

Wissenschaftliche Sammlungen

Unersetzbare Ressource der Biodiversitätsforschung

von Michael Türkay

Die Erforschung der Biodiversität ist mittlerweile allgemein als eine der zentralen Herausforderungen der Biowissenschaften erkannt. Inventarisierung, Benennung und Dokumentation zählen ebenso zu ihren Methoden wie die Analyse von Diversitätswandel (Monitoring i. w. S.). Alle diese Bereiche der Diversitätsforschung stützen sich unverzichtbar auch auf wissenschaftliche Sammlungen, in denen Organismen, Teile davon und zunehmend auch ihre DNA dauerhaft konserviert werden. So erklärt sich, dass international wahrnehmbare organismische Biodiversitätsforschung stets eng mit wissenschaftlichen Sammlungen verknüpft ist.

Die Bedeutung wissenschaftlicher Sammlungen für die Biologie

Sammlungen gehören zur Forschungsinfrastruktur der Taxonomie. Im Zweifel und beim Auftauchen neuer Konzepte müssen Individuen verglichen, klassifiziert und aus ihnen neue Teilmengen (Populationen, Arten, Gattungen, Klassen etc.) gebildet werden. Da dieselben Individuen bereits früher einmal oder sogar mehrmals Pate für Teilmengen standen, lassen sich so alte Systeme und Konzepte auf neue übertragen und auch frühere Ergebnisse in heutige übersetzen. Besonders augenfällig ist dies bei der Umweltforschung. Mit steigenden Temperaturen, aber auch durch andere Umweltverschiebungen verändern sich Flora und Fauna, neue Arten treten plötzlich anstelle altbekannter auf. Bei subtilen Verschiebungen zugunsten nahe verwandter Arten hilft der Literaturvergleich nur wenig weiter, denn sehr oft bleibt unklar, ob sich tatsächlich das Artenspektrum geändert hat oder nur unser Verständnis von den Arten und ihrer Umgrenzung. Im ersten Fall handelt es sich um eine Umweltveränderung, im zweiten aber nicht. Als einzige Lösung bleibt der Individuenvergleich mit den Exemplaren, die den alten Meldungen zugrunde lagen. Solche Belege werden in wissenschaftlichen Sammlungen aufbewahrt,

die damit einerseits Archive für das Vorkommen bestimmter Arten an einem bestimmten Ort und zu einer bestimmten Zeit sind, andererseits zum Verständnis früherer wissenschaftlicher Konzepte und Theorien herangezogen werden können.

Nicht nur für die Taxonomie (die Wissenschaft von der Unterscheidung und Umgrenzung der Arten) ist die Verfügbarkeit von Wissen, das sich auf konkrete Tier- oder Pflanzenarten bezieht, essenziell; sie hat auch für ganz andere biologische Disziplinen eine entscheidende Bedeutung. In der Tierphysiologie etwa hängen die Vergleichbarkeit von Ergebnissen und die Reproduzierbarkeit von Versuchen entscheidend von der Frage ab, ob für die Experimente dieselben Arten verwendet wurden. Dasselbe gilt für die Molekularbiologie, zumal die Molekulargenetik mittlerweile taxonorientiert arbeitet und in der Genom-Datenbank Sequenzen unter Artnamen hinterlegt werden. Hier wird die eminente Bedeutung artbezogener Vergleichbarkeit für ganz praktische Fragen deutlich. Noch viel mehr gilt dies in nutzungsrelevanten Disziplinen wie Naturstoffchemie, Landwirtschaft und Fischerei. Für erfolgreiches Ressourcenmanagement und die Beurteilung der durchgeführten Maßnahmen ist eine Vergleichbarkeit der untersuchten Gegenstände unabdingbar.

Abb.1
Große Säugetiere
dokumentieren frühere
Faunen der Tropen.
Foto: Jan Hosan.



Abb. 2
Die Beziehungen zwischen dem Sammlungsobjekt und der biologischen Einheit (Taxon), dem das Objekt zugeordnet wird, sind komplex und im Lauf der Zeit veränderlich. Die Abbildung dieser Zusammenhänge in Datenbanken ist eine Herausforderung.

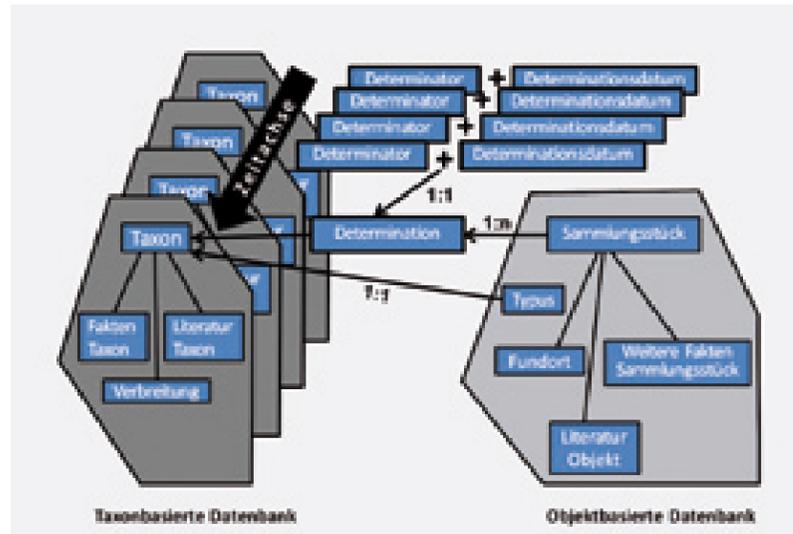


Abb. 3
Dank moderner Rollregalanlagen lässt sich die Lagerkapazität für Sammlungen deutlich erhöhen. Foto: Andreas Allspach.



Schließlich ist neben dem wissenschaftlichen Potenzial der Sammlungen auch „die Sicherung und Aufbewahrung von Primärdaten“ einer der Grundpfeiler zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) vorgegeben wird. Hier erfüllen die Sammlungen regional und international wesentliche Servicefunktionen und versorgen internationale Großforschungsprojekte wie z. B. den „Census of the Marine Life“, „Tree of Life“, „Diversitas“ oder auch nationale Projekte wie „Deep Phylogeny“, „Biota“, etc. mit überprüfbar Vergleichsmaterial.

Um Sammlungen funktionsfähig zu halten, müssen sie wissenschaftlich betreut und erschlossen werden, andernfalls mutieren sie allmählich zu einer Ansammlung von Objekten, die bestenfalls den Kenntnisstand der Zeit konservieren, in der sie noch bearbeitet wurden. Der Erhalt der „Forschungsinfrastruktur Sammlung“ setzt also ständige Pflege und Bearbeitung voraus. Die Informationen sollten sinnvollerweise in einer Datenbank gespeichert werden, damit sie global zugänglich gemacht werden können. Nur solche über das Internet öffentlich angebotene Datensammlungen bieten die Gewähr, dass sie international nachhaltig wahrgenommen und genutzt werden. Sie werden damit Teil der Biodiversitätsforschung im internationalen Rahmen, aber auch der Repatriierung von Informationen zur Biodiversität wie sie die Biodiversitätskonvention (Convention on Biological Diversity) fordert.



Die Informationsfülle aufbereiten und zugänglich machen

Kein Bereich der Wissenschaft kommt heute ohne IT-Unterstützung aus. Grund dafür ist der exponentielle Anstieg der Material- und Datenmenge. Wenn es gelingen soll, diese Informationen im Sinne einer Infrastruktur zu nutzen und auch zugänglich zu halten, müssen sie in möglichst großem Umfang digital erfasst und via Internet publiziert werden. Nur so ist die Gewähr gegeben, dass nicht nur die Eignereinstitution (und oft nur eine einzige Abteilung oder Sektion darin) um die Existenz allgemein wichtiger Daten zu bestimmten Organismengruppen weiß.

Die Basis eines Internetangebotes ist stets eine Datenbank, die den Zugang zur Information sicherstellen muss. Die Datenbank muss so strukturiert sein, dass mit ihrer Hilfe die Bedürfnisse und Fragen des Nutzers beantwortet werden können. Dabei ist es wichtig, den fundamentalen Unterschied zwischen *objektbezogenen* und *taxonbezogenen* Daten zu verstehen und in der Datenbankstruktur abzubilden.

In der Sammlung haben wir einzelne **Naturobjekte**. Diese besitzen einen an sie gebundenen Fundort, ein Funddatum, einen Sammler, aber eben auch eine ihnen durch einen Wissenschaftler zu einem bestimmten Zeitpunkt (Datum)

gegebene Bestimmung (Zuordnung zu einer Tier- oder Pflanzenart). Im Lauf der Jahrzehnte und Jahrhunderte kann sich diese Namenszuordnung ändern, so dass ein Objekt nach und nach mehreren Arten zugeordnet gewesen sein kann. Diese unterschiedlichen Benennungen müssen nicht unbedingt immer durch Namensänderungen im Zuge des wissenschaftlichen Fortschrittes bedingt sein, sondern es können in dieser Namensabfolge auch Fehlbestimmungen aufgetreten sein. Diese sind aber ebenso „wahr“ an das Objekt geknüpft wie alle anderen Namen, die es jemals gehabt hatte.

Im Gegensatz zum Objekt, das stets ein körperlich existierendes Sammlungsstück ist, ist das **Taxon**, also eine Art, eine Gattung oder eine Familie, ein wissenschaftliches Konstrukt. Es gehören nämlich alle Individuen (und damit auch Sammlungsobjekte) zu einer Art, die bestimmte Eigenschaften gemeinsam haben (ebenso gehören alle Arten zu einer Gattung, wenn sie bestimmte Eigenschaften gemeinsam haben, und dasselbe gilt für die Zusammenfassung von Gattungen zu einer Familie etc.). Welche Eigenschaften eine Art, Gattung oder Familie definieren, ist eine wissenschaftliche Aussage und daher mit dem Fortschritt der Wissenschaft und ihrer Theorien veränderlich. Selbstverständlich wurden Arten im vorletzten Jahrhundert sehr viel breiter definiert als in einer Zeit, in der die Mikroskopie (einschließlich der Elektronenmikroskopie) große Fortschritte gemacht

Abb. 4
Unter den Sammlungsstücken bei den Großsäugetieren finden sich sowohl Dermoplastiken als auch Skelette. Letztere werden meist in einzelne Knochen zerlegt und in Kunststoffbehältern (Fässer im Hintergrund) aufbewahrt. Foto: Sven Tränkner.

Abb. 7
Die Sammlung mariner Schwämme erlaubt Einblicke in die Tierwelt der Tiefsee.
Foto: Jan Hosan.



Abb. 5/6
Oben:

Die Crustaceen (Krebstiere) werden nicht nur in Hinblick auf ihre Taxonomie untersucht, sondern sie sind auch Zeitzeugen für den Zustand der Flachmeere.
Foto: Jan Hosan.

Unten:
Löwenschädel geben Hinweise auf die Populationsstruktur der Art in vergangenen Zeiten.
Foto: Jan Hosan.

hatte. Plötzlich erkannte man, dass früher aufgrund ihres Aussehens als einheitlich gedeutete Strukturen gar nicht so einheitlich waren.

Diese genauere Merkmalsanalyse führte aber nicht nur zur immer feineren Aufteilung der Arten und auch höherer Taxa, sondern es kam manchmal zu grundsätzlich anderen Deutungen der Merkmale. Damit mussten die zuvor einer Art zugeordneten Individuen umgruppiert und umsortiert werden. Dieser Prozess war keine einmalige Revolution, sondern fand stetig und fortlaufend statt. Er dauert immer noch an und wird auch nie zum Abschluss kommen, es sei denn es gäbe keinen methodischen und wissenschaftlichen Fortschritt mehr.

Namen erzählen Geschichte(n)

Das Taxon als wissenschaftliches Konzept hat natürlich auch ihm zugeordnete Daten. So hat die Art neben bestimmten morphologischen Merkmalen (entsprechend ihrer ökologischen Potenz) eine Verbreitung und ökologischen Limitationen. Zu diesen Daten zählen, wie oben bereits erwähnt, die Namen – einschließlich früherer Namensgebungen, die heute als Synonyme betrachtet werden. Dies liegt in den Nomenklaturregeln begründet, nach denen der älteste Name eines Taxons als der gültige zu verwenden ist (Prioritätsgesetz). Verändern sich Artumgrenzungen aufgrund des wissenschaftlichen Fortschrittes derart, dass zwei Gruppen, denen früher unterschiedliche Namen gegeben wurden, zusammenfallen, ist für die jetzt einheitliche Gruppe der



Abb. 8
Bei der Inspektion geologischer Sammlungsstücke.
Foto: Jan Hosan.

älteste verfügbare Name zu verwenden. Diese Synonymie ist konzeptgebunden. Stellen wir nämlich in 50 Jahren fest, dass die Zusammenlegung der beiden Gruppen nur wegen methodischer Unzulänglichkeiten unserer Zeit erfolgte, sie aufgrund neuer Erkenntnisse aber doch unterschiedlich sind, lebt der alte Name zur Bezeichnung der zweiten Gruppe (Art) wieder auf.

Dies ist etwas völlig anderes als die Abfolge der Namen, die einem Objekt in der Sammlung von verschiedenen Wissenschaftlern gegeben wurden und unter denen das Objekt vielleicht sogar in die wissenschaftliche Literatur eingegangen ist. Die Abfolge der Namen für ein Taxon (eine Art) ist ein wissenschaftsgetriebener Prozess und daher immer modifizierbar und umkehrbar. Die Namensabfolge eines Objektes ist dagegen ein historischer Prozess, der auch dann „wahr“ bleibt, wenn sich herausstellt, dass ein Autor einen Fehler in der Benennung machte. Auch dann ist die Bindung der (fehlerhaften) Namensgebung an das Objekt „wahr“, da sie einen historischen Beleg darstellt. Sammlungsdatenbanken müssen zuallererst diese historische Abfolge von Namen eines Objektes abbilden, damit der Benutzer nachvollziehen kann, in welchem Kontext eine bestimmte Namensgebung zu sehen ist und ob sie verlässlich ist. Er muss im Zweifelsfall das Objekt direkt untersuchen und ggf. neu zuordnen können, was dann natürlich als neues „historisches“ Ereignis in der Datenbank festgehalten werden muss.

SeSam öffne dich! Die Datenbank im Netz

Wie lassen sich diese komplexen Zusammenhänge zusammenfassen? In der Natur und in der Sammlung gibt es nur Individuen. Mit der Zuordnung eines Namens (Bestimmung oder Determination) gelangt ein Individuum aus der Welt der „Nicht-Wissenschaft“ in die Welt der Wissenschaft. Es wird Teil eines Taxons, etwa einer Art. Damit gehen alle Eigenschaften dieses Individuums in den Pool der Eigenschaften der Art über. Dies gilt so lange, wie sie nicht durch eine Neubeurteilung umdeterminiert und einer anderen

Art zugeordnet werden. Jede solche Umdetermination ist ein einmaliges Ereignis, durch das die Eigenschaften der Art geändert werden und das betroffene Individuum einer anderen Art zugeordnet wird. Die Datenbank muss die Konstanz der historischen Zuordnungen zu Sammlungsobjekten dokumentieren und gleichzeitig die Variabilität der Taxonanbindung abbilden. Dies gelingt nur zufriedenstellend, wenn beide Arten von Information auseinandergelassen und über den Namen variabel verknüpft werden.

Senckenberg hat für diese anspruchsvolle Aufgabe ein eigenes Datenbanksystem entwickelt. Unter der Bezeichnung „SeSam“ (Senckenbergisches Sammlungsmanagementsystem) ist es im Internet unter der Adresse „sesam.senckenberg.de“ erreichbar und wird in diesem Heft genauer vorgestellt (Türkyay, Allspach & Menner 2011).

Biodiversitäts-Experten dringend gesucht

Die Bedeutung wissenschaftlicher Sammlungen als eine Forschungsinfrastruktur der organismischen Biologie kann kaum bestritten werden. Ebenso klar ist jedoch, dass diese Forschungsinfrastruktur nur von besonders fachkundigen Wissenschaftlern gewartet, erschlossen und zugänglich gemacht werden kann. Solche Experten fallen nicht vom Himmel, sondern müssen über die allgemeine Biologie hinaus Spezialkenntnisse in Taxonomie, Systematik, Biodiversitätsinformatik und Dokumentationstechniken besitzen.

In Deutschland wurden daher an verschiedenen Stellen Kooperationschwerpunkte zwischen Forschungsmuseen und lokalen Universitäten eingerichtet, so in Berlin, Bonn, München und Frankfurt, die durch gemeinsame Berufungen die Struktur der Kooperation abgesichert haben. In einigen deutschen Städten (z. B. in Hamburg) sind Universität und Museum organisatorisch direkt miteinander verwoben.

Universitäten sind die Orte, an denen künftige Experten, auch für den Bereich der Biodiversitätsforschung, ausgebildet werden. Für die Lehre bzw. die Ausbildung an solchen Universitätsstandorten stellen Sammlungen eine unverzichtbare Grundlage dar, worauf auch der Wissenschaftsrat in seinem neuesten Gutachten zu Sammlungen hingewiesen hat (Wissenschaftsrat 2011). Nur im direkten Umgang mit den darin befindlichen Objekten kann Taxonomie praxisnah gelehrt werden. Nur so verstehen die Studierenden

Abb. 9
Ein großer Teil von
Sammlungsobjekten ist in
Flüssigkeiten konserviert,
hier die Crustaceen.
Foto: Michael Türkay.



die Bedeutung von Objekten und das Management der mit ihnen verknüpften Informationen. Die Fertigkeiten, die in der sammlungsbezogenen Forschung erworben werden, können für sich genommen weder von einer theoretischen Biologie noch mit einem Informatikstudium vermittelt werden.

Eine Ausbildung zum „Biodiversitäts-Experten“ mit vertieften Kenntnissen im Sammlungsmanagement könnte für den dringend benötigten Nachwuchs sorgen und ist die einzige Möglichkeit, dem internationalen „taxonomic impediment“ (taxonomischen Mangel) entgegenzuwirken. Diesem Ziel fühlt sich das Senckenberg Forschungsinstitut verpflichtet: Es kooperiert mit verschiedenen Universitäten, wobei der Verbindung zur Goethe-Universität in Frankfurt – über gemeinsame Berufungen und das gemeinsam gegründete „Biodiversität und Klima Forschungszentrum“ – besondere Bedeutung zukommt. Die Ausbildung der Experten der nächsten Generation gehört hierbei zu den vorrangigen Zielen.

Wissenschaftliche Sammlungen sind im öffentlichen Interesse

Sammlungen sind somit unersetzliche Forschungsinfrastrukturen, deren Pflege und Erschließung eine nationale Aufgabe ist. Dies ist unabhängig von der Trägerschaft der einzelnen Institutionen zu sehen, in denen Sammlungen aufbewahrt werden. Die kulturell positive föderale Tradition und Organisation Deutschlands hat eine Vielzahl von Einrichtungen

hervorgebracht und erhält diese auch durch Finanzierung der Bausubstanz und des dauerhaft beschäftigten Personals. Dadurch war es möglich, einen Sammlungsbestand aufzubauen, der den der meisten europäischen Länder übertrifft. Es ist an der Zeit, diese Sammlungen als eine gemeinsame nationale Infrastruktur zu verstehen und ihre Bearbeitung und Erschließung zentral zu fördern. Nur so erwächst aus Föderalismus Stärke, nicht Schwäche. Umfangreiche Forschungssammlungen sind zwar nicht billig zu unterhalten, aber auch nicht kurz- oder selbst mittelfristig aufzubauen. Aber nur mit ihnen können Institutionen oder Universitäten zu „Leuchttürmen“ der Biodiversitätsforschung werden.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt: Wissenschaftliche Sammlungen, die in der Regel über Jahrhunderte zusammengetragen wurden, sind nicht nur Belege für die Forschung im engeren Sinne, sondern auch solche der Wissenschafts- und Kulturgeschichte. Sammlungen sind also nationale Kulturgüter, deren Wert – und auch Produktivität – nicht allein anhand betriebswirtschaftlicher Methoden bemessen und bewertet werden können!

Gerade der kulturgeschichtliche Aspekt macht deutlich, dass die jeweilige naturwissenschaftliche Sammlung mit ihrem Standort eng verbunden ist. Ihre Spezifität und damit ihr Alleinstellungsmerkmal spiegelt die historische Entwicklung einer Stadt und Region wider, das Engagement ihrer Bürger und Regierungen, die besonderen Bedingungen, die vor Ort herrschen. Die Verantwortlichen und die Bürger der Region schaffen durch das Engagement für ihre Einrichtungen das jeweils besondere und unverwechselbare Gesicht. Das ist in Deutschland immer so gewesen, aber auch in anderen nichtzentralistischen Staaten wie etwa Italien und den USA. Überall dort und auch bei uns in Deutschland besteht kein Zweifel, dass diese Diversität der Museumslandschaft gut und der Einheitlichkeit überlegen ist. Diese besondere Eigenschaft unserer naturkundlichen Sammlungen ist direkt vergleichbar mit kunst- und kulturgeschichtlichem Reichtum.

Warum Konzentration von Nachteil sein kann

Im Zeitalter knapper öffentlicher Mittel stehen gerade langfristige Investitionen wie wissenschaftliche Sammlungen auf dem Prüfstand. Es lässt sich ein Trend zur Konzentration auf große Sammlungen beobachten. Bis zu einem gewissen Grad ist dies sinnvoll und nachvollziehbar, nur in Zentren

Standort	Anzahl der Sammlungsobjekte	bedeutende Sammlungen
Frankfurt a. M.	22 Mio.	Herbarium, Weichtiere, Vögel, Säugetiere
Dresden	6,5 Mio.	Mineralien, Weichtiere, Käfer, Vögel
Görlitz	6 Mio.	Bodentiere (insb. Springschwänze), Skelettsammlungen (Säugetiere, Vögel)
Müncheberg	3 Mio.	Käfer, Zweiflügler, Schmetterlinge
Weimar	100.000	Quartäre Groß- und Kleinsäuger

Table 1
Die Senckenberg-Sammlungen zählen mit ihren über 37 Millionen Einheiten zu den größten ihrer Art. Sie verteilen sich wie folgt auf die Institute und Standorte (Zahlen gerundet).

Abb. 10/11
Alte Karteikarten
und Kataloge sind
Originaldokumente, die
nach und nach digitalisiert
und so einer breiteren
Öffentlichkeit zugänglich
gemacht werden.
Fotos: Michael Türkay.



mit einer gewissen Mindestgröße können in der Regel die heutigen technischen und wissenschaftlichen Anforderungen erfüllt und ein international sichtbares Profil gewonnen werden. Keinesfalls sinnvoll erscheint aber eine „Überkonzentration“, z. B. in nur einem Institut. Grundsätzlich ist es nicht wünschenswert, Sammlungen aus ihrem historischen und wissenschaftlichen Gesamtkontext hinauszulagern. Dadurch wird die Recherche erschwert, und auch die Dokumentation leidet, wenn Bibliotheken, Archive und Sammlungen auseinandergerissen werden.

Es ist ein allgemeines Missverständnis, dass nur wissenschaftlich konkret bearbeitete und publizierte Sammlungsteile wesentliche Informationen enthalten; denn ein erfahrener Kurator kann auch aus der Bestimmung, Bestimmungshistorie und Konservierungsart nicht in der Bearbeitung befindlichen Materials wesentliche Schlüsse ziehen, wenn er es mit bearbeiteten Stücken vergleicht. Reißt

man die Sammlung auseinander und bringt nicht aktuell bearbeitete Teile an anderer Stelle unter, gehen die oben beschriebenen Zusammenhänge verloren, die immer orts- und traditionsbezogen sind. Sammlungen sollten nur dann verlagert werden, wenn sie akut gefährdet sind oder ihre fachliche Betreuung nicht mehr sichergestellt ist, ansonsten sollten Sammlungen immer an ihrem ursprünglichen Standort verbleiben. Darüber hinaus spricht auch ein Sicherheitsargument gegen zu hohe Konzentration an einem Ort. Bei Katastrophen, etwa einem Brand (wie z. B. Ende 2005 in der Bibliothek des Biozentrums der Universität Wien), ist dann der gesamte Bestand gefährdet und nicht nur ein Teil. Verteilung bedeutet also Risikostreuung und damit Sicherheit. Zusammengefasst lässt sich das „Sammlungsmodell Deutschland“ mit seiner prinzipiell föderalen Struktur und seiner typischen engen Kooperation von Großsammlungen mit lokalen Universitäten als Chance für beide Institutionen verstehen – es gilt diese Chancen zu nutzen.

Schriften

Türkay, M., Allspach, A. & Menner, L. (2011): Das senckenbergische Sammlungsmanagementsystem SeSam. – Senckenberg – Natur, Forschung, Museum, **141**(3/4): 74–81. Wissenschaftsrat (2011): Empfehlungen zu wissenschaftlichen Sammlungen als Forschungsinfrastrukturen. – Wissenschaftsrat, Drs. 10464-11, 72 S. – www.wissenschaftsrat.de/download/archiv/10464-11.pdf

Verfasser

Prof. Dr. Michael Türkay
Senckenberg Forschungsinstitut
und Naturmuseum
Senckenberganlage 25
D-60325 Frankfurt