

Entomologica Austriaca	15	17-32	Linz, 29.2.2008
------------------------	----	-------	-----------------

Die biologische Systematik vor und nach Linné oder warum Carl von Linné kein Systematiker, sondern ein Informatiker war.¹

E. GEISER

Abstract: **Biological Systematics before and after Linnaeus or why Carolus Linnaeus was a Computer Scientist rather than a Systematicist.** Modern biological systematics started with the "Systema Naturae" series by Carolus Linnaeus, about 250 years ago. His methods were so successful because he used concepts which are research items of computer science, nowadays.

1. Hierarchical order by a tree (a structure studied by graph theory) for all species of organisms. Clear criteria for classification and quick retrieval.
2. A concise identifier for each species (concept of the Primary Key). This leads to multiple joins of the species information in different contexts.
3. Binary nomenclature contains more information by using the combination of genus name and species name and also reduces the complexity to square root amounts. With two words for each species you need by far fewer words as identifiers for all species.

The Systema Naturae by Linnaeus caused an immense innovation in biological sciences. The clear and handy criteria for his methods of description and classification of new species accelerated the inventory-establishing process for the species of Europe and the many species newly discovered by the great expeditions starting then. The growing knowledge about species diversity and their classification by a tree structure resulted in the discovery of evolutionary theory, after all. Even nowadays, while biological systematics is synonymous to phylogenetic systematics or cladistics, the concepts of Linnaeus, based on computer sciences, are excellent approved methods.

Key words: phylogenetic systematics, cladistics, taxonomy, history of biology, computer science.

Inhalt

1. Einleitung	18
2. Warum geht es nicht ohne Systematik?	18
3. Biologische Systematik vor Linné	19
4. Die fünf genialen Leistungen von Linné.....	22

¹ Manuskript nach einem Vortrag beim Fachgespräch der ÖEG am 13. Oktober 2007 in Kremsmünster zum Generalthema "Entomo-Arachno-Systematik: Hommage an Linné und aktuelle phylogenetische Hot Spots zum System".

4.1. Erste geniale Leistung: Das ganze Universum wird in einer Baumstruktur geordnet.....	22
4.2. Zweite geniale Leistung: für jede Art eine kurze, prägnante, eindeutige Bezeichnung	26
4.3. Dritte geniale Leistung: zwei Wörter - binäre Nomenklatur	27
4.4. Vierte geniale Leistung: konsequente und vollständige Umsetzung dieser Konzepte	27
4.5. Fünfte geniale Leistung: Verwendung einer neutralen, allgemein anerkannten Sprache.....	28
5. Biologische Systematik nach Linné.....	28
6. Zur Problematik des Gattungsbegriffs	29
7. Schlussfolgerungen.....	31
8. Danksagung	31
9. Zusammenfassung	31
10. Literatur	32

1. Einleitung

Vor über 300 Jahren, am 12. Mai 1707, wurde Carolus Linnaeus geboren, ein schwedischer Arzt, Universalgelehrter und Barockmensch. Sein Name ist untrennbar mit der biologischen Systematik verknüpft. Seine besondere Leistung war es, von allen damals bereits vorhandenen Konzepten, Ideen und Praktiken zur biologischen Systematik die beste Kombination auszuwählend und mit einer beeindruckenden Vollständigkeit anzuwenden. Von seinen damals entwickelten Verfahren zur Benennung und Einordnung von biologischen Arten in ein übersichtliches und sinnvoll handhabbares System profitieren wir bis heute. Seine Konzepte und Verfahren wurden in den darauf folgenden Jahrhunderten etwas ergänzt und verfeinert, aber nie durch ein anderes ersetzt, weil man bis heute kein besseres gefunden hat.

Der bis heute andauernde Erfolg von Linnés Ideen hat seine Ursache aber nicht in den biologischen Wissenschaften, sondern beruht auf Prinzipien einer Fachrichtung, die erst seit Mitte des 20. Jahrhunderts als eigene Disziplin wahrgenommen wird, und zwar der Informatik.

Linné hat mehrere wesentliche Informatik-Prinzipien angewendet, lange bevor deren mathematische und informationstheoretische Grundlagen analysiert wurden. (Analog haben ja Shakespeare und Nestroy psychoanalytische Erkenntnisse in ihren Dramen vorweggenommen, lange bevor Sigmund Freud sie formuliert hat. Diese und andere Dichter durchschauten mehr von der menschlichen Psyche als Freud selbst und wesentlich mehr als die allermeisten Freud-Nachfolger.)

2. Warum geht es nicht ohne Systematik?

Um die Leistung Linnés entsprechend würdigen zu können, soll zunächst die Frage erörtert werden, wozu man überhaupt Systematik benötigt. Schließlich ist das menschliche Gehirn instande, sich sehr viele Details zu merken und komplexe Zusammenhänge zu durchschauen. Allerdings hat diese Merkfähigkeit deutliche Grenzen, wie jeder bei

sich und anderen beobachten kann. Während man z.B. bei der eigenen Privatbibliothek noch genau weiß, welche Bücher man in welches Regal eingeordnet hat (inklusive, wann man es gekauft hat und vielleicht sogar, was ungefähr drinnen steht), ist dieses Detailwissen bei einer Universitätsbibliothek bei den dortigen Angestellten selbst nach Jahrzehnten nicht vorhanden und schon gar nicht bei einer Nationalbibliothek, die außer Fachbüchern noch die ganze Palette der darüber hinaus publizierten Literatur enthält. Damit sowohl die Benutzer die entsprechenden Titel und die Angestellten die gewünschten Exemplare in polynomialer Zeit² auffinden können, haben die Bibliothekare schon lange Strukturen ausgearbeitet, um einzelne Exemplare rasch einzuordnen und wieder aufzufinden.

Um Gegenstände, seien sie real oder abstrakt, aus einer großen Zahl von Einzelexemplaren rasch auffinden zu können, ist eine Struktur notwendig. Es gibt verschiedene Arten solcher Strukturen (Stapel, Listen, Warteschlange, Tabelle usw.). Bei einer großen Anzahl von Gegenständen, die sich untereinander irgendwie sinnvoll gruppieren lassen, ist eine Baumstruktur das Mittel der Wahl, weil hier das Einordnen und Wiederauffinden mit relativ wenigen Schritten möglich ist (Abb. 1).

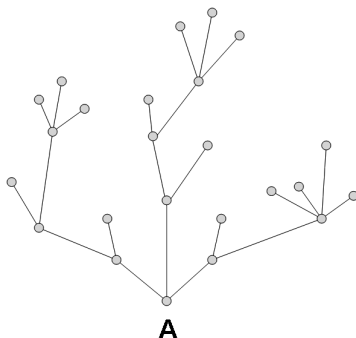


Abb. 1: Eine Baumstruktur ist ein gewurzelter Graph ohne Kreise (= geschlossene Kurven). Je mehr Abzweigungen es bei den Knoten gibt, desto kürzer ist der (durchschnittliche) Weg vom Ausgangspunkt A zu einem Endpunkt. Die Streckenlänge zwischen den Knoten ist nicht relevant. Wichtig sind allerdings klare Kriterien, welcher Weg bei einer Abzweigung einzuschlagen ist.

3. Biologische Systematik vor Linné

In der Biologie haben wir es mit einer unübersehbar großen Anzahl von Lebewesen zu tun (man könnte sie mathematisch-logisch unexakt als endliche, aber nicht abzählbare Menge bezeichnen), die sich aber gut gruppieren lassen.

Alle Sprachen der Welt kennen Bezeichnungen für Arten im Sinne von Fortpflanzungsgemeinschaften (als Beispiel sei nur an die Geschichte von der Arche Noah erinnert),

² Polynomiale Zeit: ein Begriff aus der Komplexitätstheorie (Theoretische Informatik). Vereinfacht und verständlich ausgedrückt: Damit wird die Zeitdauer für die Ausführung eines Algorithmus bezeichnet, wenn dieser irgendwann in vertretbarer Zeit (also in weniger als einem Jahr) zu einem Abschluss kommt.

auch wenn sich die Wörter in der Alltagssprache auf für die Menschen in der jeweiligen Kultur relevante Arten, also überwiegend die essbaren Säugetiere und Vögel, beschränken. Ebenso lassen sich die Lebewesen intuitiv zu Gruppen zusammenfassen und benennen: Mäuse, Spinnen, Frösche, Käfer, Heuschrecken, Würmer, Eichen, Moose, Rosen, Gräser usw.

Der Biologe des 21. Jahrhunderts erkennt zwar sofort, dass hier phylogenetisch zulässige Kategorien wie Gattung, Familie, Ordnung aufgezählt wurden, aber ebenso Begriffe, die keiner phylogenetischen Kategorie entsprechen. Während innerhalb einer Sprache (meist) klar ist, welche Gruppen von Arten hier zusammengefasst werden, kann es beim Übersetzen bereits ziemlich schwierig werden. Als Beispiel seien die englischen Bezeichnungen "butterfly" und "moth" genannt, die in Schulbüchern und generell in Wörterbüchern mit "Schmetterling" und "Motte" übersetzt werden. Der Entomologe weiß es besser: Das englische Wort "butterfly" umfasst nur die Tagfalter (Rhopalocera) und keineswegs alle "Schmetterlinge" des deutschen Begriffs, während das Wort "moth" nicht nur die Mikrolepidoptera, sondern auch sämtliche Nachtfalter, also auch große Sphingidae und Saturniidae umfasst, die im Deutschen nie mit "Motte" bezeichnet werden.

Bei der wissenschaftlichen Beschäftigung mit den biologischen Arten reichen die alltagssprachlichen Begriffe aber nicht aus, zu groß ist die Anzahl der für den Menschen – zumindest vordergründig – irrelevanten Arten, die von den Alltagssprachen nie mit einem eigenen Begriff bedacht werden. Daher ist es notwendig, neue Begriffe für die als eigene Art erkannten Individuen zu schaffen. Diese Notwendigkeit wurde schon lange vor Linné erkannt. Da die Wissenschaftssprache damals in ganz Europa lateinisch war, ist es nur natürlich, dass man Arten, für die es noch keine Bezeichnung gab, mit lateinischen Worten benannte und beschrieb. Dieses Wissenschaftslatein war durchsetzt mit griechischstämmigen Wörtern, die daher ebenfalls bei der Benennung reichlich Verwendung fanden.

Es fehlte vor Linné nicht an Versuchen, die unübersichtliche Artenfülle zu benennen und systematisch zu ordnen. Interessanterweise beschränkten sich diese Versuche praktisch ausschließlich auf das Pflanzenreich. Das Tierreich erschien offenbar übersichtlicher, Eichelhäher, Maikäfer, Weinbergschnecke oder Regenwurm waren auch ohne wissenschaftliche Analyse leicht einzuordnen. Bei den Pflanzen sind die Kategorien oberhalb der Gattung (Familie, Ordnung, Klasse) nicht so leicht erkennbar. Durch die intensive Beschäftigung mit Heilpflanzen (also meist Giftpflanzen), bei denen die genaue Artunterscheidung vor der Verwendung wesentlich ist, waren um 1750 wesentlich mehr Pflanzenarten der Wissenschaft bekannt als Tierarten. Eine hervorragende Zusammenstellung und Analyse der Systematik vor Linné findet man bei OESER (1974), der auch die folgenden Beispiele entnommen sind.

Um Arten zu benennen, war es üblich, zunächst die Genus-Bezeichnung (die allgemeine Zugehörigkeit) anzugeben, die dann – im wahrsten Sinn des Wortes – spezifiziert wurde.

Rosa campestris, spinis carens, biflora

Rosa aculeata, foliis odoratis subtus rubiginosis

Rosa carolina fragrans, foliis medio tenuis serratis

Rosa silvestris vulgaris, flore odorato incarnato

usw.

Je nach Autor kam es dabei zur starken und oft verwirrenden Abweichungen. Da die

Beschreibungen oft umständlich und nicht eindeutig waren, häuften sich schon bald viele Synonyme an. Bereits 1623 stellte BAUHIN in seinem Werk *Pinax theatri botanici* Synonymietabellen zusammen, die viel benutzt und immer wieder ergänzt wurden.

CUVIER (1832) schrieb später über diese Zeit vor Linné:

Die Nomenklatur der Pflanzen war in eine solche Unordnung geraten, dass es beinahe unmöglich geworden war, die von den vorhergehenden Botanikern besprochenen Gewächse wieder zu erkennen, da dreißig oder vierzig Botaniker ein und derselben Pflanze eben so viele verschiedene Namen beileigten...

... auf diese Weise war die ganze Botanik zu einem wahren Chaos, zu einem allgemeinen Babel geworden, wo niemand mehr seinen Nachbarn verstehen konnte.

Albrecht von Haller (1708-1777, also ein Zeitgenosse Linnés), machte den Vorschlag, diese langen und ohnehin nicht eindeutigen Beschreibungen durch Zahlen zu ersetzen, also

Rosa 1

Rosa 2

Rosa 3

usw.

was sich aber (zu Recht) nie durchsetzte.

Zumindest als Koleopterologe erlebt man ein Déjà Vu, wenn man die Zahlenliste von Haller betrachtet. Einen ähnlichen Versuch machte HÄNEL (1937) in der Absicht, dadurch die Systematik der Chrysomelidengattung *Chrysochloa* besser in den Griff zu bekommen. Diese Gattung wurde inzwischen in *Oreina* umbenannt, was ihre systematischen Probleme aber nicht beseitigt hat.

Abgesehen davon, dass solche Zahlen extrem unpraktisch sind, übersehen alle, die diese Zahlen favorisieren, dass das Problem ganz woanders liegt. Zuerst muss eindeutig festgelegt werden, was diese Zahlen bedeuten. Die Zahlen täuschen hier eine Exaktheit vor, die sie absolut nicht haben. Die Zahlen bei den Artbezeichnungen sind nichts anderes als eine Zeichenkette (ein "String" in der Informatik). Es ist viel praktikabler, hier eine für den humanen Assoziativspeicher (vulgo Hirn) wesentlich informationsreichere Zeichenkette wie *sempunctata*, *menthastri*, *frieibi* oder *aquatica* zu verwenden, als Zahl-Zeichen, die eine Informationsreduktion gegenüber den bisherigen Bezeichnungen bedeuten.

Für die Merkfähigkeit des Menschen - ein Faktor, der in der Informatik eine große Rolle spielt (und eine noch größere als bisher spielen sollte) - ist ein solches Zahlensystem ausgesprochen kontraproduktiv. Das Problem der Synonyme beseitigt das Zahlensystem auch nicht, allerdings werden die vielen Synonyme, die nur durch das Versetzen einer Art in eine andere Gattung zustande kommen, dadurch schneller ad absurdum geführt. Denn beim Verschieben einer Art in eine andere Gattung müssten sich natürlich die Ziffern ändern. Würden Entomologen auch die neue Nomenklatur übernehmen, wenn es hieße: *Strangalia 5* ist nun synonym zu *Leptura 3*, *Leptura 8* ist nun synonym zu *Corymbia 2* ? Die Änderungen "*Strangalia maculata* ist nun synonym zu *Leptura maculata*, *Leptura rubra* ist nun synonym zu *Corymbia rubra*" wurden sehr rasch akzeptiert, obwohl davon einige der häufigsten einheimischen Bockkäferarten betroffen

sind!

Bei der systematischen Ordnung des Tierreiches gab es, wie schon erwähnt, kaum Vorläufer von Linné. Die einzige Ausnahme bildete die Ichthyologie. Auf der geringen, aber immerhin vorhandenen Grundlage verfasste Peter ARTEDI (1705 – 1735), ein Freund und Landsmann Linnés, ein System der Fische (1738 von Linné herausgegeben), in dem er bereits viele Prinzipien der Linnéschen Systematik anwendete, die vermutlich in intensiver und fruchtbarer Diskussion von beiden entwickelt wurden. Ursprünglich planten die beiden Freunde, dass Linné das System der Pflanzen und Artedi das System der gesamten Tierwelt zusammenstellen sollte. Leider starb Peter Artedi schon im Jahr 1735 bei einem Unfall. Da Linné aber ein System der gesamten Natur publizieren wollte, entschloss er sich, zur Vervollständigung seines

Werkes das ganze Tierreich selbst zu bearbeiten (Abb. 2).

Ich erwähne das hier ausdrücklich, weil Linné gerade von Entomologenseite viel Kritik ausgesetzt war und ist. Für einen Entomologen, noch dazu für einen rezenten, erscheinen die Linnéschen Insektenkapitel äußerst dürftig (Abb. 3). Die Kritiker mögen dabei bitte nicht nur das eigene Spezialgebiet, sondern die Gesamtleistung Linnés berücksichtigen!

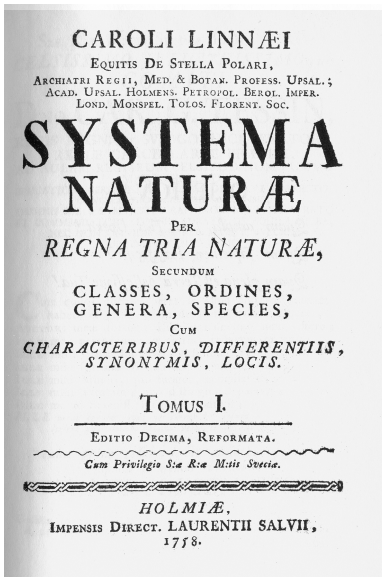


Abb. 2: Titelseite von LINNÆUS 1758: Systema Naturae.

4. Die fünf genialen Leistungen von Linné

Nachdem Linné und sein System schon mehrfach erwähnt wurden, sollen nun seine fünf genialen Leistungen erläutert werden, mit denen er die biologische Systematik revolutionierte und eine bis heute tragfähige Basis schuf. Dabei hat Linné kein grundlegend neues Prinzip erfunden. Alle seine Konzepte wurden schon vor ihm angewendet, allerdings immer zusammen mit anderen, weniger zielführenden Verfahren.

Linné griff von den vorhandenen Prinzipien eine kleine Auswahl heraus, und zwar in optimaler Kombination.

4.1. Erste geniale Leistung:

Das ganze Universum wird in einer Baumstruktur geordnet

Für die Baumstruktur als Ordnungsprinzip für Lebewesen, vor allem für Pflanzen, gab es

342	INSECTA.	343
I. COLEOPTERA.		
* Antennis clavatis.		
170.	SCARABAEUS Antenna clava fissili, Tibiae antice dentatae.	
171.	DERMESTES Antenna clava perforata, Caput inflexum sub thorace vix marginato.	
172.	HISTER Antenna clava solida, Caput retractile intra thoracem.	
173.	ATTELABUS Caput postice attenuatum.	
174.	CURCULIO Antenna inflexum, Rostrum corneo.	
175.	SILPHA Thorax Elytraque marginata.	
176.	COCCINELLA Antenna clava truncata. Palpi . .	
* * Antennis filiformibus.		
177.	CASSIDA Corpus ovatum. Elytra marginata, Caput tectum clypeo.	
178.	CHRYSOMELA Corpus ovatum, immarginatum.	
179.	MELOE Thorax subrotundus. Caput gibbum, inflexum.	
180.	TENEbrio Thorax marginatus. Caput exsertum: Corpus oblongum.	
181.	MORDELLA Lamina ad basin abdominalis. Caput inflexum.	
182.	STAPHYLINUS Elytra dimidiata alas tegentia. Vescicula a supra caudam exferenda.	
* * * Antennis setaceis.		
183.	CERAMBYX Thorax lateribus mucronato-callofus.	
184.	LEPTURA Elytra apice attenuata. Thorax teretiusculus.	
185.	CANTHARIS Elytra flexilia. Abdomen lateribus plicato-papillosum.	
186.	ELATER Pedibus mucro e poro abdominalis resiliens.	
187.	CICINDELA Maxillae exsertae dentatae. Oculi prominuli.	
188.	BUPRESTIS Caput intra thoracem retractedum.	
189.	DYTISCUS Pedes postici ciliati natatorii.	
190.	CARABUS Thorax obcordatus postice truncatus.	
191.	NECUDALIS Elytra dimidiata: alis nudis.	
192.	FORPICULA Elytra dimidiata: alis tectis. Cauda forcipata.	
193.	BLATTA Elytra aequae coriaceae plana, Cauda supra bicornis.	
194.	GRYLLUS Elytra aequae membranaceae deflexae. Pedes saltatorii.	
II. HEMIPTERA.		
195.	CICADA Rostrum inflexum. Pedes postici saltatorii.	
196.	NOTONECTA Rostrum inflexum. Pedes postici natatorii (ciliati).	
197.	NEPA Rostrum inflexum. Pedes antici capitis cheliferi.	
198.	CIXID Rostrum inflexum. Pedes cursorii.	
199.	APHIS Rostrum inflexum. Abdomen bicornis.	
200.	CHERMES Rostrum pectorale. Pedes postici saltatorii.	
201.	COCCUS Rostrum pectorale. Abdomen postice setosum maribus.	
202.	THRIPS Rostrum obsoletum. Ala incumbentes abdomini reflexi.	
III. LEPIDOPTERA.		
203.	PAPILIO Antenna extortum crassiores. Ala erecta.	
204.	SPHING Antenna medio crassiores.	
205.	PHALAENA Antenna intortum crassiores.	
IV. NEUROPTERA.		
206.	LIBELLA Cauda forcipata. Os maxillosum. Ala extensa.	
207.	EPHEMERA Cauda latius 2 l. 3. Os edentulum. Ala erecta.	
208.	PHYMGANEA Cauda simplex. Os edentulum. Ala deflexa.	
209.	HEMEROBIUS Cauda simplex. Os bidentatum. Ala deflexa.	
210.	PANORPA Cauda chelata. Os rostratum. Ala incumbentes.	
211.	RAPHIDIA Cauda filo 1. Os bidentatum. Ala deflexa.	
V. HYMENOPTERA.		
212.	CYNIPS Aculeus spiralis!	
213.	TENTHredo Aculeus ferratus! bivalvis.	
214.	ICHNEUMON Aculeus exsertus! triplex.	
215.	SPHEX Aculeus punctatorius. Ala plane. Os e lingue.	
216.	VESPA Aculeus punctatorius. Ala superiores plicatae!	
217.	APIS Aculeus punctatorius. Lingua inflexa!	
218.	FORMICA Aculeus obsoletus. Ala nervis nullae!	
219.	MUTILLA Aculeus punctatorius. Ala omnibus nullae!	

Abb. 3: Insektengattungen in LINNAEUS 1758: Systema Naturae.

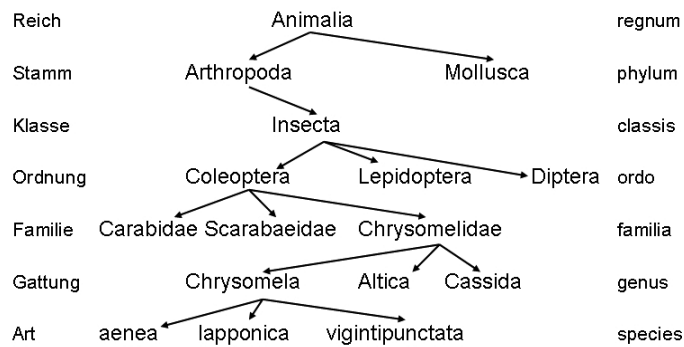


Abb. 4: Baumstruktur des biologischen Systems.

mehrere Vorläufer, aber erst Linné ordnete die gesamte belebte und unbelebte Natur in ein großes Systema Naturae. Für die verschiedenen Hierarchie-Ebenen bzw. Knoten des Baumes verwendet Linné die bis heute üblichen Bezeichnungen "regnum - phylum - classis - ordo - familia - genus - species" (Abb. 4).

Auch in der Informatik findet die Baumstruktur bei der Verwaltung gruppierbarer Objekte vielfache Anwendung. Vor 1970 wurden Datenbanken zum Teil in einer Baum-

struktur gespeichert, bis CODD (1970) die theoretischen Grundlagen für die relationalen Datenbanken ausgearbeitet hatte, die in den meisten Anwendungsfällen das Mittel der Wahl sind. Durch die Auszeichnungssprache XML findet die Baumstruktur in den letzten Jahren eine vielfältige Anwendung in der Software-Entwicklung.

Als Beispiel sei ein kleiner Ausschnitt aus dem System der Chrysomelidae in XML dargestellt.

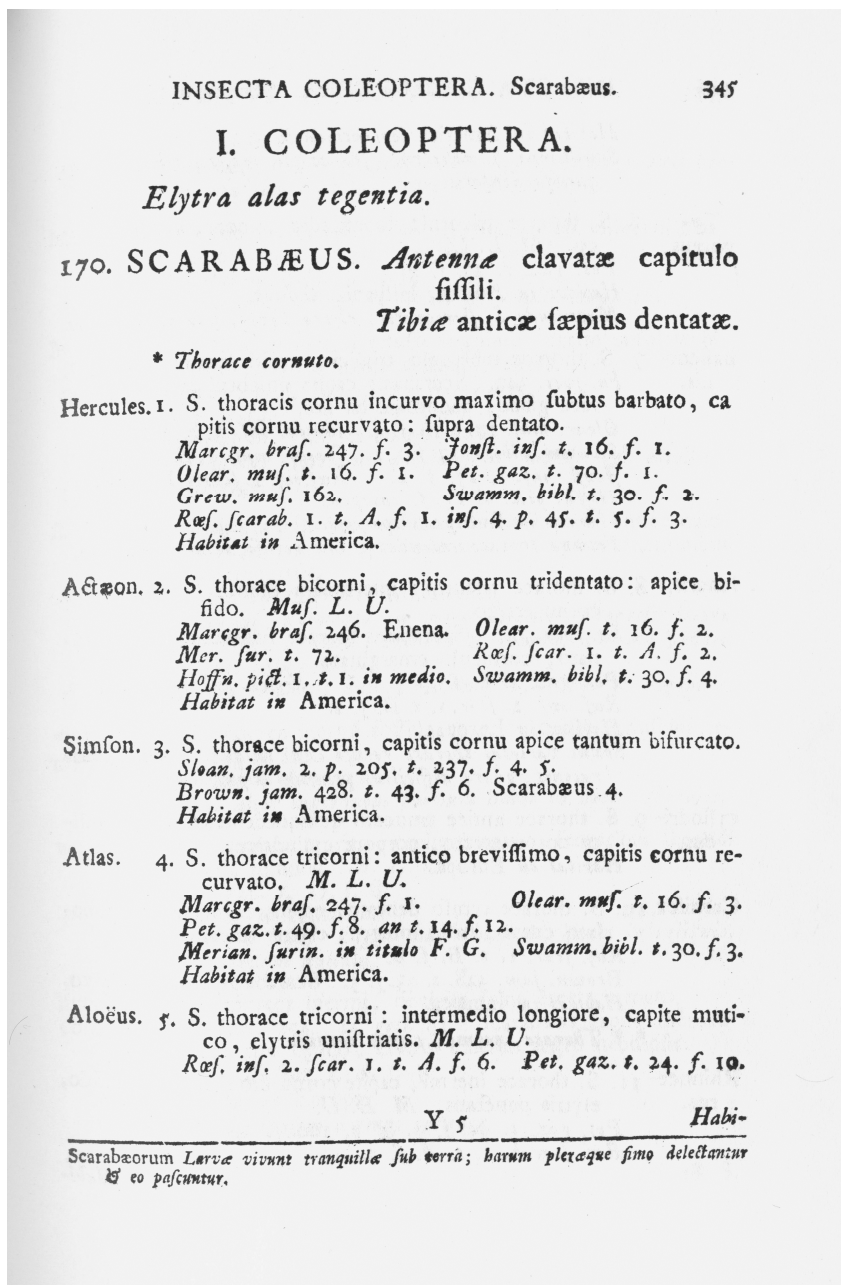


Abb. 5: Artbeschreibung der Gattung *Scarabaeus* in LINNAEUS 1758: Systema Naturae.

```
<familia>
  <id>Chrysomelidae</id>
  <subfamilia>
    <id>Donaciinae</id>
    <genus>
      <id>Macrolea</id>
      <species>
        <id>appendiculata</id>
      </species>
      <species>
        <id>mutica</id>
      </species>
    </genus>
    <genus>
      <id>Donacia</id>
      <species>
        <id>clavipes</id>
      </species>
      <species>
        <id>reticulata</id>
      </species>
      <species>
        <id>versicolorea</id>
      </species>
      <species>
        <id>springeri</id>
      </species>
    </genus>
    <genus>
      <id>Plateumaris</id>
      <species>
        <id>sericea</id>
      </species>
      <species>
        <id>braccata</id>
      </species>
```

```

    </genus>
  </subfamilia>
  <subfamilia>
    <id>Criocerinae</id>
    . . .
  </subfamilia>
</familia>
<familia>
<id>Bruchidae</id>
. . .
</familia>

```

Durch die Baumstruktur der Linnéschen Systematik war es möglich, jeder Art, und zwar auch einer neuentdeckten, einen Platz im Systema Naturae zuzuweisen und sie dort auch rasch wieder aufzufinden.

4.2. Zweite geniale Leistung:

für jede Art eine kurze, prägnante, eindeutige Bezeichnung

Arten werden bei Linné auf folgende Weise gekennzeichnet und voneinander unterschieden

(siehe auch Abb. 5: Artenbeschreibung der Gattung *Scarabaeus* in LINNAEUS 1758: Systema Naturae):

Chrysomela populi:

Corpore ovato, thorace caerulescente, elytris rubris apice nigris.

Chrysomela alni:

Corpore ovato violaceo, elytris punctis excavatis sparsis.

Auf den ersten Blick erinnert das an den vorher erläuterten Beschreibungsmodus bei der Gattung *Rosa*. Auf den zweiten Blick erkennt man aber, dass unmittelbar nach der Gattung ein zweites Wort folgt, das innerhalb der Gattung nur einmal an dieser Stelle vorkommen darf und somit eindeutig sein muss. Die nachfolgende Beschreibung soll so präzise sein, dass man ihr innerhalb der Gattung eindeutig eine Art zuordnen kann. Umgekehrt sind die beiden Wörter für "genus" und "species" eindeutig einer Beschreibung zugeordnet. Vorher war das zweite Wort unverbindlich, jetzt muss es innerhalb der Gattung eindeutig sein.

Bezeichnungen wie *Chrysomela populi*, *Chrysomela alni* sind zudem für die Merkfähigkeit des Menschen viel kompatibler als *Chrysomela 1*, *2*, *3* usw. Das Prinzip, ein Objekt, dessen Eigenschaften durch viele einzelne Felder definiert wird, mit einem eindeutigen Wert zu kennzeichnen, nennt man in der Informatik Primärschlüssel. Auf diese Weise ist es möglich, den Begriff *Chrysomela alni* in verschiedensten Zusammenhängen zu verwenden, ohne jedes Mal extra erläutern zu müssen, welche Art genau mit diesem Begriff gemeint ist (auf Erlen leben schließlich eine ganze Reihe von Chrysomeliden). Wenn man genaueres über diese Art wissen möchte, kann man in der Originalbeschreibung

nachsehen, was man bei neuen oder schwierigen Arten oder bei Revisionen ja auch tun muss.

Der Primärschlüssel dient dazu, Information in eindeutiger und äußerst speicherscho-nender Weise zu verknüpfen. Das ist auch für den begrenzten Speicher Großhirnrinde von Vorteil.

4.3. Dritte geniale Leistung:

zwei Wörter - binäre Nomenklatur

Zur Kennzeichnung der Arten mit einem Primärschlüssel würde auch ein einziges Wort genügen. Linné belässt die alten, eingeführten Gattungsnamen (das sollte sich mancher moderne Taxonom zum Vorbild nehmen!) und kennzeichnet die einzelnen Arten innerhalb der Gattung mit einem zweiten Wort, das er allerdings nicht Artnamen, sondern "Trivialnamen" nennt. Auch für uns ist der Artnamen nicht das zweite Wort, sondern die Kombination aus "genus"- und "species"-Bezeichnung.

Diese binäre Nomenklatur hat zwei ganz wesentliche Vorteile:

Erstens: Man kann mit zwei Worten viel mehr Information transportieren als mit nur einem Wort. Durch die Verwendung des Gattungsnamens bekommt man rasch eine Vorstellung davon, worum es sich bei dieser Art ungefähr handelt, auch wenn man sie noch gar nicht kennt.

Zweitens: Durch die Verwendung von zwei Wörtern als Primärschlüssel anstelle von einem Wort wird hier die Komplexität um den Faktor der jeweiligen Quadratwurzel reduziert. Das bedeutet, man kommt mit wesentlich weniger Begriffen aus. Man benötigt nicht für jede der bereits über eine Million beschriebenen Arten ein eigenes Wort, sondern würde theoretisch sogar mit 1000 Wörtern das Auslangen finden (in der Praxis sind es zwar etwas mehr, aber weit unter einer Million). Man kann bei jeder Gattung die praktischen Worte "*sempunctatus*", "*pusillus*", "*heikertingeri*", "*campestris*" usw. wieder verwenden.

Wie positiv sich diese Komplexitätsreduzierung auf den Speicher in unserer Großhirnrinde auswirkt, merkt man sofort, wenn man sich vorzustellen versucht, dass man sich für jede Art, die man kennt, einen unterschiedlichen Namen merken müsste. Außerdem hätte man aus diesen Namen bei Arten, die man nicht kennt, und das ist die eindeutige Mehrheit, nicht den geringsten Hinweis, an welche Stelle im System diese Art überhaupt hingehört.

Die Einführung der binären Nomenklatur als Kompromisslösung zwischen zu langer Kennzeichnung und informationslosen Ziffern wird zu recht allgemein als wesentliche Leistung Linnés gewürdigt, die auch vermutlich am meisten zum Erfolg seines Konzeptes beigetragen hat.

4.4. Vierte geniale Leistung:

konsequente und vollständige Umsetzung dieser Konzepte

Linné hat nicht nur gute Ratschläge gegeben, wie man es machen soll, sondern seine neuen Prinzipien auf die ganze belebte und unbelebte Natur, ja auf das ganze Universum konsequent angewendet. Nicht nur jede bis dahin bekannte Pflanzen- und Tierart wird in

diese Baumstruktur eingeordnet, sondern auch allen Mineralien und Gesteinen, Sternen und Planeten, Gottvater, den Engeln und anderen virtuellen Geschöpfen wird ein eindeutiger Platz in seinem hierarchischen System zugewiesen.

Während die Einteilung der Tiere in Vögel, Säugetiere, Fische, Insekten, Krebse, Spinnen, Würmer, Schnecken usw. schon lange praktiziert wurde und unumstritten war, zeigen die vielen Versuche vor Linné, eine Ordnung in die Gefäßpflanzen zu bringen, dass dies nicht so offensichtlich ist. Linné bewerkstelligte diese eindeutige Einordnung aller Gefäßpflanzen, indem er die Anzahl der Staubgefäße als Ordnungskriterium auswählte. Er bezeichnete das sich daraus ergebende System als "Sexualsystem" und war sich voll bewusst, dass es sich dabei um ein "künstliches" System handelt, da bei konsequenter Anwendung "offensichtlich" zusammengehörige Arten auseinandergerissen wurden. Das war für ihn ein notwendiger Kompromiss, um jeder Art einen eindeutigen Platz im System zuweisen zu können. Er verwendete auch als Gegensatz dazu den Begriff "natürliches System". Darunter verstand Linné die Einordnung nach Berücksichtigung aller Merkmale.

4.5. Fünfte geniale Leistung: Verwendung einer neutralen, allgemein anerkannten Sprache

Für die allgemeine Akzeptanz und den Erfolg seines Werkes spielte auch die Verwendung der lateinischen Sprache eine bedeutende Rolle. Um 1750 wurden bereits häufig wissenschaftliche Abhandlungen z.B. auf französisch, englisch oder deutsch verfasst (Galileo Galilei publizierte bereits um 1610 wissenschaftliche Abhandlungen in italienischer Sprache!). Die lateinischen bzw. latinisierten Artnamen verletzten keine nationalen Gefühle. Es wäre der Wissenschaft sicher nicht förderlich gewesen, hätten französische Wissenschaftler in Deutschland heimische Arten mit französischen Namen bedacht und umgekehrt! Dem Vorbild Linnés, nicht nur die Artnamen, sondern auch die Beschreibungen lateinisch zu verfassen, wurde noch lange nachgeeifert (und in der Botanik sogar bis vor kurzem noch zwingend gefordert), bis sich auch hier ein "allgemeines Babel" entwickelte, das die Zoologische Nomenklaturkommission in den Griff zu bekommen versucht.

5. Biologische Systematik nach Linné

Linnés Werke (wichtigste Auflagen: 1753 für die Pflanzen, 1758 für die Tierwelt) lösten einen gewaltigen Innovationsschub in den biologischen Wissenschaften aus. Nun erfolgten zahlreiche Neubeschreibungen nach seiner Methode, wobei man die neu beschriebenen Arten problemlos in das von Linné vorgegebene System einordnen und es bei Bedarf auch einfach und plausibel erweitern konnte. Linné beschrieb 4400 Tierarten, heute sind über eine Million beschrieben. Sie alle lassen sich in das System von Linné einordnen, sogar die fossilen Arten, die zu Linnés Lebzeiten noch gar nicht als Reste von ehemaligen Lebewesen, sondern als "Laune der Natur" angesehen wurden, die sich in lebensähnlichen Steinformen manifestiert.

Von den zahlreichen Wissenschaftlern, die bald nach Erscheinen seiner Werke weitere Arten beschrieben, seien hier nur beispielhaft die für die Entomologen besonders wichtigen Namen Johann Christian Fabricius (1745-1808) und Ignaz Schiffermüller (1727-

1806) genannt, die die wenigen Seiten von Linnés Käfer- und Schmetterlingsbeschreibungen deutlich erweiterten. Die wissenschaftliche Auswertung der Expeditionen von Alexander von Humboldt und anderer bedeutender naturforschender Weltreisender wäre ohne die Linnésche Leistung nur in wesentlich eingeschränkterem Ausmaß möglich gewesen.

Die Einordnung sämtlicher, auch bisher unbekannter Arten in das Linnésche System ließ die hierarchische Baumstruktur der Organismenvielfalt immer deutlicher zu Tage treten. Die zunehmende Artenkenntnis führte auch zur Entdeckung von Zwischengliedern. *Ginkgo biloba*, ein eindeutiger Nadelbaum im System, aber mit breiten Blättern wie ein Laubbaum, faszinierte J.W. Goethe und ließ ihn nach der Urpflanze fahnden, aus der durch morphologische Abwandlung alle Pflanzenformen abgeleitet sein sollten. Lamarck postulierte, dass die Abzweigung an der Baumstruktur Ausdruck allmählicher Veränderung von Arten ist, und nannte diesen Vorgang "Evolution". Seine Annahme für die Ursache dieser Evolution, dass individuell erworbene Eigenschaften vererbt werden, überzeugte die Gelehrten allerdings nicht und stellte damit für die Weltanschauung seiner Zeitgenossen auch keine Bedrohung dar. Cuvier kann die Unveränderlichkeit der Arten nur mehr mit seiner Katastrophentheorie aufrechterhalten, mit der er ständige und seltsamerweise immer höher entwickelte Neuschöpfungen annimmt. (Der allwissende Gott hat hier offenbar ständig dazugelernt!) Erst Charles Darwin entdeckt den Schlüssel zur Evolution - die natürliche Selektion - und seither ist diese Erkenntnis nicht mehr aus der Welt zu schaffen.

Selbst heute, wo wir unter "Biologischer Systematik" eigentlich "Phylogenetische Systematik" verstehen (und das entspricht sogar dem "natürlichen System" im Sinne von Linné, weil man eben alle Merkmale bzw. möglichst viele berücksichtigen muss!), feilen wir noch an den Details der Linnéschen Baumstruktur und verwenden die binäre Nomenklatur und seine Methode der Artbeschreibung. Die Begriffe "Stamm - Klasse - Ordnung - Familie" haben sich bewährt und in den allermeisten Fällen einen echten Knotenpunkt auch in den Rekonstruktionen der Phylogenetischen Systematik ergeben.

An dieser Stelle möchte ich nicht unerwähnt lassen, dass es unter dem Begriff "Phylo-code" Bestrebungen gibt, die Linnéschen Methoden und Prinzipien durch etwas vermeintlich besseres zu ersetzen. Ich gehe auf diesen "Phylocode" hier aber nicht näher ein, weil ich nichts davon halte und außerdem so viel von Informatik verstehe, dass ich weiß, dass dieses Konzept in spätestens einigen Jahrzehnten wieder in der Versenkung verschwinden wird. Es hat auch bisher kaum über die Gründerkreise hinaus Verbreitung und Akzeptanz gefunden. Eine ausgezeichnete, zusammenfassende, tiefgreifende und dennoch verständliche Darstellung zu dieser Problematik hat NAGEL (2006) verfasst.

6. Zur Problematik des Gattungsbegriffs

Eine wesentliche Linnésche Kategorie sorgt für fortgesetzte Diskussion: die Gattung. Als Bestandteil des Artnamens ist sie gegenüber Bezeichnungsänderungen besonders sensibel. Linné hatte allerdings mit Gattung etwas anderes verstanden als ein rezenter phylogenetischer Systematiker, und deshalb möchte ich am Ende meiner Erläuterung über Linné noch den vielumstrittenen Begriff der Gattung aus informationstheoretischer Sicht erörtern.

Wie umstritten der Gattungsbegriff ist, zeigt sich an den zahlreichen Synonymen, mit denen man als Biologe ständig zu tun hat. Sehr oft werden Arten einer anderen Gattung, sei es einer vorhandenen oder neugeschaffenen, zugeordnet. Bei den höheren Kategorien werden hingegen eingeführte Begriffe meist noch sehr lange verwendet, auch wenn längst durch zahlreiche Untersuchungen nachgewiesen, ist, dass die Abstammungsverhältnisse in Wirklichkeit ganz andere sind. So wird sogar in Fachpublikationen und Fachvorträgen toleriert, wenn jemand die Bezeichnungen "Vögel", "Reptilien" oder "Dinosaurier" verwendet. Für einen "veralteten" Gattungsnamen hingegen wird man sehr schnell gerügt.

Laut Idealvorstellung der Phylogenetischen Systematiker sollte natürlich auch jede Gattung mit einem Knoten im Stammbaum eindeutig korreliert sein (Abb. 6). Allerdings ist diese Idealvorstellung in der Praxis nur sehr selten realisierbar und zwar aus folgenden Gründen:

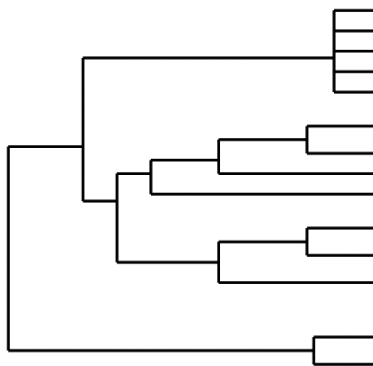


Abb. 6: Aus diesem kleinen Dendrogramm kann man die Berechtigung von einer einzigen Gattungsbezeichnung oder von bis zu zehn Gattungsnamen ableiten. Dabei weiß man aber immer noch nicht, ob das Dendrogramm stimmt!

a) Gut fundierte und voraussichtlich stabile Baumdiagramme kennt man trotz (oder wegen) des Fortschrittes der Systematik erst von sehr wenigen Artengruppen. Selbst bei den gut untersuchten Gruppen ist damit zu rechnen, dass sich die Knotenpunkte in den nächsten Jahren und Jahrzehnten mit zunehmender Kenntnis noch mehrfach verändern werden. Wenn man jetzt schon versuchen würde, den Gattungsbegriff nur mit konkreten Knotenpunkten zu korrelieren, müsste man mit Namensänderungen alle paar Jahre rechnen.

b) Selbst wenn man für einzelne Gruppen sehr gut fundierte Baumdiagramme hat, bleibt es immer noch der Willkür des Bearbeiters überlassen, welche aus einem gemeinsamen Knotenpunkt entspringende Endknoten (Arten) er zu einer Gattung zusammenfasst. Auf diese Weise können verschiedene Bearbeiter auf Grund ein und desselben Dendrogramms ganz unterschiedliche Gattungseinteilungen vornehmen - und sie alle hätten eigentlich Recht.

Was also ist eine Gattung? In einer graphentheoretischen Definition ist eine "Gattung"

eine willkürliche Zusammenfassung von Endpunkten einer Baumstruktur. Anstatt ständig die Gattungsnamen zu ändern, sollte man lieber akzeptieren, dass "Gattung" keine biologische Einheit, sondern ein abstrakter, willkürlicher, aber sehr praktischer Begriff ist.

Die ständigen Namensänderungen bei Teilergebnissen phylogenetischer Forschung bringen keinen Erkenntnisgewinn, sondern unterhöhlen die praktische Primärschlüsselfunktion der binären Artbezeichnung. Wir haben es heute mit einer solchen Menge an Synonymen zu tun, dass man manchmal den Eindruck bekommt, die Systematik sei fast so chaotisch wie vor Linné. Auch heute benötigen wir wieder lange Synonymietabellen (siehe auch GEISER & MALICKY 2007 und GEISER 2001).

7. Schlussfolgerungen

Linnés Leistung ist bis heute unübertroffen. Die Linnésche Baumstruktur und die binäre Nomenklatur haben sich unverändert bewährt, die Festlegungen der Regeln für die Artbeschreibungen wurden ergänzt und werden inzwischen von den Nomenklaturkommissionen regelmäßig aktualisiert, um die bewährte Linnésche Primärschlüsselfunktion für Gattungs- plus Artnamen aufrechterhalten zu können, so gut es in der Praxis eben geht. Im Zeitalter der Bewertung von wissenschaftlicher Leistung durch Impactfaktoren ist es wohl eine Überlegung wert, welche der heute damit hoch bewerteten Arbeiten wohl in 250 Jahren noch Relevanz haben werden, verglichen mit dem Werk *Systema Naturae* von Linné.

8. Danksagung

Ein besonderer Dank gebührt der alten Prüfungsordnung an österreichischen Universitäten für den Erwerb des Dr. phil., die mich als Studentin der Zoologie zwang, im Fach Philosophie eine Vorlesung, ein Proseminar und zwei Rigorosen zu absolvieren. Der Philosophie-Professor Dr. Erhard Oeser teilte mir als Prüfungsstoff den Inhalt seines Buches "System, Klassifikation, Evolution" zu. Beim Rigorosum im Jahr 1979 hatte ich eine angeregte und erfreuliche Diskussion mit ihm, ohne zu ahnen, wie sehr ich in den nächsten Jahrzehnten noch mit dieser Problematik konfrontiert sein würde.

Die Anregungen zu den ausgeführten Darlegungen verdanke ich weiters einer nicht mehr rekonstruierbaren Anzahl von Fachkollegen, mit denen ich bei Tagungen und Vorträgen über einzelne Aspekte diskutiert oder deren oft heftig geführten Diskussionen ich interessiert gelauscht habe. Namentlich genannt seien hier nur die Fachkollegen Dipl. Ing. Michael Malicky und Dr. Remigius Geiser, denen ich für die kritische Durchsicht des Manuskripts und einige Anregungen herzlichst danken möchte.

9. Zusammenfassung

Carl von Linné hat mit seinem Werk *Systema Naturae* vor 250 Jahren die moderne biologische Systematik begründet. Der Erfolg seiner Verfahren beruht auf Konzepten der Informatik:

1. Hierarchische Ordnung aller Organismenarten in einer Baumstruktur; Einordnung durch klare Kriterien und rasches Wiederauffinden.
2. Für jede Art eine kurze prägnante Bezeichnung (Prinzip des Primärschlüssels): Dadurch sind

vielfältige Verknüpfungen der Artinformation in verschiedenen Zusammenhängen möglich.

3. Binäre Nomenklatur: Transport von mehr Information durch den Gattungsnamen und gleichzeitig Komplexitätsreduzierung um den Faktor der Quadratwurzel (man kommt mit wesentlich weniger Begriffen zur Artbezeichnung aus).

Das Werk Linnés löste einen ungeheuren Innovationsschub in den biologischen Wissenschaften aus. Sein klares und praktisches Verfahren zur Beschreibung und Einordnung neuer Arten ermöglichte und beschleunigte die Inventarisierung der Arten in Europa und ebenso der vielen, auf den großen Forschungsreisen neu entdeckten Arten. Die zunehmende Kenntnis verschiedenster Arten und deren Einordnung in eine Baumstruktur führten schließlich zur Entdeckung der Evolution. Auch im Zeitalter der Phylogenetischen Systematik haben sich Linnés informationstheoretische Grundprinzipien glänzend bewährt.

10. Literatur

- ARTEDI P. (1738): *Bibliotheca ichthyologica*. — Hrsg. von Carlous Linnaeus. Leyden.
- BAUHIN C. (1623): *Pinax theatri botanici*. — Basel.
- CODD E. (1970): A Relational Model of Data for Large Shared Databanks. — *Communications, ACM-Press* **6/1970**: 377-387.
- CUVIER G. (1830-1832, 1841-1845): *Histoire des sciences naturelles*. — Paris.
- GEISER E. (2001): Risiken und Nebenwirkungen einer umfangreichen entomologischen Datenbank. — *Entomologica Austriaca* **4**: 15-18.
- GEISER E. & M. MALICKY (2007): Zur Algorithmierbarkeit von Synonymieproblemen in Biodiversitätsdatenbanken - Anforderungsanalyse und praktische Lösungsvorschläge am Beispiel der Chrysomeliden (Insecta: Coleoptera) Mitteleuropas. — *Entomologica Austriaca* **14**: 17-42.
- HÄNEL K. (1937): Katalog der *Chrysochloa*-Arten und ihrer Formen, nach dem Kennwortsystem dargestellt. — *Koleopterologische Rundschau* **23**: 25-34.
- LINNAEUS C. (1753): *Species Plantarum*. — Stockholm.
- LINNAEUS C. (1758): *Systema Naturae*. — Tomus I, Editio Decima, reformata. Laurentii Salvii, Stockholm.
- NAGEL P. (2006): Phylocode und DNA-Barcoding – Taxonomische Regeln und Techniken im Wandel. — *Beiträge zur Entomologie* **56** (2): 387-403.
- OESER E. (1974): *System, Klassifikation, Evolution. Historische Analyse und Rekonstruktion der wissenschaftstheoretischen Grundlagen der Biologie*. — Wilhelm Braumüller, Universitätsverlagsbuchhandlung, Wien-Stuttgart.

Anschrift der Verfasserin: Dr. Elisabeth GEISER
St.-Julien-Straße 2 / 314
5020 Salzburg, AUSTRIA
E-Mail: Elisabeth.Geiser@gmx.at

Mag. Dr. Elisabeth GEISER, Jahrgang 1952, Studium der Mathematik, Biologie und Geowissenschaften, Promotion in Zoologie, ist hauptberuflich für Software-Engineering und Testmanagement in der Entwicklungsabteilung einer innovativen Mechatronikfirma angestellt. Seit über 25 Jahren Mitarbeit bei ZOBODAT (Linz) und ebenso lange bei ihren tiergeographischen Untersuchungen mit der Synonymieproblematik konfrontiert.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Entomologica Austriaca](#)

Jahr/Year: 2008

Band/Volume: [0015](#)

Autor(en)/Author(s): Geiser Elisabeth

Artikel/Article: [Die biologische Systematik vor und nach Linné oder warum Carl von Linné kein Systematiker, sondern ein Informatiker war. 17-32](#)