Risikobewertung und regionale Anpassungen und zeigt wie der künftige Klimawandel begrenzt werden kann (vgl. Masson-Delmotte et al., 2021)⁷⁷.

Wie Essl & Rabitsch (2013) schreiben, wird der Klimawandel und der Schutz der Biodiversität eine der größten Herausforderungen des 21. Jahrhunderts sein. Nicht ohne Grund wurde von den Vereinten Nationen die Jahre von 2021 bis 2030 die Dekade der Wiederherstellung von Ökosystemen als ein Ziel ausgerufen. Die Jahre zuvor, von 2011 bis 2020 waren von den Vereinten Nationen unter den Namen der Dekade für die biologische Vielfalt bezeichnet. Die Biologische Vielfalt wird unter dem Begriff der Biodiversität subsumiert. Die Biodiversität beschreibt nicht nur alles Lebende auf dem Planeten Erde, sondern auch ein Gut – dass es zu schützen gilt (vgl. Weber, 2018).

Die beste Möglichkeit der rasch veränderten Welt zu begegnen und sie für zukünftige Generationen zu schützen, ist es Wissen zu akkumulieren und möglichst vielen sachkundigen Personen zur Verfügung zu stellen. Die Analysen im Rahmen dieser Masterarbeit tragen dazu bei, das Bewusstsein für die sich verändernde Rolle von Herbarien zu schärfen und ihre anhaltende Bedeutung für die Wissenschaft hervorzuheben. Die historische Aufarbeitung besitzt nicht nur im Zuge der Digitalisierung wissenschaftliche Relevanz, sie ist auch Geschichte vieler Sammlender und ForscherInnen, die für Dekaden unentdeckt und vielleicht unberührt vor sich hinschlummerten. Das daraus resultierende Verständnis sollte als Impuls dienen, um zukünftige Entwicklungen gezielt zu fördern, den wissenschaftlichen Fortschritt sowie den Erhalt biologischer Vielfalt und den Lebensraum für Mensch und Tier zu erhalten.

⁷⁷ Der vom Menschen bereits verursachte Klimawandel wirkt sich schon jetzt aus: seit den 1950er Jahren sind Hitzewellen in den meisten Landregionen häufiger geworden. Es ist dabei anzunehmen, dass ohne den Einfluss des Menschen es diese Extreme nicht gegeben hätte. Seit den 1980er Jahren haben sich auch die marinen Hitzewellen verdoppelt (vgl. vgl. Masson-Delmotte, et al., 2021. S. 17.).

8. Literaturverzeichnis

8.1. Literaturverzeichnis

- ABOL (AUSTRIAN BARCODE OF LIFE)—Start der Initiative zur genetischen Erfassung der österreichischen Biodiversität | Naturhistorisches Museum, 03.11.2014 | APA-OTS. (2014, November 3).
http://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20141103_OTS0044/abol-austrian-barcode-of-life-start-der-initiative-zur-genetischen-erfassung-der-oesterreichischen-biodiversitaet-bild
- Benedum, J. (1990). Die Medizinische Fakultät der Ludoviciana im 18. Jahrhundert.
- Bleichmar, D., & Mancall, P. C. (Hrsg.). (2011). Collecting across cultures: Material exchanges in the early modern Atlantic world. University of Pennsylvania Press.
- Boenigk, J. (Hrsg.). (2021). Boenigk, Biologie: Der Begleiter in und durch das Studium. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-61270-5>
- Borsch, T., Berendsohn, W., Dalcin, E., Delmas, M., Demissew, S., Elliott, A., Fritsch, P., Fuchs, A., Geltman, D., Güner, A., Haevermans, T., Knapp, S., Roux, M. M., Loizeau, P., Miller, C., Miller, J., Miller, J. T., Palese, R., Paton, A., ... Zamora, N. (2020). World Flora Online: Placing taxonomists at the heart of a definitive and comprehensive global resource on the world's plants. *TAXON*, 69(6), 1311–1341.
<https://doi.org/10.1002/tax.12373>
- Borsch, T., Stevens, A.-D., Häffner, E., Güntsch, A., Berendsohn, W. G., Appelhans, M., Barilaro, C., Beszteri, B., Blattner, F., Bossdorf, O., Dalitz, H., Dressler, S., Duque-Thüs, R., Esser, H.-J., Franzke, A., Goetze, D., Grein, M., Grünert, U., Hellwig, F., ... Zizka, G. (2020). A complete digitization of German herbaria is possible, sensible and should be started now. *Research Ideas and Outcomes*, 6, e50675.
<https://doi.org/10.3897/rio.6.e50675>
- Bräuchler, C., Schuster, T. M., Vitek, E., & Rainer, H. (2021). The Department of Botany at the Natural History Museum Vienna (Herbarium W) – history, status, and a best practice guideline for usage and requests. *Annalen Des Naturhistorischen Museums in Wien*, 26.
- Brock, P. M., Döring, H., & Bidartondo, M. I. (2009). How to know unknown fungi: The role of a herbarium. *New Phytologist*, 181(3), 719–724. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02703.x>
- Buerki, S., & Baker, W. J. (2016). Collections-based research in the genomic era. *Biological Journal of the Linnean Society*, 117(1), 5–10. <https://doi.org/10.1111/bij.12721>
- Drábková, L. Z. (2014). DNA Extraction from Herbarium Specimens. In P. Besse (Hrsg.), *Molecular Plant Taxonomy* (Bd. 1115, S. 69–84). Humana Press. https://doi.org/10.1007/978-1-62703-767-9_4

- Essl, F., & Rabitsch, W. (Hrsg.). (2013). Biodiversität und Klimawandel. Springer Berlin Heidelberg.
<https://doi.org/10.1007/978-3-642-29692-5>
- Fehrmann, G. (Hrsg.). (2004). Originalkopie: Praktiken des Sekundären (1. Aufl). DuMont.
- Finger, J., Keller, S., & Wirsching, A. (Hrsg.). (2009). Vom Recht zur Geschichte: Akten aus NS-Prozessen als Quellen der Zeitgeschichte (1. Aufl.). Vandenhoeck & Ruprecht.
<https://doi.org/10.13109/9783666355004>
- Fischer, M. A. (2008). Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol.
- Fischer, V. M., Moschner, I., & Schönmann, R. (1976). Das Naturhistorische Museum in Wien und seine Geschichte. 27.
- Föhr, P. (2018). Historische Quellenkritik im Digitalen Zeitalter. Universität Basel.
- Garnett, S. T., Christidis, L., Conix, S., Costello, M. J., Zachos, F. E., Bánki, O. S., Bao, Y., Barik, S. K., Buckeridge, J. S., Hobern, D., Lien, A., Montgomery, N., Nikolaeva, S., Pyle, R. L., Thomson, S. A., van Dijk, P. P., Whalen, A., Zhang, Z.-Q., & Thiele, K. R. (2020). Principles for creating a single authoritative list of the world's species. PLOS Biology, 18(7), e3000736.
<https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000736>
- Götzl, M. (2003). Die österreichischen Sammlungen und Datenbanken zur Artenvielfalt: Eine interdisziplinäre Studie im Rahmen der Global Biodiversity Information Facility. Umweltbundesamt.
- Grass, A., Bernhardt, K.-G., Tremetsberger, K., Hössinger, R., & Stoeckl, N. (2013). Veränderung der Artenvielfalt im pannonischen Niederösterreich – Auswertung des BOKU-Herbariums als Zeitzeuge.
- Grotzinger, J., & Jordan, T. (2017). Press/Siever Allgemeine Geologie. Springer Berlin Heidelberg.
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-48342-8>
- Grünblatt, E. (2014). Was sind Omics? PSYCH up2date, 8(06), 343–346. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1387400>
- Güntsch, A., Groom, Q., Hyam, R., Chagnoux, S., Röpert, D., Berendsohn, W. G., Casino, A., Droege, G., Gerritsen, W., Holetschek, J., Marhold, K., Mergen, P., Rainer, H., Smith, V., & Triebel, D. (2018). Standardised Globally Unique Specimen Identifiers. Biodiversity Information Science and Standards, 2, e26658. <https://doi.org/10.3897/biss.2.26658>
- Hawksworth, D. L. (1985). Fungus Culture Collections as a Biotechnological Resource. Biotechnology and Genetic Engineering Reviews, 3(1), 417–453. <https://doi.org/10.1080/02648725.1985.10647820>
- Hawksworth, D. L., & Lücking, R. (2017). Fungal Diversity Revisited: 2.2 to 3.8 Million Species. Microbiology Spectrum, 5(4), 5.4.10. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.FUNK-0052-2016>

- Herrmann, B., Stobbe, U., & Graduiertenkolleg 1024, Interdisziplinäre Umweltgeschichte (Hrsg.). (2009).
Schauplätze und Themen der Umweltgeschichte: Umwelthistorische Miszellen aus dem
Graduiertenkolleg: Werkstattbericht. Universitätsverlag Göttingen.
- Hoffschildt, F. (1901). Einteilung der Pflanzen. Linnés (künstliches) System. Natürliche Systeme. In Erster
Unterricht des jungen Drogisten (S. 149–153). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-02132-3_61
- Hurka, H., & Neuffer, B. (2011). Geschichte und Bedeutung von Herbarien. 20.
- Kadereit, J. W., Körner, C., Nick, P., & Sonnewald, U. (2021). Strasburger – Lehrbuch der
Pflanzenwissenschaften. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-61943-8>
- Karafyllis, N. C. (Hrsg.). (2019). Theorien der Lebensammlung: Pflanzen, Mikroben und Tiere als Biofakte in
Genbanken. Verlag Karl Alber. <https://doi.org/10.5771/9783495817285>
- Kersten, J. (2014). Das Anthropozän-Konzept. Rechtswissenschaft, 5(3), 378–414. <https://doi.org/10.5771/1868-8098-2014-3-378>
- Kiehn, M. (1992). Der Botanische Garten der Universität Wien. Abhandlungen der Zoologisch-Botanischen
Gesellschaft in Österreich – 26, 96–112.
- Kilcher, A. B. (Hrsg.). (2011). Zirkulationen. Diaphanes.
- Kitchin, R. (2014). Big Data, new epistemologies and paradigm shifts. Big Data & Society, 1(1),
205395171452848. <https://doi.org/10.1177/2053951714528481>
- Klemun, M. (2017). Gärten und Sammlungen. In M. Sommer, S. Müller-Wille, & C. Reinhardt (Hrsg.),
Handbuch Wissenschaftsgeschichte (S. 235–244). J.B. Metzler. https://doi.org/10.1007/978-3-476-05347-3_21
- Kreuder-Sonnen, K. (2012). Wie die Mikroben nach Warschau kamen: Wissenstransfer in der Bakteriologie in
den 1880er Jahren. NTM Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaften, Technik und Medizin, 20(3),
157–180. <https://doi.org/10.1007/s00048-012-0077-6>
- Kuckartz, U., Rädiker, S., Ebert, T., & Schehl, J. (2013). Statistik: Eine verständliche Einführung. VS Verlag für
Sozialwissenschaften. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-19890-3>
- Kuhn, T. (2017). Digitaler Zwilling. Informatik-Spektrum, 40(5), 440–444. <https://doi.org/10.1007/s00287-017-1061-2>
- Latour, B. (1983). « Visualisation and Cognition: Drawing Things Together ».
- Leonelli, S. (2014). Data Interpretation in the Digital Age. Perspectives on Science, 22(3), 397–417.
https://doi.org/10.1162/POSC_a_00140

- Leonelli, S., & Tempini, N. (Hrsg.). (2020). *Data Journeys in the Sciences*. Springer International Publishing.
<https://doi.org/10.1007/978-3-030-37177-7>
- Mägdefrau †, K. (2013a). Carl von Linné. In K. Mägdefrau, *Geschichte der Botanik* (S. 61–77). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-39400-3_5
- Mägdefrau †, K. (2013b). Das natürliche System. In K. Mägdefrau, *Geschichte der Botanik* (S. 78–89). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-39400-3_6
- Mägdefrau †, K. (2013c). Die Anfänge der Systematik. In K. Mägdefrau, *Geschichte der Botanik* (S. 43–60). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-39400-3_4
- Mägdefrau †, K. (2013d). Die «Väter der Pflanzenkunde». In K. Mägdefrau, *Geschichte der Botanik* (S. 23–42). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-39400-3_3
- Masson-Delmotte, V, P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, & B. Zhou. (2021). IPCC, 2021: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change: Bd. Cambridge University Press. Press.
- Moretti, F. (2009). *Kurven, Karten, Stammbäume. Abstrakte Modelle für die Literaturgeschichte*.
- Morgan, M. S., & Howlett, P. (2011). *How Well Do Facts Travel? : The Dissemination of Reliable Knowledge*. Cambridge University Press; eBook Collection (EBSCOhost).
<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=352467&site=ehost-live>
- Mudry, A. (2014). Caspar Bauhin (1560–1624) und die Ileoökalplatte. *Swiss Medical Forum – Schweizerisches Medizin-Forum*, 14(26). <https://doi.org/10.4414/smf.2014.01960>
- Müller-Wille, S. (2002). Text, Bild und Diagramm in der klassischen Naturgeschichte.
- Müller-Wille, S. (2006). Linnaeus' herbarium cabinet: A piece of furniture and its function. *Endeavour*, 30(2), 60–64. <https://doi.org/10.1016/j.endeavour.2006.03.001>
- Müller-Wille, S. (2020). Data, Meta Data and Pattern Data: How Franz Boas Mobilized Anthropometric Data, 1890 and Beyond. In S. Leonelli & N. Tempini (Hrsg.), *Data Journeys in the Sciences* (S. 265–283). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37177-7_14
- Müller-Wille, S., & Charmantier, I. (2012). Natural history and information overload: The case of Linnaeus. *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 43(1), 4–15. <https://doi.org/10.1016/j.shpsc.2011.10.021>

- Nickelsen, K. (2018). Die Zukunft der Wissen/schaft/s geschichten. *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte*, 41(4), 409–412. <https://doi.org/10.1002/bewi.201801928>
- Parnell, J. (2001). The monetary value of herbarium collections. In *Biological Collections and Biodiversity*.
- Patterson, D. J., Cooper, J., Kirk, P. M., Pyle, R. L., & Remsen, D. P. (2010). Names are key to the big new biology. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(12), 686–691. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.09.004>
- Patterson, D., Mozzherin, D., Shorthouse, D., & Thessen, A. (2016). Challenges with using names to link digital biodiversity information. *Biodiversity Data Journal*, 4, e8080. <https://doi.org/10.3897/BDJ.4.e8080>
- Petrak, F. (1948). Das Naturhistorische Museum im Kriege. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, 56.
- Pistelli, L., Ascrizzi, R., Giuliani, C., Cervelli, C., Ruffoni, B., Princi, E., Fontanesi, G., Flamini, G., & Pistelli, L. (2020). Growing basil in the underwater biospheres of Nemo's Garden®: Phytochemical, physiological and micromorphological analyses. *Scientia Horticulturae*, 259, 108851. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108851>
- Porter, T. M. (2020). Most Often, What Is Transmitted Is Transformed. In S. Leonelli & N. Tempini (Hrsg.), *Data Journeys in the Sciences* (S. 229–236). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37177-7_12
- Rainer, H., Berger, A., Schuster, T., Walter, J., Reich, D., Zernig, K., Danihelka, J., Galušková, H., Mráz, P., Tkach, N., Hentschel, J., Müller, J., Wagner, S., Berendsohn, W., Lücking, R., Vogt, R., Pignotti, L., Roma-Marzio, F., & Peruzzi, L. (2023). Community Curation of Nomenclatural and Taxonomic Information in the Context of the Collection Management System JACQ. *Biodiversity Information Science and Standards*, 7, e112571. <https://doi.org/10.3897/biss.7.112571>
- Riedl-Dorn, C. (2014). Botaniker-Pflanzenjäger-Intriganten? Die Rolle der Pflanzenkunde bei der Weltumsegelung der Fregatte „Novara“ (1857—1859) In: (Ed.) I. Kästner, J. Kiefer, M. Kiehn, J. Seidl: *Europäische Wissenschaftsbeziehungen Band 7—Erkunden, Sammeln, Notieren und Vermitteln—Wissenschaft im Gepäck von Handelsleuten, Diplomaten und Missionaren* (Shaker Verlag, Aachen, 2014) S. 373—394. *Europäische Wissenschaftsbeziehungen Band 7*, 7, 373–394.
- Saier, M. H., & Trevors, J. T. (2010). Phytoremediation. *Water, Air, and Soil Pollution*, 205(S1), 61–63. <https://doi.org/10.1007/s11270-008-9673-4>
- Sarasin, P. (2011). Was ist Wissensgeschichte? *Internationales Archiv für Sozialgeschichte der deutschen Literatur (IASL)*, 36(1). <https://doi.org/10.1515/iasl.2011.010>

- Schönbeck-Temesy, E. (1992). Zur Geschichte des Herbars der Wiener Universität. *Abhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Österreich*, 26, 69–95.
- Secord, J. A. (2004). Knowledge in Transit. *Isis*, 95(4), 654–672. <https://doi.org/10.1086/430657>
- Smith, L. T., Magdalena, C., Przelomska, N. A. S., Pérez-Escobar, O. A., Melgar-Gómez, D. G., Beck, S., Negrão, R., Mian, S., Leitch, I. J., Dodsworth, S., Maurin, O., Ribero-Guardia, G., Salazar, C. D., Gutierrez-Sibauty, G., Antonelli, A., & Monro, A. K. (2022). Revised Species Delimitation in the Giant Water Lily Genus *Victoria* (Nymphaeaceae) Confirms a New Species and Has Implications for Its Conservation. *Frontiers in Plant Science*, 13, 883151. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.883151>
- Sommer, M., Müller-Wille, S., & Reinhardt, C. (Hrsg.). (2017). *Handbuch Wissenschaftsgeschichte*. J.B. Metzler Verlag.
- Staples, C. (o. J.). *Joseph Pitton de Tournefort Biography*.
- Stützel, T. (2021). *Botanische Bestimmungsübungen: Praktische Einführung in die Pflanzenbestimmung* (4., vollständig aktualisierte Auflage). Verlag Eugen Ulmer.
- Tegelberg, R., Mononen, T., & Saarenmaa, H. (2014). High-performance digitization of natural history collections: Automated imaging lines for herbarium and insect specimens. *Taxon*, 63(6), 1307–1313. <https://doi.org/10.12705/636.13>
- Thiers, B. M., Tulig, M. C., & Watson, K. A. (2016). Digitization of The New York Botanical Garden Herbarium. *Brittonia*, 68(3), 324–333. <https://doi.org/10.1007/s12228-016-9423-7>
- Thiers B. M (updated continuously). (o. J.). *Index Herbariorum*. <http://sweetgum.nybg.org/science/ih/>
- Till, W. (2012). Herbarium der Universität Wien. In C. Feigl (Hrsg.), *Schaukästen der Wissenschaft* (S. 89–92). Böhlau Verlag. <https://doi.org/10.7767/boehlau.9783205792284.89>
- Trinity College Dublin. (2015). Botanical big data helping to predict how plant species will react to environmental change. *ScienceDaily*. <https://doi.org/www.sciencedaily.com/releases/2015/12/151221193538.htm>
- Tschiggerl, M., Walach, T., & Zahlmann, S. (2019). *Geschichtstheorie*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-22882-8>
- Turland, N. (2019). *The Code Decoded: A user's guide to the International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants*. Pensoft Publishers. <https://doi.org/10.3897/ab.e38075>
- Turland, N. J., & Wiersema, J. H. (2017). Synopsis of Proposals on Nomenclature - Shenzhen 2017: A review of the proposals concerning the International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants submitted to the XIX International Botanical Congress. *TAXON*, 66(1), 217–274. <https://doi.org/10.12705/661.36>

- Victor, J. E. (Hrsg.). (2004). Herbarium essentials: The Southern African herbarium user manual. National Botanical Institute, SABONET.
- von Engelhardt, D., Kästner, I., Kiefer, J., Band, K., Seidl, J., Iren, D., & Riedl-Dorn, C. (2020). Die wundersamen Wege des Zuwachses der Pflanzensammlungen des Wiener Naturhistorischen Museums (S. 161–180).
- Vowinckel, A. (2012). Kritik der Forschungslücke. WERKSTATTGeschichte(61), 43–48.
- Wäldchen, J., & Mäder, P. (2018). Machine learning for image based species identification. *Methods in Ecology and Evolution*, 9(11), 2216–2225. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13075>
- Wäldchen, J., & Mäder, P. (2019). Flora Incognita – wie künstliche Intelligenz die Pflanzenbestimmung revolutioniert: Botanik. *Biologie in unserer Zeit*, 49(2), 99–101. <https://doi.org/10.1002/biuz.201970211>
- Weber, E. (2018). Biodiversität—Warum wir ohne Vielfalt nicht leben können. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-55624-5>
- Weirauch, C., Cranston, P. S., Simonsen, T. J., & Winterton, S. L. (2020). New ways for old specimens – museomics is transforming the field of systematic entomology.

9. Tabellenverzeichnis

Abb.1 Die Pflanzenaufteilung im Herbarium der Universität Wien	36
Abb.2 Impressionen des Herbariums	37
Abb.3 Foto des „Alten Museums“ (1890).	40
Abb.4 Die Pflanzenaufteilung in der Botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museum von Wien	43
Abb.5 Die Pflanzengroßgruppen des Herbariums der Universität Wien und der Botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museum von Wien im Vergleich	53
Abb.6 Die Phanerogamensammlung und die Kryptogamensammlung beider Institute (Herbariums der Universität Wien und der Botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museums von Wien) im Vergleich	53
Abb.7 Herbarentlehnungsbuch der Universität Wien (links: Außenansicht, rechts: Innenansicht)	57
Abb.8 Journalbuch der Universität Wien (zwei exemplarische Seiten)	58
Abb.9 Eine exemplarische Seite von JACQ Statistics	59
Abb.10 Herbarium NHMW: Entlehn-Journal Herbarium von 1971 bis 2017 (exemplarische Seite)	60
Abb.11 Botanische Abteilung des Naturhistorischen Museum Wien - Die internationale Vernetzung	64
Abb.12 Herbarium der Universität Wien - Die internationale Vernetzung	65
Abb.13 Herbarium der Universität Wien - Vernetzung zwischen der Universität Wien mit der Botanischen Abteilung des Naturhistorischen Museum Wien	66
Abb.14 Nationale und internationale Verflechtung beider Institute (dargestellt in Prozent)	67
Abb.15 Botanische Abteilung des Naturhistorischen Museum Wien - Die kontinentale Vernetzung	68
Abb.16 Herbarium der Universität Wien - Die kontinentale Vernetzung	69
Abb.17 Botanische Abteilung des Naturhistorischen Museum Wien - Die entlehnten Pflanzenausgänge	70
Abb.18 Herbarium der Universität Wien - Die entlehnten Pflanzenausgänge	71
Abb.19 Botanische Abteilung des Naturhistorischen Museum Wien - Die ausgeliehenen Pflanzeneingänge	72
Abb.20 Herbarium der Universität Wien - Die ausgeliehenen Pflanzeneingänge	73
Abb.21 Herbarium der Universität Wien - Die entlehnten Pilzausgänge	74
Abb.22 Herbarium der Universität Wien - Die ausgeliehenen Pilzeingänge	75
Abb.23 Herbarium der Universität Wien - der gesamte Pilztransfer	76
Abb.24 Herbarium der Universität Wien - Die ausgeliehenen Algeneingänge	77
Abb.25 Botanische Abteilung des Naturhistorischen Museum Wien - Datenzirkulation der 10 häufigsten Pflanzenfamilien/arten	78
Abb.26 Botanische Abteilung des Naturhistorischen Museum Wien - Datenzirkulation von Rubiaceae und Compositae	79
Abb.27 Herbarium der Universität Wien - Datenzirkulation der 10 häufigsten Pflanzenfamilien/arten	80
Abb.28 Herbarium der Universität Wien - Datenzirkulation von Hieracium und Ranunculaceae	81
Abb.29 Herbarium der Universität Wien - Datenzirkulation mit PE	83
Abb.30 Das getrocknete Holotypusexemplar von <i>Thelonectria westlandica</i> (Dingley) aus PDD	84
Abb.31 Botanische Abteilung des Naturhistorischen Museum Wien - Herbarentlehnung im Vergleich zur Digitalisierungsrate des Museums	85
Abb.32 Herbarium der Universität Wien - Herbarentlehnung im Vergleich zur Digitalisierungsrate des Herbars	86
Abb.33 Botanische Abteilung des Naturhistorischen Museum Wien und Herbarium der Universität Wien - Die Digitalisierungsrate beider Institute	87
Abb.34 Botanische Abteilung des Naturhistorischen Museum Wien - Digitalisierungen insgesamt	88
Abb.35 Herbarium der Universität Wien - Digitalisierungen insgesamt	88

10. Zusammenfassung/Abstract

Zusammenfassung

Botanischen Sammlungen sind Bibliotheken der Arten. Sie konservieren aktuelles und historisches Wissen und bewahren weltweit relevantes Kulturgut für die Nachwelt, wobei die Wiener Sammlungen weltweit einzigartige Referenzexemplare bereithalten und für neue Forschungen zugänglich machen (Herbariumakronym W und WU). Im Übergang von physischen Herbarien zu botanisch-taxonomischen Datenbanken kommt es hierbei derzeit zu einem epochalen Medienwandel, der die Materialgrundlage der Botanik transformiert. Durch eine quantitative Analyse der Nutzungs- und Entlehnungsdaten der verschiedenen Herbarien seit den 2000er Jahren werden im Sinne der Zirkulationsanalyse und Datengeschichte Nutzungsmuster identifiziert, die geographisch aber auch nach Pflanzengroßfamilien aufgeschlüsselt werden. Hierdurch wird es möglich zu zeigen, dass sich die beiden Formen der Herbarien nicht lediglich ersetzen, sondern dass die verdoppelte Materialgrundlage neue Infrastrukturen der Forschung erzeugt, wobei beide Formate ihre Stärken haben. Die Digitalisate der Herbarbögen ermöglichen weitere Distribution, sowie einen niederschwelligeren, globaleren Zugang zu den biologischen Archiven.

Die Arbeit verfolgt mit dieser Detailanalyse der letzten 20 Jahre verschiedene Zielstellungen. Neben der Sichtbarmachung des Wertes dieser außergewöhnlichen öffentlichen Güter (z.B. für die Biodiversitätsforschung und taxonomische Grundlagenforschung) geht es auf der Basis der erhobenen NutzerInnendaten um die Evaluierung der Chancen und Risiken der beiden Herbarien aus Wien und deren laufende Digitalisierung. Unterstrichen wird zudem die fundamentale Bedeutung der neuen Datenarchitekturen und der Standardisierung von Metadaten.

Abstract

Botanical collections are libraries of species. They conserve current and historical knowledge and preserve globally relevant cultural assets for posterity, with the Vienna collections holding globally unique reference specimens and making them accessible for new research (herbarium acronym W and WU). In the transition from physical herbaria to botanical-taxonomic databases, an epochal change in media is currently taking place that is transforming the material basis of botany. Through a quantitative analysis of the use and borrowing data of the various herbaria since the 2000s, patterns of use are identified in terms of circulation analysis and data history, which are broken down geographically but also by plant extended families. This makes it possible to show that the two forms of herbaria do not merely replace each other, but that the

duplicated material base generates new infrastructures of research, with both formats having their strengths. The digital copies of the herbaria sheets allow further distribution, as well as a lower-threshold, more global access to the biological archives. With this detailed analysis of the last 20 years, the work pursues various objectives. In addition to making the value of these extraordinary public goods visible (e.g. for biodiversity research and basic taxonomic research), it is about evaluating the opportunities and risks of the two herbaria from Vienna and their ongoing digitisation on the basis of the collected user data. The fundamental importance of new data architectures and the standardisation of metadata will also be emphasised.

11. Anhang

11.1. Quellenverzeichnis

ⁱ Länderakronyme für „W_Vernetzung_international %“:

1. WU= Universität Wien Austria. Wien.
2. AUT= Institute/Firmen in Österreich
3. LI= Oberösterreichische Landeskultur GmbH Austria. Linz.
4. MSB= Ludwig-Maximilians-Universität Germany. München.
5. BZE= Botanischer Garten und Botanisches Museum, Freie Universität Berlin Germany. Berlin.
6. MO= Missouri Botanical Garden U.S.A. Missouri. Saint Louis.
7. K= Royal Botanic Gardens U.K. England. Kew.
8. M= Staatliche Naturwissenschaftliche Sammlungen Bayerns (SNSB) Germany. München.
9. MA= Real Jardín Botánico Spain. Madrid. Madrid.
10. L= Naturalis Biodiversity Center The Netherlands. Leiden.
11. E= Royal Botanic Garden Edinburgh U.K. Scotland. Edinburgh.
12. NY= The New York Botanical Garden U.S.A. New York. Bronx.
13. H= University of Helsinki Finland. Helsinki.
14. P= Muséum National d'Histoire Naturelle France. Paris.
15. C= University of Copenhagen Denmark. Copenhagen.
16. TUB= Universität Tübingen Germany. Tübingen.
17. G= Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève Switzerland. Genève.
18. GZU= Karl-Franzens-Universität Graz Austria. Graz.
19. US= Smithsonian Institution U.S.A. District of Columbia. Washington.
20. LD= Lund University Sweden. Lund.
21. BM= The Natural History Museum U.K. England. London.
22. IBF = Tiroler Landesmuseum Austria. Hall in Tirol.

ⁱⁱ Länderakronyme für „WU_Vernetzung_international %“:

1. W= Naturhistorisches Museum Wien Austria. Wien.
2. K= Royal Botanic Gardens U.K. England. Kew.
3. KL= Landesmuseum für Kärnten Austria. Klagenfurt am Woerthersee.
4. LI = Oberösterreichische Landeskultur GmbH Austria. Linz.
5. GZU= Karl-Franzens-Universität Graz Austria. Graz.
6. M= Staatliche Naturwissenschaftliche Sammlungen Bayerns (SNSB) Germany. München.
7. E.P.= einzelne Person (es wurden Namen nicht genauer definiert.)
8. E= Royal Botanic Garden Edinburgh U.K. Scotland. Edinburgh.
9. B= ZE Botanischer Garten und Botanisches Museum, Freie Universität Berlin Germany. Berlin. Berlin.
10. MO= Missouri Botanical Garden U.S.A. Missouri. Saint Louis.
11. G= Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève Switzerland. Genève.
12. NY= The New York Botanical Garden U.S.A. New York. Bronx.
13. MA= Real Jardín Botánico Spain. Madrid. Madrid.
14. HAL= Martin-Luther-Universität Germany. Halle.
15. IB= Universität Innsbruck Austria.
16. L= Naturalis Biodiversity Center The Netherlands. Leiden.

-
17. C= University of Copenhagen Denmark. Copenhagen.
 18. UPS= Museum of Evolution Sweden. Uppsala.
 19. GJO= Universalmuseum Joanneum Austria. Graz.

ⁱⁱⁱ Länderakronyme für „W_Vernetzung_International vs. National“:

WU = Universität Wien Austria. Wien
AUT = Österreich
LI = 1. LI= Oberösterreichische Landeskultur GmbH Austria. Linz.
WNLN = Niederösterreichisches Landesmuseum Austria. St. Pölten.
GJO = Universalmuseum Joanneum Austria. Graz.
SZU = University of Salzburg Austria. Salzburg.
IB = Universität Innsbruck Austria.
IBF = Tiroler Landesmuseum Austria. Hall in Tirol.
KL = Landesmuseum für Kärnten Austria. Klagenfurt am Woerthersee.
SZB = Haus der Natur Austria. Salzburg.
GZU = Karl-Franzens-Universität Graz Austria. Graz.
WUP = University of Vienna Austria.

^{iv} Länderakronyme für „WU_Vernetzung_International vs. National“:

BREG = inatura Erlebnis Naturschau GmbH Austria. Dornbirn.
WFBVA = Federal Research and Training Centre for Forests, Natural Hazards and Landscape (BFW) Austria. Wien.
GJO = Universalmuseum Joanneum Austria. Graz.
WHB = Universität für Bodenkultur / University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna Austria. Wien.
SZU = University of Salzburg Austria. Salzburg.
NBSI = Biologische Station Neusiedler See Austria. Burgenland. Illmitz.
IB = Universität Innsbruck Austria.
IBF = Tiroler Landesmuseum Austria. Hall in Tirol.
W = Naturhistorisches Museum Wien Austria. Wien.
KL = Landesmuseum für Kärnten Austria. Klagenfurt am Woerthersee.
SZB = Haus der Natur Austria. Salzburg.
GZU = Karl-Franzens-Universität Graz Austria. Graz.
WUP = University of Vienna Austria.
PERSON = in Österreich
LI = Oberösterreichische Landeskultur GmbH Austria. Linz.