

**Nassauischer Verein  
für Naturkunde**



**Jahrbücher des  
Nassauischen Vereins  
für Naturkunde**



**Band 143**

**Wiesbaden 2022**

**ISSN 0368-1254**

**Nassauischer Verein  
für Naturkunde**



**Jahrbücher des  
Nassauischen Vereins  
für Naturkunde**

**Band 143**

**Wiesbaden 2022**

**ISSN 0368-1254**

## Titelbild



Honigbiene (*Apis mellifera*)

zum Beitrag von Prof. DR. JÜRGEN TAUTZ

© Nassauischer Verein für Naturkunde, Wiesbaden 2022

ISSN 0368-1254

**Für den sachlichen Inhalt der Beiträge sind die Autorinnen und Autoren allein verantwortlich.**

Herausgabe und Vertrieb:  
Nassauischer Verein für Naturkunde  
c/o Museum Wiesbaden  
Friedrich-Ebert-Allee 2, 65185 Wiesbaden  
e-Mail: [webmaster@naturkunde-online.de](mailto:webmaster@naturkunde-online.de)  
<http://www.naturkunde-online.de>

Schriftentausch / publication exchange / échange de publications:  
Hessische Landesbibliothek  
Rheinstraße 55/57, 65185 Wiesbaden  
Telefon: (0611) 9495-1816 Frau Jennifer Hale  
e-Mail: [jennifer.hale@hs-rm.de](mailto:jennifer.hale@hs-rm.de)

Schriftleitung:  
Prof. Dr. B. Toussaint  
65232 Taunusstein  
Telefon: (06128) 71737  
E-Mail: [b.toussaint@t-online.de](mailto:b.toussaint@t-online.de)

Satz: Prof. Dr. B. Toussaint, Taunusstein  
Druck und Verarbeitung: AC medienhaus GmbH, Wiesbaden  
Printed in Germany/Imprimé en Allemagne

Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier

# Inhaltsverzeichnis

<b>Editorial</b> .....	5	
<b>Wissenschaftliche Abhandlungen</b>		
WOLFGANG EHMKE		
<b>Naturwälder auch in Kommunalwäldern? Ihr Beitrag zu Klimaschutz und Artenvielfalt</b> .....	7	
Natural forests also in communities? Their contribution to climate change mitigation and species diversity		
ANDREAS ROLOFF		
<b>Wie erfolgt eine Anpassung an Trockenstress bei Bäumen? Einflussfaktoren, Kriterien, Mechanismen, Bewertung</b> .....	35	
How does adaption to drought stress develop in trees? Influencing factors, criteria, mechanisms, evaluation		
RÜDIGER WITTIG		
<b>Ökologische Charakteristika der im Taunus erloschenen Arten</b> .....	49	
Ecological characteristics of the extinct species in the Taunus Mountains		
JÜRGEN TAUTZ		
<b>Was Bienen über Blüten wissen und wie sie darüber reden</b> .....	81	
What bees know about flowers and how they talk about it		
SIBYLLE WOLF & NICHOLAS J. CONARD .....		101
<b>Welterbe „Höhlen und Eiszeitkunst der Schwäbischen Alb: das erste deutsche urgeschichtliche Bodendenkmal der UNESCO</b> .....		
World Heritage Site „Caves and Ice Age Art of Swabian Alb“: UNESCO’s first German prehistoric ground monument		
ALEXANDER LAND		
<b>Klimarekonstruktion mittels Jahresringen anhand eines markanten, holozänen Klimaereignisses</b> .....	131	
Climate reconstruction using tree rings based on a prominent Holocene climate event		
ALEXANDER STAHR		
<b>Zur Genese periglazialer Lagen in Mitteleuropa aus aktualistischer Sicht</b>	147	
On the genesis of periglacial layers in Central Europe from an actualistic point of view		

EBERHARD KÜMMERLE

<b>Mit dem Rhein durchs Welterbe</b> .....	157
With the river Rhine through the World Heritage	

## Verein

HELMUT ARNOLD

Bericht über den Nassauischen Verein für Naturkunde (NVN) im Jahr 2021 .....	181
---	-----

## Publikationen des NVN aus dem Jahr 2021

Band 142 des Jahrbuchs (2021) .....	197
-------------------------------------	-----

## Buch-Rezensionen

W. MEYER, A. SCHÄFER & A. SIEHL (Hrsg.) (2021):

J. Stets: Geologie des Hunsrücks .....	199
--	-----

H.J. ROTH & P. KREMER (Hrsg.) (2022):

Der Westerwald. Naturgeschichte eines rheinischen Mittelgebirges .....	203
--	-----

R. WITTIG, W. EHMKE, A. KÖNIG & M. UEBELER (Hrsg.) (2022):

Taunusflora Ergebnisse einer Kartierung im Vortaunus, Hohen Taunus und kammnahen Hintertaunus .....	205
--	-----

Oberrheinischer Geologischer Verein (2022):

Jahresberichte und Mitteilungen, Neue Folge, Band 104 .....	209
---	-----

Die Herausgabe des Jahrbuches **143** wurde durch die großzügige finanzielle Unterstützung seitens des Kulturrechtes der Landeshauptstadt Wiesbaden ermöglicht, wofür der Nassauische Verein für Naturkunde dankt.

## **Werte Mitglieder des Nassauischen Vereins für Naturkunde, sehr geehrte Damen und Herren!**

Seit 1844 erscheint das Jahrbuch des Nassauischen Vereins für Naturkunde (bis 1866: Verein für Naturkunde im Herzogthum Nassau) bis auf Krisen- und Kriegszeiten jährlich und zumeist auf hohem und breitem naturkundlichem Niveau (vgl. [www.naturkunde-online.de](http://www.naturkunde-online.de)).

Unsere Jahrbücher dokumentieren in besonderer Weise das Selbstverständnis des Vereins und seiner Mitglieder, mit einer fachlich ausgewiesenen regelmäßigen Publikation das Interesse an der – keineswegs nur regionalen – Natur und an ihrer Erforschung zu wecken sowie die allgemeine naturkundliche Bildung zu fördern.

Die Jahrbücher bieten von Anfang an – auch vielen namhaften – Wissenschaftlern und Hobbyforschern aus dem Kreis der Vereinsmitglieder und von außerhalb ein Forum, ihre Arbeitsergebnisse aus allen Gebieten der Naturkunde und zu Umweltfragen den Vereinsmitgliedern und der Öffentlichkeit mitzuteilen. Dabei gehen wissenschaftliche Genauigkeit, anschauliche Darstellung und verständliche Ausdrucksweise zumeist Hand in Hand. Die Jahrbücher haben einen guten Ruf und werden von der Hessischen Hochschul- und Landesbibliothek in Wiesbaden auch international getauscht.

Vor diesem Hintergrund rufen der Schriftleiter und der Vorstand des Nassauischen Vereins für Naturkunde dazu auf, dieses fachliche Forum stärker als bisher zu nutzen. Die Jahrbücher sollen Plattform für naturkundliche Beiträge sein, die sich nicht ausschließlich auf Wiesbaden oder die ehemalige nassauische Region, sondern auch auf andere Bundesländer beziehen. Auch internationale Themen, ggf. auch in englischer Sprache, könnten interessieren. Nationale wie internationale Fachleute sind eingeladen, die Ergebnisse ihrer naturkundlichen Studien in den Jahrbüchern des Nassauischen Vereins für Naturkunde zu veröffentlichen. Die Texte sollten allerdings so geschrieben sein, dass sie auch von interessierten Laien verstanden werden. Auch das angestrebte Themenspektrum wird die Gesamtheit der Naturwissenschaften, durchaus unter Bezug auf aktuelle Fragestellungen wie u. a. Klimawandel, umfassen.

Ab 2015 kann um ein Jahr versetzt die digitale Version der Jahrbücher von der Homepage ([www.naturkunde-online.de](http://www.naturkunde-online.de)) des Nassauischen Vereins für Naturkunde heruntergeladen werden und steht somit einem großen Leserkreis zur Verfügung. Somit können Autoren für sich selbst und für ihr Anliegen werben. Für Rücksprachen steht zur Verfügung

Prof. Dr. Benedikt Toussaint

E-Mail: [b\\_toussaint@web.de](mailto:b_toussaint@web.de) oder [b.toussaint@t-online.de](mailto:b.toussaint@t-online.de)

Dieser Band beinhaltet wiederum ein breites Themenspektrum, das sich in acht Beiträgen widerspiegelt. Die ersten drei Beiträge sind der Botanik gewidmet (Naturwaldzellen in Kommunalwäldern als Beitrag zum Klimaschutz und der Artenvielfalt [Dr. W. Ehmke], Anpassung von Bäumen an Trockentress [Prof. A. Roloff], ökologische Charakterisierung von seit 1900 im Taunus verschwundenen Pflanzenarten [Prof. R. Wittig]). Der nächste Beitrag behandelt u. a. den Schwänzeltanz der Honigbienen [Prof. J. Tautz]. Wie im letzten Jahrbuch kommen auch jetzt wieder Archäologen zu Wort, es wird über Karsthöhlen in der Schwäb. Alb mit ihrer mittlerweile von der UNESCO als Welterbe geadelten Eiszeitkunst berichtet [Dr. S. Wolf & Prof. N. J. Conard]. In drei weiteren Fachaufsätzen wird anhand von Jahresringen ein markantes holozänes Klimaereignis rekonstruiert [Dr. A. Land], aus aktualistischer Sicht die Genese periglazialer Lagen in Mitteleuropa entschlüsselt [Dr. A. Stahr] und der Weg des Rheins durch das Welterbe Oberes Mittelrheintal aus unterschiedlichen Blickwinkeln verfolgt [Dr. E. Kümmerle].

Auf diese Fachbeiträge folgt der Rechenschaftsbericht des Vereinsvorsitzenden für das durch die Corona-Pandemie betroffene Jahr 2021.

In der Rubrik „Neue Publikationen“ wird der im Jahr 2021 erschienene Band 142 des Jahrbuchs des Nassauischen Vereins für Naturkunde vorgestellt.

Der Band endet mit der Rezension von vier empfehlenswerten Fachbüchern, die 2021 und 2022 erschienen sind.

Der vorliegende Band 143 unseres Jahrbuchs umfasst insgesamt sehr interessante 210 Seiten, die es allesamt verdienen, gelesen zu werden.

### **Invitation to external resp. foreign authors to publish in our annals**

In special cases English writing scientists are also invited to publish the results of their natural scientific studies in the annals of the Nassau Natural History Society (Jb. Nass. Ver. Naturkde.). Our annals should serve as platform for potential authors to publish. The authors have a wide range of contributions, but the publications should be written in a popular scientific way. The topics need not be directly related to Hesse and surrounding German countries; but should, if possible. The readers of the annals have great interest in geo- and biosciences in a very broad sense, in meteorology – especially in connection with the climate change –, archaeology/prehistory and astronomy. Please note that only scientifically substantiated articles on current topics are selected for publication.

Beginning with 2015, everybody can – with a time lag of one year after the publication of the print annals of the Nassau Natural History Society – download the digital version from its homepage (see [www.naturkunde-online.de](http://www.naturkunde-online.de)). Therefore, authors can advertise themselves and their concern.

For any questions please feel free to contact

Prof. Dr. Benedikt Toussaint ( [b\\_toussaint@web.de](mailto:b_toussaint@web.de); [b.toussaint@t-online.de](mailto:b.toussaint@t-online.de) )

# Naturwälder auch in Kommunalwäldern? Ihr Beitrag zu Klimaschutz und Artenvielfalt

WOLFGANG EHMKE

Kommunalwald, Naturwaldzellen, Klimaschutz, Biodiversität, Stadtwald Taunusstein

**K u r z f a s s u n g :** Das Ziel der Biodiversitätsstrategie des Bundes, bis zum Jahr 2020 10 % der öffentlichen Waldflächen stillzulegen, wurde verfehlt. Zur Erfüllung des Zieles könnten auch die Kommunalwälder in größerem Umfang als bisher beitragen, wenn ihre „Wälder außerhalb regelmäßigem Betrieb“ (WarB) endgültig aus der Nutzung genommen würden. Naturwälder sind auch sehr bedeutsam als Kohlenstoffsenken im Klimaschutz, da sie bis zu 4 Tonnen Kohlendioxid pro Hektar und Jahr speichern können. Am Beispiel des Taunussteiner Stadtwaldes wird gezeigt, welche Hemerobiestufen (Stufen menschlichen Einflusses) und Waldgesellschaften in den möglichen Naturwaldzellen (NWZ) vorgefunden wurden. Zur Verminderung der Ertragseinbußen durch Einführung der naturgemäßen Waldwirtschaft werden Hinweise auf Mitelförderungen gegeben.

## Natural forests also in communities? Their contribution to climate protection and species diversity

Natural forest reserves, climate change mitigation, biodiversity, town forest of Taunusstein

**A b s t r a c t :** The goal of the German Federal Strategy on Biodiversity to reach 10 % of unmanaged common forests by 2020 has failed. Municipal forests are able to contribute to the fulfillment of this goal to a larger scale, if their forests that are now temporarily out of management were never used again. Old-growth forests also are very important due to their role as carbon sinks in the climate change mitigation because of their ability to store up to 4 tons of carbon dioxide every hectare each year. The example of the Taunusstein municipal forest shows the existence of different degrees of hemeroby (degrees of human interaction) and forest plant communities in possible Natural Forest Reserves (NWZ). In order to reduce the losses of earnings, in turn by the introduction of natural forest management, indicates for promotion of means are given.

### Inhaltsverzeichnis

1	Einführung .....	8
2	Bedeutung von Naturwäldern .....	9
3	Der Taunussteiner Stadtwald .....	13
4	Naturwaldzellen (NWZ) in Taunusstein .....	14
5	Finanzielle Förderung des Waldumbaus .....	29
6	Was ist zu tun? .....	29
7	Danksagung .....	30
8	Literatur .....	30



# 1 Einführung

Unter Naturfreunden und Förstern tobt eine heftige Diskussion über die Bedeutung und Behandlung unserer Wälder (Abb. 1) in Zeiten des Klimawandels und des Artensterbens. Der Blick auf kahle Waldflächen und abgestorbene Fichten (Abb. 2, 3, 4) lässt viele erschauern. Und nach allen Prognosen wird dieses Sterben als eine Folge des Klimawandels in den nächsten Jahren weitergehen. Nach Aussage der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) wird das vielzitierte 1,5-Grad-Ziel wahrscheinlich bereits 2026 überschritten werden (PLÖGER 2022). Schon vor über 20 Jahren hatte der Autor auf den damals schon deutlichen Klimawandel im Taunus hingewiesen (EHMKE 2001). Wenn es um die Waldrettung geht, stehen sich zwei Schulen gegenüber: auf der einen Seite die Verfechter eines Wirtschaftswaldes mit der Meinung, dass nur ein Wald mit Hauptziel Holznutzung Zukunft hat; auf der anderen Seite die „Ökowaldfraktion“, die eine naturgemäße Waldwirtschaft anstrebt und zum Prozessschutz Teilflächen des Waldes sich selbst überlassen möchte. Höchstwahrscheinlich liegt die Wahrheit wieder mal in der Mitte, denn Wald ist nun mal auch ein – mehr oder weniger bedeutender – Wirtschaftsfaktor. Aber erwiesen ist auch, dass Wälder ohne menschliche Eingriffe nicht nur die größeren CO<sub>2</sub>-Speicher sind, sondern auch die artenreicheren Ökosysteme. Dabei geht es nicht um Entweder-Oder, also Naturwald oder Wirtschaftswald. Es geht nur um ein paar Hektar Naturwald, eingebunden in den



Abbildung 1: Luftbild von Watzhahn Richtung Osten. Rechts am Bildrand Wingsbach; Foto: Archiv Wolfgang Kühner.

Figure 1: Aerial view of Watzhahn direction to east. On the right edge Wingsbach; photo: archive Wolfgang Kühner.

größeren Wirtschaftswald, der möglichst naturgemäß genutzt werden sollte. Es soll deshalb in diesem Beitrag ein kurzer Abriss über den aktuellen Kenntnisstand und den verschiedenen Empfehlungen zur zukünftigen Waldbehandlung – hier insbesondere im Hinblick auf die Stilllegung von Waldflächen – gegeben werden.

Bisher ist es nicht gelungen, das laut Biodiversitätsstrategie (BMUNR 2007) angestrebte Ziel von 5 % stillgelegter Waldfläche und 10 % der Fläche der öffentlichen Hand – vorwiegend in Bundes- und Länderforsten – bis 2020 zu erreichen. In den Focus rücken dabei zunehmend die Kommunalwälder, da sie z. B. in Hessen mit 36 % der Landesfläche eine nicht vernachlässigbare Größenordnung einnehmen. Auch in Hessen sollen 10 % der öffentlichen Wälder als natürliche Entwicklungsflächen (Prozessschutzflächen) ausgewiesen werden; derzeit werden aber nur 5 % – vor allem im Staatswald – erreicht (HARTHUN 2020). Es gibt also ein Defizit im hessischen Kommunalwald, denn die fehlenden 5 % liegen überwiegend in den Gemeindewaldungen. Deshalb soll am Beispiel des Taunussteiner Stadtwaldes versucht werden darzustellen, inwieweit auch Kommunen einen nicht unerheblichen Beitrag in diesem Kontext zu leisten vermögen.

## 2 Bedeutung von Naturwäldern

Zunächst ein kurzer Exkurs zu den Begrifflichkeiten. Von Urwäldern können wir in Deutschland nicht sprechen, denn es gibt sie hier schon lange nicht mehr. Ein Urwald ist ein großflächiger Waldbestand ohne direkte menschliche Eingriffe, der sich aus standorttypischen Bäumen, Sträuchern und Kräutern gemäß der Potentiell Natürlichen Vegetation (PNV) zusammensetzt (u. a. BARREDO et al. 2021; SABATINI et al. 2018; SUCK et al. 2014). Nach TÜXEN (1956) (ähnlich ELLENBERG & LEUSCHNER 2010; KOWARIK 2016) versteht man unter PNV einen Zustand der Vegetation, der sich entwickeln würde, wenn der menschliche Einfluss vollständig und dauernd ausgeschaltet würde und wenn die daraus folgende Sukzession (Vegetationsentwicklung) in einem einzigen Augenblick vollendet wäre. Was sich dagegen in Teilen von Nationalparks, Kernzonen der Biosphärenreservate, Naturwaldreservaten und anderen abgelegenen, seit längerem nicht genutzten oder selbst entwickelten Wäldern befindet, sind sekundäre Naturwälder, also Waldbestände, die lange unbewirtschaftet waren oder aus Naturverjüngung hervorgegangen sind und sich langfristig ohne direkte menschliche Eingriffe in Richtung der PNV entwickelt haben, aber noch Nutzungseinflüsse zeigen (u. a. COMMARMOT et al. 2013).

Warum sind Naturwälder so wichtig? Eine Gruppe von Forstleuten und Waldeigentümern vertritt unbeirrbar das Narrativ, dass nur ein genutzter Wald eine optimale CO<sub>2</sub>-Senke und einen umfangreichen Artenpool für walddtypische Tier- und Pflanzenarten bieten kann (u. a. DIETER et al. 2020; DIETER 2021; SCHALL et al. 2020; SCHULZE 2018; SCHULZE et al. 2020). Eine Ausweisung von weiteren Pro-



Abbildung 2: Luftbild der Windwurffläche SE Wehen (Abt. 504 A), verursacht durch Orkan „Wiebke“ 1990; Foto: Archiv Wolfgang Kühner.

Figure 2: Aerial view of the wind blast clearing SE Wehen (distr. 504 A) caused by storm „Wiebke“ in 1990; photo: archive Wolfgang Kühner.

zessschutzflächen in Naturwäldern, Kernflächen oder Nationalparken sei deshalb abzulehnen bzw. nicht weiter zu befördern. Die größere Artenzahl in Wirtschaftswäldern wird begründet mit den fortlaufenden Störungen durch den Forstbetrieb im Waldökosystem (Lückenbildung durch Baumentnahmen, Rückegassen und Forstwege, wodurch die Besiedlung mit höheren Pflanzen gefördert und so die Artenzahl gegenüber den „dunklen, geschlossenen“ Naturwäldern erhöht würde). Der wichtige Aspekt der genetischen Vielfalt, als ein wesentliches Element der Biologischen Vielfalt, wird bei dieser Betrachtung oft nicht berücksichtigt. Auch sei die CO<sub>2</sub>-Bindung in einem genutzten Wald größer als in einem Naturwald, da in letzterem der Holzvorrat mitsamt dem darin gebundenen Kohlenstoff mit Erreichen der Alters- und Zerfallsphase stagniere bzw. stark abnehme. Aus dieser Sicht hätten Wirtschaftswälder eine hohe oder sogar höhere naturschutzfachliche und klimatologische Wertigkeit als Naturwälder.

Diesen Argumenten widerspricht eine andere Gruppe von Forstleuten, Forstwissenschaftlern und Ökologen (u. a. BALCAR 2013; DIETZ 2010; JACOB et al. 2013; LEUSCHNER et al. 2021; LUICK et al. 2021; LUYSSAERT et al. 2008; NW-FVA 2015; STEPHENSON et al. 2014; WINTER et al. 2016). Die Artenvielfalt sei im Wirtschaftswald nur deshalb leicht erhöht und nicht standorttypisch, weil durch die Auflichtungen bei den Holzentnahmen vermehrt Störungszeigerpflanzen und lichtliebende Arten in den Wald eindringen. Außerdem dürfe man sich nicht auf



Abbildung 3: Windbruch im Fichtenbestand N Niederlibbach im April 2018 (Abt. 964, Stadtwald); Foto: Wolfgang Ehmke.

Figure 3: Wind blast in spruce stand N Niederlibbach in April 2018 (distr. 964, municipal forest); photo: Wolfgang Ehmke.

den Aspekt der höheren Pflanzen beschränken; wenn auch die Artenvielfalt bei Flechten, Moosen und Pilzen mit betrachtet würde, wäre der Artenpool in den Naturwäldern wesentlich größer als im Wirtschaftswald (MEYER et al. 2022). Dies läge nicht zuletzt an den höheren Totholz mengen und am Bestand von Altbäumen, denen als Habitat und Strukturelement ganz zentrale ökologische Funktionen zukommen, wie auch die langjährigen Untersuchungen in hessischen Naturwaldreservaten gezeigt haben (u. a. DOROW et al. 2007). FLADE & WINTER (2021: S. 141) kommen nach umfangreichen Untersuchungen zu dem Schluss, dass „...sehr naturnahe, seit über 100 Jahren unbewirtschaftete Buchenwälder eine mehrfach so hohe Strukturvielfalt und Biodiversität aufweisen wie Buchenwirtschaftswälder“. LUICK et al. (2021) konnten sogar nachweisen, dass die Vertreter der etablierten Forstwirtschaft manchmal mit falschen Zahlen arbeiten, so z. B. SCHULZE et al. (2020), die die ehemaligen Schießbahnen im Nationalpark Hainich (Thüringen), die derzeit nur mit Jungwald bestanden sind, als Datengrundlage für einen Naturwald verwendet haben.

In Bezug auf die CO<sub>2</sub>-Speicherung sei der Naturwald bis zum Erreichen der natürlichen Zerfallsphase weit überlegen. Der Holzvorrat steigt nach den bisherigen Erkenntnissen aus europäischen Urwäldern in der Optimalphase bis 400 Jahre lang weiter an und ist somit wesentlich höher als im klassischen Wirtschaftswald, wo die Bäume meist im Alter von 100 bis 150 Jahren geerntet werden (STEPHEN-



Abbildung 4: Kahlfäche durch Borkenkäferbefall S Wehen im Juni 2022 (Staatswald). Nur zwei Douglasien blieben stehen; Foto: Wolfgang Ehmke.

Figure 4: Clearing by bark beetle invasion S Wehen in June 2022 (State forest). Only two douglas fir trees were left behind; photo: Wolfgang Ehmke.

SON et al. 2014). Bei Baumarten wie der Douglasie beginnt die Ernte unter Umständen schon mit 70 Jahren, was eine Ernte zum Ende der Jugendphase dieser Baumart gleichkommt. Letztlich ist der Umfang der Kohlenstoffspeicherung in Wäldern eine Funktion von Waldfläche, Biomassevorrat und Zeit. Nach Ergebnissen der Kohlenstoffinventur 2017 (RIEDEL et al. 2017) wachsen Wälder im Durchschnitt pro Jahr und Hektar um etwa drei bis vier Festmeter, wobei ein Festmeter Holz etwa eine Tonne  $\text{CO}_2$  speichert. Dies ergibt eine Zunahme von ca. 3 bis 4 Tonnen  $\text{CO}_2$  pro Hektar und Jahr – ein nicht unwesentlicher Betrag, der regional noch deutlich höher liegen kann. Hinzu kommt noch die nicht unbedeutende Kohlenstoffspeicherung im Boden. Es wäre deshalb sinnvoll, wenn auch in den Kommunalwäldern wie z. B. in Taunusstein die schon länger ungenutzten Waldbestände, die als „Wald außerhalb regelmäßigem Betrieb“ (WarB, früher „Grenzwirtschaftswald“) im Forstwirtschaftsplan ausgewiesen wurden, auch zukünftig ungenutzt blieben und so gewissermaßen als Keimzellen der standorttypischen Artenvielfalt und als Beitrag zur Kohlenstoffspeicherung erhalten blieben. Die Bedeutung dieser Flächen wurde im Rahmen der fachlich fundierten Lebensraumanalyse im Biodiversitätsprojekt des Naturparks Rhein-Taunus nachgewiesen (DIETZ, KRANNICH & WENNEMANN 2019). Allerdings gibt es auch Unsicherheiten in dieser Klimabilanz, die nicht verschwiegen werden dürfen. Wie entwickeln sich

die Wälder im Klimawandel zukünftig bei zunehmenden Stürmen (Abb. 2, 3), zunehmender Trockenheit und Waldbrandgefahr oder beim Angriff von Insekten (Abb. 4)? Gerade weil diese – derzeit schwer abschätzbaren – Risiken bestehen, ist die Einrichtung von Vergleichsflächen ohne Nutzung so wichtig.

### 3 Der Taunussteiner Stadtwald

Die Gesamtwaldfläche in Taunusstein beträgt laut Flächennutzungsplan ca. 3.600 ha, das entspricht ca. 54 % der Gemarkungsfläche. Davon sind 1.011 ha Staatswald und 193 ha Privatwald. Der Taunussteiner Stadtwald gehört mit 2.534 ha Betriebsfläche (Tab. 1) zu den größten Kommunalwäldern in Hessen (alle Zahlen Stadtverwaltung Taunusstein 2022). Seine Waldgeschichte und die derzeitigen Bestandsverhältnisse sind umfassend vom früheren Leiter des damaligen Forstamtes Taunusstein beschrieben worden (MUNZEL 2018, 2019). Dieser hat seinerzeit vielfältige Anstöße zur Einführung der naturgemäßen Waldwirtschaft gegeben. Der Anteil der nicht genutzten Waldflächen (Wald außerhalb regelmäßigem Betrieb, WarB) ist mit 5 % oder 128 ha relativ gering; mit einer Zunahme ist zu rechnen. Buche und Fichte hatten vor 2017 einen Flächenanteil von je 32 %, danach die Eiche mit 12 % (Forsteinrichtung 2017). Durch die Kalamitäten in den drei Trockenjahren 2018 bis 2020 ist aber die Fichte massiv eingebrochen; fast die Hälfte der Fichtenbestände (357 von insgesamt 735 ha) fiel den Kalamitäten zum Opfer (BACHMANN 2021). Auch Laubbäume zeigen Schäden, wenngleich nicht im selben Ausmaß wie die Fichte. Und das als noch extremer eingeschätzte Trockenjahr 2022 wird die Waldschäden noch einmal nach oben treiben. Erwähnenswert ist weiterhin der hohe Wildbestand, der zu beträchtlichen Schäl-, Verbiss- und Fegeschäden führt, die sich auf eine jährliche Schadenssumme von mindestens 300.000 € belaufen (Forstamt Chausseehaus 2021). Dadurch werden Nachpflanzungen und Naturverjüngung enorm erschwert und verteuert.

Vor dem Hintergrund dieser Schäden (Abb. 2, 3, 4) und in Anbetracht des weiterhin zunehmenden Klimawandels mit unklaren Auswirkungen und anderen Belastungen hat sich die Stadtverwaltung Taunusstein entschieden, einen grundsätzlichen Wandel in der Waldbehandlung hin zur naturgemäßen Waldwirtschaft – etwa gemäß den Grundsätzen der Arbeitsgemeinschaft Naturgemäße Waldwirtschaft (ANW 2013) – einzuleiten. Nach Auswertung dreier Gutachten von Forstplanungsbüros (VON BETHMANN 2020; WOHLLEBEN 2020; BACHMANN 2021) – die einhellig eine entsprechende „Waldwende“ empfohlen haben – stand der Entschluss fest, diesen Weg zu einem klimafesten, resilienteren Dauerwald einzuschlagen. Zur Vorbereitung der hierfür erforderlichen Umstellungen und Maßnahmen wurde vom Magistrat eine Waldkommission nach § 72 der Hessischen Gemeindeordnung eingerichtet, der auch einige sachkundige Bürgerinnen und Bürger angehören.

Tabelle 1: Flächenübersicht; Quelle: Forsteinrichtung 2017

Table 1: Statistical table of surface dimension; source: Forsteinrichtung 2017

Bezeichnung	Abkürzung	Fläche (ha)	Anteil an der Betriebsfläche (%)
Betriebsfläche		2.534	100
Baumbestandsfläche	BBF	2.345	93
Wald im regelmäßigem Betrieb	WirB	2.217	87
Wald außer regelmäßigem Betrieb	WarB	128	5
Nebenflächen	NF	94	4
Wege		94	4

#### 4 Naturwaldzellen (NWZ) in Taunusstein

Die „Wälder außer regelmäßigem Betrieb“ entsprechen meistens Naturwäldern gemäß der oben zitierten Definition und können folglich als „Naturwaldzellen“ (NWZ) bezeichnet werden. Dafür spricht auch eine detaillierte Erfassung ihrer Baumartenzusammensetzung, ihres Bestandesalters, ihres Totholzgehaltes, ihrer Bodenvegetation und der noch sichtbaren Zeugnisse früherer Nutzungen, wie sie der Autor an einigen Beständen beispielhaft durchgeführt hat. Ebenso erfolgte eine Bewertung ihrer Naturnähe nach Hemerobiestufen (Stufen menschlichen Einflusses). Nach SÜKOPP (1976) (zitiert in SÜKOPP & WITTIG 1998) ist unter Hemerobie die Gesamtheit aller Wirkungen, die beim beabsichtigten oder unbeabsichtigten Einwirken des Menschen in Ökosystemen stattfinden, zu verstehen. Wie Tabelle 2 zeigt, sind die Taunussteiner NWZ überwiegend als oligo- bis mesohemerob einzustufen; der Wirtschaftswald fällt in die Kategorien mesohemerob und – im Falle von noch vorhandenen standortfremden Monokulturen mit Fichten, Douglasien oder Roteichen – euhemerob.

Die Gesamtfläche der Wälder außer regelmäßigem Betrieb im Stadtwald Taunusstein beträgt 128 ha (Forsteinrichtung 2017). Sie ist in zahlreiche kleine Einzelflächen von durchschnittlich ca. 3 ha aufgeteilt; viele davon weisen ein Alter von über 160 Jahren auf. Zwar sind solch kleine Flächen nicht optimal im Hinblick auf die Lebensraumsansprüche vieler Waldtierarten, sie können aber wichtige Trittsteine für die Wanderung mobiler Arten (z. B. Wildkatze) sein (HARTHUN 2020). Auch DIETZ & KRANNICH (2019) belegen in einer mehrjährigen Untersuchung für den Naturpark Rhein-Taunus die Bedeutung von Naturwäldern, insbes. mit alten Eichen, als Refugium für die Bechstein-Fledermaus. Anders bei den typischen Waldpflanzen: Deren Präsenz ist auch in relativ kleinen Naturwäldern möglich, wie die Begehungen im Taunussteiner Stadtwald gezeigt haben. Bei der Festlegung von NWZ ist eine Flächengröße von mindestens 10 ha anzustreben,

Tabelle 2: Hemerobiestufen in Wäldern und Forsten (nach JEDICKE (2003), PANEK (2021), BWI (2012), verändert)  
 Table 2: Hemeroby degrees in woods and forests (modified according to JEDICKE (2003), PANEK (2021) and BWI 2012)

Stufe	Hemero- biegrad	menschl. Einfluss	Waldtypen	Beispiele in Hessen	Flächen- größe (ha)	Flächen- anteil (%)
H0	ahemerob	kein Einfluss (natürlich)	Urwälder/Primärwälder	nicht mehr vorhan- den	0	0
H1	oligohe- merob	schwacher Einfluss (natürlich bis naturnah)	kaum beeinflusste Primär- wälder	nur wenige ha (z. B. Edertalhänge)	150	< 0,5
H2	oligo- bis mesohe- merob	schwach bis mäßig (naturnah)	Naturwälder (Sekundärwälder nach sehr langer > 180 J.] Sukzession)	alte Laubwälder im Nationalpark, in Naturwaldreserva- ten und anderen Kernzonen; alte Laubwälder als WarB	~ 80.000	~ 9
H3	mesohe- merob	mäßiger Einfluss (bedingt naturnah)	Sekundärwälder nach kurzer [< 180 J.] Sukzession; Wirt- schaftswälder gem. PNV mit geringem Holzeinschlag	jüngere Laubwälder als WarB; mehr- schichtige Bu- u. Ei-Wälder mit gerin- ger Einzelstamm- nahme	~ 217.000	~ 25,5
H4	meso- bis beta-euhe- merob	mäßiger bis starker Ein- fluss (bedingt naturfern)	Wirtschaftsforsten und Jung- wälder mit Arten gem. PNV; Nadelholzforsten > 40 J.	genutzte Laubwäl- der und Nadelholz- forsten mit intensi- vem Einschlag	~ 450.000	~ 53
H5	beta-euhe- merob	starker Einfluss (natur- fern)	Aufforstungen	Kahlflächen	~ 105.000	~ 12
Gesamthessen					~850.000	100

um Randeffekte weitgehend auszuschließen. Dazu ist bei ihrer Erhebung und Abgrenzung zu prüfen, ob benachbarte Bestände des Wirtschaftswaldes aufgrund ihres Alters und ihrer Struktur an die bereits vorhandenen, ungenutzten Waldstücke angeschlossen werden können. Wenn die NWZ-Gebietskulisse steht, sollte ihre Sicherung und Veröffentlichung durch Ortssatzung erfolgen. Eine naturschutz- oder forstrechtliche Kategorie scheidet hier wegen ihrer geringen Größe aus.

Bei der Ausweisung von Naturwäldern ist Repräsentativität anzustreben, d. h. sie sollten die für die jeweilige Region typischen Standorte und Waldgesellschaften abbilden. Eine Sichtung der im hessischen Staatswald ausgewiesenen Naturwaldreservate ergibt allerdings, dass diese einseitig auf Buchenwälder ausgerichtet sind (NW-FVA 2022). So sind Eichenwälder nur in zwei Reservaten mit insgesamt 19 ha vertreten, ebenso Laubwälder der Steilhänge (ein Reservat mit 27 ha) und Feucht- und Auenwälder (nur drei Reservate mit insgesamt 80 ha). Dieses Defizit könnte gerade in Kommunalwäldern tendenziell aufgearbeitet werden.

Um die geforderte Repräsentativität zu klären, sollten die Taunussteiner Wälder außerhalb regelmäßigem Betrieb hier beispielhaft boden- und vegetationskund-



lich genau erfasst und bewertet werden. Da sie dato noch nicht als NWZ ausgewiesen sind, sind an dieser Stelle nur erste Bewertungen einiger ausgewählter Bestände möglich. Bisher wurden im Taunussteiner Stadtwald die nachstehend beschriebenen neun typischen Waldgesellschaften vorgefunden, die der PNV weitgehend entsprechen und die alle als Lebensraumtypen (LRT) durch die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-Richtlinie) der EU rechtlich geschützt sind. Es wurden vorrangig die Wälder außerhalb regelmäßigem Betrieb (WarB) – also die derzeit ungenutzten Wälder – berücksichtigt. Änderungen in der Zusammensetzung der Gesellschaften, unter anderem durch Klimawandel, sind zu erwarten. Beschreibungen der Waldgesellschaften finden sich u. a. in der kürzlich erschienenen botanischen Gebietsmonographie „Taunusflora“ (WITTIG et al. 2022).

### 1) Luzulo-Fagetum Meusel 1937 (Hainsimsen-Buchenwald)

Vorkommen: Im Taunus und im Stadtwald weit verbreitet; die häufigste Waldgesellschaft mit verschiedenen Ausprägungen (Abb. 5). Meist auf sauren, nährstoffarmen, tiefgründigen, relativ ebenen Standorten u. a. in den Abteilungen 722 (Zugmantel), 606 und 607 (E Watzhahn) und 514 (S Wehen).

Bodentypen: Pseudogleye, Braunerden, z. T. Parabraunerde.

Struktur und Artenbestand: In dichten, schattigen Beständen. Mancherorts ist die Strauchschicht durch Wildverbiss stark ausgedünnt. Typische Arten: *Fagus sylvatica* mit Naturverjüngung, *Quercus petraea* (wenig), *Luzula luzuloides*, *Polytrichum formosum* (Moos), *Deschampsia flexuosa*, *Vaccinium myrtillus*, *Melampyrum pratense*, *Carex pilulifera*, *Milium effusum*, *Anemone nemorosa*, *Oxalis acetosella* u. a.

Dynamik: Bestände im WarB: Hemerobiestufe H2 (oligo- bis mesohemerob; alte Sekundärwälder); Bestände im Wirtschaftswald: Hemerobiestufe H3 bis H4 (meso- bis beta-euhemerob; Wirtschaftsforsten). Abgesehen von forstlichen Eingriffen zeigen die Bestände im Lauf der Jahrzehnte wenig Änderungen. Die Zahl der Jungbuchen ist stark vom Wildbestand abhängig. Bei ungestörter Entwicklung können sich verschiedene Subassoziationen deutlicher herausstellen. Die Subassoziation mit *Milium effusum* vermittelt zum nährstoffreicheren Galio-Fagetum (Waldmeister-Buchenwald; z. B. im Distrikt Maisel), ebenso die Subassoziation mit *Athyrium filix-femina* und anderen Farnen sowie die Subassoziation mit *Luzula sylvatica* an kühl-feuchten Nordhängen, meist in höheren Lagen an der Hohen Wurzel. Der Hainsimsen-Buchenwald erreicht mit ca. 200 Jahren sein Klimaxstadium und kann bis zu 500 Jahre alt werden.

Wirtschaftliche Bedeutung: Je nach Marktlage können die Altbuchen hohe Preise erzielen. Wegen der großen Verbreitung im Stadtwald sind deshalb Rotbuchen die Haupterlösträger neben den Nadelhölzern. Ihr Wert könnte auf bestimmten Standorten durch Erhöhung des Holzvorrats (Stammdurchmesser > 80 cm; Alter > 200 Jahre; Vergrößerung des Höhenwachstums) noch gesteigert werden.



Abbildung 5: Hainsimsen-Buchenwald E Watzhahn (Abt. 606 B, Wirtschaftswald), 136-jährige Buchen in gut strukturiertem, plenterartigem Bestand mit viel Naturverjüngung; Foto: Wolfgang Ehmke.

Figure 5: Wood rust-beech forest E Watzhahn (distr. 606 B, managed forest), 136 years old beeches in well-structured stand with much natural after-crop; photo: Wolfgang Ehmke.

Naturschutz: Das Luzulo-Fagetum ist als Lebensraumtyp 9110 geschützt nach der FFH-Richtlinie, d. h. es ist ein guter Erhaltungszustand anzustreben, verbunden mit einem Verschlechterungsverbot. Als typische und verbreitete Pflanzengesellschaft zwar im Taunus nicht direkt gefährdet (obwohl RIECKEN et al. 1994 sie als gefährdet einstufen), sollte sie dennoch gefördert und naturgemäßer als bisher behandelt werden. Vor allem die großflächigen Schirmschläge im Buchenwald, wie sie im Staatsforst zu beobachten sind (z. B. beim Altenstein), führen zu einer starken Auslichtung und Ruderalisierung der Bodenvegetation (Brombeeren, Brennnesseln) und zu einer Erschwerung der Naturverjüngung. Obwohl die Ge-

sellschaft relativ artenarm ist, kommen einige gefährdete oder seltene Arten vor wie *Carex montana*, *Carex umbrosa*, *Primula elatior* u. a. Einige dieser Bestände sollten als NWZ gesichert werden, da aus ihrer Entwicklung wichtige Rückschlüsse auf die optimale Behandlung des Wirtschaftswaldes gezogen werden können.

## 2) Galio odorati-Fagetum Rübel 1930 ex Sougnez et Thill 1959 (Waldmeister-Buchenwald)

Vorkommen: Im Taunus nicht so häufig wie das Luzulo-Fagetum, aber oft im Kontakt dazu. Die Gesellschaft (Abb. 6) steht auf etwas nährstoffreicheren, mäßig sauren, oft tiefgründigen Böden, z. B. im Waldstück Maisel bei Neuhof (Abt.710 und 713).



Abbildung 6: Waldmeister-Buchenwald S Zugmantel (Abt. 719 B, ohne Nutzung), 180-jährige Buchen in der Zerfallsphase; Foto: Wolfgang Ehmke.

Figure 6: Woodruff-Beech forest S Zugmantel (distr. 719 B, out of management), 180 years old beeches in decay phase; photo: Wolfgang Ehmke.

Bodentypen: mesotrophe Braunerden und Parabraunerde; an Hängen Braunerde-Ranker.

Struktur und Artenbestand: Ähnlich dem Luzulo-Fagetum, aber mit etwas reichhaltigerer Bodenvegetation. In der Baumschicht können neben der herrschenden Rotbuche und der Traubeneiche auch vereinzelt die Stieleiche (auf etwas feuchteren Böden) und die Hainbuche auftauchen. Die Krautschicht ist geprägt vom Waldmeister (*Galium odoratum*), mancherorts auch vom Waldschwingel (*Festuca altissima*). Kennzeichnende Arten sind daneben *Milium effusum*, *Cardamine bulbifera*, *Melica uniflora*, *Lamium montanum*, *Poa nemoralis*, *Viola reichenbachiana*, *Carex sylvatica* und diverse Farne.

Dynamik: Ähnlich dem Luzulo-Fagetum.

Wirtschaftliche Bedeutung: Ähnlich dem Luzulo-Fagetum, wobei wegen der besseren Nährstoffversorgung auf tiefgründigen Böden die Rotbuche noch höhere Qualitäten erreichen kann.

Naturschutz: Ähnlich dem Luzulo-Fagetum. Als Lebensraumtyp 9130 geschützt nach der FFH-Richtlinie. Einige Krautarten sind gem. Roter Liste gefährdet: *Neotitia nidus-avis*, *Epipactis purpurata* u. a.

### 3) Galio sylvatici-Carpinetum betuli Oberd. 1957 (Waldblaukraut-Eichen-Hainbuchenwald)

Vorkommen: Auf größeren Flächen in flachgründigen Südhanglagen, oft im Kontakt zum Birken-Traubeneichenwald. Die Böden sind etwas mächtiger und nährstoffreicher mit Mull als Humusform. Bisher gesichtet in den Abteilungen 325 (Hähnchekopf), 323 (Rossbach), 953 (Niederlibbach, Abb. 7), 534 (Halberg) und 116 (Hahn-N).

Bodentyp: meist Ranker-Braunerde.

Struktur und Artenbestand: Dominierende Baumarten sind die Traubeneiche und die Hainbuche. Während die Eiche den Oberstand bildet, aber nicht so hoch wird wie in reinen Eichenwäldern, steht die Hainbuche hauptsächlich in der Unteren Baumschicht. An manchen Stellen (z. B. am Hähnchekopf und am Halberg) kann man noch deutlich die frühere Nutzung als Nieder- bzw. Mittelwald erkennen. Mächtige Hainbuchen finden sich z. B. in Abt. 953 bei Niederlibbach. Typische Arten: *Convallaria majalis*, *Crataegus monogyna*, *Dactylis polygama*, *Rosa arvensis*, *Stellaria holostea*, *Polygonatum multiflorum*, *Galeobdolon luteum* u.a. Es handelt sich hier um die Untergesellschaft subatlantischer Ausprägung mit den kennzeichnenden *Lonicera periclymenum* und *Teucrium scorodonia*.

Dynamik: Die Bestände liegen überwiegend im WarB; Hemerobiestufe meist H3 (mesohemerob; frühere Wirtschaftswälder mit noch deutlichen Eingriffsspuren). Da die Niederwaldwirtschaft schon sehr lange zurückliegt, ist offen, ob das gegenwärtige Waldbild bereits als Endstadium anzusehen ist oder ob es sich noch weiterentwickelt, evtl. unter Eindringen der Rotbuche. Um dies zu klären, wäre die Einrichtung von NWZ auf diesen Flächen sinnvoll.

Wirtschaftliche Bedeutung: Im dichten Bestand und bei spätem Erntetermin können die Eichen gute Qualitäten liefern.

Naturschutz: Geschützt nach der FFH-Richtlinie als Lebensraumtyp 9170. In den westlichen Mittelgebirgen ist das Galio-Carpinetum laut RIECKEN et al. (1994) stark gefährdet. Auch in der Kraut- und Strauchschicht finden sich manchmal gefährdete oder Verantwortsarten wie *Carex montana*, *Cephalanthera longifolia* und *Daphne mezereum*.



Abbildung 7: Waldlabkraut-Hainbuchenwald S Niederlibbach (Abt. 953 B, ohne Nutzung), 171-jährige Eichen und Hainbuchen. Der Bestand hat einen Holzvorrat von fast 400 Festmetern; Foto: Wolfgang Ehmke.

Figure 7: Wood bedstraw-Hornbeam forest S Niederlibbach (distr. 953 B, out of management), 171 years old oak and hornbeam trees. The stand contains a timber storage of nearly 400 m<sup>3</sup>; photo : Wolfgang Ehmke.

#### 4) *Alnion glutinosae* Malc. 1929 em. Müll. et Görs 1985 (Erlenbruch-Wälder)

Vorkommen: Im Bereich des NSG Schwarzbach bei Wehen (Abt. 503) und NE Platte (Abt. 528) auf nassen, niedermoorartigen Standorten mit zeitweiligem Oberflächenwasser (Abb. 8).

Bodentyp: Niedermoor-Gley.

Struktur und Artenbestand: Weil die pflanzensoziologische Zugehörigkeit noch unklar ist, wird hier der Verband *Alnion* angeführt. In der Baumschicht Schwarz-

erlen und Moorbirken. In der Strauchschicht daneben *Frangula alnus*, *Salix cinerea*, *Viburnum opulus*, *Lonicera periclymenum* u. a. Typische Kräuter: diverse Farne, *Lysimachia vulgaris*, *Solanum dulcamara*, *Molinia caerulea* agg., *Carex acutiformis*, *Cardamine amara* u. a.



Abbildung 8: Erlenbruch im Roßbachtal S Bleidenstadt (Privatwald); Foto: Wolfgang Ehmke.

Figure 8: Common Alder bog in the Roßbach valley S Bleidenstadt (private property); photo: Wolfgang Ehmke.

Dynamik: Überwiegend im WarB gelegen, sind die Bestände in Hemerobiestufe H2 (oligo- bis mesohemerob, evtl. sogar H1 als alter Primärwald) einzustufen. Keine Eingriffe zu erkennen. Die Gesellschaft scheint relativ konstant zu sein und sollte wegen ihrer Ursprünglichkeit als NWZ ausgewiesen werden.

Wirtschaftliche Bedeutung: Ältere, geradschäftige Schwarzerlen können durchaus wirtschaftlich interessant sein. Allerdings ist die Bringung wegen der Vernässung schwierig.

Naturschutz: Diese natürlichen Bestände gehören zum FFH-Lebensraumtyp 91D0. Sie liegen mit Ausnahme des E-Teils der Abt. 528 im NSG, wobei lt. Schutzgebietsverordnung die ordnungsgemäße Forstwirtschaft erlaubt ist. Aus den oben genannten Gründen sollten die Erlenbruchwälder unter Ausweitung auf den E-Teil der Abt. 528 aus der Nutzung genommen und als NWZ ausgewiesen werden.

## 5) *Leucobryo-Pinetum* W. Matuszkiewicz 1962 (Weißmoos-Kiefernwald)

Vorkommen: Kleinflächig auf flachgründigen, sauren Felsrippen im Kiefernforst in den Abteilungen 326, 327 und 328 (Hähnchekopf-W, Abb. 9).

Bodentypen: Ranker und Syrosem.

Struktur und Artenbestand: Lichter Bestand mit viel Moos und Bodenflechten.

Typische Moose: *Leucobryum glaucum*, *Dicranum polysetum*, *Hypnum jutlandicum* und *Ptilidium ciliare*.

Höhere Pflanzen: *Pinus sylvestris* mit Naturverjüngung, *Luzula pilosa*, *Sorbus aucuparia*, *Calluna vulgaris*, *Vaccinium myrtillus*, *Carex pilulifera*, *Melampyrum pratense* u. a.

Dynamik: Die wenigen Bestände werden nicht genutzt (WarB). Hemerobiestufe H3 (mesohemerob; frühere Nutzung noch erkennbar). Beim *Leucobryo-Pinetum* handelt es sich wohl um ein Degradations- oder Sukzessionsstadium nach früherer intensiver Streunutzung. Es ist zumindest fraglich, ob es in Mitteleuropa Klimaxstadien auf sehr armen Standorten sein können. Vermutlich geht ihre Entwicklung in Richtung Eichen- oder Buchenwald.

Wirtschaftliche Bedeutung: Wegen der Kleinflächigkeit und der meist niedrigen Waldkiefern gering.

Naturschutz: Die Gesellschaft gehört zum FFH-Lebensraumtyp 91T0 (Flechten-Kiefernwald im Dicrano-Pinion). Obwohl in der artenarmen Gesellschaft nur wenige gefährdete Pflanzenarten vorkommen, ist der Weißmoos-Kiefernwald wegen seiner nährstoffarmen Standorte und seiner regionalen Seltenheit grundsätzlich als schützenswert anzusehen.



Abbildung 9: Weißmoos-Kiefernwald W Hähncheskopf (Abt. 326 A, ohne Nutzung), eingemischt in Waldlabkraut-Hainbuchenwald; Foto: Wolfgang Ehmke.

Figure 9: White moss-Scots pine forest W Hähncheskopf (distr. 326 A, out of management), incircled in Wood bedstraw-Hornbeam forest; photo: Wolfgang Ehmke.



6) *Betulo-Quercetum petraeae* Tx. (1929) 1937 em. (Birken-Traubeneichenwald)

Vorkommen: An warmen Südhängen auf trockenen, sauer-humosen und oft flachgründigen Gesteinsverwitterungsböden (Abb. 10). Bisher gesichtet in Abt. 324 (Hähnchenschopf-S) und Abt. 953 bei Niederlibbach.

Bodentypen: Braunerde, Ranker und Syrosem.

Struktur und Artenbestand: Nicht allzu dichter, lichtdurchfluteter Wald, der oft aus früheren Niederwäldern hervorgegangen ist. Neben den namengebenden Baumarten (wobei die Birke meist fehlt) ist oft die Waldkiefer beigemischt, die in vielen Fällen hier ein natürliches (reliktisches) Vorkommen haben könnte (OBERDORFER 1992: 112). Typische Arten: *Hieracium glaucinum* u. a., *Teucrium scorodonia*, *Melampyrum pratense*, *Deschampsia flexuosa*, *Polytrichum formosum*, *Dicranum scoparium* u. a.



Abbildung 10: Birken-Traubeneichenwald W Hähnchenschopf (Abt. 326 C, ohne Nutzung), 138-jährige Eichen und wenig Birken; Foto: Wolfgang Ehmke.

Figure 10: Silver Birch-Sessile Oak forest W Hähnchenschopf (distr. 326 C, out of management), 138 years old oak trees and few birch trees; photo: Wolfgang Ehmke.

Dynamik: Hemerobiestufe H2 bis H3 (oligo- bis mesohemerob; alte Sekundärwälder, z. T. mit Nutzungsspuren). Die Herkunft aus alten, oft jahrhundertlang

genutzten Eichen-Niederwäldern ist erkennbar, das jetzige Waldbild bleibt aber lange bestehen. Wenn als Kontaktgesellschaft das Luzulo-Fagetum auftritt, kann sich der Birken-Traubeneichenwald unter Zurückdrängen der lichtliebenden Arten randlich zu einem Buchen-Eichenwald entwickeln.

Wirtschaftliche Bedeutung: Auf den meist flachgründigen Standorten können sich keine verwertbaren, hochschäftigen Eichen entwickeln. Aber bei entsprechender Jungbestandspflege auf etwas tiefgründigeren Standorten und bei späterer Ernte (> 200 Jahre) können Starkbäume der Traubeneiche gute Holzträge liefern (Furniereichen).

Naturschutz: Die Zugehörigkeit zum FFH-Lebensraumtyp 9190 (saure Eichenwälder) ist noch zu prüfen. Gemäß Roter Liste der gefährdeten Biotoptypen Deutschlands (RIECKEN et al. 1994) sind die Eichen-Trockenwälder saurer Standorte als stark gefährdet anzusehen. Einige Arten stehen auf der Roten Liste bzw. sind Arten von besonderer Verantwortung: *Genista pilosa* und *germanica*, *Hypericum humifusum*, *Anthericum liliago* u. a. Diese Bestände sollten deshalb als Naturwaldzellen gesichert werden.

## 7) *Carici remotae-Fraxinetum* W. Koch 1926 ex Faber 1936 (Winkelseggen-Erlen-Eschenwald)

Vorkommen: Als schmaler Saum entlang von Bächen, z. B. am Schwarzbach, Silberbach, Kotzebach und Roßbach, oder auf hängigen Quellfluren.

Bodentyp: Gley mit nasser Humusaufgabe.

Struktur und Artenbestand: Im Bachsaum meist als Galeriewald ausgebildet. Die Baumschicht besteht überwiegend aus Schwarzerlen, die Esche tritt in unserem Gebiet zurück. Die Strauchschicht ist nicht sehr ausgeprägt, dafür gibt es eine reichhaltige Krautschicht mit zahlreichen Feuchtezeigern wie *Carex remota*, *Stachys sylvatica*, *Impatiens noli-tangere*, *Caltha palustris*, *Crepis paludosa* u. a.

Dynamik: Da die bestehenden Erlen-Eschenwälder wohl überhaupt nicht forstlich genutzt wurden, sind sie als oligo- bis mesohemerob (Stufe H2) einzustufen. Sie ändern sich auch kaum im weiteren Verlauf, es sei denn zeitweise durch Überschwemmungen.

Wirtschaftliche Bedeutung: Überwiegend gering; allerdings können (seltene) geradschäftige Erlen und Eschen einen guten Holzwert erbringen.

Naturschutz: Geschützt nach der FFH-Richtlinie als Lebensraumtyp 91E0. RIECKEN et al. (1994) stufen diesen Wald in den westlichen Mittelgebirgen als gefährdet ein. Es kommen mehrere gefährdete Pflanzenarten laut Roter Liste vor, wie z. B. *Carex canescens*, *Carex hartmaniorum*, *Carex paniculata*, *Scutellaria minor* u. a.

8) Pruno-Fraxinetum Oberd. 1953 (Schwarzerlen - Eschen - Auenwald)

Vorkommen: In breiteren Bachauen (Abb. 11) mit fast stagnierendem bis langsam fließendem, hoch anstehendem Grundwasser.



Abbildung 11: Traubenkirschen-Erlen-Eschenwald E Wehen im NSG Schwarzbachau (Abt. 503, ohne Nutzung). Die dichte Strauchschicht mit viel Traubenkirsche ist fast undurchdringbar; Foto: Wolfgang Ehmke.

Figure 11: Cluster Cherry-Alder-Ash forest E Wehen in the Natural reserve of Schwarzbachau (distr. 503, out of management). The dense shrub layer with many cluster cherries is nearly impenetrable; photo: Wolfgang Ehmke.

Bodentypen: Gleye als Anmoor- oder Niedermoorgley sowie Pseudogley mit Humusauflage; im Stadtwald bisher festgestellt nördlich der Platte in den Abt. 527 und 528 (auch im Staatswald W davon) sowie 323 (Roßbach) und 513/515 (Eschbach).

Struktur und Artenbestand: Die potentiellen Standorte des Pruno-Fraxinetums sind heute meist mit Fichtenforsten bestanden, die z. T. bereits als Käferbäume gefällt wurden bzw. in Zukunft absterben werden. In naturnahen Beständen dominiert die Schwarzerle in der oberen Baumschicht, die Esche kommt nur gelegentlich vor. Als Gesellschaft der Tieflagen kommt in Taunusstein die Höhengeneration vor, in der die typischen Arten Flatterulme (*Ulmus laevis*) gar nicht und Traubenkirsche (*Prunus padus*) nur stellenweise auftauchen. Auf etwas trockeneren Standorten können Stieleiche (*Quercus robur*) und Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*) beigemischt sein. Die Strauchschicht ist meistens reich entwickelt mit *Corylus avellana*, *Euonymus europaeus*, *Lonicera xylosteum*, *Sambucus racemosa*, *Salix cinerea* u. a. Auch die Krautschicht ist reichhaltig mit zahlreichen typischen Arten wie Seggen, *Lycopus europaeus*, *Angelica sylvestris*, *Epilobium montanum*, *Equisetum sylvaticum*, div. Farnen usw.

Dynamik: Das Pruno-Fraxinetum ist eine sehr stabile Dauergesellschaft. Bei guter Ausprägung fällt sie in die Hemerobiestufe H2 (oligo- bis mesohemerob – sehr naturnah). Die Umwandlung in andere Gesellschaften ist nur bei Änderung der Grundwasserverhältnisse zu erwarten.

Wirtschaftliche Bedeutung: Wie Carici remotae-Fraxinetum.

Naturschutz: Die Gesellschaft gehört zum FFH-Lebensraumtyp 91E0. Sie wird in den westlichen Mittelgebirgen als gefährdet angesehen (RIECKEN et al. 1994). Auf der Roten Liste der gefährdeten Pflanzenarten für Hessen-NW finden sich u. a. *Circaea alpina*, *Geum rivale*, *Scutellaria minor* und als Verantwortungsart *Carex brizoides*. Wo noch standortfremde Forsten stehen, sollten sie gefällt und der natürlichen Sukzession überlassen werden.

## 9) *Tilio platyphyllis*-*Acerion pseudoplatani* Klika 1955 (Sommerlinden-Bergahorn-Hangmischwälder)

Vorkommen: Da es in Taunusstein keine ausgeprägten Schluchten gibt, ist die Gesellschaft hier sehr selten. Entlang der Straße von Hahn nach Wingsbach nördlich des ehemaligen Basaltbruches (Abt. 613) gibt es am Steilhang Bestände mit einigen Sommerlinden, die an solche Hangschuttwälder erinnern (Abb. 12). Die genaue soziologische Zugehörigkeit muss noch ermittelt werden. Das Fehlen von Nutzungsspuren, das Alter der dortigen Hainbuchen und der hohe Totholzanteil sprechen für eine große Naturnähe.

Bodentypen: Überwiegend Ranker bzw. Ranker-Braunerde.

Struktur und Artenbestand: In der niedrigen Baumschicht finden sich die gesellschaftstypischen Baumarten *Acer pseudoplatanus*, *Tilia platyphyllos*, *Ulmus glab-*

ra, daneben viele *Quercus petraea* und *Carpinus betulus*. Die Strauchschicht ist mäßig entwickelt mit *Acer campestre*, *Sorbus aria* und *Corylus avellana*. Auch die Krautschicht deckt nur 10–20 % mit säureliebenden Arten wie *Deschampsia flexuosa*, *Teucrium scorodonia*, *Polypodium vulgare* u. a. Die Artengarnitur spricht für eine Zugehörigkeit entweder zum *Quercus petraeae*-Tilietum *platyphylli* oder zum *Aceri platanoidis*-Tilietum *platyphylli* – beides trocken-warme Ausprägungen der Blockschutt- bzw. Schluchtwälder. Am Oberhang sind einige Rotbuchen beige-mischt, was den Übergang zur Ebene mit *Luzulo-Fageten* andeutet.

Dynamik: Bedingt durch den unruhigen Boden am Steilhang können sich andere Pflanzenarten als die oben genannten (insbesondere die Rotbuche) kaum einmischen; bei gleichbleibenden Standortbedingungen bleibt die Gesellschaft lange Zeit konstant. Aufgrund ihrer Naturnähe ist sie als oligohemerob (H2; vgl. Tab. 2; alte Sekundärwälder; vor über 200 Jahren evtl. beweidete Offenfläche?) zu betrachten.

Wirtschaftliche Bedeutung: Sehr gering, da die Bäume zum Krüppelwuchs neigen und die Bringung aus dem Steilhang schwierig ist.



Abbildung 12: Linden-Ahorn-Hangmischwald S Wingsbach (Abt. 613 A, ohne Nutzung), 83-jährige Hainbuchen; Foto: Wolfgang Ehmke.

Figure 12: Lime-Maple-slope forest S Wingsbach (distr. 613 A, out of management), 83 years old hornbeam trees; photo: Wolfgang Ehmke.

Naturschutz: Als FFH-Lebensraumtyp wird 9180\* angenommen. Die Blockschutt- und Hangwälder werden von RIECKEN et al. (1994) in den westlichen Mit-

telgebirgen als gefährdet angesehen. Es können gefährdete Arten wie z. B. *Vincetoxicum hircundinaria*, *Tanacetum corymbosum* und *Primula elatior* auftauchen. Der hiesige Bestand ist sehr gut als Naturwaldzelle geeignet.

## 5 Finanzielle Förderung des Waldumbaus

Ein kurzer Exkurs zu den Finanzen: Bisher galt der Kommunalwald als die Sparkasse der Gemeinden. Aber damit ist es fast überall vorbei. Ob die derzeitige Tendenz steigender Holzpreise anhält, ist offen. Mit der Umstellung auf naturgemäße Waldwirtschaft sinken zunächst die Hiebssätze und somit die Erträge aus dem Holzverkauf. Dennoch gibt es Möglichkeiten, die verringerten Einnahmen im Übergang aufzufangen. Das Land Hessen fördert zahlreiche Maßnahmen von der Ersatzaufforstung bis zum Waldumbau (HMUKLV 2018). Die Bundesregierung entwickelt derzeit eine Förderung speziell für die Extensivierung unter dem Titel „Honorierung der Ökosystemleistung des Waldes und von klimaangepasstem Waldmanagement“. Dafür sind bis 2026 insgesamt 900 Mio. € vorgesehen (BMEL 2022); der Haushaltsausschuss muss dem noch zustimmen. Einen indirekten Ertrag bringt die Beantragung von Ökopunkten nach der Kompensationsverordnung bzw. nach den „Hinweisen für naturschutzrechtliche Kompensationsmaßnahmen im Wald“ (HMUELV 2009) für die Stilllegung von Waldflächen. Eine Aufwertung durch Maßnahmen für Tierarten wie die Bechsteinfledermaus ist möglich. Und denkbar ist auch die Aufnahme von Waldpatenschaften mit Firmen wie z. B. im Stadtwald Boppard. Dabei wird eine jährliche Spende für die Ökosystemdienstleistungen des Stadtwaldes vertraglich vereinbart, vermittelt über das FSC.

## 6 Was ist zu tun?

Es ist also festzuhalten, dass ein Anteil der kommunalen Wälder als Naturwälder im Prozessschutz ohne Nutzung dauerhaft ausgewiesen werden kann. Diese Naturwälder sollen den Kriterien der Kernbilanz der Nationalen Biodiversitätsstrategie (BMU 2007) mit dauerhaft natürlicher Waldentwicklung entsprechen und zum 5 %-Ziel der Strategie beitragen. Dafür wäre es angemessen, wenn kommunale Waldbesitzer vom Bund eine finanzielle Unterstützung erhielten; eine entsprechende Regelung wird derzeit vorbereitet. Auch nach der neuen EU-Waldstrategie für 2030 (EU-Kommission 2021) gibt es die Vorgabe, alle vorhandenen Primär- und Altwälder der EU zu erfassen, zu überwachen und strikt zu schützen.

Alle öffentlichen Waldbesitzer sollten ihre Waldwirtschaft konsequent an ihren besonderen Gemeinwohl- und Vorbildfunktionen ausrichten und diesen gerecht werden. Dies bedeutet, den Wald in ökologisch vertretbarer Weise zu bewirtschaften. Sie sind besonders verpflichtet, Artenschutz und Biodiversität zu reali-

sieren und einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Der öffentliche Wald – auch der Kommunalwald – soll in seiner Bedeutung für die Zukunft von Natur und Mensch so hoch eingeschätzt werden, dass er vom bisherigen Zwang zur Gewinnerwirtschaftung für die öffentlichen Kassen befreit werden muss. Wie oben dargelegt, basiert die Ablehnung von Naturwäldern in Deutschland selten auf Fakten, sondern sie ist meist ideologisch begründet (HARTHUN 2021). Der Vorrang der Holzerzeugung muss fallen.

## 7 Danksagung

Die Stadtverwaltung Taunusstein hat Einblick in die letzten Forsteinrichtungen und weitere Unterlagen gewährt. Mathias Gubo (früherer Redakteur des Wiesbadener Kuriers) stellte Luftbilder aus dem Archiv von Wolfgang Kühner zur Verfügung. Dr. Ernst Munzel, der frühere Leiter des damaligen Hessischen Forstamtes Taunusstein, begleitete den Verfasser bei einigen Erkundungen im Stadtwald und ließ ihn an seinen langjährigen Erfahrungen teilhaben. Prof. Dr. Eckhard Jedicke (Hochschule Geisenheim University) half bei der Einordnung der Hemerobiestufen (Tab. 2). Andreas Wennemann, der Geschäftsführer des Naturparks Rhein-Taunus, las das Manuskript durch und machte diverse Anregungen. Meine Schwiegertochter Gemma McGowan-Ehmke erstellte die englischen Textteile. Ihnen allen sei herzlich gedankt.

## 8 Literatur

- ANW (Arbeitsgemeinschaft Naturgemäße Waldwirtschaft) (2013): Grundsätze der ANW. – [www.anw-deutschland.de/eip/pages/grundsaeetze-der-anw/php](http://www.anw-deutschland.de/eip/pages/grundsaeetze-der-anw/php) [Zugriff 31.7.2022].
- BACHMANN, P. (2021): Ergänzende Unterlage zur Forsteinrichtung aus 2017 im Stadtwald Taunusstein. – Büro für angewandte Ökologie und Forstplanung, Kassel, Brosch. – 9 S.; Kassel.
- BALCAR, P. (2013): Dient Stilllegung von Wald auch wirklich dem Naturschutz? – AFZ/Der Wald, 12: 23-25.
- BARREDO, C., CANO, J.I., BRAILESCU, C., TELLER, A., SABATINI, F.M., MAURI, A. & JANOUS-KOVA, K. (2021) : Mapping and assessment of primary and old-growth forests in Europe. – EUR 30661 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2021. – 37 S.; 10.2760/797591.
- BETHMANN, C. VON (2020): Gutachterliche Stellungnahme Stadtwald Taunusstein zum 31.8.2020. – Bethmann Waldberatung, Schönstadt, Brosch. – 7 S., mit 8 S. Ergänzungsschreiben vom 14.7.2021.
- BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2022): Konzept für klimagerechte Waldbewirtschaftung. – [www.bmel.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/93-waldfoerderprogramm.html](http://www.bmel.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/93-waldfoerderprogramm.html) [Zugriff 21.07.2022].
- BMUNR (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2007): Nationale Strategie zur Biologischen Vielfalt. – 180 S.; Bonn.
- BWI (2012): Dritte Bundeswaldinventur: siehe RIEDEL et al. (2017).

- COMMARMOT, B., CHUMAK, V., DUELLI, P., KÜFFER, N., LOVAS, P. & SHPARYK, Y. (2007): Buchenurwälder als Referenz für Naturschutz: Forschungsergebnisse aus den ukrainischen Karpaten. – *Natur und Landschaft*, **82 (9/10)**: 398-400.
- DIETER, M. (2021): Auswirkungen der EU-Biodiversitätsstrategie – *AFZ/Der Wald*, 7: 24-27.
- DIETER, M., WEIMAR, H., IOST, S., ENGLERT, H., FISCHER, R., GÜNTHER, S., MORLAND, C., ROERING, H.-W., SCHIER, F., SEINTSCH, B., SCHWEINLE, J. & ZHUNUSOVA, E. (2020): Abschätzung möglicher Verlagerungseffekte durch Umsetzung der KOM-EU-Vorschläge zur EU-Diversitätsstrategie auf Forstwirtschaft und Wälder in Drittstaaten. – Thünen Working Paper 159a. – 85 S.; Braunschweig (Heinrich von Thünen Institut).
- DIETZ, M. (2010): Fledermäuse als Leit- und Zielarten für naturwaldorientierte Waldbaukonzepte. – *Forstarchiv*, **81 (2)**: 69-75.
- DIETZ, M. & A. KKRANNICH (2019): Die Bechsteinfledermaus *Myotis bechsteinii* – eine Leitart für den Waldnaturschutz. Handbuch für die Praxis. – 188 S.; Idstein/Ts. (Hrsg. Naturpark Rhein-Taunus).
- DIETZ, M., KRANNICH, A. & WENNEMANN, A. (2019): Die Bechsteinfledermaus im Naturpark Rhein-Taunus: eine Leitart für den Waldnaturschutz. – *Jb. nass.Ver. Naturkde.*, **140**: 107-123.
- DOROW, W.H.O., KOPELKE, J.-P. & FLECHTNER, G. (2007): Wichtigste Ergebnisse aus 17 Jahren zoologischer Forschung in hessischen Naturwaldreservaten. – *Forstarchiv*, 7: 215-222.
- EHMKE, W. (2001): Ist der Klimawandel auch in Wiesbaden und dem Taunus feststellbar? – *Jb. nass. Ver. Naturkde.*, **122**: 43-58.
- ELLENBERG, H. & LEUSCHNER, C. (2010): *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht*, 6. erweiterte Aufl. – 1334 S.; Stuttgart (Ulmer).
- EU (Europäische Kommission) (2021): *New EU Forest Strategy for 2030*. – Com(2021) 572 final. – 9 S.; Brüssel (European Commission).
- FLADE, M. & WINTER, S. (2021): Fördert forstliche Bewirtschaftung die Biodiversität von Buchenwäldern? – In: KNAPP, H.D., KLAUS, S. & FÄHSER, L. (Hrsg.): *Der Holzweg. Wald im Widerstreit der Interessen*. – 129-142; München (oekomVerlag).
- HMUELV (Hessisches Ministerium für Umwelt, Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2009): *Hinweise für naturschutzrechtliche Kompensationsmaßnahmen im Wald*, Brosch. – 13 S.; Wiesbaden.
- HMUKLV (Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2018): *Richtlinie für die forstliche Förderung in Hessen*. – *StAnz. Hessen* 21/218, S. 646 ff.; Wiesbaden.
- HARTHUN, M. (2020): Zur Bedeutung der hessischen Naturwälder im Klimawandel. – *Jb. Naturschutz in Hessen*, **19**: 162-169.
- HARTHUN, M. (2021): *Mythen der Säge- und Holzwirtschaft*. – In: KNAPP, H.D., KLAUS, S. & FÄHSER, L. (Hrsg.): *Der Holzweg. Wald im Widerstreit der Interessen*. – 477 S.; München (oekom-Verlag).
- JACOB, M., BADE, C., CALVETE, H., DITTRICH, S., LEUSCHNER, C. & HAUCK, M. (2013): Significance of Ever-Mature and Decaying Trees for Carbon Stocks in a Central European Natural Spruce Forest. – *Ecosystems*, **16**: 336-346.
- JEDICKE, E. (2003): *Natur oder Kunstnatur? Naturnähe und Hemerobie*. – In: Leibnitz-Institut für Naturkunde (Hrsg.): *Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland*, Bd. 3 – Klima, Pflanzen- und Tierwelt. – 28-29; Heidelberg - Berlin (Spektrum Akademischer Verlag).
- KOWARIK, I. (2016): Das Konzept der potentiell natürlichen Vegetation (PNV) und seine Bedeutung für Naturschutz und Landschaftspflege. – *Natur u.Landschaft*, **91 (9/10)**: 429-435.
- LEUSCHNER, C., GLATTHORN, J., KAUFMANN, S., FELDMANN, E. & KLINGENBERG, E. (2021): Ökosystemfunktionen von Buchen-Urwäldern: Kohlenstoffbindung und Pflanzenbiodiversität. – *Nationalpark Unteres Odertal*, **2020 (3)**: 28-37.



- LUICK, R., HENNEBERG, K., LEUSCHNER, C., GROSSMANN, M., JEDICKE, E., SCHOOF, N. & WALDENSPUHL, T. (2021): Urwälder, Natur- und Wirtschaftswälder im Kontext von Biodiversitäts- und Klimaschutz.- Naturschutz und Landschaftsplanung, Teil 1, **53 (12)**: 12-25; Teil 2, **54 (01)**: 22-35.
- LUYSSAERT, S., SCHULZE, E.D., BÖRNER, A., KNOHL, A., HESSDENMÖLLER, D., LAW, B.E., CIAIS, P. & GRACE, J. (2008) : Old-growth forests as global carbon sinks. – *Nature*, **455** : 213-215.
- MEYER, P., MÖLDER, A., FELDMANN, E., DEMANT, L. & SCHMIDT, M. (2022): Neue Naturwälder in Deutschland. Hotspots für Forschung und biologische Vielfalt im Klimawandel. – *Geograph. Rundschau*, **1/2 2022**: 28-31.
- MUNZEL, E. (2018): Aufforstungen im Untertaunuskreis in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, beispielhaft dargestellt am Stadtwald Taunusstein. – *Jb. nass. Ver. Naturkde.*, **139**: 109-124.
- MUNZEL, E. (2019): Der Wald im Wandel der vergangenen zwei Jahrhunderte, dargestellt am Beispiel des Stadtwaldes Taunusstein. – *Jb. nass. Ver. Naturkde.*, **140**: 83-106.
- NW-FVA (Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt) (Hrsg.) (2015): Naturwälder in Niedersachsen. Schutz und Forschung, Bd. 2. – 396 S.; Göttingen.
- NW-FVA (Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt), HMUKLV (Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (Hrsg.) (2021): Waldzustandsbericht für Hessen, Brosch. – 44 S.; Wiesbaden.
- NW-FVA (Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt) (2022): Naturwaldreservate in Hessen. – [www.nw-fva.de/nwinfo/tablemap.jsp](http://www.nw-fva.de/nwinfo/tablemap.jsp) [Zugriff 21.7.2022].
- OBERDORFER, E. (Hrsg.) (1992): Süddeutsche Pflanzengesellschaften, Teil IV: Wälder und Gebüsche, 2. Aufl., Textband. – 282 S.; Stuttgart (G. Fischer-Verlag).
- PANEK, N. (2021): Wie natürlich sind unsere Wälder? Hemerobie der Wälder in Hessen – *Jb. Naturschutz in Hessen*, **20**: 18-21.
- PLÖGER, S. (2022): Nicht erst beim Schock aktiv werden. – Interview, Wiesbadener Kurier vom 25.7.2022. – S. 2; Wiesbaden.
- RIECKEN, U., RIES, U. & SSYMANK, A. (1994): Rote Liste der gefährdeten Biotoypen der Bundesrepublik Deutschland. – 184 S.; Greven (Kilda-Verlag).
- RIEDEL T., HENNIG, P., KROIHER, F., POLLEY H., SCHMITZ F. & SCHWITZGEBEL F. (2017): Die dritte Bundeswaldinventur (BWI 2012). Inventur- und Auswertemethoden. – 124 S.; Eberswalde (Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Thünen-Institut für Waldökosysteme).
- SABATINI, F.-M., BURRASCANO, S. und 35 weitere Autoren (2018): Where are Europe's last primary forests? – *John Wiley & Sons, Wileys Online Library*, **24 (10)**: 1426-1439.
- SCHALL, P., HEINRICHS, S. und 12 weitere Autoren (2020): Can multitaxa diversity in European beech forest landscapes be increased by combining different management systems? – *Journal of Applied Ecology*, **57 (7)**: 1365-1375.
- SCHULZE, E.-D. (2018) : Effects of forest management on biodiversity in temperate deciduous forests: An overview based on Central European beech forests. – *Journal Nature Conservation*, **43**: 213-226.
- SCHULZE, E.-D., SIERRA, C.-A., EGENOLF, V., WOERDEHOFF, V., IRLINGER, R., BALDAMUS, C., STUPKA, I. & SPELLMANN, H. (2020): The climate change mitigation effect of bioenergy from sustainably managed forests in Central Europe. – *GCB Bioenergy*, **12**: 186-197.
- STEPHENSON, N.L., DAS, A.J. und 34 weitere Autoren (2014): Rate of tree carbon accumulation increases continuously with tree size. – *Nature*, **507**: 90-93.
- SUKOPP, H. & WITTIG, R. (Hrsg.) (1998): Stadttökologie, 2. Aufl. – 474 S.; (Stuttgart (G. Fischer-Verlag).
- TÜXEN, R. (1956): Die heutige potentielle natürliche Vegetation als Gegenstand der Vegetationskartierung. – *Angew. Pflanzensoziologie*, **13**: 5-42.

- WINTER, S., BEGEHOLD, H., HERMANN, M., LÜDERITZ, M., MÖLLER, G., RZANNY, M. & FLADE, M. (2016): Praxishandbuch Naturschutz im Buchenwald, 2. Aufl. – 186 S.; Brandenburg (Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft).
- WITIG, R., EHMKE, W., KÖNIG, A. & UEBELER, M. (2022): Taunusflora. Ergebnisse einer Kartierung im Vortaunus, Hohen Taunus und kammnahen Hintertaunus. – 520 S.; Frankfurt a. M. (Botanische Vereinigung für Naturschutz in Hessen e. V.).
- Wohllebens Waldakademie (2020): Übersichtsanalyse zum Waldzustand und zur Waldbewirtschaftung des Stadtwaldes Taunusstein, Brosch. – 29 S.; Taunusstein.

DR. WOLFGANG EHMKE  
Lindenstraße 2  
D-65232 Taunusstein  
Tel.: 06128/41938  
E-Mail: wolfgangehmke@aol.com

Manuskripteingang: 9. August 2022



# Wie erfolgt eine Anpassung an Trockenstress bei Bäumen? Einflussfaktoren, Kriterien, Mechanismen, Bewertung

ANDREAS ROLOFF

Trockenstress, Baumreaktionen, Parameter, Anpassungen, Anforderungen, Konsequenzen

**Kurzfassung:** Nicht erst seit den Sommern 2018 und 2019 wird verstärkt über Trockenstress bei Bäumen diskutiert. Relativ unstrittig ist, dass Anpassung an Trockenstress die Haupt-Anforderung an Baumarten der Zukunft ist, die auch in 50 Jahren noch ihre Funktionen möglichst umfassend und anhaltend in jedem Sommer erfüllen sollen. Es wird veranschaulicht, wie vielfältig und komplex die Bewertung von dafür wichtigen Eigenschaften ist, da es DEN Trockenstress nicht gibt, sondern immer wieder neue, auch bisher nie dagewesene Varianten oder Intensitäten auftreten. Konsequenzen daraus werden abgeleitet und abschließend diskutiert.

## How does adaptation to drought stress develop in trees? Influencing factors, criteria, mechanisms, evaluation

drought stress, tree reactions, parameters, adaptations, requirements, consequences

**Abstract:** Not only since summers 2018 and 2019 there is increasing discussion on drought stress in trees. It is relatively undisputed that adaptation to drought stress is the main demand on future tree species which have to fulfil their functions as extensive and sustainable as possible during every summer of the next 50 years. It is illustrated how diverse and complex the assessment of important features is concerning this topic, and that there is not just ONE drought stress, but a lot of different and always new, some never before occurred variations or intensities. Consequences from that are derived and finally discussed.

### Inhaltsverzeichnis

1	Einführung .....	36
2	Begriffsklärung und Zielstellung .....	36
3	Was am Trockenstress ist für seine Auswirkungen und Bewertung wichtig? .....	38
4	Trockenstress-Reaktionen und -Anpassungen – Wie ist Trockenstress-Anpassung sichtbar/messbar? .....	42
5	Schlussfolgerungen .....	44
6	Literatur .....	46

## 1 Einführung

Trockenstress ist DAS Thema unserer Zeit (Abb. 1). Durch die Klimawandel-Diskussion, spätestens aber infolge der Sommer 2018 und 2019 möchten viele Städte und Gemeinden, Wald- und Parkverantwortliche sowie Stadtgrün-Planer wissen, welches die geeignet(st)en „Zukunfts-Baumarten“ sind, die mit den erwarteten Klimaveränderungen (welche auch immer dies sind) am besten zurechtkommen und auch in 50–100 Jahren noch ihre Funktionen erfüllen können. So erreichen unser Institut viele Anfragen dazu, da wir uns mit dem Thema seit über 25 Jahren befassen, dazu forschen und publiziert haben (z. B. ROLOFF 1992, 2016; KNOPF et al. 2016). Daher soll hier einmal der Zwischenstand aus der Sicht unserer Untersuchungen am Lehrstuhl für Forstbotanik dargestellt und dabei auch auf offene Fragen eingegangen werden.

## 2 Begriffsklärung und Zielstellung

Wenn man über die Reaktionen von Bäumen auf Trockenstress nachdenkt, spricht oder schreibt, ist zunächst wichtig, einige Begriffe zu klären, da sie in der Literatur durchaus unterschiedlich verwendet werden und nicht jeder dasselbe meint. Die für das Thema dieses Beitrages wichtigsten Begriffe sind folgende (vgl. ROLOFF et al. 2018; DRESSLER 2019):

- **Umgang mit Stress:** Entscheidend ist die genetische Grundausstattung mit erfolgter Modifikation durch die Umwelt. Die Anpassung kann erfolgreich und erfolglos sein – erfolgreiche Anpassung kommt z. B. durch Änderung von Eigenschaften zustande (Plastizität).
- **Trockenstress:** Er bezeichnet einen Belastungszustand durch Wassermangel – dieser zwingt Bäume zu Reaktionen der Trockenstress-Anpassung, welche kurzfristig oder langfristig erfolgen und sichtbar oder unsichtbar sein können.
- **Trockenstress-Anpassung:** Der Begriff beschreibt Reaktionen auf Trockenstress, also den Prozess/die Strategie, mit Wassermangel umzugehen. Dies kann erfolgreich sein, dann weist die Baumart Trockenstress-Toleranz auf. Die Reaktionen können auch erfolglos sein mit der Folge von Schäden bis hin zum Absterben von Organen, Kronenteilen oder des ganzen Baumes.
- **Trockenstress-Toleranz:** Sie beschreibt die erfolgreiche Anpassung an Trockenstress, dann ist die Baumart an Trockenstress angepasst. Dies ist auf zwei möglichen Wegen realisierbar, das lässt sich allerdings längst nicht immer deutlich klar unterscheiden und zuordnen.
- **Ertragen von Trockenstress:** z. B. durch Erreichen von weiteren Wasservorräten im Boden infolge Absenkens des Wasserpotenzials (aber: höheres

Risiko der Embolie-Anfälligkeit) oder mittels tiefer Wurzeln, wodurch eine längere Transpirationskühlung und Photosynthese ermöglicht wird.

- **Trockenstress-Vermeidung** (oder -verzögerung): durch morphologische Anpassungen (Blattbehaarung, Kurztriebe, Wasserspeicher im Stamm, etc.), so dass das Wasserpotenzial  $\pm$  stabil gehalten werden kann.



Abbildung 1: Erfolgreiche Trockenstress-Anpassung einer Robiniengruppe (im August 2019): die Bäume noch grün, während ansonsten die Vegetation auf großen Flächen vertrocknet ist; Foto: Andreas Roloff.

Figure 1: Successful drought stress adaptation of a black locust group (in August 2019): the trees still green, while otherwise the vegetation has dried out over large areas; photo: Andreas Roloff.

Beim Thema Trockenstress und Baumarten-Verwendung ist vorweg darauf hinzuweisen: Es muss in erster Linie darum gehen, dass die Bäume möglichst viele Blätter (viel Blattfläche) und diese auch so lange wie möglich tragen, wenn sie ihre Funktionen optimal erfüllen sollen, z. B. in der Stadt Beschattung, Kühlung, Transpiration und Luftfilterung, im Wald Photosynthese zur Biomasseproduktion und  $\text{CO}_2$ -Bindung. Denn ein Baum, der bereits im Juli seine Blätter abwirft, um sich vor Wasserverlusten zu schützen, oder wegen Schädlingsbefalls, kann für den oft besonders warmen Rest der Vegetationszeit sonst diese Funktionen nicht oder nur noch (sehr) eingeschränkt erfüllen (Abb. 2), selbst wenn viele weitere Funktionen des Baumes wie Lebensraum und Biodiversität erhalten bleiben und weiterhin positiv bewertet werden können.



Abbildung 2: Bäume mit Blattschäden oder z. T. ohne Blätter können im August ihre wichtigsten Funktionen wie z. B. Beschattung und Luftfilterung nicht mehr erfüllen (Spitz-Ahorn im Juni 2019); Foto: Andreas Roloff.

Figure 2: Trees with leaf damage or partly without leaves can no longer fulfill their most important functions such as shading and air filtering in August (Norway maple in June 2019); photo: Andreas Roloff.

### 3 Was am Trockenstress ist für seine Auswirkungen und Bewertung wichtig?

Für die Beurteilung von Anpassungsreaktionen an Trockenstress sind folgende Faktoren besonders entscheidend (Nennung von 10 Faktoren, ohne Anspruch auf Vollständigkeit):

- Zeitraum des Auftretens:  
Dabei sind Herbst und Winteranfang relativ unproblematisch, Sommer und insbesondere Frühjahr kritischer zu sehen.
- Dauer:  
Bis zu 4 Wochen sind meist unproblematisch, 2–3 Monate hingegen kritisch, insbesondere bei Wiederholung innerhalb einer Vegetationsperiode.
- Vorerfahrung/-schädigung:  
Hat bereits nicht allzu lange zuvor eine kritische Trockenphase stattgefunden, sind die Auswirkungen i. d. R. viel bedeutsamer als beim ersten Mal. War der erste Trockenstress jedoch moderat, kann er auch zu besserer An-

passung der Bäume bei nachfolgenden Trockenstressperioden führen.

- Kombination mit anderen Stressfaktoren:

Hier sind z. B. Hitze, Wind, intensive Strahlung, Frost, Ozon, Pathogene zu nennen, die sich verstärkend auf die Stress-Intensität auswirken.

- Wassermangel im Boden oben/unten, (Mikro-)Standort:

Ist der Boden nur oberflächlich ausgetrocknet, verursacht dies deutlich weniger Stress, als wenn er bereits tiefgründig Wassermangel aufweist. Je nach Bodenart kann dabei die nutzbare Wassermenge sehr unterschiedlich sein. Ebenso ist der Mikrostandort mit seinem Wasserspeichervermögen gerade in der Stadt oft entscheidend: Wasserreservoir können über Verdichtungshorizonten oder Betonflächen, an Wasseradern und Zusammenflüssen von Niederschlägen entstehen.

- Lufttrockenheit:

Sie kann durch Nachschub von Wasser aus dem Boden eine Zeit lang kompensiert werden, solange für die Transpiration der Blätter von dort noch Reserven verfügbar sind. Wenn dieser Nachschub fehlt, wirkt Lufttrockenheit (insbesondere in Verbindung mit Wind) besonders stressverschärfend.

- Blätter, Zweige, Stamm, Wurzeln:

Die Organe eines Baumes reagieren sehr unterschiedlich sichtbar auf Trockenstress: die Blätter relativ frühzeitig und gut sichtbar, Zweige und Knospen deutlich schwächer und verzögert sowie schwieriger sichtbar wie auch die Wurzeln, am wenigsten der Stamm. Der Baum kann auch nach längerer Trockenheit bei Eintreten von Niederschlagsperioden noch Monate später wieder neu austreiben, anfangs aus regulären Knospen an den Zweigen, im fortgeschrittenen Stadium aus schlafenden Knospen (bis hin zum Neuaufbau einer „Sekundärkrone“).

- Baumalter:

Jungbäume sind unmittelbar nach der Pflanzung am stärksten gefährdet (Abb. 3), können allerdings meist auch am einfachsten bewässert werden. Mittelalte Bäume haben oft bereits hilfreiche Mikro-Wasserreservoir im Boden erschlossen und ihre Wurzeln ins Umfeld entwickelt. Altbäume sind meist am wenigsten anfällig, aber gerade auch bei diesen kann es kritisch werden, wenn sie neue oder extreme Wassermangel-Situationen erfahren, denn sie müssen ja eine große Krone und Blattfläche versorgen.

- Zeitraum seit Pflanzung und ihre Art/Qualität:

Die ersten fünf Jahre nach einer Pflanzung sind besonders kritisch, dies vor allem im ersten Jahr und ganz besonders bei Frühjahrspflanzung. So gab es 2018 in gepflanzten Forstkulturen Sachsens nach Frühjahrspflanzung bis zu 90 % Ausfälle. Am besten entwickeln sich Bäume aus Saat bzw. Naturverjüngung: ihre Wurzeln finden viel schneller Anschluss an die Bodenverhältnisse und erreichen bereits kurzfristig größere Wurzeltiefen und -breiten. Naturverjüngung oder Saat ist aber in der Stadt nur in Parkanlagen möglich.



Ballenpflanzung kann wegen der Wasserspeicherung im Ballen von Vorteil sein, jedoch für das Auswurzeln aus dem Ballen bei zu ungünstigen Bodenverhältnissen im Umfeld ein Problem für die Wurzelausbreitung bedeuten. Auch die Qualität der Pflanzung hat erhebliche Auswirkungen auf die Stresstoleranz in den Folgejahren.

- Baumart, Herkunft, Ökotyp, Sorte, ggf. Veredlung:

Diese sind ebenfalls von entscheidender Bedeutung. Bei häufigeren Baumarten ist das Trockenstress-Anpassungspotenzial i. d. R. bekannt, bei Herkünften aus trockenen Regionen oder Ökotypen von Trockenstandorten oft weniger, bei Sorten ist es meist besonders schwierig zu beurteilen. Veredlungsstellen können ein zusätzliches Problem darstellen durch die Behinderung des Wassertransportes im Veredlungsbereich – diese Bäume sterben daher nach extremen Trockenperioden oft als erste ab (z. B. in den Sommern 2003, 2013, 2018, 2019), teilweise auch erst mit Verzögerung in den Folgejahren.



Abbildung 3: Unterschiedlich alte Bäume mit verschieden starker Schädigung (Ahorne, Eichen); Foto: Andreas Roloff.

Figure 3: Trees of different ages with different degrees of damage (maples, oaks); photo: Andreas Roloff.

Dies sind nur zehn Beispiele für wichtige Einflussfaktoren auf erfolgreiche Anpassungsreaktionen, es lassen sich noch etliche weitere herausarbeiten. Wenn

man nur einmal drei verschiedene Ausprägungsstufen für jeden der zehn Faktoren ansetzt, ergeben sich schon Hunderte möglicher Varianten von Trockenstress, was Intensität, Folgen und Reaktionen betrifft! Daran sieht man bereits, wie komplex die Fragestellung der Interpretation und Bewertung von Trockenstress ist und dass es DEN Trockenstress nicht gibt. Das bedeutet: weitreichende Verallgemeinerungen und voreilige Schlussfolgerungen sind demzufolge nicht zulässig oder können sogar unverantwortlich bzw. irreführend sein.

Ein sehr wichtiger Weiser für die Beurteilung des zu erwartenden Triebwachstums im Folgejahr bei Trockenstress mit Blattschäden und Blattfall, wie 2018 und 2019 weit verbreitet aufgetreten, sind die Knospen (Abb. 4): Sie sind ab Juni sichtbar weitgehend fertig entwickelt und können daher für die Einschätzung eine entscheidende Hilfe sein, ob vorzeitiger Blattfall als Schutzreaktion positiv oder als Absterbesymptom negativ zu interpretieren ist. Dabei ist allerdings zu beachten, dass bei einigen wenigen Baumarten die Knospen unter dem Blattstiel verborgen sind (z. B. bei Platane) oder sogar unter der Blattnarbe (z. B. bei Robinie) und somit im Sommer nicht frei sichtbar erscheinen. Außerdem ist die Knospengröße stark art- oder lichtabhängig, z. B. beim Feld-Ahorn gegenüber Spitz-/Berg-Ahorn oder bei der Rot-Buche an unterschiedlichen Zweigpositionen und in verschiedenen Kronenbereichen (ROLOFF 1986).



Abbildung 4: Vollentwickelte Knospen (Mitte oben im Bild) trotz Blattfalls im Juli 2019 an Hainbuche (gebundenes Wachstum); Foto: Andreas Roloff.

Figure 4: Fully developed buds (centre above) despite leaf fall in July 2019 on hornbeam (bound growth); photo: Andreas Roloff.

Weiter ist ein entscheidender Unterschied zu sehen zwischen Baumarten mit gebundenem Wachstum (gesamte Knospenanlage im Vorjahres-Frühjahr, z. B. Rot-Buche und die meisten Übergangs- und Klimaxbaumarten) und freiem Wachstum (auch Neuanlage und sofortiger Austrieb im laufenden Sommer, z. B. Pappeln und die meisten Pionierbaumarten (ROLOFF 2018): erstere sind besonders früh fertig mit den Anlagen für das kommende Frühjahr und dann unempfindlicher gegenüber negativen Einflüssen (Abb. 4), letztere können flexibler auf mehrfach wechselnde und vor allem positive Bedingungen während der zweiten Hälfte der Vegetationsperiode reagieren.

#### 4 **Trockenstress-Reaktionen und -Anpassungen – Wie ist Trockenstress-Anpassung sichtbar/messbar?**

Im Folgenden werden mit dem Versuch annähernder Vollständigkeit mögliche gut erfassbare Parameter zum Erkennen, Beschreiben, Beurteilen von Reaktionen und Anpassungen an Trockenstress bei Bäumen genannt und kurz erläutert (nach ROLOFF et al. 2010, 2018). Dafür wurden umfangreich Lehrbücher und sonstige Publikationen ausgewertet.

##### Unmittelbare/kurzfristige Reaktionen und Anpassungen

- **Schließen der Spaltöffnungen** der Blätter (was unmittelbar die Transpiration vermindert)
- **Absenkung des Wasserpotenzials** oder des osmotischen Potenzials (um weitere Bodenwasservorräte verfügbar zu machen)
- **Blatthängen, -einrollen oder -einfalten** (z. B. Blatthängen bei Vogel-Kirsche, Einrollen/“Schiffchenbildung“ bei Rot-Buche und Baum-Hasel, Zusammenfallen bei Robinie (Abb. 5), zur Verminderung der direkten Einstrahlung und damit Senkung der Blatttemperatur und Verdunstung)
- **Ausrichten der Blätter** parallel zur Sonnenstrahlung bei einzelnen Arten (Heliotropismus, in der Oberkrone mittags z. B. bei Kübler-Weide und Robinie)
- **Blattwedeln oder -zittern** (z. B. Spitz-Ahorn und Zitter-Pappel, zur Senkung der Blatttemperatur)
- direkte **Blatt-Wasseraufnahme** (insbesondere Nadelbaumarten, z. B. von Tau bei Trockenstress)
- **sofortige Erholung** bei Wiederbewässerung nach Trockenstress
- teilweiser **Blattabwurf** (um die Transpirationsfläche zu vermindern)
- **Zweigabsprünge** (Abwurf von Zweigen bei Eichen, Pappeln und Weiden)
- messbare **Stammumfangabnahme** (vor allem bei zerstreutporigen Laubbäumen und bei Nadelbäumen durch Nutzung des Stammwasservorrates)
- **Embolien** (Luft Eintritt und dadurch Blockade eines Teils der Wasserleitbahnen im Holz)

### Mittelfristige Reaktionen und Anpassungen

- **Entwicklung von Kurztrieben** (in der Krone der meisten Laubbaumarten im Folgejahr nach einem Trockenstressjahr, um bei minimiertem Aufwand weiterhin möglichst viel Photosynthese zu ermöglichen)
- **Absterben von Zweigen und Kronenteilen** sowie von Fein- und Schwachwurzeln („Eidechsen-Prinzip“: irreversibles Aufgeben eines Teiles der Verzweigung, um den verbleibenden Rest besser zu schützen/zu versorgen)
- **höhere Stomatadichte** (als Anpassung an häufige/wiederkehrende Trockenheit, verbunden mit kleinerer Größe der Spaltöffnungen)



Abbildung 5: Hochklappen der Fiederblättchen bei Robinie zur Verringerung der Einstrahlungsfläche zur Sonne und damit Vermeiden von Trockenstress; Foto: Andreas Roloff.

Figure 5: Folding up the leaflets of black locust to reduce the area exposed to the sun and thus avoid drought stress; photo: Andreas Roloff.

### Langfristige (genetisch fixierte) Anpassungen

- **gefiederte oder stark gelappte Blätter** (z. B. Esche und Sumpf-Eiche, dadurch bei starker Einstrahlung eine geringere Blatttemperatur und damit Transpiration als bei einfachen Blättern)
- **oberseits glänzende Blätter** (Cuticula mit dickerer Wachsschicht und/oder dickere Epidermis, z. B. Ungarische Eiche)
- **ledrige/dickere Blätter** („Hartlaubgehölze“, z. B. Buchsbaum)

- **blattunterseitige Behaarung** (mit hellen, da toten Haaren, insbesondere Stern- und Büschelhaaren oder dichtem Haarfilz, z. B. Mehlbeere, viele Linden- und Eichenarten)
- **weißlich-silbrige Blattschuppen** (z. B. Ölbaum und Ölweide)
- **kleine Blätter** mit dichter Blattnervatur oder **nadelartige Blätter** (z. B. Ginster, Stechginster) bzw. **Rollblätter** (Lavendel)
- in die Epidermis **ingesenkte Stomata** (regelmäßig bei Nadelgehölzen)
- stärkere Ausbildung von Festigungs- und Leitelementen in Blatt und Spross, dadurch z. B. im Blatt **deutlich sicht-, fühlbare Hauptnerven**
- **verdickte Epidermis und Rinde/Borke** am Spross und Stamm (Kork-Eiche, Korkbaum und Baum-Hasel), gelegentlichen mit Korkleisten (z. B. Feld-Ahorn und Feld-Ulme)
- Umbildung von Sprossenden oder Nebenblättern zu **Dornen** (z. B. Wild-Birne, Wild-Apfel und Robinie)
- **Triebe grün** und damit zur Photosynthese in der Lage (z. B. Ginster), oder blattartig verbreitert (sog. **Flachsprosse** bei Mäusedorn)
- **Stammspeicher** bei älteren Nadelbäumen und zerstreutporigen Laubbäumen
- tiefreichende **Pfahlwurzel** (Eiche) oder sog. **Zweischichtwurzelsystem** (mit einerseits einer Pfahlwurzel für die Tiefenwasservorräte, andererseits weit streichenden Flachwurzeln, die Kurzzeitniederschläge ausnutzen, z. B. Kiefer)
- **geringes Spross-/Wurzelverhältnis** (d. h. mehr Wurzelmasse im Verhältnis zur Sprossmasse)
- **klonales Wachstum** durch Ausläufer (Bambus) oder Wurzelbrut (z. B. Grau-Erle und Zitter-Pappel)
- hohe **Holzdichte** (schweres Holz)
- artbedingt **lichte Krone**
- hohe **Reiterationsfreudigkeit**
- **Pionierbaumarten** mit relativ geringen Ansprüchen an Bodenfaktoren, aber hohem Lichtbedarf, mit in der Jugend **freiem Wachstum**
- natürliches **Vorkommen auf zeitweilig oder dauerhaft trockenen Standorten**
- **sehr hohe Frosthärte**

## 5 Schlussfolgerungen

Bei der Diskussion über Trockenstress-Reaktionen und -Anpassungen von Baumarten ist zu beachten, dass insbesondere Stadtbäume ihre Funktionen nicht mehr (vollständig) erfüllen können, wenn die Blätter

- ihre Spaltöffnungen geschlossen haben und demzufolge auch keine Verdunstung (Kühlung) mehr stattfindet, z. B. weil kein Wasser aus dem Boden mehr verfügbar ist;
- Schäden aufweisen oder nur kleine Blätter und kurze Triebe entwickelt werden;
- abgeworfen werden (keine Beschattung mehr erfolgen kann).

Wir müssen damit umgehen, dass es DEN Trockenstress nicht gibt und demzufolge es auch nicht DIE an Trockenstress angepasste(n) Baumart(en) geben kann (ROLOFF 2021). Dies ist auch die Erklärung dafür, dass bei jedem neu auftretenden Trockenstress in Zukunft immer wieder neue Überraschungen in der Baumartenreaktion eintreten können und werden. Man kann nur versuchen, sich auf die am jeweiligen Pflanzort entscheidenden, zuvor genannten Auswahlkriterien zu begrenzen, sonst bleibt am Ende irgendwann womöglich gar keine Baumart mehr übrig. So erklären sich auch die interessanten, aber durchaus z. T. nicht übereinstimmenden Ergebnisse/Erfahrungen z. B. aus GALK-Liste und Stadtgrün 2021 (GALK 2022; BÖLL 2017), wie auch im Vergleich von diesen zu KLAM (ROLOFF 2021, ROLOFF et al. 2008, 2013) und CITREE (2020). Je häufiger sich bestimmte Baumarten in vielen verschiedenen Untersuchungen, Erhebungen und Experimenten positiv bewähren, desto mehr erhält man eine zunehmende Absicherung, wie es z. B. beim Schnurbaum der Fall ist.



Abbildung 6: Allee/Baumreihe mit mehr als 5 Baumarten und vielfältiger Herbstfärbung; Foto: Andreas Roloff.

Figure 6: Avenue/tree row with more than 5 tree species and diverse fall color; photo: Andreas Roloff.

Eine (nicht neue) Grundkonsequenz aus all dem Behandelten ist, möglichst viele verschiedene solcher bestgeeigneten Baumarten zu pflanzen – dann werden sich davon immer etliche vor Ort bewähren (KRABEL 2017, 2018). Dies spricht auch deutlich für zukünftige Mehrarten-Alleen mit 4–5 Baumarten (Abb. 6) – ein spannendes Thema, das am Lehrstuhl gerade bearbeitet wird. Dafür wird man die Sicht auf Alleeen modifizieren müssen: nicht mehr einheitliches Aussehen „aus einem Guss“ hat höchste Priorität, sondern ein möglichst gut harmonisierendes Wachstum der beteiligten Arten mit unterschiedlichen Ansprüchen und Wirkungen. Es kann, unvoreingenommen betrachtet, durchaus spannend werden, wenn Alleeen vielfältiger aussehen: mit in mehreren Zeitabschnitten verschieden blühenden Baumarten, oder unterschiedlichen Herbstfarben und Verfärbungsperioden. Dann sehen Alleeen in 50 Jahren vielleicht ganz anders aus als heute. Es wird interessant, wie Denkmal- und Naturschutz damit umgehen werden, wenn sie oft vor allem frühere oder heutige Zustände festschreiben möchten.

## 6 Literatur

- CITREE (2020): Planungsdatenbank für urbane Gehölze. – Professur für Forstbotanik, TU Dresden. [www.citree.de](http://www.citree.de) [Zugriff 1.8.2022].
- BÖLL, S. (2017): Das Forschungsprojekt „Stadtgrün 2021“ – ein Überblick. – Jahrbuch f. Baumpflege, **2017**: 23-28.
- DRESSLER, A. (2019): Anpassung an Trockenheit – Einfluss unterschiedlicher Bewässerungsstrategien auf die Trockenheitstoleranz junger Gehölze. – Dissertation Fak. Umweltwissenschaften TU Dresden. – 167 S; Dresden.
- GALK (2022): Straßenbaumliste. – <http://www.galk.de> [Zugriff 10.08.2022].
- KNOPE, D., ROLOFF, A., BOOCK, U. & BACHMANN, J. (2016): Bäume in Jena – Stadt- und Straßenbäume im Klimawandel, Stadtbaumkonzept. – Schriften zur Stadtentwicklung, **7**: 1-160.
- KRABEL, D. (2017): Bedeutung genetischer Variabilität für den Erhalt von Baumpopulationen in unseren Städten. – ProBaum, **1/ 2017**: 8-11.
- KRABEL, D. (2018): Genetische Variabilität als „Strategie“ für ein nachhaltiges Grünflächenmanagement. – In: DUJESIEFKEN, D. (Hrsg.): Jahrbuch der Baumpflege, **2018**: 237-241; Braunschweig (Haymarket Media).
- ROLOFF, A. (1986): Morphologische Untersuchungen zum Wachstum und Verzweigungssystem der Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.). – Mitt. Dt. Dendrol. Ges., **76**: 5-47.
- ROLOFF, A. (1992): Mögliche Auswirkungen des Treibhauseffektes auf die Konkurrenzsituation in Waldökosystemen. – Forstarchiv, **63**: 4-10.
- ROLOFF, A. (2016): Verwendung nichtheimischer Baumarten in der Stadt und als Straßenbäume in Jena. – In: Stadt Jena (Hrsg.): Bäume in Jena – Stadt- und Straßenbäume im Klimawandel / Stadtbaumkonzept. – Schriften zur Stadtentwicklung, **7**: 36-45.
- ROLOFF, A. (2018): Vitalitätsbeurteilung von Bäumen – Aktueller Stand und Weiterentwicklung. – 205 S.; Braunschweig (Haymarket Media).
- ROLOFF, A. (Hrsg.) (2021): Trockenstress bei Bäumen – Ursachen, Strategien, Praxis. – 288 S.; Quelle & Meyer, Wiebelsheim.

- ROLOFF, A., BONN, S. & GILLNER, S. (2008): Konsequenzen des Klimawandels – Vorstellung der Klima-Arten-Matrix (KLAM) zur Auswahl geeigneter Baumarten. – *Stadt + Grün*, **57** (5): 53-61.
- ROLOFF, A. & GILLNER, S. (2013): Klimawandel und Stadtbaumarten. –In: ROLOFF, A.: *Bäume in der Stadt*. – 168-186; Stuttgart (Verlag E. Ulmer).
- ROLOFF, A., GRUNDMANN, B. & KORN, S. (2010): Trockenstress bei Stadtbäumen – Mechanismen und Reaktionen der Anpassung, Nutzen für die Artenwahl. – *Stadt+Grün*, **59**: 54-60.
- ROLOFF, A., KNIESEL, B. & KORN, S. (2018): Trockenstress bei Stadtbäumen – Ursachen, Reaktionen, Anpassungen. – In: ROLOFF, A.: *Vitalitätsbeurteilung von Bäumen – Aktueller Stand und Weiterentwicklung*. – 171-182; Braunschweig (Haymarket Media).

PROF. DR. ANDREAS ROLOFF  
Institut für Forstbotanik und Forstzoologie  
TU Dresden, Fak. Umweltwissenschaften  
Piennner Str. 7  
01737 Tharandt  
andreas.roloff@tu-dresden.de

Manuskripteingang: 2. August 2022





# Ökologische Charakterisierung seit 1900 im Taunus nicht mehr gefundener Gefäßpflanzen-Arten

RÜDIGER WITTIG

Erlöschene Arten, Landschaftswandel, Nutzungsänderungen, Standorte

**K u r z f a s s u n g :** Im Taunus sind seit 1900 nach Kenntnisstand des Verfassers bisher 31 Gefäßpflanzenarten erloschen. Diese werden anhand ihrer Ellenbergschen Zeigerwerte sowie ihres pflanzensoziologischen Optimums ökologisch charakterisiert. Aus diesen Charakteristika sowie den erfolgten Veränderungen der Landschaft und ihrer Nutzung werden Gründe für das Erlöschen aufgezeigt und diskutiert.

## Ecological characterization of vascular plant species that have not been found in the Taunus since 1900

Extinct species, habitat requirements, landscape changes

**A b s t r a c t :** To the author's knowledge, 31 species of vascular plants have become extinct in the Taunus area since 1900. These are ecologically characterized on the basis of their Ellenberg indicator values and their phytosociological optimum. From these characteristics as well as the changes that have taken place in the landscape and its use, reasons for the extinction are presented and discussed.

### Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	50
2	Methoden .....	50
3	Die erloschenen Arten .....	51
4	Diskussion und Fazit .....	75
4.1	Standortansprüche und Zeigerwerte .....	75
4.2	Biotopbindung .....	76
4.2.1	Natürliche Salzstandorte .....	76
4.2.2	Moore und Gewässer .....	76
4.2.3	Oft gestörte Plätze .....	77
4.2.4	Wärmeliebende Säume .....	77
4.2.5	Anthropozoogene Heiden und Rasen .....	78
5	Dank .....	78
6	Literatur .....	78

## 1 Einleitung

EHMKE & WITTIG (2022) präsentieren eine Liste von insgesamt 56 Gefäßpflanzen-Arten und einer Hybride, die im von ihnen detailliert erfassten Bereich des Taunus (Vortaunus, Hoher Taunus und kammnaher Hintertaunus) als erloschen gelten müssen, da sie seit 20 Jahren entweder gar nicht oder nur unbeständig angetroffen wurden, wobei die letzte Meldung teilweise bereits im 19. Jahrhundert erfolgte. Nachfolgend werden diejenigen 31 Arten ökologisch charakterisiert, die nach Kenntnis des Verfassers mindestens noch zu Beginn des 20. Jahrhunderts im Taunus vorhanden waren, also erst nach 1900 erloschen sind. Anders als bei WITTIG et al. (2022) ist der gesamte Taunus Untersuchungsgebiet (UG), wobei dies für den kammfernen Bereich auf einer Auswertung der dem Verfasser bekannten Literatur beruht (siehe hierzu auch Kap. 2). Bezüglich deutschlandweiter Zusammenhänge zwischen Erlöschen von Arten und deren ökologischen Zeigerwerten sei auf KORNECK et al. (1998) verwiesen.

## 2 Methoden

Im Vortaunus, Hohen Taunus und kammnahen Hintertaunus wurde im Zeitraum von 1997 bis 2022 eine Rasterkartierung der Gefäßpflanzenflora durchgeführt (Rastergröße 1/64tel der TK 25), wobei jedes Rasterfeld (Rf) mindestens dreimal (im Durchschnitt siebenmal) begangen und darauf geachtet wurde, dass alle im Rf vorhandenen Biotoptypen abgesucht wurden. Ein Rf galt dann als ausreichend kartiert, wenn eine in Abhängigkeit von der Anzahl der im Rf vorhandenen Biotoptypen und von der Naturraumzugehörigkeit festgelegte, von 150 bis 350 variiierende Mindestzahl an Arten erreicht war. Zusätzlich wurde intensiv nach seltenen, für das betreffende Rf in der Literatur genannten Arten gesucht (Näheres siehe UEBELER & WITTIG 2020; dort auch Hinweise zu weiteren Qualitätsmerkmalen der Kartierung).

Zwar erfasste die Kartierung nur 14 der 27 Naturraum-Untereinheiten des Taunus vollständig, mit Ausnahme der vier in Rheinland-Pfalz gelegenen und der Zorner Hochfläche wurden von allen übrigen jedoch zumindest kleine Teilbereiche kartiert (siehe Tab. 2.1 in WITTIG et al. 2022), da sie entweder kammnah lagen oder in ihnen, teilweise bei zufälligen Exkursionen, teilweise gezielt, einige Rf kartiert wurden. Auf Letzteres wird allerdings in der oben genannten Publikation nicht hingewiesen. Die dabei getätigten Funde sehr seltener Arten sind jedoch in WITTIG et al. (2022) aufgeführt.

Außerdem wurde für den gesamten hessischen Taunus die den Verfassern der Taunusflora bekannte Literatur berücksichtigt, wobei erfahrungsgemäß niemals auszuschließen ist, dass eine Publikation übersehen wurde oder nicht zur Kenntnis gelangte. Und selbst im detailliert kartierten Taunusbereich könnte eine

Art übersehen worden oder inzwischen neu aufgetaucht sein. Falls dies der Fall ist, wird um Mitteilung gebeten.

Die Nomenklatur der Arten entspricht der in WITTIG et al. (2022). Für die ökologische Charakterisierung werden in erster Linie die ökologischen Zeigerwerte von ELLENBERG (2001) und die dortigen Aussagen zur Vergesellschaftung zu Grunde gelegt. Zusätzlich werden die Angaben von OBERDORFER (2001) berücksichtigt. Die Angaben zum Gefährdungsstatus wurden den entsprechenden Roten Listen entnommen (Deutschland: METZING et al. 2018; Hessen und Region Nordwest (NW): STARKE-OTTICH et al. 2019).

Als erloschen wurde eine Art dann angesehen, wenn sie seit über 20 Jahren trotz gezielter Nachsuche nicht mehr gefunden wurde. Die Rote Liste-Einstufungen (RL) beziehen sich auf Deutschland/Hessen/Region NW.

### 3 Die erloschenen Arten

In Tabelle 1 sind die laut WITTIG et al. 2022 im Taunus (UG) als seit 1900 erloschen geltenden Arten mit ihren Zeigerwerten und ihrem bevorzugten Vegetationstyp in alphabetischer Reihenfolge des wissenschaftlichen Namens aufgeführt. Anders als von EHMKE & WITTIG (2020) angenommen, wurde der Frühlings-Ehrenpreis im Rahmen der Hessischen Biotopkartierung noch 1998 von R. Kubosch auf dem Geisberg bei Springen gefunden. Da dort keine Nachkontrolle erfolgte, kann die Art nicht als erloschen gelten und wird deshalb nachfolgend nicht behandelt. Zusätzlich aufgenommen wurde der Sumpf-Bärlap (*Lycopodiella inundata*).

Vorab sei bemerkt, dass sehr kleinwüchsige, konkurrenzschwache Lichtpflanzen oft nicht sofort völlig verschwinden, wenn sie von höherwüchsigen Arten beschattet werden, sondern sich entweder noch einige Jahre lang kümmernd halten oder bei Auftreten einer Lücke wieder aus der Samenbank wieder auftauchen können. Da es verständlicherweise unmöglich war, im gesamten Untersuchungsgebiet alle dichtwüchsigen Pflanzenbestände gezielt nach gefährdeten kleinwüchsigen Arten zu durchkämmen, kann nicht ausgeschlossen werden, dass die eine oder andere „erloschene“ Art doch noch vorhanden ist. Hierauf wird bei *Juncus capitatus* (Abschn. 3.15) nochmals exemplarisch eingegangen.

Außerdem muss darauf hingewiesen werden, dass ein unbeständiges ruderales Vorkommen einer erloschenen Art in der Regel nicht als Wiedereinbürgerung gewertet wird. Bei manchen früheren Meldungen für den Taunus ist aufgrund des dortigen Fehlens passender Standorte nicht klar, ob es sich um ein beständiges Vorkommen oder ein zufälliges Auftreten handelt, das bereits im kommenden Jahr wieder verschwunden war. Ein konkretes Beispiel hierfür ist der Gelbe Günsel (*Ajuga chamaepitys*). Die Art ist atlantisch verbreitet (K2), stark wärmeliebend (T8), kommt fast ausschließlich auf stickstoffarmen Standorten vor (N2) und gilt als Basen- und Kalkzeiger (R9). Pflanzensoziologisch gilt sie als Charakterart der

Tabelle 1: Im Taunus seit 1900 erloschene Arten - Zeigerwerte und pflanzensoziologisches Optimum  
 Table 1: Since 1990 extinct species in the Taunus area – indicator values and phytosociological optimum

Art (wissenschaftlicher Name)	Jahr	Q	Zeigerwerte								Art (deutscher Name)
			L	T	K	F	R	N	S	Soz	
<i>Ajuga genevensis</i>	1963	G	8	x	x	3	7	2	0	5.3	Genfer Günsel
<i>Anemone sylvestris</i>	1910	G	7	7	7	3	7	3	0	6.1	Wald-Anemone
<i>Antennaria dioica</i>	1941	G	8	x	x	4	3	2	0	5.1	Gewöhnliches Katzenpfötchen
<i>Anthericum ramosum</i>	1963	G	7	5	4	3	7	3	0	6.1	Ästige Grasllilie
<i>Amoseris minima</i>	1906	G	7	6	2	4	3	3	0	3.4	Lämmersalat
<i>Asperugo procumbens</i>	1950	S	7	6	6	4	8	9	0	3.3	Scharfkraut
<i>Dianthus superbus</i>	1921	G	7	6	7	8~	8	2	0	5.4	Pracht-Nelke
<i>Diphasiastrum tristachyum</i>	1955	Ko	8	6	5	5~	1	1	0	5.1	Zypressen-Flachbärlapp
<i>Diphasiastrum zeileri</i>	1952	Ko	7	6	?	4	1	2	0	5.1*	Zeilers Flachbärlapp
<i>Drosera rotundifolia</i>	1955	G	8	4	3	9	1	1	0	1.8	Rundblättriger Sonnentau
<i>Gentianella campestris</i>	1909	G	8	x	2	5	4	2	0	5.1	Feld-Enzian
<i>Gentianopsis ciliata</i>	1960	G	7	x	4	3	8	2	0	5.3	Fransen-Enzian
<i>Helosciadium repens</i>	1909**	H	9	6	3	7=	7	7	1	3.8	Kriechende(r) Sellerie
<i>Juncus capitatus</i>	1965	G	8	7	3	7	4	3	0	3.1	Kopf-Binse
<i>Legousia speculum-veneris</i>	1966	G	7	7	4	4	8	3	0	3.4	Gewöhnlicher Frauenspiegel
<i>Lolium temulentum</i>	1969	H	7	7	3	4	8	x	0	3.4	Taumel-Lolch
<i>Lotus tenuis</i>	1996	W	7	6	3	7~	8	4	4	3.8	Zarter Hornklee
<i>Luronium natans</i>	1962	H	8	6	1	11	5	3	0	1.4	Schwimmendes Froschkraut
<i>Lycopodiella inundata</i>	1906	L	8	4	2	9=	3	1	0	1.7	Gewöhnlicher Moorbärlapp
<i>Peucedanum oreoselinum</i>	1960	G	6	6	4	3	6	2	0	6.1	Berg-Haarstrang
<i>Potamogeton polygonifolius</i>	1967	Ka	7	6	2	10	3	2	0	1.4	Knöterichblättriges Laichkraut
<i>Potentilla inclinata</i>	1962	G	9	7	5	2	6	1	0	5.2	Graues Fingerkraut
<i>Prunella laciniata</i>	1965	G	7	7	2	3	9	2	0	5.3	Weißer Brunelle
<i>Radiola linoides</i>	1900	G	8	6	3	7=	3	2	0	3.1	Zwergflachs
<i>Samolus valerandi</i>	1954	Ko	8	6	3	8=	7	5	4	3.1*	Salzbunge
<i>Sedum villosum</i>	1921	G	9	5	2	9	4	1	0	1.6	Sumpf-Fetthenne
<i>Spiranthes spiralis</i>	1991	W	8	6	2	4	5	2	0	5.3	Herbst-Wendelorchis
<i>Stachys germanica</i>	1966	G	7	7	4	3	8	5	0	3.5	Deutscher Ziest
<i>Thesium linophyllum</i>	1996	W	8	7	5	2	8	1	0	5.3	Mittleres Leinblatt
<i>Trifolium fragiferum</i>	1964	G	8	6	5	7=	8	7	4	3.8	Erdbeer-Klee
<i>Triglochin palustre</i>	1967	G	8	x	x	9=	x	1	3	1.7	Sumpf-Dreizack

\* Das von Ellenberg (2001) genannte Optimum existiert im Taunus nicht, daher hier das existente Nebenoptimum

\*\* evtl. bereits früher (siehe Text)

- Q Quelle:** G: GROSSMANN (1976); H: HODVINA (2012); Ka KALHEBER (1969); Ko: KORNECK (1984); S: STREITZ (2005); W: WITTIG et al. (2022)
- Zeigerwerte:** x: kein Zeigerwert; 2, 4, 6, 8: Zwischenwerte (außer bei K, dort sind 3, 5 und 7 Zwischenwerte)
- L Licht:** 5: Halbschattenpflanze, nur ausnahmsweise Volllicht  
7: Halblichtpflanze, meist bei vollem Licht, aber auch bis 30 % rel. Beleuchtungsstärke  
8: Volllichtpflanze, nur ausnahmsweise bei weniger als 40 % rel. Beleuchtungsstärke  
9: Starklichtpflanze, fast nur an voll bestrahlten Plätzen, nie weniger als 50 % rel. Beleuchtungsstärke
- T Temperatur:** 5: Mäßigwärmezeiger; 7: Wärmezeiger
- K Kontinentalität:** 2: ozeanisch; 4: subozeanisch; 6: subkontinental
- F Bodenfeuchte:** 3: Trockeniszeiger; 5: Frischezeiger; 7: Feuchtezeiger  
9: Nässezeiger; ~ Wechselfeuchtezeiger; = Überschwemmungszeiger;  
10: Wasserpflanze, die Zeiten ohne Wasserbedeckung des Bodens erträgt; 11: wurzelnde Wasserpflanze mit Schwimmblättern
- R Bodenreaktion:** 1: Starksäurezeiger; 3: Säurezeiger; 5: Mäßigsäurezeiger  
7: Schwachsäure- bis Schwachbasenzeiger; 9: Basen- und Kalkzeiger
- N Stickstoff:** 1: stickstoffärmste Standorte anzeigend  
3: auf stickstoffarmen Standorten häufiger als auf mittleren  
5: mäßig stickstoffreiche Standorte anzeigend  
7: auf stickstoffreichen Standorten häufiger als auf mittleren  
9: an übermäßig stickstoffreichen Standorten konzentriert
- S Salz:** hier gibt es zusätzlich den Wert „0“: nicht salzertragend  
1: salzertragend (bis 0,5 % Chlorid), meist auf salzfreien Böden  
3: meist auf Böden mit geringem (0,3 bis 0,5 %) Chloridgehalt  
4: meist auf Böden mit geringem bis mäßigem (0,5 bis 0,7 %) Chloridgehalt
- Soz Soziologie:** 1: Süßwasser- und Moorvegetation  
1.4: Vegetation oligo- bis mesotropher Gewässer; 1.6: Quellfluren  
1.7: Niedermoore; 1.8: Hochmoore und Moorheiden  
2: Salzwasser- und Meerstrandvegetation  
3: krautige Vegetation oft gestörter Plätze  
3.1: Zwergbinsen-Teichbodengesellschaften  
3.3: Hackfruchtwildkraut- und einjährige Ruderalgesellschaften  
3.4: Getreide- und Leinwildkrautgesellschaften  
3.5: ausdauernde Ruderalgesellschaften; 3.8: Flutrasen  
5: Anthropozoogene Rasen und Heiden  
5.1: Borstgrasrasen und Zwergstrauchheiden  
5.2: lockere Sand- und Felsrasen  
5.3 Kalk-Magerrasen  
5.4: Mähwiesen und Weiden  
6: Waldnahe Staudenfluren und Gebüsche  
6.1: wärmeliebende Saumgesellschaften

Wildkrautgesellschaften von Kalkäckern wärmebegünstigter Lagen. Ein halbwegs idealer Standort dürfte somit im Taunus nie vorhanden gewesen sein. Daher ist es sehr fraglich, ob die Art im Taunus überhaupt jemals beständig vorkam. Wahrscheinlicher ist, dass es sich bei den wenigen Taunus-Meldungen um unbeständige Zufallsvorkommen handelt. Aus diesem Grunde erwähnt die Taunusflora (WITTIG et al. 2022) den Gelben Günsel zwar im Gattungskopf, aber er wurde dort nicht in die von EHMKE & WITTIG erstellte Tabelle der erloschenen Arten übernommen und ist aus den genannten Gründen auch nachfolgend nicht aufgeführt.

### 3.1 *Ajuga genevensis* RL V/V/3

Der Genfer Günsel wurde im Taunus letztmalig in Auringen gefunden (Rf 5815/4), also am Südrand des Mittelgebirges (s. GROSSMANN 1976). Allerdings hat sich die Art 2015 im Garten von Wolfgang Ehmke in Bleidenstadt angesiedelt (Abb. 1) und seitdem ausgebreitet. Da ein solches, im weitesten Sinne ruderales Gartenvorkommen einer erloschenen Art nicht als Wiedereinbürgerung zu werten ist, wird *Ajuga genevensis* für den Taunus weiterhin als in der Natur erloschen angesehen.



Abbildung 1: Genfer Günsel (*Ajuga genevensis*) hat sich 2015 in einem Garten in Taunusstein-Bleidenstadt/Hessen (5814/423) spontan angesiedelt und seitdem ausgebreitet; Foto W. Ehmke 2019.

Figure 1: Geneva bugle (*Ajuga genevensis*) spontaneously established in a garden in Taunusstein-Bleidenstadt/Hesse (5814/423) in 2015 has since spread; photo W. Ehmke 2019.

Optimale Standorte sind vollsonnige Rasen auf mageren, mäßig trockenen, kalkhaltigen Böden. Demensprechend gilt die Art als bezeichnend für basen-, insbesondere kalkreiche Halbtrockenrasen (*Bromion erecti*). Da derartige Standorte im Taunus weitgehend fehlen, war die Art dort mit Sicherheit auf die Randlagen beschränkt und niemals häufig.

Als niedrigwüchsige Volllichtpflanze ist die Art auf magere, möglichst lückige Standorte angewiesen. Auch wenn der Klimawandel sich für einige Trockenrasenarten günstig auswirken könnte, dürfte der immer noch hohe luftbürtige Stickstoffeintrag einer eventuellen Wiedereinbürgerung im Wege stehen.

### 3.2 *Anemone sylvestris* RL 3/2/1

Vom Wald-Windröschen (Abb. 2) erfolgte der letzte Taunus-Fund spontan aufgewachsener Exemplare im Jahr 1910 auf der Bubenhäuser Höhe bei Rauenthal (Rf 5914/234) und wird von GROSSMANN (1976) erwähnt. Alle weiteren von diesem Autor für das von ihm erfasste Gebiet genannten „neueren Funde“ (nach 1910) liegen mehr oder weniger knapp außerhalb des Taunus. W. Wagner fand 2005 drei offensichtlich angesalbte Exemplare in einem lichten Eichenwald bei einer Jagdhütte (WITTIG et al. 2022), die vom Verfasser 2021 und 2022 dort (5617/432) nicht mehr angetroffen wurden.



Abbildung 2: Wald-Windröschen (*Anemone sylvestris*) im Botanischen Garten Frankfurt; Foto E. Brude.

Figure 2: Snowdrop anemone (*Anemone sylvestris*) in the Botanical Garden Frankfurt; photo E. Brude.

Die wärmeliebende, natürlicherweise niemals auf stark sauren Böden vorkommende, stickstoffarme Böden bevorzugende Halblichtpflanze gilt als Charakterart



wärmeliebender Saumgesellschaften (*Geranium sanguinei*). Anders als die Mehrzahl der im Taunus wachsenden Arten (auch der erloschenen) liegt der Schwerpunkt des Verbreitungsgebietes von *Anemone sylvestris* im subkontinentalen bis kontinentalen Klimabereich. Der Taunus liegt also außerhalb des optimalen Wuchsgebietes der Art.

### 3.3 *Antennaria dioica* RL 3/2/1

Laut GROSSMANN (1976) bezeichnet BURCK (1941) das Gewöhnliche Katzenpfötchen (Abb. 3) als in trockenen Wäldern und Heiden häufig, während GROSSMANN (1976, S. 59) von „ziemlich selten“ spricht, aber nichts von einem Rückgang erwähnt. EHMKE & WITTIG (2022) gehen daher (eventuell zu optimistisch) davon aus, dass das einzige von Grossmann genannte Taunus-Vorkommen (5815/41 Kellerskopfwiesen westlich Naurod) mindestens zu Zeiten Burcks, also 1941, noch existierte.



Abbildung 3: Gewöhnliches Katzenpfötchen (*Antennaria dioica*) im Botanischen Garten Frankfurt; Foto E. Brude.

Figure 3: Cat's foot (*Antennaria dioica*) in the Frankfurt Botanical Garden; photo E. Brude.

Die trockene, stickstoffarme Standorte bevorzugende Art gilt als Säurezeiger und ist Charakterart der Borstgrasrasen (Nardetalia). Für das Erlöschen der Art dürfte, neben einer allgemeinen Verringerung der mit entsprechenden Vegeta-

tionstypen bestandenen Flächen, der auf Stickstoffeintrag (Düngung, Immissionen) sowie auf fehlender Beweidung beruhende dichtere geschlossene Bewuchs der verbliebenen Rasen verantwortlich sein, welcher der niedrigwüchsigen Art kein Überleben ermöglicht. Beispielsweise ist die Riedelbacher Heide, in der die Art vorkam, nach BÖNSEL et al. (2021) heute so stark verändert, dass ein Vorkommen ausgeschlossen werden kann.

### 3.4 *Anthericum ramosum* RL V/3/1

Für die Ästige Graslilie (Abb. 4) ist dem Verfasser auf der Ebene des Taunus nur die bei GROSSMANN (1976) genannte, aus dem Jahr 1963 stammende, seitdem nicht mehr bestätigte Meldung eines Vorkommens im Niederwald (6016/12) bekannt.



Abbildung 4: Ästige Graslilie (*Anthericum ramosum*) im Botanischen Garten Frankfurt; Foto E. Brude.

Figure 4: Branched St Bernhard's-lily (*Anthericum ramosum*) in the Botanical Garden Frankfurt; photo E. Brude.

*Anthericum ramosum* stellt höhere Ansprüche an den Basengehalt des Bodens (R 7) als die im Taunus an südexponierten Felsstandorten, insbesondere des Wispertals, aktuell mehrfach gefundene, ansonsten bezüglich ihrer Standortansprüche sehr ähnliche Gewöhnliche Graslilie (*Anthericum liliago*). Beide sind Halblichtpflanzen und Charakterarten der wärmeliebenden Säume (Geranion sanguinei), die aber auch in trockenen Rasen und wärmeliebenden, lichten Wäldern vorkommen können. Wahrscheinliche Ursache des Erlöschens ist die Bewaldung früher aufgrund von Schafbeweidung lediglich mit Gebüschbestandener Felsstandorte und der damit verbundene Rückgang von Gebüschsäumen.

### 3.5 *Arnoseris minima* RL 2/1/1

Nach GROSSMANN (1976) wird der Lämmersalat von VIGENER (1906) für die Umgebung von Hahn und für Wehen angegeben (beides Taunus: Rf 5815/1 oder 5815/2; bei EHMKE & WITTIG (2022) fälschlich 5814).

Die leicht wärmeliebende, nach OBERDORFER (2001) frostempfindliche, für montane Bereiche untypische Art ist auf stickstoffarmen Standorten häufiger als auf mittelmäßigen und gilt als Säurezeiger. Ihr Verbreitungsschwerpunkt liegt in Sandgebieten des atlantischen Klimabereichs, wo sie vor allem auf (Brachen von) Getreidefeldern aufritt, ist aber auch dort im Rückgang begriffen. Da Sandgebiete im Taunus nicht existieren und das Klima nicht atlantisch getönt ist, waren somit niemals Optimalstandorte vorhanden. Daher konnte die Art nur dort überleben, wo wenigstens alle übrigen Ansprüche erfüllt waren, also Äcker mit sauren, stickstoffarmen Böden. Diese aber wurden aufgegeben oder durch Kalkung und Düngung verändert.

### 3.6 *Asperugo procumbens* RL 2/1/0

Das Scharfkraut kam nach STREITZ (2005) noch 1950 im Wiesbadener Wellritztal vor, wobei das Rf 5915/12 genannt wird, was von EHMKE & WITTIG (2022) übernommen wurde. In diesem Rf verläuft der vom ehemaligen Kloster Klarenthal kommende Wellritzbach mitten im bebauten Bereich, so dass ein Vorkommen in 5912/112 wahrscheinlicher erscheint, zumal GROSSMANN (1976) für 1930 ein Vorkommen in Klarenthal erwähnt.

OBERDORFER (2001) sieht den pflanzensoziologischen Schwerpunkt von *Asperugo procumbens* in lichtliebenden Ruderalgesellschaften (Sisymbrien und Onopordion). Zwar existieren im Taunus Fragmente derartiger Gesellschaften, der hohe Anspruch an den Kalkgehalt des Bodens (Bodenreaktion R 8) macht aber deutlich, dass der Taunus die Standortansprüche der Art nicht erfüllt.

### 3.7 *Dianthus superbus* RL 3/2/1

Die Pracht-Nelke (Abb. 5) wurde im Taunus letztmalig wahrscheinlich 1921 bei der Wiesbadener Fasanerie (5815/33) angetroffen (siehe GROSSMANN 1976).



Abbildung 5: Pracht-Nelke (*Dianthus superbus*) im Botanischen Garten Frankfurt; Foto E. Brude.  
Figure 5: Fringed pink (*Dianthus superbus*) in the Frankfurt Botanical Garden; photo E. Brude.

Die in Hessen vorkommende leicht wärmeliebende Unterart *Dianthus superbus superbus* meidet saure und bevorzugt stickstoffarme, frische bis feuchte Böden. Soziologisch gilt sie als Charakterart basenreicher, ungedüngter Feuchtwiesen (Molinion), die nach FINCK et al. (2017) in den westlichen Mittelgebirgen Deutschlands zu den stärkstgefährdeten Biotopen zählen. NAWRATH (2005) sieht Nutzungsaufgabe oder -intensivierung sowie Trockenlegung als die wesentlichen Gefährdungsursachen an.

### 3.8 *Diphasiastrum tristachyum* RL 2/1/0

Der Zypressen-Flachbärlapp (Abb. 6) wurde laut LUDWIG (1962, S.22) noch 1955 von Korneck „zwischen Platte und Neuhof“ gefunden. Zu vermuten ist, dass es



Abbildung 6: Zypressen-Flachbärlapp (*Diphasiastrum tristachyum*) auf einer Skipiste; Neu-Astenberg (Astengebirge, Sauerland/NRW), Skigelände Postwiese; Foto R. Wittig 1995.

Figure 6: Ground cedar (*Diphasiastrum tristachyum*) on a ski slope; Neu-Astenberg (Astengebirge, Sauerland/North Rhine-Westphalia), ski area Postwiese; photo R. Wittig 1995.

sich hierbei um den Bereich des zwischen den beiden Orten im Rf 5815/143 gelegenen NSG Neuhofer Heide handelt. Allerdings wird die Bezeichnung „Platte“ in der Literatur teilweise für einen erheblich größeren Bereich verwendet, der z. B. das Wirtshaus Platte einschließt (Rf 5815/323), weshalb in Tabelle 1 nicht das Rf, sondern nur die Nummer der Topographischen Karte genannt ist.

*Diphasiastrum tristachyum* gilt als Charakterart des Genisto pilosae-Callunetum, einer im Taunus heute nur noch in fragmentarischer Form existierenden Heide-Gesellschaft. Als niedrigwüchsige Volllichtpflanze ist sie auf konkurrenzarme, weil stark saure, extrem nährstoff- und basenarme sowie nur lückig bewachsene Standorte angewiesen, wie sie im Taunus nicht mehr existieren.

### 3.9 *Diphasiastrum zeileri* RL 2/1/0

Nach LUDWIG (1962, S.21) wurde Zeilers Flachbärlapp im Taunus letztmalig 1952 von Korneck „zwischen Platte und Neuho“ gefunden. STREITZ (2005) vermutet,

dass es sich, wie bei der o. g. Schwesterart, um das NSG Fürstenwiese handelt (Rf 5815/321). Da der direkte Weg vom Wirtshaus Platte nach Neuhoof entlang dieses NSG verläuft, haben EHMKE & WITTIG (2022) diese Rf-Angabe übernommen (allerdings mit Fragezeichen). In Tabelle 1 wird nun aber sicherheitshalber nur die TK-Nummer aufgeführt.

*Diphasiastrum zeileri* wird von ELLENBERG (2001) als Art der alpinen Nadelwälder und Zwergstrauchfluren bezeichnet. Da diese in Hessen nicht existieren, die Standortansprüche der Art aber bezüglich Bodenreaktion mit denen von *D. tristachyum* identisch sind und bei den übrigen Standortfaktoren nur um eine Stufe abweichen, können für die Art der gleiche Lebensraum-Schwerpunkt und dementsprechend die gleiche Ursache des Erlöschens angenommen werden wie für *D. tristachyum*.

### 3.10 *Drosera rotundifolia* RL 3/2/0

Der Rundblättrige Sonnentau wurde laut GROSSMANN (1976) noch 1955 zwischen Platte und Wehen (TK 5815) gefunden (zum Problem einer genaueren Ortsangabe siehe die Ausführungen bei den *Diphasiastrum*-Arten).

*Drosera rotundifolia* wird allgemein als schwache Charakterart der Hochmoorvegetation angesehen, die auch in sauren, nährstoffarmen Niedermooren nicht selten vorkommt, wobei es sich überwiegend um im Komplex eines Hochmoors gelegene Niedermoore, Pionier- oder Degenerationsstadien von Hochmooren oder um Zwischenmoore handelt. Da all diese Moortypen im Taunus und der gesamten Region NW nicht existieren (siehe FLINTROP 1990; NAWRATH 2005), ist es nicht verwunderlich, dass für diesen Bereich Hessens nur ein einziger (ehemaliger) Fundort von *Drosera rotundifolia* bekannt war.

### 3.11 *Gentianella campestris* RL 3/1/1

Der Feld-Enzian (Abb. 7) wurde laut GROSSMANN (1976) für das UG letztmals 1909 gemeldet, wobei der inzwischen zum NSG erklärte Rabengrund (581/34) und das benachbarte Kesselbachtal (5816/33) als Fundorte genannt werden. STREITZ (2005), in dessen Untersuchungsgebiet beide Fundorte liegen, erwähnt die Art nicht.

Die Zeigerwerte weisen *Gentianella campestris* als atlantische Art frischer, saurer bis mäßig saurer, stickstoffarmer Standorte aus. OBERDORFER (2001) wertet sie als Charakterart der Borstgrasrasen. Da Borstgrasrasen in mehreren NSG vorhanden sind, kann das von jeher weitgehende Fehlen und schließliche Erlöschen der Art im Taunus nur damit erklärt werden, dass die von vornherein klimatisch benachteiligte Art auf konkurrenzarme (= lückige und niedrigwüchsige) Rasen angewiesen war. Derartige Rasen aber sind angesichts der hohen Stickstoffimmis-sionen nur mittels extensiver Schafbeweidung zu erhalten.



Abbildung 7: Feldenzian (*Gentianella campestris*) in einem Magerrasen bei Rösenbeck (östliches Sauerland/NRW); Foto R. Götte 2005 in GÖTTE (2022).

Figure 7: Field gentian (*Gentianella campestris*) in a rough grassland near Rösenbeck (eastern Sauerland/North Rhine-Westphalia); photo R. Götte 2005 in GÖTTE (2022).

### 3.12 *Gentianopsis ciliata* RL V/V/1

Anders als von der vorgenannten Art liegen vom Fransen-Enzian (Abb. 8) mehrere historische Meldungen aus dem Taunus vor. Die jüngste erfolgte durch KORNECK (1960, Aufnahme Nr. 10) und stammt vom nördlich Diedenbergen gelegenen Galgenberg (Fundjahr 1956). Der Name Galgenberg steht in der TK 25 5916 unmittelbar nördlich des Ortes, wo 1956 bereits Ackernutzung vorherrschte. Die Höhenlage steigt von Diedenbergen bis zum Bereich des Rf 5916/122 kontinuierlich an, so dass auch dieses zum Galgenberg gehört, weshalb EHMKE & WIT-

TIG (2022) dieses ortsf fernere Rf für den wahrscheinlichen Fundbereich halten. In Tabelle 1 wird aber sicherheitshalber lediglich der Quadrant genannt (5916/1).



Abbildung 8: Fransen-Enzian (*Gentianopsis ciliata*) an einem Schotterweg bei Wülfte (östliches Sauerland/NRW); Foto R. Götte 2002 in GÖTTE (2022).

Figure 8: Fringed gentian (*Gentianopsis ciliata*) on a gravel path near Wülfte (eastern Sauerland/North Rhine-Westphalia); photo R. Götte 2002 in GÖTTE (2022).

Die Ansprüche der Art an den Basengehalt des Bodens sind erheblich höher als die der vorgenannten, der Stickstoffbedarf ist aber gleich niedrig, der Feuchtebedarf deutlich niedriger. OBERDORFER (2001) bezeichnet sie als Charakterart der durch Nutzungsaufgabe oder Aufforstung sowie Stickstoffimmissionen gefährdeten Halbtrockenrasen.

### 3.13 *Helosciadium repens* RL 2/0/0

Der/die inzwischen in ganz Hessen erloschene Kriechende Sellerie (Abb. 9) wird nach HODVINA (2012) in der Literatur für die Region NW als letztmalig im Taunus bei Dornholzhausen (5717/3) vorkommend genannt. Es ist nicht auszuschließen, dass es sich hierbei lediglich um die Wiederholung der Nennung eines älteren Fundes handelt.

Die Zeigerwerte der Art liegen in allen den Boden betreffenden Fällen (F, R und N) bei 7: Feuchtezeiger, Schwachsäure- bis Schwachbasenzeiger, Stickstoffzeiger. Bezüglich des F-Wertes kommt hinzu, dass *Helosciadium repens* außerdem temporäre Überschwemmung anzeigt. OBERDORFER (2001) bezeichnet sie daher als Charakterart der Flutrasen. Kleinflächig sind passende Standorte in der Umgebung von Dornholzhausen auch heute noch vorhanden. Eine Erklärung des Erlöschens wäre daher nur möglich, wenn der genaue Wuchsort bekannt wäre.





Abbildung 9: Kriechende/r Sellerie (*Helosciadium repens*) im Botanischen Garten Frankfurt; Foto E. Brude.

Figure 9: Creeping marshwort (*Helosciadium repens*) in the Botanical Garden Frankfurt; photo E. Brude.

### 3.14 *Juncus capitatus* RL 2/0/0

Die Kopf-Binse ist laut STARKE-OTTICH et al. (2019) in ganz Hessen erloschen. Da HODVINA (2012, 2013) zu dieser Art keine Angaben macht, ist davon auszugehen, dass es sich bei dem von GROSSMANN (1976) genannten, in einem abgelassenen Fischteich (5815/43) im Goldsteintal von H. Kalheber getätigten Fund um den letzten handelt.

Auch *Juncus capitatus* ist ein Überschwemmungszeiger, hat aber aufgrund seiner Kleinwüchsigkeit (Höhe 3 bis 10 cm) in den meist relativ dicht geschlossenen Flutrasen keine Überlebenschance, sondern benötigt lückige Standorte. Diese

werden oft von Zwergbinsengesellschaften besiedelt, als deren Charakterart die Kopf-Binse gilt. Die bei weitem häufigste Art der Zwergbinsengesellschaft ist die für mehr als 60 % aller untersuchten Rf gemeldete Kröten-Binse (*Juncus bufonius*). Diese wurde aber nicht zuletzt deshalb so häufig gefunden, weil bekannt war, dass sie im Prinzip vorhanden sein müsse, eventuell aber von höherwüchsigen Arten verdeckt sein könne, und daher, falls sie nicht an offenen Stellen gefunden wurde, auch derartige eigentlich unpassende Stellen abgesucht wurden. War die Art gefunden, wurden keine weiteren dichtbewachsenen, eventuell ehemals offenen Feuchtstellen durchkämmt. Natürlich war eine solche gezielte Suche nach niedrigwüchsigen Arten nicht flächendeckend möglich.

### 3.15 *Legousia speculum-veneris* RL 2/1/0

Der nicht nur im Taunus, sondern in der gesamten Region NW erloschene Gewöhnliche Frauenspiegel (Abb. 10) ist ein Kalkzeiger und daher eigentlich nur am Taunusrand zu erwarten. Das von GROSSMANN (1976) genannte, den letzten Fund im Taunus repräsentierende, im Jahr 1966 etwa 3 km vom Südrand des



Abbildung 10: Gewöhnlicher Frauenspiegel (*Legousia speculum-veneris*); Biosphärenreservat Rhön, FFH-Gebiet Dreienberg bei Friedewald/Hessen; Foto A. Jagel 2007.

Figure 10: Large Venus's looking glass (*Legousia speculum-veneris*); Rhön biosphere reserve, Dreienberg nature reserve near Friedewald/Hesse; photo A. Jagel 2007.

Taunus notierte Vorkommen in einer Wochenendsiedlung bei Stephanshausen (5913/41) entspricht diesen Erwartungen. STREITZ (2005) vermutet, dass es sich um einen Gartenflüchtling handeln könne. Angesichts des Vorkommens in einer Wochenendsiedlung ist dies nicht von der Hand zu weisen. Allerdings können die Samen der Art mindestens 20 Jahre lang im Boden überdauern (OBERDORFER 2001) und 1946 wurde dort wahrscheinlich noch geackert.

*Legousia speculum-veneris* ist eine leicht wärmeliebende Charakterart der Kalkäcker, kann aber, wie alle Ackerwildkräuter, auch ruderal vorkommen, wobei solche Vorkommen nicht selten unbeständig sind.

### 3.16 *Lolium temulentum* RL 0/0/0

Laut HODVINA (2012) wurde der Taumel-Lolch 1969 von Conert zwischen Steinfischbach und Esch (5715/244) gefunden. Ein Herbarbeleg befindet sich im Herbar des Frankfurter Senckenbergmuseums. Dies stellt nicht nur den letzten Nachweis der Art für den Taunus, sondern auch für Deutschland dar.

*Lolium temulentum* ist ein aus dem Mittelmeerraum mit dem Getreideanbau eingewandertes, in Hessen nach HODVINA (2012) aber nur zerstreut aufgetretenes Wildgras der Getreidefelder. Die Samen können von einem Pilz befallen werden, was nach Verzehr des Getreides Vergiftungserscheinungen hervorruft (OBERDORFER 2001), u. a. Gleichgewichtsverlust (Taumeln). Saatgutreinigung und dichter Wuchs des Getreides kommen als Ursache des Erlöschens in Betracht.

### 3.17 *Lotus tenuis* RL V/V/0

Das Vorkommen des Zarten Hornklees in einem trockengefallenen Tümpel an der Salzquelle bei der Rausch (5914/233) wurde noch 1996 von W. Ehmke bestätigt. Nachsuchen in späteren Jahren blieben jedoch erfolglos.

Die Art ist meist auf gut durchfeuchteten, temporär überfluteten Böden (F 7~) mit einem Chloridgehalt von 0,5 bis 0,7 % anzutreffen. Dem entspricht, dass sie im Küstenbereich ihren Schwerpunkt in Salzwiesen hat, im Binnenland dagegen, wenn überhaupt, in eher flutrasenartigen Gesellschaften schwach bis mäßig salzhaltiger Standorte vorkommt. Warum die Art heute in der gesamten Region NW erloschen ist, kann nicht plausibel erklärt werden. Bemerkenswert ist, dass auch alle anderen von der o. g. Salzquelle bekannten Arten mit Salzzeigerwert S 3 oder S4 erloschen sind (siehe auch 4.2.1).

### 3.18 *Luronium natans* RL /0/0

Das in ganz Hessen erloschene Schwimmende Froschkraut, eine wurzelnde Wasserpflanze mit Schwimmblättern, wurde laut HODVINA (2013) noch 1962 am Meerpfuhl bei Merzhausen gefunden (5616/432).

*Luronium natans* ist charakteristisch für mesotrophe, saure Gewässer. Offensichtlich treffen diese Eigenschaften für den Meerpfuhl nicht mehr zu.

### 3.19 *Lycopodiella inundata* RL 3/1/0

Anders als von WITTIG et al. (2022) angenommen, war der Gewöhnliche Moorbärlapp (Abb. 11) früher auch im Taunus vorhanden und wurde nach LUDWIG (1962) dort letztmalig 1906 bei Oberems gefunden. OBERDORFER (2001) bezeichnet ihn als Charakterart der Hochmoorschlenken und extrem nährstoffarmen Niedermoores. Beides existiert bei Oberems heute nicht mehr.

Für die atlantische, nässeliebende, nur auf sauren, extrem stickstoffarmen Standorten wachsende Art stellte der genannte Bereich in der Region offensichtlich den letzten passenden Standort dar. Mit dessen Vernichtung war das Erlöschen der Art unausweichlich.



Abbildung 11: Gewöhnlicher Moorbärlapp (*Lycopodiella inundata*) im NSG Harskamp (Westfälische Bucht/NRW); Foto R. Borchert 2020.

Figure 11: Inundated clubmoss (*Lycopodiella inundata*) in the Harskamp nature reserve (Westphalian Basin/North Rhine-Westphalia); photo R. Borchert 2020.

### 3.20 *Peucedanum oreoselinum* RL V/2/2

Der Berg-Haarstrang wurde im UG letztmalig 1960 auf der Bubenhäuser Höhe bei Rauenthal (5914/234) angetroffen (GROSSMANN 1976).

Die Halblichtpflanze *Peucedanum oreoselinum* ist bevorzugt in wärmeliebenden Waldsäumen kalk- und stickstoffarmer Standorte anzutreffen. Ihr Arealschwerpunkt liegt im gemäßigt kontinentalen bis submediterranen Bereich. Stickstoffarmut ist jedoch heute insbesondere in Säumen nicht mehr gegeben.

### 3.21 *Potamogeton polygonifolius* RL 3/1/0

Noch 1967 wurde das inzwischen in der gesamten Region NW erloschene Knöte-  
richblättrige Laichkraut in einem abgelassenen Fischteich bei Cratzenbach (Rf  
5616/341) gefunden (KALHEBER 1969).

*Potamogeton polygonifolius* ist unter den hier behandelten Arten die einzige  
echte Wasserpflanze, kann allerdings das Trockenfallen ihres Gewässers so lange  
ertragen, wie der Boden feucht bleibt (F 10). Falls nicht dem Ablassen des Teiches  
oder einer späteren Ausräumung geschuldet, dürfte die allgemeine Gewässereu-  
trophierung das Erlöschen der Art verursacht haben.

### 3.22 *Potentilla inclinata* [*Potentilla canescens*] RL 3/D/D

Nach GROSSMANN (1976) wurde das Graue Fingerkraut (Abb. 12) im UG letzt-  
malig in den 1960er-Jahren in einem Straßengraben nahe der Mündung des Gro-  
lochtals in das Wispertal gesehen (5913/133). Obwohl die Art laut OBERDORFER  
(2001) auch ruderal vorkommen kann, entspricht ein Straßengraben den nach-  
folgend genannten Ansprüchen der Art nicht. Die Meldung ist daher in Frage zu  
stellen.



Abbildung 12: Graues Fingerkraut (*Potentilla inclinata*) im Botanischen Garten Frankfurt; Foto  
E. Brude.

Figure 12: Ashy cinquefoil (*Potentilla inclinata*) in the Botanical Garden Frankfurt; photo E. Brude.

Die Volllichtpflanze *Potentilla inclinata* (L 9) ist charakteristisch für trockene, sommerwarme, mäßig saure, sandige oder steinige Böden und gilt als Charakterart der Sand- und Felsrasen. Laut ELLENBERG (2001) meidet die Art stickstoffreiche Böden stark (N 1), nach OBERDORFER (2001) ist sie dagegen meist auf mäßig stickstoffreichen Böden anzutreffen. Offenbar besteht nicht nur in Hessen Datenmangel. Falls der N-Zeigerwert zutrifft, dürfte die flächendeckende Eutrophierung der Landschaft die Ursache des Erlöschens sein.

### 3.23 *Prunella laciniata* RL 3/1/1

Die Weiße Brunelle (Abb. 13) wurde im UG letztmalig 1965 angetroffen, also im gleichen Zeitraum wie die vorgenannte, zudem im gleichen Quadranten, nämlich im Rf 5913/1 bei „Presberg, unterhalb der Rheingauer Alp“ (GROSSMANN 1976, S. 235).



Abbildung 13: Weiße Braunelle (*Prunella laciniata*) im Botanischen Garten Frankfurt; Foto E. Brude.

Figure 13: Cut leaf self heal (*Prunella laciniata*) in the Frankfurt Botanical Garden; photo E. Brude.

Die wärmeliebende, stickstoffmeidende, Trockenheit anzeigende Volllichtpflanze ist unter den hier behandelten Arten der einzige Basen- und Kalkzeiger (R 9). Die Standortansprüche der Art waren im UG also schon immer nicht optimal, sondern am Rand des Pessimums und wurden eutrophierungsbedingt weiter verschlechtert.

### 3.24 *Radiola linoides* RL 2/1/0

Der in der gesamten Region NW erloschene, bevorzugt in Regionen mit atlantischem Klima wachsende Zwergflachs wird nach GROSSMANN (1976) für das UG letztmals von REICHENAU (1900) als bei der Wiesbadener Fasanerie (5815/33) vorkommend erwähnt.

Die Zeigerwerte weisen *Radiola linoides* als leicht wärmeliebende, stickstoffmeidende, Säure, Feuchte und temporäre Überschwemmung anzeigende Lichtpflanze aus. OBERDORFER (2001) spricht nicht einfach von Böden, sondern von (im UG nicht existent!) Sandböden. Für die Art treffen fast alle bisher genannten Ursachen des Erlöschens zu. Ihren pflanzensoziologischen Schwerpunkt hat die Art in Zwergbinsengesellschaften.

### 3.25 *Samolus valerandi* RL 2/2/0

Wie aufgrund des deutschen Namens Salzbunge (Abb. 14) zu erwarten, wurde der in der gesamten Region NW erloschene *Samolus valerandi* für das UG nur von



Abbildung 14: Salzbunge (*Samolus valerandi*) am trocken gefallenem Rand eines Weihers im Wolbecker Tiergarten bei Münster (Westfälische Bucht/NRW); Foto R. Wittig 2022.

Figure 14: Thin-leaf brookweed (*Samolus valerandi*) at the dry edge of a pond in the Wolbecker Tiergarten near Münster (Westphalian Basin/North Rhine-Westphalia); photo R. Wittig 2022.

einem Salzstandort, nämlich der Salzquelle bei Rauenthal, gemeldet (5914/233), letztmalig 1954 (KORNECK 1984).

Nach OBERDORFER (2001) kommt die Salzbunge im Küstenbereich in lückigen Brackwasser-Röhrichten und Salzwiesen vor. Im Binnenland tritt sie, wie auch für andere zwergwüchsige, temporäre Überschwemmung anzeigende Arten typisch, v. a. in Zwergbinsengesellschaften auf.

### 3.26 *Sedum villosum* RL 1/1/0

Die Sumpf-Fetthenne (Abb. 15) kam nach PFEIFFER (1921) in moorigen Wiesen bei Wehen vor (5815/1 oder /2). Laut GROSSMANN (1976) existiert ein von diesem Ort stammender, von Vigener allerdings im Jahr 1880 gesammelter Beleg. Vor 1990 war die Art im Taunus an mehreren Stellen vorhanden (siehe BARTH et al. 1996, 2014).



Abbildung 15: Sumpf-Fetthenne (*Sedum villosum*) im Botanischen Garten Frankfurt; Foto E. Brude.

Figure 15: Hairy stonecrop (*Sedum villosum*) in the Frankfurt Botanical Garden; photo E. Brude.

Das schwerpunktmäßig atlantisch verbreitete *Sedum villosum* ist ein stark stickstoffmeidender Nässezeiger und wird von OBERDORFER (2001) als Quellflurart mit Nebenoptimum in Niedermoorgesellschaften angesehen. Als niedrigwüchsige Starklichtpflanze kann die Art nur in niedriger, lückiger Vegetation bestehen. Für ihren Rückgang und regionales Erlöschen dürften die Trockenlegung mooriger Wiesen, das Versiegen von Quellen und der Rückgang der extensiven Beweidung verantwortlich sein.



### 3.27 *Spiranthes spiralis* RL 2/1/1

Die Herbst-Wendelorchis (Abb. 16) kam laut EHMKE et al. (2022) bis etwa 1990 an mehreren Stellen im UG vor, insbesondere auf von Schafen beweideten Flächen. Ein in der Literatur häufig genannter Ort ist das heutige NSG Rabengrund (5815/341). Aus diesem Gebiet stammt auch die letzte schriftliche Meldung der Art (HILGENDORF et al. 1991). Nach mündlicher Auskunft von B. Hilgendorf wurde sie seit 2002 nicht mehr gefunden.

Die licht- und leicht wärmeliebende *Spiranthes spiralis* gilt als bezeichnende Art von Halbtrockenrasen, insbesondere deren basenärmerer Typen. EHMKE et al. (2022) führen die im gesamten Bundesland starke Gefährdung und das Erlöschen im UG außer auf Düngung, Aufforstung oder Verbuschung insbesondere auf den Rückgang der Wanderschäferei zurück.



Abbildung 16: Herbst-Wendelorchis (*Spiranthes spiralis*), Ortenberg-Bergheim, Wetterau/Hessen; Foto: W. Ehmke 2004.

Figure 16: Autumn lady's-tresses (*Spiranthes spiralis*), Ortenberg-Bergheim, Wetterau/Hesse; photo: W. Ehmke 2004.

### 3.28 *Stachys germanica* RL 3/V/3

Der letzte Fund des Deutschen Ziests (Abb. 17) erfolgte nach GROSSMANN (1976) im Jahr 1966 an der vom Sauerthal zum Weiselberg führenden Straße (5912/24), wobei der Fundort eventuell knapp außerhalb des Taunus liegen könnte.

Als überwiegend an Weg- und Straßenrändern auftretende, lichtliebende, trockene Standorte bevorzugende Art handelt es sich in erster Linie um eine Art der im Taunus nur fragmentarisch ausgebildeten wärmeliebenden ruderalen Saumgesellschaften (Onopordion), die nach OBERDORFER (2001) außerdem in Halbtrockenrasen vorkommen kann.



Abbildung 17: Deutscher Ziest (*Stachys germanica*) im Botanischen Garten Frankfurt; Foto E. Brude.

Figure 17: German hedgenettle (*Stachys germanica*) in the Botanical Garden Frankfurt; photo E. Brude.

### 3.29 *Thesium linophyllum* RL 3/1/0

Das in der Region NW als ausgestorben geltende Mittlere Leinblatt wurde im Taunus noch 1996 von S. Nawrath im Rambachtal am Kellerkopfstollen (5815/414) gefunden.

Für das Sommerwärme liebende, trockene, basenreiche, aber mäßig saure Böden besiedelnde *Thesium linophyllum* nennt OBERDORFER (2001) Trocken- und Steppenrasen sowie Felsband-Gesellschaften als typischen Standort. NAWRATH (2005, Anhang: Veg.-Tab. 22) legt zum o. g. Fund eine Vegetationsaufnahme vor und ordnet diese bei einer zu den Halbtrockenrasen überleitenden Ausbildung der Glatthaferwiesen ein, die auf mageren, sehr basen- bis kalkreichen Standorten wächst und von ihm als stark gefährdet angesehen wird.

### 3.30 *Trifolium fragiferum* RL V/3/-

Die letzte Meldung eines beständigen Vorkommens des Erdbeer-Klees (Abb. 18) im UG erfolgte 1964. Als Fundort wird die bereits mehrfach für Salzpflanzen erwähnte Salzquelle an der Rausch bei Rauenthal (5914/233) genannt. Das dortige



Abbildung 18: Erdbeer-Klee (*Trifolium fragiferum*) im Botanischen Garten Frankfurt; Foto E. Brude.

Figure 18: Strawberry trefoil (*Trifolium fragiferum*) in the Botanical Garden Frankfurt; photo E. Brude.

Vorkommen wird bereits von FABER (1930) erwähnt. Die RL-Angabe von STARKE-OTTICH et al. (2019) muss also von „nicht vorkommend“ in „erloschen“ geändert werde. Zwar existieren zwei jüngere Fundmeldungen (s. WITTIG et al. 2022, beide mit Herbarbelegen), die aber wegen des ruderalen Charakters der Standorte (Straßenrand) als unbeständig angesehen wurden. 2021 bzw. 2022 konnten beide Vorkommen nicht mehr gefunden werden.

*Trifolium fragiferum* wird im Küstenbereich als Salzwiesenart angesehen (POLTE 2004). Für das Binnenland sieht OBERDORFER (2001) die Art dagegen als Bestandteil lückiger Flutrasen an, wie sie u. a. an salzbestreuten Straßen auftreten können. Es sollte daher in Zukunft darauf geachtet werden, ob sich an Straßenrändern auch beständige Vorkommen der Art bilden.

### 3.31 *Triglochin palustris* RL 3/2/2

Auch der Sumpf-Dreizack wurde im UG letztmalig bei Rauenthal gesichtet, allerdings lautet die Angabe für den Fund aus dem Jahre 1964 in GROSSMANN (1976) nicht „an der Salzquelle“, sondern „bei der Salzquelle“, weshalb das Rf nicht so präzise angegeben werden kann wie bei *Trifolium fragiferum*, *Samolus valerandi* und *Lotus tenuis*.

Der durchschnittliche Salzgehalt der Böden liegt bei *Triglochin palustris* zeigerwertmäßig um eine Stufe niedriger als bei den drei vorstehend (siehe 3.17, 3.25, 3.30) für die Salzquelle genannten Arten. OBERDORFER (2001) sieht sie als Charakterart der Klasse der Niedermoore an mit einem Nebenoptimum in Flutrasen.

## 4 Diskussion und Fazit

Im Rahmen dieses Abschnitts wird zunächst auf die in Form der Zeigerwerte dargestellten Standortansprüche eingegangen (4.1), dann auf die Bindung der Arten an bestimmte Biotop- oder Vegetationstypen (4.2).

### 4.1 Standortansprüche und Zeigerwerte

Unter den seit 1900 im Untersuchungsgebiet und wahrscheinlich auch im ganzen Taunus erloschenen Arten sind weder Schatten- noch Halblichtpflanzen zu finden. Diese Tatsache ist nicht verwunderlich, denn die in Form von Wäldern und Forsten großflächig vorhandenen schattigen Wuchsorte wurden seit Beginn des vergangenen Jahrhunderts nicht verkleinert. Entsprechendes gilt allerdings auch für lichtreiche Standorte. Wenn dennoch alle erloschenen Arten Voll- bis Starklichtzeiger sind, kann dies nur einen Grund haben: Die übrigen Standortverhältnisse wurden im Offenland stärker verändert als in Wäldern und Forsten.

Kältegebiete oder solche mit sehr rauem Klima existieren nach ELLENBERG & ELLENBERG (1990) im Taunus nur punktuell in der Feldbergregion (siehe den

Kartenauszug in WITTIG & NAWRATH 2020). Sie sind umgeben von kleinen, sich auf die hohen Lagen beschränkenden Gebiete mit rauem Klima. Ein großer Teil des Taunus und auch weite Bereiche des Hohen Taunus sind regional weder als kalt noch als rau zu bezeichnen. Allerdings existieren punktuell in Form von Schluchten, Quellregionen und steilen Nordhängen auch außerhalb der Hochlagen sehr kühle Standorte, die aber ein so geringes Ausmaß besitzen, dass sie in einer Übersichtskarte nicht dargestellt werden können. Dementsprechend waren im Taunus naturgemäß nur wenige Kältezeiger (T3, im weiteren Sinne auch T4) zerstreut vorhanden. Dass zwei T4-Arten erloschen sind (*Drosera rotundifolia*, *Lycopodiella inundata*), hat zumindest in erster Linie keine regionalklimatischen Ursachen, sondern beruht in konkreten Fällen auf Vernichtung des Standortes.

Das Klima des Taunus gilt, abgesehen von den oben erwähnten höchsten Lagen, als subatlantisch bis subkontinental. Sowohl euatlantische als auch kontinentale Arten existieren bzw. existierten dort somit am Rand des von ihnen tolerierten Klimabereichs. Entsprechend groß war (und ist zukünftig) die Chance, bei zusätzlichen Verschlechterungen anderer Faktoren zu erlöschen.

Für Arten mit hohen Ansprüchen an die Bodenfeuchtigkeit sowie alle Säure- und Magerkeitszeiger haben sich die Standortbedingungen deutschlandweit verschlechtert. Treffen mehrere dieser Eigenschaften auf eine Art zu oder ist die Region für eine Art klimatisch suboptimal und es hat sich zusätzlich einer der drei Bodenfaktoren in Richtung auf das Pessimum der Art verändert, wird ihr Erlöschen gut erklärbar. Für Arten mit ähnlichen ökologischen Ansprüchen ist mit Erlöschen zu rechnen (siehe hierzu WITTIG 2022).

## 4.2 Biotopbindung

### 4.2.1 Natürliche Salzstandorte

Da alle in Tabelle 1 aufgelistete Pflanzen mit nennenswerten Salzzeigerwerten (S3 und S4) am gleichen Ort wuchsen (Salzquelle bei der Rausch) und die Quelle zumindest 2020 noch nicht versiegt war, können nur im Nachhinein nicht nachweisbare bzw. nicht quantifizierbare Standortveränderungen die Ursache für das Erlöschen der Arte sein: Zwischenzeitliche Ausräumung des unterhalb der Quelle liegenden Tümpels, Anlage oder Ausbau von Fisch- bzw. Angelteichen, Nutzung des von der Quelle gespeisten Baches zur Füllung dieser Teiche, mit der Existenz der Teiche verbundene Eingriffe in die Landschaft.

### 4.2.2 Moore und Gewässer

Große nährstoffarme Moore, aber auch größere Gewässer sind im Taunus von Natur aus rar. Kleinflächige Moore wurden entwässert, kleine Gewässer wurden beseitigt oder eutrophiert bzw. als von vornherein eutrophe Gewässer angelegt

(Fischteiche). Fischteiche sind außerdem überaus unsichere Standorte, da sie von Zeit zu Zeit abgelassen und ausgeräumt werden. Mehrere Quellen spenden aufgrund im Umfeld erfolgreicher Wasserentnahme nur noch temporär Wasser oder sind völlig versiegt. Das Erlöschen der einzigen Hochmoorart (*Drosera rotundifolia*) und der beiden an extrem nährstoffarme Niedermoore gebundenen *Lycopodiella inundata* und *Triglochin paustris* war somit zu erwarten. Überraschend ist dagegen, dass außerdem nur je eine Art der oligotrophen Gewässer, der Quellfluren und der Niedermoore erloschen ist (*Potamogeton polygonifolius*, *Sedum villosum*). Auf jeden Fall muss für die nahe Zukunft mit dem Erlöschen momentan noch vorhandener Quellflur- und Niedermoorarten gerechnet werden.

### 4.2.3 Oft gestörte Plätze

Mit insgesamt 11 Arten ist die Zahl der an oft gestörten Plätzen wachsenden erloschenen Arten sehr hoch. Da unter dieser Bezeichnung mehrere sehr unterschiedliche Vegetationstypen zusammengefasst werden, ist hier keine gemeinsame Beurteilung oder Schlussfolgerung möglich, außer dass Störungen nicht für alle Arten schädlich, sondern für stark lichtbedürftige niedrigwüchsige sogar lebenswichtig sind, da sie die Beschattung durch hochwüchsige Arten verhindern. Fünf der 12 Arten zeigen temporäre Überschwemmung oder Vernässung der Standorte an, so dass ihr Erlöschen auf die bereits mehrfache Entwässerung vieler Standorte zurückzuführen sein könnte. Für diese Arten waren temporäre Überflutung oder Vernässung keine Störungen, sondern schafften die erforderlichen stark belichteten, konkurrenzarmen Standorte. Für alle Ackerwildkräuter (4 Arten) hilfreiche Störungen wurden durch die frühere konventionelle Bewirtschaftung der Felder verursacht. Neben dem veränderten Bewirtschaftungsmodus haben Saatgutreinigung und Herbizideinsatz sowie die Aufgabe von Grenzertragsäckern zum Erlöschen von Ackerwildkräutern beigetragen.

### 4.2.4 Wärmeliebende Säume

Saumgesellschaften (*Geranion sanguinei*) waren im 19. Jahrhundert zwar weiterverbreitet als heute, aber dennoch nicht häufig. Flachgründige Trockenhänge wurden damals extensiv mit Schafen beweidet. Hierbei konnten sich in der Regel dennoch stellenweise kleine Gebüsche mit entsprechenden Säumen entwickeln, jedoch kein Wald. Mit Aufgabe der Schafbeweidung verbuschten die Hänge völlig und entwickelten sich allmählich zu lückigen Wäldern oder wurden aufgeforstet. Wohl aufgrund noch nicht existenter Stickstoffimmissionen und Waldkalkungen waren Wälder auf trockenen Standorten zunächst lückiger als heute. Aktuell als charakteristisch für wärmeliebende Wald- und Gebüschsäume eingestufte Arten waren daher auch in entsprechenden Wäldern zu finden. Angesichts der aus all diesen Veränderungen resultierenden Verringerung passender Standorte ist es

nicht verwunderlich, dass im Taunus zwei für wärmeliebende Säume bezeichnende Arten erloschen sind. Zu befürchten ist, dass weitere folgen.

#### 4.2.5 Anthropozoogene Heiden und Rasen

Die größte Gruppe der erloschenen Arten stellen die anthropozoogenen Heiden und Rasen, wobei mit Nass- und Feuchtwiesen, Heiden, Borstgrasrasen, Trockenrasen und mageren Wirtschaftswiesen alle im Taunus existenten in dieser Biotopgruppe zusammengefassten Vegetationsklassen vertreten sind. Für alle sind Eutrophierung bzw. Nutzungsaufgabe gefolgt von Verbuschung oder Aufforstung als Ursache des Erlöschens der genannten Arten in Betracht zu ziehen. Bei den Arten der Nass- und Feuchtwiesen kommt Entwässerung als weitere Ursache hinzu.

## 5 Dank

Für die Überlassung von Fotos danke ich Frau Dr. Elke Brude sowie den Herren Reiner Borchert, Dr. Wolfgang Ehmke, Richard Götte und Dr. Armin Jagel. Dem Schriftleiter des Nassauischen Vereins für Naturkunde, Herrn Prof. Dr. Benedikt Toussaint, gebührt Dank für die mühevoll, sorgfältige Übertragung der in EXCEL erstellten Tabelle in das Satzspiegelformat.

## 6 Literatur

- BARTH U., FRISCH A., GREGOR T. & SCHÄFER E. (1996): Zum Vorkommen der Drüsigen Fetthenne (*Sedum villosum* L.) in Hessen und der bayerischen Rhön. – Ber. Bayer. Bot. Ges. Erforsch. Heim. Flora, **66/67**: 55-68; München.
- BARTH, U.M., GREGOR, T. & HODVINA S. (2014): Die Sumpf-Fetthenne (*Sedum villosum*) in Hessen – Aktuelle Vorkommen und Nachträge. – Botanik Naturschutz Hessen, **27**: 55-65; Frankfurt a. M.
- BARTH U., BÖNSEL, D. & SCHMIDT P. (2014): Von Venuskamm, Finkensame und Hasenohr. Vom Aussterben bedrohter Ackerarten in Hessen. – FENA Skripte, **4**: 114 S.; Gießen.
- BÖNSEL D., SCHMIDT P., HODVINA S., BARTH U.M., HEPING, C., PETERS, A. & JESKE, L. (2021): Hohlzahn, Klappertopf, Ferkelkraut & Co. – Hessische Verantwortungsarten Teil 3. – Naturschutzskripte, **4**: 320 S.; Wiesbaden.
- BURCK O. (1941): Die Flora des Frankfurt-Mainzer Beckens. II. Phanerogamen <Blütenpflanzen>. – Abhandl. Senckenberg. Naturforschenden Ges., **453**: 247 S.; Frankfurt a. M.
- EHMKE, W. & WITTIG, R. (2022): Erloschene Arten. – In: WITTIG R., EHMKE W., KÖNIG A. & UEBELER, M. (Hrsg.): Taunusflora – Ergebnisse einer Kartierung im Vortaunus, Hohen Taunus und kammnahen Hintertaunus. – 499-500; Frankfurt a. M. (Botanik und Naturschutz in Hessen e. V.).
- EHMKE, W., HAAS, J. & HILD, M. (2022): Spiranthes. – In: WITTIG, R., EHMKE, W., KÖNIG, A. & UEBELER, M. (Hrsg.): Taunusflora – Ergebnisse einer Kartierung im Vortaunus, Hohen

- Taunus und kammnahen Hintertaunus. – 443; Frankfurt a. M. (Botanik und Naturschutz in Hessen e. V.).
- ELLENBERG, H. (2001): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. – Scripta Geobot., 3. Aufl., **18**: 1-166; Göttingen.
- ELLENBERG, H. & ELLENBERG, C. (1974): Wuchsklimagliederung von Hessen 1:200000 auf pflanzenphänologischer Grundlage. – 1 Kte.; Wiesbaden (Hess. Min. Landwirtschaft Umwelt).
- FABER K. (1930): Die Salzstellen und die Salzflora der Provinz Hessen-Nassau und ihrer Nachbargebiete. – Ber. Oberhess. Ges. Natur- Heilk. Gießen, **13**: 49-130, Taf. I-IV, 1 Tab.; Gießen.
- FINCK, P., HEINZE, S., RATHS, U., RIECKEN, U. & SSYMANK, A. (2017): Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Deutschlands. Dritte fortgeschriebene Fassung 2017. – Naturschutz Biol. Vielfalt, **156**: 637 S.; Bonn-Bad Godesberg.
- FLINTROP, T. (1990): Oligo- und mesotraphente Kleinseggen- und Niedermoorgesellschaften. – In: NOWAK, B. (Hrsg.): Beiträge zur Kenntnis hessischer Pflanzengesellschaften. – Bot. Naturschutz Hessen, Beih. **2**: 10-21; Frankfurt a. M.
- GÖTTE, R. (2022): Flora im östlichen Sauerland, 2. aktualisierte und überarbeitete Aufl. – 600 S. Marsberg-Brendelar (Verein für Vogelschutz im Hochsauerlandkreis e.V.).
- GROSSMANN, H. (1976): Flora vom Rheingau. Ein Verzeichnis der Blütenpflanzen und Farne sowie ihrer Fundorte. – 329 S.; Frankfurt a. M. (Waldemar Kramer).
- HILGENDORF, B., JACOBI, B. & FEHLOW, M. (1991): Schutzwürdigkeitsgutachten für das Naturschutzgebiet Rabengrund von Wiesbaden. – Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des Regierungspräsidiums Darmstadt, Hilgendorf-Jakobi Büro für Angewandte Landschaftsökologie. – 65 S., 4 Kten.; Wiesbaden.
- HODVINA, S. (2012): Letzte Nachweise der in Hessen ausgestorbenen oder verschollenen Pflanzenarten. Ergebnisse einer Literatur- und Herbarauswertung. – Botanik Naturschutz Hessen, Beih. **11**: 341 S.; Frankfurt a. M.
- HODVINA, S. (2013): Letzte Nachweise der in Hessen ausgestorbenen oder verschollenen Pflanzenarten – Nachträge und Korrekturen. – Botanik Naturschutz Hessen, **26**: 167-180; Frankfurt a. M.
- KALHEBER, H. (1969): *Potamogeton oblongus* Viv. im Taunus. – Hess. Florist. Briefe, **18**: 50; Darmstadt.
- KORNECK, D. (1960): *Das Mesobrometum collinum agrostietosum tenue* (subass. nov.). – Hess. Florist. Briefe, **9**: 13-16; Darmstadt.
- KORNECK, D. (1984): Floristische Beobachtungen im Rhein-Main-Gebiet, 3. Folge. – Hess. Florist. Briefe, **33**: 34-42; Darmstadt.
- KORNECK, D., SCHNITTLER, M., KLINGENSTEIN, F., LUDWIG, G., TAKLA, M., BOHN, U. & MAY, R. (1998): Warum verarmt unsere Flora? Auswertung der Roten Liste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. – Schriftenr. Vegetationsk., **29**: 299-444; Bonn-Bad Godesberg.
- LUDWIG, W. (1962): Neues Fundorts-Verzeichnis zur Flora von Hessen (= Supplement zu H. Klein †: Flora von Hessen und Mainfranken). Teil 1 (Vorbemerkungen; Pteridophyta). – Jahrb. nass. Ver. Naturkde, **96**: 6-45; Wiesbaden.
- METZING, D., GARVE, E. & MATZKE-HAJEK, G. (2018): Rote Liste und Gesamtartenliste der Farn- und Blütenpflanzen (Tracheophyta). – In: Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze. – Naturschutz Biol. Vielfalt, **70** (7): 358 S.; Bonn-Bad Godesberg.
- NAWRATH, S. (2005): Flora und Vegetation des Grünlands im südöstlichen Taunus und seinem Vorland. – Diss. Goethe-Universität, Frankfurt a. M. – 362 S., Anhang: 117 S., 5 Tab.; Frankfurt a. M.
- OBERDORFER, E. (2001): Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Deutschland und angrenzende Gebiete, 8. Aufl. – 1051 S.; Stuttgart (Ulmer).
- PFEIFFER, E. (1921): Flora von Wiesbaden. Namentliches Verzeichnis der in der Umgegend von Wiesbaden vorkommenden Farnpflanzen und Blütenpflanzen. – Jahrb. nass. Ver. Naturkde., **73**: 2-40; Wiesbaden.



- POLTE, T. (2004): 14. Klasse: Juncetea maritimi Tx. & Oberd. 1958 – Salzwiesen und Brackwasserröhrichte. – In: BERG, C., DENGLER, G., ABDANK, A. & ISERMANN, M. (Hrsg.): Die Pflanzengesellschaften Mecklenburg-Vorpommerns und ihre Gefährdung. – Textband, 225-245; Jena (Weißdorn).
- REICHENAU, W. VON (1900): Mainzer Flora. Beschreibung der wilden und eingebürgerten Blütenpflanzen von Mainz bis Bingen und Oppenheim mit Wiesbaden und dem Rheingau nebst dem Walde von Grosserau. – XXXVI + 532 S.; Mainz (H. Quasthoff).
- STARKE-OTTICH, I., BARTH, U., BLATT, H., BÖNSEL, D., BÖGER, K., CEZANNE, R., FREDE, A., GREGOR, T., GOTTSCHLICH, G., HEMM, K., HODVINA, S., JANSEN, W., KUBOSCH, R., MAHN, D. & UEBELER, M. (2019): Rote Liste der Farn- und Samenpflanzen Hessens, 5. Fassung. – 271 S.; Wiesbaden (HLNUG).
- STREITZ, H. (2005): Die Farn- und Blütenpflanzen von Wiesbaden und dem Rheingau-Taunuskreis. – Abh. Senckenberg. Naturforsch. Ges., **562**: 402 S.; Stuttgart.
- UEBELER, M. & WITTIG, R. (2022): Methoden. – In: WITTIG, R., EHMKE, W., KÖNIG, A. & UEBELER, M. (Hrsg.): Taunusflora – Ergebnisse einer Kartierung im Vortaunus, Hohen Taunus und kammnahen Hintertaunus. – 67-72.; Frankfurt a. M. (Botanik und Naturschutz in Hessen e. V.).
- VIGENER, A. (1906): Flora des Taunus. Seltene Pflanzen der weiteren Umgebung von Wiesbaden. In: LAUPUS, F. (Hrsg.): Führer durch die Umgegend von Wiesbaden und das Rheingaugebirge. – 28-40; Wiesbaden (Moritz & Münzel).
- WITTIG, R. (2022): Die potenziellen Auswirkungen des Klimawandels auf die Taunusflora. – Jahrb. Naturschutz Hessen, **21**: im Druck.
- WITTIG, R. & NAWRATH, S. (2000): Welche Pflanzenarten und -gesellschaften Hessens sind bei einer globalen Temperaturerhöhung gefährdet? – Vorschläge für ein Biomonitoring. – Geobot. Kolloq., **15**: 59-69; Frankfurt a. M.
- WITTIG, R., EHMKE, W., KÖNIG, A. & UEBELER, M. (2022) (Hrsg.): Taunusflora – Ergebnisse einer Kartierung im Vortaunus, Hohen Taunus und kammnahen Hintertaunus. – 520 S.; Frankfurt a. M. (Botanik und Naturschutz in Hessen e.V.).

# Was Bienen über Blüten wissen und wie sie darüber reden

JÜRGEN TAUTZ

Honigbienen, Bestäuber, Sinne, Kommunikation

**Kurzfassung:** Honigbienen spielen im Naturhaushalt durch ihre Bestäubung von Blütenpflanzen eine gestaltende und erhaltende Rolle. Die Pracht der Blüten in Aussehen und Duft spricht unser Ästhetikempfinden an, wobei wir Menschen lediglich Parasiten auf der Sinneswelt der Bienen sind. Wie findet die Biene zur Blume? Berühmt geworden ist vor allem ihr Schwänzeltanz, dem zugesprochen wurde, er teile Informationen über die Koordinaten eines Zieles mit. Doch der Schwänzeltanz zeigt lediglich grob ein Zielgebiet an. Dort übernehmen die Düfte der Blumen und erfahrene Bienen die Zielführung, denn auch außerhalb des Stockes sind Bienen soziale Insekten, die stets Verbindung halten und miteinander kommunizieren.

## What bees know about flowers and how they talk about it

Honey bees, pollinators, senses, communication

**Abstract:** By pollinating flowering plants, honey bees play are of utmost relevance in ecosystems. The splendor of the flowers in appearance and fragrance appeals to our sense of aesthetics, whereby we humans are merely parasites on the sensory world of bees. How do bees find flowers? Their waggle dance, which was said to convey information about the coordinates of a target, has become famous. But the waggle dance only roughly indicates a target area. There, the scents of the flowers and experienced bees take over the guidance, because even outside the hive bees are social insects that always keep in touch and communicate with each other.

## Inhaltsverzeichnis

1	Wie Bienen die Welt erleben .....	82
2	Wo bin ich, wo will ich hin? .....	87
3	Zeitzeichen .....	89
4	Wie Bienen über Blüten sprechen .....	89
5	Die Rekrutierung ist eine hochkomplexe Kette an Verhaltensweisen	93
6	Wie findet eine Sammelbiene nun aber zum Ziel? .....	94
7	Wie die Forschung das Phänomen erklärt .....	97
8	Fazit: Die Wissenslücken bleiben erheblich .....	97
9	Literatur .....	99

## 1 Wie Bienen die Welt erleben

Pollen und Nektar sind für die Bienen natürliche nachwachsende Rohstoffe als ausschließliche Basis für den Aufbau und das Funktionieren der Kolonien.

Blüten stehen nicht immer und überall und schon gar nicht unbegrenzt zur Verfügung. Sie sind somit für die Bienen unersetzliche Ressourcen, um deren Nutzung die Bienenkolonien untereinander und mit anderen Insekten konkurrieren. Um die Nase als Erste in die Blüten stecken zu können, haben die Bienen höchst erstaunliche Fähigkeiten entwickelt.

Wissen ist Macht. Das gilt auch für die Bienen. Aber was müssen Bienen über Blüten wissen? Und woher haben sie ihre Kenntnisse?

Im Prinzip kann die Natur drei Wege beschreiten, um Tiere etwas wissen zu lassen

- angeborene Kenntnisse sind im Erbgut verankert (Vorwissen)
- aus eigenen Erfahrungen kann Wissen erworben werden (Lernen)
- und, als höchste Stufe, kann Information auf dem Wege der Mitteilung durch Artgenossen erhalten werden (Kommunikation)

Für das Lernen und die Kommunikation stellen die Sinnesorgane die Verbindung zur Umwelt her. Sinnesorgane sind keine passiven Fenster in die Umwelt, sondern sie können in Verbindung mit den auf die Sinnesorgane folgenden Verarbeitungsstationen im Zentralnervensystem Kategorien schaffen, die biologisch wichtig sind und die in der physikalischen Realität nicht existieren müssen. Ein Beispiel für diese Merkwürdigkeit, Dinge erleben zu können, die objektiv so gar nicht existieren, sind die Farben. Farben gibt es außerhalb der Wahrnehmungswelt von Lebewesen nicht. Elektromagnetische Wellen, zu denen auch das Licht gehört, bilden ein kontinuierliches Spektrum. Nur der Teil dieses Kontinuums, der Sinneszellen erregen kann, wird von einem Tier als Lichtreiz empfunden. Die Farben werden in der Wahrnehmungswelt geschaffen, indem unterschiedliche Sinneszellen auf unterschiedliche Teilbereiche des Lichtwellenspektrums ansprechen. Welche Farb-Kategorien sich dabei im Laufe der Evolution herausgebildet haben, hängt von den Möglichkeiten der Sinnes-Maschinerie und von der Bedeutung der erzeugten Kategorien für das Überleben und die Fortpflanzung der Lebewesen ab.

Die Sinneswelt der Honigbienen ist hervorragend an die Reize, die Blüten bieten, angepasst. Blüten heben sich optisch durch ihre Farbe vor einem grünen Blätterwald ab. Bienen können Farben sehen. Blüten duften. Bienen haben einen höchst empfindlichen Geruchssinn entwickelt.

Farben haben für Bienen eine angeborene Bedeutung. So fliegen naive Bienen, wenn sie die Wahl zwischen unterschiedlichen Farben haben, bevorzugt die Farben blau und gelb an. Blaue und gelbe Farben treten bei Blüten häufig auf und viele andere Blütenfarben besitzen starke Anteile in den Wellenlängenbereichen blau und gelb.

Sehr viel wichtiger ist für Honigbienen die Fähigkeit, Farben durch Lernvorgänge unterschiedliche Bedeutungen zuweisen zu können. Dieser Wissenserwerb durch eigene Erfahrung spielt für die Bienen eine derart überragende Rolle, dass sie mit ihren Lernfähigkeiten unter den Insekten eine herausgehobene Sonderrolle spielen.

Ist es nicht selbstverständlich, dass Honigbienen erkennen, was eine Blüte ist? Dass sie das ohne Schwierigkeiten leisten, zeigt doch die Beobachtung der Blütenbesuche durch Bienen im Freiland. Wo ist also das Problem?



Abbildung 1: Honigbienen besitzen zwei große Fazettenaugen und drei kleine Punktaugen. Jedes Fazettenauge erzeugt ein Bild, das aus grob gerasterten Punkten zusammengesetzt ist. Die beiden Fühler der Bienen tragen tausende Geruchsinneszellen; Foto: Ingo Arndt.

Figure 1: Honey bees have two large compound eyes and three small dot eyes. Each compound eye produces an image composed of roughly gridded dots. The bees' two antennae carry thousands of olfactory sensory cells; photo: Ingo Arndt.

Auch wir Menschen erkennen Blüten. Aber erleben Bienen die Blüten so, wie wir Menschen das tun?

An diesem Punkt der Gedankengänge kann man philosophisch werden. Niemand kann wissen, wie die Welt beschaffen ist. Wir können nur wissen, was sich durch unsere Wahrnehmung erschließt. Die Wahrnehmung vermittelt Weltenwissen, das sich im Laufe der Evolution als wichtig für das Überleben und die Fortpflanzung der betrachteten Spezies herausgestellt hat. Unsere Wahrnehmung erfolgt durch die Sinnesorgane, und die nachfolgende Aufbereitung der Sinnesmeldungen geschieht im Gehirn. Das so erzeugte subjektive Erleben lässt sich nicht von Mensch zu Mensch übertragen. Wir nennen einen bestimmten Farbedruck „violett“, weil wir das so gelernt haben, haben aber keine Möglichkeit, mit

den Augen eines anderen Menschen auf diese Farbe zu sehen und somit zu prüfen, wie dessen Eindruck von „violett“ ist. Wie erst soll man sich dann in den Kopf einer Biene versetzen und deren Wahrnehmungswelt nachvollziehen können?

Annäherungsweise ist es zu schaffen, indem man die Sinneswelt der Bienen und die Leistungen ihrer Gehirne studiert. Die Kombination aus anatomischen, physiologischen und Verhaltensstudien an den Bienen hat gezeigt, dass die Eigenschaften von Blüten und die Wahrnehmungsleistungen der Bienen untrennbar verknüpft sind.

Es sind vor allem zwei Sinnesbereiche, deren Möglichkeiten zwischen Bienen und Blüten abgestimmt sind: die Welt des Sehens und die Welt des Riechens. Das Erscheinungsbild der Blüten wird auch für uns Menschen durch Farben und Düfte bestimmt. Es wird aber erstaunen zu erfahren, dass Bienen die Blüten völlig anders erleben als wir. Der Mensch, dessen Ästhetikempfinden von Blumen angesprochen wird, ist lediglich ein „Wahrnehmungsparasit“ an den durch die Bienen mitgestalteten Blüteneigenschaften.

Der Sehsinn der Bienen unterscheidet sich von dem unseren in fast allen Belangen. Jedes der beiden Facettenaugen ist aus etwa 6000 Einzelaugen aufgebaut (Abb. 1). So entsteht ein aus getrennten groben Punkten zusammengesetztes Bild der Umgebung. Unser eigener Sehapparat bildet in jedem Auge durch eine einzige Linse nach den Gesetzen der Optik ein einziges geschlossen Bild ab.

Vor dem Sehen der Details von Blüten im Nahbereich kommt das Erkennen, welcher Klecks in der Landschaft überhaupt eine Blüte ist. Farben heben biologisch wichtige Pflanzenteile vom grünen Blattgrund ab. Vögel und wir Primaten können bunt gefärbte reife Früchte leicht erkennen, wichtig für die Pflanzen zur Verbreitung von Samen durch Früchteesser. Bevor es zur Samenverbreitung kommen kann, müssen die Blüten von Bestäubern besucht werden. Um dies zu sichern, setzen die Pflanzen den gleichen Trick wie bei den Früchten ein: die Farbe als Reklamemittel. In welcher Farbwelt leben Bienen also?

Hier soll der Vergleich mit der Fähigkeit des Menschen, Farben zu sehen, helfen. Ein Regenbogen enthüllt es: wir empfinden lange Licht-Wellenlängen als rot, kurze als violett. Alle anderen Farben liegen dazwischen.

Am langwelligen Ende, an dem für uns die Farbe „rot“ liegt, reizt Licht die Sehzellen der Bienen nur wenig. Reflektiert ein beliebiger Gegenstand, wie eine Blüte, hauptsächlich eine Wellenlänge, die den Sehsinn nicht reizt, erscheint der Gegenstand schwarz. Ein Feld bedeckt mit roten Mohnblüten erscheint den Bienen demnach als schwarz bekleckste Fläche. Der Verlust der Rotempfindlichkeit ist der Preis für den Gewinn am kurzwelligen Ende des Sehspektrums: die Bienen sehen ultraviolettes Licht, das wir ohne technische Hilfsmittel nicht wahrnehmen können.

Die Kronblätter vieler Blüten haben sich Flächen zugelegt, die das UV-Licht besonders stark reflektieren und die somit für das Bienenaugen Muster erzeugen, die uns Menschen verborgen bleiben (Abb. 2). Solche Muster können als Lande-



Abbildung 2: Viele Blüten besitzen auf ihren Kronblättern Teilflächen, die das ultraviolette Licht zurückwerfen. So entstehen für das Bieneauge Muster (2a), die der menschlichen Betrachtung verborgen bleiben (2b); Fotos: Nicolas Chalwatzis.

Figure 2: Many flowers have partial surfaces on their petals that reflect ultraviolet light. This creates patterns for the bee's eye (2a), that remain hidden from human observation (2b); photos: Nicolas Chalwatzis.

hilfen für anfliegende Sammelbienen dienen, aber auch zur leichteren Unterscheidung unterschiedlicher Pflanzenarten eingesetzt werden.

Auch hier gilt: die Bedeutung einer Sinnesfähigkeit für ein Tier im für dieses Tier bedeutungsvollen biologischen Zusammenhang liefert die Erklärung für die genauen Einzelheiten der Sinnesleistungen. Bienen nutzen das kurzweilige Son-

nenlicht zur Orientierung im Flug, die Pflanzen nutzen diese Fähigkeit der Sehwelt der Bienen, ihren Bestäubern als Landehilfen solche Blütenzeichen zu setzen, die das kurzweilige Licht reflektieren.

Und es wird noch komplizierter: Wie Bienen eine Farbe sehen, hängt zwar primär von der Wellenlänge des Lichtes ab, aber, was für uns nur sehr schwer vorstellbar ist, auch die Fluggeschwindigkeit einer Biene. Und sogar der Verhaltenszusammenhang, in dem die Biene aktiv ist, beeinflusst das Farbensehen der Tiere. Fliegen Bienen eilig über eine Landschaft, tun sie das mit einer Reisegeschwindigkeit von etwa 30 Kilometern in der Stunde. Bei dieser Fluggeschwindigkeit ist ihr Farbensehen ausgeschaltet, sie sind dann farbenblind.

Erst im „Schleichflug“ beim langsamen Umkreisen von Blüten tauchen die Farben auf. Dieses Phänomen macht biologisch Sinn. Für eine Biene im schnellen Flug sind die Farben von Objekten eine unnötige Information. Das kleine Biengehirn soll sich dann mit für schnelle Flüge Wichtigerem befassen, wie dem Erkennen von strukturellen Details der Umwelt. Wo sind Hindernisse? Wo sind Orientierungshilfen für die Wegfindung? Detailliertes Sehen vieler farbloser Objekte und Muster in rascher Folge ist den Bienen wichtiger, als eine farbige, aber verschwommene Landschaft, wie wir Menschen sie in schneller Bewegung sehen.

Bienen sehen in „Zeitlupe“, wie viele andere Insekten auch. Schnelle Bewegungen, die uns verwischt erscheinen, werden von den Bienen in allen Phasen scharf gesehen. Rasche Handbewegungen, zur Vertreibung von Bienen und Wespen durch ängstliche Menschen, bieten bestens erkennbare Angriffsziele. Bevorzugte Stiche in die Umgebung des Mundes von Menschen werden durch die Lippenbewegungen beim Sprechen geleitet.

Seltsam ist die Tatsache, dass sogar das Flugziel eine Wirkung auf die Fähigkeit der Bienen hat, Farben unterscheiden zu können. Die Flüge vom Nest zum Futterplatz und von Futterplatz zum Nest zurück sind für die Bienen offenbar dramatisch unterschiedliche Situationen und nicht einfach nur eine Richtungsumkehr auf ihren Ausflügen. Beim Anflug von Blüten zeigen Bienen hervorragende Farbunterscheidungsvermögen. Haben sie aber ihre Blütenbesuche beendet und begeben sich mit vollem Honigmagen auf den Rückflug zur Kolonie, spielen Farben eine deutlich geringere Rolle. So lassen sich Bienen nur sehr schwer auf Farben dressieren, die sie beim Abflug von einem Futterplatz zu sehen bekommen. Folgerichtig haben Bienen Probleme, selbst bei langsamer Fluggeschwindigkeit, auf dem Nachhauseflug Farben unterscheiden zu können. Unbeeinflusst vom Flugziel ist dagegen die ausgeprägte Fähigkeit der Bienen, optische Muster erkennen und auseinander halten zu können. Farbige gestrichene Bienenstöcke sind ästhetisch schön für einen menschlichen Betrachter. Testet man Bienen daraufhin, wie gut sie die Farben von Bienenstöcken unterscheiden können, zeigen sich massive Defizite. Lediglich die Farbe „blau“ erkennen sie als solche gegenüber jeder anderen Farbe, andere Farbkombinationen können sie nicht unterscheiden, im Gegensatz zum Futterplatz, wo sie noch feinste Farbunterschiede auseinanderhalten können.

Blüten erscheinen uns nicht nur farbig, sondern zeichnen sich sehr häufig durch auch für uns wahrnehmbare ausgeprägte Düfte aus. Die wichtigste Zielgruppe dieser Blüten-Reklame sind wiederum die Honigbienen. Die „Nase“ der Bienen sitzt in Form tausender einzelner Sinneszellen auf den Fühlern (siehe Abb. 1).

Im Gegensatz zum optischen Erscheinungsbild der Blüten, das sich den Bienen erst aus der Nähe und im Langsamflug erschließt, können Düfte Bienen aus sehr großen Entfernungen anlocken. In ruhender Luft verbreiten sich Düfte diffus und helfen zur Orientierung wenig. Bewegt sich aber die Luft und transportiert so die Duftmoleküle, dann bekommt die Luftbewegung eine (duft-)tragende Rolle als Leitfaden zu einem duftenden Ziel. Wartet man an einer Blüte auf die Ankunft einer Biene, so beobachtet man grundsätzlich Landungen gegen die Windrichtung. Und das hat nichts mit dem alten Fliegertrick zu tun, den Gegenwind zur Flugstabilisierung im Langsamflug zu nutzen, sondern die nektarsuchenden Bienen schnüffeln sich so den Blüten entgegen. Kennen Sammelbienen den Duft von Futterquellen, aber nicht deren Lage in der Landschaft, treffen sie extrem rasch am Ziel ein, wenn eine Luftströmung von den Blüten zum Bienennest zieht. Im anderen Falle sieht man sie im Flug herumkreuzen, bis sie auf eine Strömung mit dem Zielduft stoßen, der sie dann den Blüten entgegen folgen können.

Dieser Beitrag beruht auf TAUTZ & STEEN (2017) und TAUTZ (2021). Unter Verweis auf diese beiden Bücher des Autors kann in der Folge mit wenigen Ausnahmen auf Literaturhinweise verzichtet werden.

## 2 Wo bin ich, wo will ich hin?

Der Superorganismus Honigbienen-Kolonie ist ortsgebunden, führt somit ein sesshaftes Leben und verfügt über eine „feste Adresse“. Das ist kein Problem, so lange man das Heim nicht verlässt. Sammelbienen haben aber keine Wahl, sie müssen auf der Suche nach Blüten hinaus ins feindliche Leben. Von ihren Ausflügen müssen sie wieder zurück zur Kolonie finden. Und haben sie eine ergiebige Ansammlung an Blüten entdeckt, sollten sie sie für weitere Anflüge erneut auffinden können.

Zur Orientierung außerhalb des Nestes nutzen Bienen erdgebundene und himmelsplatzierte Hilfen. An erdgebundenen Hilfen hangeln sie sich von Teilstrecke zu Teilstrecke entlang ihrem Ziel entgegen. Dazu nutzen sie Bäume, Büsche und andere auffällende Landmarken. Auch hier kommen dem Sehsinn und dem Geruchssinn wiederum überragende Bedeutungen zu. Diese Methode der Wegfindung setzt aber voraus, dass die Biene sich in bekanntem Gelände befindet, wo sie sich zuvor die Lage entsprechender Hilfen eingepägt hat. Dazu unternehmen Bienen zur Vorbereitung ihres Sammellebens Orientierungsflüge in die Umgebung des Stockes, auf denen sie das Erscheinungsbild der Umgebung kennen lernen. Bei aufeinander folgenden Orientierungsflügen, die zunächst nie länger als



wenige Minuten dauern, verlassen sie den Stock in jeweils einer anderen Richtung und legen so nacheinander ein sternförmiges Flugsprungbild mit dem Stock im Zentrum. Um ihnen die Heimfindung zu erleichtern, stehen gelegentlich alte Bienen vor dem Stock, öffnen ihre Nasanov-Drüse am Ende des Hinterleibes und entlassen einen Duftstoff mit Namen Geraniol. Das Geraniol verströmen sie dann durch Flügelschwirren in die Umgebung (Abb. 3).

Fliegen sie auch über große Distanzen Futterstellen an, prägen sie sich Objekte auf dem Flug zwischen den Zielen und dem Stock ein.



Abbildung 3: Eine Sammelbiene hat im Flug ihre Nasanovdrüse geöffnet, die sich kurz vor dem Ende des Hinterleibes befindet; Foto: Ingo Arndt.

Figure 3: A collecting bee has in flight opened its nasanov gland, which is located just before the end of the abdomen; photo: Ingo Arndt.

Um sich in unbekanntem Gelände gezielt fortzubewegen, ist ein Kompass extrem hilfreich. Den bieten den Bienen himmlische Wegweiser. Bienen können sich nach dem Stand der Sonne richten. Ist sie nicht zu sehen, hilft das Polarisationsmuster des Himmels. Dabei wird folgendes physikalische Phänomen ausgenutzt: Die Atmosphäre der Erde polarisiert das Licht, das in ungeordnetem Schwingungszustand von der Sonne ausgeht. Das Firmament bekommt dadurch eine optische Struktur, die mit geeigneten Hilfsmitteln erkennbar wird. Ein solches Hilfsmittel findet sich in der Anatomie des Bienenauges. Bienen wird es somit ermöglicht, polarisiertes von nicht-polarisiertem Licht unterscheiden zu können. Das so wahrgenommene Himmelsmuster aus unterschiedlich ausgerichtetem und verschieden stark polarisiertem Licht ist aber störanfällig durch Einflüsse der Atmosphäre wie die Dichte der Luft, die sich mit der Temperatur verändert, und die Luftfeuchte. Eine Orientierungshilfe sollte aber zuverlässig und wenig störanfällig sein. Das Himmelsmuster aus polarisiertem Licht ist umso stabiler und damit als Orientierungshilfe am geeignetsten, je kürzerwellig das polarisierte Licht ist. Das

kürzestwellige Licht, das Bienen sehen können, ist das ultraviolette Licht. Da die Orientierung und das Zurückfinden zur Kolonie für die Sammelbienen höchst wichtig sind, haben Bienen wohl unter diesem evolutiven Druck die Fähigkeit entwickelt, UV-Licht sehen zu können. An diese Fähigkeit der Bienen, kurzwelliges Licht zu sehen, um ursprünglich das Polarisationsmuster des Himmels zu erkennen, haben sich die Blüten dann mit der Ausbildung UV-reflektierender Muster auf ihren Blütenblättern angehängt, die den Bienen optische Landehilfen auf den Blüten bieten und zwischen den Blüten verschiedener Arten eine Unterscheidungsmöglichkeit darstellen.

### **3     Zeitzeichen**

Die Nutzung himmlischer Zeichen zur Orientierung führt zu der Notwendigkeit, die gleichförmige erddrehungsbedingte Änderung dieser Wegweiser zu berücksichtigen. Bienen besitzen einen Zeitsinn, der es ihnen erlaubt, dieses Weiterwandern ihres Kompasses in ihre orientierten Ausflüge einzubeziehen, wobei selbst stundenlange Pausen zwischen aufeinander folgenden Ausflügen liegen können. Die Bienen „berechnen“ dann die alte Richtung, trotz neu positionierter Orientierungshilfe. Diese Tatsache hat Karl von Frisch (1886–1982) die entscheidende Einsicht in die Natur der Tanzkommunikation gegeben: Sammelbienen, die den ganzen Tag lang den gleichen Futterplatz anfliegen, tanzten vormittags in einer anderen Richtung als nachmittags. Zeitabhängig hatte sich der Stand der Sonne verändert, also musste der als Orientierungshilfe hergehalten haben.

Der Zeitsinn hilft auch, begrenzte Öffnungszeiten bestimmter Blüten beachten zu können.

Besucht eine Sammelbiene bei gutem Flugwetter eine bis dahin sprudelnde Futterquelle und findet sie dort nichts mehr vor, vergisst sie dieses Ziel sehr rasch, es wird aus dem Gedächtnis gestrichen und nicht mehr aufgesucht. Sind andererseits die Witterungsbedingungen so schlecht, dass die Sammelbienen den Stock nicht verlassen können, behalten sie die Lage der zuletzt besuchten guten Futterstellen bis zu einer Woche im Gedächtnis. Sie können dann direkt dort anknüpfen, wo sie vor dem Schlechtwettereinbruch aufgehört haben.

### **4     Wie Bienen über Blüten sprechen**

Vor dem Ausbeuten von Blüten steht das Entdecken solcher Schätze. Ein kleiner Prozentsatz der älteren Bienen sucht als „Scout“-Bienen die Gegend nach neuen Blütenschätzen ab. Behalten wir die Umgebung solcher Blüten, die die Aufmerksamkeit solcher „Pfadfinderbienen“ auf sich gezogen haben, im Blick, stellen wir fest, dass nach wenigen Minuten bis zu einer halben Stunde nach deren Entde-

ckung mehr und mehr Bienen dort eintreffen. Dieses Anwachsen der Besucherzahl erfolgt viel zu rasch, als dass jede der dort eintreffenden Bienen die Blüten ganz alleine für sich und ganz zufällig entdeckt haben könnte. Tatsächlich wurden die neu eintreffenden Bienen über die Entdeckung im Bienennest informiert und, indem sie dieser Information folgen, als Sammelhelfer rekrutiert.

Die Kommunikation, die sich dabei zwischen den „wissenden“ und „unwissenden“ Bienen abspielt, ist höchst komplex und noch immer nicht befriedigend verstanden. Sie besteht aus einer Kette von Verhaltensweisen, die sich im Stock und im Feld abspielen. Ein Glied in dieser Kette ist die so genannte „Tanzsprache“, die durch VON FRISCH (1965) entdeckt wurde und die zu den am intensivsten studierten und am besten bekannten Kommunikationsformen von Tieren gehört.

Hat eine Biene einen blühenden Kirschbaum entdeckt, kehrt sie mit etwas Nektar zum Stock zurück. Nach dem Abladen des Nektars an Abnehmerbienen verlässt sie den Stock wieder, um zum gleichen Kirschbaum zurückzufliegen. Dies spielt sich mehrmals hintereinander ab, wobei sie den Weg vom Stock zum Futterplatz und den Rückweg zum Stock immer rascher zurücklegt. Man kann vermuten, dass dieser Zeitgewinn aus einer immer kürzeren Flugstrecke resultiert, die wiederum aus einer sukzessiven Begradigung der Flugstrecke zustande kommt. Ist die schnellste Strecke gefunden, was nach bis zu zehn Ausflügen der Fall sein kann, beginnt die Biene im Stock zu tanzen.

Der Bewegungsablauf einer schwänzeltanzenden Biene ist derart intensiv und regulär, dass ihm in der Verhaltensforschung viel Aufmerksamkeit zuteil wurde. Moderne technische Möglichkeiten, wie Zeitlupen-Makro-Videoaufzeichnungen, bringen erstaunliche Details ans Licht: Der Schwänzeltanz bezieht seine Bezeichnung aus dem Teil des Tanzverhaltens, in dem die Biene ihren Körper etwa 15 mal pro Sekunde abwechselnd nach beiden Seiten wirft. Im Anschluss daran läuft die Biene in einem Bogen an den Ausgangspunkt der Schwänzelsbewegung, wiederholt das Schwänzeln und läuft auf der anderen Seite wieder zum Ausgangspunkt.

Ein kompletter Tanz-Zyklus dauert nur wenige Sekunden und spielt sich auf einer Fläche mit etwa 2–4 Zentimetern Durchmesser ab. Es darf also nicht erstaunen, dass bei einer derart raschen und kleinräumigen Bewegung erst die Zeitlupen-Filmaufzeichnung Einzelheiten aufgedeckt hat, die dem unbewaffneten Auge verborgen waren. So ließ sich erkennen, dass der „Schwänzellauf“ eine optische Illusion ist, bedingt durch die rasche Körperschwingung und das gut sichtbare Vorwärtsschieben des Körpers. Tatsächlich zeigt die Biene eher einen „Schwänzelsstand“, die Schwänzelsphase, in der sie mit ihren sechs Füßen so lange es ihr möglich ist fest am Untergrund verankert bleibt und ihren Körper über den stehenden Füßen vorwärts schiebt. Einzelne Beine können dabei kurz angehoben werden, wenn ein neuer stabiler Halt gesucht wird oder aufgrund einer nicht mehr zu steigernden maximalen Bein Streckung bei andauernder Vorwärtsbewegung des Rumpfes der eine oder der andere Fuß vorgesetzt werden muss.

Bientänze finden nahezu ausschließlich in einem kleinen Areal in der Nähe des Flugloches statt. Auf diesem Tanzboden treffen sich die Tänzerinnen mit Sammelbienen, die an den Botschaften interessiert sind. Dieser „Marktplatz“ für Nachrichten wird offenbar von den Bienen chemisch erkannt. Schneidet man ihn aus und verlagert ihn im Stock, dann suchen die tanzwilligen Bienen so lange, bis sie ihn gefunden haben, bevor sie dann am neuen Ort auf dem umgesetzten Tanzplatz ihre Tänze fortsetzen.

Tänzerin und Nachtänzerinnen, es finden bis zu zehn Nachtänzerinnen um eine Tänzerin Platz, führen ein Ballett auf, bei dem alle Bewegungen der beteiligten Partner genau abgestimmt sind.

Die Schwänzeltanzfigur enthält Bewegungsteile, die mit der Lage und weiteren Gegebenheiten der Futterstelle zusammenhängen. Das hatte als erster der österreichische Zoologe VON FRISCH (1965) entdeckt.

Beim geduldigen und stundenlangen Betrachten von Schwänzeltänzen war ihm auch aufgefallen, dass sich die Ausrichtung der Schwänzelpphase auf der Wabe im Tagesverlauf kontinuierliche verschob, obwohl die ganze Zeit über immer die gleichen Bienen losfliegend vom selben Stock stets den gleichen Futterplatz aufsuchten. Das Einzige, was sich stetig veränderte wie die Ausrichtung der Tänze, war die Wanderung der Sonne am Firmament. Von Frisch erkannte, dass die systematische Veränderung im Tanzbild mit der Veränderung des Sonnenstandes im Tagesverlauf zusammenhing. So kam die Beobachtung einer Richtungsangabe durch die Tänzerin zustande.

Absolute Richtungen gibt es nicht. Es muss in jedem Falle eine Bezugsrichtung angegeben werden. Draußen im offenen Gelände ist die Position der Sonne oder Aspekte des Polarisationsmusters des Himmels diese Bezugsgröße. Im dunklen Stock finden die Tänze auf den senkrecht hängenden Waben statt. So lässt sich die nach unten weisende Richtung der Schwerkraft als Bezugsgröße nutzen

Die Bienen sehen beim Flug die aktuelle Position der Sonne oder aber, bei bedeckter Sonne, das Polarisationsmuster am Himmel als Hinweis auf die Sonnenposition und übersetzen den Winkel, der sich zwischen der Linie Nestposition/Sonnenposition und der Linie Nestposition/Kirschbaumposition ergibt, in der Tanzfigur in den geschilderten Winkel.

Der Schwänzeltanz der Honigbienen enthält zusätzlich einen Hinweis auf die Distanz zwischen Stock und Futterplatz. Bei grundsätzlich gleichbleibender Geschwindigkeit der Schwänzelpbewegung ist die Zeitspanne für die Schwänzelpphase umso länger, je weiter die Biene zum Kirschbaum fliegen musste. Allerdings nimmt die Zeitspanne der Schwänzelpphase nur über die ersten wenigen hundert Flugmeter gleichmäßig zu, danach steigt sie nur noch sehr langsam an, so dass zu weiten Zielen, wo eine genaue Entfernungsangabe umso hilfreicher sein sollte, keine genauen Entfernungshilfen im Tanz mehr gegeben werden können. Zwischen einem Kilometer und drei Kilometern wird kaum noch unterschieden.



Abbildung 4: Werden Sammelbienen darauf trainiert, den Weg zum Futter durch einen engen Tunnel mit gemusterten Wänden zurückzulegen, entsteht für die Tiere durch den Flug dicht entlang am Muster eine rasche Bildfolge, die im Schwänzeltanz zu einer falschen Wiedergabe der tatsächlichen Flugstrecke führt; Abb. Marco Kleinhenz.

Figure 4: If collecting bees are trained to travel the way to the food through a narrow tunnel with patterned walls, the flight close along the pattern creates a rapid image sequence for the animals, which leads to a false reproduction of the actual flight path in the tail dance; fig. Marco Kleinhenz.

Und es wird um die Entfernungsangabe noch problematischer: Zur Bestimmung der Flugdistanz, die dann im Tanz vermittelt werden soll, nutzen die Bienen einen optischen Kilometerzähler, der nur relative Entfernungsdaten liefert.

Beim Fliegen durch eine strukturierte Umgebung wandert das Bild von Farb- und Kanten von Objekten auf dem Auge der Bienen von Einzelfacette zu Einzelfacette der Komplexaugen. Durch dieses Wandern des Bildes der Umgebung über das Auge entsteht ein „optischer Fluss“ im Sehfeld der Biene (Abb. 4). Dieser optische Fluss des über die Augen ziehenden Bildes kann die Biene ihre Fluggeschwindigkeit bestimmen (das können wir auch recht gut) und sogar die Distanz, die sie durchflogen hat, bestimmen (das können wir nur sehr schlecht oder überhaupt nicht).

## 5 Die Rekrutierung ist eine hochkomplexe Kette an Verhaltensweisen

Die letzten hundert Jahre Bienenforschung haben uns einen tiefen Blick in das Innenleben der Staaten der Honigbienen beschert. Wir haben sehr viel darüber gelernt, wie sie leben und wie sie sich in ihrer Welt zurechtzufinden. Das Studium der Honigbienen hatte einen starken Einfluss auf die Herausbildung einer modernen Verhaltensforschung und deren Konzepte und Begriffsbildungen. Dabei hat insbesondere die Kommunikationsbiologie erheblich von dem hohen Interesse profitiert, das der sogenannten Tanzsprache der Honigbienen bis heute entgegengebracht wird. In deutlich mehr als tausend wissenschaftlichen Publikationen über die Tanzsprache wurden Einsichten gewonnen und Vorstellungen entwickelt, die sich in ungezählten Schulbüchern, Lehrbüchern und Internetbeiträgen niederschlagen.

Die Funktion und die Bedeutung des Schwänzeltanzes werden dabei bis heute überschätzt. Wenn also eine Biene in den Bienenstock kommt und einen Tanz aufführt, so wird klassischerweise angenommen, dass sie sich so mit ihren Mit-Bienen verständigt und Informationen an sie weitergibt, die diese direkt zu etwaigen Futterquellen führen. Dabei wird allerdings bis heute die zweite Hälfte der Geschichte praktisch ausgeblendet, nämlich die Verständigung zwischen den Bienen außerhalb des Stockes. Diese spielt in den Vorstellungen und Modellen, die das komplexe Kommunikationsverhalten der Honigbienen erschließen, eine untergeordnete Rolle und ist in der Forschungspraxis bis heute ein blinder Fleck. Honigbienen sind nicht nur in ihrem Bienenstock soziale Insekten, sondern auch draußen im Feld. Hat man das im Blick, erscheint die bisherige Schwerpunktsetzung der Kommunikationsforschung an Bienen recht einseitig.

Der berühmte Insektenforscher EDWARD O. WILSON schrieb 1971:

„Furthermore, the waggle dance had become something of a sacred cow and it needed a critical examination by an independent group of investigators.“ (S. 267).

Und weiter:

„Also, there is a scarcity of measurements of the amount of information added to the waggle dance by additional cues, in particular the assembly pheromones of the Nasanov glands released in the vicinity of the new finds and the sight of flying workers.“

Dabei geht es um die Verständigung zwischen den Sammelbienen im Feld.

Mit der Verleihung des Nobelpreises an Karl von Frisch im Jahr 1973 war diese „heilige Kuh“ zementiert, die Kritik Wilsons verklang ungehört. Sein damaliger Hinweis auf die fehlende zweite Hälfte der Erforschung der Bienenrekrutierung gilt auch heute noch.

## 6 Wie findet eine Sammelbiene nun aber zum Ziel?

Es gibt stark verkürzte Aussagen zu Sachverhalten, bei denen niemand auf die Idee käme, sie wörtlich zu nehmen. Würde man die Aussage, dass die Erde 4,6 Milliarden Jahre alt ist, ernst nehmen, ließen sich das genaue Datum und der Wochentag der Erdentstehung ausrechnen. Das ist ganz offensichtlich absurd, jedem ist klar, dass diese Altersangabe einen groben Wert darstellt.

Wieso verhält es sich mit der Aussage „Im Tanz geben Honigbienen Richtung und Entfernung zu einem Ziel an“ (in der Tanzsprache also) anders? Wird die Aussage zu Recht ernst genommen?

Verbunden damit ist die Vorstellung, dass nicht nur die Tänzerinnen Richtung und Entfernung zum Ziel vermitteln, sondern auch, dass eine rekrutierte Sammelbiene anhand der Tanzinformation eine ihr bis dahin unbekannte Futterquelle findet. Wie findet eine Sammelbiene zu einem Ziel, zu dem sie von einer Bienen­tänzerin rekrutiert wird?

Dazu gibt es aus den letzten 2000 Jahren Bienenforschung im Wesentlichen drei Vorschläge:

- Die Rekruten werden zum Ziel GEFÜHRT (Aristoteles).
- Die Rekruten werden zum Ziel GESCHICKT (VON FRISCH 1965 = Tanzsprache).
- Die Rekruten werden vom Duft ANGELOCKT (WENNER & WELLS 1990).

Tatsächlich trifft jede dieser drei Vorstellungen zu, aber nicht gleichwertig alternativ, sondern Schicken, Führen und Locken sind als verwobene Bestandteile einer komplexen Kommunikationskette zwischen den Bienen zu sehen, begonnen im Bienenstock bis hin zum Ziel. Erst alle drei zusammen bringen Rekruten zu einem geographischen Zielpunkt. Tatsächlich ist die Tanzfigur im Gegensatz zur populären idealisierten Darstellung „schlampig“ und gibt nur ungenaue Hinweise (Abb. 5).

Das Spezialgebiet der Verhaltensbiologie, das sich mit den Orientierungsleistungen von Tieren befasst, hat eine Reihe von allgemeinen Konzepten und Definitionen entwickelt, die auch bei den Honigbienen für das Aufsuchen eines Zieles zutreffen. Eine besondere Herausforderung ist die Erforschung der Fernorientierung, bei der Tiere höchst eindrucksvolle Leistungen erbringen. Dabei erreichen sie ein räumliches Ziel, das sie beim Start zu ihrer Reise und auf dem ersten Streckenabschnitt nicht direkt wahrnehmen können. Das Ziel wird bei Start und der ersten Wegstrecke weder gesehen, noch gerochen, noch gehört oder anders wahrgenommen, es gibt keine direkte wie immer geartete Verbindung mit dem Ziel.

Die Analyse typischer Merkmale einer Fernorientierung (Navigation) wurde schon sehr früh im Studium von Heimfindervermögen bei Vögeln durchgeführt, etliche Jahre vor dem Beginn einer modernen Erforschung der Kommunikation bei Honigbienen.

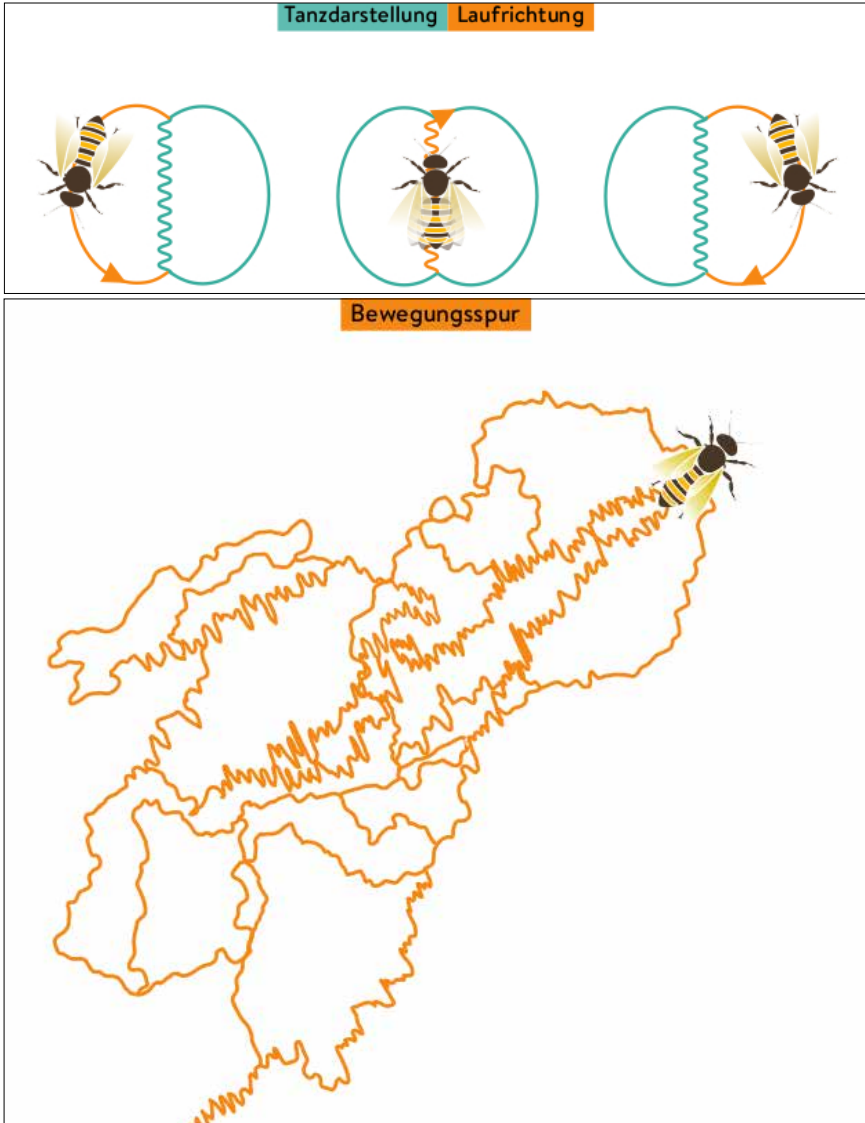


Abbildung 5: Oben: Klassische Darstellung des Bewegungsablaufes im Schwänzeltanz.  
Unten: Tatsächlicher Bewegungsverlauf im Schwänzeltanz; aus TAUTZ 2021.

Figure 5: Top: Classic illustration of the movement sequence in the tail dance.  
Bottom: Actual motion sequence in the tail dance; from TAUTZ 2021.

Dabei sind es maximal drei aufeinanderfolgende Phasen, über die ein Tier zu einem Fernziel gelangen kann. Zunächst wird erstens eine Richtung eingeschlagen und über eine gewisse Strecke beibehalten, die zweitens in eine Suchorientierung



übergeht, an die sich drittens eine wiederum gerichtete Orientierung anschließt, die das Tier zum Ziel führt.

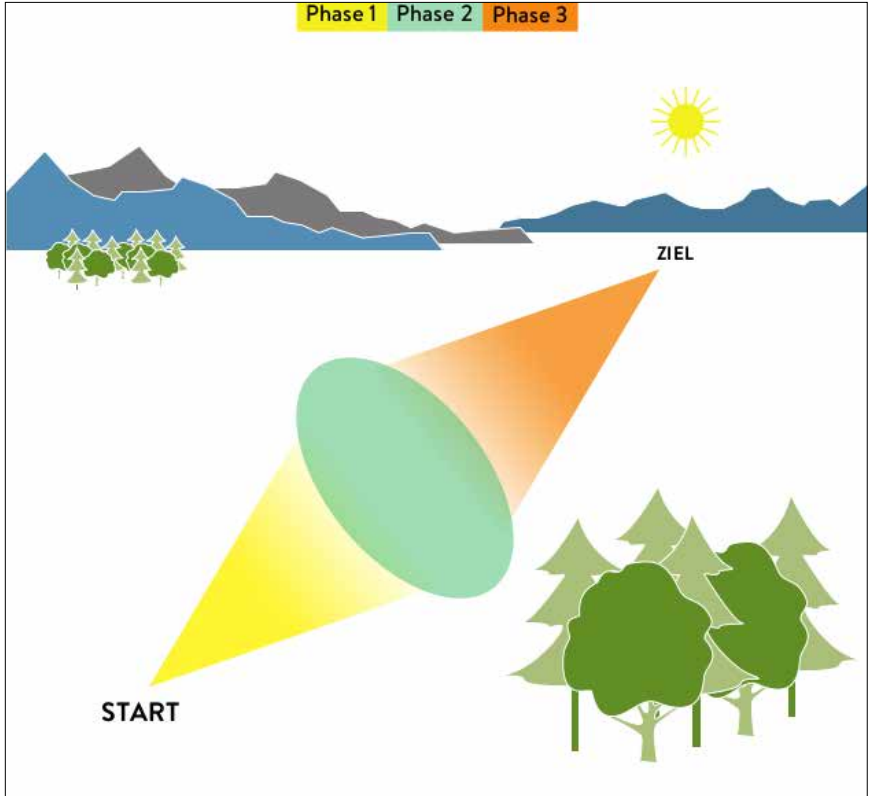


Abbildung 6: Fernorientierung führt ein Tier über drei Phasen vom Start zum Zielort. Phase 1, das Einschlagen einer Richtung (SCHICKEN – gelber Sektor), reicht bis zu Phase 2, dem Erreichen eines Suchareals (SUCHEN – grüner Sektor), in dem dann die zielführenden Reize vorhanden sind und der Übergang in Phase 3 (LOCKEN – roter Sektor) erfolgt; aus TAUTZ 2021. Figure 6: Long-distance orientation leads an animal through three phases from the start to the target location. Phase 1, the setting of a direction (SEND - yellow sector), extends to phase 2, the reaching of a search area (SEARCH - green sector), in which the target-guiding stimuli are then present and the transition to phase 3 (LOCK - red sector) takes place; from TAUTZ 2021.

Die Vorstellung „Im Tanz geben Honigbienen Richtung und Entfernung zu einem Ziel an“ beinhaltet keine Differenzierung in die drei Stufen der Fernorientierung (Abb. 6), denn danach soll ja die Nachtänzerin aus dem Tanz die Position des Zieles ablesen und umsetzen.

Tatsächlich leistet der Bientanz das aber nicht, sondern sein Beitrag betrifft die erste Phase der Fernorientierung, nicht aber die zweite und dritte Phase. Der Tanz sendet in einem ersten Schritt Neulinge in eine Region, in der die zweite

Phase der Fernorientierung beginnt, die Suchphase nach zuführenden Hilfen, wie Düften der Blüten und der Kommunikation mit erfahrenen Sammelbienen.

Es mag zunächst übertrieben erscheinen, angesichts der Strecken, die Honigbienen zurücklegen, von Fernorientierung zu sprechen. Das sieht aus der Sicht einer Biene aber komplett anders aus. Ein Ziel in zehn Kilometern Entfernung ist ganz grob gerechnet etwa eine Million Bienen-Körperlängen entfernt. Rechnet man mit diesem Multiplikationsfaktor für einen Weißstorch, würde das für den Vogel eine Flugstrecke von tausend Kilometern bedeuten, eine Distanz, der man sofort das Prädikat Fernorientierung zugesteht.

## 7 Wie die Forschung das Phänomen erklärt

Neben der Tanzsprache wird in der Fachwelt eine zweite Hypothese darüber vertreten, wie Neulinge an ein Ziel gelangen, für das eine Tänzerin wirbt. Auch diese Hypothese (alleine der Duft des Zieles lockt die Bienen an) differenziert nicht in eine Aufeinanderfolge zielführender Schritte. Sie geht davon aus, dass es die Phase eins nicht gibt, sondern die Neulinge suchen und folgen lediglich zielführenden Düften.

Lexika bringen die Forschungslage zur Rekrutierung von Sammelbienen leicht abgewandelt und immer wiederkehrend auf diesen Punkt, beispielhaft aus dem Cambridge Dictionary (1995):

„There are two main hypotheses to explain how foragers recruit other workers – the waggle dance or dance language theory and the odor plume theory.”

Tatsächlich aber trifft keine der beiden Hypothesen zu.

Keiner der beiden Ansätze hat ein Forschungsprogramm hervorgebracht, in dem die drei Schritte einer Fernorientierung (Anfangsstrecke, Suchverhalten und Nahorientierung), über die Neulinge zu einem Ziel gelangen, gleichwertig beachtet und untersucht werden.

## 8 Fazit: Die Wissenslücken bleiben erheblich

Karl von Frisch hat sein epochemachendes Buch *Tanzsprache und Orientierung der Bienen* betitelt. Damit sind die beiden wohl eindrucksvollsten Verhaltensleistungen der Tiere benannt: die Kommunikation und das Zurechtfinden im Raum.

Die Rekrutierung von Sammelbienen zu einem Ort basiert auf diesen beiden Leistungen. In ihren Orientierungsleistungen unterscheiden sich die Bienen nicht von vielen anderen daraufhin untersuchten Insektenarten. Der Besitz einer Tanzsprache hebt sie aber scheinbar auf eine eigene Ebene, umso mehr, wenn die klassische Auffassung zur Funktion der Tanzsprache zugrunde gelegt wird, dass sie

nämlich die Position eines Zieles angibt. „Nur der Mensch und die Honigbienen können über einen Sachverhalt kommunizieren, der sich abseits in der Ferne befindet“ – so findet man die erstaunliche Schlussfolgerung aus der Tanzsprache häufig zusammengefasst.

Gerade diese ‚Erhöhung‘ der Honigbienen mag ein Grund dafür gewesen sein, wieso in einer Gegenreaktion den Bientänzen jeder Einfluss auf das Orientierungsverhalten außerhalb des Bienenstockes abgesprochen wurde, was schon deshalb leicht fiel, weil, wie in diesem Beitrag herausgearbeitet, ein überzeugender Nachweis dafür fehlt, dass der Tanz Rekruten direkt zu einem Ziel schicken kann.

Das Rekrutierungsverhalten bei Honigbienen ist dermaßen spannend und die Deutungen dessen, was sich beobachten lässt, reichen in derart viele auch nicht biologische Gebiete hinein, dass es nicht verwundern darf, dass der Bientanz zu den besterforschten Verhaltensweisen bei Tieren gehört. Insbesondere im Laufe der letzten nahezu hundert Jahre der Beschäftigung mit diesem Phänomen ist ein wahres Gebirge an Beobachtungen und Daten entstanden. Dabei deckt die Faktenlage aber nicht unbedingt die Schlussfolgerungen. Man stößt auf Ungeheimheiten und Widersprüche, die sich aber auflösen, wenn man nicht von den Deutungen, sondern von den Daten und Fakten ausgeht. Ordnet man diese in das Konzept der Fernorientierung ein, entsteht ein schlüssiges Bild.

Orientieren sich Tiere nach einem Ziel und geschieht das anhand von Signalen und/oder Reizen, die vom Ziel ausgehen, spricht man von Nahorientierung. Die Fernorientierung oder auch indirekte Orientierung ist dagegen im ersten Teil einer Kette von Orientierungshandlungen dadurch gekennzeichnet, dass es zunächst keinen Bezug zum Ziel gibt, das somit erst in der letzten Phase des Weges direkt angesteuert werden kann.

Brechen Honigbienen von ihrem Stock zu einem Blütenziel auf, kann unabhängig von der tatsächlichen Entfernung Nahorientierung vorliegen, wenn etwa der Wind, auch von weither, einen Blütenduft direkt zum Bienenstock trägt. Die Bienen können dieser Botschaft ganz direkt bis zum Ziel folgen. Diese Situation ist aber die Ausnahme. In der Regel gibt es für die am Bienenstock losfliegenden Arbeiterinnen keinen Kontakt zum Ziel, die Bienen, die am Ziel eintreffen, zeigen Fernorientierung. Dabei ist der Bientanz (die Tanzsprache) für den ersten Abschnitt der Zielfindung unverzichtbar.

Wie gezeigt werden konnte, hat sich Karl von Frisch in seinen frühen Arbeiten über Brauseflüge und den Einsatz der Nasanov-Drüse mit der letzten Phase, der Phase 3, einer Fernorientierung befasst und dazu wichtige Einsichten beigetragen. Auch die Forschungen derjenigen, die die Funktion der Tanzsprache nicht anerkennen, haben eine Vielzahl wichtiger Details zur Phase 3 der Fernorientierung beigetragen (allen voran Adrian Wenner). Die späteren Arbeiten Karl von Frischs und anderer Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen zur Tanzsprache befassen sich hingegen ausnahmslos mit der Phase 1, dem Einstieg in die Fernorientierung. Die Tanzsprache wurde in dem Modell, das aus diesen Studien hervorging, für

den gesamten Weg vom Bienenstock bis zur Blüte verantwortlich gemacht und nicht lediglich als Einstiegsstufe in eine Fernorientierung gesehen. Aber auch die ‚Leugner‘ der Tanzsprache, die Wenner folgten, gingen gleichermaßen einengend vor und sahen ihrerseits nur die von ihnen erforschten Orientierungshilfen auf dem kompletten Weg vom Start zum Ziel am Werk. Dabei hatte jeder der beiden Standpunkte die halbe Wahrheit.

Sowohl die von Frisch- als auch die Wenner-Schule hatten mit ihren Auffassungen jeweils in einem wesentlichen Punkt recht und in einem wesentlichen Punkt unrecht. Von Frisch lag richtig damit, dass der Tanz einen starken Einfluss darauf hat, wohin die Ausflüge von Nachtänzerinnen gerichtet sind, aber unrecht damit, dass der Tanz die Rekruten direkt zum Ziel schickt. Wenner hatte recht damit, dass alleine Duftreize auch ohne Tanzrekruten zum Ziel bringen können, aber unrecht damit, dass der Tanz keinerlei Orientierungshilfe für die Rekruten bietet.

So musste sich zwangsläufig eine der bekanntesten Kontroversen der Verhaltensbiologie ergeben, deren Auflösung mit der neuen Sicht auf den Bientanz gelingt.

Zugleich wird durch einen neuen Blick auf alte Daten und deren Einordnung in das Konzept der Fernorientierung deutlich, wie groß unsere Wissenslücken zur Sprache der Bienen noch immer sind.

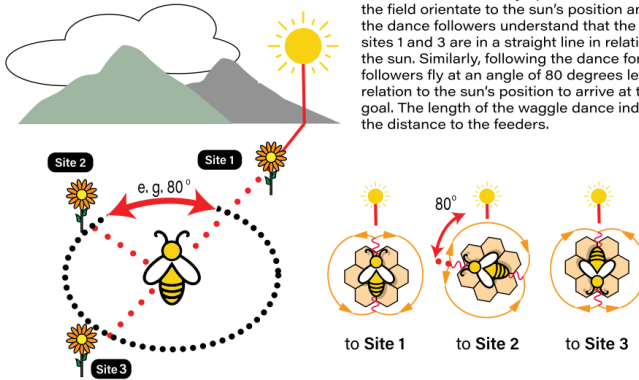
## 9 Literatur

- FRISCH VON, K. (1965): Tanzsprache und Orientierung der Bienen. – 578 S.; Berlin, Heidelberg, New York (Springer).
- TAUTZ, J. & STEEN, D. (2017): Die Honigfabrik. Die Wunderwelt der Bienen – eine Betriebsbesichtigung. – 272 S.; Gütersloh (Gütersloher Verlagshaus).
- TAUTZ, J. (2021): Die Sprache der Bienen. – 252 S.; München (Knesebeck Verlag).
- WENNER, A.M. & WELLS, P.H. (1990): Anatomy of a controversy – the question of a “language” among bees. – 399 S.; New York (Columbia University Press).
- WILSON, E.O. (1971): The Insect Societies. – 562 S.; Cambridge (Belknap Press of Harvard University Press).

# Anhang

## RECRUITMENT IN HONEYBEES

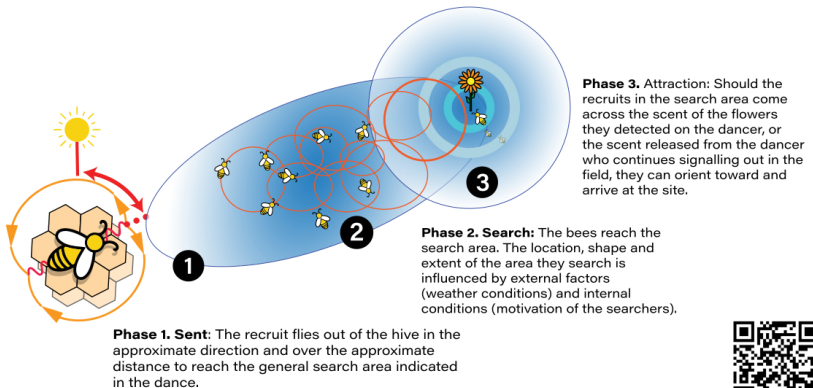
### The classical wagggle dance model



The wagggle dance of honeybees provides precise ("true") information about the direction and distance of a food site from the hive. In the graphic shown here, the dances to site 1 and site 3 indicate vertically up or down. Bees in the field orientate to the sun's position and so the dance followers understand that the food sites 1 and 3 are in a straight line in relation to the sun. Similarly, following the dance for site 2, followers fly at an angle of 80 degrees left in relation to the sun's position to arrive at the goal. The length of the wagggle dance indicates the distance to the feeders.

### The new three-phase-model

The wagggle dance of bees provides imprecise ("half true") information about the direction and distance of the food site from the hive, indicating only an approximate area in relation to the hive within which the food site can be found. A dance follower (recruit) flying to a food site unknown to it, for which a foraging bee has advertised in its dance, proceeds through three separate phases:



**Phase 1. Sent:** The recruit flies out of the hive in the approximate direction and over the approximate distance to reach the general search area indicated in the dance.

**Phase 2. Search:** The bees reach the search area. The location, shape and extent of the area they search is influenced by external factors (weather conditions) and internal conditions (motivation of the searchers).

**Phase 3. Attraction:** Should the recruits in the search area come across the scent of the flowers they detected on the dancer, or the scent released from the dancer who continues signalling out in the field, they can orient toward and arrive at the site.



# Welterbe „Höhlen und Eiszeitkunst der Schwäbischen Alb“: das erste deutsche urgeschichtliche Bodendenkmal der UNESCO

SIBYLLE WOLF & NICHOLAS J. CONARD

Schwäbische Alb, UNESCO-Welterbe, Eiszeitkunst, Höhlenfundstellen

**Kurzfassung:** Aus sechs Höhlenfundstellen auf der Schwäbischen Alb im Ach- und im Lonetal bei Ulm sind die weltweit frühesten Belege für figürliche Kunstwerke, Darstellungen von Mischwesen, Musikinstrumente und Schmuck in dreidimensionaler Formgebung bekannt. Der überwiegende Teil dieser Artefakte wurde aus Mammutfelßenbein geschnitzt. Die Forschungsgeschichte in dieser Region hat eine lange Tradition. Die Täler und Fundstellen spielen eine Schlüsselrolle, um die Lebensweise unserer Vorfahren in der eiszeitlichen Landschaft zu erforschen. Aus diesen Gründen sind die beiden Talabschnitte im Ach- und im Lonetal mit den Höhlenfundstellen Hohle Fels, Sirgenstein und Geißenklösterle sowie Vogelherd, Hohlenstein-Stadel und Bockstein seit 2017 UNESCO-Welterbe. Hier wird ein Überblick über die Region mit den altsteinzeitlichen Fundstellen gegeben.

## World Heritage Site „Caves and Ice Age Art of the Swabian Alb“: UNESCO’s first German prehistoric ground monument

Swabian Jura, UNESCO World Heritage IceAge art, cave sites

**Abstract:** The world’s earliest evidence for figurative artworks, depictions of therianthropes, musical instruments and personal ornaments in three-dimensional forms are known from six cave sites on the Swabian Jura in the Ach Valley and Lone Valley near Ulm. Most of these artefacts were made from mammoth ivory. The research history in this region has a long tradition. The valleys and sites play a key role in establishing how our ancestors lived in the Ice Age landscape. Since 2017 the two sections of the Ach- and the Lone Valley with the cave sites Hohle Fels, Sirgenstein and Geißenklösterle as well as Vogelherd, Hohlenstein-Stadel and Bockstein are UNESCO World Heritage. Here we provide an overview of the region with the palaeolithic sites.

### Inhaltsverzeichnis

1	Der Rahmen .....	102
2	Forschungsgeschichte .....	103
3	Die Fundstellen im Lonetal .....	106
4	Die Fundstellen im Achtal .....	114
5	Schlussfolgerungen .....	121
6	UNESCO-Welterbe .....	122
7	Literatur .....	123

## 1 Der Rahmen

Am 9. Juli 2017 war es soweit: zwei Talabschnitte im Ach- und im Lonetal bei Ulm auf der Schwäbischen Alb wurden in Krakau zum UNESCO-Welterbe erklärt (CONARD 2017). Zum ersten Mal in der Geschichte Deutschlands wurde ein urgeschichtliches Bodendenkmal als Welterbe ausgezeichnet. Hier werden die Gründe für deren Ernennung aufgeführt und die archäologischen Höhlenfundstellen vorgestellt. Die Fundstellen Vogelherd, Hohlenstein-Stadel und Bockstein im Lonetal sowie das Geißenklösterle, der Sirgenstein und der Hohle Fels im Achtal sind Teil des Welterbes. Die Fundstellen sind vor allem wegen der Hinterlassenschaften aus der Kultur des Aurignaciens (etwa 42.000 bis 34.000 Jahre vor heute) bekannt. Sie beinhalten jedoch auch archäologische Horizonte (AH) aus dem Mittelpaläolithikum und den nachfolgenden Kulturen der jüngeren Altsteinzeit bis ins Holozän. Je nach Region variieren die Zeitangaben für die archäologisch definierten Kulturstufen etwas. Auf der Schwäbischen Alb beginnt das Mittelpaläolithikum erst mit der letzten Warmzeit (Interglazial) vor etwa 128.000 Jahren und endete vor etwa 45.000 Jahren vor heute (zum Klima der letzten Eiszeit siehe SROCKO 2010). Gerade der Übergang zwischen dem Mittelpaläolithikum, dessen Funde dem Neandertaler zugesprochen werden, und dem Aurignaciens, dessen Träger

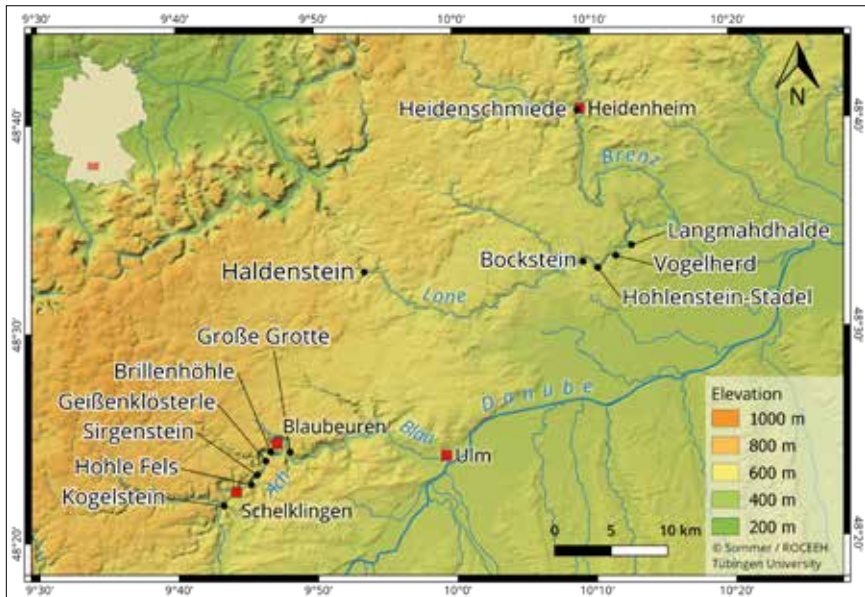


Abbildung 1: Karte der Schwäbischen Alb (Südwestdeutschland, Ach-, Brenz- und Lonetal) mit urgeschichtlichen Fundstellen. DOI 10.5281/zenodo.3460301.

Figure 1: Map of the Swabian Jura (Southwestern Germany, Ach-, Brenz- and Lone valleys) with palaeolithic sites. DOI 10.5281/zenodo.3460301.

der *Homo sapiens* ist, ist in den Alb-Höhlen sehr gut belegt (SCHMIDT 1912; RIEK 1934; HAHN 1988; CONARD et al. 2006).

Hier folgt auf die mittelpaläolithischen Schichten eine archäologisch fundlere Schicht (CONARD et al. 2006; MILLER 2015), bevor vor etwa 42.000 Jahren das Aurignacien beginnt und bis 34.000 Jahre vor heute andauerte. Das Gravettien schließt sich direkt an und endet in dieser Region um 30.000 Jahre vor heute (CONARD & BOLUS 2003). Die Menschen lebten in Jäger- und Sammler-Gemeinschaften zusammen. Aufgrund von Faunenanalysen ist belegt, dass die Höhlen auch im Winter aufgesucht wurden (MÜNDEL 2001; NIVEN 2006), wenn es in der Mammutsteppe (KAHLKE 2015) extrem kalt war und die Höhlen einen wichtigen Schutz boten. Während des 2. Kältemaximums der Würm-Eiszeit wurde die Alb nach heutigem Kenntnisstand kaum begangen. Die Besiedlung erfolgte erst wieder gegen 16.000 Jahren vor heute mit dem Magdalénien, das bis etwa 14.000 Jahre vor heute andauerte (TALLER 2014). Es schließt sich das Spätpaläolithikum bis etwa 11.600 Jahre vor heute an, in das der Übergang zum Holozän, in unsere heutige Warmzeit, fällt. Funde aus der mittleren Steinzeit, dem Mesolithikum, sind ebenfalls in den Fundstellen der Alb dokumentiert (SCHMIDT 1912; TALLER 2014; HESS 2019).

Zudem hat die Landschaft bei Ulm noch mehr Fundstellen mit urgeschichtlichem Kontext zu bieten (eine detaillierte Zusammenschau findet sich in CONARD et al. 2015) (Abb. 1). Hier wird ein Überblick über diese einzigartige urgeschichtliche Landschaft gegeben und die fundreichsten Höhlen werden vorgestellt.

## 2 Forschungsgeschichte

Die Fundstellen sind auch wegen ihrer langen und intensiven Forschungsgeschichte seit Mitte des 19. Jh. sehr gut ausgegraben und in verschiedenen Publikationen vorgelegt worden. Die Aktivitäten auf der Schwäbischen Alb ruhten zwischenzeitlich über Jahrzehnte, doch die Arbeiten wurden immer wieder aufgenommen. Zunächst wird ein kurzer Abriss seit den ersten Ausgrabungen bis zu den Tätigkeiten in den 1960er-Jahren gegeben. Bis dahin wurde mit Pickel und Schaufel ausgegraben. Die Erkenntnisse sind gegenüber den modernen Grabungen, bei denen das Sediment geschlämmt und die Funde nach Fundkategorie aussortiert werden, lückenhaft. Erst die Ergebnisse der Ausgrabungen von Joachim Hahn im Achtal ab 1974 geben uns heute detaillierten Aufschluss über die eiszeitlichen Lebensbedingungen. Eine löbliche Ausnahme bilden die Tätigkeiten von Eduard Peters (1869–1948) Ende der 1920er- bis in die 1940er-Jahre im Brudertal bei Engen und in Fundstellen in Veringenstadt.

Die erste archäologische Ausgrabung nahm Oscar Fraas (1824–1897) 1861 in der Bärenhöhle im Hohlenstein-Komplex im Lonetal vor. Dieser Komplex umfasst die Bärenhöhle, den Felsüberhang Kleine Scheuer und die Stadel-Höhle. In



der Bärenhöhle fand Fraas rund 10.000 Höhlenbärenknochen und schenkte den menschlichen Hinterlassenschaften zunächst keine Beachtung. 1866 grub er an der Schussenquelle in Oberschwaben aus. Er erkannte dort die altsteinzeitlichen Werkzeuge und kehrte daraufhin in die Bärenhöhle zurück, um gezielt nach Artefakten zu suchen (FRAAS 1872). Somit führte er für Süddeutschland den Beweis, dass Menschen und ausgestorbene Tiere zusammengelebt haben und es eine Geschichte vor der biblischen Sintflut gibt. Wenige Jahre darauf nahm er 1870/71 gemeinsam mit dem Pfarrer Theodor Hartmann die ersten fundierten archäologischen Ausgrabungen im Hohle Fels in Schelklingen im Achtal vor (BLUMENTRITT & HAHN 1991; CONARD & WOLF 2020). Ludwig Bürger (1844–1898) war ein passionierter Amateur-Archäologe. Er unternahm die ersten Ausgrabungen ab 1879 im Bockstein-Komplex im Lonetal. Größer angelegte Grabungen erfolgten 1883/84 gemeinsam mit dem Öllinger Pfarrer Dr. Friedrich Losch. Der heutige Höhleneingang wurde durch Sprengungen erreicht. Bürger arbeitete ebenfalls Lone aufwärts und legte in seinem Bericht auch die Arbeiten am Fohlenhaus und am Salzbühl vor (BÜRGER 1892).

1906 folgten die weiteren Ausgrabungskampagnen im Schmiechtal und im Achtal durch den Tübinger Prähistoriker Robert Rudolf Schmidt (1882–1950) (SCHMIDT 1912). In diesem Jahr arbeitete er im Schmiechtal im Hohle Fels Hütten, im Schmiechenfels und im Ganserfels. Er grub außerdem den gesamten Terrassen-Vorplatz der Sirgenstein-Höhle aus und legte ebenfalls einen kleinen Sonda-geschnitt im Hohle Fels schräg gegenüber des Sirgensteins an. Schmidt wendete erstmalig die französische Terminologie zur Ansprache von archäologischen Schichten an (BOLUS & CONARD 2012). 1908 arbeitete Schmidt auch im Lonetal in der Bockstein-Höhle und am Hohlenstein-Stadel. 1913 sammelte Eberhard Fraas mittelpaläolithische Funde am Kogelstein bei Schmiechen auf. Diese Höhle liegt am Kreuzungspunkt des Schmiechtales mit dem Achtal in der Nähe des Schmiechener Sees. Das Felsmassiv wurde zuerst als Steinbruch genutzt und dann Anfang des 20. Jahrhunderts bei Straßenarbeiten zu großen Teilen gesprengt.

Eine wichtige Grabung fand 1923 unter der Leitung von Wolfgang Soergel (1887–1946) und seiner späteren Frau Elsbeth Soergel-Rieth (1903–1986) in der Kleinen Scheuer im Hohlenstein-Komplex statt (SOERGEL-RIETH 2011). An dieser Stelle sei auch die exakte und hingebungsvolle Ausgrabungstätigkeit von Eduard Peters betont. Er grub ab 1928 in drei Kampagnen die reichste magdaléni-zeitliche Station Südwestdeutschlands aus, den nach ihm benannten Petersfels bei Engen (PETERS 1930). Peters führte 1930 die Ausgrabungen in der Heiden-schmiede in Heidenheim zu Ende. Außerdem war er in Veringenstadt auf der Westalb ab 1934 bis zu seinem Tod 1948 sehr aktiv und hat dort große, weithin sichtbare Fundstellen wie die Göpfelsteinhöhle, den Schafstall und die Nikolaus-höhle ausgegraben.

Erst in den 1930er-Jahren nahm die urgeschichtliche Grabungstätigkeit mit den Tübinger Forschern Gustav Riek (1900–1976, Urgeschichtler) und Robert

Wetzel (1898–1962, Anatom) wieder Fahrt auf. Die Naturfreunde Heidenheim hatten zum Ziel, neue Fundstellen im Lonetal zu finden. Herrmann Mohn und, neuen Erkenntnissen nach, Alfred Nusser entdeckten 1931 die Höhle Vogelherd, als ein „Genosse“ in einen Dachsbau trat und Steinwerkzeuge in seinen Schuhsohlen haften (WOLF et al. 2022). Riek wurde informiert und entschloss sich direkt, eine Ausgrabung vorzunehmen. Gemeinsam mit vier Grabungsarbeitern räumte er die gesamte Höhle in weniger als drei Monaten vollständig bis zur Sohle aus. Seine Beobachtungen legte er in seiner Habilitationsschrift drei Jahre später vor (RIEK 1934). Riek fand zehn Miniaturen aus Mammutelfenbein und eine aus Geweih, die zumeist Tiere der letzten Eiszeit darstellen. Diese machten die Höhle weltberühmt. Im Folgejahr arbeitete Wetzel ab 1932 bis 1935 am Bockstein-Komplex. Er grub dort die Fundstellen Bockstein-Grotte, Bockstein-Westloch, Bocksteinschmiede, Bocksteinloch, Bockstein-Brandplatte sowie den Abhang vor diesem Fundstellenkomplex aus (zusammenfassend in CONARD et al. 2015). 1953 entdeckte er den eigentlichen Eingang zur Bockstein-Höhle, das Bockstein-Törle (WETZEL 1954). Aufgrund schlechten Wetters wechselte Wetzel 1935 den Ausgrabungsplatz und wählte für seine Kampagne den etwa 2 km Lone aufwärts gelegenen Hohlenstein-Stadel. Diese Fundstelle war so aussichtsreich, dass er dort ab 1937 bis kurz vor Ausbruch des 2. Weltkrieges durch Otto Völzing ausgraben ließ. Der Stadel erwies sich als ergiebige archäologische Fundstelle (BECK 1999). 1936 führte Riek Ausgrabungen in der Haldenstein-Höhle bei Urspring nahe dem Quelltopf der Lone durch. Nach dem tiefen Einschnitt des 2. Weltkrieges nahmen Riek und Wetzel beide ihre Grabungstätigkeiten wieder auf. Wetzel blieb im Lonetal und arbeitete ab 1953 an den Fundstellen-Komplexen Bockstein und Hohlenstein. Riek verlagerte seine Arbeiten ins Achtal. Er grub dort 1958 bis 1960 gemeinsam mit Getraud Matschak im Hohle Fels. Zwischen 1955 und 1963 leitete er Ausgrabungen in der Brillenhöhle bei Blaubeuren. Dort wurden keine mittelpaläolithischen Schichten entdeckt, aber mächtige gravettienzeitliche und magdalénienzeitliche Ablagerungen. Außerdem grub Riek zwischen 1959 und 1964 die Große Grotte unterhalb des Rusenschlosses in Blaubeuren aus. Hier fanden sich keine Hinterlassenschaften aus der jüngeren Altsteinzeit, sondern ausschließlich Artefakte aus dem Mittelpaläolithikum (WAGNER 1983). Die Forschungsgeschichte wird aktuell aufgearbeitet (FRICK, SCHÜRCH & ÇEP 2022). Nachgrabungen in einer Spalte am Kogelstein unter der Leitung von Claus-Joachim Kind konnten ebenfalls ausschließlich ein Mittelpaläolithikum für diesen Fundplatz nachweisen (BÖTTCHER et al. 2001).

Die Eingänge der sechs eingangs erwähnten, geräumigen Höhlens waren schon während der Altsteinzeit gut sichtbar. Sie liegen in den beiden Tälern jeweils weniger als 2 km Luftlinie voneinander entfernt. Die archäologischen Funde sprechen für eine gemeinsame Kultur des Aurignaciens in der Region Schwäbische Alb, die eigene Charakteristika aufweist, die in anderen Regionen Europas nicht vorhanden oder anders ausgeprägt sind (z. B. WOLF 2015; DUTKIEWICZ, WOLF &

CONARD 2018; BATAILLE & CONARD 2018). Im Folgenden wird auf die einzelnen Höhlenfundstellen in chronologischer Abfolge innerhalb des jeweiligen Tales eingegangen.

### 3 Die Fundstellen im Lonetal

Ausgrabungen in der Bocksteinhöhle und ihrer unmittelbaren Umgebung fanden im Laufe des späten 19. Jh. bis in die erste Hälfte des 20. Jh. immer wieder statt (BÜRGER 1892; SCHMIDT 1912; WETZEL 1954; WETZEL & BOSINSKI 1969). Sowohl die Höhle als auch ihr Eingang (Bockstein-Törle) haben aurignacienzeitliche Artefakte geliefert. Die drei steinzeitlichen Schichten III bis V des Bockstein sind jedoch schwer voneinander zu unterscheiden (KRÖNNECK 2012). Die aus den archäologischen Horizonten IV bis V erhaltenen Radiokarbondaten waren keine AMS-Daten, sie variierten erheblich. Anhand der diagnostischen Funde wird geschlossen, dass diese Schichten dem Aurignacien zuzuordnen sind (CONARD & BOLUS 2003, 2008). Dazu gehören Spitzen aus Knochen und Geweih mit einfacher und gespaltenen Basis, aber vor allem Steingeräte wie Kratzerklingen oder Stichel (CONARD & BOLUS 2003). Erwähnenswert ist eine Frauenbestattung in Hockerlage mit Säugling, die vom Ausgräber Bürger in Schicht IV ausgegraben wurde und als steinzeitlich angesprochen wurde. Es entbrannte eine hitzige Debatte über das Alter; von einer im Kirchenbuch in Öllingen eingetragenen Selbstmörderin aus dem Jahr 1739 war die Rede (WEHRBERGER 2019). Aktuelle Radiokarbondaten um 9.400 Jahren vor heute bestätigten ein mesolithisches Alter für die Bestattete (WEHRBERGER 2019). Darüber wurde im Fundstellenkomplex Bockstein ein besonders reiches mittelpaläolithisches Artefakt-Inventar ausgegraben, das typologisch zu den sogenannten Keilmessergruppen gehört. Aus dieser Fundstelle stammt sogar ein Leitfossil des Mittelpaläolithikums, das nach der Fundstelle benannt wurde: das Bocksteinmesser. Dieses hat einen geraden, stumpfen Rücken, einen dreieckigen Querschnitt, eine wechselseitig gleichgerichtete ventrale und dorsale Kantenbearbeitung und eine häufige Aufwölbung der gegenüberliegenden Flächen (WETZEL & BOSINSKI 1969). Berin Çep (z. B. ÇEP & KRÖNNECK 2015) hat die Herstellung und das Nachschärfen der Bocksteinmesser vorgelegt und gezeigt, wie vorausschauend und Material sparend die Neandertaler Steine bearbeitet haben. Das Rohmaterial dafür wurde lokal im Radius von etwa 7 km aufgesammelt. Der Bockstein-Komplex ist die bislang wichtigste Fundstelle für den Nachweis des Alltagslebens der Neandertaler in dieser Region.

Wie eingangs erwähnt, leitete Riek die Ausgrabungen im Vogelherd 1931. Die Höhle besitzt einen Y-förmigen Grundriss, misst rund 170 m<sup>2</sup> und hat eine Deckenhöhe von 4–5 m. Das ausgehobene Sediment wurde weder geschlämmt noch sortiert, sondern einfach vor dem Süd- und dem Südwesteingang vor der Höhle den Hügel hinuntergekippt (Abb. 2). Riek war ein guter Geologe und beschreibt



Abbildung 2: Vogelherd, Ausgrabungen. Links im Jahr 1931, rechts im Jahr 2008. Fotos: Universität Tübingen.

Figure 2: Vogelherd, excavations. Left: 1931, right: 2008. Photos: University of Tübingen.

die verschiedenen Schichten detailliert. Er führt acht archäologische Horizonte auf, die eine zeitliche Abfolge vom Neolithikum bis ins Mittelpaläolithikum zeigen (RIEK 1934). In der untersten Schicht IX „Kultur der Höhlensohle“ fanden sich nur sechs Steinartefakte. Ein Waldelefantenzahn aus Schicht VIII zeigt die Anwesenheit von Neandertalern während der letzten Warmzeit. Schicht VI als *unteres Aurignacien* nach Riek wird heute ins Mittelpaläolithikum gestellt (CONARD & BOLUS 2008). Die mächtigsten und fundreichsten Schichten waren Schicht V (mittleres Aurignacien nach Riek) und Schicht IV (oberes Aurignacien nach Riek). In den letzten Jahrzehnten wurden verschiedene Datierungen an Knochen und Knochenkohle aus dem Vogelherd durchgeführt. Die relevanten Daten für Schicht IV streuen zwischen 30.700 und 34.100 uncal. BP. Die Daten für AH V liegen zwischen 30.200 und 35.800 uncal. BP (CONARD & BOLUS 2008). In Schicht IV und V wurden menschliche Schädel ausgegraben, die als klassische *Homo sapiens* und bis 2004 als mit die ersten aurignacienzeitlichen Siedler Europas galten. Neue Datierungen ergaben jedoch ein spätneolithisches Alter von  $3.980 \pm 35$  bis  $4.995 \pm 35$  vor heute (CONARD, GROOTES & SMITH 2004). Die Artefakte aus den Schichten III und II werden hauptsächlich ins Magdalénien gestellt.

Der Vogelherd beinhaltet Tausende Artefakte, die von Steingeräten, über Geschosspitzen aus Geweih, Knochen und Elfenbein, Lochstäben und Tierknochen reichen. Im Südwesteingang wurde sogar eine Art Windfang aus Tierknochen ausgegraben. Besonders zu erwähnen ist das von Riek beschriebene Stoßzahnlager aus Schicht V sowie gut erkennbare Arbeitsplätze in den Eingangsbereichen. Aus den aurignacienzeitlichen Schichten barg Riek insgesamt elf kleine Statuetten und Statuettenfragmente, die bis auf eine anthropomorphe Figur Tiere der letzten Eiszeit darstellen (sechs davon siehe Abb. 3). Zehn Figuren wurden aus Mammutelfenbein geschnitzt und eine aus Geweih gearbeitet (DUTKIEWICZ 2021). In Schicht V wurden die sieben Darstellungen eines Wildpferds, eines Mammuts mit Durchlochungen zwischen Vorder- und Hinterläufen, das Fragment einer Mam-



Abbildung 3: Vogelherd, figürliche Kunst, ausgegraben 1931: 1 Pferd; 2 Mammut; 3 Tierkörper; 4 Höhlenlöwe; 5 Mammutrelief auf Geweih; 6 Höhlenbär oder Höhlenlöwe (zusammengesetzt 2013); Fotos: H. Jensen, J. Lipák © Universität Tübingen.

Figure 3: Vogelherd, figurative artworks, excavated 1931: 1 horse; 2 mammoth; 3 body of an animal; 4 cave lion; 5 relief of a mammoth made from antler; 6 cave bear or cave lion (refitted 2013); photos: H. Jensen, J. Lipák © Universität Tübingen.

mutdarstellung sowie eines Hinterbeins einer vermuteten Mammutdarstellung (beide gehörten vermutlich zu einer Figur), eines Rentiers (ein Tierkörper mit Wellen-Verzierung), eines Höhlenlöwen und eines Höhlenbären ausgegraben. In Schicht IV wurden die Darstellungen eines Höhlenlöwen, eines Bisons, einer menschlichen Figur sowie eines Mammutreliefs (auf Geweih) entdeckt (RIEK 1934: 281ff). Keine der Figuren ist vollständig erhalten. Die Fundlage der Figuren wird von Riek nicht exakt angegeben. Es ist von der Einmündung des Ostganges in die Haupthalle die Rede (zu der Auffindung und Geschichte der Figurinen siehe WOLF et al. 2022).



Abbildung 4: Vogelherd, Mammutdarstellung, ausgegraben 2006; Länge: 3,7 cm; Foto: Juraj Lipták © Universität Tübingen.

Figure 4: Vogelherd, mammoth depiction, excavated 2006; Length: 3.7 cm; photo: Juraj Lipták © Universität Tübingen.

Aufgrund der relativ groben Vorgehensweise Rieks bei der Grabung 1931 ging man davon aus, dass zahlreiche Funde von ihm und seinem Team übersehen worden waren. Zwischen 2005 und 2012 leitete Nicholas Conard Nachgrabungen im Abraum der Sedimente von 1931 vor der Höhle (z. B. CONARD, LINGNAU & MALINA 2007; CONARD, ZEIDI & JANAS 2016). 90% des Abraums wurde ausgegraben, geschlämmt und sortiert. Die Artefakte waren Jahrzehnte lang der Erosion ausgesetzt und Conard wollte so viel wie möglich bergen, um daraus Rückschlüsse auf die Klima- und Lebensbedingungen der Menschen der letzten Eiszeit zu

ziehen. Weiterhin sind immer noch Forschungsfragen offen, beispielsweise ob es im Gravettien ähnlich intensive Besiedlungen im Lonetal wie im Achtal gab oder nicht. Weiterhin hatten die Grabungen zum Ziel, die Kunstobjekte zu finden, welche die fragmentarisch vorliegenden eiszeitlichen Kunstwerke vom Vogelherd vervollständigen würden. Begonnen wurde mit diesen Arbeiten im Rahmen der Vorbereitungen für die Große Landesausstellung „Eiszeit – Kunst und Kultur“, die im September 2009 eröffnet wurde. Der weltweite Erfolg dieser Feldarbeiten stellte sich schon 2006 ein, als die bislang einzige vollständige Figur aus Mammutelfenbein ausgegraben wurde: das Mammut vom Vogelherd (Abb. 4). Die Darstellung zeigt vermutlich ein Jungtier mit geschwungenem Rüssel und aufgestelltem Schwanz. Außerdem wurde eine weitere Löwenfigur gefunden (CONARD, LINGNAU & MALINA 2007). 2008 ergänzten Statuetten von Fisch, Igel und Bovide aus Mammutelfenbein das bunte Bild der eiszeitlichen Tierdarstellungen (CONARD & MALINA 2009). Die erneute Ausgrabung gelang bei der Suche nach einer Fülle



Abbildung 5: Vogelherd, figürliche Kunst, gefunden zwischen 2006 und 2012: 1 Bovide (?); 2 Igel (?); 3 Höhlenlöwe; 4 Tierkörper; 5 Tierkörper; 6 Querschnitt durch eine Mammutdarstellung; Fotos: H. Jensen © Universität Tübingen.

Figure 5: Vogelherd, figurative artworks, excavated between 2006 and 2012: 1 bovid (?); 2 hedgehog (?); 3 cave lion; 4 body of an animal; 5 body of an animal; 6 cross section of a mammoth depiction; photos: H. Jensen © Universität Tübingen.

neuer Artefakte. Besonders kleine Funde wurden entdeckt, wie Hunderte von persönlichen Schmuckstücken aus Elfenbein und auch aus Tierzähnen, mindestens 60 Fragmente figürlicher Kunstwerke sowie mehrere Fragmente von Knochen- und Elfenbeinflöten (z. B. CONARD & KIND 2017; WOLF 2015; DUTKIEWICZ 2021) (Abb. 5). Diese Artefakte aus dem Abraum der Grabung Rieks haben jedoch einen ungesicherten stratigraphischen Kontext. Sie müssen zusammen mit Funden von Stätten mit gut dokumentierten Stratigraphien untersucht werden. Die Flötenfragmente sind beispielsweise aufgrund der gut erhaltenen Flöten aus den Höhlen des Aichtals als solche erkennbar. Besonders hervorzuheben sind die Zusammensetzungen von den unvollständigen Figurinen aus dem Jahr 1931 mit Stücken aus den Nachgrabungen. 2012 konnte ein Teil des Kopfes an das Tier „Bär/Löwe“ angesetzt werden (WOLF 2015). Im darauffolgenden Jahr wurde ein Fragment einer Schnauze an den großen Löwen angesetzt, der bis zu diesem Zeitpunkt als Halbr relief angesehen wurde (CONARD & ZEIDI 2014). Dies ist nicht nur aus kunsthistorischer Sicht ein Gewinn, sondern vor allem aus wissenschaftlicher Sicht der direkte Beleg für das aurignacienzeitliche Alter der entsprechenden Funde aus den Nachgrabungen. Es gelangen weitere Zusammensetzungen von Elfenbeinartefakten aus der Altgrabung und den Neugrabungen (WOLF 2015). Weiterhin sind zahlreiche Artefakte wie Geweihspitzen mit gespaltener Basis und doppelt durchlochte Perlen bekannt, die charakteristisch für das Schwäbische Aurignacien sind (WOLF 2015; KITAGAWA & CONARD 2020).

Nach den ersten Arbeiten von Bürger in der Bärenhöhle gruben hier Wetzel und Völzing 1937 und 1938 aus. Wetzel kehrte zwischen 1956 und 1961 an die Fundstelle zurück. Die Schichten waren häufig gestört. Es liegen Artefakte vom Magdalénien bis ins Mittelpaläolithikum vor. Letzteres ist hier im Vergleich mit den anderen Kulturen besonders gut belegt (WETZEL 1961; BECK 1999). Unter dem Felsüberhang Kleine Scheuer wurden insgesamt 26 Schichten gezählt (SOER- GEL-RIETH 2011). Die Arbeiten des Paares Soergel-Rieth erbrachten als bedeutendsten Fund einen mit feinen Punktreihen bemalten Kiesel aus einer magdalénienzeitlichen Schicht.

Der Stadel steht im Mittelpunkt des archäologischen Interesses. Er war mit der sogenannten Ulmer Mauer verschlossen, die im 16. Jahrhundert errichtet worden war und bei Beginn der Arbeiten teilweise noch stand. Wetzel und Völzing gruben zwischen 1937 und 1939 und Wetzel wieder ab 1954 bis 1961. Die Höhle misst etwa 69 m in der Länge und der große Höhlenraum zeichnet sich durch Ausbuchtungen, Verengungen und Nischen aus. Gehen wir auf die Grabungen unter der Leitung Wetzels nun detaillierter ein. Wetzel ließ im Metersystem und in Hieben ausgraben. Dabei entsprach ein Hieb etwa 20 cm. Die Null-Linie innerhalb der Stadel-Höhle legte er nicht in den Eingangsbereich, sondern zehn Meter tiefer in den Höhleninnenraum. Diese Tatsache wurde erst von Dunja Beck (1999) erkannt. Das Idealprofil des Stadels zeigt neun archäologische Schichten, die denen der benachbarten Vogelherd-Höhle gleichen. Sie messen mehr als vier Meter in



der Tiefe. Die tiefste Schicht ist die des „schwarzen Moustérien“. Hier wurde der einzige Neandertalerknochen der Schwäbischen Alb ausgegraben. Es handelt sich um den beidseitig von Hyänen angefressenen Oberschenkelknochen, der jüngst genetisch analysiert wurde (POSTH et al. 2017). In den aufliegenden Schichten VIII und VII fanden sich mittelpaläolithische Artefakte wie Schaber und Levallois Abschläge. Die aurignacienzeitlichen Schichten bargen das bekannteste Artefakt aus dem Stadel. Am 25.08.1939, kurz vor Ausbruch des 2. Weltkrieges, gruben die Grabungsarbeiter relativ am Ende der Höhle im 20. Meter und im 6. Hieb annähernd 300 Fragmente aus Mammutelfenbein aus (SCHMID u. a. 1989). Wetzel erkannte diese als bearbeitet und meldete dies auch an seinen Dienstherrn, aber er befasste sich nachweislich nicht mehr damit (WEHRBERGER 2013). Die Funde aus dem Stadel wurden an die Universität Tübingen gebracht und fanden von dort ihren Weg in das Depot des Ulmer Museums (heute Museum Ulm). Sie wurden erst 1969 von Joachim Hahn und zwei Kommilitonen zu einer Statuette, damals noch ohne Kopf zusammengesetzt, die Hahn als Mischwesen interpretierte (HAHN 1970). Es handelt sich um ein aufrechtstehendes Wesen mit menschlichen Füßen und Beinen. Der Oberkörper ist der eines Höhlenlöwen, langgestreckt mit Pranken und mit einem Löwenkopf. Die Figur wurde aus einem vollen Mammutstoßzahn geschnitzt. Die äußere Schicht, der Zement, ist an der Nackenpartie und der linken Pranke erkennbar. Ein interessantes Detail ist, dass auch der menschliche Bauchnabel gearbeitet wurde. In den kommenden Jahren fanden sich noch weitere Fragmente der Statuette. Deswegen entschlossen sich Christa Seewald und Elisabeth Schmid, die Statuette professionell im Landesmuseum Stuttgart restaurieren zu lassen. Der Löwenmensch erhielt das Aussehen, das er für 25 Jahre behalten sollte. Die Fehlstellen wurden mit einer Kreidewachsergänzung verschlossen und der offenen Rücken mit einem Plexiglasstift stabilisiert. Die gesamte rechte Seite fehlte. Der linke Arm ist mit acht tiefen Kerben verziert. Die Figur war 29,6 cm hoch. Dies ist der bislang früheste Beleg für die Darstellung eines nicht realen Wesens. In der Nähe der Figur wurden durchlochete Fuchszähne und zwei Elfenbeinschmuckstücke gefunden (WOLF, CONARD & KIND 2013; WOLF 2019) sowie Werkzeuge aus organischen Materialien wie Glätter und Abwurfstanzen vom Rentier (GEILING, BOLUS & CONARD 2015). Es wurden vergleichsweise wenige Steingeräte ausgegraben und diese im Eingangsbereich der Höhle. Daraus wird geschlossen, dass die Stadel-Höhle kein Wohnplatz war (HAHN 1989; WOLF 2019) und dass die Löwenmenschfigur intentionell deponiert wurde. Dies ist auch im Faunenspektrum zu erkennen: die Höhlenbären sind die häufigste Tierart im Stadel. Zudem wies Keiko Kitagawa nach, dass Hyänen ihn besonders im Mittelpaläolithikum als Bau genutzt haben (KITAGAWA 2014)

Die magdalénienzeitlichen Artefakte wurden vorrangig im Eingangsbereich ausgegraben. Hier sind Rentiergeweihe hervorzuheben. Unterhalb der Ulmer Mauer wurde in der mesolithischen Schicht eine Bestattung von drei Schädeln ausgegraben. Es handelt sich um einen erwachsenen Mann und eine erwachse-



Abbildung 6: Hohlenstein-Stadel. Löwenmensch seit 2013; Foto: Y. Mühleis, Landesamt für Denkmalpflege Baden-Württemberg im Regierungspräsidium Stuttgart.

Figure 6: Hohlenstein-Stadel. Lion Man since 2013; photo: Y. Mühleis, Landesamt für Denkmalpflege Baden-Württemberg im Regierungspräsidium Stuttgart.

ne Frau sowie ein 1,5–2-jähriges Kind, das vermutlich einen Wasserkopf hatte. Die Schädel zeigen Hiebverletzungen und diese Menschen kamen gewaltsam ums Leben (ORSCHIEDT 1999). Der Blick war in die Höhle gerichtet, die Köpfe ruhten auf einem Ockerbett und der Frau war eine Kette aus Perlfischzähnen beigegeben (RIGAUD et al. 2013). Im Inneren der Höhle wurden in den neolithischen Schichten die Knochenrümmernstätte ausgegraben, die Reste von 41 Menschen enthielt. ORSCHIEDT (1999) geht von Sekundärbestattungen aus.

Zwischen 2008 und 2013 leiteten Claus-Joachim Kind und sein Assistent Thomas Beutelspacher Ausgrabungen vor und in der Höhle (KIND & BEUTELSPACHER 2010; KIND et al. 2014). Vor der Höhle konnte ein Schnitt von Wetzels erfasst werden und es wurden intakte Sedimente angetroffen. Im Höhleninnenraum grub das Team an der Stelle, an der wiederum das Team Wetzels im August 1939 ihren Schnitt mit dem ausgehobenen Sediment verfüllt hatten. Die alte Grabungskante wurde gefunden und intakte Sedimente wurden ausgegraben. Die von Wetzels beschriebene Schichtabfolge konnte bestätigt werden. Datierungen aus den aurnazienzeitlichen Schichten ergaben ein Alter von etwa 40.000 Jahre vor heute. Drei Elfenbeinfunde aus diesen Ausgrabungen konnten gemeinsam mit nicht angepassten Stücken aus dem Altbestand virtuell an den Rücken des Löwenmenschen angesetzt werden. Insgesamt wurden 575 Fragmente gefunden, die in eine Neuzusammensetzung der Figur einbezogen werden konnten (EBINGER-RIST & WOLF 2013). Die Statuette wurde 2012/13 in der Restaurierungswerkstatt des Landesamtes für Denkmalpflege Baden-Württemberg professionell in ihre Einzelteile zerlegt und mit allen verfügbaren Elfenbeinfragmenten wieder zusammengesetzt (davon 57 Fragmente aus dem Bestand von 1989 und die neuen Stücke). Dieses 3D-Puzzle war aufwendig und komplex – und es war erfolgreich. Der leitenden Restauratorin Nicole Ebinger war es gelungen, den Löwenmensch weitestgehend zu vervollständigen. Er liegt heute ohne Stabilisierungsmaßnahmen vor, misst 31,1 cm und hat an Volumen gewonnen. Sein neues Erscheinungsbild zeigt mehr Dynamik als vorher (Abb. 6). Die neu angesetzten Schulterblätter ziehen zueinander, die Ohren sind leicht versetzt aufgestellt und der rechte Arm ist auch angewinkelt. Das linke Ohr zeigt Ritzverzierungen (EBINGER-RIST et al. 2013). In dem Schnitt der Nachgrabung wurden weitere Schmuckstücke entdeckt (WOLF 2019). Der nach Norden ausgerichtete Stadel war vermutlich nie eine Wohnhöhle, sondern ein besonderer Platz für alle eiszeitlichen Menschen bis in das Holozän hinein.

## 4 Die Fundstellen im Achtal

Im Achtal (Abb. 7) wurde zuerst der Hohle Fels 1870/71 untersucht. Der Eingang war weithin sichtbar und die Höhle konnte durch alle Zeiten begangen werden (Abb. 8). Um den schräg gegenüberliegenden Sirgenstein ranken sich Mythen und



Abbildung 7: Achtal; Foto: Conny Meister.  
Figure 7: Ach valley; photo: Conny Meister.



Abbildung 8: Hohle Fels in Schelklingen; Foto: Alb-Donau-Kreis Tourismus burkert ideenreich.  
Figure 8: Hohle Fels in Schelklingen; photo: Alb-Donau-Kreis Tourismus burkert ideenreich.

Legenden. Robert Schmidt hatte den Sirgenstein 1906 ausgegraben (SCHMIDT 1912). Die aurignacienzeitlichen Schichten werden hier mit IV und V bezeichnet (CONARD & BOLUS 2003). Die Höhle wird als Teil desselben Siedlungssystems gesehen, das für Hohle Fels und Geißenklösterle dokumentiert ist, obwohl viele Details über den Ort aufgrund seines frühen Ausgrabungsdatums nicht bekannt sind (zur Zooarchäologie BERTACCHI, STARKOVICH & CONARD 2021). Der Sirgenstein

war der erste Ort innerhalb des heutigen Deutschlands, an dem die französische Terminologie für prähistorische Kulturen verwendet wurde (BOLUS & CONARD 2012). Der Ort bildete auch die Grundlage für Schmidts Synthese kultureller Entwicklungen während des Mittel- und Jungpaläolithikums. Schmidt verdient auch Anerkennung dafür, dass er eine Lücke zwischen den Fundhorizonten des späten Neandertalers und denen des anatomisch modernen Menschen identifiziert hat. Der Hohle Fels war nie Objekt von Mythen. Hier wurde im 19. Jh. Fledermauskot (Guano) abgebaut (BLUMENTRITT & HAHN 1991). Nachdem Riek und Matschak zwischen 1958 und 1960 im Tunnelbereich ausgegraben hatten, begann Hahn 1977 Ausgrabungen in der Höhle. Er wollte eine Vergleichsstratigraphie für das benachbarte Geißenklösterle erhalten und grub mit Unterbrechungen bis 1996 im Hohle Fels (CONARD 2000). Hahn grub ab 1976 auch das Helga Abri aus, einen Felsüberhang oberhalb des Eingangsbereiches des Hohle Fels. Die Funde wurden jüngst im Rahmen einer Dissertation vorgelegt (HESS 2019). Seit 1997 wird der Hohle Fels unter Leitung Conards in jährlichen Kampagnen ausgegraben (CONARD & WOLF 2020). Die Ausgrabungsfläche misst 66 m<sup>2</sup> und mittlerweile reichen die Schichten über 5 m tief unterhalb den heutigen Lauffhorizont, vom Magdalénien bis ins Mittelpaläolithikum (AH I bis XII). Im Hohle Fels verlaufen die Schichten nicht horizontal, sondern sie sind vom Schuttkegel in der Höhlenhalle ausgehend in Richtung Höhleneingang in abfallender Neigung gelagert. Die Schichten im Hohle Fels sind oft schwer zu gliedern, denn die Pakete aus rotbraunem, tonigem Schluff mit Kalkschutt sehen sehr ähnlich aus. Glücklicherweise gibt es markante Befunde wie Brandhorizonte. Die Urgeschichte ist in den kalkreichen Sedimenten des Hohle Fels besonders aufschlussreich. Hier sind ideale Erhaltungsbedingungen für viele Fundgattungen gegeben. Die neandertalerzeitlichen, sprich mittelpaläolithischen Schichten entsprechen den AHs XII-VI. Die Funde des Aurignaciens stammen aus den AHs Vb-IIId. Funde aus dem Gravettien finden sich in den Schichten AH IIc und IIb, und die Funde des Magdaléniens sind aus den Schichten AH IIa-I belegt. Der Hohle Fels ist eine Höhle der Superlative: hier wurden figürliche Kunstwerke, Gravierungen und Malerei ausgegraben. Tausende Artefakte zeugen vom Alltagsleben unserer Vorfahren in allen definierten Kulturen der Altsteinzeit im süddeutschen Raum (TALLER 2014; TALLER & CONARD 2016; BATAILLE & CONARD 2018). Die typischen Steinartefakte aus den jeweiligen Kulturen besitzen regional geprägte Formen. Ein Highlight aus der Schicht X war der Fund einer Blattspitze 2021 (ROTS, COPPE & CONARD 2021). Bisher waren zwei Exemplare aus der Haldenstein-Höhle im Lonetal bekannt, die 1936 ausgegraben wurden. Diese mittelpaläolithischen Fundhorizonte sind noch nicht mit hoher Genauigkeit datiert, aber vermutlich sind die Funde zwischen rund 100.000 und 50.000 Jahre alt. Im Hohle Fels haben die Aurignacien-Schichten kalibrierte Radiokarbonaten zwischen 42.000 und 35.000 Jahren BP geliefert (CONARD & BOLUS 2008; CONARD 2009; BATAILLE & CONARD 2018). Die Werkzeuge aus Mammutelfenbein sind außergewöhnlich. Es sind Meißel, verschiedene

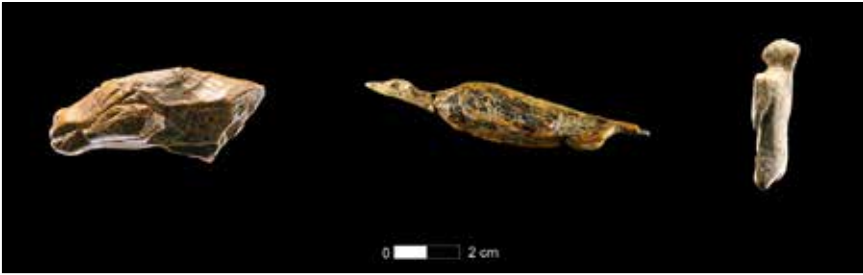


Abbildung 9: Hohle Fels, figürliche Kunst, ausgegraben zwischen 1999 und 2002: 1 Pferdekopf; 2 Wasservogel; 3 Miniatur Löwenmensch; Fotos: H. Jensen, J. Lipák © Universität Tübingen.

Figure 9: Hohle Fels, figurative artworks, excavated between 1999 and 2002: 1 head of a horse; 2 waterbird; 3 miniature of a Lion Man; photos: H. Jensen, J. Lipák © Universität Tübingen.

Geschosspitzen, ein Lochstab, Kratzer und Glätter aus Mammutelfenbein bekannt (WOLF 2015; CONARD & MALINA 2020).

Als Hahn 1977 mit den Ausgrabungen begann, dachte niemand an Kunstwerke aus dem Hohle Fels. Hahn publizierte zwei bemalte Kalksteine, doch diesen wurde keine signifikante Bedeutung zugemessen. Seit den Grabungstätigkeiten von Conard sind mittlerweile mindestens weitere sechs bemalte Steine aus den verschiedenen magdalénienzeitlichen Schichten bekannt. Es handelt sich zumeist um Kalksteine, die mit Punktreihen verziert wurden. Es sind mobile Kunstwerke. Bisher ist eine Abplatzung von der Höhlenwand nur für einen Kalkstein als Möglichkeit in Betracht zu ziehen. Diese Stücke begründen die Tradition von bemalten Steinen im südwestdeutschen Raum (CONARD & UERPMANN 2000; CONARD & WOLF 2020). Bis heute sind zahlreiche Ockerstücke aus allen altsteinzeitlichen Schichten bekannt. Darunter befinden sich auch solche Stücke, die als Farbstift gedeutet werden können (VELLIKY, PORR & CONARD 2018). 2004 veröffentlichten Conard und sein Team die Darstellung eines Phallus aus Siltstein, der aus Bruchstücken aus Schicht IIc zusammengesetzt worden war (CONARD & KIESELBACH 2006). Dafür wurde ein Flussgeröll genutzt, das in seiner Form an einen Penis erinnert. Im oberen Drittel wurde durch eine umlaufende Rille die Eichel angedeutet. Das Stück wurde auch als Werkzeug genutzt. Es handelt sich um die bislang erste männliche Darstellung weltweit. Weiterhin wurde aus Schicht IIc 1993 eine Rentiergeweihhacke ausgegraben, die eine Gravierung eines Tieres zeigt. Im Jahr 1999 wurde ein Pferdekopf aus Mammutelfenbein in Schicht IID entdeckt. 2001 gelang es, die Wange an den Kopf anzusetzen, die aus der unteren Schicht IIIa stammt. 2001 wurde zudem der Körper eines Tieres aus Schicht IV ausgegraben, der ohne Kopf vorlag. Als 2002 das Sediment der Grabungen von 2001 aussortiert wurde, wurde der Kopf dieser Figur entdeckt. Als der Körper exakt an den Körper angesetzt werden konnte, erkannte man die perfekt geschnittene Gestalt eines Wasservogels. In der Nähe des Wasservogels wurde außerdem die Miniaturdarstellung eines Löwenmenschen ausgegraben. Die winzige Figur steht aufrecht und zeigt



Abbildung 10: Hohle Fels, Frauenfigur und Flöte aus Gänsegeierknochen; Fotos: H. Jensen © Universität Tübingen.

Figure 10: Hohle Fels, female figurine and flute made from vulture bone; photos: H. Jensen © Universität Tübingen.

einen runden Kopf mit angedeuteten Ohren und Schnauze sowie eckigen Schultern. Die Beine sind gebrochen (Abb. 9). Die Figur wirkt wie ein Mischwesen und erinnert stark an den Löwenmenschen aus der Stadel-Höhle im Lonetal (CONARD 2003). Der Holey Fels ist international bekannt für die weibliche Darstellung aus Mammutelfenbein, die sogenannte Venus vom Hohle Fels (CONARD 2009) sowie das weltweit früheste Musikinstrument, eine Flöte aus dem Radius des Gänsegeiers (CONARD, MALINA & MÜNDEL 2009) (Abb. 10). Beide wurden 2008 in der tiefsten aurignacienzeitlichen Schicht Vb ausgegraben. Die Frauenfigur besitzt anstelle eines Kopfes eine Öse. Die Geschlechtsmerkmale wurden stark betont. Die Brüste stehen nach vorne und die Vulva wurde ausgearbeitet. Die Hände liegen unter den Brüsten auf. Die Beine laufen in Spitzen aus. Die gesamte Figur ist mit feinen, bewusst gesetzten Ritzverzierungen versehen (DUTKIEWICZ 2021). Das Artefakt ist die erste dreidimensionale Darstellung eines Menschen, eine Frau und gleichzeitig ein Anhänger. Sie wurde aus neun Fragmenten zusammengesetzt, die inmitten des täglichen Abfalls lagen. In unmittelbarer Nähe wurde eine Flöte aus Gänsegeierknochen ausgegraben, deren Anblasende noch erhalten ist und die insgesamt fünf Grifflöcher zeigt. Diese sind sorgfältig geschabt worden. Zudem wurden zwei weitere Fragmente von Flöten gefunden. 2014 wurden zwei verzierte Mammutelfenbeinfragmente zu einem Stück zusammengesetzt, das wie die Brust einer weiteren Frauendarstellung anmutet (CONARD & MALINA 2015). Die zahlreichen Schmuckstücke wie die doppelt durchlochte Perle, die charakteristisch für das Schwäbische Aurignacien ist, sowie durchlochte Tierzähne zeugen vom Selbstbewusstsein und der Identität der aurignacienzeitlichen Menschen (KÖLBL & CONARD 2003; WOLF 2015). Die Perlen zeigen verschiedene Formen, die teilweise einmalig sind und in keiner anderen Region Europas bekannt sind. Auch in den nachfolgenden Zeiten des Gravettien und des Magdaléniens sind Schmuckstücke aus dem Hohle Fels bekannt. Die Ausgrabungen im Hohle Fels überraschen immer wieder mit einmaligen Artefakten und neuen Erkenntnissen zur Lebensweise unserer Vorfahren in Zentraleuropa. Diese suchten in allen Epochen den Hohle Fels als Zufluchtsstätte auf.

Ach abwärts liegt das Geißenklösterle. Dieses wurde als archäologische Fundstelle erst 1958 von Reiner Blumentritt entdeckt. Aufbauend auf ersten Arbeiten unter der Leitung von Gustav Riek und Eberhard Wagner führte Joachim Hahn zwischen 1974 und 1991 die Ausgrabungen im Geißenklösterle mit modernen Grabungsmethoden durch (HAHN 1988; CONARD, BOLUS & MÜNDEL 2019). In den Jahren 2001 und 2002 setzte Conard die Arbeiten an dieser Höhle fort, bis die Höhlensohle erreicht war (CONARD & MALINA 2003). Die archäologischen Schichten I bis VIII zeigen eine zeitliche Abfolge vom Magdalénien bis ins Mittelpaläolithikum. Ähnlich wie die Sedimente des Hohle Fels wurden die Aurignacien-Schichten II und III auf ca. 42.000–35.000 Jahren vor heute datiert. Diese Daten basieren auf kalibrierten Radiokarbonaten, die durch eine Reihe anderer radiometrischer Datierungsmethoden bestätigt wurden (CONARD & BOLUS 2008;





Abbildung 11: Geißenklösterle, Flöte aus Mammutelfenbein, zusammengesetzt 2004; Länge: 18,7 cm; Foto: J. Lipták © Universität Tübingen.

Figure 11: Geißenklösterle, flute made from mammoth ivory, refitted in 20024; Length: 18.7 cm; photo: J. Lipták © Universität Tübingen.

HIGHAM et al. 2012; RICHARD et al. 2019; RICHTER et al. 2000). Zwischen 1974 und 1983 wurden vier figürliche Kunstwerke aus Mammutelfenbein sowie ein bemalter Kalkstein aus den aurignacienzeitlichen Schichten ausgegraben (HAHN 1986; DUTKIEWICZ 2021). Hahn setzte eine Mammutfigur zusammen und fand außerdem einen aufrechtstehenden Bären. 1979 wurde die weltberühmte Darstellung des sogenannten Adoranten, dem „Anbetenden“, ausgegraben. Hier wird als Halbreif die Darstellung eines Menschen mit erhobenen Armen gezeigt, die zwischen den leicht geöffneten Beinen eine Art Schurz oder Schwanz trägt. Hahn interpretiert diese Darstellung als Mischwesen. Zu dem Ensemble des Geißenklösterle gehört noch eine kleine Bisonfigur. 1995 wurde die Zusammensetzung einer Flöte mit drei Grifflöchern aus dem Radius eines Schwans veröffentlicht. Dies ist die erste bekannte Flöte aus gesichertem aurignacienzeitlichen Kontext. Erstaunlich ist die Flöte aus Mammutelfenbein, die 2004 aus 31 Fragmenten zusammengesetzt wurde (Abb. 11). Eine Flöte aus Elfenbein zu schnitzen erfordert eine enorme Planung vorab sowie manuelles Geschick (HAHN & MÜNDEL 1995; CONARD et al. 2004). Diese Funde unterstreichen die Bedeutung dieser kleinen Höhle als Teil der Ursprungsregion für Kunst und Musik. Aus dem nachfolgenden Gravettien sind zahlreiche tropfenförmige Anhänger bekannt, die typisch für diese Zeit sind (SCHEER 1986; VERCOUTÈRE & WOLF 2018). Eine Besonderheit sind die Zusammensetzungen von Steinartefakten aus den Höhlen des Achtaus im Gravettien (LAUXMANN & SCHEER 1986; MOREAU 2009). Es konnten Zusammensetzungen zwischen Artefakten aus der Brillenhöhle, dem Geißenklösterle und dem Hohle Fels vorgenommen werden. Dies bedeutet, dass entweder eine Gruppe durch das Tal zog und die entsprechenden Stücke zurückließ und andere Werkzeuge mitnahm oder dass verschiedenen Gruppen miteinander in Kontakt standen und die Stücke tauschten oder teilten.

## 5 Schlussfolgerungen

Mittels der Ergebnisse der Auswertungen der Funde aus den vorgestellten Höhlen postuliert Conard die Donau-Korridor-Hypothese, die besagt, dass die eiszeitlichen Menschen sehr rasch entlang der Donau nach Zentraleuropa einwanderten. Die Region war mehrere Tausend Jahre zwischen dem Ende des Mittelpaläolithikums und dem Beginn des Jungpaläolithikums entvölkert oder nur wenige Neandertaler lebten in dieser Region. Diese wurde dann von *Homo sapiens* in Anspruch genommen; das besagt das *Population Vacuum model* (CONARD et al. 2006). Mit der Donau als die Schlüsselroute ins Innere Europas sei die Besiedlung des mitteleuropäischen Raums schneller vonstattengegangen als in anderen Regionen Europas (CONARD, BOLUS & SCHNEIDERMEIER 1999). Die frühen Datierungen des Gravettien auf der Schwäbischen Alb führten u. a. zu der *Kulturpumpen*-Hypothese (CONARD 2000). Demnach fanden auf der Schwäbischen Alb

Innovationen statt, die hier ihren Ausgangspunkt hatten und innerhalb Europas weitergetragen wurden. Die frühen Datierungen der gravettienzeitlichen Funde des Achtaus finden mittlerweile Entsprechungen mit Datierungen von Fundstellen an der mittleren Donau (JÖRIS et al. 2010). Die Route entlang der Donau, die damit ebenfalls Transportweg für Ideen war, bestätigt sich für das Aurignacien wie auch das Gravettien. Auch im Magdalénien wird dies sehr deutlich. Die bemalten Steine aus den Klausenhöhlen im Altmühltal in Bayern entsprechen den Stücken aus dem Hohle Fels. Die enge Verbindung entlang des Flusslaufes Donau ist klar belegt (FLOSS, HOYER & HUBER 2015). Die Menschen, die entlang dieser Route zogen, unterschieden sich im Magdalénien jedoch von denjenigen, die vor dem 2. Kältemaximum die Schwäbische Alb besiedelten (POSTH et al. 2016). Die natürlichen Wanderwege auf die Schwäbische Alb hatten jedoch über die Jahrtausende Bestand (FLOSS, FRÖHLE & WETTENGEL 2016).

## 6 UNESCO-Welterbe

Zusammengenommen bieten die Welterbe-Stätten des Ach- und des Lone-Tals eine der besten Überlieferungen der Archäologie des späten Neandertalers und des frühen *Homo sapiens* in Eurasien. Die Schlüsselfunde von Schmuck, figürlicher Kunst, mythischer Bildsprache in Form von Mischwesen sowie von Musikinstrumenten sind untrennbar mit den archäologischen Stätten und der Landschaft verbunden. Sie bieten außergewöhnliche Belege der Ursprünge von Kunst, Musik und Glaubensvorstellungen, alles Merkmale, die zu universellen Aspekten des kulturellen Lebens der Menschen auf der ganzen Welt wurden. Daher bilden sie das Herzstück der Argumente der Täler für den herausragenden universellen Wert (OUV), der die Voraussetzung für die Anerkennung von Welterbe-Standorten ist.

Die Ausgrabungen werden heute von zahlreichen Seiten unterstützt. Die Universität Tübingen, das Landesamt für Denkmalpflege Baden-Württemberg, das Land Baden-Württemberg, die Kreise, Städte und Gemeinden sowie private Sponsoren fördern die Grabungsaktivitäten und die Auswertungen des Fundmaterials. Deshalb werden die Fundstellen archäologisch erschlossen und wissenschaftlich ausgewertet.

Die Ausgrabungstätigkeiten im Ach- und im Lonetal dauern an. Grabungen unter der Leitung von Mitarbeiter\*innen der Universität Tübingen und des Landesamtes für Denkmalpflege Baden-Württemberg haben weitere Fundstellen sondiert und ausgegraben. Für das Lonetal sind die Fetzershaldenhöhle, die Lindenhöhle, die Wolfstalhöhle, das Kohlhau Abri sowie die Langmahdhalde und die Kälbermahdhalde zu nennen. Die Langmahdhalde hat magdalénienzeitliche Funde *in-situ* gebracht, welche die kurzen Jagdaufenthalte an diesem Platz belegen. Hier können Arbeitsschritte nachvollzogen werden: die Funde liegen dort,

wie sie die Jäger- und Sammler vor 15.000 Jahren zurückgelassen haben (CONARD, JANAS & ZEIDI 2021).

Im Aachtal wurde die Könenbuchhöhle erschlossen (BATAILLE et al. 2021) und es laufen derzeit Nachgrabungen in der Brillenhöhle. Bisher konnten in den aufgeführten Fundstellen spätpaläolithische, magdalénienzeitliche sowie vereinzelt gravettienzeitliche, aurignacienzeitliche und mittelpaläolithische Funde geborgen werden. Indes fehlt es an Fundstellen mit einer hohen aurignacienzeitlichen Funddichte, die weiteren Aufschluss über die erste Besiedlung der Täler durch den *Homo sapiens* bieten würden. Auch andere Täler und Mikroregionen werden sondiert wie das Seeburger Tal oder die Barnberghöhle bei Neuffen. Im Lauchertal wurden in der jüngeren Vergangenheit ebenfalls Neugrabungen an bekannten Fundstellen in Veringenstadt durchgeführt wie im Schafstall I und II.

In der Zusammenschau zeichnet sich das Bild ab, dass die weithin sichtbaren, großen Höhlen begangen wurden. Die kleineren Höhlen und Felsüberhänge wurden im Magdalénien und später als kurzzeitige Lager genutzt. Die faszinierende eiszeitliche Landschaft und die altsteinzeitliche Lebensweise fassen wir vor allem in der frühen Phase unserer direkten Vorfahren auf der Schwäbischen Alb.

Abschließend können wir es also mit 3G halten: Geduld, Glück, und Geld führte zum großen Erfolg der Ausgrabungsgeschichte auf der Schwäbischen Alb, die bis heute andauert und mit den entsprechenden Forschungsfragen auch zukünftig weitergetragen wird.

## 6 Literatur

- BATAILLE, G. & CONARD, N.J. (2018): Blade and bladelet production at Hohle Fels Cave, AH IV in the Swabian Jura and its importance for characterizing the technological variability of the Aurignacian in Central Europe. – *PLoS ONE*, **13** (4): 52 S.; e0194097. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194097>
- BATAILLE, G., SCHMID, V., TONIATO, G. & WALTER, R. (2021): Steinzeitliche Funde in der Unteren Könenbuchhöhle bei Blaubeuren. – *Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg*, **2020**: 79-82; Darmstadt (Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart).
- BECK, D. (1999): Das Mittelpaläolithikum des Hohlenstein-Stadel und Bärenhöhle im Lonetal. – *Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie*, **56**: – 255 S.; Bonn (Dr. Rudolf Habelt Verlag).
- BLUMENTRITT, R. & HAHN, J. (1991). *Der Hohle Fels. – Schelklinger archäologischer Führer 1. – 32 S.; Schelklingen (Museums-gesellschaft Schelklingen, Heimatverein e.V.)*.
- BERTACCHI, A., STARKOVICH, B.M. & CONARD, N.J. (2021): The Zooarchaeology of Sirgenstein Cave: A Middle and Upper Paleolithic site in the Swabian Jura, SW Germany. – *Journal of Paleolithic Archaeology*: <https://doi.org/10.1007/s41982-021-00075-8>.
- BOLUS, M. & CONARD, N.J. (2012): 100 Jahre Robert Rudolf Schmidts „Die diluviale Vorzeit Deutschlands“. – *Mitteilungen der Gesellschaft für Urgeschichte*, **21**: 63-89; Tübingen.
- BÖTTCHER, R., ÇEB, B., KIND, C.-J., MÖRIKE, D., PAWLIK, A., RÄHLE, W., STEPPAN, K., TORKE, R., TORKE, W. & ZIEGLER, R. (2011): Kogelstein – eine mittelpaläolithische Fundstelle bei Schelklingen-Schmiechen. – *Fundberichte aus Baden-Württemberg*, **24**: 7-176; Esslingen.

- BÜRGER, L. (1892): Der Bockstein, das Fohlenhaus, der Salzbühl, drei prähistorische Wohnstätten im Lonethal. Ein Beitrag zur Kenntnis unseres Vaterlandes, der XXIII. allgemeinen Versammlung der deutschen anthropologischen Gesellschaft zu Ulm vom 1.-3. Aug. 1892. – Mitteilungen des Vereins für Kunst und Alterthum in Ulm und Oberschwaben, 3: 1-40; Ulm.
- ÇEB, B. & KRÖNNECK, P. (2015): Landscape and Cave use in the Middle Palaeolithic of Bockstein: New Results from Lithic and Fauna Analysis. – In: CONARD, N.J. & DELAGNES, A. (Hrsg.): Settlement Dynamics of the Middle Palaeolithic and Middle Stone Age, volume IV. – 227-251; Tübingen (Kerns Verlag).
- CONARD, N.J. (2000): Die paläolithische Besiedlungsgeschichte Süddeutschlands als klimagekoppelter Prozess. Sonderforschungsbereich 275: Klimagekoppelte Prozesse in meso- und känozoischen Geoökosystemen. – Bericht **1998-2000** (2): 351-371; Tübingen.
- CONARD, N.J. (2003): Palaeolithic ivory sculptures from southwestern Germany and the origins of figurative art. – *Nature*, **426**: 830-832; London.
- CONARD, N.J. (2009): A female figurine from the basal Aurignacian of Hohle Fels Cave in southwestern Germany. – *Nature*, **459**: 248-252; London.
- CONARD, N.J. (2017): The Path to UNESCO World Cultural Heritage Status for the Caves and Ice Age Art in the Swabian Jura. – *Mitteilungen der Gesellschaft für Urgeschichte*, **26**: 153-168; Tübingen.
- CONARD, N.J. & BOLUS, M. (2003): Radiocarbon dating the appearance of modern humans and timing of cultural innovations in Europe: New results and new challenges. – *Journal of Human Evolution*, **44**: 331-371; Amsterdam.
- CONARD, N.J. & BOLUS, M. (2008): Radiocarbon dating the late Middle Palaeolithic and the Aurignacian of the Swabian Jura. – *Journal of Human Evolution*, **55**: 886-897; Amsterdam.
- CONARD, N.J. & KIESELBACH, P. (2006): Ein phallusförmiges Steinwerkzeug aus den Gravettien-schichten des Hohle Fels. – *Archäologisches Korrespondenzblatt*, **36**: 544-472; Mainz.
- CONARD, N.J. & KIND, C.-J. (2021): Als der Mensch die Kunst erfand. Eiszeithöhlen der Schwäbischen Alb. – 192 S.; Darmstadt (Theiss Verlag).
- CONARD, N.J. & MALINA, M. (2003): Abschließende Ausgrabungen im Geißenklösterle bei Blaubeuren, Alb-Donau-Kreis. – *Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg*, **2002**: 17-21; Stuttgart (Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart).
- CONARD, N.J. & MALINA, M. (2009): Spektakuläre Funde aus dem unteren Aurignacien vom Hohle Fels bei Schelklingen, Alb-Donau-Kreis. – *Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg*, **2008**: 19-22; Stuttgart (Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart).
- CONARD, N.J. & MALINA, M. (2015): Eine mögliche zweite Frauenfigurine vom Hohle Fels und Neues zur Höhlennutzung im Mittel- und Jungpaläolithikum: Schelklingen, Alb-Donau-Kreis. – *Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg*, **2014**: 54-59; Darmstadt (Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart).
- CONARD, N.J. & MALINA, M. (2020). Fortsetzung der Ausgrabungen am Hohle Fels und neue aurignacienzeitliche Werkzeuge aus Mammutfelstein. – *Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg*, **2019**: 47-51; Darmstadt (Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart).
- CONARD, N.J. & UERPMMANN, H.-P. (2000): New Evidence for Paleolithic Rock Painting in Central Europe. – *Current Anthropology*, **41**: 853-856; Chicago.
- CONARD, N.J. & WOLF, S. (2020): Der Hohle Fels in Schelklingen. Anfänge von Kunst und Musik. – 104 S.; Tübingen (Kerns Verlag).
- CONARD, N.J. & ZEIDI, M. (2014): Ausgrabungen in der Fettershaldenhöhle und in der Lindenhöhle im Lonetal sowie neue Funde aus dem Vogelherd. – *Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg*, **2013**: 63-67; Darmstadt (Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart).

- CONARD, N.J., BOLUS, M. & MÜNDEL, S.C. (2019): Geißenklösterle. Chronostratigraphie, Paläoumwelt und Subsistenz im Mittel- und Jungpaläolithikum der Schwäbischen Alb. – 416 S.; Tübingen (Kerns Verlag).
- CONARD, N.J., BOLUS, M. & SCHNEIDERMEIER, T. (1999): Current Middle and Early Upper Palaeolithic research in Southwestern Germany. – In: Krapina 1899-1999, International Conference “The Krapina Neanderthals and Human Evolution in Central Europe”, Zagreb-Krapina 23.-26.08.1999. Book of Abstracts. – 17-18; Zagreb.
- CONARD, N.J., GROOTES, P. M. & SMITH, F. H. (2004): Unexpectedly recent dates for the human remains from Vogelherd. – *Nature*, **430**: 198-201; London.
- CONARD, N.J., JANAS, A. & ZEIDI, M. (2021): Ausgrabung der Magdalénien-Horizonte und Testschnitt in tiefere Schichten an der Langmahdhalde. – *Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg*, **2020**: 68-72; Darmstadt (Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart).
- CONARD, N.J., LINGNAU, M. & MALINA, M. (2007): Einmalige Funde durch die Nachgrabung am Vogelherd bei Niederstotzingen-Stetten ob Lonetal, Kreis Heidenheim. – *Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg*, **2006**: 20-24; Stuttgart (Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart).
- CONARD, N.J., MALINA, M. & MÜNDEL, S.C. (2009): New flutes document the earliest musical tradition in southwestern Germany. – *Nature*, **460**: 737-740; London.
- CONARD, N.J., ZEIDI, M. & JANAS, A. (2016): Abschließender Bericht über die Nachgrabung am Vogelherd und die Sondage in der Wolfthalhöhle. – *Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg*, **2015**: 66-72; Darmstadt (Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart).
- CONARD, N.J., BOLUS, M., GOLDBERG, P. & MÜNDEL, S.C. (2006): The last Neanderthals and first Modern Humans in the Swabian Jura. – In: CONARD, N.J. (Hrsg.): *When Neanderthals and Modern Human met.* – 305-341; Tübingen (Kerns Verlag).
- CONARD, N.J., BOLUS, M., DUTKIEWICZ, E. & WOLF, S. (2015): Eiszeitarchäologie auf der Schwäbischen Alb. Die Fundstellen im Ach- und Lonetal und in ihrer Umgebung. – 276 S.; Tübingen (Kerns Verlag).
- CONARD, N.J., MALINA, M., MÜNDEL, S.C. & SEEBERGER, F. (2004): Eine Mammutfelßenbeinflöte aus dem Aurignacien des Geißenklösterle. Neue Belege für eine musikalische Tradition im frühen Jungpaläolithikum auf der Schwäbischen Alb. – *Archäologisches Korrespondenzblatt*, **34**: 447-462; Mainz.
- DUTKIEWICZ, E. (2022): Markierungen, Muster und Symbole im Schwäbischen Aurignacien – Markings, Patterns, and Symbols of the Swabian Aurignacian. – 440 S.; Tübingen (Kerns Verlag).
- DUTKIEWICZ, E., WOLF, S. & CONARD, N.J. (2018): Early symbolism in the Ach and Lone Valleys of southwestern Germany. Volume “Role of Art in Prehistory UISPP 2014”. – *Quaternary International*, **491**: 30-45; Amsterdam.
- EBINGER-RIST, N. & WOLF, S. (2013): Ein Gigantisches Puzzle – die Restaurierung der Statuette 2012/13. – In: WEHRBERGER, K. (Hrsg.): *Die Rückkehr des Löwenmenschen. Geschichte, Mythos, Magie.* – Begleitpublikation zur Ausstellung im Ulmer Museum 15.11.2013 – 9.06.2014: 52-61; Ostfildern (Thorbecke Verlag).
- EBINGER-RIST, N., KIND, C.-J., WEHRBERGER, K. & WOLF, S. (2013): Von Kopf bis Fuß. Der Löwenmensch, näher betrachtet. – In: WEHRBERGER, K. (Hrsg.): *Die Rückkehr des Löwenmenschen. Geschichte, Mythos, Magie.* Begleitpublikation zur Ausstellung im Ulmer Museum 15.11.2013 – 09.06.2014: 64-73; Ostfildern (Thorbecke Verlag).
- FLOSS, H., HOYER, CH. & HUBER, N. (2015): In alten Sammlungen neu entdeckt: Bemalte und Gravierte Steine aus den Klausenhöhlen bei Essing im Altmühltal (Bayern). – *Anthropologie, LIII/ 1-2*: 257-277; Paris.
- FLOSS, H., FRÖHLE, S. & WETTENGL, S. (2016): The Aurignacian along the Danube. Its Two-Fold Role as a Transalpine and Cisalpine Passageway of Early Homo Sapiens into Europe. – In:

- KRAUSS, R. & FLOSS, H. (Hrsg.): Southeast Europe before Neolithisation. – Proceedings of the International Workshop within the Collaborative Research Centres SFB 1070 „RessourcenKulturen“, Schloss Hohentübingen, 9<sup>th</sup> of May 2014. – 13-40; Tübingen (University Press).
- FRAAS, O. (1872): Beiträge zur Culturgeschichte aus schwäbischen Höhlen entnommen. Der Hohlefels im Achthal. – Archiv für Anthropologie, **5**: 173–214; Braunschweig.
- FRICK, J.A., SCHÜRCH, B. & ÇEP, B. (2022). Zur Forschungsgeschichte der Großen Grotte (Blaubeuren, Schwäbische Alb, Süddeutschland). – Archäologisches Korrespondenzblatt, **52** (1): 1-25; Mainz.
- GEILING, J.M., BOLUS, M. & CONARD, N.J. (2015): The Archaeological Significance of the Reindeer Antlers from the Hohlenstein-Complex in the Lone Valley of Southwestern Germany. – Mitteilungen der Gesellschaft für Urgeschichte, **24**: 97-119; Tübingen.
- HAHN, J. (1970): Die Stellung der männlichen Elfenbeinstatue aus dem Hohlenstein-Stadel in der jungpaläolithischen Kunst. – Germania, **48**: 1-12; Berlin.
- HAHN, J. (1986): Kraft und Aggression. Die Botschaft der Eiszeitkunst im Aurignacien Südwestdeutschlands? – 338 S.; Tübingen (Archaeologica Venatoria).
- HAHN, J. (1988): Die Geißenklösterle-Höhle im Achthal bei Blaubeuren I. Fundhorizontbildung und Besiedlung im Mittelpaläolithikum und im Aurignacien. – 262 S.; Stuttgart (Theiss Verlag).
- HAHN, J. & MÜNDEL, S.C. (1995): Knochenflöten aus dem Aurignacien des Geißenklösterle bei Blaubeuren, Alb-Donau-Kreis. Fundberichte aus Baden-Württemberg, **20**: 1-12; Esslingen.
- HESS, Th. (2019): Das Helga-Abri im Achthal. – 292 S.; Tübingen (Kerns Verlag).
- HIGHAM, T., BASELL, L., JACOBI, R., WOOD, R., BRONK RAMSEY, CH. & CONARD, N.J. (2012): Testing models for the beginnings of the Aurignacian and the advent of figurative art and music: The radiocarbon chronology of Geißenklösterle. – Journal of Human Evolution, **62** (6): 664-676; Amsterdam.
- JÖRIS, O., NEUGEBAUER-MARESCH, C., WENINGER, B. & STREET, M. (2010): The Radiocarbon Chronology of the Aurignacian to Mid-Upper Palaeolithic Transition along the Upper and Middle Danube. – In: NEUGEBAUER-MARESCH, C. & OWEN, L.R. (Hrsg.): New Aspects of the Central and Eastern European Upper Palaeolithic – Methods, Chronology, Technology and Subsistence. – Symposium by the Prehistoric Commission of the Austrian Academy of Sciences. Vienna, 9.-11. November, 2005. – 101-138; Wien (Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften).
- KAHLKE, R.-D. (2015): The maximum geographic extension of Late Pleistocene *Mammuthus primigenius* (Proboscidea, Mammalia) and its limiting factors. – Quaternary International, **379**: 147-154; Elsevier | <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.03.023>
- KIND, C.-J. & BEUTELSPACHER, T. (2010): Ausgrabungen 2009 im Stadel am Hohlenstein im Lonetal. – Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg, **2009**: 62-69; Stuttgart (Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart).
- KIND, C.-J., EBINGER-RIST, N., WOLF, S., BEUTELSPACHER, T. & WEHRBERGER, K. (2014): The Smile of the Lion Man. Recent Excavations in Stadel Cave (Baden-Württemberg, south-western Germany) and the Restoration of the Famous Upper Palaeolithic Figurine. – Quartär, **61**: 129-145; Rahden.
- KITAGAWA, K. (2014): Exploring hominins and animals in the Swabian Jura: study of the Paleolithic fauna from Hohlenstein-Stadel. – 279 S.; Tübingen (Diss. Universitätsbibliothek).
- KITAGAWA, K. & CONARD, N.J. (2020): Split-based points from the Swabian Jura highlight Aurignacian regional signatures. – PlosOne, **15** (11): e0239865. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239865>
- KÖLBL, S. & CONARD, N.J. (2003): Eiszeitschmuck. Status und Schönheit. – Museumsheft, **6**: 128 S.; Blaubeuren (Urgeschichtliches Museum Blaubeuren).
- KRÖNNECK, P. (2012): Die pleistozäne Makrofauna des Blocksteins (Lonetal – Schwäbische Alb). Ein neuer Ansatz zur Rekonstruktion der Paläoumwelt; Tübingen (Universitätsbibliothek):

- [https://tue.ibs-bw.de/aDISWeb/app?service=direct/0/Home/\\$Direct-Link&sp=S127.0.0.1:23022&sp=SAKSWB-IdNr367463628](https://tue.ibs-bw.de/aDISWeb/app?service=direct/0/Home/$Direct-Link&sp=S127.0.0.1:23022&sp=SAKSWB-IdNr367463628) [14.09.2019].
- LAUXMANN, C. & SCHEER, A. (1986): Zusammensetzungen von Silexartefakten. Eine Methode zur Überprüfung archäologischer Einheiten. – *Fundberichte aus Baden-Württemberg*, **11**: 101-131; Esslingen.
- MILLER, C.E. (2015): A Tale of Two Swabian Caves: Geoarchaeological Investigations at Hohle Fels and Geißenklösterle. – 184 S.; Tübingen (Kerns Verlag).
- MOREAU, L. (2009): Geißenklösterle. Das Gravettien der Schwäbischen Alb im europäischen Kontext. – 367 S.; Tübingen (Kerns Verlag).
- MÜNZEL, S.C. (2001): Seasonal hunting of mammoth in the Ach-Valley of the Swabian Jura. – In: CAVARRETTA, G., GIOIA, P., MUSSI, M. & PALOMBO, M.R. (Hrsg.): *The world of elephants. – Proceedings of the 1<sup>st</sup> International Congress, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Rome 16.-20. October.* – 318-322; Rom (CNR).
- NIVEN, L. (2006): The Palaeolithic Occupation of Vogelherd Cave. Implications for the subsistence behavior of late Neanderthals and Early Modern Humans. – 312 S.; Tübingen (Kerns Verlag).
- ORSCHIEDT, J. (1999): Manipulationen an menschlichen Skelettresten. Taphonomische Prozesse, Sekundärbestattungen oder Kannibalismus? – *Urgeschichtliche Materialhefte*, **13**: 525 S.; Tübingen (Mo Vince Verlag).
- PETERS, E. (1930): Die altsteinzeitliche Kultstätte Petersfels. – 79 S. u. 27 Taf.; Augsburg (Filser Verlag).
- POSTH, C., RENAUD, G., MITTNIK, A., DRUCKER, D.G., ROUGIER, H., CUPILLARD, C., VALENTIN, F., THEVENET, C., FURTWÄNGLER, A., WISSING, C., FRANCKEN, M., MALINA, M., BOLUS, M., LARI, M., GIGLI, E., CAPECCHI, G., CREVECOEUR, I., BEAUVAL, C., FLAS, D., GERMONPRÉ, M., VAN DER PLICHT, J., COTTIAUX, R., GÉLY, B., RONCHITELLI, A., WEHRBERGER, K., GRIGORESCU, D., SVOBODA, J., SEMAL, P., CARAMELLI, D., BOCHERENS, H., HARVATI, K., CONARD, N.J., HAAK, W., POWELL, A. & KRAUSE, J. (2016): Pleistocene Mitochondrial Genomes Suggest a Single Major Dispersal of Non-Africans and a Late Glacial Population Turnover in Europe. – *Current Biology*, **26** (6): 827-833. doi: 10.1016/j.cub.2016.01.037. Epub 2016 Feb 4. Erratum. – In: *Curr Biol*. 2016 Feb 22; **26** (4):557-61. PMID: 26853362.
- POSTH, C., WISSING, CH., KITAGAWA, K., PAGANI, L., VON HOLSTEIN, L., RACIMO, F., WEHRBERGER, K., CONARD, N.J., KIND, C.-J., BOCHERENS, H. & KRAUSE, J. (2017): Deeply divergent archaic mitochondrial genome provides lower time boundary for African gene flow into Neanderthals. – *Nature Communications*, **8**: 9 S.; London.
- RICHARD, M., FALGUÈRES, CH., VALLADS, H., GHALEB, B., PONS-BRANCHU, E., MERCIER, N., RICHTER, D. & CONARD, N.J. (2019): New electron spin resonance (ESR) ages from Geißenklösterle Cave: A chronological study of the Middle and early Upper Paleolithic layers. – *Journal of Human Evolution*, **133**: 133-145. DOI: 10.1016/j.jhevol.2019.05.014
- RICHTER, D., WAIBLINGER, J., RINK, W.J. & WAGNER, G.A. (2000): Thermoluminescence, electron spin resonance and <sup>14</sup>C-dating of the late Middle and Early Upper Palaeolithic site of Geißenklösterle Cave in Southern Germany. – *Journal of Archaeological Science*, **27**: 71-89; Amsterdam.
- RIEK, G. (1934): Die Eiszeitjägerstation am Vogelherd im Lonetal. – 338 S.; Tübingen (Heine Verlag).
- RIGAUD, S., VANHAEREN, M., QUEFFELEC, A., LE BOURDON, G. & D'ERRICO, F. (2013): The way we wear makes the difference: Residue analysis applied to Mesolithic personal ornaments from Hohlenstein-Stadel (Germany). – *Archaeological and Anthropological Sciences*: DOI: 10.1007/s12520-013-0169-9
- ROTS, V., COPPE, J. & CONARD, N.J. (2021). A Leaf Point Documents Hunting with Spears in the Middle Paleolithic at Hohle Fels, Germany. – *Mitteilungen der Gesellschaft für Urgeschichte* **30**: <https://doi.org/10.51315/mgfu.2021.30004>



- SCHEER, A. (1986): Elfenbeinanhänger des Gravettien in Süddeutschland. – Archäologisches Korrespondenzblatt, **15**: 269-285; Mainz.
- SCHMID, E., HAHN, J. & WOLF, U. (1989): Die altsteinzeitliche Elfenbeinstatueette aus der Höhle Stadel im Hohlenstein bei Asselfingen, Alb-Donau-Kreis. – Fundberichte aus Baden-Württemberg, **14**: 33-118; Stuttgart (Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart).
- SCHMIDT, R.R. (1912): Die diluviale Vorzeit Deutschlands. – 283 S.; Stuttgart (E. Schweizerbart-sche Verlagsbuchhandlung).
- SIROCKO, F. (Hrsg.) (2010): Wetter, Klima, Menschheitsentwicklung. Von der Eiszeit bis ins 21. Jahrhundert. – 208 S.; Darmstadt (Wissenschaftliche Buchgesellschaft).
- SOERTEL-RIETH, E. (2011): Eine diluviale Nagetierschicht und ihre Bedeutung für die Klimafrage. – 203 S.; Tübingen (Kerns Verlag).
- TALLER, A. (2014): Das Magdalénien des Hohle Fels. Chronologische Stellung, lithische Technologie und Funktion der Rückenmesser. – 317 S.; Tübingen (Kerns Verlag).
- TALLER, A. & CONARD, N.J. (2016): Das Gravettien der Hohle Fels-Höhle und seine Bedeutung für die kulturelle Evolution des europäischen Jungpaläolithikums. – Quartär, **63**: 89-123; Rahden.
- VELLIKY, E., PORR, M. & CONARD, N.J. (2018): Ochre pigment use at Hohle Fels cave: Results of the first systematic review of ochre and ochre-related artefacts from the Upper Palaeolithic in Germany. – PlosOne: **13** (12): e0209874. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209874>
- WAGNER, E. (1983): Das Mittelpaläolithikum der Großen Grotte bei Blaubeuren (Alb-Donau-Kreis). – 87 S.; Stuttgart (Theiss Verlag).
- VERCOUTÈRE, C. & WOLF, S. (2018): Gravettian tear-drop-shaped beads. – L'Anthropologie, **122**: 385-401; Paris (Institut Paléontologie Humaine).
- WEHRBERGER, K. (Hrsg.) (2013): The Return of the Lion Man. History, Myth, Magic. – Companion book to the exhibition in Ulmer Museum November 15, 2013–June 09, 2014. – 176 S.; Ostfildern (Thorbecke Verlag).
- WEHRBERGER, K. (Hrsg.) (2019): Tod im Tal des Löwenmenschen. Knochengeschichten aus 100.000 Jahren. – 61 S.; Ulm (Museum Ulm).
- WETZEL, R. (1954): Das Törlé an der alten Bocksteinschmiede. – Mitteilungen des Vereins für Naturwissenschaft und Mathematik in Ulm (Donau), **24**: 3-20; Ulm.
- WETZEL, R. (1961): Der Hohlenstein im Lonetal. – Mitteilungen des Vereins für Naturwissenschaften und Mathematik in Ulm (Donau), **26**: 21-75; Ulm.
- WETZEL, R. & BOSINSKI, G. (1969). Die Bocksteinschmiede im Lonetal (Markung Rammingen, Kreis Ulm). – Veröffentlichungen des Staatlichen Amtes für Denkmalpflege Stuttgart, Reihe A, Heft **15**: 230 S.; Stuttgart.
- WOLF, S. (2015): Schmuckstücke – Die Elfenbeinbearbeitung im Schwäbischen Aurignacien. – 316 S.; Tübingen (Kerns Verlag).
- WOLF, S. (2019): Die Deponierung der aurignacienzeitlichen Löwenmensch-Figur aus dem Hohlenstein-Stadel, Südwest-Deutschland – eine rituelle Handlung? – In: BAALES, M. & PAS-DA, C. (Hrsg.): „All der holden Hügel ist keiner mir fremd.“ – Festschrift zum 65. Geburtstag von Claus-Joachim Kind. Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie. Aus dem Seminar für Ur- und Frühgeschichte der Universität Jena. – 197-209; Bonn (Verlag Dr. Rudolf Habelt GmbH).
- WOLF, S., KIND, C.-J. & CONARD, N.J. (2013): Schmuck aus dem Aurignacien von der Schwäbischen Alb im Vergleich mit Inventaren aus dem Lahntal und dem Rheinland. – Archäologisches Korrespondenzblatt, **43** (3): 295-313; Mainz.
- WOLF, S., SCHÜRCH, B., FRICK, J. A. & SEIFERT, M. (2022): Der abenteuerliche Weg der Vogelherd-Figurinen. Von ihrer Auffindung bis heute. – Mitteilungen der Gesellschaft für Urgeschichte, **30**: 115-143; Tübingen.

DR. SIBYLLE WOLF <sup>1,2</sup>, PROF. NICHOLAS J. CONARD PH. D. <sup>2,1</sup>

<sup>1</sup>Senckenberg Centre for Human Evolution and Palaeoenvironment an der Universität Tübingen.  
Hölderlinstrasse 12, 72074 Tübingen

<sup>2</sup>Abteilung Ältere Urgeschichte und Quartärökologie, Universität Tübingen. Burgsteige 11,  
72070 Tübingen

E-Mail-Adresse: [sibylle.wolf@senckenberg.de](mailto:sibylle.wolf@senckenberg.de)

Manuskripteingang 3. Juni 2023



# Klimarekonstruktion mittels Jahringen anhand eines markanten, holozänen Klimaereignisses

ALEXANDER LAND

Dendrochronologie /-klimatologie, Jahrring, Klima-Wuchssensitivität, 8.2 ka BP Event

**K u r z f a s s u n g :** In diesem Beitrag wird anhand eines derzeit laufenden Forschungsprojekts gezeigt, wie die Jahrringforschung (Dendrochronologie und -klimatologie) wichtige Erkenntnisse zur Klimaentwicklung der Vergangenheit gewinnt. Es wird dargelegt, wie Jahrringmessungen (Jahrringserien) vorgenommen und prozessiert werden müssen, bevor sie mit verschiedenen Klimavariablen verglichen werden können. Diese Berechnungen zur Klima-Wuchssensitivität sind Grundlage der Rekonstruktion des Klimas der Vergangenheit. Während die Analysen zur Klima-Wuchssensitivität in einem Zeitbereich stattfinden müssen, in dem sowohl Jahrringdaten als auch Klimadaten von Wetterstationen vorliegen, wird das Klima der Vergangenheit allein aus Jahrringdaten berechnet und somit rekonstruiert. In dem hier verwendeten Beispiel geht es um ein markantes Klimaereignis mit globaler Auswirkung, das sich an der Grenze vom frühen zum mittleren Holozän ereignet hat, das heißt vor ca. 8.200 Jahren. Dieser Beitrag möchte einer breiteren Öffentlichkeit Einblick in aktuelle Forschungsthemen der Dendroklimatologie geben.

## Climate reconstruction using tree rings based on a prominent Holocene climate event

Dendrochronology /-climatology, tree ring, climate-growth sensitivity, 8.2 ka BP Event

**A b s t r a c t :** This paper shows how tree-ring research (dendrochronology and -climatology) is gaining important insights into past climate development, based on a currently ongoing research project. It is explained how tree-ring measurements (tree-ring series) have to be made and processed before they can be compared with different climate variables. These climate-growth sensitivity calculations are the basis for reconstructing past climate. While the analyses of climate-growth sensitivity must take place in a time domain in which both tree-ring data and climate data from weather stations are available, the climate of the past is calculated and thus reconstructed from tree-ring data alone. In the example used here, we are concerned with a striking climatic event with a global impact that occurred at the boundary between the early and middle Holocene, i. e. about 8,200 years ago. This paper aims to provide insight into current research topics in dendroclimatology to a broader public.

### Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	132
2	Holzproben für die Klimaforschung .....	133
3	Dendroklimatologie – Die Jahrringe und ihre Klimainformation ...	135
4	Kritischer Blick auf Jahrringdaten als Klimaproxy .....	139
5	Beispiel einer Klimarekonstruktion mittels Dendrodaten: Das ‚8.2 ka BP Event‘ .....	140

6	Fazit .....	144
7	Literatur .....	155

## 1 Einleitung

Kenntnisse über vergangene Klimaveränderungen sind der Schlüssel zum Verständnis des aktuellen Klimawandels. Diese erlangen die Paläoklimatologen aus Klimaarchiven, von denen Eisbohrkerne sicherlich mit am bekanntesten sind. Dies verwundert nicht, denn Analysen zu verschiedenen Isotopen bzw. Molekülen in den einzelnen Eisbohrkern-Schichten lassen Rückschlüsse auf die Klimavariabilität mehrerer hunderttausend Jahre zu. Das ist unbestreitbar sehr beeindruckend und hat zu großen Erkenntnisgewinnen geführt, wie beispielsweise dem Wissen um die zeitliche Veränderung des Kohlendioxid- oder Methangehalts der Atmosphäre oder die Temperaturentwicklung. Genaue Kenntnisse der klimatischen Verhältnisse der Vergangenheit sind auch für andere Wissenschaftsbereiche eine Bereicherung; die Archäologie beispielsweise nutzt solche Klima-Informationen, um vergangene sozio-ökonomische Gegebenheiten aus einem anderen Blickwinkel interpretieren zu können.

Ein erdgeschichtlich relativ kurzer und übersichtlicher Zeitraum ist das Holozän, unsere derzeitige Warmzeit, die vor ca. 11.700 Jahren begann. Das Holozän lässt sich in eine frühe, mittlere und späte Phase einteilen (WALKER et al. 2012). Diese Einteilung kommt nicht zufällig zustande, sondern ist der Tatsache geschuldet, dass während des Holozäns zwei einschneidende Klimaereignisse auftraten, die das Holozän in drei Abschnitte aufteilen. Das sogenannte ‚4.2 ka BP Event‘ trennt das mittlere vom späten Holozän. Diese Klimaveränderung um 4.200 (4.2 k) Jahre (a) vor 1950 n. Chr. (BP = before present) lässt sich in vielen nordhemisphärischen Klimaarchiven nachweisen und hatte, je nach geographischer Lage, eine Abkühlung und / oder Trockenheit zur Folge. Für eine detaillierte Schilderung der Geschehnisse sei an dieser Stelle auf WALKER et al. (2012) verwiesen. Das andere Klimaereignis ereignete sich um 8.200 Jahre BP, wird dementsprechend als ‚8.2 ka BP Event‘ bezeichnet und trennt das frühe vom mittleren Holozän.

Weitere einschneidende holozäne Klimaveränderungen ereigneten sich in den letzten zweitausend Jahren, von denen die ‚Kleine Eiszeit‘ sicherlich die bekannteste ist (Hauptphase auf der Nordhemisphäre 17.–19. Jahrhundert). Die Veränderungen des Wetters, der Witterung und des Klimas waren damals so einschneidend für die Bevölkerung, dass sich vielfältige Belege dafür bis heute erhalten haben. Zum einen ist die schriftliche Quellenlage für diesen Zeitraum relativ gut, aber auch in anderen Bereichen kann man Belege finden. So haben zum Beispiel zeitgenössische Maler die extrem kalten Winter auf Gemälden verewigt. Solche Abbildungen sind heute wichtige Puzzleteile, wenn es um Erkenntnisse zur klimatischen Entwicklung geht. Neben diesen schriftlichen und bildlichen Quellen

sind auch Klimaarchive genutzt worden, um die Schwankungen des Klimas zu untersuchen (Jahrringe, Eisbohrkerne, Seesedimente, Tropfsteine in Karsthöhlen, Korallen, Pollen oder pflanzliche Makroreste). Doch obwohl die ‚Kleine Eiszeit‘ noch gar nicht so lange her und die Datenlage relativ gut ist, sind noch lange nicht alle regionalen Entwicklungen und Fragestellungen hierzu geklärt. Geht man zeitlich noch weiter in die Vergangenheit zurück, wird es immer schwieriger, Informationen zu klimatischen Entwicklungen zu erhalten. Schriftliche Quellen werden immer seltener und hören irgendwann ganz auf, daher sind Klimaarchive wie die vorstehend genannten unerlässliche Quellen.

Wie ein dendroklimatologischer Ansatz für die Rekonstruktion der Klimaentwicklung um das ‚8.2 ka BP Event‘ aussieht, als steinzeitliche Menschen (*Homo sapiens*) als Jäger und Sammler die Landschaft durchstreiften, soll auf den folgenden Seiten erläutert werden. Erste Erkenntnisse werden am Ende des Beitrages vorgestellt.

## 2 Holzproben für die Klimaforschung

Die Grundlage für die Rekonstruktion des Klimas mittels annuell gebildeten Holzes (jährlicher Dickenzuwachs = Jahrring) ist das Holzstück selbst bzw. dessen korrekt datierten Jahrringe. Nun fängt man mit einem einzigen Holzstück nicht sonderlich viel an. Es ist vielmehr die schiere Menge an Holz aus einem großen Zeitraum bzw. es sind die korrekt datierten Jahrringserien, die für die Klimaforschung immense Bedeutung haben. Sammlungen solcher Hölzer (Dendroarchive) wurden in Deutschland schon ab den 1950er-Jahren ambitioniert aufgebaut und die Jahrringbreiten der Holzproben vermessen. Die dendrochronologische Altersbestimmung, d. h. die korrekte Datierung der Jahrringe der Hölzer, benötigt allerdings eine artspezifische Jahrring-Referenzzeitreihe (Jahrring-Chronologie), an der die Jahrringserie einer Holzprobe synchronisiert und datiert werden kann. Der Aufbau solcher lokaler, artspezifischer Jahrring-Chronologien ging Hand in Hand mit der Sammlung von Hölzern aus Wäldern, Gebäuden, archäologischen Grabungen, Kiesgruben, Mooren etc. Dendroarchive finden sich in Deutschland an mehreren staatlichen Einrichtungen (Universitäten, Denkmalämtern etc.) sowie in privaten Jahrringlaboren. Auch wenn theoretisch jede Baumart zum Aufbau einer Referenz-Chronologie herangezogen werden kann, existieren für die letzten ca. tausend Jahre regionale Referenz-Chronologien vor allem für die Holzarten Eiche, Tanne, Fichte und Kiefer, da man diese in ausreichender Menge in Gebäuden verbaut finden und analysieren kann. Geht man zeitlich weiter in die Vergangenheit zurück, scheiden Gebäude als Holzquellen aus, man ist auf quartäre Ablagerungen wie z. B. Flussschotter (Kiesgruben) oder Moore angewiesen. In diesen findet man vor allem Eichen und Kiefern in ausreichender Menge, um Referenz-Chronologien bilden zu können. Es sind also zwei Aspekte von enormer

Wichtigkeit, zum einen die Baumart und zum anderen der Zeitraum. Wenn für eine Baumart oder einen bestimmten Zeitraum kein Holzmaterial und somit keine Referenz-Chronologie vorhanden ist, ist eine dendrochronologische Altersbestimmung nicht möglich. Sicherlich helfen hier andere Datierungsverfahren (z. B. Radiokarbondatierung) weiter, aber diese sind dann nicht jahrgenau.

Um nun die Klimainformationen der Jahrringe einer Baumart in einer Region wissenschaftlich analysieren zu können, ist es unerlässlich, auch Holzproben lebender (rezyt)er Bäume einzubeziehen. Diese Rezyt-Untersuchung nennt man Kalibration. Hierbei werden die Jahrringserien vieler Bäume einer Baumart aus einer bestimmten Region mit Daten von Wetterstationen dieser Region verglichen, um über statistische Zusammenhänge kausale Klimasensitivitäten zu ermitteln. Hier kommt ein wichtiger wissenschaftlicher Begriff ins Spiel, der sogenannte Proxy. Ein Proxy steht stellvertretend für eine Klimavariablen (z. B. mittlere Temperatur des Sommers oder Niederschlagssumme des Frühjahrs). Damit ist gemeint, dass die Klimavariablen aus der Vergangenheit selbst nicht vorliegt, sich aber im Baum über physiologische Wachstumsprozesse manifestiert hat (z. B. Jahrringbreiten, Gehalt an bestimmten Elementen/Isotopen etc.).

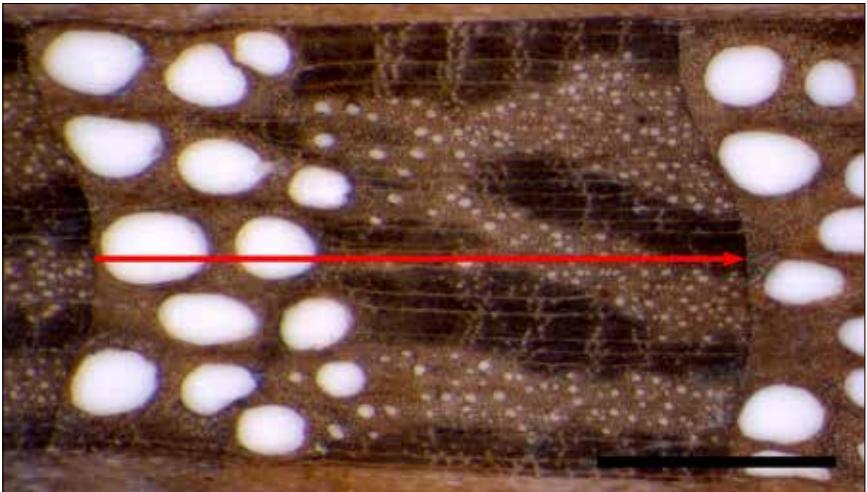


Abbildung 1: Querschnitt eines Eichen-Jahrringes. Der rote Pfeil zeigt die Richtung an, die bei einer Jahrringmessung aufgenommen wird (Jahrringbreite = jährlicher radialer Zuwachs). Bei den großen weißen Flächen zu Beginn des Jahrringes handelt es sich um Wasserleitgefäße (Tracheen), die einen Großteil der Wasser- und Nährstoffleitung übernehmen. Der schwarze Balken (unten rechts) hat eine Länge von 1 mm; Foto: A. Land.

Figure 1: Cross-section of an oak tree ring. The red arrow indicates the direction taken in an annual ring measurement (annual ring width = annual radial increment). The large white areas at the beginning of the tree ring are water conducting vessels (tracheae), which are responsible for a large part of the water and nutrient conduction. The black bar (bottom right) has a length of 1 mm; photo: A. Land.

Voraussetzung einer solchen Methode ist, dass Klimaaufzeichnungen und Proxys im selben Zeitraum vorhanden sind, was in Mitteleuropa durch ein dichtes Netz von Wetterstationen für die letzten ca. hundert Jahre der Fall ist. Da viele Bäume mehrere hundert Jahre alt werden können, kann man die letzten hundert Lebensjahre solcher rezenten Bäume nutzen, um einen Proxy an den vorhandenen Klimadaten zu kalibrieren und im Anschluss mit diesem Proxy die entsprechende Klimavariablen für die weiter zurückliegende Lebenszeit der Bäume zu rekonstruieren. Hierfür gibt es sehr viele Beispiele aus den Alpen (CORONA et al. 2010), Skandinavien (DROBYSHEV et al. 2011), Mitteleuropa (LAND et al. 2019) oder dem Tatra-Gebirge (BÜNTGEN et al. 2012). Die Liste ließe sich noch lange fortführen.

Nimmt man an, es lägen Holzproben lebender Eichen vor, wäre der erste Schritt die Oberflächenpräparation der Holzproben, um die Jahrringgrenzen klar erkennen und somit die Jahrringbreiten exakt vermessen zu können. Abbildung 1 zeigt ein holzanatomisches Bild solch eines präparierten Eichen-Jahrringes. Für die Messung der Jahrringbreite (jährlicher, radialer Dickenzuwachs) wird die Strecke von einer Jahrringgrenze zur nächsten (roter Pfeil) an einer Jahrring-Messanlage abgefahren und digital erfasst.

Betreibt man dies nun systematisch vom Mark (Zentrum) bis zur Borke, dann stammt der Jahrring direkt unter der Borke aus dem Kalenderjahr, in dem die Holzprobe entnommen wurde, der Jahrring zuvor aus dem vorherigen Kalenderjahr und so weiter. Eine Jahrring-Zeitreihe kann so sicher in die Vergangenheit verlängert werden und alle damit verbundenen Proxys sind somit jahrgenau datiert. Denn neben dem klassischen Proxy Jahrringbreite gibt es noch viele weitere, wie z. B. Gehalt des radioaktiven Kohlenstoffs, Gehalt an Sauerstoff-Isotopen, Querschnittsfläche bestimmter Holzzellen etc. Auch solche Proxys sind damit automatisch jahrgenau datiert und können zur Kalibration bzw. Rekonstruktion des Klimas herangezogen werden.

Aber wie geht man nun bei solch einem Prozess vor, bis das Klima der Vergangenheit rekonstruiert ist? Das nachfolgende Kapitel gibt einen Einblick davon.

### **3 Dendroklimatologie – Die Jahrringe und ihre Klimainformation**

Der Einfachheit halber bleibt man bei dem klassischen Proxy, der Jahrringbreite. Und weil Eichen eine wichtige Rolle in der Klimarekonstruktion Mitteleuropas spielen, soll der Kalibrations-Prozess beispielhaft an 11 Eichen eines Standortes aus Süddeutschland vorgestellt werden.

In Abbildung 2a sind die Jahrringserien dieser 11 Eichen zu sehen (schwarz). Für jede Eiche sind die jeweiligen Jahrringbreiten vermessen und auf das Endjahr (Jahrring direkt unter der Borke) datiert worden. Somit kann jedem Jahrring ein bestimmtes Kalenderjahr zugeordnet werden. In diesem Fall wurden die Proben



im Dezember 2017 entnommen, daher ist das Endjahr 2017. Obwohl alle 11 Eichen am selben Standort gewachsen sind, zeigen sich Unterschiede im Verlauf/Variabilität der einzelnen Jahrringserien. Das ist auch verständlich, da jedes Individuum ein eigenes Wachstumspotenzial hat. Die eine Eiche hat einen schnelleren/langsameren Dickenzuwachs, ist größer/kleiner oder hat im Wurzelbereich eine etwas bessere/schlechtere Wasserversorgung. Dennoch erkennt man ähnliche Verläufe zwischen den Jahrringserien. Die rote Zeitreihe ist die Mittelkurve aller 11 Eichen-Jahrringserien. Bevor nun die Jahrringdaten mit Klimadaten verglichen werden können, müssen diese einem Standardisierungsprozess unterworfen werden, denn sie beinhalten derzeit noch sowohl klimatische als auch nicht-klimatische Informationen.

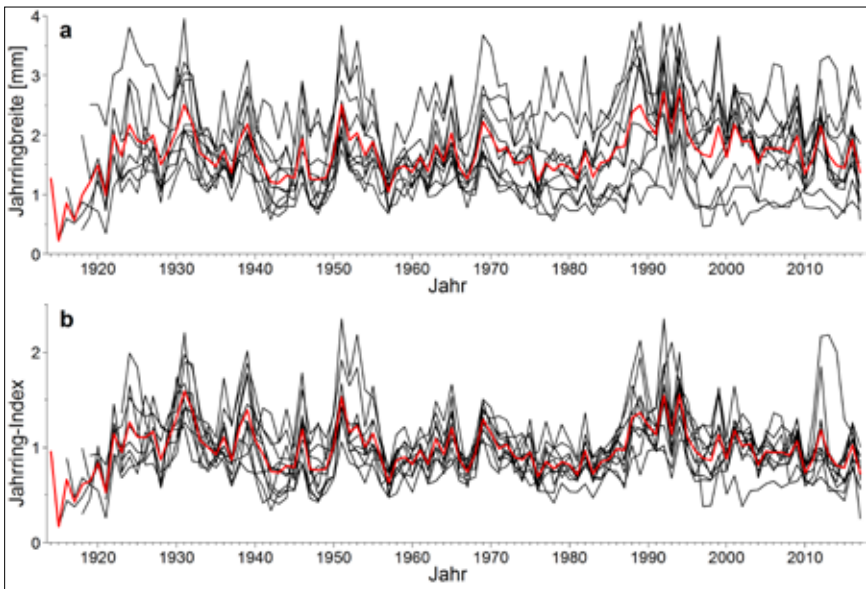


Abbildung 2: **a)** Jährlicher radialer Zuwachs (Jahrringserien) in mm am Beispiel von Eichen aus Süddeutschland (schwarz) sowie deren Mittelkurve (rot). **b)** Trendbereinigte Jahrringserien aus a) (schwarz) und deren Mittelkurve (rot); der Jahrring-Index ist dimensionslos.

Figure 2: **a)** Annual radial increment (tree-ring series) in mm using the example of oaks from southern Germany (black) and their mean curve (red). **b)** Detrended tree-ring series from a) (black) and their mean curve (red); the tree-ring index is dimensionless.

Ziel des nun folgenden Verfahrens ist, den individuellen Alterstrend zu eliminieren und die Variabilität innerhalb und zwischen den Jahrringserien zu standardisieren. Grob gesagt geht es darum, die nicht-klimatischen Informationen aus den Jahrringdaten weitestgehend zu eliminieren. Ohne zu sehr ins Detail zu gehen, sei an dieser Stelle nur so viel gesagt, dass hierfür viele Wachstumsmodelle zur Auswahl stehen. Nach dem Standardisierungsprozess sehen die Jahrringserien

(schwarz) aus, wie in Abbildung 2b zu sehen ist. Markant ist, dass die unterschiedlichen, individuellen Zuwachsniveaus der Bäume eliminiert sind, d. h. die Jahrringserien schwanken alle um den Indexwert 1. Die Jahrringserien werden dann zu einer sogenannten Chronologie verrechnet (rote Zeitreihe), welche nun für die Kalibration verwendet werden kann.

Für den hier ausgewählten Eichen-Standort liegen tägliche Wetterdaten des Niederschlags, der Temperatur, der relativen Luftfeucht, der globalen Radiation und des Dampfdruckdefizits vor. Weil tägliche Wetterdaten nicht direkt mit den jährlichen Zeitreihen der Bäume verglichen werden können, werden diese zu längeren Perioden aggregiert, wie z. B. Summe des Niederschlags vom 21.04.–10.08. eines jeden Jahres. Diese Niederschlagswerte für jedes Jahr können dann mit den jährlichen Daten der Chronologie verglichen (korreliert) werden. Die Zeiträume, in denen die Aggregation der Wetterdaten stattfinden kann, sind nahezu unbegrenzt. Eine Computerroutine hilft hierbei und läuft automatisiert ab.

Wie das Ergebnis der ausgewählten Eichen hinsichtlich der Klima-Wuchssensitivität aussieht, ist in Abbildung 3 gezeigt, in welcher die Werte normiert dar-

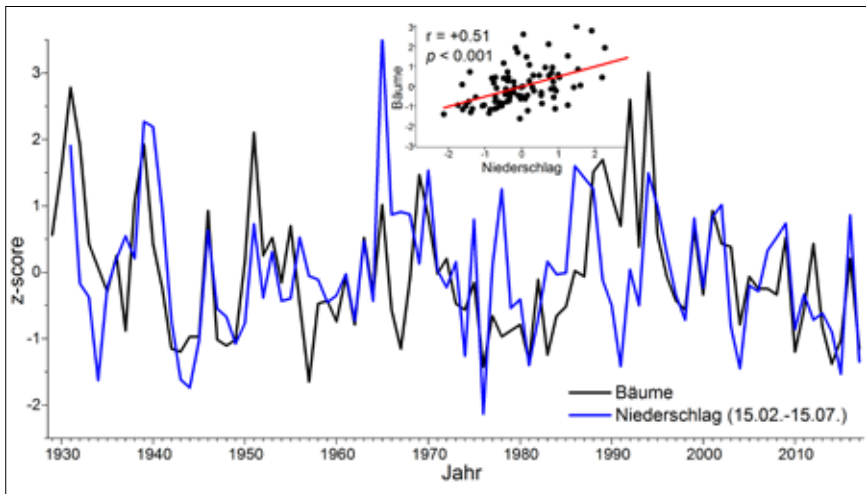


Abbildung 3: Zusammenhang zwischen der Jahring-Variabilität der Bäume (schwarz) und dem Niederschlag (blau) in den Jahren 1931 bis 2017. In der kleinen Grafik ist der statistische Zusammenhang zu sehen: Die Punkte verteilen sich entlang der roten Regressionsgerade. Der Korrelationskoeffizient weist mit  $r = +0.51$  ( $p < 0.001$ ) einen signifikant positiven Zusammenhang zwischen dem Frühjahr-Sommer-Niederschlag (15.02.–15.07.) und dem Baumwachstum auf. Das Dickenwachstum dieser Eichen wird maßgeblich vom Niederschlag in diesem Zeitraum mitbestimmt.

Figure 3: Relationship between tree-ring variability (black) and precipitation (blue) from 1931 to 2017. The small graph shows the statistical relationship: The points distribute along the red regression line. The correlation coefficient shows a significant positive relationship between spring-summer precipitation (Feb. 15–July 15) and tree growth,  $r = +0.51$  ( $p < 0.001$ ). The radial growth of these oaks is significantly determined by precipitation during this period.

gestellt sind (z-score). Die höchste statistische Signifikanz ( $r = +0.51$ ,  $p < 0.001$ ) besteht zum Niederschlag, der zwischen dem 15.02.-15.07. eines jeden Jahres fällt. Fällt in dieser Zeit viel Niederschlag, steigt der Zuwachs der Eichen (höhere Werte in der Chronologie), fällt weniger, sinkt er (niedrigere Werte in der Chronologie). Die Jahrringbreite der Eichen ist also ein Proxy für die Niederschlagssumme vom 15.02.-15.07. an diesem Standort.

Das ist zunächst einmal ein durchaus logisches und kausal nachvollziehbares Ergebnis. Denn die Menge an Niederschlag ist für Pflanzen oftmals ein limitierender Faktor, nach welchem sich das Wachstum richten muss. Die Temperatur hingegen ist in unseren Breiten und Höhenlagen im Frühjahr und Sommer kaum limitierend für Eichen. Dies sieht anders aus, wenn man gedanklich in die Alpen schwenkt und sich Lärchen an der Waldgrenze vorstellt. Dort spielt es gleichwohl eine sehr entscheidende Rolle, ob die Sommer-Temperaturen um 1 Grad höher/ tiefer liegen und das Wachstum dadurch erhöhen/reduzieren.

Die Abbildung offenbart aber noch mehr. Bei aufmerksamer Betrachtung des Gleichlaufs (Zusammenhang) der beiden Zeitreihen erkennt man sowohl Gemeinsamkeiten als auch große Unterschiede. Zum Beispiel folgt im Jahr 1965 das Baumwachstum dem hohen Niederschlagswert nicht in gleichem Maße, die Abweichung beider Zeitreihen ist in diesem Jahr sogar besonders hoch. Ein Blick in die täglichen Niederschlagswerte des Jahres 1965 zeigt, dass 24 % der Niederschlagssumme zwischen dem 15.02.–15.07. an nur fünf Tagen fiel. Solche einzelnen niederschlagsreichen Ereignisse sind nur bedingt für Bäume wirksam; daher steigen zwar die Messwerte für den Niederschlag, der Zuwachs der Bäume bleibt davon aber nahezu unbeeinflusst. Andere Beispiele hierfür finden sich in den Jahren 1978 oder 1991. Der hohe Zusammenhang beider Zeitreihen zeigt sich vor allem in den Jahren von 1994 bis 2017.

Der hier gezeigte statistische Zusammenhang zwischen Frühjahr-Sommer-Niederschlag und Jahrringbreite lässt sich durch eine mathematische Funktion beschreiben. Diese Funktion stellt ein Modell dar, das verwendet werden kann, um aus korrekt datierten Jahrringserien vergangener Zeiten wiederum den Niederschlag zu errechnen, der im jeweiligen Zeitraum (hier als Beispiel 15.02.–15.07.) je Kalenderjahr fiel. Da der Zusammenhang im Beispiel aber Fehler aufweist, wird dies ohne eine gewisse Unsicherheit nicht möglich sein. Die Angabe dieser Unsicherheit (Fehlergröße) ist daher ein wichtiger Bestandteil bei Klimarekonstruktionen. Besteht zwischen dem Proxy und einer Klimavariablen ein sehr hoher statistischer Zusammenhang, fällt die Unsicherheit geringer aus und damit auch der Fehler der Rekonstruktion. Es wäre jedoch vermessen, diese 11 Eichen als Basis für eine Rekonstruktion zu nehmen. In der Realität liegen je Kalenderjahr und Region deutlich mehr Jahrringdaten vor und damit sind die Rekonstruktionen wesentlich aussagekräftiger. Hinzu kommt, dass extreme Ereignisse, wie sehr lokale Starkregen, für eine größere Region weniger ins Gewicht fallen.

Bevor man zu einem aktuellen Beispiel einer Klimarekonstruktion mittels Jahrringe kommt, sei kurz ein Blick auf die Stärken der Jahrringdaten als Klimaproxy und die Herausforderungen geworfen.

## 4 Kritischer Blick auf Jahrringdaten als Klimaproxy

Das Wachstum der Bäume ist, neben biotischen (z. B. Insektenfraß, Konkurrenz), auch abiotischen (z. B. Niederschlag, Frost) Faktoren unterworfen. Die jährlichen Änderungen der Jahrringbreiten sind demnach der Spiegel vieler biotischer und abiotischer Prozesse, die ein Baum im jeweiligen Jahr erlebt. Wirkt ein Faktor (z. B. Niederschlag) aber limitierend auf einen Baum, so steuert dieser das Wachstum entscheidend mit. Ersichtlich wird dies, wenn die Bäume einer Baumart und Region ein einheitliches Jahrringbild zeigen. Dennoch gibt es auch Schwierigkeiten, die bei einer Klimarekonstruktion mit Jahrringen zu meistern sind und die die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler immer im Blick haben müssen.

Zunächst wäre hier aufzuführen, dass unkorrekt datierte Jahrringserien für Rekonstruktionen verwendet werden könnten. Dies lässt sich nur durch stetige Kontrolle und Verbesserung der Belegung eines Dendroarchivs umgehen. Auch wenn die Dendroklimatologinnen und -klimatologen sicherlich alles Erdenkliche tun, um die Datensätze korrekt zu erstellen, muss man sich bewusst sein, dass eine hundertprozentige Sicherheit kaum möglich ist.

Wie im vorherigen Kapitel gezeigt, ist der statistische Zusammenhang zwischen Jahrringserien und einer bestimmten Klimavariablen niemals perfekt (und damit niemals  $r = \pm 1$ ). Daraus folgt zwangsläufig, dass der Klimarekonstruktion immer ein ‚Fehler‘ innewohnt. Solche statistischen Fehler finden sich aber per se in allen Klimaarchiven. Es ist daher nicht die Frage, ob ein Fehler vorliegt, sondern wie groß dieser ist. Die Angabe der Größe des statistischen Fehlers (bzw. der Wahrscheinlichkeit) ist daher unerlässlich. Neben solchen statistischen Fehlern müssen auch die Grenzen der Interpretierbarkeit beachtet werden, was jedoch viel Erfahrung benötigt. Dass Dendroarchive mit stabilen, gut belegten Datensätzen für Mitteleuropa durchgängig ‚nur‘ bis ca. 12.000 vor heute zurückreichen, ist zwar ein Nachteil gegenüber anderen Klimaarchiven (z. B. den Eisbohrkernen), aber eben der Tatsache geschuldet, dass Mitteleuropa zur Eiszeit weitgehend baumfrei war.

Demgegenüber stehen aber besondere Stärken der Jahrringforschung, wie die sehr hohe zeitliche Auflösung (annuell, z. T. sogar saisonal). Hinzu kommt, und dies sollte man nicht mit dem vorherigen Punkt verwechseln, die jahrgenaue Präzision (jahrgenaue Datierung der Jahrringe). Das bedeutet, das Holz eines Jahrrings, der z. B. auf das Jahr 1745 n. Chr. datiert ist, wurde auch im Kalenderjahr 1745 ausgebildet; nicht ein paar Jahre früher oder später. Wenn also z. B. von diesem Jahrring Holzproben für Isotopenanalysen entnommen werden, wurden

diese Isotopen im besagten Kalenderjahr durch physiologische Prozesse in das Holz eingelagert (auftretende Umlagerungseffekte sind zwischenzeitlich sehr gut bekannt und können berücksichtigt werden).

Ein immer wichtiger werdender Aspekt sind die finanziellen Mittel, die für die Sammlung von Holzproben und die Betreuung der Archive zur Verfügung stehen oder genehmigt werden. Hierzu sei gesagt: Die Jahrring-Wissenschaft ist vergleichsweise günstig und der wissenschaftliche Zugewinn durch diese Daten ist im Gegenzug immens hoch. Kosten und Nutzen stehen also in einem sehr guten Verhältnis zueinander.

## **5 Beispiel einer Klimarekonstruktion mittels Dendrodaten: Das ‚8.2 ka BP Event‘**

Wie bereits oben angeführt, sind Jahrring-Proxy in mehrfacher Hinsicht sehr gut zur Klimarekonstruktion geeignet. Daher läuft derzeit ein von der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanziertes Projekt (Projekt-ID: 471100574), in dem auf Holz und damit Jahrringe zur Klimarekonstruktion zurückgegriffen wird. Es geht um das bereits erwähnte ‚8.2 ka BP Event‘, welches in weiten Teilen der Nordhemisphäre (z. B. Nordamerika, Grönland, Skandinavien, Europa) zu einem Temperatursturz und in Asien und Afrika zu deutlich trockeneren Verhältnissen geführt hat. Was hat dies nun verursacht?

Zur Klärung dieser Frage muss zunächst etwas weiter in die Vergangenheit geschaut werden. Vor 20.000 Jahren herrschte noch die Eiszeit (Weichsel- bzw. Würmglazial) und weite Teile der nördlichen Hemisphäre waren von Gletschern bedeckt. Die Übergangsphase von der Eiszeit in die heutige Warmzeit (ca. 14.000–11.700 BP) verlief etwas sprunghaft, nicht kontinuierlich. In dieser Übergangsphase gab es immer wieder Perioden, in denen die Temperaturen relativ schnell auf Warmzeitniveau anstiegen, aber auch relativ abrupt wieder auf Eiszeitniveau fielen; und das binnen einiger Dekaden. Die Inland-Eismassen hielten sich dementsprechend noch ziemlich lange, so auch auf dem nordamerikanischen Kontinent. Das dortige Eisschild, mit dem Namen Laurentidischer Eisschild, verlor aber mit der Erwärmung immer mehr an Größe. Während des Schmelzvorgangs entstanden aus dem Gletscherwasser riesige sogenannte laurentidische Seen (z. B. Agassizsee und Ojibwaysee). Ca. 8.350 Jahre BP kam es zu einem starken, plötzlichen Abfluss sehr großer Mengen von Süßwasser aus den laurentidischen Seen in die Hudson Bay (ROHLING & PÄLIKE 2005). Dieser Eintrag war so gewaltig, dass er eine Reduzierung der Meerwasser-Salinität im Nordatlantik verursachte und dadurch der Wärmeaustausch (Meer-zu-Luft) herabgesetzt wurde. Die Folge war eine rapide und starke Abkühlung in weiten Teilen der nördlichen Hemisphäre. In Zentral-Grönland fielen die Temperaturen um 4,8 Kelvin (K) (ALLEY et al. 1997) und im nordöstlichen Teil des Nordatlantiks um ca. 2 K (BOND et al. 1997). In

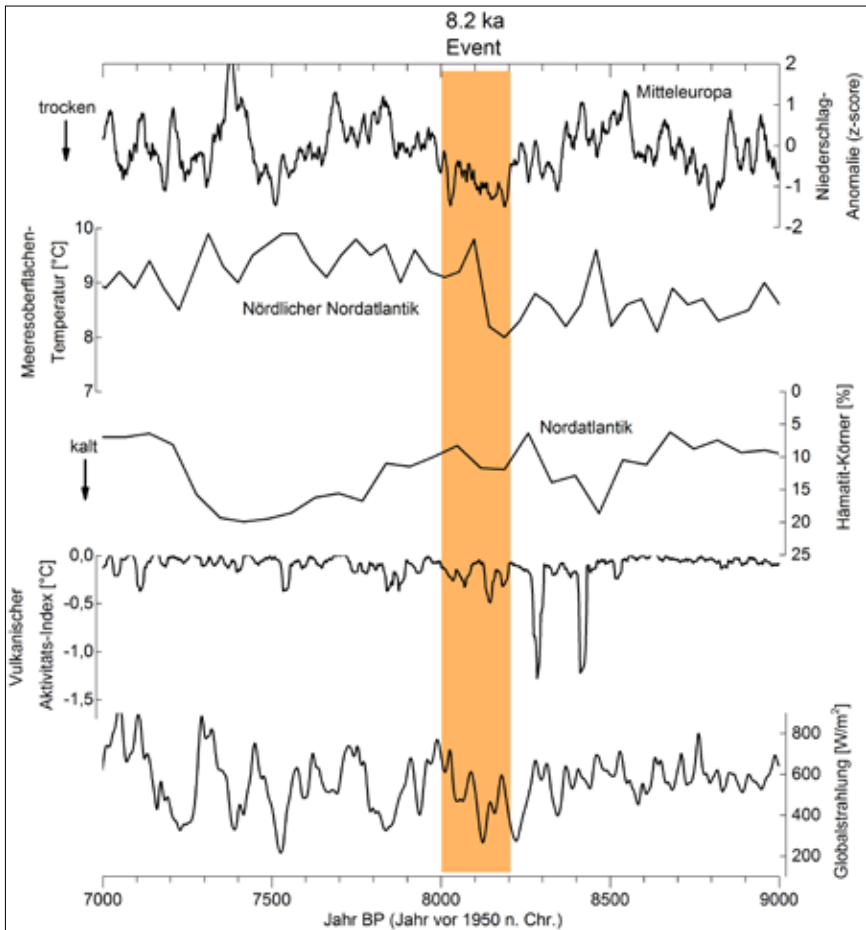


Abbildung 4: Beispiele für Rekonstruktionen mittels verschiedener Proxys um das ‚8.2 ka BP Event‘: Jahrringvariabilität und damit Proxy für Frühjahr-Sommer-Niederschlag in Mitteleuropa (aktueller Forschungsgegenstand, DFG-Projekt, Projekt-ID: 471100574), Meeresoberflächentemperatur des nördlichen Nordatlantiks (JIANG et al. 2015), Meeresoberflächentemperatur (Anteil Hämaitit-Körner) des Nordatlantiks (BOND et al. 2001), vulkanischer Aktivitäts-Index (KOBASHI et al. 2017) und Globalstrahlung (ROTH & JOOS 2013).

Figure 4: Examples of reconstructions using different proxies around the ‚8.2 ka BP event‘: tree-ring variability as a proxy for spring-summer precipitation in Central Europe (current research topic, DFG project, project ID: 471100574), sea-surface temperature of the northern North Atlantic (JIANG et al. 2015), sea-surface temperature (fraction of hematite grains) of the northern North Atlantic (BOND et al., 2001), volcanic activity index (KOBASHI et al. 2017), and global radiation (ROTH & JOOS 2013).

Mitteleuropa könnten die Temperaturen lediglich um 0,5 K gefallen sein. Ebenso könnte es sehr kalte Winter, aber durchaus moderat warme Sommer gegeben

haben (WALTGENBACH et al. 2020). Die Situation ist regional sehr unterschiedlich und äußerst komplex. Damit das Ausmaß dieses markanten Klimaereignisses und seine regionalen Ausprägungen besser verstanden werden kann, sind wissenschaftliche Untersuchungen auf mehreren Ebenen und mit unterschiedlichen Klimaarchiven unerlässlich. Neben den irdischen Veränderungen könnte auch die Aktivität der Sonne einen entscheidenden Anteil am Geschehen gehabt haben. Das ‚8.2 ka BP Event‘ fällt nämlich in eine Zeit, in der die Sonne evtl. deutlich inaktiver war (BOND et al. 2001). Da dieses Klimaereignis globale Auswirkungen hatte, lässt es sich in sehr vielen verschiedenen Klimaarchiven auf der ganzen Welt finden.

Welche fundamentalen Erkenntnisse können die Jahrringe hierzu beitragen? Hier wird an die Stärken der Jahrringe erinnert: Sie sind jahrgenau und die zeitliche Auflösung ist dementsprechend annuell bis saisonal. Die korrekt datierten Jahrringe liefern also für jedes Kalenderjahr aus dieser Zeit wichtige Informationen zum Geschehen. Um welche Informationen es sich hierbei handelt? Nun, das hängt vom jeweiligen Proxy ab. Wir haben oben schon den Proxy Jahrringbreite kennengelernt, der für die jährliche Menge des Niederschlags vom Frühjahr bis Sommer steht. Doch aus dem Holz der Jahrringe können noch weitere Proxys gewonnen werden, wie z. B. der Gehalt des radioaktiven Kohlenstoffs ( $^{14}\text{C}$ ), oder das Verhältnis der Sauerstoff-Isotope  $^{18}\text{O}$  und  $^{16}\text{O}$  ( $\delta^{18}\text{O}$ ). Das Sauerstoff-Verhältnis ist ein Proxy für Niederschlag / Temperatur und aus dem  $^{14}\text{C}$ -Gehalt kann die jährliche Aktivität der Sonne modelliert werden.

Da das Forschungsprojekt erst im Jahr 2022 begonnen hat, liegen noch nicht zu allen Proxys Ergebnisse vor, da die Grundlage für alle weiteren Analysen das Holz der Jahrringe ist. Dieses muss in mühsamer Arbeit per Hand mit einem Skalpell abgespalten, gewogen, eindeutig beschriftet, sicher verpackt und an die einzelnen Labore versandt werden. Während des Projekts werden so weit über 4.000 Jahrringproben einzeln bearbeitet und analysiert. Dieser Prozess ist noch im Gange.

Was jedoch schon für alle Proben vorliegt, sind die Jahrringbreiten, aus denen auch ein Proxy generiert werden und mit anderen Proxys aus anderen Klimaarchiven verglichen werden kann. In Abbildung 4 sind Proxys verschiedener Klimaarchive aufgeführt, die die Situation an verschiedenen Standorten der Erde und mit unterschiedlicher zeitlicher Auflösung zeigen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind hier nicht die jährlichen Niederschlag-Anomalien dargestellt, sondern die dekadischen Werte.

Verfolgt man die dekadischen Niederschlagsveränderungen im ‚8.2 ka BP Event‘, lassen sich große Fluktuationen vor, während und nach dem Ereignis erkennen. Im Jahr 8.213 BP ist ein abrupter Abfall des Niederschlags zu verzeichnen. Ebenfalls aus dieser Abbildung zu erkennen ist die bereits erwähnte Sonnenaktivität (hier als Globalstrahlung angegeben), die vor und während des Ereignisses deutliche Minima aufweist. Auch die vulkanische Aktivität hatte vor dem Ereignis einen deutlichen Klimaaffekt. Der Anteil der Hämatit-Körner im Meeressediment

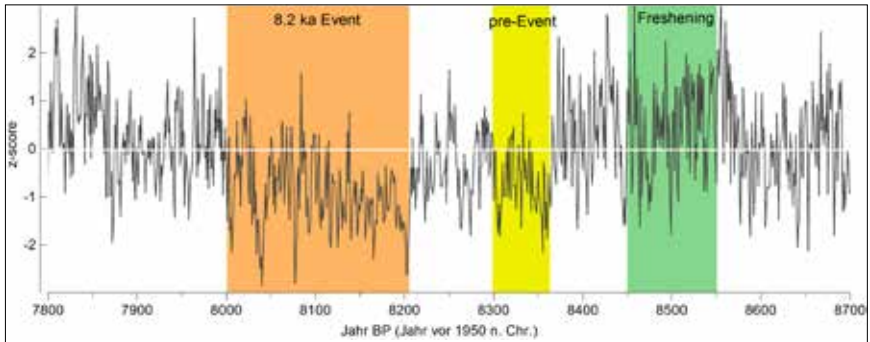


Abbildung 5: Jahring-Variabilität subfossiler Eichen aus Süddeutschland (schwarz). Diese ist ein Proxy für den Frühjahr-Sommer-Niederschlag und kann daher gleichermaßen als Niederschlagsrekonstruktion gedeutet werden. Die rechte Seite zeigt die Niederschlagsentwicklung vor dem ‚8,2 ka BP Event‘ (mit den beiden Phasen ‚Freshening‘ und ‚pre-Event‘), dann das ‚8,2 ka BP Event‘ (orange) selbst sowie die daran anschließende Periode mit wieder steigenden Niederschlägen.

Figure 5: Tree-ring variability of subfossil oaks from southern Germany (black). This is a proxy for spring-summer precipitation and can therefore equally be interpreted as a rainfall reconstruction. The right side shows the precipitation development before the ‚8,2 ka BP event‘ (with the two phases ‚freshening‘ and ‚pre-event‘), then the ‚8,2 ka BP event‘ (orange) itself and the subsequent period with precipitation increasing again.

(Proxy für Meeresoberflächen-Temperatur) des Nordatlantiks zeigt einen abrupten Rückgang der Wassertemperatur um 8.450 BP und scheint den Zeitpunkt zu markieren, an dem die laurentidischen Seen ihr Süßwasser in das Salzwasser des Nordatlantiks ergossen haben. Die Präzision der verschiedenen Rekonstruktionen anhand verschiedener Proxys ist nicht nur aus wissenschaftlicher Sicht bemerkenswert. Dennoch liegen selten Daten mit einer zeitlichen Auflösung < 10 Jahre vor und die zeitliche Einordnung (also Datierung) ist nicht jahrgenau. Eine Stärke der Jahrringforschung, die hier besonders zum Tragen kommt.

Die anhand von Jahrringdaten erstellte, jahrgenaue und zeitlich hochaufgelöste Niederschlagsvariabilität in Abbildung 5 veranschaulicht folgendes: Vor, während und nach dem ‚8,2 ka BP Event‘ gab es starke Schwankungen des Niederschlags, die sowohl auf Jahr-zu-Jahr- als auch auf dekadischer Ebene stattfanden.

Die trockensten Jahre liegen allesamt im Ereignis (8.200–8.000 BP, orangener Balken). Die Niederschläge verringerten sich abrupt ab 8.213 BP und stiegen danach nur langsam wieder an. Allerdings gibt es auch während des ‚8,2 ka BP Event‘ Jahre mit relativ hohen Niederschlägen. Weiterhin zeigt sich schon mehr als hundert Jahre früher, im Jahr 8.370 BP, ein Rückgang der Niederschläge und kann als ‚pre-Event‘ (gelber Balken) gedeutet werden. Die Gründe hierfür sind noch unklar, können aber sicherlich im Rahmen dieses Forschungsprojektes geklärt werden. Der grüne Balken markiert den Zeitbereich, in dem sich vermutlich das Süßwasser der Seen Agassiz und Ojibway in den Nordatlantik ergossen hat.



Demnach dauerte es viele Dekaden bis mehrere Jahrhunderte, bis diese Auswirkungen in Mitteleuropa spürbar wurden.

Die Frage zur fehlenden Angabe des statistischen Fehlers in Abbildung 5 kann schnell beantwortet werden. Die Fehlerberechnungen sind nach guter wissenschaftlicher Praxis Teil der Ergebnisse. Es hat zwei Gründe, warum hier darauf verzichtet wurde: Erstens wäre die Abbildung damit sehr unübersichtlich geworden und zweitens handelt es sich hier nicht um eine streng wissenschaftliche Rekonstruktion, sondern um ein vorläufiges Ergebnis, das noch keine endgültig exakte Fehleranalyse zulässt.

Die Erkenntnisse sind zwar bis dato noch begrenzt, zeigen aber dennoch erste interessante Einblicke in das Klima der Vergangenheit. Fassen wir diese kurz zusammen: Mit dem Jahr 8.213 BP konnte man einen sehr markanten Beginn des ‚8.2 ka BP Events‘ für Mitteleuropa lokalisieren, während des Ereignisses gab es extreme Trockenjahre, die Niederschläge waren über viele Dekaden weit unterdurchschnittlich, gegen Ende des Ereignisses sanken die Niederschläge kurzfristig abermals auf ein sehr tiefes Niveau. Das ‚pre-Event‘ könnte als Vorbote gedeutet werden; die Untersuchungen im Forschungsprojekt werden hierzu noch Licht ins Dunkel bringen können. Auch der Einfluss der Sonne auf die damalige Klimaentwicklung, mehrere hundert Jahre vor und während des Events, bleibt eine spannende Forschungsfrage.

In den vorstehenden Abschnitten wurde sicherlich deutlich, dass ein solches Forschungsvorhaben nur gelingen kann, wenn Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus verschiedenen Teilgebieten zusammenarbeiten. Im Projekt sind daher Kolleginnen und Kollegen aus den folgenden Einrichtungen beteiligt: Universität Hohenheim (Stuttgart), Deutsches GeoForschungsZentrum (Potsdam), Curt-Engelhorn-Zentrum Archäometrie (Mannheim), Johannes Gutenberg-Universität (Mainz), Universität Heidelberg, Labor für Ionenstrahlphysik (ETH Zürich).

## 6 Fazit

Die Jahrringforschung ist ein wichtiger Baustein, wenn es um Fragen des vergangenen Klimas oder des Baumwachstums geht. Die oben dargelegte Fragestellung ist nur eine von vielen und zeigt bei weitem nicht die ganze Bandbreite an Einsatzmöglichkeiten. Ein weiteres, sozusagen zeitlich konträres Einsatzgebiet beschäftigt sich mit der Frage des Waldes in der Zukunft, um unsere Wälder resilienter gegenüber Umweltereignissen machen zu können. Daher beschäftigt sich ein weiteres Forschungsprojekt, das von zwei Bundesministerien (BMEL und BMU) finanziert wird, mit dem Potenzial und Anbauisiko einer fremdländischen Baumart (*Pseudotsuga menziesii*, Douglasie). In diesem Projekt werden Jahrringe herangezogen, um die Widerstands- und Erholungsfähigkeit der Douglasie nach klimatischen

Extremjahren in Abhängigkeit der Herkünfte (Provenienzen) in Mitteleuropa zu beurteilen. Dies liefert wertvolle Erkenntnisse für den zukünftigen Waldbau. In diesem Forschungsprojekt sind Kolleginnen und Kollegen der Universität Hohenheim und der Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg involviert. Unter folgendem Link können weitere Informationen hierzu eingeholt werden: [https://botanik.uni-hohenheim.de/dendro\\_proj\\_doug-goes-risk](https://botanik.uni-hohenheim.de/dendro_proj_doug-goes-risk).

Die Einsatzmöglichkeiten der Jahrringe sind also vielfältig. Und obwohl mit ihnen viele zentral wichtige Erkenntnisse erlangt werden können, stehen diesem ‚klassischen‘ Zweig der Wissenschaft schwere Zeiten bevor. Viele Universitäten bauen hier zugunsten anderer ‚moderner‘ Bereiche Kapazitäten ab. Dies hat zur Folge, dass auch im Bereich der Jahrringforschung zukünftig fachkundige Kolleginnen und Kollegen fehlen werden.

## 7 Literatur

- ALLEY, R.B., MAYEWSKI, P.A., SOWERS, T., STUIVER, M., TAYLOR, K.C. & CLARK, P.U. (1997): Holocene climatic instability: A prominent, widespread event 8200 yr ago. – *Geology*, **25** (6): 483-486
- BOND, G., KROMER, B., BEER, J., MUSCHELER, R., EVANS, M.N., SHOWERS, W., HOFFMANN, S., LOTTI-BOND, R., HAJDAS, I. & BONANI, G. (2001): Persistent solar influence on north atlantic climate during the Holocene. – *Science*, **294**: 2130-2136.
- BOND, G., SHOWERS, W., CHESEBY, M., LOTTI, R., ALMASI, P., DE MENOCAL, P., PRIORE, P., CULLEN, H., HAJDAS, I. & BONANI, G. (1997): A pervasive millennial-scale cycle in North Atlantic Holocene and glacial climates. – *Science*, **278** (14): 1257-1266.
- BÜNTGEN, U., KACZKA, R.J., TRNKA, M. & RIGLING, A. (2012): Ensemble estimates reveal a complex hydroclimatic sensitivity of pine growth at Carpathian cliff sites. – *Agricultural and Forest Meteorology*, **160**: 100-109. doi:10.1016/j.agrformet.2012.02.011.
- CORONA, C., GUIOT, J., EDOUARD, J.L., CHALIE, F., BÜNTGEN, U., NOLA, P. & URBINATI, C. (2010): Millenium-long summer temperature variations in the European Alps as reconstructed from tree rings. – *Climate of the Past*, **6**: 379-400. doi:10.5194/cp-6-379-2010.
- DROBYSHEV, I., NIKLASSON, M., LINDERHOLM, H.W., SEFTIGEN, K., HICKLER, T. & EGGERTSSON, O. (2011): Reconstruction of a regional drought index in southern Sweden since AD 1750. – *The Holocene*, **21** (4): 667-679. doi:10.1177/0959683610391312.
- JIANG, H., MUSCHELER, R., BJÖRCK, S., SEIDENKRANTZ, M.-S., OLSEN, J., SHA, L., SJOLTE, J., EIRIKSSON, J., RAN, L., KNUDSEN, K.-L. & KNUDSEN, M.F. (2015): Solar forcing of Holocene summer sea-surface temperatures in the northern North Atlantic. – *Geology*, **43** (3): 203-206. doi:10.1130/G36377.1.
- KOBASHI, T., MENVIEL, L., JELTSCH-THÖMMES, A., VINTHER, B.M., BOX, J.E., MUSCHELER, R., NAKAEGAWA, T., PFISTER, P.L., DÖRING, M., LEUENBERGER, M., WANNER, H. & OHMURA, A. (2017): Volcanic influence on centennial to millennial Holocene Greenland temperature change. – *Scientific reports*, **7** (1): 1441. doi:10.1038/s41598-017-01451-7.
- LAND, A., REMMELE, S., HOFMANN, J., REICHLE, D., EPPLI, M., ZANG, C., BURAS, A., HEIN, S. & ZIMMERMANN, R. (2019): Two millennia of Main region (southern Germany) hydroclimate variability. – *Climate of the Past*, **15**: 1677-1690. doi:10.5194/cp-15-1677-2019.
- ROHLING, E.J. & PÄLIKE, H. (2005): Centennial-scale climate cooling with a sudden cold event around 8,200 years ago. – *Nature*, **434** (21): 975-979.

- ROTH, R. & JOOS, F. (2013): A reconstruction of radiocarbon production and total solar irradiance from the Holocene  $^{14}\text{C}$  and  $\text{CO}_2$  records: implications of data and model uncertainties. – *Climate of the Past*, **9** (4): 1879-1909. doi:10.5194/cp-9-1879-2013.
- WALKER, M.J.C., BERKELHAMMER, M., BJÖRCK, S., CWYNAR, L.C., FISHER, D.A., LONG, A.J., LOWE, J.J., NEWNHAM, R.M., RASMUSSEN, S.O. & WEISS, H. (2012): Formal subdivision of the Holocene Series/Epoch: a Discussion Paper by a Working Group of INTIMATE (Integration of ice-core, marine and terrestrial records) and the Subcommission on Quaternary Stratigraphy (International Commission on Stratigraphy). – *J. Quaternary Sci.*, **27** (7): 649-659. doi:10.1002/jqs.2565.
- WALTGENBACH, S., SCHOLZ, D., SPÖTL, C., RIECHELMANN, D.F.C., JOCHUM, K.P., FOHLMEISTER, J. & SCHRÖDER-RITZRAU, A. (2020): Climate and structure of the 8.2 ka event reconstructed from three speleothems from Germany. – *Global and Planetary Change*, **193**: 103266. doi:10.1016/j.gloplacha.2020.103266.

DR. ALEXANDER LAND  
Universität Hohenheim  
Institut für Biologie (190a)  
Dendrochronologie / -klimatologie  
Garbenstraße 30  
70599 Stuttgart  
E-Mail: alexander.land@uni-hohenheim.de

Manuskripteingang: 26. August 2022

# Zur Genese periglazialer Lagen in Mitteleuropa aus aktualistischer Sicht

ALEXANDER STAHR

Kaltzeit, Solifluktion, Lagen, Genese

**K u r z f a s s u n g :** Kalt- oder eiszeitliche Solifluktionsschuttdecken werden heute in Basislage, Mittellage, Hauptlage und Oberlage differenziert. Wobei Letztere vielfach auch anthropogenen Ursprungs ist. Im Vergleich mit rezenter Solifluktion (Alpen, Subarctis) kann aus aktualistischer Sicht gezeigt werden, dass die heute klar differenzierbaren Lagen – am Beispiel der Hauptlage – durch Jahrtausende währende Bioturbation aus einer einstigen Vielzahl an Fließloben entstanden sein müssen.

## On the genesis of periglacial layers in Central Europe from an actualistic point of view

Cold age, solifluction, layers, genesis

**A b s t r a c t :** Cold or glacial solifluction debris covers are differentiated today into base layer, middle layer, main layer and top layer. The latter is often of anthropogenic origin. In comparison with recent solifluction (Alps, Subarctic) it can be shown from an actualistic point of view that the layers which can be clearly differentiated today - using the example of the main layer - must have developed from a former multitude of flow lobes by thousands of years of bioturbation.

### Inhaltsverzeichnis

1	Schuttdecken oder periglaziäre Lagen .....	147
1.1	Basislage (LB) .....	149
1.2	Mittellage (LM) .....	150
1.3	Hauptlage (LH) .....	151
1.4	Oberlage (LO) .....	152
2	Genese am Beispiel der Hauptlage .....	152
3	Literaturverzeichnis .....	155

## 1 Schuttdecken oder periglaziäre Lagen

Entgegen der landläufigen Vorstellung, Boden entwickelt sich generell allmählich durch die Verwitterung des lokal anstehenden Festgesteins, hat sich die Mehrzahl unserer Böden in eis- oder kaltzeitlichen Lockersedimenten entwickelt, vor allem in periglazialen Solifluktionsschuttdecken, aktuell Lagen genannt. In Mitteleuro-

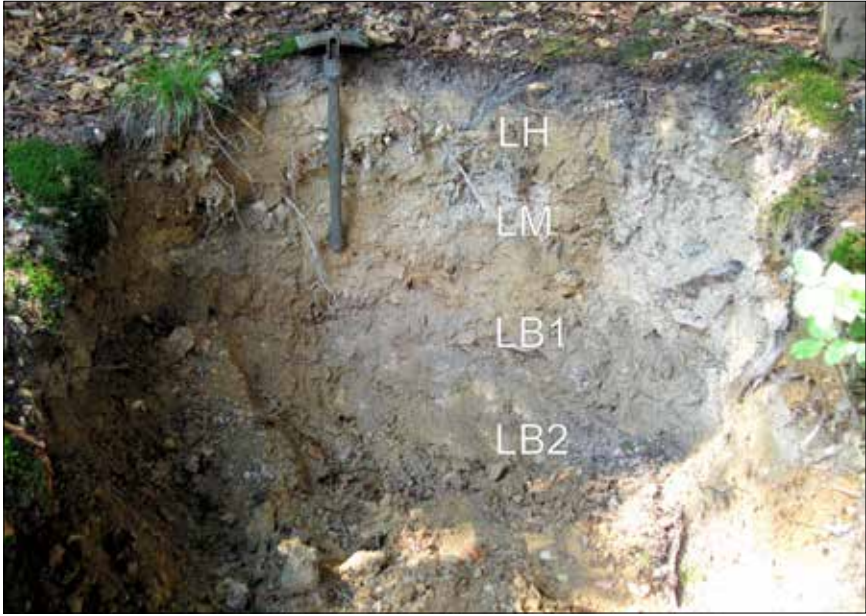


Abbildung 1: Aufschluss im Taunus („Platte“ zwischen Wiesbaden und Taunusstein). Parabraunerde aus Hauptlage (LH) über tonreicherer Mittellage (LM) über mehreren Basislagen (LB); Foto: A. Stahr.

Figure 1: Outcrop in the Taunus („Platte“ between Wiesbaden and Taunusstein). Parabraun earth from main layer (LH) over clay-rich middle layer (LM) over several base layers (LB); photo: A. Stahr.

pa und angrenzenden Gebieten im ehemaligen Periglazialraum und auch heute noch stellen und stellen die autochthonen Verwitterungsprodukte der anstehenden Gesteine nur in exponierten Bereichen (z. B. unmittelbare Kammlagen der Mittelgebirge) das Ausgangssubstrat der Bodenbildung (z. B. Ai/C- oder Ah/C-Böden).

Heute gliedert man die durch Solifluktion entstandenen Schuttdecken oder periglaziären Lagen in der Bundesrepublik Deutschland (auch auf ganz Mitteleuropa und angrenzende Regionen im ehemaligen Periglazialraum sicherlich übertragbar) in vier Komplexe mit eigenständigem Substrataufbau: Basislage (LB), Mittellage (LM), Hauptlage (LH) und Oberlage (LO). Im Gelände lassen sich die Lagen an Aufschlüssen (Abb. 1) oder Wegböschungen meist gut unterscheiden, wengleich Material der einen Lage im Übergangsbereich der anderen Lage beigemischt ist, da von Natur aus während der Bildung der einzelnen Lagen Vermischungen oder gar Materialaufarbeitungen ganzer Lagen von unterschiedlicher Intensität stattfanden. Hinzu kommen Prozesse der Bioturbation (Durchmischung durch Tiere und Pflanzen im Holozän).

## 1.1 Basislage (LB)

Die Basislage ist aus dem jeweils anstehenden Gestein hervorgegangen, das im Laufe der Verlagerung mit den hangaufwärts vorkommenden Gesteinen durchmischt wurde. Sie ist bis auf exponierte Standorte relativ weit verbreitet. So fehlt sie häufig im unmittelbaren Kammbereich der Mittelgebirge auf gestreckten oder konvexen Hängen oberhalb etwa 500 m ü. NN (z. B. Taunuskamm). Durch intensive Frostsprengungsverwitterung wurde das Gestein gelockert, verwittert und durch Solifluktion hangabwärts verlagert. Bei steil stehenden Schiefen kann man häufig beobachten, dass die oberste Verwitterungsschicht des Gesteins, die aus einzelnen aus dem Verband herausgelösten Gesteinsbruchstücken besteht, hangabwärts umgebogen ist. Man bezeichnet dieses hangabwärtige Umbiegen des verwitterten Gesteins als Hakenschlagen (Abb. 2).



Abbildung 2: Hakenschlagen; Foto: A. Stahr.

Figure 2: Downslope hooklike bending; photo: A. Stahr.

Die Basislage kann mehrgliedrig sein und ist primär frei von Löss, was darauf hinweist, dass diese Lage unter kühl-feuchtem Klima, wahrscheinlich zu Beginn oder während einer Klimaschwankung innerhalb einer Eiszeit, gebildet wurde, denn Löss konnte nur in trocken-kalten Klimaphasen verweht werden. Ein trotzdem örtlich vorzufindender Lössanteil ist auf die Einspülung bzw. Verlagerung und sekundäre Anreicherung des Materials zurückzuführen, denn der Löss in der Basislage ist in der Regel nicht dispers (fein verteilt), sondern tritt in Form von

Hauben auf größeren Steinen auf. Auffällig und charakteristisch ist die Einregelung der Längsachse größerer Komponenten in Hangfallrichtung (Abb. 3). Das Alter der Basislage und ihrer Glieder ist unbekannt. Die Mächtigkeit der Basislage schwankt stark.



Abbildung 3: Basislage aus Tonschiefer im Aartal (Hintertaunus-Einheit). Größere Komponenten sind in Hangfallrichtung eingeregelt; Foto: A. Stahr.

Figure 3: Base layer of clay shale in the Aar valley (Hintertaunus unit). Coarser components are leveled in the direction of slope fall; photo: A. Stahr.

## 1.2 Mittellage (LM)

Die Mittellage enthält häufig einen relativ hohen Anteil an Löss, was auf eine Entstehung unter trocken-kaltem Klima hinweist, und ist nur an erosionsgeschützten Positionen (z. B. konkave Hangbereiche) bis heute erhalten geblieben. Durch ihren oft relativ hohen Löss- und auch höheren Tonanteil sowie eine dichtere Lagerung ergibt sich insgesamt ein markanter Substratunterschied zur Haupt- und Basislage, wenngleich Material der Basislage während der solifluidalen Prozesse in die Mittellage eingearbeitet wurde. Auch die Mittellage kann mehrgliedrig sein, zeigt eine Einregelung von Längsachsen größerer Gesteinskomponenten in Hangfallrichtung und kann eine sehr unterschiedliche Mächtigkeit aufweisen. MÜLLER (2011) konnte an Böden im Spessart nachweisen, dass der größte Anteil an tonigem Feinmaterial in Mittellagen aus umgelagerten Aggregaten einer älteren Bodenbildungsphase stammt.

### 1.3 Hauptlage (LH)

Die Hauptlage ist in ganz Mitteleuropa flächenhaft verbreitet, wobei ihre Existenz für den Alpenraum in der Diskussion ist (STAHR 2000; VEIT et al. 2002). Heute ist sie durch den Eingriff des Menschen in die Vegetation seit Jahrhunderten vielfach gestört, durch Baumaßnahmen, Ackerbau, die Waldnutzung in historischer und heutiger Zeit mit nachfolgender Erosion oder Umlagerung. Die Hauptlage beinhaltet, sofern sie sich im Bereich des Fallouts entwickelt hatte, neben Löss auch Aschenmaterial des Laacher See-Vulkans, die Laacher See Tephra. Dieser Vulkan brach vor ungefähr 10.930 v. Chr. am Ende der Wärmeschwankung des Allerød (= Allerød-Interstadial des Spätglazials) in der Eifel nahe der heutigen Verbandsgemeinde Mendig aus. Darauf folgte ein Kälterückschlag in der Jüngeren Dryas (ca. 10.730 bis 9.640 v. Chr.).

Dieser letzte Zeitabschnitt der Würm- oder Weichsel-Eiszeit (= Stadal des Spätglazials) wurde nach der Weißen Silberwurz (*Dryas octopetala*) benannt, eine Pflanze, die zu jener Zeit in den Kältesteppen weit verbreitet war. Innerhalb dieser Zeitspanne fanden wieder Prozesse der Solifluktion, Kryoturbation und Ablation auf den Hängen statt. Dabei kam es zur Einarbeitung des vulkanischen Materials und von erneuten Lössanwehungen (SEMMELE & PETSCHICK 2006), bis der Beginn unserer Warmzeit (Holozän) vor fast 12.000 Jahren und einer damit verbundenen raschen Ausbreitung der Vegetation die Prozesse allmählich stoppte. Die Lössanwehungen sprechen für ein zumindest zeitweise trockenes, fast wüstenähnliches Klima (Kältewüste) innerhalb der Jüngeren Dryas.

Durch Niederschläge und Schmelzwässer in feuchteren Phasen wurde ein gewisser Teil des Lösses wieder abgespült. In Abhängigkeit von der Exposition und der Steilheit von Hängen variierte der Anteil an Löss im Lockermaterial erheblich. Umso steiler der Hang, desto weniger Löss wurde abgelagert bzw. erhalten. So ist die Hauptlage in Oberhangbereichen auch deutlich steinreicher und geringmächtiger, so dass die darin entwickelten Böden trotz relativ hoher Niederschläge rasch austrocknen. In konkaven Hangbereichen und Leelagen der in Mitteleuropa vorherrschenden Westwinde waren die Lössablagerungen mächtiger, was sich im Lössgehalt der heute verbreiteten Hauptlage deutlich bemerkbar macht und somit klare Auswirkungen auf die Standortqualität für Pflanzen sowie für die Filter- und Puffereigenschaften des in der Hauptlage entwickelten Bodens hat.

Auffallend ist die weitgehend konstante Mächtigkeit der Hauptlage von 50 cm +/- 20 cm (30–70 cm) und die lockerere Lagerung gegenüber der Mittellage, sofern Letztere im Gelände auftritt. Fehlt die Mittellage, deren Material spätestens von den Prozessen in der jüngeren Tundrenzeit aufgearbeitet wurde, ist die Basis oft steinreicher, doch relativ klar von der Basislage zu unterscheiden. Die erstaunlich gleichbleibende Mächtigkeit der Hauptlage kann nach SEMMELE & PETSCHICK (2006) darin begründet sein, dass ihre Untergrenze die Trennlinie zwischen Permafrost und Auftauboden darstellt.



## 1.4 Oberlage (LO)

Die Oberlage findet sich unterhalb von Felsklippen oder Felsdurchragungen. Sie ist schuttreich, arm an Feinerde, recht unterschiedlich in ihrer Mächtigkeit und ist dort durch Verwitterung mit daraus resultierendem Steinschlag von Natur aus entstanden. Doch auch an einigen dieser felsigen Bereiche und auch andernorts dürfte der Mensch an der Entstehung von nacheiszeitlichen Lagen oder Schuttdecken durch Rohstoffgewinnung (Steinbrüche), Landwirtschaft oder sonstige Eingriffe in die Waldvegetation indirekt oder direkt durch Aufschüttung beteiligt gewesen sein. Definitionsgemäß beruht die Oberlage auf natürlichen Prozessen und Umlagerungen des Materialtransportes. In vielen Fällen ist jedoch nicht belegbar, inwieweit oder mit welcher Intensität der Mensch seine Finger im Spiel hatte. Offensichtlich ist dies jedoch im direkten Umfeld von ehemaligen Steinbrüchen der Fall, wo es sich bei stark grobschutthaltigen Überlagerungen der Hauptlage mit großer Wahrscheinlichkeit um Abraummateriale handelt. Definitionsgemäß (AG Boden 2005) ist dabei nicht von Oberlage zu sprechen. Bei eindeutig vom Menschen geschaffenen Lagen kann daher von anthropogenen oder holozänen Lagen gesprochen werden. Dies ist sicherlich in vielen Fällen zutreffend.

## 2 Genese am Beispiel der Hauptlage

Die konstante Mächtigkeit der Hauptlage und die vergleichsweise gute Verteilung von äolischem Material kann aus aktualistischer Sicht nicht durch solifluidale Prozesse erklärt werden. Geht man von einem Durchtränkungsfließen nach Auftauen des oberflächennahen Untergrundes und Regelationsfließen während der Frostwechsel unter mehr oder weniger vorhandener Tundravegetation aus (gebundene Solifluktion), die ähnlich der rezenten Flechten- und Moostundra bzw. Zwergstrauchtundra (Parktundra) mit beispielsweise Kraut-Weide (*Salix herbacea*) und Zwerg-Birke (*Betula nana*) pollenanalytisch für die jüngere Dryas nachgewiesen ist, so dürften sich zahlreiche Solifluktionloben in staffelartiger Abfolge auf den Hängen der Mittelgebirge befunden haben, wobei die Einarbeitung von Löss und Tephra anfangs relativ ungleichmäßig erfolgt sein muss. Hinzu kamen sicherlich Ab- und Ausspülungsprozesse durch Schmelzwasser, wie man dies auch heute in Periglazialgebieten (Alpen, Subarktis) beobachten kann. Die Charakteristika der jungtundrenzeitlichen Solifluktionloben haben, analog zu vergleichbaren Loben in den Alpen (Abb. 4 und 5) oder in der Subarktis, vermutlich darin bestanden, dass sie an ihrem oberen Ende ausgedünnt und an der Stirnseite aufgewölbt waren, was primär eine unterschiedliche Substratmächtigkeit zur Folge hatte. Doch die Abfolge von Loben hatte vermutlich unabhängig vom Hangverlauf nur relativ geringe Sprunghöhen auf der Oberfläche bewirkt. Für rezente periglaziäre Soli-

fluktionsloben in den Hohen Tauern (Österreich) gibt z. B. VEIT (1988) Stirnhöhen von 20 cm bis über einen Meter an.



Abbildung 4: Rezente Solifluktuionsloben in den Stubai Alpen, Tirol; Foto: Gemeinfrei.  
Figure 4: Recent solifluction lobes in the Stubai Alps, Tyrol; photo: public domain.

Daher muss man zur Zeit der jüngeren Dryas aus aktualistischer Sicht von einer kleinräumig differenzierten, recht unruhigen Geländeoberfläche mit vielen Solifluktuionsloben und Abspülungsformen sowie einem Miteinander von unterschiedlichen Lockergesteinen (Frostschutt, Löss, Tephra) auf den Mittelgebirgshängen ausgehen, die Prozessen der Kryoturbation ausgesetzt waren. Das bedeutet, dass schon zu dieser Zeit Durchmischungen oder Verwürgungen des oberflächennahen Untergrundes erfolgten, welche die Grenzen von übereinander folgenden Loben und den Verlauf von Spülrinnen nach und nach „verwischen“

und Lockermaterialien immer wieder umverteilt. Somit konnten im Zusammenspiel mit Spülprozessen sicherlich auch kleinere Sprunghöhen im Gelände (Stirnseiten von Loben) verändert oder egalisiert werden. Im frühen Holozän beendete die Wiederbewaldung durch Birken und Kiefern diese Prozesse. Von diesem Zeitpunkt an muss von einer rund 10.000 Jahre währenden Bioturbation über alle ehemals periglaziär entstandenen Schichtgrenzen ausgegangen werden, die während der Jüngeren Dryaszeit entstanden waren. Von Ameisen und Regenwürmern über Mäuse und Füchse bis hin zum Wildschein und noch viele andere Bodentiere mehr, alle wühlten und gruben bis heute im Untergrund.



Abbildung 5: Solifluktionsloben (Girlanden) im Schweizerischen Nationalpark am Ofenpass (ca. 2300 m); Foto: Gemeinfrei.

Figure 5: Solifluction lobes (garlands) in the Swiss National Park at Ofen Pass (ca. 2300 m); photo: public domain.

Auch Pflanzenwurzeln wirkten hierbei ebenfalls kräftig mit. Beispielsweise durch Wurzelwachstum und Wurzeldruck, durch Setzungs- und Verdichtungsprozesse infolge des Entzugs von Wasser oder durch Windbewegungen, die über den Baum und seine Wurzeln auf den Untergrund übertragen werden (Lockerungs- und Stampfbewegungen bis hin zum Windwurf). Daher ist davon auszugehen, dass das heutige Erscheinungsbild und die relativ konstante Mächtigkeit der Hauptlage mit der weitgehend dispersen Verteilung von Löss und Tephra neben bodenbildenden Prozessen (Verwitterung, Verlagerungen, Neubildungen) im Wesentlichen auf einer bioturbaten Aufarbeitung unterschiedlichster spätglazialer bzw. jungtundrenzeitlicher Lockergesteine (Solifluktionsloben) zurückzuführen ist. Für eine intensive Bioturbation im Holozän spricht auch, dass die Einrege-

lung von gröberen Gesteinskomponenten mit der Längsachse in Hangfallrichtung bei der Hauptlage nicht immer eindeutig ist. Zudem finden sich in der Hauptlage selbst keine erhaltenen Strukturen wie etwa kryoturbate Verwürgungen oder Eiskeile (Eiskeilpseudomorphosen). Wegen ihrer relativ lockeren Lagerung gegenüber der Mittellage, was sicherlich auch auf der wühlenden und grabenden Tätigkeit des Bodenlebens beruht, ist die Hauptlage der Hauptwurzelraum von Waldbäumen. Da Löss auch in der Mittellage weitgehend dispers vorliegt, legt dies den Schluss nahe, dass diese nicht nur Material einer älteren Bodenbildungsphase aufgearbeitet hat, sondern selbst bodenbildenden Prozessen und einer länger währenden bioturbaten Durchmischung unterlag, was eine deutlich zeitliche Differenz zur Hauptlage impliziert.

Geht man von einer viele Tausend Jahre währenden Bioturbation aus, so stellt sich natürlich die Frage, warum die Grenze von Haupt- zur Mittellage erhalten blieb? Vermutlich deshalb, da sich Tiere und Pflanzen opportun verhalten. Warum also mit höherem Energieaufwand in die tonigere und dichter gelagerte Mittellage vordringen, wenn die Hauptlage ausreichend Lebens- und Wurzelraum mit guter Nährstoffversorgung bereitstellt?

### 3 Literaturverzeichnis

- Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden (2005): *Bodenkundliche Kartieranleitung*, 5. Aufl. – 438 S.; 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen; Hannover (Hrsg. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Zusammenarbeit mit den Staatlichen Geologischen Diensten).
- MÜLLER, S. (2011): *Neue Erkenntnisse zu periglaziären Lagen und Pedogenese im hessischen Spessart*. – Online-Publikation, Institut für Physische Geographie der Goethe Universität Frankfurt am Main; Frankfurt a. M.
- STAHR, A. (2000): Zur Differenzierung periglazialer Deckschichten der montanen und subalpinen Höhenstufe in den Berchtesgadener Alpen. – *Frankfurter geowiss. Arb.*, **D26**: 155-172; Frankfurt am Main.
- VEIT, H. (1988): *Fluviale und solifluidale Morphodynamik des Spät- und Postglazials in einem zentralalpinen Flußeinzugsgebiet (südliche Hohe Tauern, Osttirol)*. – *Bayreuther geowiss. Arb.*, **13**: 167 S.; Bayreuth.
- VEIT, H., MAILÄNDER, R. & VONLANTHEN, C. (2002): *Periglaziale Deckschichten im Alpenraum: Bodenkundliche und landschaftsgeschichtliche Bedeutung*. – *Petermanns Geographische Mitteilungen*, **146**: 6-14; Gotha.
- SEMMEL, A., & PETSCHICK, R. (2006): *Spätglaziale Sedimente und ihre äolischen Beimengungen in einigen deutschen Mittelgebirgen*. – *Geol. Jb. Hessen*, **133**: 109-120; Wiesbaden.

DR. ALEXANDER STAHR  
Dresdener Straße 16  
65232 Taunusstein  
Tel.: 06128-488 956  
Mobil: 0179-231 5226  
E-Mail: <mailto:info@lesestein.de> info@lesestein.de

Manuskripteingang: 28. August 2022



# Mit dem Rhein durchs Welterbe

EBERHARD KÜMMERLE

Oberes Mittelrheintal, Welterbe, Geologie, Landschaftsgeschichte, Sehenswertes

**K u r z f a s s u n g :** Das Mittelrheintal von Bingen bis Koblenz, seit 2002 UNESCO-Welterbe, wird in seinem Verlauf dargestellt, wobei Sehenswertes in ihrer Verbundenheit mit der Erd-, Kultur- und Landschaftsgeschichte betrachtet wird.

## With the Rhine through the World Heritage

Upper Middle Rhine Valley, world heritage, geology, landscape history, places of interest

**A b s t r a c t :** The Middle Rhine Valley from Bingen to Koblenz, since 2002 UNESCO-World Heritage, is presented in its course, with points of interest considered in their connection with the history of the earth, culture and the landscape.

### Inhaltsverzeichnis

1	Das UNESCO-Welterbe Oberes Mittelrheintal .....	157
2	Warum gibt es überhaupt ein Mittelrheintal? .....	158
3	Der Weg durch die felsigste Strecke .....	159
4	Landschaft – geprägt vom Dachschiefer .....	164
5	Wo der Rhein sich in die Kurven legt .....	169
6	Literatur .....	177

## 1 Das UNESCO-Welterbe Oberes Mittelrheintal

Im Juni 2002 wurde das „Obere Mittelrheintal“ als erste deutsche Kulturlandschaft in die Welterbe-Liste der UNESCO aufgenommen.

Die einmalige Landschaft mit dem Rhein, seinen schmalen Uferstreifen und den steilen, zum Teil rebenbesetzten Talhängen sowie die zahlreichen Burgen, Schlösser, Klöster und Kirchen, verbunden mit den Mythen, Sagen, Werken der Literatur, Musik und der bildenden Kunst vor allem aus dem 19. Jahrhundert, haben zur Anerkennung des 60 km langen Rheintales zwischen Bingen/Rüdesheim und Koblenz als Welterbe beigetragen.

Dieser Beitrag folgt dem im Rheinischen Schiefergebirge tief eingeschnittenen Fluss in seiner Südost-Nordwest-Fließrichtung und den in dieser Richtung immer jünger werdenden – sofern keine tektonischen Verstellungen – Gesteinen des

Unterdevons. Der Verfasser zeigt auf, dass die speziellen geologischen Verhältnisse verkettet sind mit den morphologischen Gegebenheiten und der Infrastruktur dieses engen Kerbtals, mit dem regionalen Klima, mit der Gewinnung von Baustoffen, mit dem bis auf Ausnahmen aufgelassenen Bergbau, mit der Landwirtschaft, insbesondere mit dem Weinbau, mit der wunderschönen Landschaft, mit den vielen Burgen auf Bergspornen und anderen interessanten Bauwerken u. a. m. Alles das macht den einzigartigen Reiz der Region am Oberen Mittelrhein aus, die durch die UNESCO-Anerkennung einen internationalen Rang erhalten hat.

## 2 Warum gibt es überhaupt ein Mittelrheintal ?

Das Zusammentreffen von Rhein und Nahe ist der Eingang zum Mittelrheintal. Die Entstehung dieses Landstrichs ist nur verständlich, wenn man die vertraute heutige Landschaft einmal gänzlich ausblendet. Denn beide Flüsse sind viel älter als die markanten Berge um sie herum. Schon vor rund 15 Millionen Jahren, im Obermiozän, floss ein Ur-Rhein über das Gebiet Rheinhessen nach Nordwesten in Richtung des jetzigen Mittelrheins, bekannt durch den „Rhein-Elefanten“ *Dinotherium*, dessen Skelettreste im Flusskies gefunden wurden. Der Urfluss mäandrierte breit über eine Landschaft, die sich noch wenig über Meeresniveau erhob.

Im Verlauf des Pleistozäns, ab etwa 2,6 Millionen Jahren, verlegte der Ur-Rhein seinen Lauf aus dem Raum Bingen merkwürdigerweise nach Osten und vereinigte sich beim heutigen Mainz mit einem Ur-Main. Ablagerungen beider Flüsse sind über Erbenheim – Weisenau – Rochusbergegebiet nachzuweisen. Bei diesem Berg, den es freilich noch gar nicht gab, mündete auch die Nahe in den Rhein-Main-Urfluss. Beachtlich ist, dass der von Osten heranströmende Main Vorfluter war: „Er nahm den Rhein nach Westen mit“ (SEMMELE 2012).

Wenn der Ur-Rhein-Main gewusst hätte, was ihm bevorsteht, hätte er sich einen anderen Weg gesucht und hätte das drohende Gebirge umgangen. Als das Land, später Hunsrück und Taunus genannt, sich im ausgehenden Jungtertiär (Pliozän) ganz allmählich zu heben begann, floss er zunächst weiter nach Nordwesten. Als die Hebung sich in den letzten rd. 800.000 Jahren verstärkte, hatte er sich, wie auch die Nahe, schon so weit in das Gestein eingeschnitten, dass beide ihr Bett nicht mehr verlassen konnten: Der Rhein wurde zum Gebirgsfluss, der durch weiteres Einschneiden mit der Hebung möglichst Schritt halten musste. Er schafft es mühsam bis heute, unterstützt durch eiszeitliche Frostsprengung des Gesteins und gewaltige Schmelzwasser-Vorstöße. Merkwürdig aber, wie die kleine Nahe den Durchbruch geschafft haben soll. Hat ihr vielleicht der Ur-Rhein einen Arm zur Hilfe gereicht? Diese Frage stellten GREBE (1885), zuletzt STETS (2021) (Abb. 1).

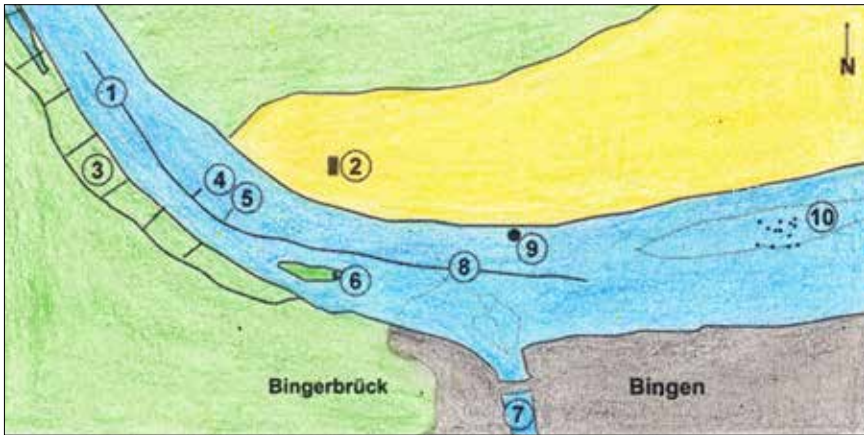


Abbildung 1: Eingang des Mittelrheintals bei Bingen.

1 Längswerk des 19. Jh., 2 Burg Ehrenfels, 3 Buhnen und Längswerk des 19. Jh., 4 Rest des Binger Riffs, 5 Hartstein, 6 Mäuseturm-Insel mit Burgturm, 7 Nahe, 8 „Binger Mauer“, 9 Mühlstein, 10 Kraus-Aue.

Figure 1: Entrance to the Middle Rhine Valley near Bingen.

1 Longitudinal work of the 19th century, 2 Ehrenfels Castle, 3 Groynes and longitudinal work of the 19th century, 4 Remnant of the Binger Reef, 5 Hartstein, 6 Mäuseturm Island with castle tower, 7 Nahe, 8 „Binger Wall“, 9 Mühlstein, 10 Kraus floodplain.

Die Festgesteine, die es auszuräumen galt, waren ziemlich eintönig: Quarzite, quarzitische Sandsteine und Tonschiefer. Gerade der Wechsel zwischen hartem Quarzit und relativ weichem Tonschiefer ließ die abwechslungsreiche Flusslandschaft entstehen. Die Begriffe „Bunte Schiefer“ oder „Hunsrückschiefer“ sind insofern missverständlich, als sie mächtige Quarzitbänke und quarzitisches Sandsteine umfassen können, die als felsige Rücken hervortreten und sich als Standorte von Burgen anbieten.

### 3 Der Weg durch die felsigste Strecke

Ab der Rüdeshheimer Au ließ der Rhein zahlreiche Felsen überwiegend aus Taunusquarzit der „Siegen-Stufe“ übrig, die zur Sicherheit der Schifffahrt von Menschenhand nach und nach beseitigt wurden. Verblieben ist die Mäuseturminsel mit Turm aus dem 13. Jahrhundert, 1855 für „Wahrschau“-Zwecke neu gestaltet (siehe Abb.1). Die Sage von dem geizigen Erzbischof und den Mäusen gehört zu jeder Rheintour. Die etwa gleich alte Burg Ehrenfels steht auf Felsen aus Taunusquarzit (Abb. 2). Für Johanna Schopenhauer war der Aufstieg über den Steilhang zur Burg „etwas für Gemsenjäger“. Von ihr stammt auch die Geschichte von der jungen Braut, die sich von der Burg herabstürzte und die den Schiffen in Sturmnächten noch immer schwebend erscheinen soll.





Abbildung 2: Burg Ehrenfels auf einem Taunusquarzit-Bergsporn vor der „Flurbereinigung“.  
Figure 2: Ehrenfels Castle on a Taunus quartzite mountain spur before the „land consolidation“.



Abbildung 3: Frachtschiff auf Bergfahrt im Binger Loch vor dessen Ausbau bis 1974.  
Figure 3: Cargo ship on upstream voyage in the Bingen Loch before its engineering until 1974.

Die enge Passage des Binger Lochs im Taunusquarzit-Riff eignete sich besonders zur Zollerhebung. Diese war für Jahrhunderte eine der wichtigsten Einnahmequellen des Mainzer Erzstiftes. Man kann das als Beispiel der Vermarktung einer geologischen Struktur betrachten (Abb. 3).

Der Niederwald über Ehrenfels diente u. a. der Gewinnung von Lohrinde von eingekürzten Eichen, so lange, bis es chemische Gerbstoffe gab. Im Bereich des Jagdschlusses ist der frühere Gutshof „Meierhof“ für die Versorgung der Burg Ehrenfels zu suchen. Das berühmte Denkmal der Germania von 1883 besteht in Fundament und Kern aus Taunusquarzit aus Steinbrüchen auf dem Niederwald. Im Inneren herrschen Gewölbe aus Ziegelsteinen. Das steinerne Äußere präsentiert Sandstein aus vielen deutschen Ländern wie Obernkirchener, Murgtaler und Haardter Sandstein. Damit sollte die Einheit Deutschlands symbolisiert werden. Der Rundtempel von 1788 wurde von US-Bomben zerstört und 2006 erneuert. Dabei wurden die Säulen aus rotem Mainsandstein durch weithin auffallende Betonsäulen ersetzt.

Die Rossel von 1787 auf dem Sporn des Fichtenkopfes (348,4 m ü. NN) ist sorgsam aus dem anstehenden Quarzit gemauert. Daraus sind schöne Bögen und Gewölbe gestaltet, wenige Fenstergewände sind aus ortsfremdem Sandstein. Der Rittersaal, die „Klipp“ von 1791, stellt die Grundmauern eines Aussichtstempels dar, der schon 1876 abgerissen wurde.

„Rosseln“ sind Blockschuttströme, angereichert durch eiszeitliche Frostsprengung. Karl Simrock sah die Blockmeere als „von Winzern auf felsigem Grund zusammengetragen“ an.

Vom 19. Jahrhundert an bemüht man sich, den Flussquerschnitt des Rheins einzuengen. In der Absicht, damit mehr Fahrwassertiefe zu erreichen, Versandung zu verhindern, die Erosion in der Rinne zu verstärken und Neuland („Anbau“) zu gewinnen. Dazu wurden „Buhnen“ angelegt, Steinschüttungen senkrecht zum Ufer. Zwischen ihnen, im Stillwasserbereich, wird Sediment abgefangen. Die Felder verlanden allmählich, gefördert durch Längswerke, welche die Buhnenköpfe miteinander verbinden. Ehemalige Buhnenfelder finden sich vielerorts am Mittelrhein. Sie sind meistens völlig verlandet oder zugeschüttet wie unterhalb Bingerbrück („Binger Kribben“). Viele ehemalige Buhnenfelder sind genutzt als Sportstätten, Campingplätze, Grünanlagen und Parkplätze. So vor Bacharach, Oberwesel, St. Goar, Bornhofen, Peterspays oder Braubach. Neuere Buhnen gibt es zwischen Trechtingshausen und Burg Sooneck, zwischen Rheindiebach und Bacharach und am Kauber Werth. Abwärts Niederheimbach ragen Buhnen bis in Flussmitte.

Über Jahrhunderte versuchte man, das gefährliche Binger Riff zu entschärfen, vor dessen Befahrung man St. Nikolaus um Hilfe rief. Dazu meinte allerdings Baron von Wackerbarth, zeitweilig Eigentümer der Heimburg (s. u.): „Die Fahrt durch das Bingerloch ist garnicht so gefährlich, vorausgesetzt, die Schiffer sind nüchtern, welches aber selten der Fall ist“. Das Binger Loch, die Öffnung im Bin-

ger Riff, wurde schließlich bis 1974 auf ganze 120 m erweitert, „der Gefälleknick wurde beseitigt“, so hieß es, „der Gordische Knoten wurde nicht gelöst, sondern durchschlagen“, urteilte der Baudirektor Karl Pichl 1990. Um ein zu starkes Absinken des Rheinspiegels oberhalb zu verhindern, war großer technischer Aufwand erforderlich. So wurden Rüdesheimer Au und Kraus-Au („Grau-Au“ bei OCKHART 1816!) mittels Steinschüttung unter Mittelwasser riesenhaft erweitert. Schüttungen im Bereich der Nahemündung bewirken Stau zugunsten des Fahrwassers rechts. Zusätzlich entstand 1994 die „Binger Mauer“, Verlängerung eines Trenndammes von 1873, der das ehemalige 2. Fahrwasser begrenzte und früher unterhalb der Mäuseturminsel endete.

Der Assmannshäuser „Höllenberg“ besteht aus meist rot gefärbten „Bunten Schiefen“ der Gedinne-Stufe. Sie sind geologisch älter als der Taunusquarzit und scheinen schon von der Farbe her für Rotweinanbau prädestiniert. Hotel Krone ist als ehemalige Treidlerstation bekannt. Das Gewerbe der Treidler wurde schon zur Römerzeit gepflegt. Besonders bei der Binger-Loch-Passage führten die Treidelknechte ein scharfes Beil oder Hiebmesser bei sich, für den Fall, dass sie mittels Durchtrennung der Leine („Leinpfad“) ihre Pferde noch retten konnten, falls das Schiff havarierte.

Auf Bunten Schiefen steht auch das 1844 erstmals erbaute Schweizerhaus. Spärliche Baureste zeugen von der ehemaligen Meierei, dem Bauernhof zu Burg Rheinstein. Denn brauchbare Ackerflächen wie hier oben gibt es im Rheintal nur auf den Höhen, auf der Bergschulter. Auf den zweigeteilten „Hauptterrassen“, den zwischen 190 und 220 m ü. NN liegenden alten Flussbetten aus dem Altpleistozän, blieb eine fruchtbare Lössdecke erhalten. In diesem Bereich liegen die Höhendörfer wie Medenscheid, Neurath, Urbar und Henschhausen.

Nahezu alle historischen Gebäude am Mittelrhein sind aus dem Gestein ihrer unmittelbaren Umgebung aufgemauert. Sie spiegeln die örtliche Geologie wider. Burgen wachsen gleichsam aus dem anstehenden Fels heraus. Schließlich war die Eignung des Steins zum Mauerbau überhaupt Voraussetzung für den Burgenbau, denn ein Herantransport von Fremdmaterial auf die Höhen wäre damals unmöglich gewesen.

Aus hellgrauem und rostbraunem Taunusquarzit der Siegen-Stufe sind außer Burg Ehrenfels der Turm des Thomas-Morus-Hauses Assmannshausen sowie die Burgen Rheinstein (Abb. 4), Reichenstein und Sooneck errichtet wie auch die neuen hohen Weinbergsmauern. Der genannte Turm trägt noch die Aufschrift „Kur-Haus“ und „Bad Assmannshausen“, weil es hier zwischen 1874 und dem 2. Weltkrieg einen Kurbetrieb gab, auf der Grundlage einer lithiumreichen Natrium-Chlorid-Hydrogencarbonat-Therme. Diese ist im Turm in 12 m Tiefe in Quarzit und Schiefer gefasst. Noch im 15. Jahrhundert entsprang sie nicht an Land, sondern im Rhein: das Land um den Turm ist im 19. Jahrhundert verlandet oder wurde verfüllt. Es werden vier weitere Quellen genannt. Sie sind unter dem Bahndamm verschüttet. Mindestens eine davon war in Sandstein gefasst.



Abbildung 4: Burg Rheinstein auf steilem Quarzitefelsen. Im Rhein die Sand-Kies-Insel Clemensgrund.

Figure 4: Rheinstein Castle on steep quartzite rock. In the river Rhine, the sand-gravel island Clemensgrund.

Bei dem Umbau der drei genannten Burgen im 19. Jahrhundert wurde das alte Baumaterial aus dem 11.–13. Jahrhundert weitgehend wiederverwendet. Sooneck, auf dem nordöstlichen Soonwald-Ende, ist wegen des steil abfallenden Hanges treppenartig gestaffelt.

Die rechtsrheinischen Höhen Bacharacher Kopf (341,7 m ü. NN), Hörkopf (374,4 m ü. NN) und Teufelskadrich (414,6 m ü. NN) aus Taunusquarzit reichen in Höhen, die rheinabwärts nicht mehr erreicht werden.

Die Talweitung unterhalb Assmannshausen bedingt abgeschwächte Transportkraft für den Fluss. So entstand der Clemensgrund, eine Insel aus Sand und Kies. Bei Hochwasser wird er überspült (Abb. 4). Die Clemenskapelle aus dem 13. Jahrhundert am linken Ufer erinnert an das ehemalige Dorf Trechtingshausen. Es musste wegen Hochwassergefahr verlegt werden. Die Kapelle wurde zeitweise von den protestantischen Burgherren von Rheinstein mitbenutzt. Schikanen der Dorfbewohner sollen mit ein Grund für den Bau einer eigenen Burgkapelle auf Rheinstein durch Philipp Hoffmann 1842 gewesen sein.

## 4 Landschaft – geprägt vom Dachschiefer

Ab Niederheimbach im Gebiet des Hunsrückschiefers der nächstjüngeren Ems-Stufe überwiegt relativ weicher Tonschiefer gegenüber Quarzit und quarzitischem Sandstein. Daher fällt dem Fluss das Ausräumen leichter und das Tal weitet sich. Kleines und Großes Lorcher Werth aus Sand und Kies auf felsigem Untergrund sind seit 1869 durch ein Längswerk miteinander verbunden. Graue Schieferdächer mögen zwar trist wirken, sie gehören aber zum Mittelrhein. Freilich wurden die Burgen Heimburg, Fürstenberg, Stahleck, Gutenfels und Schönburg nicht auf Tonschiefer gebaut. Sie stehen vielmehr auf vorspringenden Bergspornen aus Quarzit oder quarzitischem Schiefer. Diese Gesteine sind jetzt weniger hellgrau oder braun, sondern dunkelgrau und so auch die historischen Gemäuer.



Abbildung 5: Weinbergsmauer, Trockenmauer, aus Quarzitbruchstein.

Figure 5: Vineyard wall, dry stone wall, made of quartzite rubble stone.

Der hohe Tonschieferanteil der Hänge begünstigt den Weinbau. Der ist ab dem 7. bis 9. Jahrhundert nachgewiesen. Nach und nach wurde jeder Süd- bis Südwesthang so weit möglich für die Rebe genutzt. Unzählige Mäuerchen und Treppen, je steiler der Hang umso mehr, ohne Mörtel gesetzt, künden davon. Sie waren optimal der Landschaft angepasst und gaben Schutz gegen Erosion, hielten das Wasser im Hang und boten Unterschlupf für Eidechsen, Schlangen und Insekten (Abb. 5). Noch im 20. Jahrhundert nutzten Trechtingshäuser Winzer Weinberge im rechtsrheinischen Bodental, wo es sonnengünstige Hänge gab. Dazu mussten

die „Ausmärker“ mit Booten den Fluss überqueren. Heute liegen rund drei Viertel der ehemals genutzten Flächen am Mittelrhein brach.

Lorch wird überragt von St. Martin aus romanischer Zeit. Wegen des schwierigen felsigen Geländes zeigt die Kirche Knicke in der Längsachse. Johann Hilchen, der Erbauer des Hilchenhauses, war Kampfgenosse Götz von Berlichingens im 16. Jahrhundert. Dieses Gebäude – man baute jetzt keine Burgen mehr –, besteht aus verputztem Schieferbruchstein und reicher Ausgestaltung aus rotem Buntsandstein. Wie z. B. bei der Binger Martinskirche zeigte sich, dass der ortsfremde Sandstein viel anfälliger ist gegen Umwelteinflüsse als das bodenständige Schiefergestein. Von der Lorcher Stadtmauer ist ein Rundturm, der „Strunk“, aus dem 15. Jahrhundert übrig wie auch ein halbrunder Turmrest am „Leprosenhaus“, beide aus bodenständigem Bruchstein. Beide Bauwerke wurden einst vom Rhein umspült. Auffällig ist auch der Schwemmfächer der Wispermündung.

Von der Ruine Nollig aus dem 14. Jahrhundert, teilweise aus auffällig großen Schieferplatten, zieht eine Felskante herab, die „Teufelsleiter“. Ein Ritter Hilchen soll da hinaufgeritten sein, eine Schöne vom Nollig zu erobern.

Burg Fürstenberg ist aus dem 13. Jahrhundert als Ruine erhalten, weil niemand sie romantisch umgestaltete. Nach Oswald von Wolkenstein, für seine erotisch gefärbten Lieder bekannt, gilt der „Fürstenberger“ als besonderer Wein.

Die Bonifatiuskirche Lorchhausen von 1879 zeigt unverputzten Bruchstein mit Werksteinen aus rotem Sandstein. Die Clemenskapelle von 1909 auf steilem Schieferhang ist der obere Abschluss eines Kreuzwegs von 1866–1870. Der Lorchhäuser Grund ist eine Anhäufung von Sand und Kies, die sich vor der Verengung des Flusses vor der Wirbelley bildet.

In Bacharach sind Stadtmauer und Türme aus dem 14. Jahrhundert erhalten: Krantor, Markttor und Münztor, der Wehrgang ist begehbar. Das Mauerwerk ist schwarzgrauer Schiefer, teilweise verputzt. Schieferplatten sind zu Treppenstufen verarbeitet. Wegen steiler Hanglage ist die Kirche St. Peter kurz, mit hohem Apsissockel. Burg Stahleck wurde 1689 wie viele andere zerstört und 1927 unter Wiederverwendung des Gesteins neu aufgebaut. Der Graben ist in Fels gehauen, der die ganze Anlage umgibt (Abb. 6). Die Mauern der Wernerkapelle aus dem 13. Jahrhundert aus rotem Mainsandstein bestehen fast nur aus Fenstern. Die Bauzeit reichte über ein Jahrhundert, angeblich, weil die Kosten allein von Pilgern aufzubringen waren.

Bei der Wirbelley musste der Fluss harten Quarziten innerhalb der Hunsrückschiefer-Folge ausweichen. Diese Stelle gegenüber Bacharach war wegen ihrer Strudelbildung gefürchtet. Nahe dabei, im Schiefer des „Pfarrwingerts“, gab es um 1784 aber auch eine kurmainzische Dachschiefergrube.

Das Bacharach oder Heylesen-Werth ist eine felsige Insel mit viel Sand und Kies im Strömungsschatten. Sie war früher von kleinen Felsen umgeben wie dem „Wegstein“, den „Diebsteinen“, den „Weinstein“- und „Mühlenleyen“. An ihrer Ostflanke lag der „Flossritzer“, der die Holzflösse zu zerreißen drohte.



Abbildung 6: Altstadt von Bacharach mit Burg Stahleck auf steilem quarzitischem Schieferfels.  
Figure 6: Old town of Bacharach with Stahleck Castle on steep quartzitic slate rock.

Am Niedertal endete das „Gebück“, die Grenze Kurmainz/Kurpfalz. Heute trennt der Bach den Rheingau, Hessen, vom Rhein-Lahn-Kreis, Rheinland-Pfalz.

Auf den Steilhängen beiderseits stand bis 1810 je ein Galgen. Das Mainzer „Hochgericht“ war dreibeinig, das pfälzische zweibeinig. Unterhalb des Mainzer Galgens, im Rhein, gab es die felsigen „Galgenleyen“.

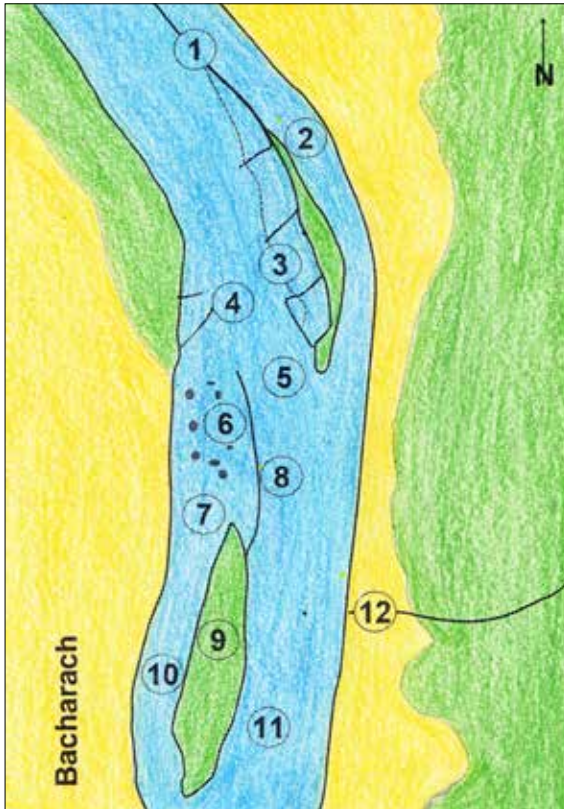


Abbildung 7: Der Rhein bei dem „Wilden Gefähr“ nördlich Bacharach.

1 Leitwerk Kauber Werth - Pfalzgrafenstein von 1875, 2 Kauber Werth, 3 Buhnen Ende des 19. Jh., 4 Längswerk und Buhnen von 1870, 5 Wildes Gefähr, 6 Diebsteine, 7 Weinsteinleyen, 8 Leitwerk von 1868, erneuert und verlängert zum Wilden Gefähr, 9 Heylesen-Werth, 10 Der Hahnen, 11 Flossrisser, 12 Niedertal.

Figure 7: The Rhine at the „Wilden Gefähr“ north of Bacharach.

1 Kauber Werth - Pfalzgrafenstein guide structure from 1875, 2 Kauber Werth, 3 groynes at the end of the 19th century, 4 longitudinal structure and groynes from 1870, 5 Wildes Gefähr, 6 Diebsteine, 7 Weinsteinleyen, 8 guide structure from 1868, renewed and extended to Wilden Gefähr, 9 Heylesen-Werth, 10 Der Hahnen, 11 Flossrisser, 12 Niedertal.

Zwischen Heylesen-Werth und Kauber Werth wechselt im „Wilden Gefähr“ die Fahrrinne das Ufer (Abb. 7). Die Durchfahrt zur linken Seite war gefährlich wie das Binger Riff. Privilegierte Steuerleute waren erforderlich. Um 1870 und 1899



wurden Felsen beseitigt und Bühnen und Längswerke angelegt. Es entstanden Bühnen am Kauber Werth, und die Durchfahrt wurde zuletzt auf 120 m erweitert.

Die Zollburg Pfalzgrafenstein aus dem 14. Jahrhundert erhebt sich auf der Felsinsel Falkenau (Abb. 8). Um diese herum gab es kleine Felsinseln wie den „Katzenstein“, „Büttenstein“ und „Ridderstein“. Der Name der Burg „Gutenfels“ aus dem 13., im 19. Jahrhundert umgebaut, ist kein Hinweis auf standfesten Baugrund. Sie heißt so, weil sie zweimal, 1152 und 1504, erfolgreich verteidigt werden konnte (Abb. 8).



Abbildung 8: Pfalzgrafenstein auf quarzitischem Felsen vor Kaub. Im Hintergrund Burg Gutenfels.

Figure 8: Pfalzgrafenstein on quartzite rock in front of Kaub. Gutenfels Castle in the background.

Kaub ist innig verbunden mit dem Dachschiefer, einem der ältesten Baustoffe der Menschheit. Der in dünne Platten spaltbare Schiefer hat seinen Ursprung im Meer der Devonzeit dort, wo reiner Tonschlamm, Schlick, im Stillwasserbereich zum Absatz kam. Der Abbau begann im 14. Jahrhundert und die Blütezeit war nach dem Verbot der Strohdächer im Jahre 1790. Der Betrieb z. B. in der Wilhelm-Erbstollenzeche im 19. Jahrhundert bis 1972 umfasste bis zu 30 km Strecken. Einige der Gebäude sind erhalten. Zur Eignung der Kauber Schiefer als Dachdeckmaterial bemerkte schon DIELHEIM 1776, dass das Gestein „Steinkohlen“ und „Oleum petrolei“ enthalte. Wir wissen heute, dass es im Schiefer sowohl kohlige (inkohlte) als auch bituminöse Substanzen gibt, welche die Wasserdichtigkeit des Dachschiefers mitbewirken. Die linksrheinische Grube „Rhein“ begann 1889 und liefert Schiefermehl, Treppenstufen, Tisch- und Bodenplatten.

Weil nur rund 25 % des Ausgangsgesteins Schiefer für die Spaltung geeignet sind, wurde der nicht brauchbare Abraum in Halden abgelagert oder zur Uferverbreiterung in den Rhein geschüttet. Die Schieferhalden an manchen Hängen gehören zur Landschaft. Sie sind Wärmeinseln für Eidechsen und Schlangen. Fossilien aus dem Kauber Schiefer wurden schon früh von Bergleuten gesammelt und verkauft. Sie gelangten in alle Welt als Kostbarkeit. Viele Fossilien sind in „goldigem“ Pyrit erhalten: Sie wurden in sauerstofffreiem Sediment eingebettet.

Auf Schiefer- und Quarzitefels ragt die Schönburg über Oberwesel empor. Ihr 7-eckiger Nordturm steht auf einem Quarzitefelsklotz. Von den ehemals 21 Stadttürmen Oberwesels sind 16 erhalten, darunter Zehnernturm, Haagsturm (Roter Turm), Schönburger Turm, Hospitalgassenturm, Steingassenturm, Katzen- und Ochsenturm. Die Stadtmauer ist wie in Bacharach begehbar. In die Stadtmauer ist der Chor der alten Wernerkapelle aus dem 13. Jahrhundert eingebaut.

Mit dem Rossstein, mit Bahntunnel von 1861, beginnt, wie wir sehen werden, ein neuer Mittelrheinabschnitt.

## 5 Wo der Rhein sich in die Kurven legt

Auffällige Flusskrümmungen am Mittelrhein gibt es dort, wo bedeutende Verwerfungen der Gesteine durchziehen. So bei Oberwesel. Dort ist der Hunsrück-schiefer als die ältere Schichtenfolge auf die jüngeren Schichten der Ems-Stufe überschoben. Der Rhein folgt hier am Nordhang des Rosssteins ein Stückweit der Südwest – Nordost verlaufenden Oberweseler Überschiebung. Längs solcher Verwerfungen können Gesteine ganz verschiedener Beschaffenheit und mit unterschiedlichem Alter abrupt aneinander grenzen. Des Weiteren kommt es hier zu Zerrüttung und Zertrümmerung des Gesteins. Es entstanden Bereiche leichterer Ausräumbarkeit, denen der Fluss gern folgte.

In den Gesteinen der Ems-Stufe halten sich Schiefer, Quarzit und quarzitischer Sandstein in etwa die Waage. Ihr Wechsel ist aber häufiger als bei den Gesteinen der Siegen-Stufe. Neu ist, dass in die Schiefer vulkanische Lapilli eingestreut sind, dunkelgraue ovale Einschlüsse. Sie verraten einen wenig bekannten Vulkanismus vermutlich in der Gegend von Osteuropa.

Auf quarzitischen Anhöhen thronen die Burgen Katz (Abb. 9), Maus und Rheinfels.

Quarzit und Schieferfels bilden die Inselgruppe Tauberwerth, gelegen in einem nach der Engstelle Rossstein erweiterten Rheintal. Die Fahrrinne zwischen dem Werth und der von viel Sand und Kies umgebenen Felsgruppe Jungferngrund wurde vor 1964 ertüchtigt. Der Sage nach wurden sieben spröde, die Liebhaber abweisende Jungfrauen von der Schönburg in Felsen verwandelt. Sie könnten erst erlöst werden, wenn aus dem Gestein eine Kapelle erbaut würde. Aus Quarzitefels besteht auch der Geisenrücken. Nach 1963 wurde das Fahrwasser links verbessert,

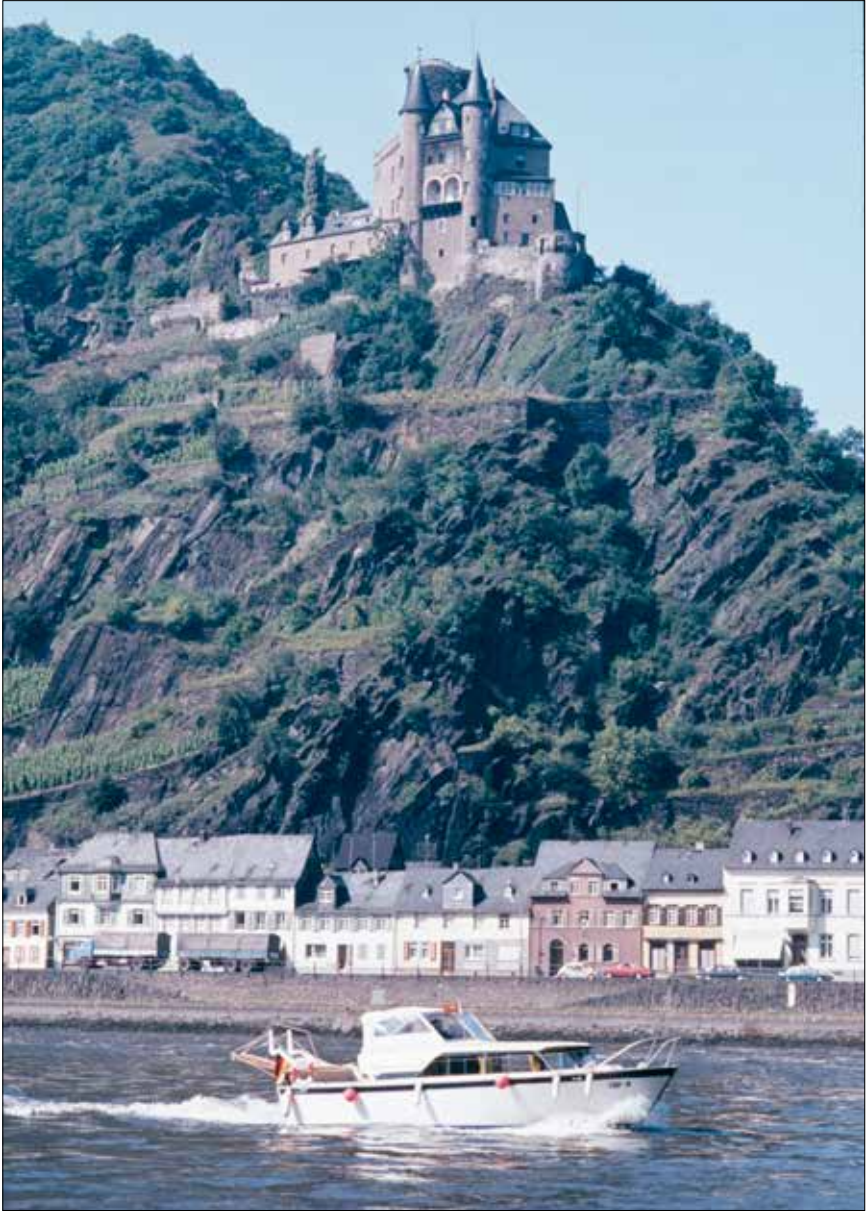


Abbildung 9: Burg Katzenelnbogen („Katz“) auf steilem Schieferfels über St. Goarshausen. Die beiden Ecktürme erinnern an Katzenohren.

Figure 9: Katzenelnbogen Castle („Katz“) on steep slate rock above St. Goarshausen. The two corner towers are reminiscent of cat ears.

oberhalb wurden Felsen im Fluss gesprengt, ebenso gegenüber dem Kammereck, in dem 1859 der Bahntunnel entstand.

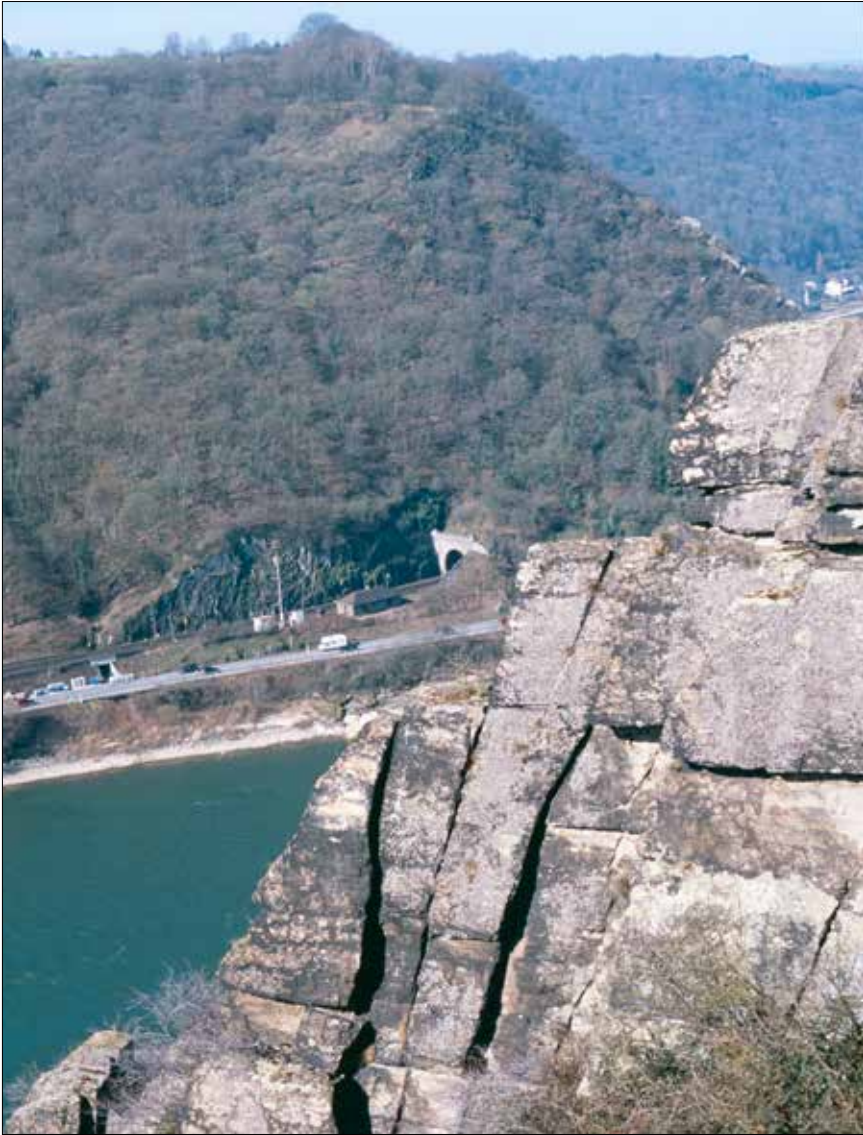


Abbildung 10: Grobbankiger stufenbildender Quarzit am Spitznack. Im Hintergrund Betteck mit Tunnel von 1861.

Figure 10: Coarse-banked step-forming quartzite at Spitznack. In the background Betteck with tunnel from 1861.

Der Spitznack am rechten Ufer besteht aus grob gebanktem Quarzit, der treppenartige Felswände bildet (Abb. 10). Am Bett-Eck liegt die engste Stelle des Mittelrheins. Eine gefährlich in den Fluss ragende Felsnase wurde 1963 reduziert. Seit 1972 steht hier eine markante Lichtsignalanlage.

Die felsenhafte Steilheit des Loreleymassivs beruht auf der Härte der Quarzite, Schiefer und quarzitischen Tonsteine, verstärkt durch reichliche Quarzgänge (Abb. 11). Sie verfestigen das Gestein zusätzlich. Das Loreley-Plateau ist eine Hauptterrasse (s. o.) aus der frühen Eiszeit vor rund 600 000 Jahren. Sagenhafte Luren und Zwerge antworten den Vorbeifahrenden aus Höhlen wie dem „Hanselmannsloch“. Das Echo wird schon um 1477 erwähnt. Dazu bemerkt Johanna Schopenhauer, dass wegen des fünffachen Echos „unbändige Schreie von Vorbeifahrenden“ ausgestoßen würden.



Abbildung 11: Loreleyfelsen aus Quarzit, quarzitischem Sandstein und Tonschiefer.  
Figure 11: Loreley rocks of quartzite, quartzitic sandstone and clay slate.

Der Loreleytunnel mit seinem Eingang in neugotischer Portalarchitektur, Treppengiebel und Ecktürmchen, entstand 1861.

Die Talenge bewirkte hier Auskolkungen und Übertiefen bis zu 26 m. Gerade hier blühte der Lachs = Salm-Fang. Der wohlschmeckende Speisefisch zog einst in großen Schwärmen vom Meer flussaufwärts zu Laichplätzen in den Bächen. Im Gegensatz dazu wanderte der Rheinaal nach vielen Jahren Aufenthalt im Rhein ins Meer ab und konnte dabei ebenfalls gefangen werden.

Ab der Loreley weitet sich das Tal wieder. In Flussmitte lag vor dem Ausbau der Schifffahrtsstraße der „Grünsgrund“, das „Grien“, eine Insel aus Sand und Geröll über teils felsigem Grund. Rechts lag das Fahrwasser „Fabian“. Zwischen 1876 und 1892, bis 1963, entstand der Loreleyhafen und das Grün wurde für die 120-m-Fahrinne abgebaggert. Die „Bank“ war eine tückische Felsklippe und die „Banksteine“ reichten fast in Flussmitte. Zwischen Felsen und den ehemals vorhandenen „Lützelsteinen“ gab es heftige Wirbel, und noch im 19. Jahrhundert verrichteten die Schiffer vor Befahrung dieses „Gewerres“ ein stilles Gebet. Frauen und Kinder mussten ein Stückweit an Land gehen.

In St. Goarshausen ist am oberen und unteren Ende der Stadtmauer je ein Turm erhalten.

Vor St. Goar entstanden Bühnen, Längswerke und der Hafen zwischen 1874 und 1877. Die Stiftskirche aus örtlichem Bruchstein wurde im 15. Jahrhundert über dem Grab des 575 verstorbenen Einsiedlers St. Goar und über einer Kapelle als Vorgängerbau errichtet. Wegen der Steilheit des Berghanges hat der Chor ein Untergeschoss mit Krypta. St Goar hauste in einer Zelle mit Kapelle am linken Ufer des Lohbaches = Wochebaches. Er taufte mit Rheinwasser und leistete vielfache Hilfe, vor allem unter Fischern und Lotsen. Der Legende nach hatte er aus Frankreich ein Fass Wein mitgebracht, das sich nicht leerte, soviel Wein man auch aus ihm entnahm. Der Turm der katholischen Kirche aus Schieferbruchstein gehörte zur Stadtmauer und wurde erst 1923 mit dem Kirchenbau verbunden.

Von Burg Rheinfels aus dem 13. bis 17. Jahrhundert mit felsigem Steilhang zum Rhein ist nur ein Drittel der ursprünglichen Anlage auf dem Wackenberg erhalten. Halsgraben, Minengänge und ein gewaltiger gewölbter Keller sind tief in Schieferfels gehauen. Von 1818 bis 1843 diente die Anlage als Steinbruch für den Ausbau von Ehrenbreitstein.

Wellmich ist durch Blei-, Zink- und Silberbergbau vom 16. bis 20. Jahrhundert geprägt. Die Erze entstanden bei der Gebirgsbildung aus aufsteigenden metallischen Lösungen. Die Martinskirche ist nach Norden an Felsen gebaut und somit an dieser Seite fensterlos.

Der Hafen Fellen gegenüber Wellmich mit langer Mole in den Fluss hinaus entstand 1886. In Fellen sind Gebäude der Erzgrube Prinzenstein erhalten geblieben. Zwischen 1936 und 1947 gab es die „Rheinstrecke“ zwischen dem Christianschacht links- und dem Augustschacht rechtsrheinisch in 136 m unter dem Rheinbett hindurch.

Die Kapelle in Ehrenthal erinnert an das ehemalige Kloster und Hospital aus dem 16. und 17. Jahrhundert. Der Zugang zur Klosterkirche führte durch ein Gasthaus, das bis 1926 existierte. Das Ehrenthaler Werth, wiederum an einer Talweitung, teilt den Fluss in das ehemalige Prinzensteiner und das Ehrenthaler Fahrwasser. Viele Bühnen entstanden hier 1876 und ein Trennleitwerk am oberen Ende der Insel wurde in neuerer Zeit angelegt.

Eine Kapelle, die Pfeilerbasilika und der Barockgarten sind von der Benediktinerpropstei Hirzenach aus dem 12. Jahrhundert bis 1803 übrig.

Als Folge des komplizierten geologischen Gebirgsbaues durchquert der Rhein zwischen Hirzenach und Bornhofen erneut den schon beschriebenen Hunsrückschiefer. Quarzitreich ist der „Gaul“ vor Kestert. Der Rhein schwenkt in diesem Bereich eine Strecke weit in die Streichrichtung des Gebirges nach Nordosten um.

Der Sauerbrunnen von Bad Salzig ist spätestens seit dem 18. Jahrhundert bekannt: ein Natrium-Hydrogencarbonat-Chlorid-Sulfat-Säuerling, aus Hunsrückschiefer entspringend. Derzeit wird das Mineralwasser aus der Barbaraquelle von 1901 aus 291 m und aus der Leonorenquelle von 1905 aus 446 m Tiefe gefördert.

Die Burgen Liebenstein und Sterrenberg sind als „Feindliche Brüder“ populär. Die Schildmauer, „Streitmauer“, von Sterrenberg gegenüber Liebenstein verkörpert die ehemals angespannte Lage zwischen Kurtrier und Katzenelnbogen. In beiden Anlagen steht der Bergfried auf einem Felsklotz aus quarzitischem Hunsrückschiefer.

In der Kirche des Schiffswallfahrtsklosters Bornhofen wurde im 17. Jahrhundert reichlich „Lahnmarmor“ verwendet, ein polierfähiger Kalkstein aus dem Raum Villmar, besonders die Sorte „Schupbach schwarz“, pechschwarz mit weißen Kalkspatgängen. Die Nähe der Lahn, vor allem als Transportweg, wird so dokumentiert.

Die Rheinschlinge von Boppard deutet auf drei parallele Verwerfungen in Südwest – Nordost-Richtung hin, die als Bopparder Überschiebung zusammengefasst werden. Wie schon bei Oberwesel ist u. a. Hunsrückschiefer auf die jüngeren Gesteine der Ems-Stufe überschoben, die uns jetzt bis Koblenz begleiten. Sie enthalten auch den extrem harten Emsquarzit, die „Glaswacke“, die sich dem Rhein in den Weg stellt und ihn ablenkt. Rheinabwärts durchbricht der Fluss eine Wechselfolge von Schiefer, Quarzit und quarzitischem Sandstein. Den hartnäckigen Emsquarzit aber muss er dabei noch dreimal durchbrechen.

Boppard besitzt die besterhaltene römische Stadtmauer Deutschlands. Sie erstreckt sich 300 m weit parallel zum Rhein. Im Gussmauerwerk ist Mörtel mit Rheinkies verarbeitet. Die Wasserburg steht auf der Nordostecke des Kastells Bodobriga. Die Kirche St. Severus aus dem 13. Jahrhundert ruht mit ihrem Nordturm und dem nördlichen Seitenschiff auf der Römermauer und auf Thermen vom 4. Jahrhundert. Der Bopparder Hamm ist durch seine Südlage für den Weinbau wie geschaffen. Auf sein Gestein deuten Flurnamen wie „Fässerley“, „Mandelstein“, „Feuerley“, „Elfenley“ und „Engelstein“ hin.

Im Prallhang, wo der Rhein die Felsen freispült, gab es das im 30jährigen Krieg aufgegebene Dorf Peternach und – ganz im Osten – steht noch die romanische Kapelle Peterspay.

Filsen steht auf Sediment von Rheinflussbetten aus der späten Eiszeit, als Gleithang. Die Kirche ist steinsichtig aus Schiefer und Quarzit errichtet.

In Osterspai blüht der Obstanbau, denn der Nordhang der Bopparder Schlinge ist für Weinbau weniger günstig. Am Ufer steht der Wohnturm einer Wasserburg mit Kapelle aus dem 13. Jahrhundert.

Unterhalb Osterspai weitet sich das Tal. Die ehemalige Sand-Kies-Insel „Schottel“ mit dem „Treibenden Kändel“ links und dem „Engen Thürchen“ rechts wurde im 19. Jahrhundert durch ein Längswerk umgestaltet.

Die Dinkholder Mühle am Ausgang des gleichnamigen Tals ist ein Fachwerkhaus des 17. Jahrhunderts und hatte einen Vorgängerbau aus dem 13. Jahrhundert. Im Tal oberhalb entspringt die Dinkholder Quelle, ein Natrium-Calcium-Magnesium-Hydrogencarbonat-Säuerling. Nach KASTNER (1841) soll das Dinkholder Wasser nicht bei Gewitter abgefüllt werden, weil dann die Krüge zerspringen.

Braubach wird überragt von der Marksburg, einer nie zerstörten, erst durch US-Beschuss beschädigten Burg aus dem 13.–16. Jahrhundert. Der Bergfried steht auf der höchsten Schieferfesselspitze. Hunde- und Pferdeställe sind tief in den Fels gehauen. Auch der Turm der Wehrkirche St. Barbara aus dem 17. Jahrhundert ist als Eckfeiler der einstigen Stadtmauer aus Schieferbruchstein errichtet. Bei der Philippsburg aus dem 16. Jahrhundert ist Tuffstein verbaut, ein Hinweis auf die nicht mehr weite Vulkaneifel. In den drei Schornsteinen auf dem Pankert enden Rauchkanäle der Erzverhüttung in Braubach. Der Erzbergbau geht bis mindestens in die Römerzeit zurück und dauerte bis 1965. Der Emser Gangzug lieferte Silber-, Blei-, Kupfer-, Zinn- und Eisenerz. Der Koppelstein im Steilhang nördlich Braubach ist ein Teil der Quarzfüllung des Emser Zugs mit den o. g. Erzen.

Der Mineralbrunnen am Tauberbach bei Brey wurde 1741 gefasst und 2003 erneuert.

In Rhens sind Stadtmauer- und Torturmreste erhalten, so der Scharfe Turm, ein Wach- und Zollturm an der Rheinfront. Auf der Höhe „Schawall“ steht seit 1929 der Königstuhl von Rhens aus Eifelbasalt, von 1842. Sein Vorgänger stand im 14. Jahrhundert am Rheinufer auf dem Gelände des jetzigen Rhenser Sprudels. Auf diesem Denkmal sollten die deutschen Könige vor ihrer Krönung in Köln Platz nehmen, um symbolisch Besitz vom Reich zu ergreifen. Der Ort war gewählt, weil hier die Besitztümer von drei der sieben Kurfürsten, Mainz, Köln und Trier, sowie der Pfalzgrafen aneinandergrenzten. Der Rhenser Sprudel entsprang schon um 1680 im Rhein aus Klüften im Emsquarzit. Zwischen 1894 und 1982 erfolgten Bohrungen.

Wie der Rhenser Sprudel entquillt auch die Viktoria-Quelle zu Oberlahnstein Klüften im Emsquarzit. Sie war schon im 14. Jahrhundert bekannt. Im 19. Jahrhundert wurde sie in 450 m Tiefe mit 30 °C neu erschlossen. Die Martinsburg war eine Wasserburg. Der Turm aus dem 13. Jahrhundert ist aus Schieferbruchstein mit Basalt-Eckquadern errichtet. Die Wassergräben dieser Kurmainzer Zollburg wurden im 18. Jahrhundert verfüllt. Im 13. Jahrhundert entstand Burg Lahneck zur Sicherung des mainzischen Silberbergbaus. Sie war völlig zerstört, wurde aber im 19. Jahrhundert im Stil englischer Gotik erneuert. 1851 soll die junge Britin



Idilia Dubb im Top des Bergfrieds gestorben sein, weil die morsche Holzterrasse vor ihrem Abstieg zusammenbrach und ihre Hilferufe missverstanden wurden.

Burg Stolzenfels steht seit dem 13. Jahrhundert auf Emsquarzit. Beim Ausbau der stark zerstörten Anlage 1836–1842 wurde möglichst viel mittelalterliche Bausubstanz erhalten. Die Bruchsteinmauern sind wie ursprünglich weiß verputzt. Bei der Burg gibt es eine künstliche Lavagrotte und einen Wasserfall über nachgebildeter Felswand.

An der Lahnmündung, die ab 1885 umgestaltet wurde und den Hafen erhielt, stand zur Römerzeit ein heute verschütteter Burgus (Wachturm). Ab hier fließt der Rhein geradezu zielstrebig zum Neuwieder Becken hin.

Der Chorturm der Kirche auf dem Allerheiligenberg entstand 1901. Der Berg Rücken dahinter wird vorwiegend von Emsquarzit aufgebaut. Der Westturm der Klosterkirche St. Johannes d. T. in Niederlahnstein stammt aus dem 12. Jahrhundert. Das Kloster wurde 1794 zerstört, vor 1907 neu gebaut und 1961 restauriert. Die reiche Eckquaderung besteht aus rotem Sandstein und Basalt.

Auf dem Rittersturz stand bis 1974 das gleichnamige Hotel, in dem 1948 die Konferenz zur Teilung Deutschlands zelebriert wurde. Nach Abbrüchen, ausgelöst durch Steinbruchbetrieb in den schiefrig-quarzitischen „Rittersturz-Schichten“, wurde es abgerissen. 1978 errichtete man stattdessen ein Denkmal.

Auf der Insel Oberwerth gab es von 1143–1803 ein Benediktinerinnenkloster. An den Rheinarm, der die Insel noch im 19. Jahrhundert vom Festland trennte, erinnert noch ein Rest, die „Rheinlache“.

Viele der historischen Gebäude von Koblenz spiegeln die Nähe der Eifel in ihren Mauern wider. Schiefergestein tritt zugunsten von Basalt und Tuffstein zurück. So z. B. bei St. Kastor aus dem 9.–13. Jahrhundert, bei der Herz-Jesu-Kirche oder der Christuskirche. Von der steinsichtigen Balduinsbrücke aus dem 14. Jahrhundert sind acht der ehemals 14 Bögen erhalten. Wenig unterhalb des alten Rheinkrans von 1611 gab es im 2. Jahrhundert eine Rheinbrücke der Römer. Anfangs des 19. Jahrhunderts wurde der Rheinuferbereich verbreitert und gestaltet. Es entstand die monumentale Landzunge des Deutschen Ecks unter Einengung der Moselmündung, eigens für das Denkmal Kaiser Wilhelms I. Dessen Reiterstandbild erhebt sich seit 1897 auf einem Sockel vorwiegend aus Granit. Allerdings war für die Gattin des Kaisers, Kaiserin Augusta, bereits ein Jahr früher, 1896, ein Denkmal entstanden – Ladies first! – in den Kaiserin-Augusta-Anlagen. Diese waren 1860 unter Einfluss des Fürsten Pückler geschaffen worden. Der ist also nicht nur für sein Eis berühmt, sondern war auch als Anlagenbauer weltbekannt.

Die Festung Ehrenbreitstein auf einem Berg Rücken aus Schieferfels mit Emsquarzit zeigt steile Felswände zum Rhein (Abb. 12). Auf der Felsnase ganz im Süden stand im 12. Jahrhundert Burg Helfenstein. Ehrenbreitstein ist benannt nach einem Erembert aus dem Geschlecht der Konradiner, einem fränkischen Grafengeschlecht an der Lahn im 10. Jahrhundert. Bei dem Ausbau der Festung im 12.–18. Jahrhundert wurde das abgestufte Felsmassiv zielgerecht genutzt. Die

Anlage wurde 1801 zerstört und unter Preußen im 19. Jahrhundert neu aufgebaut. Der „Felsenweg“ erschließt die Gesteinsbänke, die nach Nordwesten einfallen.



Abbildung 12: Felswand von Ehrenbreitstein. Die Schichten der Ems-Stufe fallen steil nach Nordwesten und sind „überkippt“: die Schichtunterseite zeigt nach oben.

Figure 12: Rock face of Ehrenbreitstein. The strata of the Ems Stage fall steeply to the northwest and are „overturned“: the underside of the stratum points upward.

Von der Festung aus schweift der Blick weit rheinabwärts. Die Gesteine des Schiefergebirges scheinen abgesenkt, die Berge „ducken sich weg“. Von Nordwesten her greifen junge Sedimente des Neuwieder Beckens auf die alten Gesteinsmassen über – der pittoreske Mittelrhein scheint erst einmal eine Pause einzulegen.

## 6 Literatur

- (ANDERLE, H.-J.†), ROTHE, P. & SCHARPFF, H.-J. (2021): Taunus. – Sammlung geol. Führer, **111**: 306 S.; Stuttgart (Borntraeger).
- AVENARIUS, W. (1974): Mittelrhein. Mit Hunsrück, Eifel, Westerwald. Landschaft, Geschichte, Burgenkunde, Kultur, Kunst. – 480 S.; Nürnberg (Glock und Lutz).
- BEYERHAUS, E. (1902): Der Rhein von Straßburg bis zur holländischen Grenze in technischer und wirtschaftlicher Beziehung. – 192 S.; Koblenz (Königliche Rheinstrombauverwaltung).
- DEHIO, G. (1984): Handbuch der Deutschen Kunstdenkmäler. Rheinland-Pfalz, Saarland, 2. Aufl. – 1217 S.; Berlin (Deutscher Kunstverlag).
- DEHIO, G. (2008): Handbuch der Deutschen Kunstdenkmäler. Hessen II. – 911 S.; Berlin (Deutscher Kunstverlag).

- DIELHELM, J.H. (1776): Rheinischer Antiquarius oder ausführliche Beschreibung des Rheinstroms. Auf das neue verbessert und vermehrt. – 1036 S.; Frankfurt a. M. / Leipzig (Verlag Frankfurt am Mayn).
- EHMKE, W. (2016): Zwischen Mittelrhein und Taunus. Naturschätze in Lorch am Rhein. – Jb. nass. Ver. Naturkde. Sb. 3: X u. 303 S.; Wiesbaden.
- ENGELHARDT, R. (1971): Das Binger Loch. Seine Geschichte von der Vorzeit bis zur großen Rheinregulierung. – 43 S.; Bingen (Eigenverlag).
- FELKEL, K. (1961): Strombau-Geschichte der Binger-Loch-Strecke des Rheins. – Beitr. Rheinkde., 12: 18 S.; Bonn.
- FRANZEN, J.L., GLIOZZI, E., JELLINEK, T. & WEIDENFELLER, M. (2000): Die spätpleistozäne Fossilagerstätte Dorndürkheim 3 und ihre Bedeutung für die Rekonstruktion der Entwicklung des rheinischen Flusssystem. – Senckenb. Leth., 80 (1): 305-355; Frankfurt a. M.
- GÖLZ, E. (1996): Der Rhein als Wasserstraße – Verkehr, Ausbau, Geologie. – Dt. geol. Ges., Tagung Bonn 1996, Exk. A 1: 33-42; Hannover.
- GREBE, H. (1885): Über die Thalbildung auf der linken Rheinseite, insbesondere über die Bildung des unteren Nahetales. – Jb. preuß. geol. L.-A., 1885; Berlin.
- GURLITT, D. (1949): Das Mittelrheintal. Formen und Gestalt. – Forsch. dt. Landeskd., 46: 159 S.; Stuttgart.
- HB-Kunstführer (1984): Bd. 9: Koblenz und der Mittelrhein. – 99 S.; Hamburg (HB-Verlagsges.).
- HOLZAPFEL, E. (1893): Das Rheintal von Bingerbrück bis Lahnstein. – Abh. kgl. preuß. geol. L.-A. N.F., 15: 124 S.; Berlin.
- IMHOF, M. (2004): Der Rhein von Mainz bis Koblenz. Führer durch eine einzigartige Kulturlandschaft. – 96 S.; Petersberg (Imhof Verlag).
- IMHOF, M., METZING, A. & WEYER-MENKHOF, S. (2003): Die Kirchen im Mittelrheintal. Führer zu den Bauten des UNESCO-Welterbes Mittelrhein. – 304 S.; Petersberg (Imhof Verlag).
- KASTNER, K.W.G. (1841): Die vorzüglichsten Heilquellen des Herzogthums Nassau, ihrem physikalischen Verhalten und chemischen Gehalt nachgeprüft und untersucht. – Journal der practischen Arzneykunde und Wundarzneykunst, 92: 67-105.
- KREMER, B.P. (2010): Der Rhein. Von den Alpen bis zur Nordsee. – 240 S.; Duisburg (Mercator).
- KÜMMERLE, E. (2008): Geologie auf Schritt und Tritt am Rheinsteig im Rheingau und am Mittelrhein. – Jb. nass. Ver. Naturkde., 130: 105-115; Wiesbaden.
- KÜMMERLE, E. (2017): Steinreiches Weltkulturerbe. Geologie für Mittelrhein-Freunde. – Jb. nass. Ver. Naturkde., Sb. 4: 115 S.; Wiesbaden.
- KÜMMERLE, E. (2021): Der Rhein – in seinem Bett besehen. – Jb. nass. Ver. Naturkde. 142: 161-164; Wiesbaden.
- MEYER, W. & STETS, J. (1975): Das Rheinprofil zwischen Bonn und Bingen. – Z. dt. geol. Ges., 126: 15-29; Hannover.
- MEYER, W. & STETS, J. (1996): Das Rheintal zwischen Bingen und Bonn. – Sammlung geol. Führer, 89: XII u. 386 S.; Berlin/Stuttgart (Borntraeger).
- MEYER, W. & STETS, J. (2000): Geologische Übersichtskarte und Profil des Mittelrheintales 1: 100000. – 49 S., 1 Kt.; Mainz (Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz).
- MEYER, W. & STETS, J. (2007): Das Obere Mittelrheintal aus geologischer Sicht. – In: Landesamt für Denkmalpflege Rheinland-Pfalz (Hrsg.): Das Rheintal von Bingen und Rüdesheim bis Koblenz. Eine europäische Kulturlandschaft, Bd. 1: 25-44; Mainz (Landesamt für Denkmalpflege Rheinland-Pfalz).
- MITTMEYER, H.-G. (1996): Geologie des Unterdevons im Südhunsrück sowie am Mittelrhein. – Jber. Mitt. oberrh. geol. Ver., N.F., 78: 135-154; Stuttgart.
- OCHKHARDT, J.F. (1816): Der Rhein, nach der Länge seines Laufs und der Beschaffenheit seines Strombettes mit Beziehung auf dessen Schifffahrtsverhältnisse betrachtet. – 280 S.; Mainz (Florian Kupferberg).

- PANZER, W. (1966): Zur Frage des Nahedurchbruches bei Bingen. – Z. rhein. naturforsch. Ges., **4**: 9-16; Mainz.
- PFOTENHAUER, A. & LIXENFELD, E. (2006): Oberes Mittelrheintal. Welterbe. Von Bingen und Rüdesheim bis Koblenz. – 142 S.; Bonn (Monumente-Edition Deutsche Stiftung Denkmalschutz).
- PICHL, K. (1990): Die Leistungssteigerung der Wasserstraße Rhein und die Bereinigung der Binger-Loch-Problematik. – Z. Binnenschifffahrt Wasserstr., **4**: 157-161; Duisburg.
- QUIRING, H. (1930): Rheindampferfahrt von Bingen nach Koblenz. – Z. dt. geol. Ges., **82**: 649-654; Berlin.
- QUITZOW, H.-W. (1976/77): Die erdgeschichtliche Entwicklung des Rheintals. – Natur u. Mus., **106**: 339-342, 107: 6-12 u. 33-40; Frankfurt a. M.
- RADLOFF, W. (2015): Aus der Geschichte des Kauber Dachschieferbergbaus von den Anfängen bis 1972. – Rheingau-Forum, **2/2015**: 8-16; Rüdesheim.
- SCHÄPFKE, W. (1989): Der Rhein von Mainz bis Köln. Geschichte – Kunst – Landschaft, 5. Aufl.; Köln (DuMont).
- SCHMANDT, M. (2008): Die mittelalterlichen Städte im Rheintal von Bingen bis Koblenz. – In: FRIEDHOFF, J., HEISING, A., KAISER-LAHME, A., OSTROWITZKI, A. & SCHMANDT, A. (Hrsg.): Stadt und Burg am Mittelrhein 1000–1600 (Faszination Mittelalter). – S. 27-51; Regensburg (Schnell & Steiner).
- SCHOPENHAUER, J. (1818): Ausflucht an den Rhein und dessen nächste Umgebungen im Sommer des ersten friedlichen Jahres. – 296 S.; Leipzig (Brockhaus).
- SCHÜLER-BEIGANG, C. (Hrsg.) (2002): Das Rheintal von Bingen und Rüdesheim bis Koblenz. Eine europäische Kulturlandschaft. – 1041 S.; Mainz (v. Zabern).
- SEMMEL, A. (2012): Von der tertiären Rumpffläche zum akuten Rutschungshang – zur Entwicklung der Wiesbadener Landschaft. – Jb. nass. Ver. Naturkde., Sb. 2: 2. A.: 53-62; Wiesbaden.
- SIMROCK, K. (1840): Das malerische und romantische Rheinland. – 544 S.; Leipzig (Verlag Georg Wigand).
- MEYER, W., SCHÄFER, A. & SIEHL, A. (Hrsg.) (2021): Stets, J.: Geologie des Hunsrücks. – 792 S.; Stuttgart (Schweizerbart).
- TABERNAEMONTANUS, J.T. (1608): Neuw Wasserschatz, das ist: Von allen heylsamen Metallischen Mineralischen Bädern, 8. Aufl. – 1608 S.; Frankfurt a. M. (N. Basseus).
- TÜMMERS, H.J. (1999): Der Rhein, ein europäischer Fluss und seine Geschichte, 2. Aufl. – 479 S.; München (Beck).

DR. EBERHARD KÜMMERLE  
 Hauptstr. 67  
 65344 Eltville-Martinsthal  
 Tel.: 06123/972112  
 E-Mail: kuemmerle@web.de

Manuskripteingang: 23. September 2023



# Bericht über den Nassauischen Verein für Naturkunde (NVN) im Jahr 2021

HELMUT ARNOLD

Unser Verein konnte – trotz Corona-Pandemie – auch 2021 mit überaus qualifizierten Vorträgen, Exkursionen und Publikationen, bei stabiler Mitgliederzahl und guter Kassenlage erneut bemerkenswerte naturkundliche Beiträge leisten.

## Mitglieder

Im Jahr 2021 sind leider verstorben:

Frau Mechthild Caumanns, Mitgl. seit 1962

Herr Niels Maiweg, Mitgl. seit 1998

Frau Helga Stratemeyer, Mitgl. seit 1989

Herr Alfred Zachau, Mitgl. seit 1999

Bereits 2020 verstarb Herr Heinrich Wolf, Mitgl. seit 1949

Wir werden Ihnen ein ehrendes Andenken bewahren.

## Neumitglieder

Diese Damen und Herren begrüßen wir als Neumitglieder im Berichtsjahr:

Frau Katharina Bahn

Frau Katharina Brauer

Herr Thomas Burckard

Herr Martin Efferz

Schüler Johannes Efferz

Herr Karsten Klenke

Frau Hannelore Koriath

Herr Dr. Hannes Lerp

Herr Uwe Lomp

Frau Ingrid Noll

Frau Susanne Schnell

Frau Anita Schubert-Zeimetz

Die Zahl der Mitglieder entwickelte sich in 2021 wie folgt:

Anzahl am 31.12.2020      272 Mitglieder

Eintritte                      12

Austritte                      6

verstorben                    5

Anzahl am 31.12.2021      273 Mitglieder

## Jubilare

Für ihre langjährige Zugehörigkeit zum NVN ist allen Mitgliedern gedankt, der Dank gilt aber besonders den nachstehenden Jubilaren:

### 25 Jahre Mitgliedschaft

Dr. G. Aderhold, Dr. A. Bimler-Rhodes  
Dr. H.-J. Böhr, Dr. W. Ehmke  
H.-J. u. M. Freiling, Dr. H.-G. Fritsche  
F. Geller-Grimm, Dr. D. Heidelberger  
Dr. H. Holtkötter, Dr. T. Keller  
Dr. A. Nagel, Dr. H.-J. Scharpff  
G. Scherer, Dr. E. Schindler  
S. N. C. Schüler, C. Selle  
Dr. A. Wedel, J. Wedel

### 40 Jahre Mitgliedschaft

Industrieverband Steine und Erden e. V., Fachabt.  
Kies und Sand  
Dr. U. Flick, Dr. R. Warm

### 50 Jahre Mitgliedschaft

Dr. H. J. Roth,

### 60 Jahre Mitgliedschaft

H. Bender  
Hessische Landesbibliothek (HSLB-RM)  
FB Biologie der Philipps- Universität Marburg – Bibliothek

## Vorstand und Beirat

Den Vorstand bildeten in 2021 Dr. H. Arnold (Vorsitzender), Dr. W. Ehmke (2. Vors.), Fr. Dr. T. Reinhardt (Schatzmeisterin), Prof. Dr. B. Toussaint (Schriftleiter), H.-J. Freiling (digitale Mitgliederverwaltung), Fr. S. Neugebauer (Presse), W.-R. Wandke (Versand, EDU) und Dr. M. Weidenfeller (Programm). Der Vorstand traf sich sechsmal, davon dreimal mit dem Beirat.

Im Beirat engagierten sich F. Geller-Grimm, Frau Dr. D. Heidelberger, Frau S. Kridlo, Frau Dr. E. Mietzsch und Frau Dr. G. Radtke.

Der NVN dankt Herrn Dr. K. Emde, Herrn Dr. T. Willershäuser, Frau Dr. B. Bimler und Frau W. Stroothenke für ihr langjähriges Engagement im Beirat, den sie verlassen.

Corona-bedingt fanden die Besprechungen nicht nur in der Alten Bibliothek statt, sondern auch im Vortragssaal. Dem Museum Wiesbaden sei für diese organisatorische Unterstützung sehr gedankt.

Die Mitgliederversammlung 2021 fand Corona-bedingt erst im Juli 2021 statt. Dr. Wolfgang Ehmke, 2. Vereinsvorsitzender, wurde auf dieser Versammlung auf Vorschlag des Vorstandes von den Mitgliedern zum Ehrenmitglied gewählt.

Unsere Treffen mit der Rheinisch Naturforschenden Gesellschaft (RNG) und den Freunden des Museums Wiesbaden (FdM) mussten Corona-bedingt ausfallen.

## Publikationen

Die vielfältigen naturkundlichen Informationen des NVN werden mit den Jahrbüchern, den Mitteilungen und Homepage-Einträgen publiziert. Es erschienen 2021 die Mitteilungen 73, das Jahrbuch Bd. 142, der erneuerte Flyer „Geologischer Rundweg Rabengrund“ sowie die Programme Sommer 2021 und Winter 2021/22.

Das Jahrbuch 2021, Band 142, gibt mit zehn Beiträgen unser bemerkenswertes wissenschaftliches Umfeld wieder, das Prof. Dr. Toussaint dankenswerterweise zu anregenden Beiträgen motivieren kann. Der Schriftleiter kündigte an, dass in den Jahrbüchern in Zukunft das Themenspektrum fachlich und auch räumlich erweitert werden soll. Wie seither stehen die Jahrbücher – um ein Jahr verzögert – via ZoBoDat einem internationalen Interessentenkreis zur Verfügung. Zudem erfolgt weiterhin ein internationaler Schriftentausch mit uns nahestehenden Institutionen, der von der Hochschul- und Landesbibliothek RheinMain (HSLB-RM) für uns organisiert wird.

Die Mitteilungen 73 geben einen guten Überblick über Vereinsaktivitäten, vor allem Exkursionen, zudem stellen sie in bewährter Weise Informationen über Natur, Umwelt- und Klimaschutz sowie aus naturkundlich bezogenen Wissenschaften zusammen. Die Mitteilungen werden unmittelbar nach Erscheinen auf unserer Homepage [www.naturkunde-online.de](http://www.naturkunde-online.de) veröffentlicht. Mitglieder, die noch keinen Internet-Zugang haben oder die Mitteilungen noch beim Lesen in der Hand halten möchten, erhalten diese weiterhin postalisch. Alle Mitglieder sind sehr zu Beiträgen eingeladen; ein wissenschaftlicher Charakter ist ausdrücklich nicht erforderlich, wohl aber einen deutlich naturkundlicher Bezug!

## Finanzen

Der Kassenbestand entwickelte sich 2021 wie folgt:

Bestand am 31.12.2020	30.061,26 €
Bestand am am 31.12.2021	31.005,02 €
Bestandsveränderung	+ 943,76 €

Nach den Unterlagen der Buchhaltung ergeben sich für 2021:

Einnahmen	27.163,60 €
Ausgaben	- 26.219,84 €
Bestandsveränderung	+ 943,76 €



Allen Spendern sei herzlich für Ihre, teilweise sehr großzügigen, Zuwendungen gedankt.

Mit unseren verfügbaren Mitteln finanzieren wir hauptsächlich für unsere Druckwerke, d. h. Jahrbuch, Mitteilungen und Flyer, Referenten, förderten Projekte der Naturpädagogik sowie der Naturwissenschaftlichen Sammlungen und Ausstellungen. Gemeinsam mit den Freunden des Museums Wiesbaden unterstützen wir die Bienenhaltung auf dem Museumsdach.

Die Kasse wurde am 22.06.2021 von den Herren Revisoren B. Löhner und H. Heinz geprüft. Es wurde die tadellose und übersichtliche Kassenführung bestätigt, alle Ausgaben waren satzungsgemäß.

Auf deren Antrag erteilte die Versammlung der Schatzmeisterin und dem Vorstand insgesamt Entlastung.

## Veranstaltungen

Wegen der Corona-Pandemie konnten Exkursionen und Vorträge sowie Naturpädagogik nur unter Vorbehalt angeboten werden; teilweise fielen sie aus oder wurden verschoben. Wenige Vorträge konnten auch im Zoom-oder Hybrid-Format präsentiert werden. Dieses wurde grundsätzlich positiv bewertet.

Diese **Exkursionen** sahen wir im Sommer 2021 vor (**rot = ausgefallen**):

27. Mrz. **Botanische Exkursion zu den Frühjahrsblühern im Aukammtal in Wiesbaden**  
Dr. Wolfgang Ehmke
- ab Apr. **“Botanik 4 U“ – Botanische Bestimmungsübungen mit Apps an verschiedenen Standorten und Zeiten**  
Dr. Wolfgang Ehmke
09. Mai **Vogelkundliche Führung, Schwerpunkt Nachtigall**  
Peter Siersleben
29. Mai **Besuch bei Äskulapnattern**  
Richard Abt /Dr. Lukas Hartmann
- 12./13. Jun. **Geologie, Geomorphologie und Botanik im Hochschwarzwald**  
Prof. Dr. Werner Konold, Univ. Freiburg i. Brsg.  
Gemeinsame Exkursion des Nassauischen Vereins für Naturkunde, der Rheinischen Naturforschenden Gesellschaft und der Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i. Brsg.  
12. Jun.: Gletscherkessel Präg, Wanderung über wundervolle Weidberge (Allmenden), anschließend Besucherbergwerk „Finstergrund“ in Wieden  
13. Jun.: naturkundliche Wanderung durch das Tal Menzenschwand

19. Jun. **Bodendenkmäler im Dyckerhoff-Steinbruch**  
Dr. Gudrun Radtke
26. Jun. **Schutzacker von Hausen v. d. H.**  
mit Bürgerstiftung „Unser Land! Rheingau und Taunus“  
Dr. Wolfgang Ehmke
10. Jul. **Landschaftsökologie im Raum Assmannshausen**  
gemeinsame Exkursion des Nassauischen Vereins für Naturkunde und  
der Bürgerstiftung „Unser Land! Rheingau und Taunus“  
Dr. Kurt Emde
11. Aug. **Thermalquellenführung Wiesbaden**  
Dr. Georg Mittelbach
25. Sep. **Geologischer Rundweg Rabengrund**  
Dr. Heinz-Dieter Nesbor/Dr. Helmut Arnold
03. Jul. **Naturkundetag: Geologie, Botanik und Zoologie um die Loreley**  
Vormittag: Vorträge; Nachmittag: Exkursion  
Dr. Wolfgang Ehmke, Martin Unfricht, Dr. Michael Weidenfeller

Für 2021 waren diese **Vorträge** verabredet (rot = ausgefallen):

12. Jan. **Bye bye Butterfly: Vom Verschwinden der Schmetterlinge**  
in Kooperation mit den Freunden des Museums Wiesbaden  
Dr. Thomas Schmitt, Senckenberg Deutsches Entomologisches Institut,  
Müncheberg
09. Feb. **Wölfe in Hessen – gekommen um zu bleiben**  
Dr. Carsten Novak, Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung,  
Gelnhausen
09. Mrz. **Tragödien der Vergangenheit – Umweltkatastrophen prägen mittel-  
europäische Landschaften**  
in Kooperation mit den Freunden des Museums Wiesbaden  
Prof. Dr. Hans-Rudolf Bork, Univ. Kiel
13. Apr. **Die Äskulapnatter: Wie leben Schlangen im Taunus?**  
in Kooperation mit den Freunden des Museums Wiesbaden  
Dr. Lukas Hartmann, Idstein
11. Mai **Der Spessart – Mineralien, Geologie, Bergbau, Steine & Erden**  
in Kooperation mit den Freunden des Museums Wiesbaden  
Joachim Lorenz, Karlstein am Main
08. Jun. **Die mineralischen Bodenschätze der Donnersberg-Region**  
in Kooperation mit den Freunden des Museums Wiesbaden  
Prof. Dr. Wolfgang Hofmeister, Univ. Mainz
13. Jul. **Fast weg und keiner weiß warum – die Spurensuche Gartenschläfer  
in Hessen**  
Susanne Steib, BUND Hessen

14. Sep. **Kristalle und Licht**  
 Prof. Dr. Petra Becker-Bohatý, Univ. Köln
12. Okt. **Globaler Klimawandel im Industriezeitalter. Phänomene, Ursachen und Folgerungen**  
 Prof. Dr. Christian-D. Schönwiese, Univ. Frankfurt am Main
09. Nov. **Panguna: Biodiversitäts-Hotspot im peruanischen Amazonasgebiet; anschließend Film: Wings of hope/ Julianas Sturz in den Dschungel**  
 in Kooperation mit den Freunden des Museums Wiesbaden  
 Prof. h. c. Dr. Juliane Koepcke-Diller, Zoologische Staatssammlungen München
14. Dez. **Minerale der Vulkaneifel**  
 Edgar Müller, Saarwellingen

## Natur unter der Lupe/Naturpädagogik

Dieser von Workshop für Kinder von 8–12 Jahren zu naturkundlichen Themen wird vom Nassauischen Verein für Naturkunde (Wolf-Rüdiger Wanke und Wiltraut Stroothernke) in Zusammenarbeit mit den Naturhistorischen Sammlungen und der Museumspädagogik des Museums Wiesbaden (EDU) seit 2015 erfolgreich veranstaltet. Leider konnten von den vorgesehenen Kursen nur zwei stattfinden (rot = ausgefallen).

31. Jan.  
**Zeichnen und Basteln zum Thema optische Täuschungen**
28. Feb.  
**Trittspuren von Tieren**
28. März  
**Schmetterlinge und andere Krabbeltiere unter dem Mikroskop**
25. April  
**Tümpeln**
16. Mai  
**Exkursion: Vogelbeobachtung im Schiersteiner Wasserschutzgebiet**
27. Juni  
**Exkursion: Schmetterlinge**
11. Juli  
**Exkursion: Rheingold – Goldwaschen bei Oppenheim am Rhein**  
 (entfallen wegen Rheinhochwasser; Ersatz: Kristallausstellung im Museum)
26. September  
**Exkursion: Dyckerhoff-Steinbruch: Algenriffe – Mosbach Sande**
31. Oktober  
**Exkursion: Baumbestimmung durch Blätter, Rinde und Früchte**

28. November

## Anhänger und Armbänder aus Mineralien und schönen Steinen basteln

### Vereinstreffen

Am 14. Oktober 2021 trafen sich leider nur wenige Mitglieder zum Vereinstreffen im Tier- und Pflanzenpark Fasanerie Wiesbaden. Die neue Leiterin Frau Nadja Niemann führte uns überaus freundlich und kompetent durch die immer wieder interessante Anlage.

### Öffentlichkeitsarbeit

Mitglieder und interessierte Öffentlichkeit informieren wir über unsere Publikationen und Veranstaltungen über die lokale und regionale Presse sowie unsere Homepage; Mitglieder werden auch direkt mittels elektronischer Post (E-Mail) informiert. Somit ist eine rege Beteiligung vor allem unserer Vorträge und Exkursionen in der Regel gewährleistet.

Für Presse-Informationen zu unseren Exkursionen ist Frau Sabine Neugebauer verantwortlich, für die zu unseren Vorträgen Frau Susanne Kridlo. Unsere Veranstaltungen werden zudem vom Museum Wiesbaden, dem Umweltamt der Stadt Wiesbaden sowie uns verbundenen Organisationen bekannt gemacht.

Frau Dr. Esther Mietzsch stellt eine gute Pflege und Aktualisierung unserer Homepage [www.naturkunde-online.de](http://www.naturkunde-online.de) sicher.

Unser Schriftleiter Prof. Dr. Benedikt Toussaint zeichnet für unsere Schriften (Jahrbuch, Mitteilungen sowie Flyer zum Sommer- und Winterprogramm) verantwortlich.

Die wichtigste Werbung für unsere Veranstaltungen ist und bleibt die persönliche Ansprache bzw. Einladung !!

Mein besonderer Dank gilt allen, die unser Programm auch 2021 wieder mitgestalteten und unterstützten.



3. September 2022

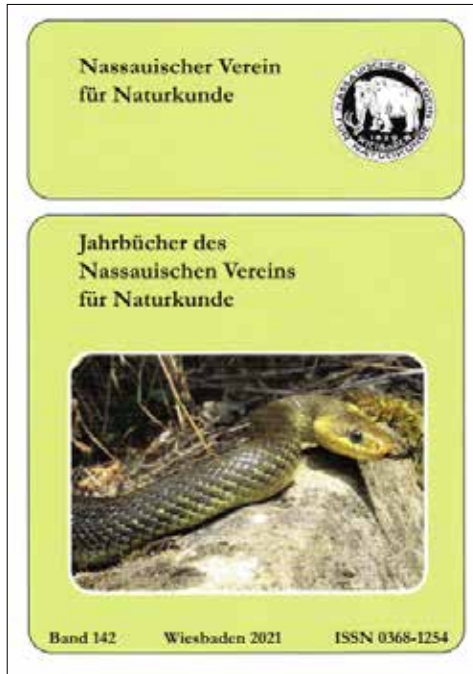
  
Dr. Helmut Arnold



## Jahrbücher des NVN, Bd. 142 (2021)

Jb. nass. Ver. Naturkde., 142: 209 S., 86 Abb., 6 Tab.; Wiesbaden 2021

ISSN 0368-1254, Softcover, 15 x 12 cm, Ladenpreis 12,00 €



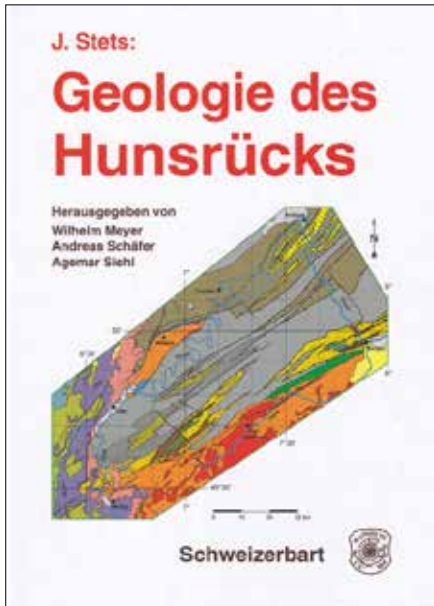
Der im vergangenen Jahr erschienene Band 142 des Jahrbuchs beinhaltet erneut ein breites naturkundliches Themenspektrum, das sich in zehn Beiträgen widerspiegelt, die Schwerpunkte liegen auf botanischen und zoologischen Themen. PROF. DR. R. WITTIG berichtet über die im Taunus häufigsten Gartenflüchtlinge und Dr. H. J. Roth über Kloostergärten aus Sicht von Botanik und Kulturgeschichte. DR. L. HARTMANN beschreibt das Vorkommen der Äskulapnatter im Taunus, F. VELTE thematisiert eine Felsenbrut des Hausrotschwanzes im Hochtaunus und für DR. U. FROMMER ist der im Jahr 2020 verstorbene Entomologe Heinrich Wolf ein wichtiger Zeuge für das Artensterben der Stechimmen in Hessen. Außerdem setzt sich PROF. DR. C-D. SCHÖNWIESE mit dem Klimawandel im Industriezeitalter weltweit und hierzulande auseinander, PROF. H. KÜSTER geht auf die Pollenanalyse und ihre Möglichkeiten ein, DR. A. STAHR stellt den Löss als eiszeitliches Sediment im Rhein-Main-Gebiet vor und DR. E. KÜMMERLE besieht sich das Bett des Oberen Mittelrheins bei Rüdesheim. In den älteren Jahrbüchern des Nassauischen Vereins für Naturkunde war es gang und gäbe, dass Wissenschaftler auch

über Forschungen außerhalb Europas berichteten. Der Schriftleiter lässt diese Tradition jetzt wieder aufleben, er hat das Team DR. A. KÜHLEM, DR. A. MIETH und PROF. DR. H.-R. BORK von der Uni Kiel gebeten, über die von ihnen geoarchäologisch erforschten uralten Erdwerke auf der palauischen Insel Babeldaob zu informieren.

Wer Genaueres über die genannten Beiträge und auch über die Beiträge in früheren Bänden des Jahrbuchs erfahren möchte, kann sich diese neben anderen Publikationen des Vereins auf der Homepage des Nassauischen Vereins für Naturkunde ([www.naturkunde-online.de](http://www.naturkunde-online.de)) kostenlos herunterladen. Außerdem werden seit 2019 unsere Publikationen auch bei ZoBoDat publiziert. Es ist die Zoologisch-Botanische Datenbank, eine international ausgerichtete digital organisierte biogeographische Datenbank mit Sitz am Biologiezentrum des Oberösterreichischen Landesmuseums in Linz (<https://www.zobodat.at>). Schließlich sind die im Laufe der Vereinsgeschichte seit 1842 (Jahrbuch ab 1844) bis heute herausgegebenen Publikationen als PDF-Dateien auf einer DVD enthalten, die beim Verein kostenpflichtig bestellt werden kann. Bei Versand betragen die Kosten für Vereinsmitglieder derzeit € 11,50, für Nichtmitglieder € 16,50 pro DVD, zuzüglich € 3,50 Versandkosten.

**W. MEYER, A. SCHÄFER & A. SIEHL (Hrsg.) (2021):  
J. Stets: Geologie des Hunsrücks**

XVI, 796 S., 30 Abb., 33 Fotos; Stuttgart (Schweizerbart)  
ISBN 978-3-510-65522-9, gebunden, 18 x 25 cm, Ladenpreis 79,- €



Das vorliegende Buch basiert auf einem Manuskript, das sein Verfasser Prof. Dr. Johannes Stets als Monographie über die Geologie des Hunsrücks gedacht hatte. Nach seinem Tod im November 2015 haben Freunde und Kollegen das fast abgeschlossene Manuskript u. a. gekürzt, unter Verzicht auf die moderne stratigraphische Nomenklatur fachliche Aktualisierungen vorgenommen und herausgegeben.

Der Verfasser hat die Ergebnisse der in den vergangenen 170 Jahren erfolgten geologischen Erforschung des Hunsrücks und seine eigenen Erkenntnisse ausgewertet und zusammengefasst. Abgesehen vom einleitenden Teil, in dem im Wesentlichen ein knapper Überblick über den geologischen Werdegang des Hunsrücks und seine geo-

tektonischen Einheiten gegeben wird, spiegeln die folgenden Teile 2 bis 6 umfassend den aktuellen Stand der Wissenschaft wider. Der Fokus liegt auf der Lithologie und Stratigraphie der paläozoischen Schichtglieder, neue Daten zur Schichtenfolge wurden in die plattentektonischen Vorstellungen eingepasst.

Im fast 250 Seiten umfassenden Teil 2 wird die erdgeschichtliche Entwicklung des Hunsrücks im Zeitraum Devon bis Unterkarbon ausführlich beschrieben, auch auf die im südöstlichen Hunsrück in den jüngeren Gesteinsverband eingeschuppten „Aufbrüche“ aus dem frühkambrischen oder noch älteren kristallinen Untergrund wird eingegangen. Der Schwerpunkt der Beschreibung der Geologie des Hunsrücks liegt auf dem tektonischen Baustil dieses Gebirges, den Schichtfolgen des Devons und Unterkarbons, ihrer stratigraphischen Stellung, ihrer faziell differenzierten Lithologie, ihres Fossilinhaltes, auf Erzlagerstätten sowie auf dem teilweise metamorph überprägten devonischen und unterkarbonischen Magmatismus mit seinen unterschiedlich alten basischen bis intermediär/sauren Vulkaniten. Außerdem stellt der Autor Gesteinskomplexe vor, die zeitlich nicht genau



eingestuft werden können wie u. a. die Metamorphe Zone am Südostrand des Hunsrücks, deren Gesteine im Gegensatz zum gleichnamigen Schichtenkomplex am Südrand des Taunus mit ihren primär silurischen und ordovizischen Serien vom Verfasser ins Devon datiert werden.

Der ähnlich umfangreiche Teil 3 geht näher auf die variszische Tektogenese ein. Dabei liegt der Fokus auf der Beantwortung der Frage, ob neben Schuppentektonik auch alpinotyper Deckenbau mit tief im Gebirge liegenden Scherbahnen vorliegt. Nach Analyse des tektonischen Kleingefüges, des internen Baus der tektonischen Großstrukturen des Hunsrücks, der abgeleiteten Druck-/Temperaturbedingungen in den deformierten Schichtfolgen und des Ablaufs tektonischer Großereignisse im Hunsrück im Kontext mit der Plattentektonik schließt der Verfasser im Gegensatz zu anderen Geologen Deckentektonik aus. Auf tektonische Ereignisse gehen auch die zahlreichen variszischen und z. T. auch postvariszischen Erz- und Quarzgänge im Hunsrück zurück, deren Typus, Entstehung, Vorkommen und frühere wirtschaftliche Bedeutung beleuchtet werden.

Teil 4 informiert über die spätvariszischen Vorgänge im Oberkarbon und Rotliegend im Hunsrück, der nach seiner Heraushebung aus dem jetzt geschlossenen Rheischen Ozean im orographischen Sinne zu einem Gebirge geworden war. Die angefallenden Schuttmassen wurden in neu entstandenen intramontanen Senken abgelagert. Während vermutlich oberkarbonische Schichten nur bei Düppenweiler/Saarland nachgewiesen worden sind, streichen Rotliegend-Schichten hauptsächlich in der sich seit dem Oberkarbon abzeichnenden Saar-Nahe-Senke am Südrand des Hunsrücks aus, mit wesentlich geringerer Mächtigkeit auch an seinem Westrand und in der Wittlicher Senke. Die Formationen der Glan-Subgruppe (Unterrotliegend), die nur in der Saar-Nahe-Senke vorkommt, und Nahe-Subgruppe (Oberrotliegend) werden ausführlich beschrieben und ebenso der zu Beginn des Oberrotliegend speziell in der Saar-Nahe-Senke aufgetretene basische, intermediäre und saure Magmatismus mit unterschiedlicher Mineralisation und Erzlagerstätten. Die Vorkommen dieser Tiefen- und Ergussgesteine, ihre Genese und ihr Chemismus werden detailliert vorgestellt und ebenso die tektonischen Prozesse, die im ausgehenden Paläozoikum die geologische Entwicklung des Hunsrücks und seiner Umgebung steuerten.

In Teil 5 liegt der Fokus zunächst auf der Beschreibung der Schichtfolgen der Trias und des Unteren Jura. Damals war der eingerumpfte Hunsrück ein Hochgebiet und wurde nur an seinem Westrand überflutet. In den etwa 200 Millionen Jahren als „Rheinische Insel“ entwickelte sich aus den devonischen Schichten in einem warm-humiden Klima eine z. T. mehr als 100 m mächtige, heute nur noch teilweise erhaltene Verwitterungsdecke. Im Saprolit an seiner Basis kam es zu Bildung der „Hunsrückerze“, nicht zu verwechseln mit den im Unteroligozän gebildeten „Soonwald-Erzen“. Da der Hunsrück zu dieser Zeit nur knapp über dem Meeresspiegel lag, kam es über tektonisch vorgegebene schmale Senken zeitweise zu Meeresinvasionen. An seinem Südostrand haben alttertiäre Sedimente

dagegen eine größere Verbreitung und leiten in die gut untersuchten Serien am Nordrand des Mainzer Beckens über. Eine weitere marine Transgression erreicht im Untermiozän den Südost-Rand des Hunsrücks, es handelt sich um die fossilienreichen Karbonatgesteine der Mainz-Gruppe.

Der letzte Teil 6 befasst sich mit der geologischen Geschichte des Hunsrücks ab dem Jungtertiär. Seit dem Obermiozän wird das Gebirge herausgehoben, es gab aber immer wieder tektonische Stillstandsphasen. Das Ergebnis ist eine alters- und höhenmäßig mehrgliedrige Terrassenlandschaft in den Tälern der den Hunsrück umrandenden Flüsse und der ihnen tributären Fließgewässer. Der Verfasser geht detailliert auf die Niveaus von Trogtal mit Relikten von alten Talböden aus dem Obermiozän bis Pliozän, tieferliegendem Plateautal mit den alt- bis mittelpleistozänen Hauptterrassen und seit etwa 800.000 Jahren bestehendem cañonartigem Engtal mit den aus dem Mittel- bis Spätpleistozän stammenden Mittel- und Niederterrassen ein. Außerdem werden Ablagerungen von Löss bzw. Lösslehm und periglaziale Deckschichten beschrieben, die ebenso wie Blockmeere und Schuttströme während der pleistozänen Kaltphasen des Pleistozäns gebildet wurden. Moore und Hochflutlehme in den Talauen entstanden im Holozän.

Ein weiterer Schwerpunkt ist die Beschreibung und Deutung der postvarizischen Tektonik, zumal diese im Hinblick auf die Entstehung der heutigen Landschaft eine maßgebende Rolle spielt. Beleuchtet werden die zahlreichen tektonischen Gräben und Horste sowie die Aktivierung alter und Entstehung neuer Störungen. Besondere Aufmerksamkeit erfährt die Taunus-Südrand-Verwerfung. Die jungen tektonischen Verstaltungen der Erdkruste steuern auch die Prozesse der Mineralisierung und Bildung von Gangerzen und das Auftreten von in der Regel kalten Mineralwässern. Deren Vorkommen, Genese sowie physikalische und chemische Eigenschaften werden dargestellt.

Nach den fachlichen Ausführungen in den Teilen 1 bis 6 folgen ein 50 Seiten und fast 2250 Quellenangaben umfassendes Literaturverzeichnis, in dem sich die Ergebnisse der Mitte des 19. Jh. einsetzenden geologischen Erforschung des Hunsrücks widerspiegeln, eine Fossilienliste, ein Sach- und ein Ortregister.

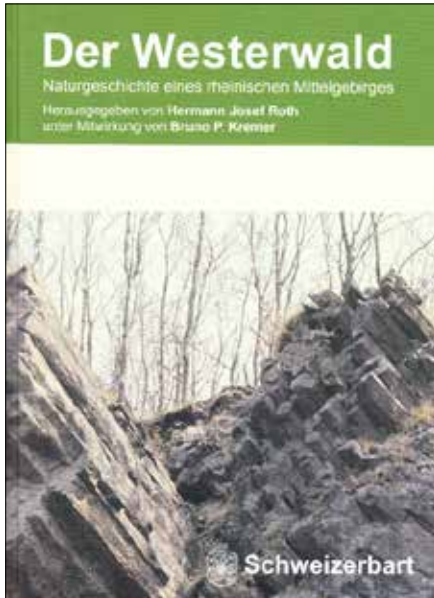
Dieses moderne Standardwerk zur Geologie des Hunsrücks kostet im Handel fast 80 Euro. Da es den neuesten Stand der Wissenschaft präsentiert, hierzu eine Fülle von Informationen liefert und der Werdegang des geologisch kompliziert aufgebauten Hunsrücks seit den vergangenen rd. 550 Millionen Jahren fachlich überzeugend dargestellt wird, ist diese regionale Monographie über die Geologie dieses deutschen Mittelgebirges seinen Preis wert. Gemessen an anderen Fachbüchern schwächelt dieses Buch im Hinblick auf modernes Textdesign und graphischer Ausgestaltung allerdings etwas, viele Fakten-Wiederholungen könnten den Leser ermüden, mehr Abbildungen wären wünschenswert gewesen. Insgesamt wird der Kauf dieses Buches empfohlen, es ist für Geowissenschaftler eine Schatzgrube an wertvollen Erkenntnissen, die für die eigene Arbeit nützlich sind.

Benedikt Toussaint



## H. J. ROTH & B. P. KREMER (Hrsg.) (2022): Der Westerwald. Naturgeschichte eines rheinischen Mittelgebirges

XV, 188 S., 130 Abb., 9 Tab., 3 Kten. im Anh.; Stuttgart (Schweizerbart)  
ISBN 978-3-510-65528-1, gebunden, 18 x 25 cm, Ladenpreis 34,-- €



Die verschiedenen Teillandschaften des zum Rheinischen Schiefergebirge gehörenden Westerwaldes präsentieren neben zahlreichen Baudenkmalern auch vielfältige Naturschönheiten. Daher erstaunt es, dass es über diese Schätze bisher kein Buch gab, das eine naturräumliche Gesamtschau bietet. Erst jetzt hat sich eine dem Westerwald verbunden fühlende Arbeitsgemeinschaft zusammengefunden, in Anlehnung an mehr oder weniger berühmte ältere Akteure die verfügbaren Informationen über die facettenreiche un- belebte und belebte Natur dieses rechts- rheinischen Mittelgebirges zusammen- zustellen und in diesem Buch in elf Einzelbeiträgen einem breiten Publikum zugänglich zu machen.

Im einführenden Beitrag erklären die Herausgeber, wie das vorliegende Buch zustande kam und welche Vorstellungen damit verbunden sind. Im folgenden Beitrag wird kurz auf die Abgrenzung des Westerwaldes, seine morphologische Gliederung, die geologischen Verhältnisse und auf die abwechslungsreiche Kulturlandschaft eingegangen. Etwas ausführlicher werden das Kannenbäckerland, das Tal der Wied und die Westerwälder Seenplatte mit ihren spezifischen Eigenarten dargestellt. Im dritten Beitrag steht eine wesentliche Zielsetzung dieses Buches im Vordergrund, nämlich für den Schutz der Kulturlandschaft und insbesondere der Natur zu werben. Es wird erläutert, welche Möglichkeiten das moderne Rechtssystem diesbezüglich bietet und welche Strategien in der Praxis zielführend sind wie z. B. gezielte Vernetzung von Lebensräumen, um eine Isolation der Population wildlebender Pflanzen und Tiere zu vermeiden.

Der anschließende vierte Beitrag ist mit 41 Seiten der umfangreichste, er geht im Detail auf die geologische Geschichte des Westerwaldes ein. Der Schwerpunkt liegt auf der Beschreibung der dem Devon und Unterkarbon angehörenden Schichten des variszischen Gebirgssockels unter Berücksichtigung neuer

wissenschaftlicher Erkenntnisse, dass im nicht mehr zum Westerwald i. e. S. gehörenden nordöstlich anschließenden Lahn-Dill-Gebiet teilweise auch von einer Verfrachtung von Schichtenstapeln in Form alpinotypischer Decken auszugehen ist. Die plattentektonischen Krustenbewegungen äußerten sich auch in einem untermeerischen Vulkanismus, an den die syngenetischen Roteisenerz-Vorkommen aus dem Zeitraum Givet/Frasne gebunden sind, und auch in den vor als auch nach der variszischen Orogenese entstandenen hydrothermalen Ganglagerstätten vom Typ der Siegerland-Spateisensteine. Angesprochen wird auch die Sedimententwicklung nach der Heraushebung des Westerwaldes ab dem Perm zu einem orographischen Gebirge und seine damit verbundene Abtragung und seine ebenfalls zur Bildung von Erzen führende Verwitterung in einem tropischen Klima. Etwas zu kurz gekommen sind die überwiegend nicht marinen tertiären Sedimente in diesem Gebiet mit ihren Braunkohlenflözen. Auch die Beschreibung des tertiären Vulkanismus, der gemeinhin die Vorstellung des Westerwaldes als Vulkanlandschaft prägt, hätte etwas ausführlicher sein können.

Der fünfte Beitrag befasst sich mit Lebensspuren in Gesteinen, mehrheitlich mit pflanzlichen und tierischen Fossilien. Bekannte Fossilfundpunkte werden vorgestellt, besonders ausführlich die berühmte oligozäne Lebensgemeinschaft des Rotter Sees. Im nachfolgenden Beitrag wird ein kurzer Überblick über die das Klima im Westerwald bestimmenden Faktoren wie Niederschlag, Temperatur und Wind gegeben und kurz auf Böden und Gewässer eingegangen.

In den reich bebilderten Beiträgen Nr. 7, 8 und 9 wird der Beschreibung der Pflanzenwelt, der Wirbeltiere (ohne Vögel) und der Avifauna großer Raum gegeben. Ausführlich behandelt werden insbesondere Waldtypen, Offenland-Vegetation und die mitteleuropäische Flora mit ihren zahlreichen Florenelementen. Im Hinblick auf die Wirbeltiere wird auch Statistik geführt über ausgestorbene, neu eingewanderte und überhaupt im Westerwald lebende Arten, die Übersicht über die jeweiligen Lebensräume ist sehr aufschlussreich. Der Beitrag über die Vögel schließt mit einer 9-seitigen Liste der in diesem Gebiet lebenden Vogelarten.

Das zehnte Kapitel versteht sich als eine Würdigung der zahlreichen Impulse für die Erforschung des Westerwaldes in diversen naturkundlichen Feldern, der letzte Fachbeitrag informiert darüber, dass insbesondere Gesteine, Fossilien und Mineralien Bezeichnungen erhielten, die mit dem Westerwald verknüpft sind, z. B. die Muschel *Posidonia becheri*, benannt nach einem Dillenburger Berggrat.

Das mit einem längeren Literaturverzeichnis endende Buch ist eine Werbung für den Westerwald, eine etwas im Abseits stehende erlebniswerte Mittelgebirgsregion mit vielen landschaftlichen Highlights. Der durch zahlreiche eindrucksvolle Fotos und sonstige farbige Abbildungen aufgelockerte Text ist trotz einiger ärgerlicher Errata insgesamt gut und informativ geschrieben. Das auch als Naturführer zu empfehlende Buch spricht alle an der Natur Interessierte an, nicht nur Fachleute aus den Bereichen Biologie- und Geowissenschaften.

Benedikt Toussaint

**R. WITTIG, W. EHMKE, A. KÖNIG & M. UEBELER (Hrsg.) (2022):**

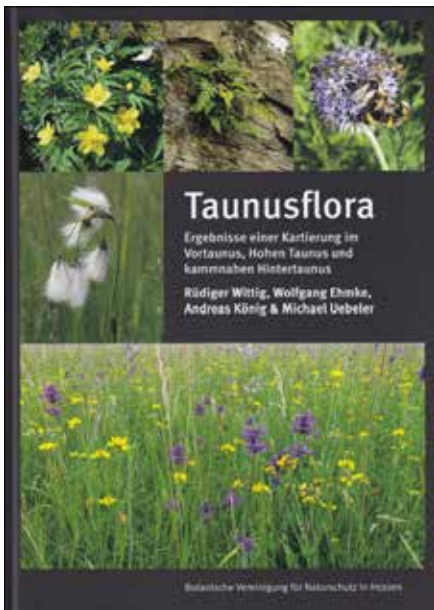
**Taunusflora – Ergebnisse einer Kartierung im Vortaunus,  
Hohen Taunus und kammnahen Hintertaunus**

520 S., 369 Abb., 22 Tab.; Frankfurt/Main (BVNH)

ISBN 978-3-00-071156-5, Hardcover, 22 x 30 cm, Preis 37,-- € (inkl. Porto)

Bestellbar bei: Botanische Vereinigung für Naturschutz in Hessen e.V. (BVNH)

Tel.: 0641-4955288, E-Mail: info@bvnhd.de



In die Entstehung des vorliegenden Buches „Taunusflora“ wurde in 25 Jahren von vielen Beteiligten enorm viel Engagement investiert, das sich gelohnt hat. Bis zum Beginn dieses Jh. galt die floristische Ausstattung des Taunus bis auf einige Teilbereiche als ungenügend erforscht. Daher fand sich am 16. Mai 1997 eine Gruppe von sieben Botanikern zusammen, die sich eine flächendeckende Inventarisierung der Flora dieses südhessischen Mittelgebirges zum Ziel setzten. Das Ergebnis wurde am 10. Mai 2022 im Palmengartenhaus des Frankfurter Palmengartens als erstmalige floristische Gebietsmonographie des Taunus präsentiert.

Im einführenden Kapitel wird die Geschichte dieses 520 Seiten umfassenden Buches ausführlich dargelegt. Es

wird aufgezeigt, wie die anfängliche realitätsferne Einschätzung, mit nur wenigen Spezialisten auf ehrenamtlicher Basis den gesamten, ca. 2700 km<sup>2</sup> großen Naturraum Taunus floristisch erfassen zu wollen, revidiert werden musste und nur mit vielen zusätzlichen Kräften – u. a. auch Diplomanden und Doktoranden des zuerst genannten Herausgebers – zu stemmen war. An den zehn Kapiteln dieses Buches haben neben den vier Herausgebern immerhin weitere 21 Autoren mitgewirkt. Außerdem wurde es erforderlich, das ursprünglich angedachte Untersuchungsgebiet flächenmäßig zu reduzieren und finanzielle Hilfen einzuwerben.

In Kap. 2 wird zunächst das Untersuchungsgebiet vorgestellt, das den Vortaunus, den Hohen Taunus sowie den kammnahen Bereich des Hintertaunus mit der Idsteiner Senke umfasst. Insgesamt wurde eine Fläche von rd. 1000 km<sup>2</sup> floristisch untersucht. Es folgt die Auflistung der maßgebenden Standortfaktoren Klima,

Geologie und Böden, die den potentiellen natürlichen Vegetationstyp bestimmen, sowie die Nutzung als anthropogener Einfluss auf die Vegetation.

Spannend ist die Beschreibung der Entwicklung der Vegetation des Taunus seit der vor 11.600 Jahren endenden quartären Eiszeit im 3. Kap. Spätestens seit den letzten 2800 Jahren wirkt sich menschliches Tun auf die Vegetation und somit auch auf die Flora merklich aus, seit dem 15. Jh. besonders auf die Wälder. Die Verfasser machen deutlich, wie sich seit dem 19. Jh. die Naturlandschaft außerhalb des Waldes durch den zunehmenden Ausbau von Verkehrswegen, Ausdehnung der Siedlungen, Entstehung von Gewerbe- und Industriegebieten, Intensivierung der Landwirtschaft u. v. m. veränderte.

Das 4. Kap. befasst sich pauschal mit der Vegetation des Taunus, beginnend mit der Waldvegetation, die von Ausnahmen abgesehen ohne anthropogenen Einfluss durch reine Laubwälder repräsentiert würde. Anschließend wird informiert über Gesellschaften im Waldgefüge wie Verlichtung oder Pionierwälder, über Vegetation an oder in Gewässern, über Gesellschaften, die mit der Viehhaltung in Verbindung stehen wie Grünlandvegetation und Heiden, sowie über Vegetation an anthropogenen Standorten. Die jeweiligen Vegetationstypen werden durch eine fachspezifische Nomenklatur definiert.

Im 5. Kap. wird die Geschichte der botanischen Erforschung des Taunus angesprochen. Aufgelistet werden über 10.000 Herbarbelege, Pflanzenlisten und Florenwerke. Auch unveröffentlichte Aufzeichnungen, Fundangaben, Zusammenfassungen, Auswertungen und Kommentare waren wichtige Informationsquellen.

Das 6. Kap. ist den Naturschutz- und FFH-Gebieten im Taunus sowie dem Arten-, Vegetations- und Biotopschutz gewidmet und macht auch auf Gefährdungen durch sog. ‚Naturschützer‘ aufmerksam, z. B. durch die Schaffung von Blühstreifen oder unsachgemäßes Anlegen von Amphibientümpeln.

Im 7. Kap. wird über die Grundzüge der botanischen Kartierung berichtet, die Naturraum-bezogen als Rasterkartierung durchgeführt wurde. Die verwendeten topographischen Karten 1:25.000 (TK25) wurden in 523 Rasterfelder von jeweils 2 km<sup>2</sup> Flächengröße unterteilt, die sich auf 18 Kartenblätter verteilen. Die Autoren beschreiben, wie die Geländearbeiten abliefen, sie informieren über die Datenverarbeitung und -visualisierung, die maßgebenden Qualitätsstandards, Sammlung und Inventarisierung von Herbarbelegen und ihren Einbau in den gesamten Datensatz. Das Kapitel endet mit der Erläuterung des Aufbaus der Gattungs- und Artenportraits sowie der fachlich korrekten Nomenklatur und leitet somit in das nachfolgende Kapitel über.

Mit 414 von insgesamt 520 Seiten (S. 73–486) ist dieses 8. Kap. das Herzstück des Buches. Alle 1706 im Kartierzeitraum im Taunus gefundenen Arten und Unterarten sowie Hybriden werden in alphabetischer Reihenfolge aufgeführt. Jedes Portrait beginnt mit einem grünen Farbbalken, der den botanischen und deutschen Namen der jeweiligen Gattung und darunter der Familie enthält. Zunächst wird kurzgefasst die Gattung beschrieben, danach stichwortartig die Art

oder Arten, ggf. auch Unterart/en. In Standardgröße werden Gattung und Art/en der einheimischen Pflanzen sowie der eingebürgerten oder sich tendenziell etablierenden Neophyten beschrieben. Ist das bei den Neubürgern nicht der Fall oder fanden sich überhaupt nur sehr wenige Exemplare einer Gattung bzw. Art, ist ihr Status unsicher, gilt eine Art als erloschen u. a. m., wurden zwei kleinere Schriftgrößen gewählt. In der Regel wird direkt unter dem Artnamen die Anzahl der im Untersuchungsgebiet besetzten Rasterfelder und ihr Status angegeben, bei entsprechender Datenlage finden sich auch Angaben zu Ökologie und Verbreitung oder zum Naturschutz sowie weitere Bemerkungen wie z. B. Erstfund für Hessen oder den Taunus. Vielfach werden Arten in aussagekräftigen Fotos abgebildet. Das Portrait endet mit der Auflistung der Herbarbelege und/oder Funden. Diese werden nicht nur auf die 6-stellige Nummer des Rasterfeldes bezogen, sondern auch in 1207 Verbreitungskärtchen kenntlich gemacht.

Im mit Statistik überschriebenen 9. Kap. werden weitere Auswertungen vorgenommen. So wurden im Untersuchungszeitraum im Projektgebiet 1706 Pflanzensippen (Arten, Unterarten und Hybriden) gemeldet, über deren Häufigkeit und Status jetzt fundierte Kenntnisse vorliegen. Aus der statistischen Auswertung der Befunde leitet sich u. a. auch ab, dass sich die größte Naturnähe im Wispertal im westlichen Taunus zeigt. Außerdem wird über den Grad der Gefährdung der Pflanzen und ihren gesetzlich geforderten Schutz informiert. Schließlich wird kurz auf invasive Arten und Hybride eingegangen.

Nur sehr knapp ist das 10. Kap. gehalten, das sich mit den erloschenen Arten befasst.

Das Buch endet mit einem 12-seitigen Literaturverzeichnis mit insgesamt rd. 620 Quellen, einem Register, das u. a. die deutschen Gattungsnamen der Pflanzen enthält, und einer Liste der verwendeten Abkürzungen.

Die vorliegende „Tanusflora“ ist eine wahre Bibliothek der Pflanzenwelt des Taunus. Die von zahlreichen Experten seit 1997 zusammengetragenen und ausgewerteten Altdaten und durch Geländekartierung gewonnenen neuen Erkenntnisse über den Status der Pflanzenwelt im Taunus machen den enormen wissenschaftlichen Wert dieser großartigen Gebietsmonographie aus. Das Projekt hat seine gesteckten Ziele erreicht, nämlich für die Fachbehörden und andere Akteure eine Verbesserung der Grundlagen für Maßnahmen des Natur- und Artenschutzes zu schaffen und konkrete Hinweise zur Vermeidung von Konflikten mit dem Naturschutz zu liefern. Außerdem bietet dieses Werk auch die Basis für spätere Beurteilungen von Nutzungsänderungen und des drängenden Problems des Klimawandels und es soll dazu beitragen, ein Bewusstsein in der Öffentlichkeit für die Erhaltung der Artenvielfalt zu schaffen. Da das erstaunlich preisgünstige Buch wegen der zahlreichen Informationen und der vielen schönen Pflanzenfotos sicherlich auch die sog. Laien, die Interesse an der Natur haben, ansprechen dürfte, ist den Herausgebern etwas Großes gelungen.

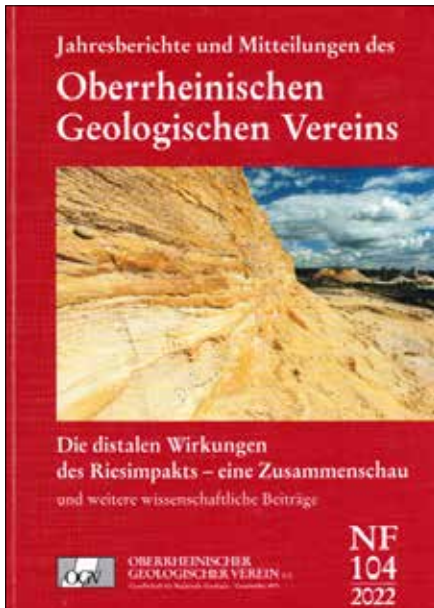
Benedikt Toussaint





## Oberrheinischer Geologischer Verein (2022): Jahresberichte und Mitteilungen, Neue Folge, Band 104

382 S., 133 Abb, 15 Tab., 3 Taf.; Stuttgart (Schweizerbart)  
ISSN 0078-2947, gebunden, 21 x 15 cm, Ladenpreis 68,- €



Der vorliegende Band ist teilweise auf die im Jahr 2020 geplant gewesene und wegen der Corona-Pandemie in den September 2022 verschobene Tagung des Vereins in Nördlingen ausgerichtet und ergänzt das begleitende Exkursionsprogramm, dokumentiert in Band 102 (2020). Denn auch der aktuelle Band hat wie die beiden vorausgehenden Bände 102 und auch 103 (2021) einen Bezug zur Entstehung des Nördlinger Meteoritenkraters, die ersten fünf Beiträge (S. 11-184) dieses Bandes beleuchten anhand vieler neuer Erkenntnisse den Ries-Impakt im Mittelmiozän und seine Folgeerscheinungen. Der Themenblock der wissenschaftlichen Beiträge mit Bezug zum Nördlinger Ries wird durch acht weitere sehr interessante Beiträge (S. 185-365)

ergänzt. Der Band schließt mit für Vereinsmitglieder aufschlussreichen Mitteilungen wie ein Nachruf, Mitteilungen des Schatzmeisters und Vorstellung des aktuellen Vorstandes. Außerdem wird auf frühere Versammlungen und Exkursionen des im Jahr 1871 gegründeten Oberrheinischen Geologischen Vereins sowie auf die Verkaufspreise der noch lieferbaren Bände und Exkursionsführer hingewiesen.

Der erste und umfangreichste der fünf Beiträge mit Bezug zum Ries bietet eine Zusammenschau der Auswirkungen des Meteoriteneinschlags im Nördlinger Ries. Erstmals wurden alle wesentlichen Aspekte der Fernwirkung des Ries-Impaktes bis 500 km Entfernung vom Einschlagskrater sowie nachgewiesene und potentielle Vorkommen und Befunde der Auswurfmassen dargestellt. Ebenfalls im Kontext mit dem Ries folgt ein Beitrag zum Erstnachweis von bereits mit dem bloßen Auge als Impaktereignis erkennbaren Strahlenkegeln aus Karbonatgesteinen aus dem Mittleren Keuper entstammenden großen Schollen, die aus etwa 300 m Tiefe aus dem Rieskrater mehr als 6 km weit befördert wurden. Der folgende Beitrag befasst sich mit miozänen Holzfragmenten in den Trümmermas-

sen des Ries-Impaktes, die u. a. Hinweise auf die präriesische Vegetation und das damalige Paläoklima zulassen. In einem weiteren Aufsatz über die Megablöcke aus dem kristallinen Grundgebirge des Rieskraters wird versucht, Fragen zu der relativen Zeitlichkeit von Schockbeanspruchung und Brekziierung der Gesteine des tieferen Untergrundes zu beantworten. Der letzte Beitrag mit Bezug zum Ries ist dem Suevit gewidmet. Der Autor geht der Entstehung dieses wichtigsten und bekanntesten Impaktgesteins des Nördlinger Meteoritenkraters nach.

Der erste Beitrag nach dem dem Ries gewidmeten Themenblock beschäftigt sich mit der in einem semiariden Klima abgelagerten feinkörnigen Standenbühl-Formation des Ober-Rotliegend im östlichen Saar-Nahe-Becken, die nur in Tiefbohrungen mehr oder weniger vollständig aufgeschlossen ist. Im folgenden Aufsatz wird die Stromberger Kalkmulde angesprochen, hydrogeologisch gesehen ein von weitgehend undurchlässigen Gesteinen umschlossener, geohydrologisch komplexer Karstgrundwasserkörper. Wegen tektonischer Besonderheiten kommt es in diesem Bereich auch zu Warm- bzw. Thermalwasseraustritten. Der nachfolgende Beitrag befasst sich mit dem Donau-Aach-Karstsystem und dessen Erforschung im Zeitraum 1719–2021, die umfassend von Werner Käss in seinem jüngst erschienenen Buch "Das Donau-Aach-System" dargestellt wurde. Es ist abzusehen, dass die Obere Donau in geologisch naher Zukunft vollständig dem Rhein tributär sein wird. Ein weiterer wissenschaftlicher Aufsatz ist der Mikroseismizität im südlichen Oberrheingraben gewidmet, es werden neue Forschungsergebnisse zu kleinen Erdbeben entlang eines Messprofils im zentralen Kaiserstuhl präsentiert. Es folgen drei Beiträge, die sich mit der Reproduktion von Weichschwämmen der Gattung *Codites* im Nusplinger Plattenkalk des Malm, mit einem in das Altpleistozän datierten Pollenprofil der Iller-Lech-Platte, das Aussagen zur Vegetationsentwicklung während des Donau-Glazials zulässt, und mit aus sedimentologischen Untersuchungen abgeleiteten Abflussverhältnissen seit dem 17. Jh. anhand eines Beispiels aus Hohenlohe befassen. Abgerundet wird der wissenschaftliche Teil des Bandes durch einen Themenschwerpunkt in den Bänden der letzten Jahre, nämlich den Vulkanen im südöstlichen Teil des Vulkanfeldes der Westeifel. Es wird umfassend über die vor ca. 730.000 Jahren beginnende zeitliche Abfolge des noch vor 11.000 Jahren aktiven Vulkanismus berichtet und auf Hinweise verwiesen, wo zukünftig möglicherweise vulkanische Aktivitäten zu erwarten sind.

Auch mit diesem Band ist es dem Oberrheinischen Geologischen Verein gelungen, ein inhaltlich breit gefächertes Angebot an Beiträgen mit meist regionalgeologischen Aspekten zusammenzustellen. Die auch für sog. Laien gut verständlichen, sehr informativen und reich bebilderten Texte richten sich zwar in erster Linie an Leser dieser empfehlenswerten deutschsprachigen geologischen Zeitschrift, sicherlich werden sich aber auch ausländische Experten angesprochen fühlen, insbesondere durch die sich auf den Ries-Impakt beziehenden Beiträge.

Benedikt Toussaint

# Hinweise für Autoren

Stand 28.02.2022



## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	203
2	Form der Manuskriptabgabe .....	203
3	Gliederung .....	205
4	Bemerkenswertes zum Schriftsatz und zum Stil .....	205
5	Zitierweise .....	206
6	Das Procedere vom Manuskript zum (Sonder-)Druck .....	207
7	Literaturverzeichnis .....	208
8	Einverständniserklärung .....	208

## 1 Einleitung

Zur Vereinheitlichung von Schriftbild und Aufbau der Beiträge in den Jahrbüchern des Nassauischen Vereins für Naturkunde werden die Autorinnen und Autoren (nachfolgend allgemein als generisches Maskulinum verwendet) um Einhaltung der Hinweise gebeten. Die Berücksichtigung dieser Hinweise durch die Autoren entlastet die ehrenamtliche Arbeit des Schriftleiters und hält die Entstehungskosten der Jahrbücher im Rahmen.

Bezogen auf die inhaltliche und sprachliche Aufbereitung der wissenschaftlichen Informationen und auf die formale Gestaltung der Texte orientieren sich diese Hinweise an der Richtlinie für die Verfasser geowissenschaftlicher Veröffentlichungen (HORATSCHKE & SCHUBERT 1998). Im Hinblick auf die Rechtschreibung werden die Rechtschreibregeln des DUDEN in seiner aktuellen Fassung zugrunde gelegt, auch bezüglich des Schriftsatzes sollen die Richtlinien des DUDEN beachtet werden. Für Fragen, die hier nicht behandelt werden, können die Jahrbücher des Nassauischen Vereins für Naturkunde der letzten Jahre beispielhaft zu Rate gezogen werden.

## 2 Form des Manuskripts, der Abbildungen und der Tabellen

In der Regel müssen Manuskripte in deutscher Sprache abgefasst sein. Erbeten wird aber eine Kurzfassung (Abstract) und/oder eine Zusammenfassung (Summary) sowie Schlagwortkette, Tabellenüberschriften und Abbildungsunterschriften in englischer Sprache. In Ausnahmefällen kann auch ein Manuskript nur in englischer Sprache akzeptiert werden. Text, Abbildungen und Tabellen sind Bestandteil des Manuskripts.

Eine Veröffentlichung des Manuskripts an sich oder seines vollen Umfangs kann nicht garantiert werden. Über die Annahme eines Manuskripts entscheidet der Schriftleiter im Einvernehmen mit dem Vorstand. Mit der Annahme des Manuskripts erwirbt der Nassauische Verein für Naturkunde das Recht zur Veröffentlichung des Beitrages (siehe 8. Einverständniserklärung).

Das Manuskript wird in der Regel nur vom Schriftleiter begutachtet, in Zweifelsfällen wird es auch Mitgliedern des Beirates und/oder unabhängigen Spezialisten zur kritischen Durchsicht übersandt.

Die Einreichung eines Manuskripts in digitaler Form (auf wieder beschreibbarer CD bzw. DVD oder in der Regel als Anhang eines E-Mails) ist Standard. Es sind Autor oder Autoren, Dateiname und verwendetes Textverarbeitungsprogramm (WORD im doc(x)- oder rtf-Format) anzugeben.

Beim Eingeben des Textes hat der Zeilenumbruch innerhalb eines Absatzes und die Silbentrennung **ausschließlich automatisch** zu erfolgen (nicht „Enter“- bzw. Leer-Taste verwenden!). Die Arbeit des Schriftleiters wird wesentlich erleichtert, wenn keine Formatierungen vorgenommen werden. Die Verwendung des linksbündigen „Flattersatzes“ ist Standard, von automatischen Nummerierungen (Inhaltsverzeichnis, Überschriften, Tabellen, Abbildungen) ist abzusehen.

Diagramme, Fotos und Tabellen müssen in separaten Dateien abgespeichert werden. Zwecks besserer Orientierung für den Schriftleiter ist ihre Platzierung im Fließtext wünschenswert. Tabellen sollten möglichst als Excel-Tabellen erstellt werden, ggf. auch mittels Tabellen-Modul des Textprogramms. Es kommen nur Abbildungen/und Tabellen in Frage, die den Text mit zusätzlichen Informationen bereichern und die im Fließtext zitiert werden. Tabellen erhalten Überschriften, Abbildungen Unterschriften jeweils in Deutsch und Englisch.

In den Fließtext einzubindende Tabellen und Abbildungen/Fotos können nur in digitaler Form berücksichtigt werden. Bei (gescannten) Strichzeichnungen, Skizzen u. dgl. sollte die physikalische Auflösung bei Originalgröße **300 dpi** nicht unterschreiten. Es ist darauf zu achten, dass gescannte Versionen kontrastreich sind. Beschriftungen und wichtige Details in Tabellen und Abbildungen müssen so groß sein, dass sie auch nach Reduktion auf Satzspiegelgröße (11,35 cm x 17,8 cm) noch gut lesbar bzw. erkennbar sind (demnach Schrifthöhe mindestens 2 mm). Die Abbildungen/Fotos sollten in ihrem Dateinamen Hinweise auf die Reihenfolge enthalten (Bsp.: Bild003.tif).

Einlege-/Faltpfaffen können nur in Einzelfällen und nach vorherigem Vorstandsbeschluss und ggf. unter finanzieller Beteiligung des Autors bzw. der Autoren verwirklicht werden.

Der (Erst-)Autor versichert, dass er allein berechtigt ist, über die urheberrechtlichen Nutzungsrechte an seinem Werk zu verfügen und dass er bisher keine den Rechtseinräumungen dieses Vertrages entgegenstehende Verfügung getroffen hat. Das gilt auch für die vom Autor bzw. von den Autoren gelieferten Text- oder Bildvorlagen, deren Nutzungsrechte bei ihm/ihnen liegen. Werden dem Schriftleiter

bzw. dem Nassauischen Verein für Naturkunde als Herausgeber des Jahrbuchs Text- oder Bildvorlagen angeboten, für die dies nicht zutrifft oder nicht sicher ist, hat er/haben sie den Schriftleiter bzw. den Herausgeber darüber und über alle ihm/ihnen bekannten oder erkennbaren rechtlich relevanten Fakten zu informieren. Soweit der Schriftleiter bzw. der Herausgeber den Autor bzw. die Autoren mit der Beschaffung fremder Text- oder Bildvorlagen beauftragt, bedarf es einer besonderen Vereinbarung.

### 3 Gliederung

- In der Zitierleiste sind anzugeben: Anzahl der Abbildungen, Tabellen und Tafeln.
- Der Titel ist in Deutsch und Englisch anzugeben.
- Autor bzw. Autoren werden Vor- und Nachname(n) angegeben.
- Maximal acht Wörter (keywords) in Deutsch und Englisch können als einzeilige (bezogen auf DIN A5 und eine Satzspiegelbreite von 11,35 cm) Schlagwortkette angegeben werden, die Festlegung erfolgt ggf. durch den Schriftleiter.
- Bei wissenschaftlichen Abhandlungen ist eine Kurzfassung in Deutsch und Englisch mit maximal 15 Druckzeilen erforderlich.
- Anschließend folgt das Inhaltsverzeichnis, das nicht automatisiert erstellt werden soll.
- Der inhaltliche Aufbau sollte sich sinngemäß in der Regel in 1 Einleitung bzw. Aufgabenstellung oder Zielsetzung, ggf. 2 Untersuchungsgebiet, 3 Material und Methode, 4 Ergebnisse, 5 Diskussion, ggf. 6 Danksagung, 7 Literaturverzeichnis und ggf. Anhang gliedern
- Am Ende folgen immer Anschrift des Autors bzw. der Autoren, falls vorhanden auch die E-Mail-Adresse und für die Redaktion zusätzlich die **Telefonnummer des Erstautors** (wird nicht abgedruckt, falls unerwünscht).
- Vom Schriftleiter wird das Manuskripteingangsdatum eingesetzt.
- Fußnoten (\*, \*\*) sind nur in Ausnahmefällen (z. B. Hinweis auf finanzielle Förderung einer Untersuchung) zulässig, in keinem Fall im Zusammenhang mit Literaturziten.
- Wissenschaftliche *Gattungs-* und *Artnamen* von Pflanzen und Tieren werden kursiv gedruckt.

### 4 Bemerkenswertes

#### zum Schriftsatz

- Angaben von Fundstellen, Grabungen u. dgl. sollen durch TK-Blatt-Nr. und R/H-Werte präsentiert werden (z. B. TK 25 Bl. 5816 Königstein, R 34 45 700 / H 55 77 430) oder aktueller im UTM-System E 445645.507 N 5575638.522).

- Der (kurze) Bindestrich „-“ wird für zusammengefügte Worte (z. B. 90er-Jahre) verwendet, andernfalls wird in der Regel der (lange) Gedankenstrich „-“ benutzt (auch als Symbol für „bis“).
- Fußnoten (\*, \*\*) sind nur in Ausnahmefällen (z. B. Hinweis auf finanzielle Förderung einer Untersuchung) zulässig.
- Wissenschaftliche *Gattungs-* und *Artnamen* von Pflanzen und Tieren werden *kursiv* geschrieben.

### zum Stil

- Unnötige Substantivierungen, Bandwurmsätze, verschachtelte Nebensätze und häufige Partizipialkonstruktionen sind zu vermeiden.
- Mit Ausnahme von Auflistungen sind nur vollständige Sätze zu verwenden, Telegrammstil ist nicht angebracht.
- Fremdwörter sollten möglichst vermieden werden.
- Sind Begriffe aus dem Fachvokabular unvermeidlich, sollten sie erklärt werden.
- Für Gleiches sollte wie im Englischen auch durchgängig dieselbe Bezeichnung verwendet werden, um Missverständnisse zu vermeiden.

## 5 Zitierweise

**Im Text** durch Angabe von AUTORIN bzw. AUTOR (in Kapitalchen) und Publikationsjahr (in Klammern), bei drei Autoren durch „&“ getrennt, bei **vier und mehr** Autoren nach Nennung des Erstautors durch „et al.“ ergänzt. Bei auszugsweiser Zitierung (in „... ..“ gesetzt) mit zusätzlicher Seitenangabe.

**Im Literaturverzeichnis** werden der oder die Vornamen des Autors/der Autorin durch den/die **immer** nachgestellten Anfangsbuchstaben abgekürzt. Bei mehreren Autoren/innen sind **hier alle** zu nennen (kein „et al.“). Wird von einem Autor mehr als ein Aufsatz mit demselben Erscheinungsjahr zitiert, ist die Jahreszahl mit einem kleingeschriebenen Buchstaben in der Reihenfolge a, b, c usw. zu ergänzen (auch im Text).

**Wissenschaftliche Gattungs- und Artnamen** von Pflanzen und Tieren müssen bei Erstnennung im Manuskript mit dem Autor und der Jahreszahl der Erstbeschreibung zitiert werden.

Ausführliche Hinweise einschließlich einer Liste von Abkürzungen und der Korrekturzeichen finden sich bei HORATSCHKE & SCHUBERT (1998).

Es wird empfohlen, die jüngeren Jahrbücher als Muster für die Literaturzitate zu verwenden.

**Mündliche Äußerungen** werden nach der DIN 1505 Teil 2 (1984) wie folgt zitiert: FLEHMIG, B. & GOERLICH, H.-P. (1983); mündliche Äußerung; Wiesbaden. Im Text steht dann „... (FLEHMIG & GOERLICH 1983 mdl.) ...“.

**Unveröffentlichte Texte** wie Dissertationen, Abschlussbericht usw. werden nach folgendem Muster zitiert:

SCHUPHAN, I. (1972): Zur Biologie und Populationsdynamik der Zippammer (*Emberiza c. cia*), Mainz, Universität, Fachbereich Biologie, Dipl.-Arb. – 132 S.; Mainz. Im Text steht dann „... (SCHUPHAN 1972) ...“ .

## 6 Das Procedere vom Manuskript zum Druck

1. Das Jahrbuch des Nassauischen Vereins für Naturkunde (Jb. nass. Ver. Naturkde.) erscheint einmal pro Jahr, in der Regel im November/Dezember.
2. Der Eingang des vollständigen Manuskripts (1. Version), inkl. Abbildungen, Tabellen usw. muss bis 31. August eines Jahres erfolgt sein.
3. Sind Korrekturen am Manuskript durchzuführen, erhält der Autor, der Internet-Zugang hat, eine E-Mail mit seinem Beitrag als Word-Datei im Anhang. Ein Autor ohne Internet-Zugang erhält seine wieder beschreibbare CD bzw. DVD. Ein Papierausdruck wird nur ausnahmsweise geliefert. In der Regel dokumentiert der Schriftleiter seine Korrekturwünsche unter Verwendung des WORD-Moduls „Änderungen nachverfolgen“ seines Textprogramms. Die Korrektur (2. Version) ist innerhalb von zwei Wochen ggf. mit Änderungswünschen bzw. Annahme der vom Schriftleiter vorgeschlagenen Korrekturen an die Redaktion zurückzusenden.
4. Bei geringfügigen Änderungen wird der Text durch den Schriftleiter unmittelbar in das Layout des Jahrbuchs gebracht und dem (Erst-)Autor in digitaler Form als pdf-Datei, nur in Ausnahmefällen als Papierausdruck (2. Version) zur Abstimmung vorgelegt. Der Autor sendet die akzeptierte neue Fassung innerhalb von 2 Wochen an den Schriftleiter.
5. Es wird vorausgesetzt, dass die 3. Textversion inhaltlich, sprachlich und formal korrekt ist. Diese somit vom Autor zum Druck freigegebene Version wird vom Schriftleiter in die Layout- und Design-Software InDesign von Adobe transferiert und eine Druckvorlage als pdf-Datei generiert.
6. Diese Druckvorlage wird der Druckerei übergeben, die sie vor allem im Hinblick auf die Farben der Abbildungen an ihr technisches Equipment adaptiert.
7. **Vom Autor nachträglich gewünschte inhaltliche Änderungen seines Beitrages in dieser endgültigen Druckfassung gehen zu seinen Lasten.**
8. Der Autor/die Autoren erhalten einen gedruckten Band als Belegexemplar und 10 Sonderdrucke kostenlos zu ihrer Verfügung.
9. Zusätzliche Sonderdrucke können zum Selbstkostenpreis (gegenwärtig ca. 1 € pro Sonderdruck) vor Druckauftrag angefordert werden.



## 7 Literaturverzeichnis - Beispiele

BAUMGARTNER, Th. (1999): Die Gärten der Kartause. – In: KNALL-BRSKOVSKY, U. (Hrsg.): Kartause Mauerbach, 1314 bis heute. – Österr. Zs. Kunst Denkmalpfl., **LIII (2-4)**: 555-567; Wien (Österr. Bundesdenkmalamt).

DIN 1505 Teil 2 (Jan. 1984): Titelangaben von Dokumenten: Zitierregeln; Berlin (Beuth).

DUDEN (2009): Die deutsche Rechtschreibung, 25., völlig neu bearb. u. erw. Aufl. – 1216 S.; Mannheim (bibliographisches Institut GmbH).

FLADE, M. & WINTER, S. (2021): Fördert forstliche Bewirtschaftung die Biodiversität von Buchenwäldern? – In: KNAPP, H. D., KLAUS, S. & FÄHSER, L. (Hrsg.): Der Holzweg. Wald im Widerstreit der Interessen. – 129-142; München (oekom Verlag).

HORATSCHEK, S. & SCHUBERT, T. (1998): Richtlinie für die Verfasser geowissenschaftlicher Veröffentlichungen: Empfehlungen zur Manuskripterstellung von Text, Abbildungen, Tabellen, Tafeln, Karten. – 51 S., 17 Tab.; Stuttgart (Schweizerbart).

KÜMMERLE, E. (2009): Rüdesheim am Rhein – ein geologischer Streifzug. – Jb. nass. Ver. Naturkde., **130**: 105-115, 10 Abb.; Wiesbaden.

Die Angabe der Anzahl von Abbildungen, Tabellen oder Karten ist wünschenswert, es kann aber auch darauf verzichtet werden. Dagegen ist die Angabe der Anzahl der Seiten bzw. im Falle eines Beitrages in einem Buch unter vielen die Angabe Seite x bis Seite y zwingend erforderlich!

## 8 Einverständniserklärung

Der/die Autor/in (im Falle mehrerer Autoren/innen der Erstautor) überträgt dem Herausgeber räumlich unbeschränkt für die Dauer des gesetzlichen Urheberrechts das ausschließliche Recht zur Vervielfältigung und Verbreitung (Verlagsrecht) des Werkes für alle Druck- und körperlichen elektronischen Ausgaben sowie für alle Auflagen ohne Stückzahlbegrenzung für die deutsche Sprache.

Er erklärt sein Einverständnis für die Nutzung einer digitalen Kopie seiner Publikation im Rahmen der vom Nassauischen Verein für Naturkunde herausgegebenen digitalen Gesamtausgabe der Zeitschrift. Kopien sind also nur in Absprache mit dem NVFN in anderen Publikationsorganen erlaubt, dies betrifft auch das Internet.

Der Autor oder die Autoren können jederzeit telefonisch oder per E-Mail Kontakt mit dem Schriftleiter aufnehmen, um weitere Details zu erfragen oder um Unklarheiten zu beseitigen.

### **Kontaktdaten des Schriftleiters**

Prof. Dr. Benedikt Toussaint

Tel.: 06128/71737

E-Mail: [b.toussaint@t-online.de](mailto:b.toussaint@t-online.de) oder [b\\_toussaint@web.de](mailto:b_toussaint@web.de)

