



## Danium-Geschiebe aus den Brelinger Bergen

- Historisch: Der Asphalt-Boom
- Ausgewaschen: Ziemlich lange Knochen osteologisch ausgewertet
- Ausgetrocknet: Die Leine und ihr Totarm



# Naturhistorica

BERICHTE DER NATURHISTORISCHEN GESELLSCHAFT HANNOVER



**Ausgabe 162**

**2020**



**NGH**

Herausgegeben von der  
Naturhistorischen Gesellschaft Hannover

## **Naturhistorica**

BERICHTE DER NATURHISTORISCHEN GESELLSCHAFT HANNOVER

Ausgabe 162 (2020)  
Erschienen 2021  
Hannover · Germany  
ISSN 1868-0828  
[www.Naturhistorica.de](http://www.Naturhistorica.de)

### **Herausgeber**

Naturhistorische Gesellschaft Hannover

### **Redaktion**

Dieter Schulz

### **Lektorat**

Franz-Jürgen Harms (Geowissenschaften)  
Hansjörg Küster (Botanik und Ökologie)  
Annette Richter (Paläontologie, Geologie, Zoologie)  
Dieter Schulz (Biologie)

Für den Inhalt der Beiträge sind die Autoren verantwortlich.

### **Design, Satz, Umschlag**

Matthias Winter, [vemion.de](http://vemion.de)

### **Druck**

Beltz Grafische Betriebe GmbH, Bad Langensalza

Umschlagbild Faxekalk © Michael Fuchs

Bild S. 1 Kalksteinbruch Ahlem, ca. 1930 (siehe S. 21)



© **Naturhistorische Gesellschaft Hannover**  
Gesellschaft zur Pflege der Naturwissenschaften

Willy-Brandt-Allee 5  
30169 Hannover  
Germany

E-Mail: [info@N-G-H.org](mailto:info@N-G-H.org)  
[www.N-G-H.org](http://www.N-G-H.org)

Dieter Schulz

**Vorwort**

5



Michael Fuchs

**Danum-Geschiebe aus den Brelinger Bergen**

7



Franz-Jürgen Harms

**Asphalt und Kalkstein aus Ahlem**

Vor über 150 Jahren begann mit einem Rohstoff aus Ahlem die Asphaltierung unserer Straßen und Plätze

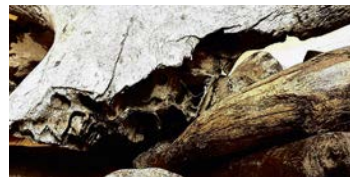
19



Marvin Applegate

**Osteologische Auswertung von Langknochen der Ungulata  
aus dem Leinetal südlich von Hannover**

49



Tim Lukas Pikos

**Ökologische Differenzierung limnischer und fluviatiler Lebens-  
räume an der Leine bei Garbsen in der Region Hannover**

105





## Exkursionsberichte

- 133 Buschwindröschen, Lerchensporn und Co. –  
Das Naturschutzgebiet Haseder Busch (13.04.2019)
- 143 Geologisch-historischer Gang durch den Stadtteil Ahlem  
(04.05.2019)
- 147 Rundgang über den Stadtfriedhof Ricklingen –  
ehemals Hauptfriedhof der Stadt Linden (24.05.2019)
- 153 Das Zementwerk Höver – Produktion eines Baustoffes und  
Umweltfragen (22.06.2019)
- 159 Schacht Konrad – Das projektierte Endlager für radioaktive  
Abfälle (19.07.2019)
- 163 Vier Tage in der Oberlausitz (15.–18.08.2019)



## Die Naturhistorische Gesellschaft Hannover

167

## Vorwort

Michael Fuchs beschreibt den Geschlechtsbestand der stillgelegten Sandgrube bei Oegenbostel am Nordostrand der Brelinger Berge. Der Autor gibt einen Einblick in glazifluviatile Ablagerungen nordischer Geschiebe aus Seeland und dem südliche Schonen. Sie weisen eine deutliche Schräg- oder Kreuzschichtung mit Gradierung auf wie sie von verwilderten Flusssystemen bekannt sind. Sie bieten interessante Einblicke in glazifluviatile Ablagerungen und glazigene Deformationen. Der Autor zeigt die Formenvielfalt der Ablagerungsstrukturen. Die mittransportierten Feuersteine enthalten häufig Bryozoen.

Ahlem, ein Stadtteil Hannovers, hatte bereits vor dem Ersten Weltkrieg durch das Vorkommen von asphalthaltigem Kalkstein weltweit eine große Bedeutung erlangt. Der „Limmer Asphalt“ fand in vielen Ländern Europas und Amerikas seine Abnehmer. Franz-Jürgen Harms erläutert die Geschichte des Abbaus, die Verarbeitung des Gesteins, die Gewinnung des Asphalts und seine Nutzung und gibt mit vielen historischen Abbildungen, z. T. dreidimensional, Einblick in die damaligen Abbau-Verhältnisse. Er spricht auch die KZ-Häftlinge und Zwangsarbeiter am Ende des Zweiten Weltkriegs an, die unter menschenunwürdigen Bedingungen, die unter Wasser stehenden Stollen für kriegswichtige Produktionen herrichten mussten. In den letzten Monaten vor Kriegsende kamen hunderte Häftlinge dabei ums Leben.



Und wieder einmal präsentieren wir eine Arbeit, deren Grundlage Sammlungsbestände des Landesmuseums Hannover sind. Marvin Applegate hat Langknochen von Huftieren aus dem Leinetal osteologisch ausgewertet und die Ergebnisse in einen biogeografischen und geologischen Kontext gebracht. Dabei stellte sich heraus, dass überwiegend warmzeitliche Faunenelemente in den glazialen Kiessedimenten Hemmingens, Koldingens, Jeinsens und Gleidingens aufzufinden waren. In der Nacheiszeit ermöglichten ausgeprägte Flussauen den Fortbestand offener Flächen für Großsäuger wie Auerochsen, Bisonarten und Wildpferde. Über 1000 Langknochenfunde von Huftieren sind bearbeitet und aufgrund von Messungen Gattungen und auch Arten zugeordnet worden.

Tim Pikos vergleicht in seinem Artikel einen Totarm mit seinem Ursprungsgewässer (Leine) unter landschaftlichen und ökologischen Aspekten. Das Pflanzeninventar beider Lebensräume wird erfasst und hydrochemische Parameter vergleichend gemessen. Unter anderem wurden der Mineralstoffgehalt und die elektrische Leitfähigkeit bestimmt. Berücksichtigung fand auch der Anthropogene Einfluss durch Deichbau, Landwirtschaft und Industrieanbauten auf die Eutrophierung beider Lebensräume. Die ökologische Bedeutung eines Altgewässers wird herausgestellt, eine Renaturierung des verlandenden Totarms hält der Autor aufgrund der hohen Kosten jedoch für nicht durchführbar, da Nachhaltigkeit die regelmäßige Wiederholung der Maßnahmen erfordern würde.

Die NGH führt mit diesem Band die in *Naturhistorica* 160 begonnene Serie der Nachlese von Exkursionen fort. Diesmal sind es Exkursionen aus dem Jahr 2019. Sie finden Berichte zu den Exkursionen „Buschwindröschen, Lerchensporn und Co. – Das Naturschutzgebiet Haseder Busch“, „Geologisch-historischer Gang durch den Stadtteil Ahlem“, „Rundgang über den Stadtfriedhof Ricklingen – Ehemals Hauptfriedhof der Stadt Linden“, „Das Zementwerk Höver – Produktion eines Baustoffs und Umweltfragen“, „Schacht Konrad – Das projektierte Endlager für radioaktive Abfälle“ und eine poetische, reichbebilderte Wiedergabe der „Vier Tage in der Oberlausitz“ von Klaus D. Jürgens. Viel Freude bei den Erinnerungen.

*Dieter Schulz*



## Danium-Geschiebe aus den Brelinger Bergen

Michael Fuchs

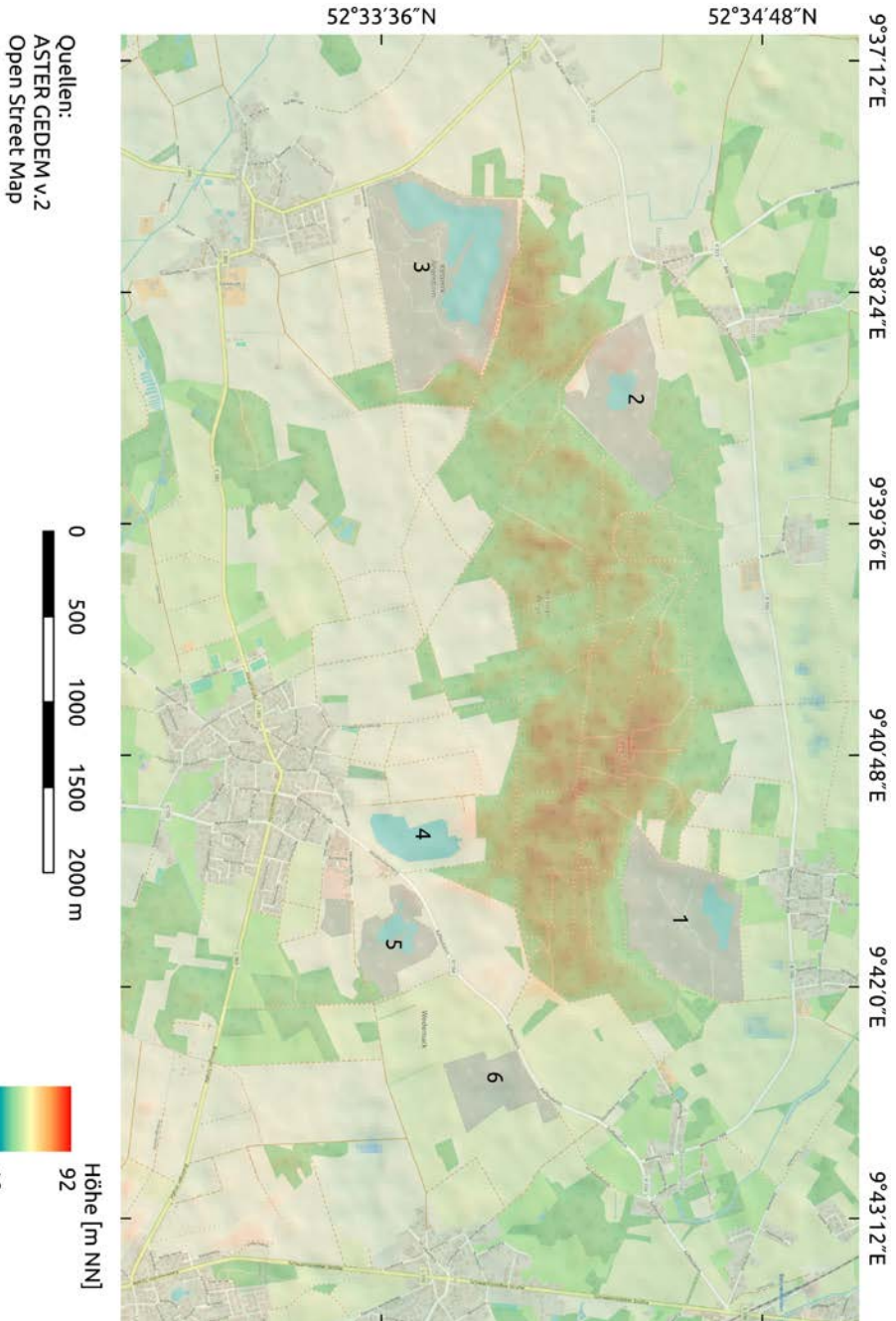


### Zusammenfassung

Es werden Besonderheiten im Geschiebebestand der mittlerweile stillgelegten Sandgrube bei Oegenbostel am Nordoststrand der Brelinger Berge beschrieben. In der Sandgrube findet man häufig Gesteine aus dem Danium, der untersten chronostratigraphischen Stufe im Tertiär. Deren Herkunftsgebiet ist klar auf Seeland und das südliche Schonen begrenzt. Die Anreicherung in den aufgeschlossenen Schmelzwasserablagerungen der Saalekaltzeit wird diskutiert. Dabei wird der Transport durch das Eis des letzten elsterkaltzeitlichen Vorstoßes und späterer Aufarbeitung und Durchmischung mit

südlichem Terrassenmaterial durch die saalekaltzeitlichen Schmelzwässer angenommen. Neben dem deutlich durch nordische Geschiebe geprägten und mit Feuersteinen und Kalksteinen des Danium angereichertem Gesteinsbestand bot die Sandgrube Oegenbostel auch einen interessanten Einblick in das Repertoire glazifluvialer Ablagerungen und glazigener Deformation. Dieser Formenschatz wird kurz beschrieben.

**Schlüsselwörter:** Faxekalk, Leitgeschiebe, saalekaltzeitliche Ablagerungen, Brelinger Berge



**Abb. 1** Die Brelinger Berge.

- 1) Sandgrube und Bodendeponie Oegenbostel
- 2) Seit 2018 aufgelassene Sandgrube Dudenbostel
- 3) Kieswerk Negenborn mit aktivem Abbau
- 4) See der seit 1970 aufgelassenen und renaturier-

- ten Sandgrube südöstlich des NABU-Geländes
- 5) Aufgelassene Sandgrube an der Straße K 104
- 6) In Abbau befindliche Sandgrube an der Straße K 104.

## Summary

Peculiarities in the population of erratic rocks of a meanwhile abandoned sandpit near Oegenbostel on the northeastern edge of the Brelinger mountains are described. In the sandpit, one can frequently find rocks of the Danian period. Their area of origin can clearly be attributed to the region between Zealand and the southern Schonen. Their enrichment in the exposed glacial-fluvial deposits is discussed. The

transport by the last Elsterian ice-advance and later mixing with the southern material of river-terraces by melting-water in the Saalian period is postulated. Additionally, to the presence of erratic Danian limestone and chert, the sandpit Oegenbostel offered also an interesting insight into a repertoire of glacial-fluvial deposits and glacial deformation. This repertoire is briefly described.

## Einleitung

Die Brelinger Berge sind ein beliebtes Ausflugsziel. Die Einwohner der Region Hannover schätzen und besuchen das Gebiet mit ganz unterschiedlichen Präferenzen. Die 5 km lange und 2 km breite bewaldete Erhebung im Norden des Ortes Brelingen in der Wedemark bietet einiges. Die Bauernhöfe der Umgebung beherbergen die Pferde der Städter. Dementsprechend durchzieht eine Reihe von Reitwegen das Waldgebiet. An freundlichen Tagen jeder Jahreszeit trifft man auf Pferd und Reiter. Im Herbst kommen die Pilzsammler, denn der durch die Kiefer dominierte Wald ist den Maronen wohl gesonnen. Es gibt auch Stellen an denen Steinpilz oder gar Krause Glucke gefunden werden. Im Jahr 2009 wurde der erste Punkt des mittlerweile gut bekannten geologischen Erlebnispfads fertiggestellt. Heute kann man die Berge durchwandern und an den verschiedenen künstlerisch gestalteten Stationen etwas Interessantes über die glazialen Phänomene lernen (Schwidurski 2019).

Auch der Naturschutzbund Deutschland hat eine Station; der alte Trafoturm nördlich der Ortschaft Brelingen steht

am Rande des 5 ha großen Naturschutzgebietes (NABU 2019). Das Gelände mit angrenzendem See in der alten Sandgrube bietet sich z. B. zur Beobachtung von Wasservögeln an. Die mittlerweile renaturierte Sandgrube ist kein Sonderfall. Die Brelinger Berge sind von Sand- und Kiesgruben umgeben, ja nahezu umrandet (Abb. 1).

Die Brelinger Berge reihen sich in eine Linie zwischen Mellendorf und Nienburg, in der glazifluviatile Saalekaltzeitliche Ablagerungen auftreten (Rohde 1994, NIBIS Kartenserver 2019). Das Material besteht aus einer Mischung südlicher Gerölle und nördlicher Geschiebe. Die Gesteine der durch die Weser abgelagerten Oberterasse aus der Elsterkaltzeit dominieren im saalekaltzeitlich geprägte Glazifluviatil. Es sind vor allem die karbonischen Kiesel-schiefer und Thüringer Wald Porphyre sowie die Gesteine der Buntsandstein- und Muschelkalkformationen, die das normale Bild in der gröberen Fraktion prägen und dominieren. Als nordische Komponente gesellen sich untergeordnet kristalline Geschiebe hinzu, wie z. B. der finnische Rapa-kiwi-Granit oder einige der Quarzporphyre des Ostseegebiets, gelegentlich findet



**Abb. 2** Sandgrube und Bodendeponie Oegenbostel im Mai 2018 mit Blick nach Osten.

man auch mal einen Skolithos-Sandstein (Schwidurski 2019). Die in Abb. 1 markierten Sandgruben unterscheiden sich – obwohl nahe beieinanderliegend – hinsichtlich glazigener Erscheinung und Materialführung. Die südlich der Brelinger Berge gelegenen Aufschlüsse zeigen die glazifluviatilen Sande in ihrer typischen Ablagerung. Es treten ungestört die von verwilderten Flusssystemen bekannten Typen der Schräg- oder Kreuzschichtung mit Gradierung auf. Im Norden der Brelinger Berge wird der stärkere Einfluss von Eis auf die abgelagerten Sedimente sichtbar. In den beiden nördlichen Gruben 1 und 2 sind Schollen von Unterkreidetonen, zerscherte Bänderschluße und Kieslinsen in das Glazifluviatil eingearbeitet.

Der Aufschluss bei Oegenbostel (Abb. 2) bot bis in das Jahr 2018 besonders interessante Muster.

Hier konnten glazifluviatile Ablagerungsstrukturen und glazialtektonische Erscheinungen studiert werden. Abb. 3a–e und 4a–d zeigen einen kleinen aber repräsentativen Ausschnitt aus der Formenvielfalt. Die Schmelzwassersande sind gestaucht und fallen nach Norden schaufelförmig gebogen mit Einfallswinkeln zwischen 20 und 35° ein.

An der W-Wand der Sandgrube, die durch die Nutzung als Bodendeponie nicht mehr zugänglich ist, waren jahrelang Schollen mit Tonen aus der Unterkreidezeit und auflagerndem elsterkaltzeitlichem Geschiebemergel aufgeschlossen (Ites



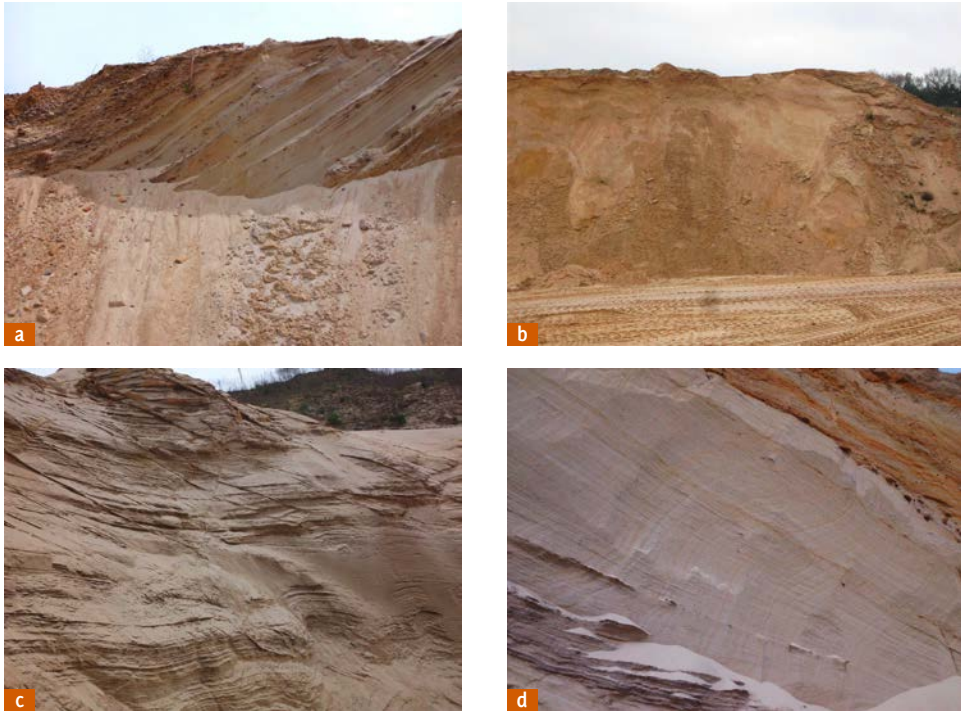
**Abb. 3** Glazifluviale Ablagerungsstrukturen und glazialtektonische Erscheinungen, aufgenommen zwischen 2013 und 2018 im Nordostbereich der Sandgrube Oegenbostel. a) Schrägschichtung in Sanden mit Kieseinlagerungen. b) Gekappte

Schrägschichtung mit überlagernder gradierter Schichtung. c) Unterkreidezeitliche Tonscholle. d) Zerscherter Bänderschlufl über Mittelsanden. e) Gestauchte Schmelzwassersande. f) Gestauchte Kiessandrücken.

1996, Taf. 2). Diese Ablagerungen sind in dreiteiligen Kiessanden in mehrere nach Norden einfallende Schuppen zerlegt. Die Geschiebezählungen durch H. Röhm und K.-D. Meyer bestätigten das elsterkaltzeitliche Alter des Geschiebemergels

(mündliche Mitteilung K.-D. Meyer 11/2019).

Nicht nur durch die Formenvielfalt glazialer Ablagerungen und glazialtektonischer Erscheinungen fallen die nördlichen Gruben auf, auch der Bestand an



**Abb. 4** Glazialtektonische Erscheinungen, aufgenommen zwischen 2013 und 2018 im Nordostbereich der Sandgrube Oegenbostel. a) Schräggestellte Schmelzwassersande. b) Durch Gefrier- und

Auftauprozesse entstandene Schluff-Sand-Verwürgungen. c) Scher- und Entlastungsklüfte in der Schmelzwasserablagerung (Mittelsand-Feinkies). d) Sigmoidale Druckmuster in einer Mittelsandlage.

nordischen Geschieben ist hier deutlich attraktiver. Dabei bot der Aufschluss bei Oegenbostel eine weitere Besonderheit, die im Folgenden detailliert beschrieben und interpretiert wird. Denn, die durch K.-D. Meyer um das Jahr 2000 ausgezählten Leitgeschiebeprobeen enthielten zwar

reichlich paläozoische Kalksteine, jedoch nur geringe Mengen (1–2 %) Oberkreide-Kalkstein. Insofern ist der hier beschriebene Fund, insbesondere der jetzt ins Tertiär gestellten Faxekalke, eine Überraschung (mündliche Mitteilung K.-D. Meyer 11/2019).

## Das Material aus dem Danium Süd-Skandinaviens

Bei Stippvisiten und Sichtung der Gesteine im Aufschluss Oegenbostel fiel über die Jahre immer wieder ein Typ besonders stark auf. Es sind die Bryozoen führenden Feuersteine (Abb. 5a, 5b). Im Jahr 2019 kam dann ein weiterer Geschiebetyp hinzu, der bei einer Begehung in vielen

bis zu faustgroßen Stücken gefunden wurde, der Faxekalk (Abb. 6). Apropos, der Faxekalk wurde zum sedimentären Geschiebe des Jahres 2019 gekürt (Gesellschaft für Geschiebekunde e. V. 2019). Der Faxekalk gilt als Leitgeschiebe. Diese besondere Kategorie der Geschiebe, deren



Abb. 5 Bryozoen führender Feuerstein.  
a) Handstück. b) Detail.

Herkunftsgebiete eng begrenzt und genau bekannt sind, erlauben somit Rückschlüsse auf den vom Eis zurückgelegten Weg. Beide Gesteinstypen, der bryozoenführende Feuerstein und der Faxekalk, stehen auf der dänischen Insel Seeland oberflächlich an, wo der Kalk in großen Steinbrüchen gewonnen wird (SydkystDanmark 2019). Sie sind aber auch im Untergrund im südlichen Schonen verbreitet. Die kalkigen Ablagerungen wurden vor 66–61 Millionen Jahren gebildet und werden in die Stufe des Danium gestellt. Das Danium repräsentiert – obwohl vom Gesteinstyp als

Kreidekalk ausgebildet – die erste chronostratigrafische Stufe des Tertiär. Der ältere Fischmergel mit der darin nachgewiesenen Iridiumanomalie vom berühmten Stevns Klint auf Seeland markiert das Massenaussterben und den Faunenschnitt zwischen Kreide und Tertiär. Alvarez et al. (1980) diskutieren erstmalig die Hypothese, dass das Massenaussterben durch den Einschlag eines großen Asteroiden verursacht wurde.

Die Gesteine des anstehenden Danium bestehen aus einer feinkörnigen Matrix zerriebener Coccolithophoriden,

Foraminiferen, und Schalenbruchstücken kleiner Wirbelloser. Der Anteil an Bryozoen im Sediment liegt zwischen 20 und 45 %. Die meisten wirbellosen Fossilien waren millimetergroße Suspensionsfresser, einschließlich der cheilostomaten und cyclostomaten Bryozoen, den Armfüßern und den Kalkröhrenwürmern. Größere Makrofossilien sind die regelmäßigen und unregelmäßigen Echinoiden, die Crinoiden und Octokorallen (Surlyk 1997).

Korallenkalkstein ist an mehreren Stellen im Bryozoenkalkstein eingebettet, insbesondere in Faxe (ca. 18 km westlich von Stevns Klint), einer großen, komplexen Korallen-Bryozoenkette mit äußerst vielfältigen Faunen aus Steinkorallen, Octokorallen, Schnecken, Muscheln, Armfüßern, Seeigeln, Seegurken, Nautiloiden,

Schwämmen und Krebstieren. Die dominierende Koralle des Faxekalks ist *Dendrophyllia candelabrum*, eine Steinkoralle (Surlyk 1997). Die Fossilien sind stets als Steinkerne erhalten.

Daniumgeschiebe werden von einigen Fundpunkten, deren Ablagerungen unterschiedliches Alter besitzen, beschrieben (Hucke & Voigt 1967, Voigt 1970, Richter et al. 1986, Lienau 1990). Die glazialen Ablagerungen überspannen alle Eiszeiten, von der Elster- bis zur Weichselkaltzeit. Eine besondere Lokalität behandelt Voigt (1970). Hier werden aus fluviatil gebildeten Miozänen Sanden der Lausitz bryozoenführende Feuersteine beschrieben, die eindeutig dem Danium zuzuordnen und damit nördlichen Ursprungs sind.

Abb. 6 Faxekalk mit *Dendrophyllia* sp.





## Bryozoenführende Feuersteine aus der Sandgrube Oegenbostel

Die Feuersteine wurden in Größen von weniger als 2 cm bis zu 15 cm gefunden. Die überaus häufigen Feuersteine – vereinzelt finden sich kleine Stücke auch in den anderen Sandgruben der Gegend – sind von grauer bis grauschwarzer Farbe, in ihrer Form meist abgeflacht. Sie besitzen unregelmäßige Vertiefungen oder Löcher, die auf den variierenden Anteil im Sediment ausgefallter Kieselsäure zurückzuführen sind. Diese Vertiefungen und Löcher sind von einem feinen weißgrauen Geäst aus Bryozoen überzogen resp. gefüllt. Auch die Feuersteinmasse selbst ist häufig von Bryozoen erfüllt. Die verkieselten Bryozoen

sind in den Vertiefungen durch die Verwitterung so hervorragend herausgearbeitet, dass eine weitere Präparation nicht notwendig wurde (Abb. 5a, 5b). Die Äste gehören den Bryozoenordnungen der Cheilostomata und der Cyclostomata an. In der Ersteren werden Kolonien mit kastenförmigen Gehäusen moderner Bauart eingeordnet. Die Zooecien besitzen Deckel. Die Cheilostomata stellen die Mehrzahl der heutigen Bryozoen und sind seit dem Jura bekannt. Die Cyclostomata besitzen röhrenförmige Zooecien ohne Deckel. Sie traten bereits im Ordovizium auf und dominierten im Erdmittelalter.

## Faxekalk aus der Sandgrube Oegenbostel

Die Handstücke des dichten Faxekalkes mit Größen zwischen 5 und 15 cm wurden allesamt im Juli 2019, ausschließlich in der Sandgrube Oegenbostel aufgesammelt. Einige dutzend Stücke konnten in kurzer Zeit während einer Stippvisite in der Grube von den sogenannten Überkornhaufen (Kies und Steine) zusammengetragen

werden. Die Stücke sind abgerundet, die Oberflächen porös und schwach gelblich-grau angewittert. Im Kalk tritt massenhaft *Dendrophyllia* auf. Die Steinkerne der Korallenäste der *Dendrophyllia* sp. sind gut sichtbar an den Oberflächen der Stücke herausgewittert (Abb. 6).

## Wie ist die Anreicherung von Daniummaterial im Gebiet bei Oegenbostel zu erklären?

Saalezeitliche Moränenablagerungen, insbesondere der Saale II Vereisung gelten als ungemein reich an Karbonatgesteinen (Meyer 2005). Darin treten aber vor allem die paläozoischen Kalksteine hervor. Saalezeitliche Moränenablagerungen in Form von Geschiebelehm im Gebiet südlich der Brelinger Berge beweisen, obwohl der saalezeitliche Geschiebemergel in den nördlichen Brelinger Bergen

nicht nachgewiesen ist, dass die als Stauchendmoräne angesehene Struktur vom Eis überfahren wurde. So finden sich auch bei Helstorf westlich der Brelinger Berge kleinere Vorkommen saalekaltzeitlicher Grundmoräne (NIBIS Kartenserver 2019). Die Gesteinspackungen in der Oegenbosteler Grube zeigen aber eher den Habitus von durch Schmelzwässer aufgearbeiteten Terrassenablagerungen in denen häufig

## Glossar

**Bryozoen (Moostierchen)** kleine, überwiegend marine koloniebildende Tiere, die meist ein kalkiges Außenskelett bilden.

Wichtige Ordnungen sind die Cheilostomata mit einem Skelett aus seitlich aneinandergereihten kastenförmigen Einzelgehäusen, die meist einen Deckel besitzen und die Cyclostomata mit einem Skelett aus röhrenförmigen Einzelgehäusen mit verengter Mündung und ohne Deckel

**Coccolithophoriden** meist im Meer lebende einzellige Organismen, die um ihre gallertartigen Körper kleine Kalkplättchen bilden

**Crinoiden** (Seelilien) meist mit gegliederten Stielen am Meeresboden festgewachsene Tiere, die dem Stamm der Stachelhäuter (Echinodermata) zugeordnet werden

**drenthezeitlich** (nach der Provinz Drenthe in den östlichen Niederlanden) kennzeichnet die Zeit der maximalen Ausdehnung des Inlandeises in der Saalekaltzeit

**Echinoiden** (Seeigel) eine Klasse der Stachelhäuter mit fünfstrahliger Symmetrie  
**fluviatil** von fließendem Wasser bewirkt (z. B. Erosion) oder transportiert und abgelagert bzw. angereichert (z. B. Seifen)

**Foraminiferen** (Kammerlinge) einzellige Tiere der überwiegend marin verbreiteten Klasse der Wurzelfüßer, die meist im Plankton auftreten. Sie können Gehäuse mit vielen Kammern bilden mit Wandungen aus Fremdmaterial oder Kalziumkarbonat

**glazifluviatil** durch das Zusammenspiel von fließendem Wasser und Gletschereis entstandene Ablagerungen und Bildungen, z. B. die Ablagerungen der Schmelzwässer von heutigen Gletschern und dem pleistozänen Inlandeis

**Glazigen** alle unmittelbar durch das Eis (Gletscher und Inlandeis) entstandene Ablagerungen und Bildungen z. B. Moränen, Gletscherschrammen, Schichtdeformation durch Eisdruck

**Gradierung** bezeichnet eine Art der Schichtung von Ablagerungen, die durch

das grobe Korn an der Basis charakterisiert ist, und nach oben zu allmählich feiner wird

**Iridiumanomalie** Eine abnormal hohe Konzentration des Elementes Iridium unmittelbar an der Grenzschicht Kreide/Paläozän, welche auf den Einschlag eines großer Meteoriten zurückzuführen ist.

**Kreuzschichtung** beinhaltet eine Abfolge von geschichtetem Material dessen Schichtpakete mit Neigungswinkeln bis zu 35° gegen die Horizontale einfallen. Solche Ablagerungen entstehen unter anderem an der Leeseite von Sandbänken und Wellenrippeln von Flüssen. In den glazial und periglazial geprägten Landschaften werden diese durch verwilderte Flusssysteme gebildet

**Miozän** bezeichnet die untere Epoche des Jungtertiärs (23,8 bis 5,3 Millionen Jahre vor heute)

**Nautiloiden** gehören zur Klasse der Kopffüßer, zu denen auch die rezenten Tintenfische, die Kraken und Nautilus zählen

**Ordovizium** eine Periode in der Erdzeit (488 bis 444 Millionen Jahre vor heute)

**Paläozoikum** eine Ära in der Erdzeit (542 bis 251 Millionen Jahre vor heute)

**Rapakivi** (finnisch „faulender Stein“) eine Gruppe von Graniten, die auffällig große Einsprenglinge von Kalifeldspäten besitzen. Diese verwittern schneller als die anderen Komponenten, daher der Name. Diese Granit-Gruppe gehört zu den Leitgeschieben

**Skolithos** Sandstein aus dem unteren Paläozoikum, der Lebensspuren von wurmartigen Lebewesen, die senkrecht zur Schichtung stehen, enthält. Er steht in Südschweden an und tritt als ein häufiges Geschiebe in den kaltzeitlichen Ablagerungen auf

**Überkorn** (bei Kiesen) technischer Begriff in der Baustoffindustrie, bezeichnet eine Grobabsiebung von > 32 mm

**Zoocium** bezeichnet das Skelett eines einzelnen Bryozootieres

mächtige Eisen- und Manganhydroxidverkrustungen auftreten (Abb. 3b, 3f, 4a).

Die aufgesammelten Stücke sind alle durch Verwitterung verändert. Die bryozoenführenden Feuersteine zeigen die filigranen Bryozoenreste in einer hervorragend durch die Verwitterung herauspräparierten Form (Abb. 5a, 5b). Die Korallenkalke besitzen eine graugelbe Verwitterungsrinde. Die Steinkerne der Korallenäste und deren Kelchränder sind an der Oberfläche der Geschiebe freigelegt (Abb. 6).

Die geografische Lage des Fundortes im bekannten Muster der eiszeitlichen Ablagerungen zum einen und der verwitterungsbeeinflusste Erhaltungszustand des Materials zum anderen führen zur Interpretation, dass die Danium-Geschiebe

während der Elstervereisung in die Region gelangten. In der späteren Vereisung der Saalekaltzeit trug das Eis im Gebiet der Brelinger Berge zur Deformation der älteren Ablagerungen bei (Abb. 3c, 3d, 3f, 4a, 4c, 4d). Einen wichtigen Beitrag zur Bildung der Ablagerungen leisteten jedoch die Saalekaltzeitlichen Schmelzwässer, die südliches Geröll und nordisches Geschiebe mischten. So entstanden die bis zu 50 m mächtigen Ablagerungen aus Sand und Kies, die so Unerwartetes mitführen. Unter weniger günstigen Bedingungen wären die Korallenkalke des Danium bereits gänzlich durch die Verwitterung zerfallen und nur die Bryozoen führenden Feuersteine würden noch Zeugnis ablegen über das Herkunftsgebiet von Seeland bis Südschonen.

## Literatur

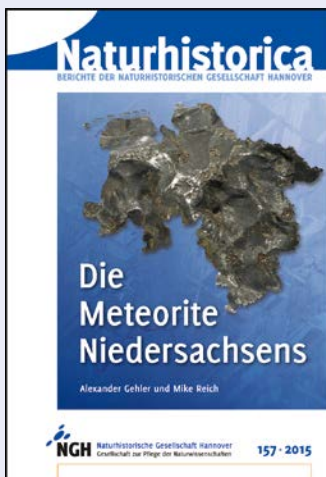
- Alvarez, L.W.; Alvarez, W.; Asaro, F.; Michel, H.V. (1980): Extra-terrestrial cause for the Cretaceous–Tertiary extinction. – *Science* 208: 1095–1108.
- Gesellschaft für Geschiebekunde e.V. (2019): Geschiebe des Jahres 2019, <https://www.geschiebekunde.de/en/geschiebe-des-jahres-2019/>.
- Hucke, K.; Voigt, E. (1967): Einführung in die Geschiebeforschung. – *Niederlandse Geologische Vereniging*: 132 S., 50 Tafeln, 5 Tabellen, 2 Karten, 24 Abbildungen; Oldenzaal/Hamburg.
- Ites, R. (1996): Lagerungsverhältnisse und Schichtenaufbau in Quartäraufschlüssen der östlichen Brelinger Berge (N Hannover). – *Mitteilungen aus dem Geologischen Institut der Universität Hannover*: 99 S., 32 Abbildungen, 7 Tafeln.
- Lienau H.-W. (2003): *Geschiebe – Boten aus dem Norden*: 230 S., 41 Tafeln, 76 Abbildungen, 17 Tabellen; Hamburg (PacoL).
- Meyer, K.-D. (2005): Zur Stratigraphie des Saale–Glazials in Niedersachsen und zu Korrelationsversuchen mit Nachbargebieten. – *Eiszeitalter und Gegenwart*, 55: 25–42.
- NABU (2019): Brelingen Trafoturm + Kiesgrube, <https://www.nabu-wedemark.net/natur-und-landschaft/biotope-schutzbereiche/brelingen-trafoturm-kiesgrube/> (31.08.2019).
- NIBIS Kartenserver (2019): Geologische Karte 1:25.000. <https://nibis.lbg.de/cardomap3/#> (31.08.2019).
- Richter E; Baudenbacher, R.; Eissmann, L. (Hrsg.) (1986): *Die Eiszeitgeschiebe in der Umgebung von Leipzig; Bestand, Herkunft, Nutzung und quartärgeologische Bedeutung*. – *Altenburger Naturwissenschaftliche Forschungen* 3: 1–137.
- Rohde, P. (1994): *Weser und Leine am Berglandrand zur Ober- und Mittelterrassenzeit. Eiszeitalter und Gegenwart*, 44: 106–113.
- Schwidurski, G. (2019): *Brelingerberge.de*. <http://www.brelingerberge.de/index.html> (31.08.2019).
- Surlyk, F. (1997): A cool-water carbonate ramp with bryozoan mounds: Late Cretaceous–Danian of the Danish Basin. In: James, N.P.; Clarke, J. A. D. (eds): *Cool-water carbonates*. – *Special Publication – SEPM (Society for*

Sedimentary Geology) 56: 293–307.  
 SydkystDanmark (2019): Faxe Kalkbrud,  
<https://www.danischeostseeinseln.de/urlaub/planen-sie-ihre-reise/faxe-kalkbrud-kalkbruch-gdk1059114> (27.11.2020).  
 Voigt, E. (1970): Bryozoen führende Daniener Feuersteingerölle aus dem Miozän der Niederlausitz. – Geologie 19 (1): 83–105.

Arbeit eingereicht: 18.12.2019  
 Arbeit angenommen: 13.01.2020

Anschrift des Verfassers:

Michael Fuchs  
 Sakrower Landstraße 107  
 14089 Berlin  
 E-Mail: mifuchs7@aol.de



#### Naturhistorica 157

### Die Meteorite Niedersachsens

Alexander Gehler und Mike Reich

Diese Publikation beleuchtet die einzelnen Fallereignisse und Funde von Meteoriten auf dem Gebiet des heutigen Niedersachsens in den letzten 500 Jahren. Die Beschreibungen der einzelnen Meteorite werden durch reichhaltiges historisches und aktuelles Bildmaterial illustriert, wie auch zu großen Teilen mit bisher unveröffentlichten oder gänzlich unbekanntem Dokumenten ergänzt.

102 S., 12 €

## Asphalt und Kalkstein aus Ahlem

Vor über 150 Jahren begann mit einem Rohstoff aus Ahlem die Asphaltierung unserer Straßen und Plätze

Franz-Jürgen Harms



### Zusammenfassung

Ahlem, heute Stadtteil von Hannover, hatte vor dem Ersten Weltkrieg durch seine Vorkommen von Kalkstein und insbesondere von asphalthaltigem Kalkstein eine große Bedeutung. Die Produkte, die in den in Ahlem, Limmer und Linden errichteten Fabriken aus dem Ahlemer Asphaltkalkstein hergestellt wurden, fanden meist unter der Bezeichnung „Limmer Asphalt“ ihre Abnehmer in vielen Ländern Europas und Amerikas. Der Abbau erfolgte sowohl über als auch unter Tage. Er kam mit Ausbruch des Ersten Weltkriegs weitgehend zum Erliegen und wurde in den 1920er Jahren ganz eingestellt. Heute erinnern nur noch Straßennamen an diese weitgehend in Vergessenheit geratene, damals aber so bedeutende Lagerstätte.

Am Ende des Zweiten Weltkriegs sollten KZ-Häftlinge und Zwangsarbeiter die unter Wasser stehenden Stollen der ehemaligen Asphalt-Bergwerke für die unterirdische Verlagerung kriegswichtiger Produktion herrichten. Innerhalb von nur wenigen Monaten kamen hierbei hunderte von Häftlingen ums Leben.

**Schlüsselwörter:** Niedersachsen, Hannover, Ahlem, Limmer, Linden, Asphalt, Kalkstein, Oberer Jura, Bergbau, Steinbruch, Kalkofen, Deutsche Asphalt AG, DASAG, Hannoversche Baugesellschaft, United Limmer and Vorwohle Rock Asphalte Company, Willy-Spahn-Park, KZ-Außenlager Ahlem

## Abstract

Asphalt and limestone from Ahlem (today district of Hannover, Lower Saxony, Germany): Limestone deposits, some containing asphalt, made Ahlem a village of great importance prior to the First World War. Factories in Ahlem, Limmer, and Linden used the deposits to produce “Limmer Asphalt” and related products for export to European and American customers. However, the First World War slowed production, and the mining came to a complete

stop during the 1920s. During the Second World War, Concentration Camp prisoners and forced laborers worked in the submerged tunnels of the asphalt mines to prepare them for war-time production. Hundreds of prisoners died within a few months. Today, Ahlem is within the City of Hannover and only some street names indicate the largely forgotten but previously very important deposit.

## Einleitung

Die früher eigenständige Gemeinde Ahlem wurde am 1. März 1974 in die Stadt Hannover eingemeindet und gehört heute zum Stadtbezirk Ahlem-Badenstedt-Davenstedt. Am 31. Dez. 2018 hatten 11.074 Einwohner im Stadtteil Ahlem ihr Zuhause. Wahrscheinlich wissen aber nur wenige der heutigen Ahlemer, welche herausragende Bedeutung Ahlem und Umgebung mit seinen Vorkommen von Kalkstein und Asphalt im 19. und am Anfang des 20. Jahrhunderts hatte. Der Ahlemer Kalkstein und die daraus in Kalköfen erzeugten Produkte fanden in erster Linie regionale Verwendung. Sie wurden hauptsächlich für den ab etwa 1850 einsetzenden Bauboom in den sich rasch entwickelnden Städten Hannover und Linden dringend benötigt.

Die Bekanntheit und Verbreitung der aus dem asphalthaltigen Kalkstein erzeugten Produkte aus Ahlem ging darüber weit hinaus. Mit Beginn der Motorisierung setzte weltweit allmählich auch die Asphaltierung der Verkehrswege ein. Hierbei wurden seinerzeit innovative Erzeugnisse

mit Ahlemer Asphalt von frühen „Global Playern“ weltweit vermarktet. Sie fanden nicht nur in zahlreichen Städten im Deutschen Reich ihre Abnehmer. Die Produkte aus den hiesigen Asphaltfabriken kamen auch in vielen europäischen Orten, in New York und weiteren Städten Nord- und Südamerikas zum Einsatz. Schon Hoffmann (1895) merkte an, dass der „bei Hannover produzierte Asphalt ... unter dem Namen ‚Limmer Asphalt‘ bekannt und geschätzt“ wurde. Die erste Fabrik zur Aufbereitung und Verarbeitung des asphalthaltigen Kalksteins aus Ahlem wurde 1864 in Limmer errichtet. Bei der eigentlich irreleitenden Bezeichnung „Limmer Asphalt“ blieb es auch später, als weitere Asphaltfabriken in Linden und Ahlem die Produktion aufnahmen. Alle in Ahlem tätigen Firmen waren auch am Abbau ähnlicher Asphalt-Lagerstätten im In- und Ausland beteiligt (z. B. im Raum Eschershausen und Holzen am Ith, auf Sizilien oder Trinidad) und betrieben dort ebenfalls Asphaltwerke.

## Kalksteinbrüche in Ahlem und Umgebung

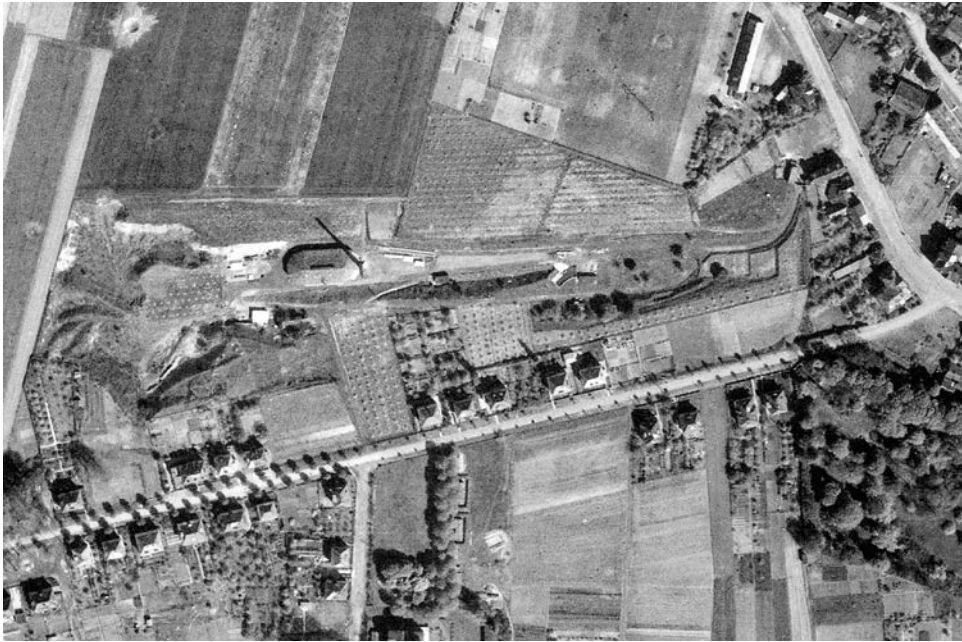
In Ahlem und der näheren Umgebung wurde eine Reihe von Steinbrüchen betrieben, in denen teilweise fossilreicher Kalk(mergel)stein aus der Oberjura-Zeit gewonnen wurde (Tafel 1.1 Beilagenblatt). Die Steine wurden vermutlich überwiegend in Kalköfen gebrannt und dienten nur im geringeren Umfang auch zum örtlichen Hausbau. Der Branntkalk fand z. B. zur Herstellung von Mörtel, zum Düngen in der Landwirtschaft oder auch als Kalkfarbe Verwendung. Nach dem Ersten Weltkrieg kam der Abbau zum Erliegen.

Ein Steinbruch lag in Ahlem nördlich der Mönckebergallee auf dem Gelände des heutigen Willy-Spahn-Parks (Abb. 1). Die Historie dieses Abbaus und des hier betriebenen Kalkofens beschrieb Frohner (2015: 80–84) detailliert. Die Kalksteingewinnung wurde in Folge der Weltwirtschaftskrise 1931/32 eingestellt. Im Jahr 1941 erwarb Willy Spahn das Gelände, ließ es von osteuropäischen Zwangsarbeitern bzw. Kriegsgefangenen terrassieren und legte eine Obstbaumpflanzung an (Abb. 2).

**Abb. 1** Blick auf die Nordwand des zum Aufnahmezeitpunkt im Betrieb befindlichen Kalksteinbruchs von Ahlem. Der Abbau wurde 1931/32 eingestellt. Die Abbildung findet sich schon beim

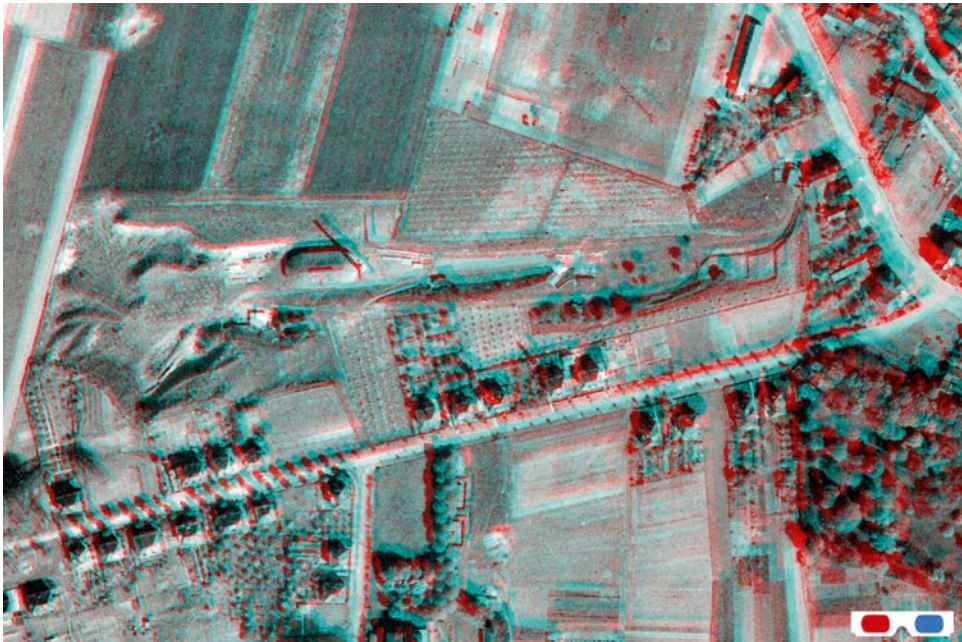
Kreisausschuss (1935: 47) und dürfte um 1930 aufgenommen worden sein. Quelle: Archiv Region Hannover, NL Kageler 783.



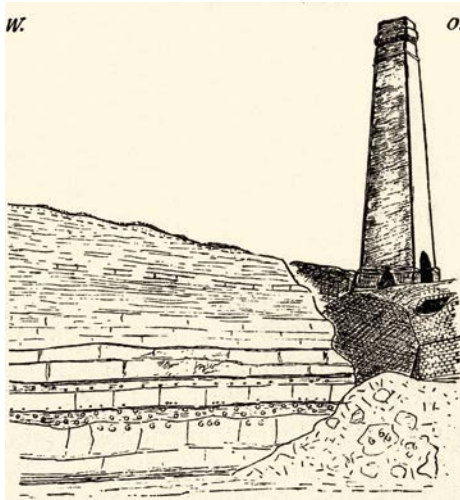


**Abb. 2** Das Gelände des ehemaligen Steinbruchs und Kalkofens im heutigen Willy-Spahn-Park auf Luftaufnahmen alliierter Aufklärer vom 25. April 1945 (unten zur räumlichen Betrachtung mit geeigneter rot-cyan-Brille). Deutlich zu erkennen sind die erst während des Kriegs von Zwangsarbeitern

im Auftrag von Willy Spahn angelegten Obstplantagen. Bildflug 7-143D, oben: Ausschnitt Bild 4111, unten: zusammengefügte Ausschnitte der Bilder 4110 und 4111. Quelle der Schwarz/Weiß-Vorlagen: Luftbilddatenbank Dr. Carls GmbH, Estenfeld.







**Abb. 3** Blick auf die ungefähr 7 m hohe Nordwand des Steinbruchs „Am Negen“ am alten Kalkofen (rechts) westlich Limmerbrunnen aus Schöndorf (1914a: S. 29, Fig. 8). Die Steinbruchwand wurde (von unten nach oben) aus Kalkstein, geröllführenden Mergeln und Mergelstein des Oberjura gebildet. Die aktuelle lithostratigrafische Einstufung der hier aufgeschlossenen Abfolge mit einer Schichtlücke im Bereich der oberen Süntel-Formation (früher: oberer Kimmeridge) wurde von Luppold (2017) beschrieben.

Weitere, inzwischen verfüllte und weitgehend überbaute Steinbrüche befanden sich ca. 1 km weiter westlich am Mönckeberg (früher Mönkeberg oder auch Mönchsberg) im Bereich der heutigen Mönckeberg-Siedlung (Letter-Süd, Seelze) sowie „Am Kalkbruche“ südlich der Heisterbergallee im heutigen Hannover-Davenstedt (Abb. 3). In den am Ostabhang des Heisterbergs und zum Teil auf dem Gebiet von Velber (Seelze) gelegenen Tagebauen wurde asphalthaltiger Kalkstein gewonnen (s. folgendes Kapitel). An diese Abbaue, in denen über mehrere Jahrzehnte auch viele Ahlemer einen Arbeitsplatz fanden, erinnern heute einige Straßennamen (s. Titelbild). Von den drei früher betriebenen Kalköfen ist nur noch der allerdings nicht mehr funktionsfähige Kalkringofen im Willy-Spahn-Park erhalten (Abb. 4 u. 5; Exkurs).

Früher boten die vielen Steinbrüche im Bereich Ahlem und Umgebung Fossilien-sammlern gute Fundmöglichkeiten. Besonders in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts beschäftigten sich viele bekannte Forscher mit den Gesteinen und/oder Fossilien, die

hier zu Tage traten: D. Brauns, Heinrich Credner, Hermann Credner, Wilhelm Hoyer, F. Hoffmann, Friedrich Schöndorf und Carl Struckmann (Literatur-Zusammenstellung u.a. bei Schöndorf 1914a). Die damals erarbeitete und im Grundsatz bis heute gültige Gliederung des Norddeutschen Oberjuras (Tab. 1) geht in vielen Teilen auch auf die im Bereich Ahlem früher vorhandenen Aufschlüsse und die von hier beschriebenen Fossilien zurück. Zahlreiche Tafeln mit zeichnerischen Darstellungen der bei Ahlem gefundenen Fossilien wurden damals veröffentlicht (Abb. 6).

Ein besonderer Fund wurde von Carl Struckmann (1873) beschrieben: das knapp über 30 cm lange, vollständig erhaltene Skelett einer altertümlichen Brückenechse, die heute nur noch auf einigen Inseln vor Neuseeland leben. Dieser einzigartige Fund aus Ahlem ist in der Schausammlung des Niedersächsischen Landesmuseums Hannover zu bewundern (Abb. 7). Zuletzt befasste sich Luppold (2017) wieder mit der in diesen Steinbrüchen aufgeschlossenen Schichtenfolge, ihrer Fossilführung und Alterseinstufung.

## Exkurs: Funktionsweise des Ahlemer Kalkringofens

Der Kalkofen zeigt den für einen Hoffmannsche Ringofen typischen Aufbau (Abb. 5). Entwickelt und 1859 zum Patent angemeldet wurde dieser Ofentyp von dem Ingenieur Friedrich E. Hoffmann (1818–1900). Ein Ringofen ermöglicht einen kontinuierlichen Brand über einen langen Zeitraum. Er besteht aus Brennkanal, Schürebene und Schornstein (Kamin). Der Brennkanal des Ahlemer Ofens ist in 14 Brennkammern gegliedert, die jeweils eine Öffnung ins Freie, eine Verbindung (Fuchs) zum Schornstein und Schütt- oder Schürflöcher im Deckengewölbe aufweisen. Der Ofen ist rund 35 m lang und 13 m breit. Der Schornstein war ursprünglich 40 m

hoch, von denen heute allerdings nur noch 34 m erhalten sind.

**Luftführung:** Während des Betriebs sind die meisten Kammern mit aufgestapeltem Kalkstein-Bruch beschickt. Die Öffnungen der befüllten Kammern sind zugemauert. Der Brennmeister unterhält in einigen Kammern das Feuer. Die zum Brennen erforderliche Temperatur liegt bei ungefähr 1100–1200 °C. Die für das Feuer notwendige Zuluft strömt durch die nicht vermauerten Kammeröffnungen in den Brennkanal. Dabei erwärmt sie sich an dem schon gebrannten Material und kühlt dieses gleichzeitig ab. Die heißen Rauchgase werden über die noch ungebrannten Kalkstein-Stapel geleitet und wärmen sie vor dem Brand auf. Erst vor einer Papierwand (Papierschieber), die vor der Kammer aufgestellt ist, in der gerade Kalkstein-Bruch aufgestapelt wird, gelangen die

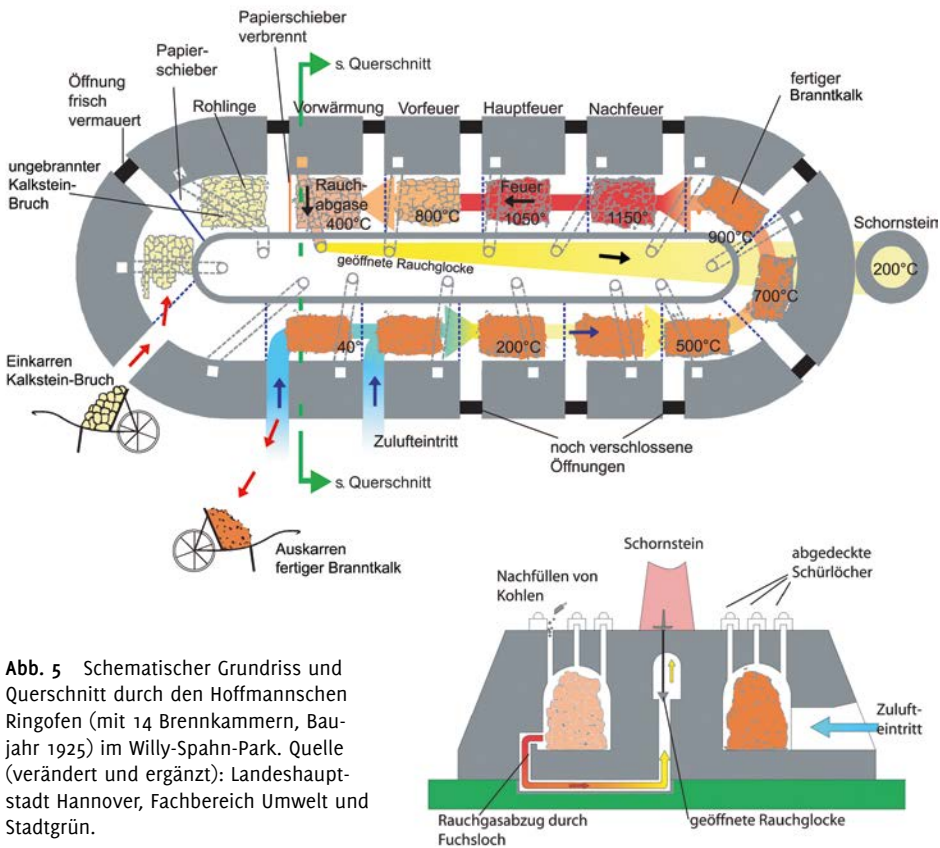
**Abb. 4** Blick nach Südosten über den restaurierten Ahlemer Kalkofen im Willy-Spahn-Park. Foto: F.-J. Harms 28.03.2017.



Rauchgase durch den Fuchs zum Schornstein, der durch seine Höhe den erforderlichen Zug gewährleistet.

**Betrieb:** Aus den geöffneten Kammern der Abkühlzone wird der fertige Branntkalk ständig entnommen (ausgekarrt). Gleichzeitig wird vor dem Papierschieber Kalkstein-Bruch aufgestapelt (eingekarrt). Sobald die Kammer gefüllt ist, wird ein weiterer Papierschieber errichtet und die Außenöffnung der entsprechenden Kammer zugemauert. Gleichzeitig wird der Zugang zu der nächsten, mit fertigem und abgekühltem Branntkalk gefüllten Kammer geöffnet und der Brennmeister verlagert das Feuer in die nächste Brennkammer.

Dies geschieht, indem er dort nun über die Schürflöcher in der Decke Brennmaterial einfüllt, den bisher für den Abzug der Rauchgase genutzten Fuchs mit entsprechenden Schiebern verschließt und den Fuchs in der nächsten Kammer öffnet. Der Papierschieber vor der Kammer mit dem nun geöffneten Fuchs verbrennt. Bei dem relativ kleinen Ahlemer Kalkofen dürfte es etwa eine Woche gedauert haben, bis das Feuer einmal den gesamten Brennkanal durchwandert hatte. Sobald der Ofen einmal angefeuert war, wurde er über einen langen Zeitraum kontinuierlich, also Tag für Tag und rund um die Uhr, betrieben.



**Abb. 5** Schematischer Grundriss und Querschnitt durch den Hoffmannschen Ringofen (mit 14 Brennkammern, Baujahr 1925) im Willy-Spahn-Park. Quelle (verändert und ergänzt): Landeshauptstadt Hannover, Fachbereich Umwelt und Stadtgrün.



Abb. 6 Zwei Beispiele für im 19. Jahrhundert veröffentlichte Zeichnungen von Schnecken aus dem

Oberjura der Ahlemer Steinbrüche, oben: Heinrich Credner (1863), unten: D. Brauns (1874).



**Abb. 7** Zeichnung der etwa 34 cm langen Ahlemer Brückenechse (Fig. 1) aus Struckmann (1873). Figur 2 gibt den linken Unterkiefer der Echse vergrößert wieder. Er stammt allerdings nicht von dem in Figur 1 abgebildeten Fund sondern von einem der beiden anderen, nur unvollständig erhaltenen Exemplare von Brückenechsen aus Ahlem.

## Asphaltgruben und -fabriken in Ahlem und Umgebung

Die asphalthaltigen Kalkstein-Vorkommen, die früher in Steinbrüchen am Südwestrand der Ahlemer Gemarkung abgebaut wurden, wiesen eine Reihe von Störungen (Verwerfungen) auf, die vor dem Ersten Weltkrieg insbesondere von Friedrich Schöndorf (1911, 1914a, 1914b) genauer untersucht und kartiert wurden (Abb. 8). Entlang dieser Störungen konnten aus geeigneten „Muttergesteinen“ stammende Kohlenwasserstoffe zirkulieren und von der Porosität her günstige Gesteinsbereiche der Oberjura-Gesteine

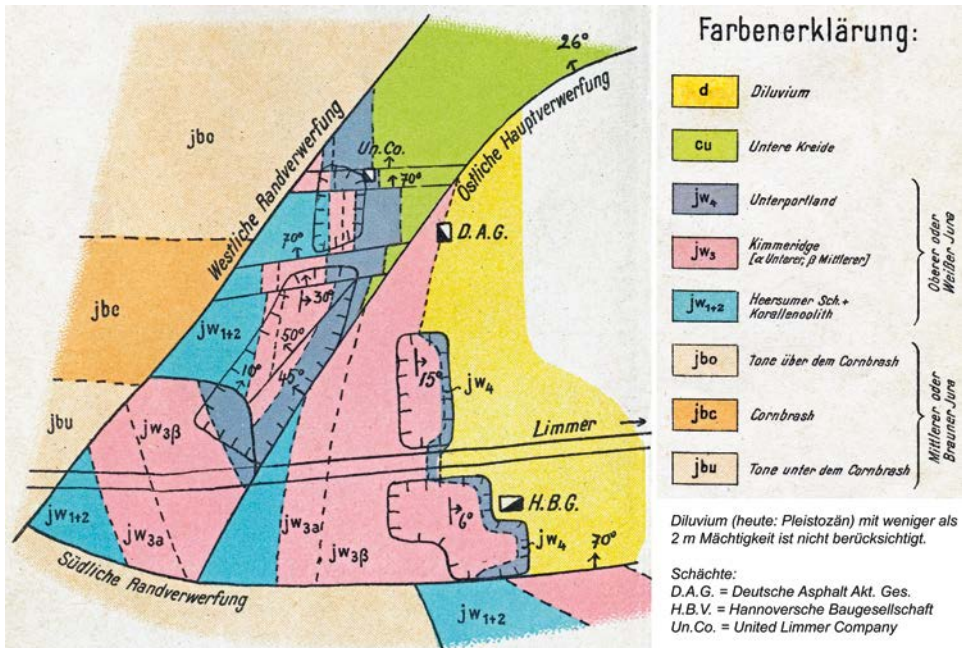
imprägnieren. Durch die Nähe zur Erdoberfläche und das Fehlen schützender Deckschichten sind leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe in diesem Vorkommen nicht mehr vorhanden. Auf Klüften und in den imprägnierten Gesteinspartien blieb nur das schwerflüchtige Bitumen übrig, die Ahlemer Naturasphalt-Lagerstätte.

Die Geschichte der Entdeckung des Vorkommens und der verschiedenen Firmen, die hier ab Mitte des 19. Jahrhunderts das Gestein sowohl ober- als auch untertägig abbauten (Abb. 9–17) und in

**Abb. 8** Detailkartierung der Ahlemer Asphaltkalkstein-Lagerstätte östlich vom Heisterberg durch Schöndorf (1914b). Die zahlreichen dort verzeichneten Störungen (durchgehende schwarze Linien) ermöglichten das Eindringen von Kohlenwasserstoffen in die Oberjura-Schichten, aus denen sich dann die Asphalt-Lagerstätte bildete.

**Tab. 1** → siehe nächste Seite

Stratigrafische Tabelle des nordwestdeutschen Oberjura mit der aktuellen und historischen Gliederung. In den früheren Steinbrüchen in und bei Ahlem waren Gesteinsfolgen aufgeschlossen, die – nach den historischen Begriffen – den Bereich Heersumer Schichten bis Portland umfassten. Quelle Spalte 1–7: LBEG (2017), Spalte 8: u. a. nach Ebert & Grupe (1928).



System	Serie	Internationale Stufen-gliederung	Alter in Mio a.	Lithostratigraphie			
				Gruppe	Formation	Symbol-schlüssel Geologie (2015)	veraltete, traditionelle Gliederung* (Mächtigkeit im Raum Ahlem)
KREIDE	UNTERKREIDE	BERRIASIUM	145,0	Bückerberg-Gruppe	W Isterberg-Fm. Oesede-Fm. Deister-Fm. Fuhse-Formation	E	Wealden
				JURA	OBERJURA	TITHONIUM	Nordeutscher Malm
Mittlere	joOM4	Münder Mergel					
Untere	joOM3						
Eimbeckhausen-Fm.	joOM2	Eimbeckh. Plattenkalk					
Holzen-Formation	joOM1	Gigas-Schichten					
Süntel-Formation	Obere	joMM3	Kimmeridge (19 m)				
	Mittlere	joMM2					
	Untere	joMM1					
Korallenoolith-Formation	Obere	joUM6	Korallenoolith (6-16 m)				
	Mittlere	joUM5					
	Untere	joUM4					
Humeralis-Schichten	Obere	joUM6	Heersumer Schichten (8 m)				
	Untere	joUM2					
Heersum-Formation	Obere	joUM3	Heersumer Schichten (8 m)				
	Untere	joUM2					
Braunjura-Gruppe	MITTEL-JURA	CALLOVIUM	163,5	Ornatenton-Formation	joUM1	Brauner Jura (Dogger)	
					joUM1		

\* nach Ebert & Grupe (1928) auf GK 3623 Gehrdren. Schichtlücken innerhalb und zwischen den lithostratigraphischen Einheiten sind nicht dargestellt!





**Abb. 9** (vorherige Seite, oben)

Nach einem handschriftlichen Vermerk auf der Bildrückseite soll es sich um einen Blick (nach Norden) über den Tagebau der Deutschen Asphalt AG handeln, aufgenommen 1910. Vermutlich ist aber der Tagebau der United Limmer-Asphalt-Company zu sehen (s. Abb. 12). Östlich (rechts) des Steinbruchs ist eine Asphaltfabrik und eine Schachtanlage (Förderturm) zu erkennen. Am Horizont (Bildmitte) ragt der 1897 errichtete Ahlemer Turm in den Himmel. Der Aufnahmestandort lag nördlich der heutigen Harenberger Meile, etwa dort, wo sich jetzt der Zugang zum Mahnmal für das KZ-Außenlager Ahlem befindet. Quelle: Heimatmuseum Ahlem.

**Abb. 10** (vorherige Seite, unten)

Blick auf den Nordrand des im Betrieb befindlichen Tagebaus (vgl. Abb. 9). Am rechten Bildrand ist ein Förderturm zu sehen. Der rauchende Schornstein lässt vermuten, dass zum Aufnahmezeitpunkt der Kessel für die dampfbetriebene Fördermaschine (Abb. 17) befeuert wird. Im Hintergrund links ist am Horizont der Ahlemer Turm zu erkennen. Quelle: Archiv Region Hannover, BA.

**Abb. 11** Detailaufnahme vom Nordrand des Tagebaus (vgl. Abb. 10). In Bildmitte direkt links neben dem Gebüsch am Tagebaurand ist im Hintergrund die Spitze vom Ahlemer Turm sichtbar. Quelle: Archiv Region Hannover, NL Kageler Nr. 778.



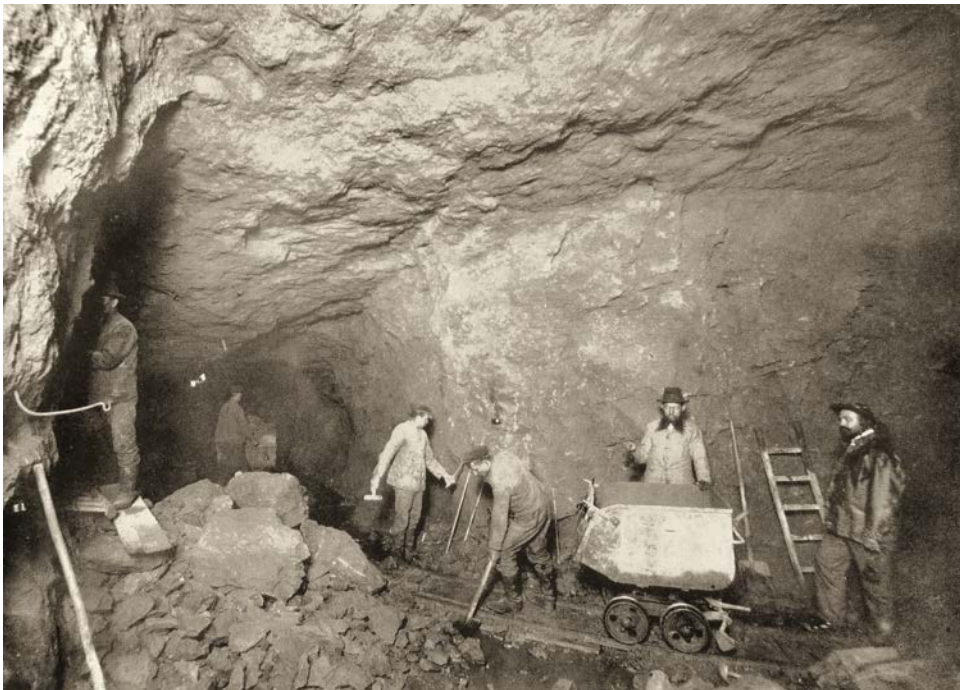


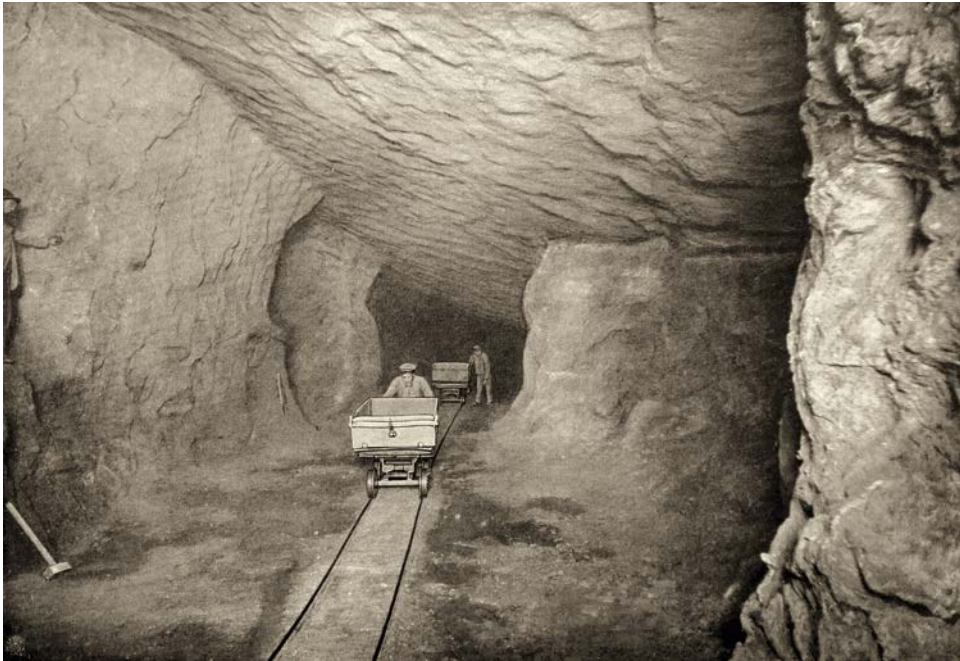
**Abb. 12** (vorherige Seite, oben)  
Staffelbrüche im Tagebau der United Limmer-Asphalt-Company in Ahlem. Foto: W. Wehrhahn, aus Schöndorf (1914b).

**Abb. 13** (vorherige Seite, unten)  
Blick auf die Ostwand eines der Ahlemer Tagebaue mit einem durch ein Gitter verschlossenen Zugang zu den Tiefbauen. Da der Tagebau teilweise unter Wasser steht, dürfte der Abbaubetrieb zum Aufnahmezeitpunkt schon vor längerer Zeit eingestellt worden sein. Die Abbildung findet sich bereits beim Kreisausschuss (1935: 46) und dürfte um 1930 aufgenommen worden sein. Quelle: Archiv Region Hannover, NL Kageler Nr. 779.

**Abb. 14** Untertägiger Abbau im Haupt-Asphaltlager der Deutschen Asphalt AG in Ahlem. Die Gewinnung des asphalthaltigen Gesteins erfolgte

in mühseliger Handarbeit. Aus DASAG (1912) bzw. Schöndorf (1914b).

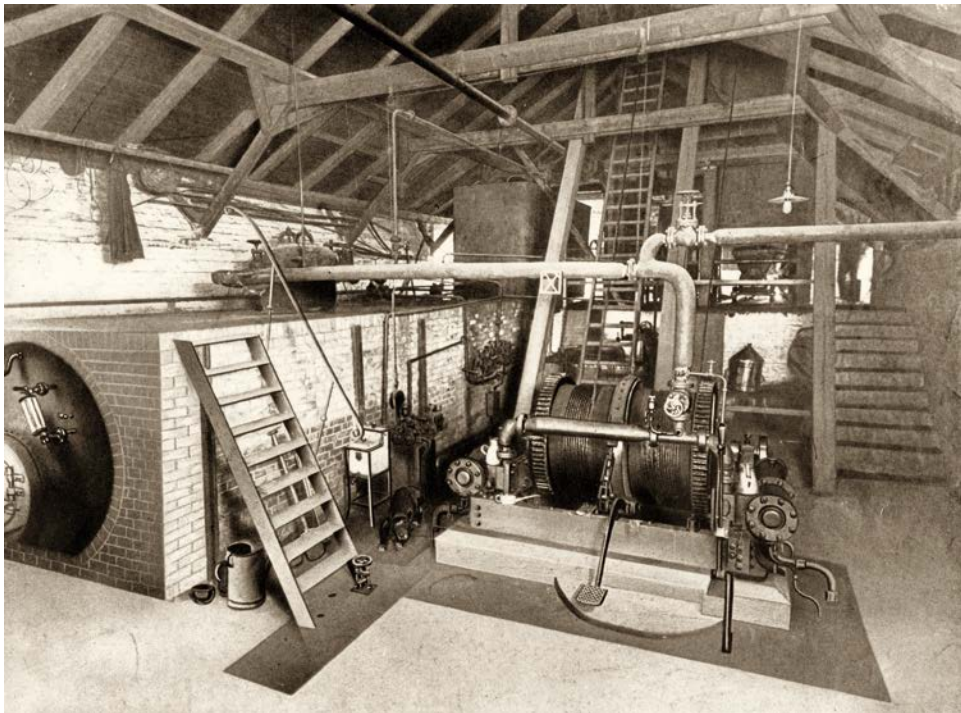




**Abb. 15** Blick in eine streichende Abbaustrecke, rechts und links sind Sicherheitspfeiler sichtbar. Aus DASAG (1912).

**Abb. 16** Unterirdischer Abbau des Asphaltsteinlagers mit Austritt schwefelwasserstoffhaltiger Quellen „in dem Limmer Bergwerk“ (gemeint ist das DASAG-Bergwerk in Ahlem). Aus DASAG (1926).



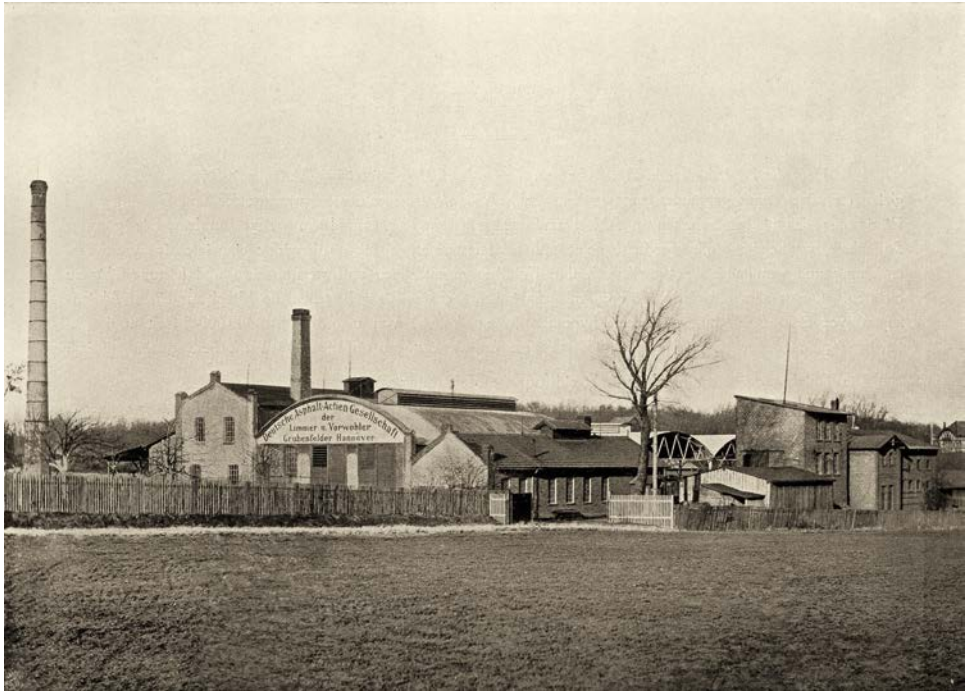


**Abb. 17** Blick in die Maschinenhalle am Förder-  
turm. In der rechten Bildhälfte ist die Förderma-  
schine zu sehen, die mit Dampf betrieben wurde.  
Mit ihr wurden die Förderkörbe im Schacht herauf-

gezogen bzw. herabgelassen. Links vor der Wand  
steht der eingemauerte Kessel für die Dampferzeu-  
gung. Quelle: Heimatmuseum Ahlem.

ihren Asphaltwerken verarbeiteten (Abb. 18–21), wurde von Hoffmann (1895), DASAG (1998), Kruse (2003), Frohner (2015: 70–79) sowie Bachmann (2015: 21–30) beschrieben. Das Vorkommen von asphalthaltigem Gestein zwischen Ahlem und Velber war schon seit 1730 bekannt. Die wirtschaftliche Nutzung setzte aber erst viel später durch Dietrich Heinrich Henning ein, nachdem er das Vorkommen 1842/43 wieder entdeckt hatte und 1846 in dem damals noch eigenständigen Dorf Limmer eine Asphaltfabrik erbauen ließ (Tafel 1.3 Beilagenblatt). Bald darauf erwarb auch August Egestorff Abbaurechte am Ahlemer Asphaltkalkstein und gründete in Linden eine Asphaltfabrik. Wenige

Jahre später fusionierten die beiden Asphaltwerke von D. H. Henning und A. Egestorff. Sie wurden 1871 an „The United Limmer and Vorwohle Rock Asphalte Company (Limited)“ mit Sitz in London (kurz „Englische Asphalt“) verkauft. 1873 kam es zur Gründung der „Deutschen Asphalt-Aktiengesellschaft der Limmer- und Vorwohler Grubenfelder Hannover“ (Abb. 22 und Tafel 2.1 Beilagenblatt), die später nur noch die Bezeichnung „Deutsche Asphalt AG“ bzw. „DASAG“ führte. Sie errichtete in Ahlem ein Asphaltwerk. Schließlich kam 1883 noch die „Neue Hannoversche Baugesellschaft“ hinzu, die ein Asphaltwerk in Linden betrieb (Tafel 2.2 Beilagenblatt). Später nahm sie den



**Abb. 18** (vorherige Seite, oben)  
 Werkanlage der Deutsche Asphalt-Actien-Gesellschaft der Limmer u. Vorwohler Grubenfelder Hannover, kurz: Deutsche Asphalt AG in Ahlem „bei Limmer (Hannover)“. Aus DASAG (1926).

**Abb. 19** (vorherige Seite, unten)  
 Blick nach Nordwesten auf die Werksanlagen der United Limmer and Vorwohle Rock Asphalte Company (Limited) und auf das Wohnhaus ihres Direktors Richard Lattorf (an der heutigen Richard-Lattorf-Straße), aufgenommen vermutlich um 1910. Im Hintergrund (rechts) ist der Ahlemer Turm zu erkennen. Das Hauptwerk der Firma lag allerdings in Linden an der Limmerstraße (s. Abb. 20 u. 24). Das Unternehmen beschäftigte über Jahre hinweg rund 250 Arbeiter, davon ca. 30 in Ahlem. Quelle: Heimatmuseum Ahlem.

**Abb. 20** Blick über das Werksgelände der United Limmer and Vorwohle Rock Asphalte Company (Limited) an der Limmerstraße in der damaligen Stadt Linden (heute Hannover-Linden). Bei dem Haufwerk im Bildvordergrund dürfte es sich um

aus der Ahlemer Lagerstätte angelieferten und noch nicht verarbeiteten Asphaltkalksteinbruch handeln. Dahinter sind Stapel mit Asphaltmastixbrotten zu sehen. Quelle: Geschichtswerkstatt im Freizeithem Linden.





Abb. 21 Blick in eine Produktionshalle für Asphaltmastixbrote. Die Asphaltmischung wurde mehrere Stunden lang gekocht und dann in eiserne Formen gegossen. Nach dem Abkühlen

kamen die etwa 25 kg schweren Asphaltblöcke als Mastixbrote in den Handel. Quelle: Heimatmuseum Ahlem.

Abb. 22 Briefkopf eines Schreibens der Deutschen Asphalt-Aktiengesellschaft vom 5. August 1914. Der Geschäftssitz des Unternehmens lag zu dem

Zeitpunkt am Georgsplatz in Hannover. Quelle: Historisches Museum Hannover.





Namen „Continental-Asphalt AG“ an und ging 1935 in der DASAG auf. Aufgrund deutscher Handelsgesetze firmierte The United Limmer and Vorwohle Rock Asphalte Company 1905 zur „Naturasphalt-Gesellschaft m.b.H.“ um, die schließlich 1956 auch von der DASAG übernommen wurde. Zu diesem Zeitpunkt waren der Asphaltabbau und die Asphaltfabriken in Ahlem und Linden schon lange eingestellt bzw. in den Raum Eschershausen/Ith verlagert worden. Allerdings behielten alle drei ehemals in Ahlem tätigen Unternehmen ihre Geschäftssitze für einige Jahre in Hannover bei. Erst 1958 gab dann als letztes Unternehmen die DASAG ihren Sitz in Hannover zugunsten von Eschershausen auf. Im Jahr 2016 kam aber auch das endgültige Aus für das seit 1997 zur KANN-Gruppe (Bendorf) gehörende DASAG-Werk in Eschershausen. Damit endete die Geschichte der letzten dort noch bestehenden ehemaligen Asphaltfabrik, nachdem schon 2008 das letzte in Europa betriebene Asphaltbergwerk bei Holzen im Ith stillgelegt worden war.

Von den Ahlemer Tagebauen ausgehend erstreckten sich die Tiefbaue beidseitig der heutigen Heisterbergallee rund 300 m in östliche Richtung. Sie folgten nur wenige 10er Meter unter der Erdoberfläche dem Einfallen der Gesteinsschichten. Für den Abbau wurden streichende und querschlägige Strecken aufgeföhren, zwischen denen mehr oder weniger regelmäßig Sicherheitspfeiler stehen blieben. So entstand im Untergrund ein teilweise schachbrettartiges Muster aus Abbaustrecken und Pfeilern (Abb. 23 und Tafel 1.2 Beilagenblatt). Die Fördermenge von Asphaltkalkstein in Ahlem war aus heutiger Sicht recht gering. Die Deutsche Asphalt AG gab 1912 eine durchschnittliche Förderung von 5000 t pro Jahr an (DASAG 1912: 30). Die gewinnbaren Vorräte im Bereich des damaligen Abbaufelds der Deutschen Asphalt AG wurden damals mit 555 000 t angenommen, was bei gleichbleibender Förderung einen Vorrat von etwas über 100 Jahren bedeutete. Aus Kohlemangel musste aber im Ersten Weltkrieg die Wasserhaltung aller hier bergbaulich tätigen

**Abb. 23** Skizze zur untertägigen Gewinnung des asphalthaltigen Gesteins in Ahlem. Streichende, also quer zum Einfallen der Schichten (s. Pfeil links) verlaufende Abbaustrecken wurden durch Querstellen verbunden. Am Ende blieben in

Abständen von jeweils ca. 5 m etwa 3 x 3 m dicke Sicherheitspfeiler stehen. Der Abbauverlust betrug durch die Sicherheitspfeiler etwa 20 %. Aus DASAG (1912).



14 III. Asphalte Company.

---

**The United Limmer & Vorwohle Rock-Asphalte  
Company (Limited)**

frühere Firmen **D. H. Henning & Aug. Egestorff**





**alleinige Besitzer**

der wirklich echten Limmer und Braunschweiger Asphalt-Minen,

Comtoir in  
London:  
13 Sise Lane Queen Victoria Street,  
Hannover: 18 Herschelstrasse,  
Linden: 2 Limmerstrasse,  
Limmer: Limmer Asphaltfabrik,  
Vorwohle: Fabrikgebäude,




liefert

alle **Arbeiten in Asphalt**, als:

**Isolirsichten auf Mauern bei Neubauten**  
gegen Aufsteigen der Feuchtigkeit;

**ABDECKUNG AUF MAUERBOGEN**  
der Casematten, Canäle und Brücken;

**GANGBELEGE**  
in Fluren, Corridors, Küchen, Waschküchen,  
Badezimmern, Wein- u. Vorrathsmagazinen, Brennereien, Färbereien, Zuckersiede-  
reien, Mehlmahlmühlen, Casernen, Hospitälern, Gefängnissen, Kirchen, Börsen, Höfen,  
auf Trottoirs, Eisenbahnperrons, Kegelbahnen, Schlittschuhbahnen, Tanzböden.




**Dachbedeckung jeder Art, Terrassen, Balkons etc.;**  
**Fahrwege für Lastwagen, Durchfahrten;**  
**Bassins, Eiskeller, Gerbergruben, Vieh- & Pferdeställe, Urin- & Düngergruben etc.;**  
**Verticale gegen Feuchtigkeit jeder Höhe.**

**Flüssiger Asphalt**  
zum Anstrich auf feuchte Wände, zum Selbstgebrauch.

☛ **Unter Garantie der Haltbarkeit**  
werden die Arbeiten sowohl hier als ausserhalb ausgeführt, worüber die  
günstigsten Atteste von Bauverständigen vorgelegt werden können.

Abb. 24 Über Jahrzehnte erschienen in den damaligen Adressbüchern von Hannover und Linden ganzseitige Werbeanzeigen für die Dienstleistun-

gen und Produkte von „The United Limmer and Vorwohle Rock Asphalt Company (Limited)“, kurz „Englische Asphalt“. Aus Adressbuch (1882).

Unternehmen aufgegeben werden. Die Grubenbaue füllten sich mit Wasser und „soffen ab“. Der Untertageabbau wurde eingestellt und auch nach Kriegsende nicht wieder aufgenommen. Heute ist dieser unterhöhlte Bereich vollständig überbaut.

Die in Ahlem tätigen Unternehmen boten ihren Kunden verschiedene Produkte und Dienstleistungen an (Abb. 24). Über die Weiterverarbeitung des aus Ahlem kommenden Asphaltkalksteins in den verschiedenen Asphaltfabriken und die genauen Herstellungsprozesse der unterschiedlichen Asphaltprodukte ist nur wenig überliefert. Unter anderem wurde Asphalt mit gemahlenem Kalkstein zu Platten verarbeitet, die ähnlich wie heutige Terrassen- bzw. Betonplatten verlegt wurden. Grundstoff für die Erzeugung von Asphalt

als Belag von Straßen und Gehwegen waren „Asphaltmastixbrote“. Hierfür wurden die aus der Lagerstätte angelieferten Brocken aus Asphaltkalkstein zerkleinert und zu Pulver zermahlen, mit einer Mischung aus Trinidad-Asphalt und Paraffin vermischt und mehrere Stunden gekocht. Die heiße Masse wurde dann von Arbeitern in eiserne Formen gegossen (Abb. 21). Nach dem Abkühlen wurden diese um 25 kg schweren Asphaltblöcke den Formen entnommen und kamen als Mastixbrote in den Handel. Die hier ansässigen Firmen leisteten mit ihren z. T. innovativen Produkten einen bemerkenswerten Beitrag bei der damals weltweit allmählich einsetzenden Asphaltierung der Verkehrswege (Abb. 25–28). So entwickelte z. B. Emil Heußner, Fabrikdirektor der Deutschen Asphalt AG,

**Abb. 25** Herstellung der Hartgussasphaltdecke auf dem Ernst-August-Platz vor dem Gebäude

des Hauptbahnhofs in Hannover 1909. Aus DASAG (1926).

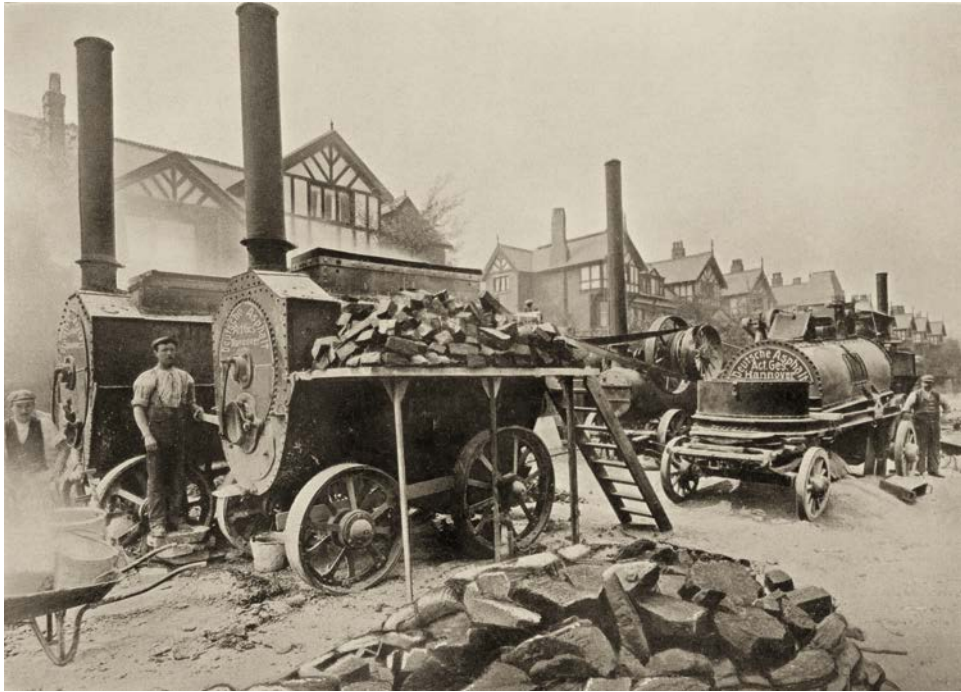




**Abb. 26** Herstellung von Hartgussasphalt auf Betonunterlage in der Straße Am Emmerberge in Hannover 1909. Aus DASAG (1926).

**Abb. 27** Herstellung von Hartgussasphalt „auf alter Chausseierung mit Beton-Ausgleich“, Landstraße Hemmingen-Devese, Hannover (vermutlich heutige Weetzener Landstraße in Hemmingen). Aus DASAG (1926).





**Abb. 28** Herstellung von Hartgussasphaltbelag in der Fredrick-Street in Oldham bei Manchester 1913, 4,7 % Steigung. Aus DASAG (1926).

den 1884 für das Unternehmen patentierten und insbesondere als Straßenbelag bedeutsamen Stampfasphalt.

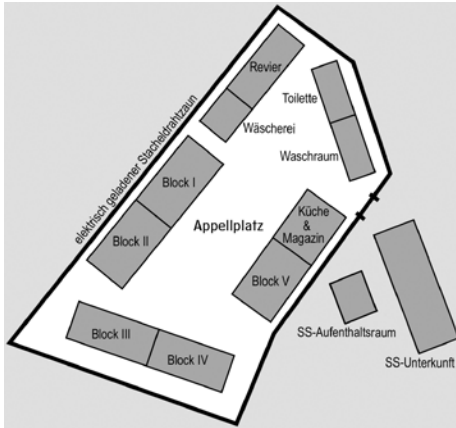
Wegen Erschöpfung der vergleichsweise kleinen Ahlemer Lagerstätte musste auch die übertägige Asphaltgewinnung in den

1920er Jahren aufgegeben werden. Die Tagebaue legte man still und verfüllte sie allmählich. Die Asphaltfabriken wurden aufgegeben bzw. in den Raum Escherhausen verlegt.

## KZ-Außenlager Ahlem (Außenlager des KZ Neuengamme) – Mahmmal

Gegen Ende des Zweiten Weltkriegs spielten die alten Asphalt-Stollen im Untergrund von Ahlem noch einmal eine sehr unrühmliche Rolle. 1943 wurden sie ausgenutzt und untersucht, ob kriegswichtige Produktion der Continental Gummi-Werke AG dorthin – vor Luftangriffen

sicher – verlagert werden könnte. 1944 wurde ein Barackenlager auf einem zu diesem Zeitpunkt schon verfüllten Bereich des ehemaligen Tagebaus nördlich der heutigen Harenberger Meile errichtet (Abb. 29 und Tafel 1.2 und 2.3 Beilagenblatt).



**Abb. 29** Gebäudeplan (schematisch) des KZ-Außenlagers Ahlem. Quelle (umgezeichnet und ergänzt): Landeshauptstadt Hannover (2015).

Ab Ende November 1944 mussten rund 750 als „arbeitsfähig“ selektierte KZ-Häftlinge, überwiegend Juden, in 12-Stunden-Schichten die vorhandenen Stollen, in denen zum Teil das Wasser noch kniehoch stand, mit Schaufeln und Spitzhacken frei räumen, erweitern und Fundamente herrichten. Die unmenschlichen Arbeitsbedingungen, Misshandlungen, Hunger, Krankheiten und Unfälle führten zu einer hohen Sterberate. Verstorbene oder erkrankte Insassen wurden durch neue Häftlinge ersetzt. Insgesamt waren in Ahlem bis Anfang April 1945 rund 1500 Häftlinge im Einsatz, von denen dort etwa die Hälfte ums Leben kam.

Ab 6. April 1945 mussten sich die noch „marschfähigen“ Häftlinge des

**Abb. 30** Blick nach Norden auf das Mahnmal für das KZ-Außenlager Ahlem. Foto: F.-J. Harms, 16.09.2018.



KZ-Außenlagers Ahlem zu Fuß in Richtung KZ Bergen-Belsen auf den Weg machen. Eine unbekannte Zahl von Häftlingen wurde auf diesem „Evakuierungsmarsch“ von begleitenden SS-Männern ermordet. Etwa 200 kranke Häftlinge, die in Ahlem zurückgelassen worden waren, wurden schließlich am 10. April 1945 von US-amerikanischen Truppen befreit.

Seit 1994 erinnert ein Mahnmal an das ehemalige KZ-Außenlager Ahlem (Abb. 30): die in die Erde führenden Betonwände symbolisieren einen Stolleneingang, die aufrecht stehenden Schienen weisen auf die Feldbahngleise hin, die in den Ahlemer Stollen verlegt waren und zum Abtransport des gebrochenen Gesteins auf Loren genutzt wurden, aber auch auf die Gleise, auf denen die Häftlinge durch die Deutsche Reichsbahn deportiert worden waren (Region Hannover 2000, Anschütz & Heike 2004, Landeshauptstadt Hannover 2015).

Nur rund 300 m südlich vom KZ-Außenlager Ahlem befand sich zeitgleich auch noch das Zwangsarbeiterlager der damaligen Maschinenfabrik Niedersachsen Hannover (MNH), die die ehemaligen Asphaltstollen südlich der heutigen Heisterbergallee für die Untertage-Fertigung von Panzergetrieben nutzen wollte (Tafel 1.2 und 2.3 Beilagenblatt).

## Literatur

- Adressbuch (1882): Adressbuch. Stadt- und Geschäfts-Handbuch der königlichen Residenzstadt Hannover. 1882; Hannover.
- Adressbuch (1910): Adressbuch. Stadt- und Geschäfts-Handbuch der königlichen Haupt- und Residenzstadt Hannover, der Stadt Linden sowie der Ortschaft Ricklingen. 1910; Hannover.
- Adressbuch (1935): Adressbuch der Stadt

## Danksagung

Für Informationen und Hinweise zu den ehemaligen Aufschlüssen und Asphaltfabriken sowie ihren Folgenutzungen ist Torsten Bachmann (Hannover), Renate Bauschke (Hannover), Siegfried Otto Frohner (Heimatmuseum Ahlem), Dr. Jochen Erbacher und Dr. Alfred Langer (beide Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover) und Alexandra Nieke (KANN Gruppe, Bendorf bzw. Schernbeck) herzlich zu danken. Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Stadtarchivs und der Stadtbibliothek Hannover, des Archivs der Region Hannover (Neustadt a. Rbge.), des Historischen Museums Hannover, der Geschichtswerkstatt Linden (im Freizeitheim Linden), des Landesamts für Bergbau, Energie und Geologie (Hannover) und der Luftbilddatenbank Dr. Carls GmbH (Estenfeld) halfen bei der Suche nach Literatur, historischen Dokumenten und Bildmaterial. Auch dafür vielen Dank! Susan Cockburn (Hannover) ist die englische Kurzfassung zu verdanken. Und schließlich übernahmen Barbara Cohn (Hannover) und Dr. Dieter Schulz (Naturhistorische Gesellschaft Hannover) dankenswerterweise mal wieder das Korrekturlesen.

Hannover, zugleich Adressbuch von Hannover, Stadt- und Geschäftshandbuch. 1935; Hannover.

Adressbuch (1952): Adressbuch der Hauptstadt Hannover. 1952; Hannover.

Anschütz, Janet; Heike, Irmtraud (2004): Wir wollten Gefühle sichtbar werden lassen. Bürger gestalten ein Mahnmal für das KZ Ahlem: 135 S.; Bremen.

## Glossar

**Asphalt** (griechisch „Bestand haben“), auch Erdpech oder Bergteer genannt, bezeichnet eine Mischung von Bitumen (als Bindemittel) mit Mineralstoffen (Sand, Splitt usw.).

**Asphaltmastix** nach der Definition aus Meyers Konversationslexikon von 1894 „Asphaltmastix (Asphaltkitt), der in Broten von 25 kg in den Handel kommt, ist ein zusammengesmolzenes Gemisch von gepulvertem Asphaltstein und Bergteer oder statt des letzteren eine Mischung von Trinidad-Asphalt mit Erdöl.“

**Bitumen** (lateinisch „Erdpech“) bezeichnet ein sowohl natürlich vorkommendes als auch durch Vakuumdestillation aus Erdöl gewonnenes Gemisch aus verschiedenen organischen Stoffen, überwiegend hochmolekularen Kohlenwasserstoffen. Sie sind durch Umwandlungsprozesse aus Eiweißen, Pigmenten, Lipiden und Kohlehydraten abgestorbener Organismen entstanden. In Wasser ist Bitumen praktisch unlöslich. Bitumen hat temperaturabhängige Eigenschaften: von fest über zähflüssig zu dünnflüssig.

**Gussasphalt** ist ein Asphalt mit relativ hohem Bitumenanteil. Dadurch lässt er sich im Gegensatz zu den anderen Asphaltarten flüssig verarbeiten. Er muss

nicht durch Walzen o. ä. verdichtet werden.

**Haufwerk** bezeichnet im Bergbau jegliche Anhäufung von lockerem Material wie Gesteinsbrocken, Stückerz, Sand, Kies usw.

**Muttergestein** ist ein Ablagerungsgestein, in dem sich Erdöl und Erdgas bilden bevor sie in geeignete Speichergesteine abwandern bzw. dorthin transportiert werden und dort die eigentliche Lagerstätte bilden.

**Stampfasphalt** muss im Gegensatz zum Gussasphalt nach dem Aufbringen auf den Untergrund durch Walzen, Rammen o.ä. komprimiert werden. Er wird bevorzugt im Straßenbau eingesetzt.

**Trinidad-Asphalt** ist ein auf der Karibikinsel Trinidad natürlich vorkommender Naturasphalt, der bis heute im Abbau steht. Er wird im Südwesten der Insel in dem La Brea Pitch Lake (La Brea spanisch „Pech, Teer“; Pitch Lake englisch „Pechsee“) gewonnen. Sein Durchmesser beträgt 450 Meter. Die Bitumenquelle am Boden des Sees ist die weltweit ergiebige ihrer Art. An der Oberfläche abgetragener Asphalt wird durch aus der Quelle nachdrückenden Asphalt innerhalb weniger Tage wieder aufgefüllt.

Bachmann, Torsten (2015): Ahlem, Badenstedt und Davenstedt. Streifzüge durch die Geschichte: 119 S.; Erfurt.

Brauns, D. (1874): Der obere Jura im nordwestlichen Deutschland von der oberen Grenze der Ornatenschichten bis zur Wealdenbildung mit besonderer Berücksichtigung seiner Molluskenfauna. Nebst Nachträgen zum unteren und mittleren Jura: 434 S.; Braunschweig.

Credner, Heinrich (1863): Über die Gliederung der oberen Juraformation und der Wealden-Bildung im nordwestlichen Deutschland. Nebst einem Anhang über

die daselbst vorkommenden Nerineen und Chemnitzien: 192 S.; Prag.

DASAG, Deutsche Asphalt Aktiengesellschaft [Hrsg.] (1912): Deutsche Asphalt Actien-Gesellschaft der Limmer und Vorwohler Grubenfelder, Hannover: 49 S.; Hannover.

DASAG, Deutsche Asphalt Aktiengesellschaft [Hrsg.] (1926): Deutsche Asphalt Actien-Gesellschaft der Limmer und Vorwohler Grubenfelder, Hannover: 38 S.; Hannover.

DASAG, DASAG GmbH [Hrsg.] (1998): DASAG Chronik. 125 Jahre Partner der Bauwirtschaft: 56 S.; Eschershausen.

Ebert, A.; Gruppe, O. (1928): Blatt 3623



- Gehrden, Geologische Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern 1:25.000. – 1 Karte.; Berlin. – [frühere Blatt-Nr.: 1953]
- Frohner, Siegfried Otto [Hrsg.](2015): Ahlemer Geschichten: 250 S.; Hannover-Ahlem.
- Hannoverscher Courier (1913): Neu-Hannover. Festschrift des Hannoverschen Couriers zur Rathaus-Weihe 1913: 112 S.; Hannover.
- Hoffmann, F. A. (1895): Asphalt-Vorkommen von Limmer bei Hannover und von Vorwohle am Hils. – Zeitschrift für praktische Geologie mit besonderer Berücksichtigung der Lagerstättenkunde: 370–379; Berlin.
- Kreisausschuss des Kreises Hannover Land [Hrsg.](1935): Der Kreis Hannover-Land mit dem Deister: 252 S.; Magdeburg.
- Kruse, Horst (2003): Ahlemer Hof- und Hausbesitzer. – Materialien zur Ortsgeschichte hannoverscher Stadtteile, 20: 163 S.; Everloh.
- Landeshauptstadt Hannover, Fachbereich Bildung und Qualifizierung, Städtische Erinnerungskultur [Hrsg.](2015): Konzentrationslager Ahlem. Mahnmal und Lagergelände: 6 S.; Hannover. – [Faltblatt, kann als PDF unter „<https://www.hannover.de/Kultur-Freizeit/Architektur-Geschichte/Erinnerungskultur/Städtische-Erinnerungskultur/Publikationen/Broschüren-und-Flyer>“ heruntergeladen werden]
- LBEG, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (2017): Stratigraphie von Niedersachsen. Oberer Jura - Norddeutscher Malm. – [https://www.lbeg.niedersachsen.de/download/960/Oberer\\_Jura\\_-\\_Norddeutscher\\_Malm.pdf](https://www.lbeg.niedersachsen.de/download/960/Oberer_Jura_-_Norddeutscher_Malm.pdf) [aufgerufen am 20.08.2019]
- Luppold, Friedrich Wilhelm (2017): Der Jura im Stadtgebiet von Hannover. – Naturhistorica 158/159: 139–178; Hannover.
- Region Hannover, Zentrale Steuerung, Gedenkstätte Ahlem [Hrsg.](2000): Gedenkstätte Ahlem. Ausstellungskatalog: 100 S.; Hannover.
- Schöndorf, Friedrich (1911): Die Stratigraphie und Tektonik der Asphaltvorkommen von Hannover. – Jahresbericht des Niedersächsischen geologischen Vereins, 4: 105–138; Hannover.
- Schöndorf, Friedrich (1914a): Exkursion in die „Limmer Asphaltgruben“, westlich von Hannover. – Führer zu den Exkursionen der Deutschen Geologischen Gesellschaft [59. Hauptversammlung in Hannover]: 36–45; Hannover. – [unveränderter Nachdruck 1920]
- Schöndorf, Friedrich (1914b): Geologisches Wanderbuch. 1. Nähere Umgebung von Hannover. – (Hrsg.) Naturhistorische Gesellschaft zu Hannover: 144 S.; Hannover.
- Struckmann, Carl (1873): Notiz über das Vorkommen von Homoeosaurus maximiliani H.v.M. in den Kimmeridge-Bildungen von Ahlem unweit Hannover. – Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 25, 2: 249–255; Berlin.

Arbeit eingereicht: 09.12.2019

Arbeit angenommen: 14.01.2020

Anschrift des Verassers:

Dr. Franz-Jürgen Harms

Erwinstraße 1

30175 Hannover

E-Mail: [harms.hannover@t-online.de](mailto:harms.hannover@t-online.de)

WWW.NATURHISTORICA.DE



**Naturhistorica**  
BERICHTE DER NATURHISTORISCHEN GESELLSCHAFT HANNOVER

**Die Sandsteine  
des Bückebergs  
bei Obernkirchen**

Maik Raddatz-Antusch

**NGH** Naturhistorische Gesellschaft Hannover  
Gesellschaft zur Pflege der Naturwissenschaften

161 · 2019

**Naturhistorica 161**

**Die Sandsteine des Bückebergs  
bei Obernkirchen**

Maik Raddatz-Antusch

Der Bückeberg bei Obernkirchen war jahrelang nicht mehr Ziel geologischer Untersuchungen. In akribischer Feldarbeit hat der Autor ein aktuelles und umfassendes Werk vorgelegt, das diesen Mangel behebt. Ausgangspunkt waren Grabungen zu Dinosaurierfährten in Obernkirchen, die während eines Symposiums 2011 das Fehlen neuerer Ergebnisse der geologisch orientierten Landschaftsgeschichte deutlich machten.

100 S.

# Osteologische Auswertung von Langknochen der Ungulata aus dem Leinetal südlich von Hannover

Marvin Applegate



## Zusammenfassung

Für die vorliegende Arbeit wurde eine Sammlung von Langknochen der Huftiere aus vier ehemaligen Kiesabbaugebieten des Leinetals südlich von Hannover einer intensiven Analyse unterzogen. Mittels osteometrischer Bestimmungsmethoden konnte ein Artenspektrum erstellt und in einen biogeografischen Kontext gebracht werden. Es ergab sich, dass trotz der glazialen Kiessedimente eine warmzeitliche Fauna vorzufinden war. Das Leinetal eröffnete nach der letzten Eiszeit einen speziellen Lebensraum im zunehmend bewaldeten Mitteleuropa. Die ausgeprägten Flussauen ermöglichten das Fortbestehen offener Flächen für grasende Großsäuger wie Auerochsen und Wildpferde. Korridore aus

Feuchtmarschen boten einen optimalen Lebensraum, in dem diese Arten große Populationen ausbilden konnten. Knochenfunde von Ziegenartigen, die keine wilden Vorfahren in dieser Region haben, lassen Vermutungen auf Domestikation und die Anwesenheit des Menschen zu. Hohe Anteile juveniler Individuen unter potenziell domestizierbaren Arten könnten Hinweise auf eine Tierhaltung zu Ernährungszwecken sein. Das massive Vorkommen von Arten, die auf ausgeprägte Offenflächen angewiesen waren, deutet darauf hin, dass das Leinetal womöglich einen der letzten Rückzugsorte für große Herbivoren im mit Wald bedeckten Niedersachsen des Holozän darstellte. Die wenigen Vertreter

kaltzeitlicher Arten könnten ihren Ursprung in einem Intermediärzeitraum zwischen dem Ende der letzten Kaltzeit und dem beginnenden Holozän haben.

**Schlüsselwörter:** Ungulata, Huftiere, Langknochen, osteologische Auswertung, Osteometrie, Paläontologie, Leinetal, Kiesabbau, Pleistozän, Holozän, Pleistozän-Sammlung des Landesmuseums Hannover

## Einleitung

### Fundorte

Bei den im Leinetal gelegenen Fundorten Hemmingen, Koldingen, Jeinsen und Gleidingen wurde in den neunziger Jahren bis zu Beginn des neuen Jahrtausends industriell Kies abgebaut. Einem zeitgenössischen Artikel zufolge sollten allein in Hemmingen von 1997 bis 2005 Mengen gewonnen werden, die einen Zug füllen könnten, der eine Länge vom hannoverschen Hauptbahnhof bis zum Stadtrand von Nürnberg gehabt hätte (Knopf 1997). Beim Abbau von Kies werden zunächst die oberen Lehmschichten abgetragen. Wenn der Kies unterhalb des Grundwasserspiegels liegt, kommen Saugbagger zum Einsatz (Martin 1987). Mithilfe der Aussagen des Sammlers und Stifters der untersuchten Knochen, Wolfgang Weidehaus, konnte der Gewinnungsprozess an den Fundorten wie folgt rekonstruiert werden (Abb. 1 A–D).

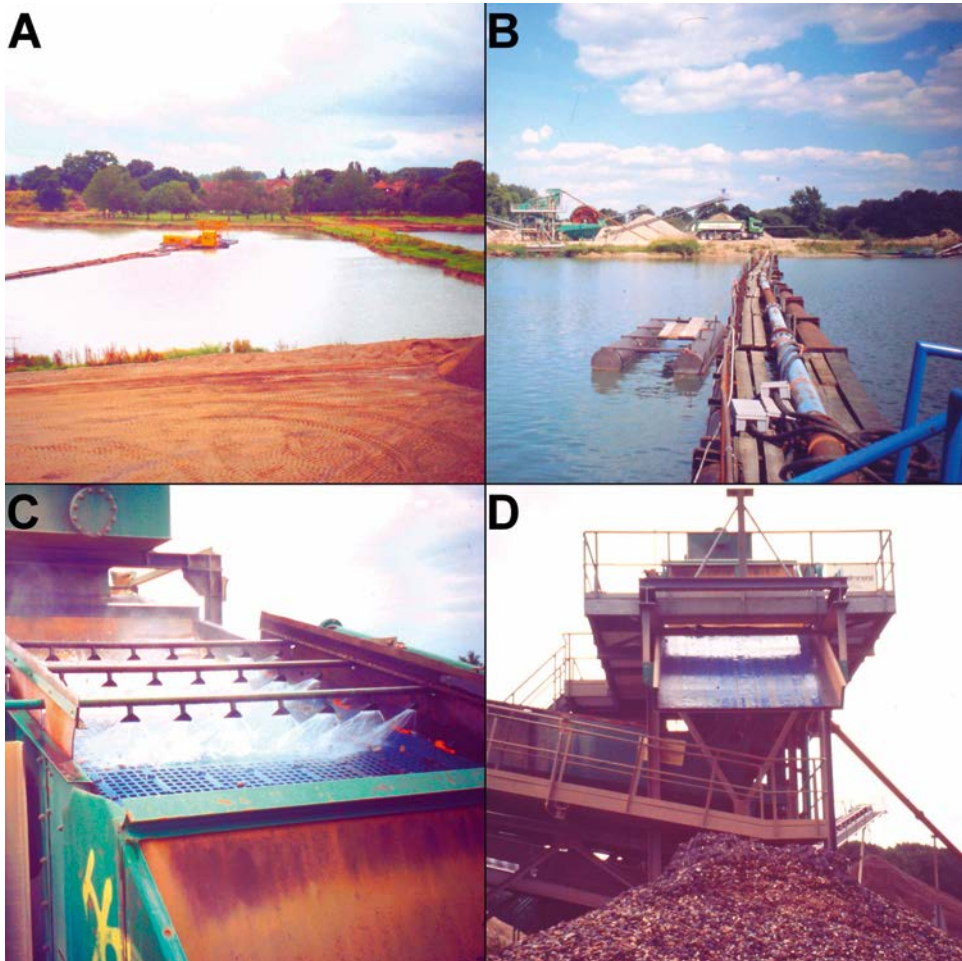
Saugbagger transportieren Sediment (Abb. 1 A) über eine Rohrleitung zu einer Rüttelmaschine (Abb. 1 B). Das Sediment wird dort durch immer feiner werdende Gitterroste befördert (Abb. 1 C) und so mittels Förderbänder nach Korngröße auf unterschiedlichen Halden sortiert. Von hier wird der Kies verfrachtet und gelangt letztendlich in den Vertrieb. Nicht verkäufliches Material, sogenanntes Überkorn (Abb. 1 D), landet auf einer separaten Halde. Hier finden sich andere Materialien wie große Steine, Holz und auch

Knochen. Letztere können dann begutachtet und eingesammelt werden. Die Zusammensetzung und der Zustand des geborgenen Materials wird somit maßgeblich durch den Gewinnungsprozess beeinflusst. Durch vorherige Ablagerungs- und Umlagerungsprozesse, sowie die starke mechanische Einwirkung beim Abbau liegen viele Knochen deutlich fragmentiert vor. Kleinere Knochen und Knochenfragmente gehen dabei häufig verloren. Die Abbaumethode machte somit auch die stratigrafische Einordnung des fossilen Materials unmöglich. Heute sind die Abbaugelände stillgelegt, werden weitgehend der Natur überlassen und fördern den Schutz der Biodiversität (Abb. 2).

### Geologischer Kontext

Seit Beginn des Pleistozäns kam es zu drei großen Kaltzeiten. Die Elster-Kaltzeit wird auf den Zeitraum von 385 000 bis 335 000 Jahren vor heute (J. v. h.) datiert, die Saale-Kaltzeit von 300 000 bis 128 000 J. v. h. und die Weichsel-Kaltzeit von 117 000 bis 11 560 J. v. h. (Pott 2005).

Sowohl die Gletscher der Elster-, als auch die der Saale-Kaltzeit wurden durch das Niedersächsische Bergland begrenzt. Von dort aus fließt heute die Leine in nördlicher Richtung in die Norddeutsche Tiefebene. Durch den Temperaturanstieg der späten Saale-Kaltzeit und den Beginn der Eem-Warmzeit um 128 000 J. v. h. führte das entstandene Schmelzwasser



**Abb. 1** Bilder des Fundortes Hemmingen (Juli 1999). A: Ein Saugbagger trägt Sediment vom Grund ab. B: Das Sediment wird über eine Rohrleitung zur Rüttelmaschine transportiert. C: In der Rüttelmaschine wird das Sediment durch immer feiner werdende Gitterroste hindurchbefördert und so

nach Korngröße sortiert. Wasserdüsen helfen bei der Auftrennung. D: Für den Vertrieb ungeeignetes Material (Überkorn) fällt nicht durch die Gitterroste und landet auf einer separaten Halde. Hier kann das Knochenmaterial abgesammelt werden. Fotos: Wolfgang Weidehaus.



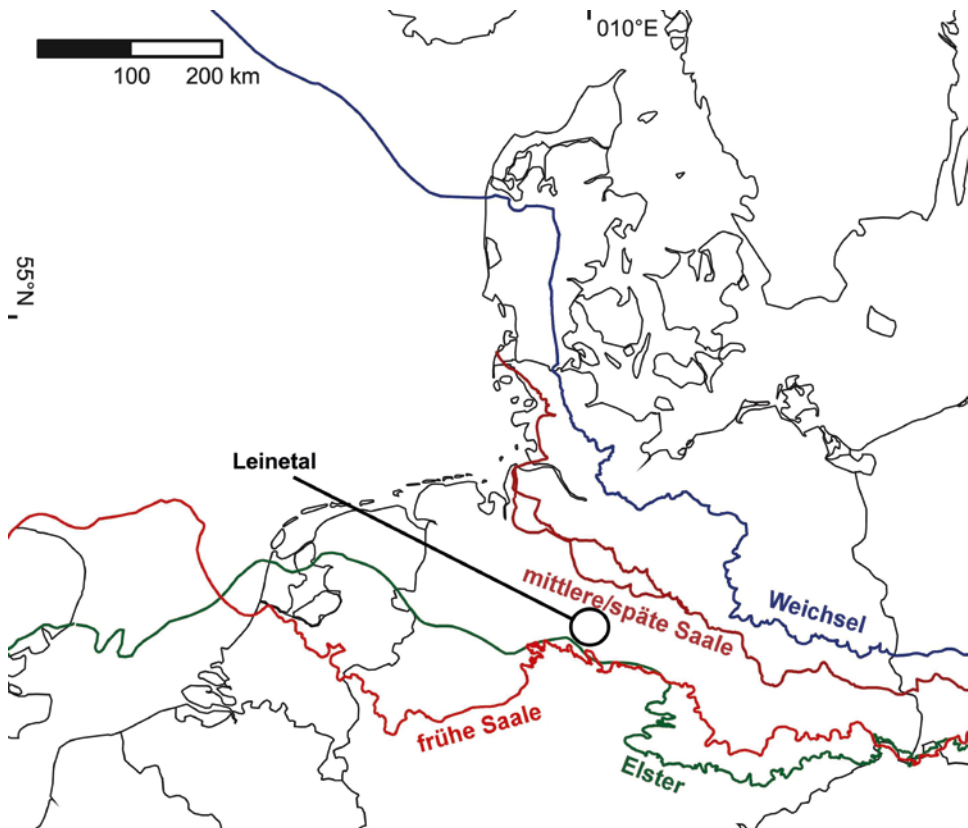
**Abb. 2** Ehemaliges Kiesabbaugebiet bei Hemmingen (April 2019). Der renaturierte Bereich bietet heute Lebensraum für viele Tier- und Pflanzenarten. Foto: Marvin Applegate.

zur Bildung von Eisstauseen. Diese waren nördlich von der Gletscherfront und südlich vom Niedersächsischen Bergland eingegrenzt. Der fortschreitende Rückgang der Gletscher führte zum Einbrechen der Wassermassen. Während sich das Wasser aus dem Bergland seinen Weg über das Münsterland Richtung Rheintal und Nordsee suchte, wurde das Leinetal zunehmend vom Wasserabfluss des Halle-Saale-Gebiets gespeist. Die heute vorhandenen

Kiese im Leinetal südlich von Hannover setzen sich somit zum einen aus dem Geschiebemergel, der durch den Eisvorstoß der Gletscher aus Skandinavien hertransportiert wurde und zum anderen aus den durch Abschmelzen der höher gelegenen Gletscher eingetragenen fluviatilen Sedimenten zusammen. Mit Eintreten der letzten Eiszeit, der Weichsel-Kaltzeit, deren Gletscher die Elbe nicht überschritten (Abb. 3) blieb somit ein Lebensraum

**Abb. 3** Karte Norddeutschlands, die das Untersuchungsgebiet des Leinetals und die südlichen Gletscherausdehnungen der letzten drei Kaltzeiten zeigt. Grün: Elster, hellrot: frühe Saale, dunkelrot: mittlere/späte Saale, blau: Weichsel.  
Abb. verändert nach Lang et al. (2018).

Deutlich zu erkennen ist das Ausbleiben des Eisvorstoßes der Weichsel-Kaltzeit bis in das Leinetal, während die Eisvorstöße der Elster- und Saale-Kaltzeit bis zum Niedersächsischen Bergland (Überschneidungsstelle der Elster- und Saale-Kaltzeit in Niedersachsen) reichen.



erhalten, der durch mäandrierende Flüsse und durchgehende Wechsel von Kalt- und Warmzeiten, auch innerhalb der Weichsel-Kaltzeit, geprägt war.

Das letzte glaziale Maximum, eine Phase extremer Abkühlung, belief sich auf den Zeitraum von 22000 bis 18000 J. v. h. Es stellt einen wichtigen Marker biogeografischer Veränderungen in Europa dar. Durch Niederschlag, Abschmelzen der Gletscher und Veränderungen des Grundwasserspiegels kam es zu regelmäßigen Überflutungen in der Niedersächsischen Tiefebene. Zusätzlich sorgte andauernder Eintrag aus den Flussgebieten des Berglands für eine charakteristische Sedimentation mit Schichtungslagen unterschiedlicher Korngrößen. Die heute 281 km lange Leine verfügt über ein Einzugsgebiet von 6512 km<sup>2</sup>. Die Ablagerungen beinhalten fluviatiles/glaziales Geröll, Granulat, sandige Schotter, bis hin zu mesozoischen Felsbruchstücken (Winsemann et al. 2015; Lang et al. 2018).

Im Untersuchungsgebiet dürften die Gletschermassen des letzten Saale-Kaltzeitvorstoßes zur Dominanz jüngerer Fossilvorkommen beigetragen haben. Daher wird hier von einer Datierung der Funde auf höchstens 128000 J. v. h. ausgegangen. Seitdem hat sich dort kein Eisschild mehr gebildet.

## Ökologischer Kontext

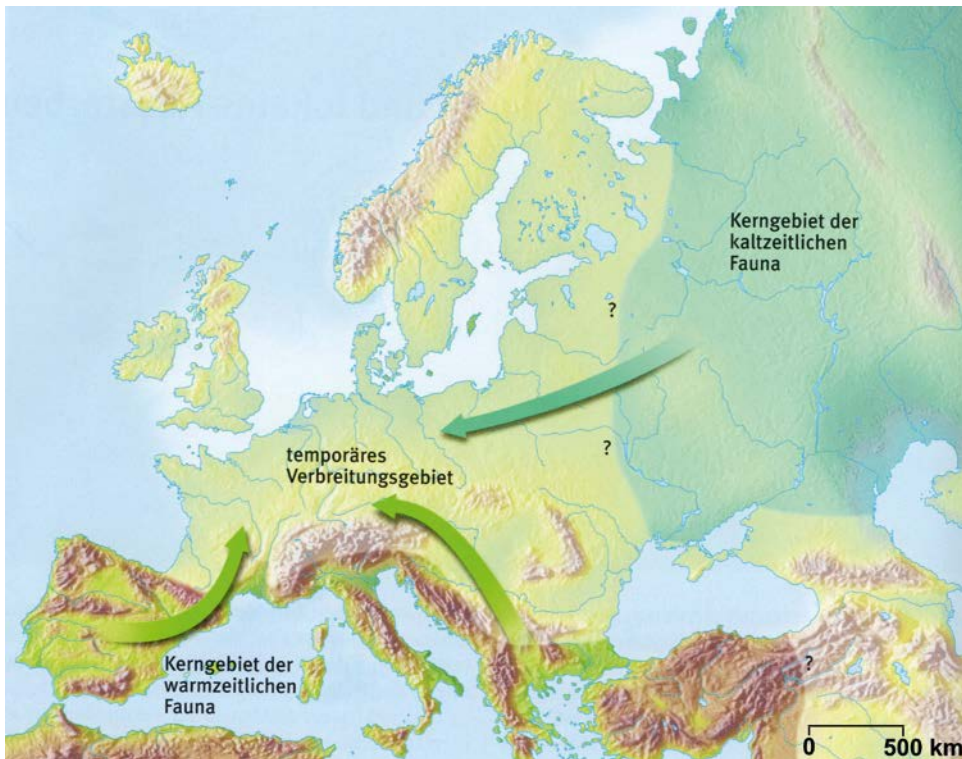
Die Weichsel-Kaltzeit (117000 bis 11560 J. v. h.), deren Gletscher nicht mehr bis in das Leinegebiet reichten, hatte ein erneutes Absinken der Temperatur zur Folge. Zwar wurde die Landschaft nicht wieder mit einem massiven Eisschild bedeckt, aber sie verwandelte sich in eine tundraähnliche Kaltsteppe, phasenweise sogar in eine vegetationslose Steinwüste. Die Laubwälder wurden wieder verdrängt,

und es verblieben ausschließlich kleine Sträucher und Kräuter (Staesche 1991).

## Das Letzte Glaziale Maximum (= LGM) und glaziale Refugien

Während der Kaltzeiten verlagerten sich die äußeren Grenzen des arktischen Lebensraums nach Süden und zwangen Arten temperierten Klimas in glaziale Refugien (Abb. 4), wo sie stabile Populationen aufrechterhalten konnten. An Kälte angepasste Arten breiteten sich aus ihren Kerngebieten in Osteuropa und Sibirien wieder in Zentraleuropa mit der arktischen Expansion entsprechend aus (von Koenigswald 2010).

Um die Umstände glazialer Refugien zu untersuchen, erfassten Sommer & Nadachowski (2006) Arten von archäologischen und paläontologischen Fundstellen, die auf das LGM datiert waren. Das LGM wurde dabei auf den Zeitraum von 23000 bis 16000 J. v. h. datiert (Sommer & Nadachowski 2006). Charakteristisch warmzeitliche Arten, die während des LGM ausreichend nachgewiesen sind, konnten als Indikatoren für glaziale Refugien genutzt werden, da sie offenbar im kältesten Zeitraum der letzten Kaltzeit trotzdem stabile Populationen auf dem europäischen Kontinent aufrechterhalten konnten. Dabei wurde deutlich, dass die Iberische Halbinsel, der Südwesten Frankreichs, die italienische Halbinsel und der Balkan, einschließlich Gebieten in Slowenien, Kroatien, Tschechien, Ungarn, im südlichen Polen und Griechenland, ein Überleben von Arten temperierter Klimate wie dem sehr dominant vertretenen Rothirsch (*Cervus elaphus*), dem Reh (*Capreolus capreolus*), dem Elch (*Alces alces*), dem Auerochsen (*Bos primigenius*) und dem Wildschwein (*Sus scrofa*) ermöglichten (van Vuure 2001, Sommer & Nadachowski 2006, Briedermann 2009, Sommer et al.



**Abb. 4** Mitteleuropa stellte sowohl für warmzeitliche als auch für kaltzeitliche Arten ein temporäres Verbreitungsgebiet dar. Warmzeitliche Arten zogen sich zeitweise in mediterrane glaziale Refugien

zurück, während kaltzeitliche Arten in Osteuropa und Sibirien weiterbestanden. Verändert nach von Koenigswald (2010).

2009, Queirós et al. 2019). Natürliche Barrieren, beispielsweise ausgeprägte Gebirgszüge wie die Pyrenäen, die Alpen oder die Karpaten und umliegende Meeresgebiete bildeten hierbei Grenzstrukturen. Während die Iberische Halbinsel scheinbar nahezu gänzlich isoliert war, ermöglichte die südlich der Alpen gelegene offene Verbindung zwischen der italienischen Halbinsel und dem Balkan einen regen genetischen Austausch verschiedener Populationen. Auch könnte eine erweiterte Landbrücke zwischen Italien und den westlichen Balkanstaaten aufgrund eines niedrigeren Wasserspiegels diesen Effekt verstärkt haben. Genomische Untersuchungen in

denen endemische Haplotypen von Wildschweinen aus der italienischen Halbinsel in 11 000 Jahre alten Proben aus Kroatien gefunden wurden, unterstützen diesen Ansatz (Alexandri et al. 2012).

Neben typisch warmzeitlichen Arten kam es auch vereinzelt zu einer Koexistenz mit kaltzeitlichen Arten wie dem Mammut (*Mammuthus primigenius*) und dem Rentier (*Rangifer tarandus*) in Nordspanien, Südwestfrankreich, Südpolen und im Westen der Karpaten (Sommer & Nadaschowski 2006). Eine Untersuchung, die in ihrem Vorkommen miteinander assoziierte Arten, sogenannte „paleo-communities“ analysierte, ergab, dass insbesondere das



Mammut, das Rentier und auch das Wollnashorn (*Coelodonta antiquitatis*) sowohl während der Eem-Warmzeit als auch um das LGM häufig zusammen auftraten. Im Gegensatz dazu stehen Arten wie der Rothirsch, der Auerochse und beispielsweise der Wolf (*Canis lupus*), die generalistischer vorkamen und weniger mit wiederholt gleichen Arten assoziiert auftreten (Carotenu et al. 2016). Diese Gemeinschaften von kaltzeitlichen und temperierten Arten sind insbesondere aus dem Intermediärzeitraum von 14 000 bis 10 000 J.v.h. bekannt (Sommer & Nadachowski 2006). Nachweislich koexistierte das Rentier beispielsweise mit dem Reh und dem Rothirsch über einen Zeitraum von ca. 3000 Jahren (Sommer et al. 2014). Mit der klimabedingten Unterteilung des europäischen Lebensraums in zwei unterschiedliche Habitate, deren Grenzen sich je nach Zeitraum entsprechend verlagert und ebenfalls einen intermediären Lebensraum gebildet hatten, können Rückschlüsse auf den zeitlichen Ursprung paläontologischer Funde gezogen werden. Eine Untersuchung (Sommer et al. 2011b) vergleicht die Verbreitung des Rentiers und der Europäischen Sumpfschildkröte (*Emys orbicularis*) zur Weichsel-Kaltzeit/Holozän-Transition. Es zeigte sich, dass das Rentier noch bis 12 900 J.v.h. in Zentraleuropa verbreitet war, sich dann durch steigende Temperaturen zurückzog und schließlich vor 10 600 J.v.h. auch im südlichen Schweden verschwunden war. Dabei wanderte es mit dem verschwindenden Eisschild immer weiter Richtung Norden. Bereits 450 Jahre später konnten sich Populationen der wechselwarmen Europäischen Sumpfschildkröte mithilfe bestehender Landbrücken zwischen Skandinavien und Zentraleuropa im südlichen Schweden etablieren, was auf eine verhältnismäßig schnelle Veränderung des Klimas hindeutet. Das Rentier hingegen ist heute

auf eine kalt-gemäßigte Tundra mit einem Nahrungsangebot bestehend aus Flechten, Kräutern, Riedgräsern, Moosen und auch Zweigen und Laubblättern in Gebieten nördlicher Laubwälder angewiesen (Sommer et al. 2011b). Gemäß des Aktualitätsprinzips lässt sich das Ernährungsverhalten rezenter Rentiere prinzipiell auf pleistozäne Artgenossen übertragen, wobei es je nach Breitengrad auch abweichende Nahrungsspektren geben kann (Rivals & Semperebon 2017). Die genannten Punkte bestätigen eine sich rapide veränderte Umwelt am Ende der letzten Kaltzeit und eine Vielzahl möglicher ökologischer Zwischenstadien, in denen kälte- und wärmeangepasste Arten zeitweise koexistierten oder zumindest die Faunenwechsel in einem relativ engen zeitlichen Zusammenhang standen.

## Systematik

Die Artbenennung orientiert sich hier an der Veröffentlichung „Ungulate Taxonomy“ (Groves & Grubb 2011), wonach sich eine sexuell reproduzierende Art wie folgt definiert: „Eine Art ist die kleinste Population oder Aggregation von Populationen, welche über festgesetzte, vererbba-re Unterschiede zu anderen, ebensolchen Populationen oder Aggregationen verfügt“ (Groves & Grubb 2011, S. 1). Dieser Kernsatz beruht auf dem phylogenetischen Artkonzept (englisch: Phylogenetic Species Concept, PSC) (Groves & Grubb 2011). Hierbei haben Arten distinkte phänotypische Merkmale, die weitervererbt werden, die aber nicht auf diese Arten beschränkt sein müssen. Der Grad der evolutionären Verwandtschaftsverhältnisse ist hierbei maßgebend. Merkmalserscheinungen und -Merkmalsakkumulationen in Populationen führen somit zur systematischen Erweiterung. Neben anderen

Artkonzepten wie beispielsweise dem Biologischen Artkonzept, das hauptsächlich sexuelles Reproduktionsvermögen als Einordnung in die gleiche Art voraussetzt (Groves & Grubb 2011), hat das PSC entscheidende Vorteile. Die Artbildung leitet sich hierbei stets von den vorliegenden Belegen ab. So können sowohl fossile Organismen, denen die sexuelle Reproduktionsfähigkeit nicht nachzuweisen ist, als auch sich nicht sexuell reproduzierende Organismen eingeordnet werden. Außerdem umgeht dieses Konzept auch Probleme wie den genetischen Austausch phänotypisch unterschiedlicher Populationen. Als Beispiel nennen Groves & Grubb (2011) den nachgewiesenen Austausch mitochondrialer DNA bei den Arten *Odocoileus hemionus* und *Odocoileus virginianus*. Abgesehen davon ist eine Aussage über das sexuelle Reproduktionsvermögen bei Arten mit getrennten geografischen Verbreitungsgebieten in vielen Fällen nur spekulativ zu treffen.

Dennoch erfährt das PSC auch Kritik, da die evolutionäre Abstammung eines Taxons nicht immer zuverlässig nachzuweisen ist und eine linear-evolutionistische Herangehensweise Gefahr laufen kann, komplexere Systematik zu vernachlässigen (Aldhebiani 2018). Systematische Aspekte wie beispielsweise kryptische Arten, also Arten, die sich genotypisch, aber nicht phänotypisch unterscheiden lassen, können daher nicht miteinbezogen werden.

Zusammenfassend weisen Groves & Grubb (2011) einer Art vier folgende Eigenschaften zu:

- Arten bilden das terminale Ende einer Stammlinie und somit die am wenigsten inklusive Einheit.
- Arten sind eigenständige Einheiten, wobei unterhalb der Artebene die Verwandtschaftsverhältnisse retikulär sein können (z. B. Hybride).

- Arten sind auf jeden Fall diagnostizierbar. Sie haben feste, vererbare Eigenschaften, auch wenn diese in bestimmten Fällen nur in einem Geschlecht oder Lebensstadium feststellbar sind.
- Arten sind genetisch, aber nicht notwendigerweise reproduktiv isoliert (Groves & Grubb 2011, S. 2).

Auf Gattungsebene werden von Groves & Grubb (2011) Artengruppen auf phänetischer Basis zusammengefasst, wobei belegbare, phänotypische Merkmale verglichen und die wahrscheinlichsten phylogenetischen Verwandtschaftsverhältnisse ermittelt werden. Die Taxa sind in diesem Fall nicht zwingend monophyletisch.

Der Bezug auf eine systematische Grundlage soll in dieser Analyse helfen, Arten eindeutig benennen zu können, da vor allem in älterer Literatur nicht selten Uneindeutigkeit herrscht. Betrachtet man zum Beispiel die Gattung *Equus*, unterscheidet sich die Benennung je nach Literatur zum Teil sehr stark. Für die als Tapan bekannte europäische Wildpferd-Art *Equus ferus*, die noch bis in das zwanzigste Jahrhundert überlebte, tauchen unterschiedliche Artnamen wie *Equus sylvestris* oder *Equus gmelini* auf. Nach Groves & Grubb (2011) sind diese als Synonyme der gleichen Art zu sehen. Das asiatische Przewalski-Wildpferd, *Equus przewalskii*, bildet hier eine eigenständige Art, die in manchen Arbeiten wiederum als Unterart *Equus ferus przewalskii* geführt wird und darüber hinaus über Synonyme wie z. B. *Equus hagenbeckii* bekannt ist. *Equus przewalskii* ist das einzige rezente Wildpferd. Die domestizierte Form der Pferde wird als *Equus caballus* bezeichnet. Dies gilt auch für die amerikanischen Mustangs, die verwilderte Nachfahren eingeführter Hauspferde sind. Groves & Grubb (2011) verorten die Bisons außerdem aufgrund ihrer

nahen genetischen Verwandtschaft in einer Gattung mit *Bos primigenius* beziehungsweise seiner domestizierten Form *Bos taurus*. Auch in anderen modernen Quellen werden die rezenten Bisonarten (Wisent, Amerikanischer Bison) unter der Gattung *Bos* zusammengefasst (Castelló 2016). Der Europäische Steppenbison wird in dieser Arbeit als *Bos priscus* geführt, obwohl er in vielen Literaturquellen auch heute noch als *Bison priscus* bezeichnet wird.

## Zielsetzung

Ziel dieser Ausarbeitung ist festzustellen, welche Arten mithilfe von osteometrischer Bestimmungsverfahren aus den Funden des Leinetals zu bestimmen sind. Diese

sollen außerdem in einen biogeografischen Zusammenhang gestellt werden. Die glazialen Kiese lassen die Vermutung zu, dass vor allem kaltzeitliche Arten auftreten. Daher wird auch geprüft zu welchen Anteilen warm- bzw. kaltzeitliche Arten vorhanden sind. Zusätzlich stellt sich die Frage, ob es sich beim Leinetal tatsächlich um den Lebensraum der in den Fossilfunden vertretenen Individuen handelt oder, ob ihre Knochen einen anderen Ursprung haben und sich an der Fundstelle nur abgelagert haben. Diskussionsraum bieten außerdem mögliche Einflüsse auf die Beschaffenheit des Artenspektrums, die Bedeutung des Lebensraums für die Arten, die Bedeutung des Anteils juveniler Individuen und mögliche anthropogene Einflüsse.

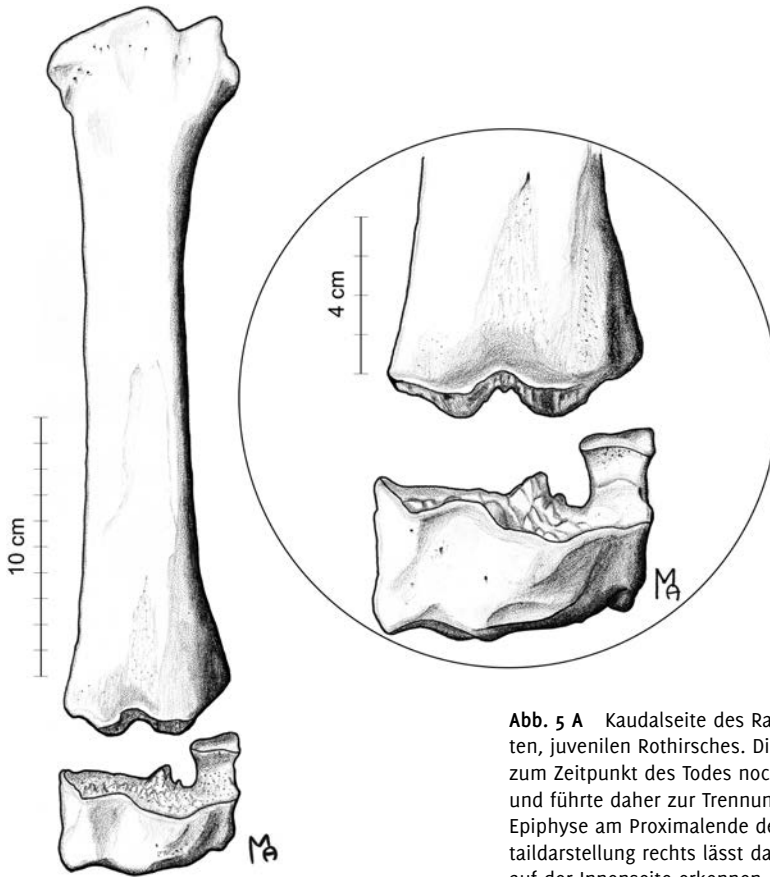
## Material und Methoden

### Material

Für die Untersuchung wurde Material aus der Pleistozän-Sammlung des Landesmuseums Hannover verwendet. Die Sammlung umfasst Knochen von Wirbeltieren, die hauptsächlich von Säugetieren stammen. Es handelt sich um Funde, die im Zeitraum zwischen 1997 und 2005 vorwiegend von dem ehrenamtlichen Sammler Wolfgang Weidehaus gefunden und parallel, beziehungsweise nach Einstellung des Kiesabbaus, dem Landesmuseum gestiftet wurden. Seinen Angaben zufolge stammen alle Exemplare aus den Kiesabbaugebieten der Ortschaften Hemmingen, Koldingen, Jeinsen und Gleidingen. Zur Konservierung fossiler Knochen ist ein sehr langsames Austrocknen notwendig. Nach Aussage des Sammlers wurden sie dazu – nachdem sie zutage gefördert waren – in noch bergfeuchtem Zustand für den Transport in Plastiktüten gehüllt und

dann in nassen Sand eingebettet. So konnten sie über mehrere Wochen langsam austrocknen und sind daher heute sehr gut zu lagern.

Insgesamt wurden 1072 Einzelstücke ausgewertet, gleichermaßen bestehend aus fragmentierten und vollständigen Knochen. Die meisten Funde stammen aus Hemmingen (n=776). Aus Jeinsen stammen 206, aus Koldingen 33 und aus Gleidingen 13 Exemplare. Dabei wurden ausschließlich die Langknochen von Huftieren betrachtet. Dazu gehören die Vordergliedmaßen, bestehend aus Humerus, Radius, Ulna, Metacarpus und die Hintergliedmaßen, die sich aus Femur, Tibia und Metatarsus zusammensetzen. Die bei allen schnellen Läufern stark reduzierte Fibula des Unterschenkels ist in der Regel sehr verlustanfällig. In diesem Fall lagen keine Exemplare der Huftiere vor. Das Schulterblatt (Scapula), die Handwurzelknochen (Ossa carpi), die Fingerknochen (Ossa



**Abb. 5 A** Kaudalseite des Radius eines rezenten, juvenilen Rothirsches. Die Metaphyse war zum Zeitpunkt des Todes noch nicht ossifiziert und führte daher zur Trennung von Diaphyse und Epiphyse am Proximalende des Knochens. Die Detaildarstellung rechts lässt das spongiöse Gewebe auf der Innenseite erkennen. Bildvorlagen für die Zeichnungen (Abb. 5 B und 5 C).



**Abb. 5 B** Vorlage 2 zu Abb. 5 A. (Sammlungsnummer MAM197.99)



**Abb. 5 C** Vorlage 1 zu Abb. 5 A. (Sammlungsnummer MAM197.99)

digiti manus), der Beckengürtel (Pelvis), die Kniescheibe (Patella), die Fußwurzelknochen (Ossa tarsalia) und die Zehenknochen (Ossa digiti pedis) sind in der Sammlung nur in sehr geringer Stückzahl bzw. gar nicht vertreten. Infolgedessen ist deren Repräsentativität als sehr niedrig zu bewerten, weshalb sie nicht in die Analyse miteinbezogen wurden.

## Methoden

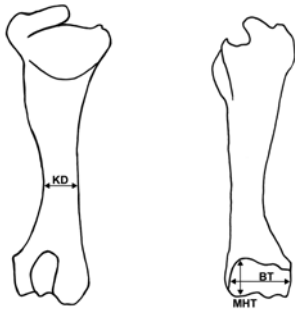
Zur Dokumentation diente in einer ersten Sichtung aller 1072 Knochen eine Excel-Tabelle. Dabei wurde die Katalognummer, der Knochentyp, die Sektion (Verwahrung innerhalb der Sammlungsräumlichkeiten), der Fundort (Hemmingen, Jeinsen, Koldingen oder Gleidingen), die Lateralität (sinister oder dexter), das ontogenetische Stadium („Juvenilität“), die Vollständigkeit (bei Fragmentierung wurde notiert, welcher Teil des Knochens vorhanden ist) und das Taxon, soweit bestimmbar, notiert. Bei den Radii wurde ebenfalls vermerkt, wenn diese mit der Ulna verschmolzen vorlagen. Ein Knochen galt als vollständig, wenn dieser aus den beiden Epiphysen und der Diaphyse bestand. Auch sollte er nicht zu stark beschädigt sein und typische Merkmale erkennbar aufweisen. Bei fragmentierten Exemplaren wurde notiert, welcher Teil des Langknochens vorhanden ist. Um ein Exemplar als juvenil oder nicht juvenil zu vermerken, wurde geprüft, ob mindestens eine Epiphyse entlang der Metaphyse von der Diaphyse abgetrennt war, wie es bei nicht ausgewachsenen Tieren aufgrund der verknorpelten Metaphysen typisch ist (Abb. 5).

Zur Ersteinordnung des Taxons wurden Bestimmungsatlanten (Schmid 1972, Pales & Garcia 1981, France 2009) verwendet. Die Knochen ließen sich anhand

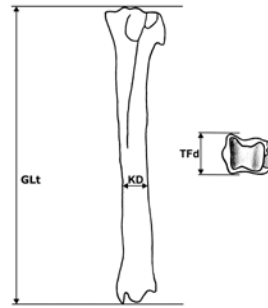
**Tab. 1** Die entnommenen Messstrecken und die daraus gebildeten Indices der unterschiedlichen Knochentypen der Cervidae nach Martin (1987). Am jeweiligen Knochentyp sind die Messstrecken in Abb. 6–10 dargestellt. KD = Kleinster Durchmesser der Diaphyse; MHT = Mediale Höhe der Trochlea humeri; BT = Breite der Trochlea humeri; BFp = Größte Breite der proximalen Gelenkfläche; GLr = Größte Länge des Radius; MB = Größte Breite der Metaphyse; EB = Größte Breite der Epiphyse; KT = Kleinste Tiefe der Diaphyse; TC = Größte Tiefe des Caput femoris; BC = Größte Breite des Caput femoris; Tfd = Tiefe der distalen Gelenkfläche; GLt = Größte Länge der Tibia.

	Messstrecken	Indices
Humerus	KD, MHT, BT	$\frac{MHT \cdot 100}{BT}$
Radius	KD, BFp, GLr	$\frac{KD \cdot 100}{GLr}$
Metacarpus	KD, MB, EB	$\frac{MB \cdot 100}{EB}$
Femur	KD, KT, TC, BC	$\frac{TC \cdot 100}{BC}$ , $\frac{KD \cdot 100}{KT}$
Tibia	KD, Tfd, GLt	
Metatarsus	KD, MB, EB	$\frac{MB \cdot 100}{EB}$

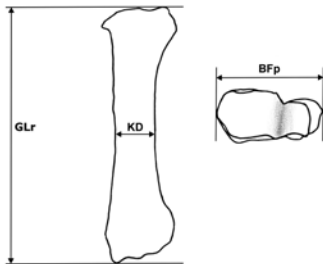
spezifischer Merkmale, die in ihrer Aussagekraft je nach Art und Knochentyp variieren können, den entsprechenden Arten zuordnen. Exemplare, die auf die Gattung *Equus* zurückzuführen waren, ließen sich nicht weiter auf die Spezies bestimmen, sondern als *Equus* sp. verzeichnet, da kein geeignetes Vergleichsmaterial und keine geeignete, noch detailliertere Bestimmungsliteratur zur Verfügung standen. Insbesondere durch die hohe Variabilität der Körpergrößen mitteleuropäischer Wildpferd-Funde (Dechert et al. 1999, Kyselý & Peške 2016), war das Risiko einer fehlerhaften Einordnung erhöht. Vertreter der Familie Suidae waren alle als eine Art erkennbar und somit der Art *Sus scrofa* zuzuordnen. Bovidae vom Tribus der Caprini



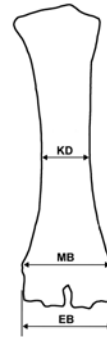
**Abb. 6** Schematisch dargestellte Messstrecken des Humerus der Cervidae, entsprechend Tab. 1. KD = kleinster Durchmesser der Diaphyse; MHT = mediale Höhe der Trochlea humeri; BT = Breite der Trochlea humeri.



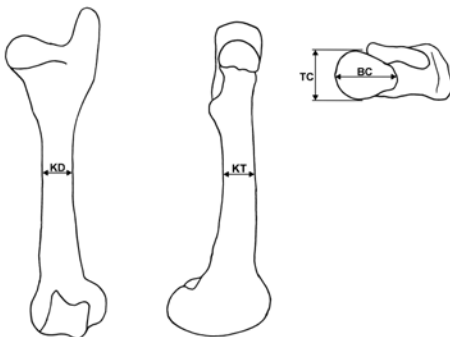
**Abb. 9** Schematisch dargestellte Messstrecken der Tibia der Cervidae, entsprechend Tab. 1. KD = kleinster Durchmesser der Diaphyse; TFd = Tiefe der distalen Gelenkfläche; GLt = größte Länge der Tibia.



**Abb. 7** Schematisch dargestellte Messstrecken des Radius der Cervidae, entsprechend Tab. 1. KD = kleinster Durchmesser der Diaphyse; BFp = größte Breite der proximalen Gelenkfläche; GLr = größte Länge des Radius.



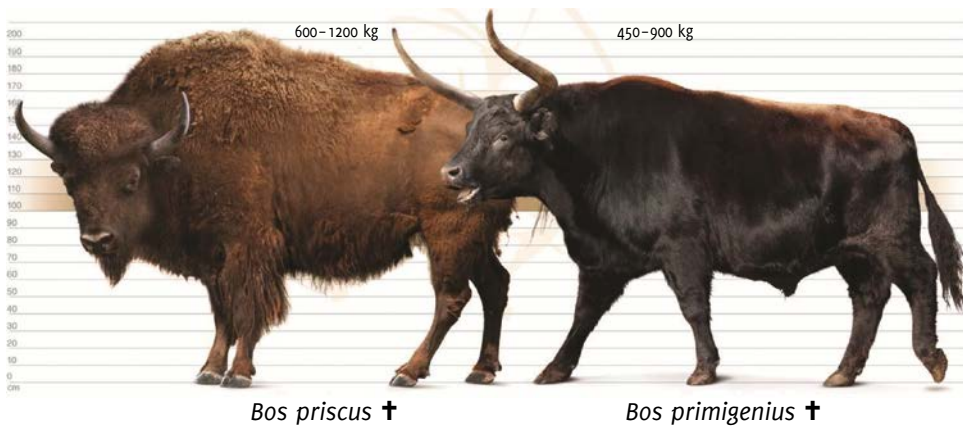
**Abb. 10** Schematisch dargestellte Messstrecken der Metapodien (sowohl Metacarpus als auch Metatarsus) der Cervidae entsprechend Tab. 1. KD = kleinster Durchmesser der Diaphyse; MB = größte Breite der Metaphyse; EB = größte Breite der Epiphyse.



**Abb. 8** Schematisch dargestellte Messstrecken des Femur der Cervidae, entsprechend Tab. 1. KD = kleinster Durchmesser der Diaphyse; KT = kleinste Tiefe der Diaphyse; TC = größte Tiefe des Caput femoris; BC = größte Breite des Caput femoris.

wurden ebenfalls nicht bis auf die Gattungs- und Artebene bestimmt, da auch hier keine geeignete Bestimmungsliteratur bzw. geeignetes Vergleichsmaterial zur Verfügung standen.

Um eine Bestimmung möglichst bis zur Artebene zu ermöglichen, wurde bei den Cervidae und Bovidae auch weiterführende Literatur verwendet. Zur Unterscheidung



**Abb. 11** Rekonstruktion des Habitus von *Bos priscus* und *Bos primigenius*; Darstellung: Roman Uchytel (prehistoric-fauna.com).

von *Megaloceros giganteus*, *Bos priscus* und *Bos primigenius* verwendete Martin (1987) diverse Messstrecken und daraus resultierende Indices. Dabei wurden je nach Knochentyp spezielle Messwerte genommen, die in dieser Ausarbeitung auf die Cervidae übertragen werden konnten (Tab. 1).

In Abb. 6–10 sind die Messstrecken am jeweiligen Knochentyp Humerus, Radius, Femur, Tibia und Metacarpus dargestellt.

In der Auswahl befanden sich allerdings nur Exemplare, bei denen die Messungen auch durchzuführen waren ( $n = 51$ ). Bei den vielen fragmentierten Knochen, die eine genaue Ausmessung nicht zuließen, konnte nur durch möglichst akkuraten visuellen Vergleich mithilfe der Bestimmungstafeln eine Aussage getroffen werden. Als Messinstrument diente eine Präzisionschieblehre der Marke Bahr. Zur Unterscheidung der Humeri ließen sich der Höhen-Breiten-Index der Trochlea humeri  $((MHT \cdot 100)/BT)$  und der kleinste Diaphysendurchmesser (KD) messen. Um die Radii zu vergleichen, konnte der Breiten-Längenindex der Diaphyse  $((KD \cdot 100)/GL)$  und die Breite der proximalen Gelenkfläche (BFp) herangezogen werden.

Bei den Ulnae war ausschließlich der visuelle Vergleich mithilfe der zuvor genannten Bestimmungsliteratur möglich. Bei den Femora wurde der Caput-Index  $((TC \cdot 100)/BC)$  und der Breiten-Tiefen-Index der Diaphyse  $((KD \cdot 100)/KT)$  ermittelt. Für die Tibiae verwendete man die Tiefe der distalen Gelenkfläche (TFd) und den kleinsten Diaphysendurchmesser. Als Grundlage zur Unterscheidung der Metapodien der Cervidae, fand die Arbeit von Schertz (1936) Verwendung, die sich ebenfalls mit der Unterscheidung von Vertretern der Gattung *Bos*, und im angewandten Fall anhand der Metapodien, befasste. Hieraus wurden die Messstrecken des KD, der MB (Metaphysenbreite) und der EB (Epiphysenbreite) auf die Metapodien des Untersuchungsmaterials angewandt. Daraus ließ sich ein Index aus der EB und der MB bilden: Meta-Epiphysen-Breiten-Index  $((MB \cdot 100)/EB)$ . Um das Untersuchungsmaterial mit sicher bestimmten Vertretern der jeweiligen Art vergleichen zu können und so eine möglichst zuverlässige Aussage zur Artzugehörigkeit treffen zu können, half Vergleichsmaterial aus Sammlungseinrichtungen, worauf die

**Tab. 2** Untersuchungsmerkmale der Gattung *Bos* an Humerus, Radius, Femur und Tibia nach Martin (1987).

Knochentyp	Merkmal	<i>Bos primigenius</i>	<i>Bos priscus</i>
Humerus	M1	fehlend	vorhanden
	M2	abrupter Übergang	allmählicher Übergang
	M3	kräftig ausgeprägt	flach
	M4	breit-kastenförmig	schmaler
	M5	fehlt	vorhanden
	M6	eher breit	eher schmal
Radius	M7	tief eingekerbt	ohne Kerbe, rechteckig
	M8	kräftig vorspringend	flach abfallend
	M9	kräftig ausgeprägt	schwach
	M10	verschmälert sich kaudal stark	verschmälert sich kaudal kaum
	M11	schwach gekrümmt	stark gekrümmt
	M12	bis 95°	über 101°
	M13	fehlt	vorhanden
	M14	vollständig knöchern	weitgehend knorpelig
Femur	M15	steil	flach
	M16	weit offen	etwas verengt
	M17	über 65°	bis 62°
	M18	mit distaler Einknickung	ohne distale Einknickung
	M19	über 92°	bis 89°
Tibia	M20	schwach gekrümmt	stark gekrümmt
	M21	flach, senkrecht zur Längsachse	geknickt bzw. schräg zur Längsachse
	M22	flach	tief
	M23	tief	flach

M1 Einkerbung im Tuberkulum maius  
M2 Übergang der Diaphyse in das Tuberkulum minus  
M3 Führungsgrat und Rinne der Trochlea humeri  
M4 Form der Fossa olecrani  
M5 Tuberkulum intermedium  
M6 proximaler Gelenkkopf  
M7 Verbindungsstelle zur Ulna (Kaudalseite der proximalen Gelenkfläche)  
M8 lateraler Bandhöcker am Caput radii  
M9 Relief der proximalen Gelenkfläche  
M10 Facette des Os radiale  
M11 Krümmung der distalen Gelenkfläche  
M12 distaler Gelenkflächenindex  $\frac{BFdm \cdot 100}{BFdl}$

M13 Kerbe in der Facette für das Os ulnare  
M14 Verbindung der Diaphysen von Radius und Ulna  
M15 Anstieg des Trochanter maior  
M16 Öffnung der Fossa trochanterica  
M17 Winkel an der Fossa trochanterica  
M18 lateraler Begrenzungsgrat der Facies patellaris  
M19 Trochlea-Index  $\frac{BTd \cdot 100}{BTp}$   
M20 lateraler Rand des Condylus lateralis  
M21 Form & Stellung der dorsalen Gelenkfläche für das Os malleolare  
M22 Einschnitt für den Zapfen des Os malleolare  
M23 Grube für den Musculus flexor



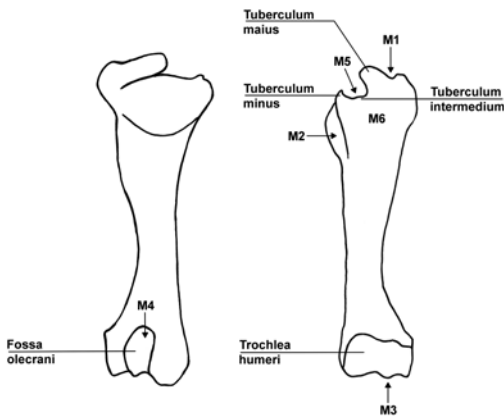


Abb. 12 Schematisch dargestellte untersuchte Merkmalsausprägungen des Humerus der Gattung *Bos* entsprechend Tab. 2.

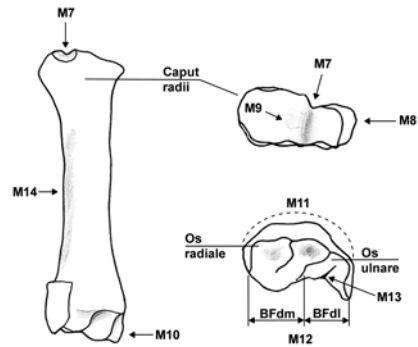


Abb. 13 Schematisch dargestellte untersuchte Merkmalsausprägungen des Radius der Gattung *Bos* entsprechend Tab. 2.

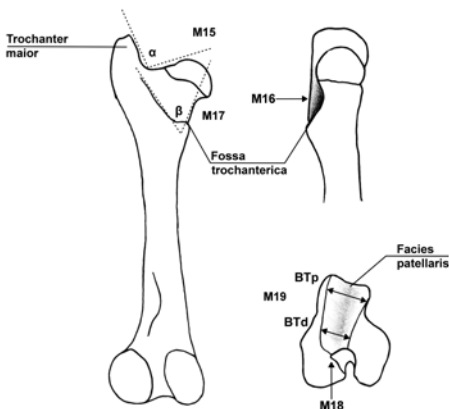


Abb. 14 Schematisch dargestellte untersuchte Merkmalsausprägungen des Femur der Gattung *Bos* entsprechend Tab. 2.

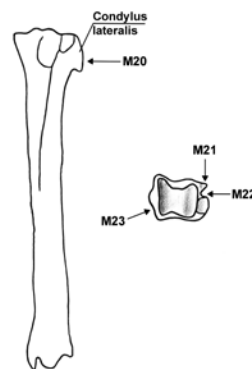


Abb. 15 Schematisch dargestellte untersuchte Merkmalsausprägungen der Tibia der Gattung *Bos* entsprechend Tab. 2.

gleichen Messungen angewandt wurden. Eine Auflistung des gesamten Vergleichsmaterials ist in Tab. 4 (Appendix) aufgeführt. Alle Messergebnisse sind letztendlich in Scatterplots dargestellt (Appendix, Tab. 9–14; Abb. 27–32).

Die beiden Arten *Bos priscus* und *Bos primigenius* waren in ihrem Habitus sehr ähnlich (Abb. 11). Oberflächlich betrachtet wirken die Knochen des Auerochsen etwas stämmiger und gedrungener, aber durch die verwandtschaftliche Nähe ist ein

einzelnes Merkmal zur Identifizierung eines Knochens nicht aufschlussreich genug. Um sichere Aussagen treffen zu können, wurde eine weitere Methode nach Martin (1987) angewandt. Diese bedient sich einer Kombination aus Merkmalen jeweils des Humerus, des Radius, des Femurs und der Tibia. In Tab. 2 sind die untersuchten Merkmale aufgeführt.

In den Abb. 12–15 sind die Merkmale schematisch am jeweiligen Knochentypen dargestellt. Die festgestellten

Merkmalskombinationen sind in den Tab. 5–8 (Appendix) zusammengetragen.

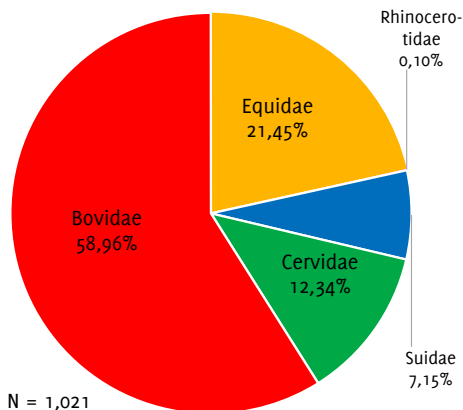
Jedes Merkmal war nach einer Untersuchung in „Typisch für *Bos primigenius*“, „intermediär“ und „Typisch für *Bos priscus*“ zu beurteilen. Exemplare (n=54), bei denen ausreichend Merkmale erkennbar waren, um die Zuordnung zu einer Art zu ermöglichen, waren in der Auswahl. Exemplare, bei denen nur ein einziges Merkmal nicht

azumachen war, konnten ebenfalls mit-einbezogen werden. Wenn über die Hälfte der Merkmale für eine Art typisch waren, ließ sich der Knochen dieser zuordnen. Das gleiche Verfahren konnte angewendet werden, wenn nur die Hälfte der Merkmale des jeweiligen Knochentyps für eine Art und kein anderes Merkmal für die andere Art typisch waren.

## Ergebnisse

Es wurden insgesamt 1072 Langknochen von Huftieren untersucht (Appendix, Tab. 15). Von diesen konnten 1021 mindestens bis auf die Familie bestimmt werden. 51 konnten lediglich als Huftier oder Paarhufer identifiziert werden und sind im Weiteren als unbestimmt aufgeführt oder vernachlässigt. In Tab. 16a–d (Appendix) sind die Auswertungen der Fundorte im Einzelnen aufgeführt.

**Abb. 16** Anteiliges Verhältnis der Langknochen der fünf vertretenen Familien aus den Fundorten Hemmingen, Jeinsen, Koldingen und Gleidingen. Artiodactyla (Paarhufer) machen einen Teil von 78,45 % und Perissodactyla (Unpaarhufer) einen Teil von 21,55 % aller bestimmbarer Exemplare aus.



Auf Ordnungsebene machen die Artiodactyla (Paarhufer), mit insgesamt 78,45% den Großteil aus. Die Unpaarhufer (Perissodactyla) nehmen somit nur einen Anteil von 21,55 % aller bestimmten Arten ein. In Abb. 16 sind die Anteile der unterschiedlichen Familien aller Fundorte dargestellt.

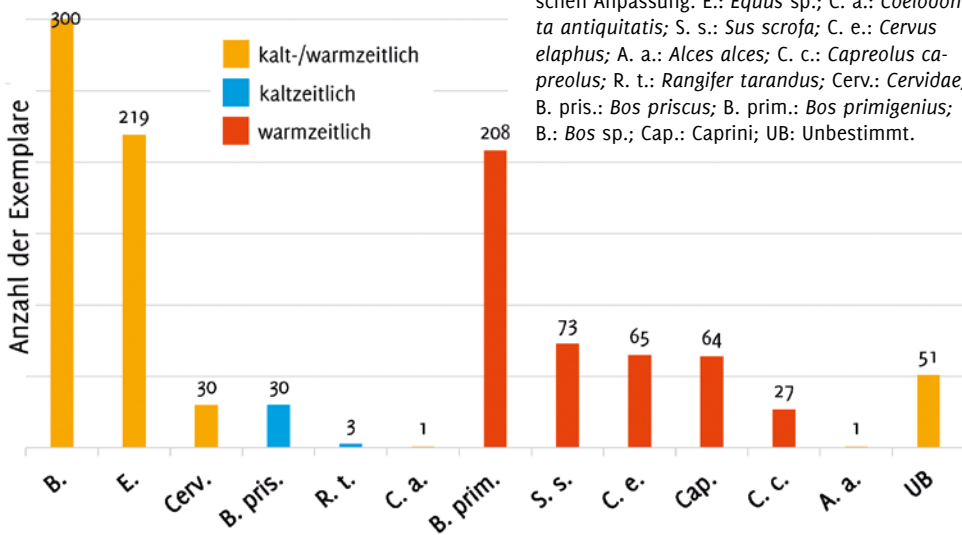
Der größte Anteil aller vertretenen Arten gehört zur Familie der Bovidae, die hauptsächlich Exemplare der Gattung *Bos* (n=538) beinhalten. Davon konnten 30 als *Bos priscus* und 208 als *Bos primigenius* sicher bestimmt werden. 300 konnten zumindest der Gattung *Bos* zugeordnet werden. Unter den Bovidae wurden auch 64 Exemplare dem Tribus Caprini zugeordnet. Unter den insgesamt 126 Cervidae war *Cervus elaphus* mit 65 dominant vertreten. Auch konnten 27 Rehe (*Capreolus capreolus*) und 3 Rentiere (*Rangifer tarandus*) bestimmt werden (Abb. 17). Ein Elch (*Alces alces*) konnte identifiziert werden und 30 Knochen konnten lediglich der Familie Cervidae zugeordnet werden.

Am zweithäufigsten sind die Equidae mit 219 Exemplaren der Gattung *Equus* vertreten, wobei es sich wahrscheinlich hauptsächlich um *Equus ferus* handelt, da *Equus hydruntinus* tendenziell im südlichen Europa verbreitet war (Crees & Turvey 2014). Außerdem konnte ein Exemplar



**Abb. 17** Metacarpalia von drei identifizierten Vertretern der Cervidae. Von links nach rechts: Rothirsch (*Cervus elaphus*), Rentier (*Rangifer tarandus*), Reh (*Capreolus capreolus*) (Sammlungsnummern: V1515, V771, V1507).

dem Wollhaarnashorn *Coelodonta antiquitatis* zugeordnet werden. Es wurden 73 Knochen als *Sus scrofa* zugehörig identifiziert. An allen Fundorten war die Gattung *Bos*, hauptsächlich *Bos primigenius*, dominant vertreten. Die Gattung *Equus* machte stets den zweitgrößten Anteil aus. Bei Betrachtung des Verhältnisses von kaltzeitlichen und warmzeitlichen Arten wird deutlich, dass der überwiegende Anteil aus Arten besteht, die mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht im letzten Glazial sensu stricto gelebt haben. Von den 1072 Knochen konnten nur 34 Exemplare eindeutig kaltzeitlichen Individuen zugeordnet werden, nämlich einem Wollnashorn, drei Rentieren und 30 Steppenbisons. Andere typisch kaltzeitliche Arten wie der Riesenhirsch (*Megaloceros giganteus*) oder der Moschusochse (*Ovibos moschatus*) sind in den Funden nicht vertreten. Der Großteil ist nicht auf die Artebene bestimmbar oder gehört zu Arten temperierter Klimate (Abb. 18).



**Abb. 18** Absolute Anzahl aller Exemplare von allen Fundorten, aufgeteilt nach ihrer klimatischen Anpassung. E.: *Equus* sp.; C. a.: *Coelodonta antiquitatis*; S. s.: *Sus scrofa*; C. e.: *Cervus elaphus*; A. a.: *Alces alces*; C. c.: *Capreolus capreolus*; R. t.: *Rangifer tarandus*; Cerv.: Cervidae; B. pris.: *Bos priscus*; B. prim.: *Bos primigenius*; B.: *Bos* sp.; Cap.: Caprini; UB: Unbestimmt.

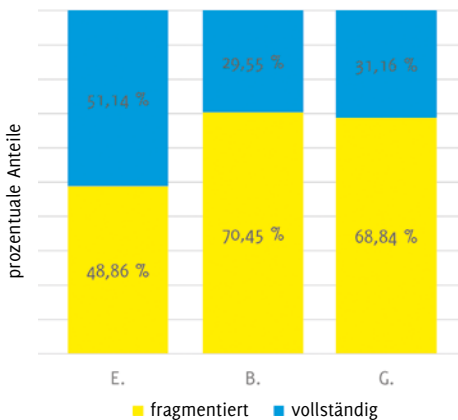
Bereits bei der ersten Durchsicht fiel auf, dass unter den Pferdeknöcheln auffällig viele Exemplare in sehr gutem Zustand waren. In Abb. 19 sind die Anteile vollständiger und fragmentierter Knochen gegenübergestellt. Hierbei wurden die beiden am häufigsten vertretenen Gattungen *Equus* (112 vollständig, 107 fragmentiert) und *Bos* (159 vollständig, 379 fragmentiert) und die Gesamtzahl aller untersuchten Knochen (334 vollständig, 738 fragmentiert) zusammengetragen.

Bei den Pferdeknöcheln sind somit über die Hälfte in vollständigem Zustand und auffällig gut erhalten. Sie weisen sehr wenige Beschädigungen (Abbrüche o. ä.) auf und es gibt fast keine Exemplare, deren Oberfläche abgeblättert ist. Die Rinderknöcheln spiegeln hingegen in einer Relation von unter einem Drittel vollständiger Knochen gegenüber fragmentierten Knochen das Gesamtverhältnis wider. Mit 112 von 334 vollständigen Knochen machen

die Pferde in etwa ein Drittel der Gesamtheit aller vollständigen Knochen aus. Insgesamt konnten 142 Knochen ausgemacht werden, die auf Juvenilität eines Individuums hindeuten (Tab. 3).

Eine Rohdatenliste aller einzelnen im Detail beschriebenen 1072 Exemplare ist sowohl im Institut für Wildtierforschung der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover als auch im Landesmuseum Hannover hinterlegt. Sie liegt als PDF und Excel-Tabelle vor.

**Abb. 19** Die prozentualen Anteile der vollständig erhaltenen und fragmentierten Knochen von *Equus* sp. (E.); *Bos* sp. (B., einschließlich *Bos priscus* und *Bos primigenius*) und der Gesamtheit aller Knochen (G) aus allen Fundorten.



**Tab. 3** Die Gesamtheit der als juvenil identifizierten Exemplare und deren Anteil am jeweiligen Taxon von allen Fundorten. E.: *Equus* sp.; C. a.: *Coelodonta antiquitatis*; S. s.: *Sus scrofa*; C. e.: *Cervus elaphus*; A. a.: *Alces alces*; C. c.: *Capreolus capreolus*; R. t.: *Rangifer tarandus*; Cerv.: Cervidae (nicht näher bestimmt); B. pris.: *Bos priscus*; B. prim.: *Bos primigenius*; B.: *Bos priscus* oder *Bos primigenius*; Cap.: Caprini (nicht näher bestimmt).

Taxon	Anzahl	Juvenil	
E.	219	12	5,48 %
C. a.	1	0	0,00 %
S. s.	73	24	32,88 %
C. e.	65	2	3,08 %
A. a.	1	0	0,00 %
C. c.	27	7	25,93 %
R. t.	3	1	33,33 %
Cerv.	30	4	13,33 %
B. pris.	30	2	6,67 %
B. prim.	208	9	4,33 %
B.	300	54	18,00 %
Cap.	64	19	29,69 %
Unbest.	51	8	15,69 %
<b>Gesamt</b>	<b>1072</b>	<b>142</b>	<b>13,25 %</b>

## Diskussion

### Analyse des Artenspektrums und zeitliche Einordnung

Die Befunde legen nahe, dass die Mehrzahl der Knochen zu Arten gehören, die ein temperiertes Klima bevorzugen. Insgesamt stellen 208 Auerochsen, 73 Wildschweine, 65 Rothirsche, 27 Rehe, 64 Ziegenartige und ein Elch Indikatoren für eine Warmzeit dar. Lediglich 34 Individuen, bestehend aus 30 Steppenbisons, 3 Rentieren und einem Wollnashorn (Abb. 20) sind typisch kaltzeitliche Arten.

Dies spricht gegen den Ursprung der Knochen aus der Eem-Warmzeit, da in den Fossilfunden der Einfluss der zwischenzeitlichen Weichsel-Kaltzeit stärker vertreten sein müsste. Auch das gänzliche Fehlen von Riesenhirschen oder Moschusochsen, die während des späten Pleistozän bis ins frühe Holozän in Norddeutschland vertreten waren (Markova et al. 2015), spricht ebenso für einen Ursprung der Knochen aus einer Warmzeit. Allerdings ist zu bedenken, dass die sehr dominant vertretenen Pferde sowohl zur letzten Kaltzeit als auch im Holozän Europa besiedelten. Nach Einbruch der Wildpferdbestände zu Beginn des Holozän konnten sich die Populationen im weiteren Verlauf der Klimaperiode wieder erholen (Leonardi et al. 2018). Es lässt sich somit feststellen, dass die kaltzeitlichen Funde Restbestände aus der Weichsel-Kaltzeit sind, oder zumindest aus dem Intermediärzeitraum (Interglazial) zwischen Weichsel-Kaltzeit und Holozän stammen. Widersprüchlich diesbezüglich ist allerdings, dass die Funde warmzeitlicher Arten aus den kaltzeitlichen Kiesen selbst stammen. Somit muss es zu einer Vermischung der warmzeitlichen Knochen und der kaltzeitlichen Kiese gekommen sein.



**Abb. 20** Kaudalseite eines Humerus (sinister), der als einziges Exemplar der eiszeitlichen Art *Coelodonta antiquitatis* (Wollnashorn) zugeordnet werden konnte (Sammlungsnummer V2306).

### Osteometrische Bestimmung

Mithilfe der Bestimmung von Merkmalskombinationen konnten bei den 54 untersuchten Rinderknochen 14 Exemplare *Bos priscus* und 33 Exemplare *Bos primigenius* zugeordnet werden (Tab. 5–8, Appendix). Sieben blieben weiterhin nur auf die Gattung *Bos* bestimmbar. Neben eindeutig bestimmbar Merkmalen gab es intermediäre Formen, die noch im Weiteren diskutierte potenzielle Domestikationseinflüsse darstellen könnten. Daher empfiehlt es sich für zukünftige

Untersuchungen die Methodik um weitere Unterscheidungsaspekte zu erweitern. Während der Merkmalsuntersuchung erwies es sich in manchen Fällen als schwierig, objektive Bewertungen einzelner Merkmale zu treffen, da die in der Literaturgrundlage (Martin 1987) beschriebenen Merkmalsausprägungen nicht selten einen gewissen Interpretationsspielraum zuließen. Die Unterscheidung beider Arten anhand der Metacarpalia war hingegen sehr einfach durchführbar, da diese zweifelsfrei ohne weiterführende Bestimmungsverfahren auseinanderzuhalten sind (Abb. 21).

Bei der Bestimmung der Cervidae war bei manchen Knochentypen wie der Tibia die Darstellung der Messungen im Scatterplot (Abb. 27–32, Appendix) sehr hilfreich. So konnten manche Exemplare einer Art zugeordnet werden, da sich deren

**Abb. 21** Links der Metacarpus (dexter) eines Auerochsen und rechts der Metacarpus (sinister) eines Steppenbisons. Erkennbar ist die beim Auerochsen – im Vergleich zur Metaphyse – deutlich breitere Epiphyse. Beim Steppenbison ist die Metaphyse zumindest gleich breit, wenn nicht sogar breiter. Dieser Unterschied wurde als verlässliches Unterscheidungsmerkmal genutzt (Sammlungsnummer V835 und V2548).

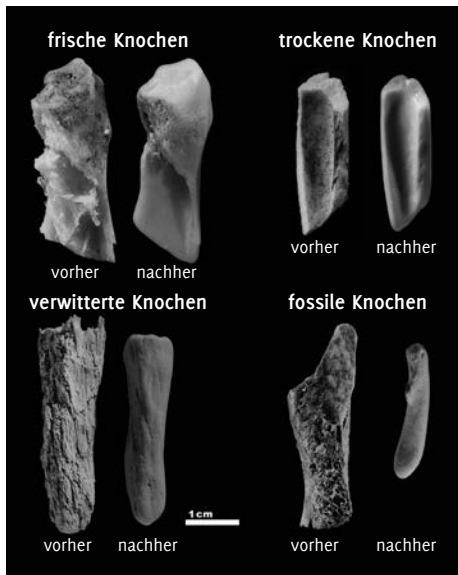


Punkte im Scatterplot in unmittelbarer Umgebung der sicher bestimmten Exemplare befanden. Ein zusätzlicher visueller Abgleich diente als Kontrolle. Beim Humerus beispielsweise waren die einzelnen Punkte diffus, sodass eine Zuordnung sehr schwierig war. Um eine möglichst zuverlässige Zuordnung zu gewährleisten, wurde bei der Bestimmung in vielen nicht eindeutigen Fällen auf ein allgemeineres Taxon ausgewichen. Dennoch konnte mithilfe dieser Messtechniken die Genauigkeit erhöht werden.

### Taphonomische Hinweise auf den Ursprung der Knochen

Da die Kiese hauptsächlich aus den Schmelzwässern des Niedersächsischen Berglands stammen, könnten die Knochen durch die fluviatilen Umlagerungsprozesse in das Sediment eingearbeitet worden sein. Knochen, die in Flüssen über weite Strecken transportiert wurden, sollten einen entsprechenden Abschleiß aufweisen, wie beispielsweise das Ergebnis eines Versuchs in Abb. 22 veranschaulicht (Fernández-Jalvo & Andrews 2016).

Oberflächlich betrachtet war ein solches Merkmal jedoch nicht häufig vertreten. Um eine genaue Aussage über intensive Ablagerungsprozesse (Abschliffe) zu treffen, müsste das Material nochmals auf Abschleiß untersucht werden. Abb. 23 zeigt unterschiedliche Verfärbungen der untersuchten Knochen. Diese könnten zeigen, ob die Knochen aus unmittelbarer Flussnähe stammen, durch Hochwasser aus dem Einzugsgebiet der Leine eingetragen oder von weiter entfernt aus dem Bergland flussabwärts transportiert wurden. Während eine rote Färbung auf eisenhaltige Böden hindeutet, impliziert eine Schwarzfärbung Mangandioxid im Boden. Weißfärbung tritt bei Einlagerung im sehr kalkhaltigen Boden auf. Der auffällig gute



**Abb. 22** Abschleiß durch Kies im Versuch. Vier Knochen unterschiedlichen Ursprungszustands wurden 360 Stunden lang in 15 cm/s schnell fließendem Wasser in Kiessubstrat ausgesetzt. Kies stellt eines der Sedimente mit der stärksten Schleifwirkung dar und erzeugt einen hohen Grad an Glanz und Glattheit (Fernández-Jalvo 2016). Verändert nach Fernández-Jalvo (2016).



**Abb. 23** Vorgefundene Verfärbungen einzelner Metacarpalia. Von links nach rechts: gelb verfärbter Metacarpus eines Rothirsches, rot verfärbter Metacarpus eines Pferdes, weiß-bleich verfärbter Metacarpus eines Pferdes, gelber Metacarpus eines Auerochsen und schwarz verfärbter Metacarpus eines Ziegenartigen (Sammlungsnummern V2494, V809, V844, V2974, V774).

Zustand vieler Pferdeknochen könnte neben weiteren taphonomischen Untersuchungen Aufschluss über die genauen Ursprünge der einzelnen Knochen geben und fehlende stratigrafische Information kompensieren.

### Artikulation

Da die Knochen nicht artikuliert geborgen werden konnten, war es unmöglich herauszufinden, welche Knochen einzelnen Individuen zugehörig waren. Nur in einem einzigen Fall handelte es sich mit großer Wahrscheinlichkeit um beide Metacarpalia eines einzelnen Pferdes (Abb. 24). Eine markante rote Verfärbung trat sowohl beim rechten als auch beim linken Metacarpus

**Abb. 24** Ein rechter und ein linker Metacarpus (*Equus* sp.). Die einzigen zwei Exemplare, die mit großer Wahrscheinlichkeit einem einzelnen Individuum zugeordnet werden können. Die markante Färbung und die exakt gleiche Länge sprechen für Ihre Zusammengehörigkeit (Sammlungsnummern V803 und V809).



auf, was neben der exakt gleichen Länge für ihre Zusammengehörigkeit spricht. Die Beschaffenheit war allgemein identisch. Dabei ist allerdings eher von einem Zufall auszugehen.

Bei allen anderen 1070 Exemplaren konnte solch eine Übereinstimmung nicht festgestellt werden. Es konnte allerdings nicht ausgeschlossen werden, dass eine Disartikulation auch vor der Bergung durch die zuvor erwähnten fluviatilen Umlagerungsprozesse entstanden ist. So hätte man auch genauere Rückschlüsse auf die Herkunft der Fossilien ziehen können, da am Ort verstorbene Tiere mit höherer Wahrscheinlichkeit besser artikuliert gewesen wären.

### Arttypische Lebensweisen als Indikatoren für eine Einordnung

2001 beschreibt van Vuure die Lebensweise von heute lebenden Rinderarten, die sich gerne in Flussnähe aufhalten, wie es bei Afrikanischen Waldbüffeln (*Syncerus nanus*) oder dem Amerikanischen Waldbison der Fall ist (*Bos bison athabascæ*). Letzterer ernährt sich unter anderem von Seggen (*Carex* spp.) und Riedgräsern (*Calamagrostis canadensis*), die entlang von Flussläufen wachsen. Eine Bevorzugung von Offenflächen durch Wildrinder ist somit nicht untypisch. Auch Isotopenanalysen an Zähnen fossiler Steppenbisons aus Osteuropa belegen, dass es sich um eine in offenen Landschaften weidende Art handelte, die keine saisonalen Wanderungen unternahm und in Kälteperioden auch auf den Verzehr von Flechten zurückgriff (Julien et al. 2012). Die 208 identifizierten Auerochsenknochen, die fast ein Fünftel des Gesamtmaterials ausmachen, implizieren eine Affinität für die offenen Marschgebiete des Leinetals im sonst von Laubwäldern bedeckten Niedersachsen. Von den 300 nicht bis auf die Artebene



bestimmbaren Rinderknochen lässt sich vermuten, dass der Großteil ebenfalls *Bos primigenius* zugehörig ist, da *Bos priscus* nur mit 30 sicher bestimmten Exemplaren vertreten ist und damit einen deutlich geringeren Anteil darstellt. Die Dominanz der Auerochsen könnte, neben den steigenden Temperaturen, den Steppenbison zunehmend unter Druck gesetzt haben. Denkbar ist auch, dass es während eines Intermediärzeitraums zwischen Kalt- und Warmzeit zu einer Begegnung beider Arten gekommen sein könnte. Graslandschaften haben sich in den waldfreien, vom Schmelzwasser der Gletscher gespeisten Gebieten schnell ausgebreitet, wodurch ideale Voraussetzungen für den Auerochsen gegeben waren. Zusätzlich haben große Herbivoren wie der Auerochse die Eigenschaft Waldbildung zu unterdrücken, indem sie die Vegetation niedrig halten, wie es bei Untersuchungen von Fossilfundstellen im südlichen Skandinavien festgestellt wurde (Schulz & Kaiser 2007).

Die 219 Funde der Gattung *Equus* stellen neben den Rindern in dieser Untersuchung die größte Anzahl unter den bestimmmbaren Gattungen dar. Wie auch Sommer et al. (2011a) feststellten, boten offene Feuchtmarschen wie das Leinetal einen beliebten Lebensraum für *Equus ferus*. Diese Wildpferde erfuhren an der Weichsel-/Holozän-Grenze einen starken Einbruch in ihren Beständen (Leonardi et al. 2018) und offene Flussgebiete könnten ein Garant für ihr Überleben bis ins mittlere Holozän gewesen sein. Auch die Tatsache, dass *Equus ferus* den Kalt- und Warmzeitwechsel am Ende der Weichsel-Kaltzeit überlebte und sich nach Ausbreitung der Laubwälder weiter in den selteneren Offenflächen behaupten konnte, zeugt von einer hohen Anpassungsfähigkeit und steht im Kontrast zum Verlust der innersystematischen Diversität dieser Tiergruppe und dem fast

vollständigen Aussterben in Zentraleuropa. Ebenso das gänzliche Verschwinden der Rhinocerotidae im Holozän spricht dafür, dass die Ordnung der Perissodactyla, mit Ausnahme der Wildpferde, gegenüber den Artiodactyla beim Konkurrieren um den gleichen Lebensraum unterlegen waren. Wie in Abb. 16 dargestellt, beweisen die Artiodactyla (Bovidae, Cervidae, Suidae) mit einem Anteil von 78,45 % gegenüber den Perissodactyla (Equidae, Rhinocerotidae) mit nur 21,55 % eine deutliche Dominanz. Genau wie der Auerochse ist *Equus ferus* eine Art, die große Populationen im europäischen Holozän ausbilden konnte, aber heute nur noch auf paläontologischer Ebene zu erfassen ist.

Unter den Cervidae war der Rothirsch dominant vertreten. Es handelt sich um einen intermediären Ernährungstyp zwischen Raufutterfresser und Konzentratselektierer, der sowohl in dicht bewaldeten Berglandschaften Nahrung findet, als auch in Tiefebene, die eine Mischung aus offenen Flussauen und Wald beinhalten (Schnitzer et al. 2018). Verglichen mit den Auerochsen oder Pferden, machen die 65 identifizierten Exemplare des Rothirsches einen deutlich geringeren Anteil des Artenspektrums aus, belegen aber, dass der Rothirsch ebenfalls fester Bestandteil dieses Lebensraums war. Seine Lebensweise könnte der Grund dafür sein, dass er weniger in den Fossilfunden vertreten ist. Auch das Reh, das im Holozän weit verbreitet war (Sommer et al. 2009), könnte aus diesen Gründen in geringerer Zahl mit lediglich 27 Exemplaren vertreten sein. Dies legt die Vermutung nahe, dass tote Tierkörper von typisch walddassoziierten Arten seltener aus den umliegenden Waldgebieten in die Flussebenen eingetragen wurden, das wiederum lässt Rückschlüsse auf den Ursprung der fossilen Knochen aus dem Leinetal zu. Somit könnte die große

Anzahl an Funden von Auerochsen und Pferden ein Beleg dafür sein, dass die Knochen überwiegend von Individuen stammen, die auch vor Ort verendet sind, da das Artenspektrum die Fauna einer Flusslandschaft widerspiegelt.

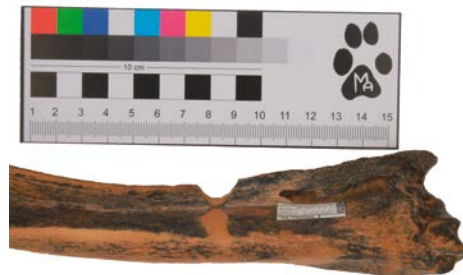
## Mögliche anthropogene Einflüsse

### Auerochsen und Wildpferde als potenzielle Jagdziele

Mit zunehmender Ausbreitung des Cro-Magnon-Menschen boten diese günstigen Lebensbedingungen für Auerochsen und Wildpferde in den Feuchtmarschen auch optimale Jagdbedingungen für Menschen auf der Suche nach Nahrung. Sie fanden womöglich große Herden von auf Fluss-täler beschränktem Jagdwild vor. An diese Bedingungen angepasste Jagdstrategien sind durchaus vorstellbar. Das leicht vorhersehbare Fluchtverhalten von Herdentieren, die sich in durch Wälder begrenzten Korridoren aufhalten, könnte ausgenutzt worden sein, um die Flüsse auf Treibjagden als Todesfallen zu nutzen. Das Risiko für den Menschen, bei einer solchen Jagd zu Schaden zu kommen, ist dabei als sehr gering und die Ausbeute als sehr hoch einzuschätzen. Auch in anderen Untersuchungen wird die Anpassung des menschlichen Jagdverhaltens an die charakteristische Lebensweise von Beutetieren zu prähistorischen Zeiten als sehr plausibel diskutiert (Julien et al. 2012). Herauszufinden, ob es hier zu einzelnen Massentötungen von Herdentieren kam, ist allerdings sehr schwierig. Die Frage, ob es geeignete Indikatoren gibt, solche Ereignisse zu belegen, wird in der Archäozoologie bereits lange diskutiert (Lubinski 2013). Dabei wird deutlich, dass jegliche Hinweise so gut wie nie zweifelsfrei sind. Selbst eindeutig erscheinende Indizien wie Schnittmarken können auf eine nachträgliche menschliche

Bearbeitung eines bereits länger liegenden Tierkadavers hindeuten. Außerdem können fluviatile, mechanische Einwirkungen auch nachweislich dazu führen, dass Schnittmarkierungen abgeschliffen wurden (Pineda et al. 2019), was eine genauere Untersuchung zusätzlich erschwert. Für die Werkzeugherstellung verarbeitete Rothirschgeweihteile, die im südlichen Leine-tal gefunden wurden (Riedel et al. 2004), deuten ebenfalls auf eine anthropogene Nutzung der Fauna im Gebiet hin. Eine detaillierte Untersuchung der taphonomischen Eigenschaften (Abb. 25), wie es auch an anderen Fundorten unternommen wurde (Starkovich & Conrad 2014), wäre sinnvoll. Durch natürliche Abnutzung beziehungsweise natürlichen Abschleiß könnte sich die Untersuchung anthropogener Einflüsse als schwierig erweisen, aber dennoch Hinweise auf die Ursachen der großen Ansammlungen von Pferde- und Rinderknochen liefern.

**Abb. 25** Rundliche Schnittmarke am Radius (dexter) eines Rothirsches, die einen Hinweis auf anthropogene Nutzung geben könnte. Ob das Tier von Menschen gejagt wurde oder anders zu Tode gekommen ist, lässt sich nicht nachvollziehen. Der Knochen könnte auch einem Tierkadaver entnommen und dann von einem Menschen bearbeitet worden sein (Sammlungsnummer 2884).



### Domestikation und Juvenilität als möglicher Hinweis

Die Anwesenheit der 64 bestimmten Knochen der Caprini, also von Schafen und Ziegen, kann ein Beleg für Domestikation sein. Tiere dieses Tribus haben in der norddeutschen Tiefebene keine wilden Vorfahren der jüngeren Postglazialgeschichte und müssen daher durch den Menschen aus dem mittleren Osten in das Gebiet des Leinetals eingeführt worden sein. Die agrarische Wirtschaftsweise in Europa, die die Nutztierhaltung von Ziegen, Schafen, Schweinen und Rindern beinhaltet, ist 8000 Jahre vor Christus erstmals im Balkan zu verzeichnen, wo sie sich vermutlich mit den Menschen entlang der mediterranen Küste und entlang der Donau west- und nordwärts ausbreiteten (Benecke 1994, Tresset et al. 2009, McClure 2013). Das Pferd erweiterte in Europa den Haustierbestand erst 4000 Jahre später. Während Ziegen als Konzentratselektierer den Verzehr von Sträuchern oder Zweigen bevorzugen, ernähren sich Schafe und Aurochs hauptsächlich von Gräsern. Insbesondere Herden, die sich aus Schafen und Ziegen zusammensetzten, konnten sowohl in bewaldeten als auch in offenen Gebieten Nahrung finden (McClure 2013).

Domestizierte Formen von *Sus scrofa* und *Bos primigenius* könnten im Leinetal ebenso mit ihren wilden Verwandten um die Nahrungsgründe konkurriert haben. Eine genauere Untersuchung auf osteometrische Domestikationserscheinungen könnte Aufschluss über Vermischungen von Nutztieren und ihren wilden Verwandten ergeben. Allerdings ist zu beachten, dass das Hausrind, genau wie Schafe und Ziegen, in Asien domestiziert und daher weniger vom europäischen Aurochs beeinflusst wurde (McClure 2013). Zur Unterscheidung könnte auch die überlegene Körpergröße

der wilden Aurochs gegenüber der domestizierten Form herangezogen werden (Tresset et al. 2009). Auch bei Pferden gibt es Untersuchungen, die sich auf die Variabilität in der Körpergröße beziehen. Kysely & Peške (2016) stellten fest, dass westlich vom heutigen Tschechien tendenziell größere Wildpferde als östlich davon lebten. Funde auf der iberischen Halbinsel bestätigen ebenfalls eine geringere Körpergröße von *Equus ferus* im Holozän (Uerpmann 2005). Untersuchungen zur Körpergröße der Pferde aus dem Rheinland legen nahe, dass es sich um Anpassungen an Temperaturschwankungen handelte, was ein Fortbestehen über stets wechselnde Klimaperioden in Europa gesichert haben könnte (Dechert et al. 1999). Die Pferdebestände im Leinegebiet könnten solche morphologischen Einflüsse womöglich auch aufweisen.

Bei Jungtieren der Ungulata kommt es am Ende des Längenwachstums bei Langknochen zum Epiphysenverschluss, wenn der Knorpel vollständig ossifiziert ist und die Diaphyse und die Epiphysen zu einer knöchernen Einheit verschmelzen. Wie lange dieser Vorgang dauert ist allerdings nicht verallgemeinernd zu sagen, da es auch von Tierart, Geschlecht und Umwelteinflüssen abhängig ist (Nickel et al. 1992). Beim Vergleich der Anteile juveniler und adulter Knochen fällt auf, dass das Verhältnis bei den unterschiedlichen Taxa abweichend ist (Tab. 3). Arten, die nur vereinzelt (Wollnashorn, Elch, Rentier) oder in sehr geringer Zahl in dieser Untersuchung nachweisbar sind, verzerren das Ergebnis und sollten daher vernachlässigt werden. Bei Betrachtung der potenziell domestizierbaren Wildschweine und der Ziegenartigen (Caprini), wird deutlich, dass diese jeweils zu ca. 30 % juvenile Individuen aufweisen. Auch die 300 nicht genauer bestimmten Rinder haben einen relativ



**Abb. 26** Vier bovine Metatarsalia. Den beiden linken Exemplaren fehlt die proximale Epiphyse. Sie wurden daher als juvenil eingestuft. Das zweite von rechts weist ein Zwischenstadium und eine noch nicht vollendete Ossifikation der Metaphyse

auf. Das Exemplar ganz rechts gehört zu einem adulten Individuum und ist dennoch deutlich kleiner als das Exemplar ganz links (Sammlungsnummern von links nach rechts: V2687, V2792, V1952, V2017).

hohen Anteil von 18 % Juvenilen. Arten wie der Rothirsch, der klassischerweise nicht domestiziert wurde, brachten wenige juvenile Exemplare unter den fossilen Funden hervor (3,08 %). Auch die sehr stark vertretenen Pferde liegen nur bei 5,48 % Juvenilität.

Bei domestizierten Arten war es üblich, abgesehen von zur Zucht verwendeter Tiere, dass Schweine, Schafe und Ziegen mit unter zwei Jahren und Rinder mit unter drei Jahren geschlachtet wurden (Benecke 1994). Nachdem Pferde zu Nutztieren geworden waren, war deren Verwendung zum Fleischgewinn eher nachgeordnet. Ob

die vorliegenden juvenilen Knochen eine Aussage über zur Fleischgewinnung getötete, domestizierte Tiere erbringen, ist nicht mit Sicherheit zu sagen. Dennoch ist denkbar, dass die hohen Anteile juveniler Knochen bei potenziell domestizierbaren Arten für eine anthropogene Tierhaltung sprechen. Genau abzuschätzen in welchem Alter sich ein Individuum befand, ist allerdings äußerst schwierig, da die Variabilität der Knochen auch bei den juvenilen Tieren relativ hoch sein kann (Abb. 26).

Die Anteile juveniler Individuen können auch durch das Fortpflanzungsverhalten der einzelnen Arten bedingt sein.

Arten mit einer niedrigen Reproduktionsrate könnten dementsprechend in geringerer Zahl an juvenilen Individuen in den Fossilfunden vertreten sein. Wildpferde werden erst mit zwei bis vier Jahren geschlechtsreif und bringen nach einer Tragzeit von 11 bis 12 Monaten in den meisten Fällen nur ein Jungtier zur Welt (Benecke 1994). Hausrinder sind zwischen 9 und 15 Monaten geschlechtsreif und bringen in der Regel nach 9 bis 10 Monaten ebenfalls überwiegend ein Jungtier zur Welt (Castelló 2016). Auch bei Arten wie dem Rothirsch mit einer Tragzeit von 7 bis 8 Monaten und dem Reh mit einer Tragzeit von ca. 9,5 Monaten beschränkt sich der Nachwuchs im Durchschnitt auf ein Jungtier (von Rasfeld et al. 1985; von Rasfeld & Reulecke 1988). Weibliche Schafe und Ziegen sind nach einem Jahr geschlechtsreif und tragen nach etwa 5 Monaten ein oder zwei Jungtiere aus, Ziegen auch bis zu drei Jungtiere (Castelló 2016).

Im Kontrast zu diesen Arten stehen die Wildschweine, die in der Lage sind mit ihrer relativ hohen Reproduktionsrate in Abhängigkeit der Umweltbedingungen nach einer Tragzeit von ca. vier bis viereinhalb Monaten durchschnittlich vier bis sechs Jungtiere zur Welt zu bringen. Sie können bei Ausfall des gesamten Wurfes in kürzester Zeit empfängnisbereit werden. Ihre Jungtiere sind bereits zwischen dem neunten und 18. Lebensmonat geschlechtsreif (Benecke 1994; Briedermann 2009).

Unter Einbezug der Artspezifität ist die geringe Häufigkeit der juvenilen Funde beim Pferd und beim Rothirsch im Vergleich zur hohen Häufigkeit juveniler Funde beim Wildschwein durchaus nachvollziehbar. Die hohen Anteile juveniler Rehe (25,93 %) sind allerdings schwer einzuordnen, können aber mit Blick auf die geringe Stichprobenzahl ( $n=27$ ) vernachlässigt werden. Zu typischen

Haustiereigenschaften gehört eine frühzeitige Geschlechtsreife, eine erhöhte Empfängnisbereitschaft sowie höhere Wurfgrößen (Benecke 1994). Hinweise auf Domestikation durch die relativ hohen Anteile an Juvenilität der nicht näher bestimmten Rinder (18,00 %), der Caprini (29,69 %) und der Schweine (32,88 %) sind daher möglich.

## Schlussfolgerung

Mithilfe der osteologischen Auswertung konnte belegt werden, dass die Kiese des Leinetals trotz ihres glazialen Ursprungs sehr stark von einem warmzeitlichen Artenspektrum geprägt sind. Die vorliegenden Befunde bestätigen die Marschgebiete des Leinetals als einen Lebensraum für große, weidende Herbivoren, die hier vergesellschaftet vorkamen und vermutlich ausreichend Nahrung im stark bewaldeten Mitteleuropa des Holozän finden konnten. Fest steht, dass die Fossilfunde aus den Leinekiesen uns heute einen spannenden nacheiszeitlichen Einblick geben in einen beispielhaften Lebensraum für zentraleuropäische Großsäuger wie den Auerochsen und das Wildpferd, bevor diese durch den Menschen für immer verdrängt wurden.

Dennoch bleiben einige Fragen offen. Die suboptimalen Fundumstände lassen keine genaue Datierung der Knochen zu. Der biogeografische Kontext kann ausschließlich durch das vorliegende Artenspektrum abgeleitet werden. Daher wäre es von großem Interesse weitere taphonomische Untersuchungen und gezielte Radiocarbonatierungen von ausgewählten Exemplaren vorzunehmen. Dies würde dabei helfen, Indizien für den Ursprungszeitraum, die Lebensweise der Tiere, anthropogene Einflüsse und Domestikationserscheinungen in einen präziseren Zusammenhang zu bringen.

## Glossar

- Aktualitätsprinzip** wissenschaftliches Prinzip zur Erklärung von historisch abgelaufenen Prozessen nur solche Kausalfaktoren zuzulassen, die auch heute wirksam und daher analysierbar sind
- Artikulation/Disartikulation** funktionaler Kontext eines Knochens zum Gesamtorganismus bzw. Gesamtskelett erhalten bzw. nicht
- Artiodactyla** Paarhufer, Ordnung der Säugetiere, überwiegend pflanzenfressend mit gerader Anzahl von Zehen (2 oder 4); Rinder, Hirsche, Kamele u. a.
- Diaphyse** mittig liegender Knochenschaft zwischen den beiden Knochenenden eines Langknochens
- Endemismus** Organismen, die ausschließlich in einem geographisch eingegrenzten Gebiet vorkommen
- Epiphyse** beide Knochenenden eines Langknochens
- Femur** Oberschenkelknochen bei Wirbeltieren
- Fibula** Wadenbein eines Wirbeltieres
- Genotyp** Gesamtheit der Gene eines Organismus, die als Grundlage zur Ausprägung aller Merkmale eines Individuums führen
- Humerus** Oberarmknochen bei Wirbeltieren
- Konzentratselektierer** Äsungstyp bei wiederkäuenden Huftieren, der die Spezialisierung auf faserarme, aber nährstoffreiche Pflanzenteile als Nahrungsquelle bezeichnet (Blätter, Blüten, Triebe, Knospen, Früchte, etc.)
- Lateralität (sinister oder dexter)** Aufteilung eines Organismus in zwei symmetrische Körperhälften entlang der Symmetrieachse, beschrieben durch rechts (dexter) und links (sinister)
- Metacarpus** Mittelhandknochen eines Wirbeltieres
- Metaphyse** Knochenbereich zwischen Diaphyse (s.o.) und Epiphyse (s.o.)
- Metatarsus** Mittelfußknochen eines Wirbeltieres
- mitochondriale DNA** ringförmige DNA, die in der Matrix der Mitochondrien einer Zelle vielzelliger Organismen vorkommt und bei sexueller Reproduktion ausschließlich vom weiblichen Elternteil weitergegeben wird
- Ontogenese** beschreibt die Entwicklung eines individuellen Organismus im Laufe aller Lebensstadien
- Osteometrie** wissenschaftliche Untersuchung und Vermessung tierischer Skelette
- Perissodactyla** Unpaarhufer, Ordnung der Säugetiere; relativ große Tiere in Wald und Savanne (Nashorn, Tapir, Pferd); ungerade Anzahl von Zehen (1 bis 3)
- Phänotyp** Ausprägung aller Merkmale eines individuellen Organismus
- Radiocarbonatierung** wissenschaftliches Verfahren zur zeitlichen Einordnung von Fossilien, das auf dem radioaktiven Zerfall kohlenstoffbasierender Materialien beruht
- Radius** Speiche (Unterarmknochen) eines Wirbeltieres
- retikuläre Verwandtschaftsverhältnisse** stark vernetzte Verwandtschaftsverhältnisse von Organismen, die über die Artebene hinausgehen können
- Scatterplots** grafische Darstellung zweier statistischer Merkmale in Form eines Streudiagramms
- Taphonomie** Fossilisationslehre, beschreibt alle Prozesse zwischen dem Tod eines tierischen oder pflanzlichen Lebewesens und seiner zum Fundzeitpunkt vorliegenden Erscheinungsform als Fossil.
- Taxon** systematische Einheit, die in der Biologie Organismen anhand bestimmter Verwandtschaftskriterien in Gruppen zusammenfasst
- Tibia** Schienbein eines Wirbeltieres
- Trochlea humeri** zum Schulterblatt hingewandte Gelenkfläche des Oberarmknochens eines Wirbeltieres
- Ulna** Elle (Unterarmknochen) eines Wirbeltieres
- Ungulata** Sammelbezeichnung unter der Paarhufer und Unpaarhufer zusammengefasst sind

## Danksagung

Meinem Erstprüfer Dr. Oliver Keuling bin ich außerordentlich dankbar. Er war von Beginn an eine große Unterstützung und durchweg bereit, meine Fragen zu beantworten, und mir regelmäßig Rückmeldung zum jeweiligen Stand der Arbeit zu geben. Seine Ratschläge zur Themenauswahl, Literaturrecherche, sowie zur Vorgehensweise, halfen mir immer die nächsten Schritte zu finden. Am Institut für Terrestrische und Aquatische Wildtierforschung habe ich mich während der Arbeit von allen Kollegen stets willkommen gefühlt. Auch bei meiner Zweitbetreuerin Dr. Marina Scheumann möchte ich mich herzlich bedanken. Ihre sofortige Bereitschaft diese Arbeit mitzubetreuen war sehr wertvoll für mich und ihr umfangreiches Feedback eine große Hilfe. Beide waren während des Großteiles meines Bachelorstudiums vertraute Bezugspersonen und vermittelten mir gegenüber zu allen Zeiten ihre freundschaftliche Unterstützung. Ein besonderer Dank gilt auch Frau Dr. Annette Richter. Sie begleitete mich intensiv bei der Untersuchung des Materials im Landesmuseum und lieferte den Anstoß zum Thema dieser Arbeit als ich eines ihrer Seminare besuchte. So konnte ich einen inspirierenden Eindruck in die Arbeit am Museum gewinnen.

Auch bei den Mitarbeiterinnen des Landesmuseums Annina Böhme, Christiane Schilling und Anja Schmidt möchte ich mich bedanken. Wenn sie mir nicht mit ihrer Gastfreundlichkeit den Aufenthalt angenehm machten, ermöglichten sie mir bei Bedarf den Zugang zur Sammlung und zur hausinternen Literatur. Ich bedanke mich außerdem bei dem Sammler des

fossilen Materials Herrn Wolfgang Weidehaus, der durch seine Stiftung an das Landesmuseum diese Bachelorarbeit erst ermöglichte und mich mit Informationen zu den Fundorten und Dia-Aufnahmen, sowie einer Führung durch das ehemalige Kiesabbaugebiet versorgte. Mit seinem vielseitigen, ehrenamtlichen Engagement leistet er auch heute noch einen wertvollen gesellschaftlichen Beitrag und begeistert junge Menschen für die natürliche Welt. Mein Dank gilt auch Herrn Prof. Dr. von Rautenfeld, der mir aktive Abbaugebiete im Norden Hannovers vor Ort zeigte, dem Sammler und Stifter Herrn Rainer Amme für weitere paläontologische Einblicke, Frau Dr. Eva Bärmann und Herrn Dr. Jan Decher für die Einsicht in die Säugetiersammlung im Museum Alexander König in Bonn, Frau Dr. Irina Ruf und Frau Katrin Krohmann für die Einsicht in die Mammalogie des Senckenberg-Museums Frankfurt, Herrn Dr. Frieder Mayer, Herrn Detlef Willborn, Frau Christiane Funk und Herrn Schossleitner für die Einsicht in die Säugetiersammlung und die paläontologische Sammlung des Naturkundemuseums Berlin, PhD Antoine Souron von der Universität Bordeaux für das Zusenden von Literatur, sowie Herrn Dr. Utz Böhner vom Landesamt für Denkmalpflege Hannover für das Bereitstellen von Informationen zu den Fundorten. Allesamt waren außerordentlich hilfsbereit und lassen mich gerne an den Arbeitsprozess zurückdenken. Zu guter Letzt möchte ich mich bei Herrn Dr. Dieter Schulz von der Naturhistorischen Gesellschaft Hannover bedanken, der mich mit einem sorgfältigen Lektorat unterstützte und diese Veröffentlichung erst möglich machte.

## Literaturverzeichnis

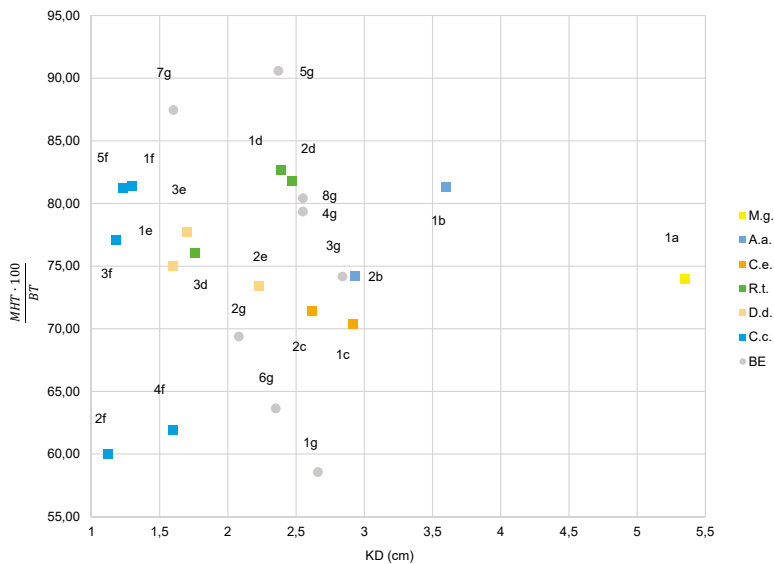
- Aldhebiani, A. Y. (2018): Species concept and speciation. – *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25: 437–440.
- Alexandri, P.; Triantafyllidis, A.; Papakostas, S.; Chatzinikos, E.; Platis, P.; Papageorgiou, N.; Larson, G.; Abatzopoulos, T. J.; Triantaphyllidis, C. (2012): The Balkans and the colonization of Europe: The post-glacial range expansion of the wild boar, *Sus scrofa*. – *Journal of Biogeography*, 39: 713–723.
- Benecke, N. (1994): *Der Mensch und seine Haustiere*. – Konrad Theiss Verlag; Stuttgart.
- Briedermann, L. (2009): *Schwarzwild*. – Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG; Stuttgart.
- Carotenuto, F.; Di Febbraro, M.; Melchionna, M.; Castiglione, S.; Saggese, F.; Serio, C.; Mondanaro, A.; Passaro, F.; Loy, A.; Raia, P. (2016): The influence of climate on species distribution over time and space during the late Quaternary. – *Quaternary Science Reviews*, 149: 188–199.
- Castelló, J. R. (2016): *Bovids of the World: Antelops, Gazelles, Cattle, Goats, Sheep, and Relatives*. – Princeton University Press; Princeton.
- Crees, J. J.; Turvey, S. T. (2014): Holocene extinction dynamics of *Equus hydruntinus*, a late-surviving European megafaunal mammal. – *Quaternary Science Reviews*, 91: 16–29.
- Dalgleish, T.; Williams, J. M. G.; Golden, A.-M. J.; Perkins, N.; Barrett, L. F.; Barnard, P. J.; Au Yeung, C.; Murphy, V.; Elward, R.; Tchanturia, K.; Watkins, E. (2012): Spatial and temporal distribution of mitochondrial lineages in the European wild boar. – *Journal of Experimental Psychology: General*, 136: 23–42.
- Dechert, B.; Stephan, E.; Uerpmann, H. (1999): Horses from Pleistocene Sites in the Rhineland, Germany. – *Archaeofauna*, 8: 159–167.
- Fernández-Jalvo, Y.; Andrews, P. (2016): *Atlas of Taphonomic Identifications*. – Springer Verlag; Heidelberg New York London.
- France, D. L. (2009): *Human and Nonhuman Bone Identification: A Color Atlas*. – CRC Press; Boca Raton.
- Groves, C.; Grubb, P. (2011): *Ungulate Taxonomy*. – The John Hopkins University Press; Baltimore.
- Hempel, L. (1955): Über Alter und Herkunftsgebiet von Auelehmen im Leinetal. – *Eiszeitalter und Gegenwart*, 7: 35–42.
- Julien, M. A.; Bocherens, H.; Burke, A.; Drucker, D. G.; Patou-Mathis, M.; Krotova, O.; Péan, S. (2012): Were European steppe bison migratory?  $^{18}\text{O}$ ,  $^{13}\text{C}$  and  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  intra-tooth isotopic variations applied to a palaeoethological reconstruction. – *Quaternary International*, 271: 106–119.
- Knopf, S. (1997): Technik-Monstrum füllt einen Zug bis Nürnberg. – *Hannoversche Allgemeine Zeitung*.
- von Koenigswald, W. (2010): *Lebendige Eiszeit*. – Wissenschaftliche Buchgesellschaft; Darmstadt.
- Kysely, R.; Peške, L. (2016): Horse size and domestication: Early equid bones from the Czech Republic in the European context. – *Anthropozoologica*, 51: 1–39.
- Lang, J.; Lauer, T.; Winsemann, J. (2018): New age constraints for the Saalian glaciation in northern central Europe: Implications for the extent of ice sheets and related proglacial lake systems. – *Quaternary Science Reviews*, 180: 240–259.
- Leonardi, M.; Boschin, F.; Giampoudakis, K.; Beyer, R. M.; Krapp, M.; Bendrey, R.; Sommer, R.; Boscato, P.; Manica, A.; Noguez-Bravo, D.; Orlando, L. (2018): Late Quaternary horses in Eurasia in the face of climate and vegetation change. – *Science Advances*, 4: 1–11.
- Lubinski, P. M. (2013): What is adequate evidence for mass procurement of ungulates in zooarchaeology? – *Quaternary International*, 297: 167–175.
- Markova, A. K.; Puzachenko, A. Y.; van Kolfschoten, T.; Kosintsev, P. A.; Kuznetsova, T. V.; Tikhonov, A. N.; Bachura, O. P.; Ponomarev, D. V.; van der Plicht, J.; Kuitens, M. (2015): Changes in the Eurasian distribution of the musk ox (*Ovibos moschatus*) and the extinct bison (*Bison priscus*) during the last 50 ka BP. – *Quaternary International*, 378: 99–110.
- Martin, T. (1987): Artunterschiede an den Langknochen großer Artiodactyla des



- Jungpleistozäns Mitteleuropas. – Courier Forschungsinstitut Senckenberg, 96: 1–124.
- McClure, S. B. (2013): Domesticated animals and biodiversity: Early agriculture at the gates of Europe and long-term ecological consequences. – *Anthropocene*, 4: 57–68.
- Mize, B. (2013): *Traditional Subjectivities: The Old English Poetics Of Mentalitiy*. – University Of Toronto Press, Toronto.
- Nickel, R.; Schummer, A.; Seiferle, E. (1992): *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere*, Band 1, 6. Auflage. – Verlag Paul Parey; Berlin und Hamburg.
- Pales, L.; Garcia, M. A. (1981): *Atlas Ostéologique pour servir à l'identification des Mammifères du Quaternaire - II. Tête - Rachis Ceintures scapulaire et pelvienne Membres: Herbivores*. – Centre National de la Recherche Scientifique; Paris.
- Pineda, A.; Cáceres, I.; Saladié, P.; Huguet, R.; Morales, J. I.; Rosas, A.; Vallverdú, J. (2019): Tumbling effects on bone surface modifications (BSM): An experimental application on archaeological deposits from the Barranc de la Boella site (Tarragona, Spain). *Journal of Archaeological Science*, 102: 35–47.
- Pott, R. (2005): *Allgemeine Geobotanik: Biogeosysteme und Biodiversität*. – Springer; Berlin, Heidelberg, New York.
- Queirós, J.; Acevedo, P.; Santos, J. P. V.; Barasona, J.; Beltran-Beck, B.; González-Barrio, D.; Armenteros, J. A.; Diez-Delegado, I.; Boadella, M.; de Mera, I. F.; Ruiz-Fons, J. F.; Vicente, J.; de la Fuente, J.; Gortázar, C.; Searle, J. B.; Alves, P. C. (2019): Red deer in Iberia : Molecular ecological studies in a southern refugium and inferences on European postglacial colonization history. – *PLoS ONE*, 14: 1–35.
- von Raesfeld, F.; Neuhaus, A. H.; Schaich, K. (1985): *Das Rehwild: Naturgeschichte, Hege und Jagd*, 9. Auflage. – Verlag Paul Parey; Hamburg und Berlin.
- von Raesfeld, F.; Reulecke, K. (1988): *Das Rotwild: Naturgeschichte, Hege, Jagd ausübung*, 9. Auflage. – Verlag Paul Parey; Hamburg und Berlin.
- Riedel, K.; Pohlmeier, K.; von Rautenfeld, D. B. (2004): An examination of Stone Age/ Bronze Age adzes and axes of red deer (*Cervus elaphus* L.) antler from the Leine Valley, near Hannover. – *European Journal of Wildlife Research*, 50: 197–206.
- Rivals, F.; Semperebon, G. M. (2017): Latitude matters: an examination of behavioural plasticity in dietary traits amongst extant and Pleistocene *Rangifer tarandus*. – *Boreas*, 46: 254–263.
- Schertz, E. (1936): Zur Unterscheidung von *Bison priscus* Boj. und *Bos primigenius* Boj. an Metapodien und Atragulus, nebst Bemerkungen über einige diluviale Fundstellen. – *Senckenbergia*, 18: 37–71.
- Schmid, E. (1972): *Atlas of Animal Bones – Knochenatlas*. – Elsevier Publishing Company; Amsterdam.
- Schnitzler, A.; Granado, J.; Putelat, O.; Arbogast, R.-M.; Drucker, D.; Eberhard, A.; Schmutz, A.; Klaeffer, Y.; Lang, G.; Salzburger, W.; Schibler, J.; Schlumbaum, A.; Bocherens, H. (2018): Genetic diversity, genetic structure and diet of ancient and contemporary red deer (*Cervus elaphus* L.) from north-eastern France. – *PLoS ONE*, 13: 1–19.
- Schulz, E.; Kaiser, T. M. (2007): Feeding strategy of the Urus *Bos primigenius* Bojanus, 1827 from the Holocene of Denmark. – *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 259: 155–164.
- Sommer, R. S.; Benecke, N.; Lõugas, L.; Nelle, O.; Schmölcke, U. (2011a): Holocene survival of the wild horse in Europe: A matter of open landscape? – *Journal of Quaternary Science*, 2: 805–812.
- Sommer, R. S.; Fahlke, J. M.; Schmölcke, U.; Benecke, N.; Zachos, F. E. (2009): Quaternary history of the European roe deer *Capreolus capreolus*. – *Mammal Review*, 39: 1–16.
- Sommer, R. S.; Fritz, U.; Seppä, H.; Ekström, J.; Persson, A.; Liljegren, R. (2011b): When the pond turtle followed the reindeer: Effect of the last extreme global warming event on the timing of faunal change in Northern Europe. – *Global Change Biology*, 17: 2049–2053.
- Sommer, R. S.; Kalbe, J.; Ekström, J.; Benecke, N.; Liljegren, R. (2014): Range dynamics of the reindeer in Europe during the last 25,000 years. – *Journal of Biogeography*, 41: 298–306.
- Sommer, R. S.; Nadachowski, A. (2006): Glacial refugia of mammals in Europe: Evidence

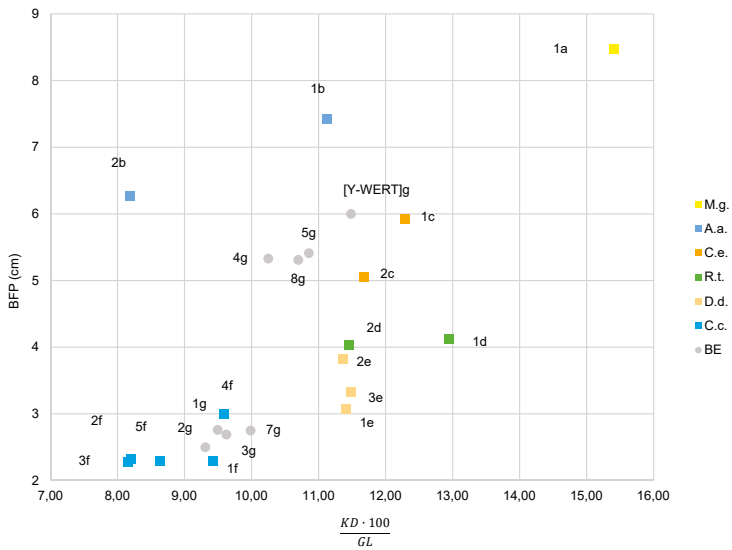
- from fossil records. – *Mammal Review*, 36: 251–265.
- Staesche, U. (1991): Die Entwicklung der Tierwelt in Niedersachsen während des Eiszeitalters. Ur- und Frühgeschichte in Niedersachsen: 54–65. – Theiss; Stuttgart.
- Starkovich, B. M.; Conard, N. J. (2014): Bone taphonomy of the Schönningen “Spear Horizon South” and its implications for site formation and hominin meat provisioning. – *Journal of Human Evolution*, 89: 154–171.
- Tresset, A.; Bollongino, R.; Edwards, C.; Hughes, S.; Vigne, J.-D. (2009): Early diffusion of domestic bovids in Europe. *Becoming Eloquent*: 69–90. – John Benjamins Publishing Company; Amsterdam/Philadelphia.
- Uerpman, H.-P. (2005): Betrachtungen zum Verhältnis zwischen Wildpferd (*Equus ferus*) und Hydruntinus (*Equus hydruntinus*) im Jungpleistozän und Holozän auf der Iberischen Halbinsel. – *Munibe*, 57: 351–358.
- van Vuure, T. (2001): History, Morphology and Ecology of the Aurochs (*Bos primigenius*): 1–16.
- Winsemann, J.; Lang, J.; Roskosch, J.; Polom, U.; Böhner, U.; Brandes, C.; Glotzbach, C.; Frechen, M. (2015): Terrace styles and timing of terrace formation in the Weser and Leine valleys, northern Germany: Response of a fluvial system to climate change and glaciation. – *Quaternary Science Reviews*, 123: 31–57.
- Arbeit eingereicht: 22.07.2019  
Arbeit angenommen: 21.08.2020
- Anschrift des Verfassers:  
Marvin Applegate  
Am Bonner Berg 2  
53117 Bonn  
marvin.applegate@gmx.de

## Appendix



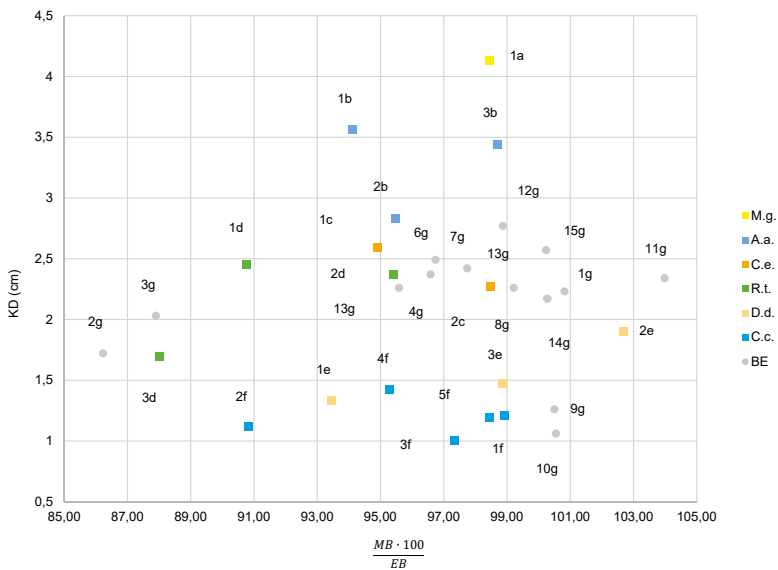
**Abb. 27** Messergebnisse des kleinsten Diaphysendurchmessers (KD) und des Höhen-Breiten-Index der Trochlea humeri ((MHT · 100)/BT) bei den Humeri der Cervidae mit Beschriftung der Punkte gemäß Tab. 9. M. g.: *Megaloceros giganteus*; A. a.: *Alces alces* 1834; C. e.: *Cervus elaphus* 1513;

R. t.: *Rangifer tarandus* 35472; D. d.: *Dama dama* 1444; C. c.: *Capreolus capreolus* 79852 (vgl. Tab. 4). BE: Zu bestimmende Exemplare V628, V3070, V2431, V647, V2432, V1408, V1353, V626, V634, V2432, V3070.



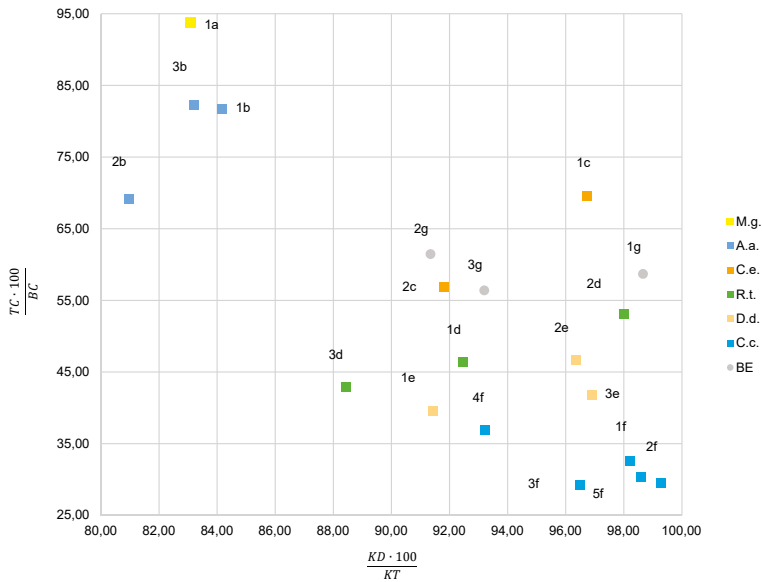
**Abb. 28** Messergebnisse des Breiten-Längen-Index der Diaphyse ((KD · 100) / GL) und der Breite der Gelenkfläche bei den Radii der Cervidae mit Beschriftung der Punkte gemäß Tab. 10. M. g.: *Megaloceros giganteus*; A. a.: *Alces alces* 1834;

C. e.: *Cervus elaphus* 1513; R. t.: *Rangifer tarandus* 35472; D. d.: *Dama dama* 1444; C. c.: *Capreolus capreolus* 79852 (vgl. Tab. 4). BE: Zu bestimmende Exemplare V767, V766, V2798, V686, V2884, V2632, V1234, V709, V767, V766, V681.



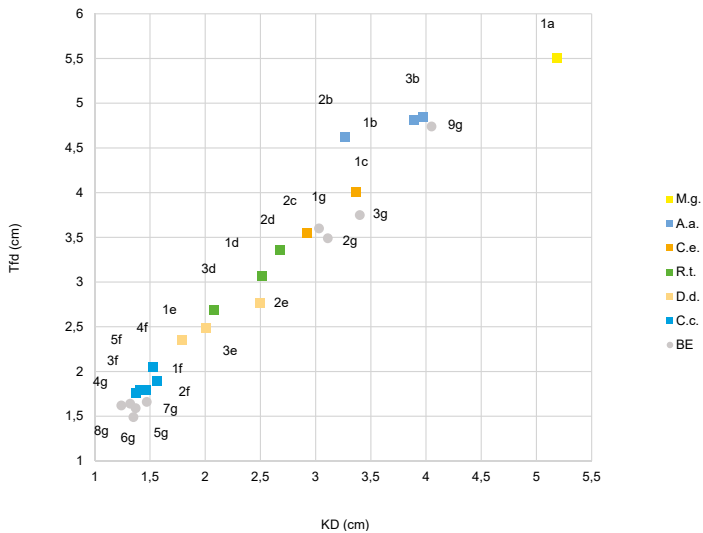
**Abb. 29** Messergebnisse des Meta-Epiphyse-Breiten-Index ((MB · 100) / EB) und des kleinsten Diaphysendurchmessers bei den Metacarpalia der Cervidae mit Beschriftung der Punkte gemäß Tab. 11. M. g.: *Megaloceros giganteus*; A. a.: *Alces alces* 1834; C. e.: *Cervus elaphus* 1513; R. t.: *Rangifer*

*tarandus* 35472; D. d.: *Dama dama* 1444; C. c.: *Capreolus capreolus* 79852 (vgl. Tab. 4). BE: Zu bestimmende Exemplare V2067, V771, V815, V825, V1502, V1503, V1504, V1515, V507, V1852, V2494, V1939, V3094, V2861, V1961.



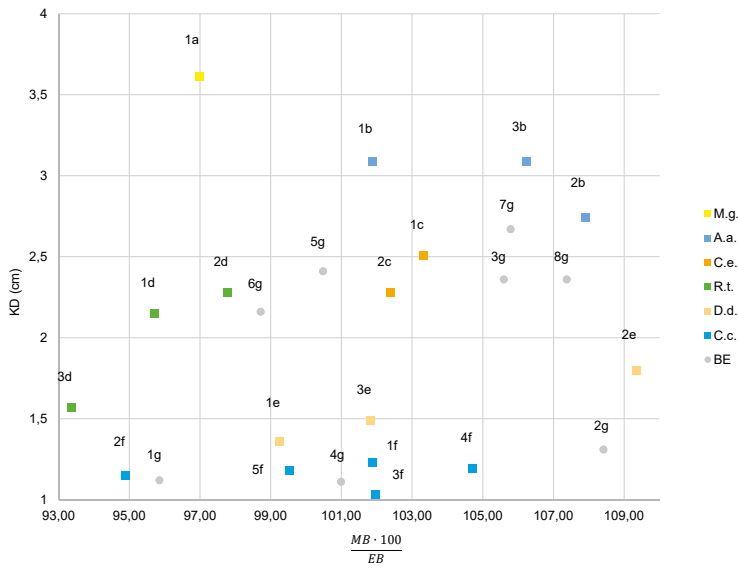
**Abb. 30** Messergebnisse des Breiten-Tiefen-Index der Diaphyse  $((KD \cdot 100)/KT)$  und des Caput-Index  $((TC \cdot 100)/BC)$  bei den Femora der Cervidae mit Beschriftung der Punkte gemäß Tab. 12. M. g.: *Megaloceros giganteus*, A. a.: *Alces alces* 1834,

C. e.: *Cervus elaphus* 1513, R. t.: *Rangifer tarandus* 35472, D. d.: *Dama dama* 1444, C. c.: *Capreolus capreolus* 79852 (vgl. Tab. 4). BE: Zu bestimmende Exemplare V881, V858, V2238, V2347.



**Abb. 31** Messergebnisse des kleinsten Diaphysendurchmessers (KD) und der Tiefe der distalen Gelenkfläche (Tfd) bei den Tibiae der Cervidae mit Beschriftung der Punkte gemäß Tab. 13. M. g.: *Megaloceros giganteus*; A. a.: *Alces alces* 1834;

C. e.: *Cervus elaphus* 1513; R. t.: *Rangifer tarandus* 35472; D. d.: *Dama dama* 1444; C. c.: *Capreolus capreolus* 79852 (vgl. Tab. 4). BE: Zu bestimmende Exemplare V1642, V1678, V1658, V1704, V1705, V1744, V1755, V2778, V2487, V3016.



**Abb. 32** Messergebnisse des Meta-Epiphysen-Breiten-Index  $((MB \cdot 100)/EB)$  und des kleinsten Diaphysendurchmessers bei den Metatarsalia der Cervidae mit Beschriftung der Punkte gemäß Tab. 14. M. g.: *Megaloceros giganteus*; A. a.: *Alces alces*

1834; C. e.: *Cervus elaphus* 1513; R. t.: *Rangifer tarandus* 35472; D. d.: *Dama dama* 1444; C. c.: *Capreolus capreolus* 79852 (vgl. Tab. 4). BE: Zu bestimmende Exemplare V1999, V1987, V1955, V1965, V1982, V2006, V2493, V2458.

**Tab. 4** Vergleichsmaterial

(MFN: Museum für Naturkunde Berlin; SNM: Senckenberg Naturmuseum; ZFMK: Zoologisches Forschungsmuseum Alexander König; LMH: Landesmuseum Hannover; M: Mammalogie; P: Paläontologie; A: Archäologie; NRW: Nordrhein-Westfalen; RP: Rheinland-Pfalz; H: Humerus; R: Radius; U: Ulna; Mc: Metacarpus; F: Femur; T: Tibia; Mt: Metatarsus; B. t.: *Bos Taurus*; B. b.: *Bos bonasus*; A. a.: *Alces alces*; M. g.: *Megaloceros giganteus*; C. e.: *Cervus elaphus*; C. e. b.: *Cervus elaphus bactrianus*; C. e. c.: *Cervus elaphus canadensis*; R. t.: *Rangifer tarandus*; D. d.: *Dama dama*; C. c.: *Capreolus capreolus*; O. a.: *Ovis ammon*; C. h. p.: *Capra hircus pygmaea*); m: männlich, w: weiblich.

Sammlung	Knochentyp	Detail	Interne Nummer.	Art	m/w	Ursprung
MFN, M.	H.	sinister	29426	B.t.	w	rezent
MFN, M.	R./U.	sinister	29427	B.t.	w	rezent
MFN, M.	Mt.	sinister	29428	B.t.	w	rezent
MFN, M.	H.	sinister	1420	B.t.		rezent
MFN, M.	R./U.	sinister	1420	B.t.		rezent
MFN, M.	Mt.	sinister	1420	B.t.		rezent
MFN, M.	F.	sinister	1420	B.t.		rezent
MFN, M.	Mc.	sinister	1420	B.t.		rezent

Sammlung	Knochentyp	Detail	Interne Nummer.	Art	m/w	Ursprung
MFN, M.	H.	sinister	41709	B.b.	m	Stockholm, 1919
MFN, M.	R./U.	sinister	41709	B.b.	m	Stockholm, 1920
MFN, M.	Mt.	sinister	41709	B.b.	m	Stockholm, 1921
MFN, M.	R./U.	sinister	46559	B.b.		München, 1938
MFN, M.	Mt.	sinister	46559	B.b.		München, 1939
MFN, M.	F.	sinister	46559	B.b.		München, 1940
MFN, M.	Mc.	sinister	46559	B.b.		München, 1941
MFN, M.	H.	sinister	14798	B.b.		Berlin, 1887
MFN, P.	H.	sinister/ distal	Mb.Ma.22883	B.p.		Sindelfingen
MFN, P.	R./U.	sinister	Mb.Ma.22882	B.p.		Sindelfingen
MFN, P.	F.	dexter	Mb.Ma.22883	M.g.		Phoeben
MFN, P.	Mc.	sinister	Mb.Ma.22858	M.g.		Vukovar
MFN, P.	Mc.	sinister	Mb.Ma.22851	M.g.		Vukovar
MFN, P.	T.	sinister	Mb.Ma.22878	C.e.		Olfen
MFN, P.	H.	sinister/ distal	Mb.Ma.22894	C.e.		Wunstorf
MFN, P.	Mt.	dexter	Mb.Ma.22880	C.e.		Olfen
MFN, P.	F.	sinister/ proximal	Mb.Ma.22938	C.e.		Nord-Ostsee-Kanal
SNM, M.	H.	sinister	1834	A.a.		rezent
SNM, M.	R.	sinister	1834	A.a.		rezent
SNM, M.	Mc.	sinister	1834	A.a.		rezent
SNM, M.	F.	sinister	1834	A.a.		rezent
SNM, M.	T.	sinister	1834	A.a.		rezent
SNM, M.	Mt.	sinister	1834	A.a.		rezent
SNM, M.	H.	sinister	1513	C.e.c.		rezent
SNM, M.	R.	sinister	1513	C.e.c.		rezent
SNM, M.	Mc.	sinister	1513	C.e.c.		rezent
SNM, M.	F.	sinister	1513	C.e.c.		rezent
SNM, M.	T.	sinister	1513	C.e.c.		rezent
SNM, M.	Mt.	sinister	1513	C.e.c.		rezent
SNM, M.	H.	sinister	35472	R.t.		rezent
SNM, M.	R.	sinister	35472	R.t.		rezent
SNM, M.	Mc.	sinister	35472	R.t.		rezent
SNM, M.	F.	sinister	35472	R.t.		rezent

Sammlung	Knochentyp	Detail	Interne Nummer.	Art	m/w	Ursprung
SNM, M.	T.	sinister	35472	R.t.		rezent
SNM, M.	Mt.	dexter	35472	R.t.		rezent
SNM, M.	H.	sinister	1444	D.d.		rezent
SNM, M.	R.	sinister	1444	D.d.		rezent
SNM, M.	Mc.	sinister	1444	D.d.		rezent
SNM, M.	F.	sinister	1444	D.d.		rezent
SNM, M.	T.	sinister	1444	D.d.		rezent
SNM, M.	Mt.	sinister	1444	D.d.		rezent
SNM, M.	H.	sinister	79852	C.c.		rezent
SNM, M.	R.	sinister	79852	C.c.		rezent
SNM, M.	Mc.	sinister	79852	C.c.		rezent
SNM, M.	F.	sinister	79852	C.c.		rezent
SNM, M.	T.	sinister	79852	C.c.		rezent
SNM, M.	Mt.	sinister	79852	C.c.		rezent
SNM, M.	H.	sinister	6129	O.a.		rezent
SNM, M.	R.	sinister	6129	O.a.		rezent
SNM, M.	Mc.	sinister	6129	O.a.		rezent
SNM, M.	F.	sinister	6129	O.a.		rezent
SNM, M.	T.	sinister	6129	O.a.		rezent
SNM, M.	Mt.	sinister	6129	O.a.		rezent
SNM, M.	H.	sinister	1466	C.h.p.		rezent, Westindien
SNM, M.	R.	sinister	1466	C.h.p.		rezent, Westindien
SNM, M.	Mc.	sinister	1466	C.h.p.		rezent, Westindien
SNM, M.	F.	sinister	1466	C.h.p.		rezent, Westindien
SNM, M.	T.	sinister	1466	C.h.p.		rezent, Westindien
SNM, M.	Mt.	sinister	1466	C.h.p.		rezent, Westindien
ZFMK, M.	H.	sinister	MAM1979.524	A.a.		rezent, juvenil
ZFMK, M.	R.	sinister	MAM1979.524	A.a.		rezent, juvenil
ZFMK, M.	Mc.	sinister	MAM1979.524	A.a.		rezent, juvenil
ZFMK, M.	F.	sinister	MAM1979.524	A.a.		rezent, juvenil
ZFMK, M.	T.	sinister	MAM1979.524	A.a.		rezent, juvenil
ZFMK, M.	Mt.	sinister	MAM1979.524	A.a.		rezent, juvenil
ZFMK, M.	Mc.	dexter	MAM2018.222	A.a.	m	rezent, Kanada
ZFMK, M.	F.	dexter	MAM2018.222	A.a.	m	rezent, Kanada
ZFMK, M.	T.	dexter	MAM2018.222	A.a.	m	rezent, Kanada

Sammlung	Knochentyp	Detail	Interne Nummer.	Art	m/w	Ursprung
ZFMK, M.	Mt.	dexter	MAM2018.222	A.a.	m	rezent, Kanada
ZFMK, M.	H.	sinister	MAM1983.25	C.e.b.	m	rezent, juvenil
ZFMK, M.	R.	sinister	MAM1983.25	C.e.b.	m	rezent, juvenil
ZFMK, M.	Mc.	sinister	MAM1983.25	C.e.b.	m	rezent, juvenil
ZFMK, M.	F.	sinister	MAM1983.25	C.e.b.	m	rezent, juvenil
ZFMK, M.	T.	sinister	MAM1983.25	C.e.b.	m	rezent, juvenil
ZFMK, M.	Mt.	sinister	MAM1983.25	C.e.b.	m	rezent, juvenil
ZFMK, M.	H.	sinister	MAM2019.1146	C.c.		rezent
ZFMK, M.	R.	sinister	MAM2019.1146	C.c.		rezent
ZFMK, M.	Mc.	sinister	MAM2019.1146	C.c.		rezent
ZFMK, M.	F.	sinister	MAM2019.1146	C.c.		rezent
ZFMK, M.	T.	sinister	MAM2019.1146	C.c.		rezent
ZFMK, M.	Mt.	sinister	MAM2019.1146	C.c.		rezent
ZFMK, M.	H.	sinister	MAM2019.1145	C.c.	w	rezent, RP
ZFMK, M.	R.	sinister	MAM2019.1145	C.c.	w	rezent, RP
ZFMK, M.	Mc.	sinister	MAM2019.1145	C.c.	w	rezent, RP
ZFMK, M.	F.	sinister	MAM2019.1145	C.c.	w	rezent, RP
ZFMK, M.	T.	sinister	MAM2019.1145	C.c.	w	rezent, RP
ZFMK, M.	Mt.	sinister	MAM2019.1145	C.c.	w	rezent, RP
ZFMK, M.	H.	sinister	MAM1999.3	C.c.	m	rezent, NRW
ZFMK, M.	R.	sinister	MAM1999.3	C.c.	m	rezent, NRW
ZFMK, M.	Mc.	sinister	MAM1999.3	C.c.	m	rezent, NRW
ZFMK, M.	F.	sinister	MAM1999.3	C.c.	m	rezent, NRW
ZFMK, M.	T.	sinister	MAM1999.3	C.c.	m	rezent, NRW
ZFMK, M.	Mt.	sinister	MAM1999.3	C.c.	m	rezent, NRW
ZFMK, M.	H.	sinister	MAM1984.1181	C.c.	w	rezent, NRW
ZFMK, M.	R.	sinister	MAM1984.1181	C.c.	w	rezent, NRW
ZFMK, M.	Mc.	sinister	MAM1984.1181	C.c.	w	rezent, NRW
ZFMK, M.	F.	sinister	MAM1984.1181	C.c.	w	rezent, NRW
ZFMK, M.	T.	sinister	MAM1984.1181	C.c.	w	rezent, NRW
ZFMK, M.	Mt.	sinister	MAM1984.1181	C.c.	w	rezent, NRW
ZFMK, M.	H.	sinister	MAM1979.523	R.t.	m	rezent, Kola-Halbinsel
ZFMK, M.	R.	sinister	MAM1979.523	R.t.	m	rezent, Kola-Halbinsel
ZFMK, M.	Mc.	sinister	MAM1979.523	R.t.	m	rezent, Kola-Halbinsel
ZFMK, M.	F.	sinister	MAM1979.523	R.t.	m	rezent, Kola-Halbinsel



Sammlung	Knochentyp	Detail	Interne Nummer.	Art	m/w	Ursprung
ZFMK, M.	T.	sinister	MAM1979.523	R.t.	m	rezent, Kola-Halbinsel
ZFMK, M.	Mt.	sinister	MAM1979.523	R.t.	m	rezent, Kola-Halbinsel
ZFMK, M.	H.	sinister	MAM1981.6	R.t.	w	rezent, Finnland
ZFMK, M.	R.	sinister	MAM1981.6	R.t.	w	rezent, Finnland
ZFMK, M.	Mc.	sinister	MAM1981.6	R.t.	w	rezent, Finnland
ZFMK, M.	F.	sinister	MAM1981.6	R.t.	w	rezent, Finnland
ZFMK, M.	T.	sinister	MAM1981.6	R.t.	w	rezent, Finnland
ZFMK, M.	Mt.	sinister	MAM1981.6	R.t.	w	rezent, Finnland
ZFMK, M.	H.	sinister	MAM82.339	D.d.	m	rezent
ZFMK, M.	R.	sinister	MAM82.339	D.d.	m	rezent
ZFMK, M.	Mc.	sinister	MAM82.339	D.d.	m	rezent
ZFMK, M.	F.	sinister	MAM82.339	D.d.	m	rezent
ZFMK, M.	T.	sinister	MAM82.339	D.d.	m	rezent
ZFMK, M.	Mt.	sinister	MAM82.339	D.d.	m	rezent
ZFMK, M.	H.	sinister	MAM82.340	D.d.	w	rezent, Niedersachsen
ZFMK, M.	R.	sinister	MAM82.340	D.d.	w	rezent, Niedersachsen
ZFMK, M.	Mc.	sinister	MAM82.340	D.d.	w	rezent, Niedersachsen
ZFMK, M.	F.	sinister	MAM82.340	D.d.	w	rezent, Niedersachsen
ZFMK, M.	T.	sinister	MAM82.340	D.d.	w	rezent, Niedersachsen
ZFMK, M.	Mt.	sinister	MAM82.340	D.d.	w	rezent, Niedersachsen
LMH, A.	H.	sinister	ohne Angabe	M.g.	m	Irland
LMH, A.	R.	sinister	ohne Angabe	M.g.	m	Irland
LMH, A.	Mc.	sinister	ohne Angabe	M.g.	m	Irland
LMH, A.	F.	sinister	ohne Angabe	M.g.	m	Irland
LMH, A.	T.	sinister	ohne Angabe	M.g.	m	Irland
LMH, A.	Mt.	sinister	ohne Angabe	M.g.	m	Irland

**Tab. 5** Merkmalskombinationen der Humeri zur Identifizierung von *Bos primigenius* oder *Bos priscus* nach Martin (1987) und Farbcode, der für die nachfolgenden Tab. auch gültig ist (siehe auch Tab. 2); UM: Untersuchungsmaterial.

UM	Humeri						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	
V605	x	x	x	x	x		<i>Bos primig.</i>
						x	
V615	x		x		x		<i>Bos sp.</i>
		x					
				x		x	

Farbcode
<i>Bos primigenius</i>
intermediär
<i>Bos priscus</i>

**Tab. 6 B** Berechnung des distalen Gelenkflächenindex für Untersuchungsmerkmal M12. In Abb. 13 sind die Merkmale und Messstrecken des Radius dargestellt: BFdm = Breite des medialen Abschnitts der distalen Gelenkfläche; BFdl = Breite des lateralen Abschnitts der distalen Gelenkfläche.

UM	M12		
	BFdm	BFdl	$\frac{BFdm \cdot 100}{BFdl}$
V1391	2,59	2,85	90,88
V648	2,69	2,7	99,63
V734	2,69	2,61	103,07
V658	2,79	2,46	113,41
V1410	2,58	2,6	99,23
V667	2,58	2,67	96,63
V2660	3,13	2,97	105,39
V2429	3,29	2,94	111,90
V2923	4,31	4,37	98,63

**Tab. 6 A** Merkmalskombinationen der Radii zur Identifizierung von *Bos primigenius* oder *Bos priscus* nach Martin (1987) (siehe auch Tab. 2). UM: Untersuchungsmaterial.

UM	Radii								
	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	
V1410	x	x	x	x	x		x	x	<i>Bos primigenius</i>
						x			
V658	x	x	x	x	x		x	x	<i>Bos primigenius</i>
						x			
V648	x	x	x	x	x			x	<i>Bos primigenius</i>
						x			
							x		
V734		x	x	x	x		x	x	<i>Bos primigenius</i>
	x								
						x			
V739	x	x		x	x		x		<i>Bos primigenius</i>
			x					x	
V667	x	x			x		x	x	cf. <i>Bos primig.</i>
				x		x			
			x						
V2660	x	x					x		<i>Bos sp.</i>
			x	x	x			x	
						x			
V2303			x		x			x	cf. <i>Bos priscus</i>
	x	x		x					
V1391						x			cf. <i>Bos priscus</i>
		x		x				x	
	x		x		x		x		
V2429		x							<i>Bos priscus</i>
	x		x						
				x	x	x	x	x	
V2923									<i>Bos priscus</i>
						x			
	x	x	x	x	x		x	x	

**Tab. 7 A** Merkmalskombinationen der Femora zur Identifizierung von *Bos primigenius* oder *Bos priscus* nach Martin (1987) (siehe auch Tab. 2).  
UM: Untersuchungsmaterial.

UM	M17	M19		
		BTd	BTp	$\frac{BTd \cdot 100}{BTp}$
V876	69°	3,21	3,1	103,55
V1591	70°			
V892	68°	5,69	4,99	114,03
V854		3,12	2,67	116,85
V1587	43°	3,84	3,41	112,61

**Tab. 7 B** In Abb. 14 sind die Merkmale und Messstrecken des Femurs dargestellt:  
BTd = Distale Breite der Trochlea femoris; BTp = Proximale Breite der Trochlea femoris.

UM	Femora					
	M15	M16	M17	M18	M19	
V892	x	x	x	x	x	<i>Bos primigenius</i>
V1587	x	x		x	x	<i>Bos sp.</i>
V1591		x	x	x		cf. <i>Bos primigenius</i>
	x					
V876			x		x	<i>Bos sp.</i>
		x		x		
V854					x	<i>Bos priscus</i>
	x	x		x		

**Tab. 8** Merkmalskombinationen der Tibiae zur Identifizierung von *Bos primigenius* oder *Bos priscus* nach Martin (1987) (siehe auch Tab. 2); UM: Untersuchungsmaterial.

UM	M20	M21	M22	M23
V1659	x	x	x	x
V2655	x	x	x	x
V2845	x	x	x	x
V1632		x	x	x
V1634		x	x	x
V1668		x	x	x
V1653		x	x	x
V1643		x	x	x
V1691		x	x	x
V1699		x	x	x
V1685		x	x	x
V1686		x	x	x

*Bos primigenius*

UM	M20	M21	M22	M23	
V1706		x	x	x	<i>Bos primigenius</i>
V1730		x	x	x	
V1916		x	x	x	
V1755		x	x	x	
V2351		x	x	x	
V2305		x	x	x	
V1914		x	x	x	
V1924		x	x	x	
V2945		x	x	x	
V1737		x	x		<i>cf. Bos primigenius</i>
				x	
V1660		x		x	<i>cf. Bos primigenius</i>
			x		
V2456		x	x		<i>Bos sp.</i>
				x	

UM	M20	M21	M22	M23		
V3074		x			<i>Bos</i> sp.	
			x	x		
V1718				x		
			x			
		x				
V1701				x		
		x	x			
V1637				x		<i>cf. Bos priscus</i>
		x	x			
V1725				x		
		x	x			
V1724			x			
		x		x		
V1710				x		
		x	x			
V1649					<i>Bos priscus</i>	
		x	x	x		
V1668						
		x	x	x		
V1804						
		x	x	x		
V1918						
		x	x	x		
V1917						
		x	x	x		

**Tab. 9 A** Messwerte der Humeri der Cervidae. Es wurde das Vergleichsmaterial herangezogen um die vermessbaren, zu bestimmenden Knochen damit zu vergleichen (siehe auch Abb. 27).

	Sammlungsnummer	MHT (cm)	BT (cm)	KD (cm)	$\frac{MHT \cdot 100}{BT}$	Art	Vergleichsmaterial
1a		6,43	8,69	5,35	73,99	M.g.	
1b	1834	6,08	7,48	3,6	81,28	A.a.	
2b	MAM1979.524	4,69	6,32	2,93	74,21	A.a.	
1c	1513	4,37	6,21	2,92	70,37	C.e.	
2c	MAM1983.25	3,47	4,86	2,62	71,40	C.e.	
1d	35472	3,38	4,09	2,39	82,64	R.t.	
2d	MAM1979.523	3,72	4,55	2,47	81,76	R.t.	
3d	MAM1981.6	3,02	3,97	1,76	76,07	R.t.	
1e	1444	2,34	3,12	1,6	75,00	D.d.	
2e	MAM82.339	2,73	3,72	2,23	73,39	D.d.	
3e	MAM82.340	2,51	3,23	1,7	77,71	D.d.	
1f	79852	1,92	2,36	1,3	81,36	C.c.	
2f	MAM2019.1146	1,41	2,35	1,12	60,00	C.c.	
3f	MAM2019.1145	1,78	2,31	1,18	77,06	C.c.	
4f	MAM1999.3	1,82	2,94	1,6	61,90	C.c.	
5f	MAM1984.1181	1,86	2,29	1,23	81,22	C.c.	

**Tab. 9 B** Messwerte der Humeri der Cervidae. Die Tabelle zeigt, wie das Untersuchungsmaterial zugeordnet wurde (siehe auch Abb. 27).

	Sammlungsnummer	MHT (cm)	BT (cm)	KD (cm)	$\frac{MHT \cdot 100}{BT}$	Art	Untersuchtes Material
1g	V628	4,17	7,12	2,66	58,57	Cerv.	
2g	V3070	3,15	4,54	2,08	69,38	Cerv.	
3g	V647	4,22	5,69	2,84	74,17	cf. C.e.	
4g	V2432	3,96	4,99	2,55	79,36	cf. R.t.	
5g	V1353	3,66	4,04	2,37	90,59	cf. R.t.	
6g	V626	3,5	5,5	2,35	63,64	Cerv.	
7g	V634	2,79	3,19	1,6	87,46	Cerv.	
8g	V2432	3,86	4,8	2,55	80,42	cf. R.t.	



**Tab. 10 A** Messwerte der Radii der Cervidae. Es wurde das Vergleichsmaterial herangezogen um die vermessbaren, zu bestimmenden Knochen damit zu vergleichen (siehe auch Abb. 28).

	Sammlungsnummer	KD (cm)	GL (cm)	BFp (cm)	$\frac{KD \cdot 100}{GL}$	Art	Vergleichsmaterial
1a		5,78	37,5	8,47	15,41	M.g.	
1b	1834	4,6	41,37	7,43	11,12	A.a.	
2b	MAM1979.524	3,09	37,75	6,27	8,19	A.a.	
1c	1513	3,49	28,41	5,93	12,28	C.e.	
2c	MAM1983.25	3,31	28,33	5,05	11,68	C.e.	
1d	35472	3,07	23,71	4,12	12,95	R.t.	
2d	MAM1979.523	3,15	27,5	4,04	11,45	R.t.	
3d	MAM1981.6	1,89	24,28	3,78	7,78	R.t.	
1e	1444	1,79	15,69	3,07	11,41	D.d.	
2e	MAM82.339	2,47	21,73	3,82	11,37	D.d.	
3e	MAM82.340	2	17,42	3,33	11,48	D.d.	
1f	79852	1,53	16,24	2,29	9,42	C.c.	
2f	MAM2019.1146	1,35	16,45	2,33	8,21	C.c.	
3f	MAM2019.1145	1,36	16,68	2,28	8,15	C.c.	
4f	MAM1999.3	1,74	18,13	3	9,60	C.c.	
5f	MAM1984.1181	1,44	16,69	2,29	8,63	C.c.	

**Tab. 10 B** M Messwerte der Radii der Cervidae. Die Tabelle zeigt, wie das Untersuchungsmaterial zugeordnet wurde (siehe auch Abb. 28).

	Sammlungsnummer	KD (cm)	GL (cm)	BFp (cm)	$\frac{KD \cdot 100}{GL}$	Art	Untersuchtes Material
1g	V767	1,41	14,85	2,76	9,49	C.c.	
2g	V2798	1,32	14,18	2,5	9,31	C.c.	
3g	V686	1,41	14,65	2,69	9,62	C.c.	
4g	V2884	2,87	28	5,33	10,25	C.e.	
5g	V1234	3,11	28,65	5,41	10,86	C.e.	
6g	V709	3,64	31,7	6	11,48	C.e.	
7g	V766	1,42	14,22	2,75	9,99	C.c.	
8g	V681	2,99	27,95	5,31	10,70	C.e.	

**Tab. 11 A** Messwerte der Metacarpalia der Cervidae. Es wurde das Vergleichsmaterial herangezogen um die vermessbaren, zu bestimmenden Knochen damit zu vergleichen (siehe auch Abb. 29).

	Sammlungsnummer	EB (cm)	MB (cm)	$\frac{MB \cdot 100}{EB}$	KD (cm)	Art	Vergleichsmaterial
1a		7,12	7,01	98,46	4,13	M.g.	
1b	1834	6,45	6,07	94,11	3,56	A.a.	
2b	MAM1979.524	5,53	5,28	95,48	2,83	A.a.	
3b	MAM2018.222	6,19	6,11	98,71	3,44	A.a.	
1c	1513	4,9	4,65	94,90	2,59	C.e.	
2c	MAM1983.25	3,95	3,89	98,48	2,27	C.e.	
1d	35472	4,22	3,83	90,76	2,45	R.t.	
2d	MAM1979.523	4,56	4,35	95,39	2,37	R.t.	
3d	MAM1981.6	3,67	3,23	88,01	1,69	R.t.	
1e	1444	2,59	2,42	93,44	1,33	D.d.	
2e	MAM82.339	2,99	3,07	102,68	1,9	D.d.	
3e	MAM82.340	2,64	2,61	98,86	1,47	D.d.	
1f	79852	0,93	0,92	98,92	1,21	C.c.	
2f	MAM2019.1146	1,96	1,78	90,82	1,12	C.c.	
3f	MAM2019.1145	1,88	1,83	97,34	1	C.c.	
4f	MAM1999.3	2,55	2,43	95,29	1,42	C.c.	
5f	MAM1984.1181	1,93	1,9	98,45	1,19	C.c.	

**Tab. 11 B** Messwerte der Metacarpalia der Cervidae. Die Tabelle zeigt, wie das Untersuchungsmaterial zugeordnet wurde (siehe auch Abb. 29).

	Sammlungsnummer	EB (cm)	MB (cm)	$\frac{MB \cdot 100}{EB}$	KD (cm)	Art	Untersuchtes Material
1g	V2067	3,68	3,71	100,82	2,23	C.e.	
2g	V771	3,34	2,88	86,23	1,72	R.t.	
3g	V815	3,8	3,34	87,89	2,03	Cerv.	
4g	V825	4,1	3,96	96,59	2,37	C.e.	
5g	V1502	3,85	3,68	95,58	2,26	C.e.	
6g	V1503	4,29	4,15	96,74	2,49	C.e.	
7g	V1504	3,98	3,89	97,74	2,42	C.e.	
8g	V1515	3,64	3,65	100,27	2,17	C.e.	
9g	V507	2,03	2,04	100,49	1,26	Cerv.	
10g	V1852	1,84	1,85	100,54	1,06	cf. C.c.	
11g	V2494	3,77	3,92	103,98	2,34	C.e.	
12g	V1939	4,42	4,37	98,87	2,77	C.e.	
13g	V3094	3,79	3,76	99,21	2,26	C.e.	
14g	V2861	3,68	3,69	100,27	2,17	C.e.	
15g	V1961	4,33	4,34	100,23	2,57	C.e.	

**Tab. 12 A** Messwerte der Femora der Cervidae. Es wurde das Vergleichsmaterial herangezogen um die vermessbaren, zu bestimmenden Knochen damit zu vergleichen (siehe auch Abb. 30).

	Sammlungs- nummer	KD (cm)	KT (cm)	TC (cm)	BC (cm)	$\frac{KD \cdot 100}{KT}$	$\frac{TC \cdot 100}{BC}$	Art	Vergleichsmaterial
1a		4,52	5,44	5,72	7,24	83,09	93,77	M.g.	
1b	1834	3,56	4,23	4,98	6,1	84,16	81,64	A.a.	
2b	MAM1979.524	2,85	3,52	4,22	5,08	80,97	69,18	A.a.	
3b	MAM2018.222	3,57	4,29	5,02	5,66	83,22	82,30	A.a.	
1c	1513	3,24	3,35	4,24	6,01	96,72	69,51	C.e.	
2c	MAM1983.25	2,8	3,05	3,47	4,31	91,80	56,89	C.e.	
1d	35472	2,46	2,66	2,83	3,14	92,48	46,39	R.t.	
2d	MAM1979.523	2,48	2,53	3,24	3,63	98,02	53,11	R.t.	
3d	MAM1981.6	1,91	2,16	2,62	2,89	88,43	42,95	R.t.	
1e	1444	1,71	1,87	2,41	3,26	91,44	39,51	D.d.	
2e	MAM82.339	2,39	2,48	2,85	3,83	96,37	46,72	D.d.	
3e	MAM82.340	1,87	1,93	2,55	3,34	96,89	41,80	D.d.	
1f	79852	1,64	1,67	1,99	2,42	98,20	32,62	C.c.	
2f	MAM2019.1146	1,37	1,38	1,8	2,43	99,28	29,51	C.c.	
3f	MAM2019.1145	1,37	1,42	1,78	2,4	96,48	29,18	C.c.	
4f	MAM1999.3	1,65	1,77	2,25	2,58	93,22	36,89	C.c.	
5f	MAM1984.1181	1,4	1,42	1,85	2,39	98,59	30,33	C.c.	

**Tab. 12 A** Messwerte der Femora der Cervidae. Die Tabelle zeigt, wie das Untersuchungsmaterial zugeordnet wurde (siehe auch Abb. 30). UM = untersuchtes Material.

	Sammlungs- nummer	KD (cm)	KT (cm)	TC (cm)	BC (cm)	$\frac{KD \cdot 100}{KT}$	$\frac{TC \cdot 100}{BC}$	Art	UM
1g	V881	2,95	2,99	3,58	4,94	98,66	58,69	cf. C.e.	
2g	V2238	2,85	3,12	3,75	4,86	91,35	61,48	C.e.	
3g	V2347	2,74	2,94	3,44	4,79	93,20	56,39	C.e.	

**Tab. 13 A** Messwerte der Tibiae der Cervidae. Es wurde das Vergleichsmaterial herangezogen um die vermessbaren, zu bestimmenden Knochen damit zu vergleichen (siehe auch Abb. 31).

	Sammlungs- nummer	KD (cm)	Tfd (cm)	GL (cm)	Art	
1a		5,19	5,51	49	M.g.	Vergleichsmaterial
1b	1834	3,89	4,81	36,31	A.a.	
2b	MAM1979.524	3,27	4,62	45,23	A.a.	
3b	MAM2018.222	3,97	4,85	49,47	A.a.	
1c	1513	3,37	4,01	37,92	C.e.	
2c	MAM1983.25	2,92	3,55	–	C.e.	
1d	35472	2,51	3,07	29,3	R.t.	
2d	MAM1979.523	2,68	3,36	33,27	R.t.	
3d	MAM1981.6	2,08	2,69	29,01	R.t.	
1e	1444	1,79	2,35	23,19	D.d.	
2e	MAM82.339	2,5	2,77	28,4	D.d.	
3e	MAM82.340	2,01	2,49	24,99	D.d.	
1f	79852	1,56	1,89	23,42	C.c.	
2f	MAM2019.1146	1,41	1,79	22,52	C.c.	
3f	MAM2019.1145	1,37	1,76	23,07	C.c.	
4f	MAM1999.3	1,53	2,05	24,42	C.c.	
5f	MAM1984.1181	1,46	1,79	22,6	C.c.	

**Tab. 13 B** Messwerte der Tibiae der Cervidae. Die Tabelle zeigt, wie das Untersuchungsmaterial zugeordnet wurde (siehe auch Abb. 31).

	Sammlungs- nummer	KD (cm)	Tfd (cm)	GL (cm)	Art	
1g	V1642	3,03	3,6	37,9	C.e.	Untersuchtes Material
2g	V1678	3,11	3,49	-	C.e.	
3g	V1658	3,4	3,75	-	C.e.	
4g	V1705	1,32	1,64	20,12	C.c.	
5g	V1744	1,37	1,59	-	C.c.	
6g	V1755	1,35	1,49	-	C.c.	
7g	V2778	1,47	1,66	-	C.c.	
8g	V2487	1,24	1,62	20,89	C.c.	
9g	V3016	4,05	4,74	48,45	A.a.	

**Tab. 14 A** Messwerte der Metatarsalia der Cervidae. Es wurde das Vergleichsmaterial herangezogen um die vermessbaren, zu bestimmenden Knochen damit zu vergleichen (siehe auch Abb. 32).

	Sammlungs- nummer	EB (cm)	MB (cm)	$\frac{MB \cdot 100}{EB}$	KD (cm)	Art	Vergleichsmaterial
1a		6,95	6,74	96,98	3,61	M.g.	
1b	1834	6,36	6,48	101,89	3,09	A.a.	
2b	MAM1979.524	5,31	5,73	107,91	2,74	A.a.	
3b	MAM2018.222	6,24	6,63	106,25	3,09	A.a.	
1c	1513	4,83	4,99	103,31	2,51	C.e.	
2c	MAM1983.25	3,75	3,84	102,40	2,28	C.e.	
1d	35472	3,96	3,79	95,71	2,15	R.t.	
2d	MAM1979.523	4,49	4,39	97,77	2,28	R.t.	
3d	MAM1981.6	3,61	3,37	93,35	1,57	R.t.	
1e	1444	2,64	2,62	99,24	1,36	D.d.	
2e	MAM82.339	3,1	3,39	109,35	1,8	D.d.	
3e	MAM82.340	2,74	2,79	101,82	1,49	D.d.	
1f	79852	2,13	2,17	101,88	1,23	C.c.	
2f	MAM2019.1146	2,15	2,04	94,88	1,15	C.c.	
3f	MAM2019.1145	2,03	2,07	101,97	1,03	C.c.	
4f	MAM1999.3	2,34	2,45	104,70	1,19	C.c.	
5f	MAM1984.1181	2,1	2,09	99,52	1,18	C.c.	

**Tab. 14 B** Messwerte der Metatarsalia der Cervidae. Die Tabelle zeigt, wie das Untersuchungsmaterial zugeordnet wurde (siehe auch Abb. 32).

	Sammlungs- nummer	EB (cm)	MB (cm)	$\frac{MB \cdot 100}{EB}$	KD (cm)	Art	Untersuchtes Material
1g	V1999	2,17	2,08	95,85	1,12	C.c.	
2g	V1987	2,02	2,19	108,42	1,31	C.c.	
3g	V1955	3,93	4,15	105,60	2,36	cf.C.e.	
4g	V1965	2,02	2,04	100,99	1,11	C.c.	
5g	V1982	4,16	4,18	100,48	2,41	cf.C.e.	
6g	V2006	3,89	3,84	98,71	2,16	Cerv.	
7g	V2493	4,32	4,57	105,79	2,67	cf.C.e.	
8g	V2458	3,66	3,93	107,38	2,36	cf.C.e.	

**Tab. 15** Absolute Auswertung aller Fundorte

E.: *Equus* sp.; C. a.: *Coelodonta antiquitatis*; S. s.: *Sus scrofa*; C. e.: *Cervus elaphus*; A. a.: *Alces alces*; C. c.: *Capreolus capreolus*; R. t.: *Rangifer tarandus*; Cerv.: Cervidae (nicht näher bestimmt); B. pris.: *Bos priscus*; B. prim.: *Bos primigenius*; B.: *Bos priscus* oder *Bos primigenius*; Cap.: Caprini (nicht näher bestimmt).

Taxon	Anzahl der Knochen							Gesamt	Anteil
	Humerus	Radius	Ulna	Metacarpus	Femur	Tibia	Metatarsus		
E.	14	46	8	33	28	37	53	219	21,45 %
C.a.	1	0	0	0	0	0	0	1	0,10 %
S.s.	26	8	16	0	4	17	2	73	7,15 %
C.e.	3	14	0	22	6	9	11	65	6,37 %
A.a.	0	0	0	0	0	1	0	1	0,10 %
C.c.	0	16	0	3	0	5	3	27	2,64 %
R.t.	2	0	0	1	0	0	0	3	0,29 %
Cerv.	7	2	9	4	2	4	2	30	2,94 %
B.pris.	0	8	1	11	1	9	0	30	2,94 %
B.prim.	1	37	3	49	3	24	91	208	20,37 %
B.	61	37	20	67	11	46	58	300	29,38 %
Cap.	3	7	0	19	3	9	23	64	6,27 %
Bestimmt	118	175	57	209	58	161	243	1021	100 %
Nicht bestimmt	11	11	3	0	16	6	4	51	4,76 %
Gesamt	129	186	60	209	74	167	247	1072	

**Tab. 16 A** Auswertung des Fundorts Hemmingen

E.: *Equus* sp.; C. a.: *Coelodonta antiquitatis*; S. s.: *Sus scrofa*; C. e.: *Cervus elaphus*; A. a.: *Alces alces*; C. c.: *Capreolus capreolus*; R. t.: *Rangifer tarandus*; Cerv.: Cervidae (nicht näher bestimmt); B. pris.: *Bos priscus*; B. prim.: *Bos primigenius*; B.: *Bos priscus* oder *Bos primigenius*; Cap.: Caprini (nicht näher bestimmt).

Taxon	Anzahl der Knochen							Gesamt	Anteil
	Humerus	Radius	Ulna	Metacarpus	Femur	Tibia	Metatarsus		
E.	14	31	4	23	24	29	29	154	19,85 %
C.a.	1	0	0	0	0	0	0	1	0,13 %
S.s.	19	6	16	0	4	17	2	64	8,25 %
C.e.	2	11	0	18	4	5	5	45	5,80 %
A.a.	0	0	0	0	0	1	0	1	0,13 %
C.c.	0	12	0	3	0	3	0	18	2,32 %
R.t.	2	0	0	1	0	0	0	3	0,39 %
Cerv.	5	2	8	3	2	4	2	26	3,35 %
B.pris.	0	5	0	9	1	6	0	21	2,71 %
B.prim.	1	29	2	38	2	19	62	153	19,72 %
B.	53	32	19	58	8	39	46	255	32,86 %
Cap.	3	4	0	11	3	5	9	35	4,51 %
Bestimmt	100	132	49	164	48	128	155	776	100 %
Nicht bestimmt	9	10	3	0	14	4	4	44	5,37 %
Gesamt	109	142	52	164	62	132	159	820	

**Tab. 16 B** Auswertung des Fundorts Koldingen

E.: *Equus* sp.; C. a.: *Coelodonta antiquitatis*; S. s.: *Sus scrofa*; C. e.: *Cervus elaphus*; A. a.: *Alces alces*; C. c.: *Capreolus capreolus*; R. t.: *Rangifer tarandus*; Cerv.: Cervidae (nicht näher bestimmt); B. pris.: *Bos priscus*; B. prim.: *Bos primigenius*; B.: *Bos priscus* oder *Bos primigenius*; Cap.: Caprini (nicht näher bestimmt).

Taxon	Anzahl der Knochen							Gesamt	Anteil
	Humerus	Radius	Ulna	Metacarpus	Femur	Tibia	Metatarsus		
E.	0	2	0	0	0	0	0	2	6,45 %
C.a.	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00 %
S.s.	1	1	0	0	0	0	0	2	6,45 %
C.e.	0	0	0	0	0	1	0	1	3,23 %
A.a.	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00 %
C.c.	0	1	0	0	0	1	0	2	6,45 %
R.t.	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00 %
Cerv.	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00 %
B.pris.	0	1	0	0	0	0	0	1	3,23 %
B.prim.	0	1	0	1	0	0	4	6	19,35 %
B.	1	1	0	3	0	0	2	7	22,58 %
Cap.	0	0	0	2	0	1	7	10	32,26 %
Bestimmt	2	7	0	6	0	3	13	31	100 %
Nicht bestimmt	1	1	0	0	0	0	0	2	6,06 %
Gesamt	3	8	0	6	0	3	13	33	



**Tab. 16 C** Auswertung des Fundorts Jeinsen

E.: *Equus* sp.; C. a.: *Coelodonta antiquitatis*; S. s.: *Sus scrofa*; C. e.: *Cervus elaphus*; A. a.: *Alces alces*; C. c.: *Capreolus capreolus*; R. t.: *Rangifer tarandus*; Cerv.: Cervidae (nicht näher bestimmt); B. pris.: *Bos priscus*; B. prim.: *Bos primigenius*; B.: *Bos priscus* oder *Bos primigenius*; Cap.: Caprini (nicht näher bestimmt).

Taxon	Anzahl der Knochen							Gesamt	Anteil
	Humerus	Radius	Ulna	Metacarpus	Femur	Tibia	Metatarsus		
E.	0	13	3	10	3	8	24	61	29,90 %
C.a.	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00 %
S.s.	6	1	0	0	0	0	0	7	3,43 %
C.e.	1	3	1	3	1	3	4	16	7,84 %
A.a.	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00 %
C.c.	0	3	0	0	0	1	3	7	3,43 %
R.t.	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00 %
Cerv.	2	0	1	1	0	0	0	4	1,96 %
B.pris.	0	2	1	2	0	3	0	8	3,92 %
B.prim.	0	7	1	10	1	5	24	48	23,53 %
B.	6	4	1	6	3	4	10	34	16,67 %
Cap.	0	3	0	6	0	3	7	19	9,31 %
Bestimmt	15	36	8	38	8	27	72	204	100 %
Nicht bestimmt	0	0	0	0	2	0	0	2	0,97 %
Gesamt	15	36	8	38	10	27	72	206	

**Tab. 16 D** Auswertung des Fundorts Gleidingen

E.: *Equus* sp.; C. a.: *Coelodonta antiquitatis*; S. s.: *Sus scrofa*; C. e.: *Cervus elaphus*; A. a.: *Alces alces*; C. c.: *Capreolus capreolus*; R. t.: *Rangifer tarandus*; Cerv.: Cervidae (nicht näher bestimmt); B. pris.: *Bos priscus*; B. prim.: *Bos primigenius*; B.: *Bos priscus* oder *Bos primigenius*; Cap.: Caprini (nicht näher bestimmt).

Taxon	Anzahl der Knochen							Gesamt	Anteil
	Humerus	Radius	Ulna	Metacarpus	Femur	Tibia	Metatarsus		
E.	0	0	0	0	1	0	0	1	10,00 %
C.a.	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00 %
S.s.	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00 %
C.e.	0	0	0	1	1	0	2	4	40,00 %
A.a.	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00 %
C.c.	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00 %
R.t.	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00 %
Cerv.	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00 %
B.pris.	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00 %
B.prim.	0	0	0	0	0	0	1	1	10,00 %
B.	1	0	0	0	0	3	0	4	40,00 %
Cap.	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00 %
Bestimmt	1	0	0	1	2	3	3	10	100 %
Nicht bestimmt	1	0	0	0	0	2	0	3	23,08 %
Gesamt	2	0	0	1	2	5	3	13	

# Ökologische Differenzierung limnischer und fluviatiler Lebensräume an der Leine bei Garbsen in der Region Hannover

Tim Lukas Pikos



## Zusammenfassung

In einer vergleichenden Landschaftsanalyse unter ökologischen Aspekten wird ein Totarm mit seinem Ursprungsgewässer, in diesem Fall der Leine, verglichen. Dabei stehen vegetationskundliche und hydrochemische Aspekte im Vordergrund. Das Pflanzeninventar beider Lebensräume wurde erfasst und hydrochemische Parameter im Labor vergleichend gemessen. Wie vermutet war der Totarm deutlich mineralstoffreicher als ein Abschnitt der Leine. Der anthropogene Einfluss (Landwirtschaft, Deichbau, Industriegebiet) im unmittelbaren Umfeld des Untersuchungsgebiets hat die Eutrophierung beider

Lebensräume stark beschleunigt. Besonders gut erkennbar ist das an hohen Werten der elektrischen Leitfähigkeit. Eine Renaturierung des Untersuchungsgebiets kann aufgrund zu hoher Kosten und nicht gesicherter Nachhaltigkeit nicht befürwortet werden. Im Sinne des Naturschutzes sollte das Gebiet jedoch als Refugium und Brutplatz diverser Vogelarten erhalten bleiben.

**Schlüsselwörter:** Ökologie, limnische und fluviatile Lebensräume, Altwasser, Leine, Region Hannover, Vegetationskunde, Fauna, Hydrochemie

## Einleitung

Grundlage für diesen Artikel sind Untersuchungen aus dem Jahre 2016, die sich mit der hydrochemischen Analyse eines Altarms, respektive Totarms der Leine bei Garbsen in der Region Hannover befassen. Dabei ging es um die Erfassung von „signifikanten Unterschieden bei der Vegetation und der Hydrochemie von Altwässern im Vergleich zu ihren ursprünglichen Fließgewässern und die Rückführung dieser auf biogene und anthropogene Einflüsse“ (Pikos 2016).

Es konnte festgestellt werden, dass sich die Trophie und in der Folge auch die Artenzusammensetzung des Alt- bzw. Totarms trotz unmittelbarer geographischer Nähe zum Ursprungsgewässer deutlich unterscheiden. Besonders deutlich wird dies an signifikant höheren Werten der

elektrischen Leitfähigkeit sowie den Kohlenstoffdioxid- oder CSB-Gehalten (beim „CSB“ wird der Chemische Sauerstoffbedarf gemessen. Dies ist die Summe aller Stoffe im Gewässer, die potentiell oxidiert werden kann). Darüber hinaus treten deutliche Hinweise auf ein Artenspektrum hypertropher Standorte durch die Kombination von einer geringen Artenanzahl bei hoher Biomasse einer einzelnen Art auf.

Im Folgenden wird nach einer Vorstellung des Untersuchungsgebiets der Fokus zunächst auf die Unterschiede im Arteninventar und anschließend auf den hydrochemischen Bereich gelegt. Abschließend erfolgt ein kurzer Ausblick mit Diskussion auf mögliche Renaturierungs- oder Naturschutzmaßnahmen.



**Abb. 1** Der Verlauf der Leine mit Altarm. Außerdem ist der Mittellandkanal zu sehen,

der die Leine bei Seelze überquert (Quelle: Google/Maps, 2016).

## Das Untersuchungsgebiet

Der zu untersuchende Totarm und der angrenzende Fließgewässerabschnitt befinden sich am Unterlauf der Leine in der Region Hannover, gut zwei Kilometer nordwestlich vom Garbsener Stadtteil Havelse an der L 390 bei Seelze, wo die Leine vom Mittellandkanal überquert wird. Die Auswahl des Gebiets erfolgte per Satellitenbild mithilfe der Website Google-Maps (Abb. 1).

Die Abbildung zeigt sehr deutlich den Verlauf des ehemaligen Leinelaufs, des Altarms, der in der Mäanderzone der Leine entstanden ist. Darüber hinaus lässt das Vorhandensein einer ausgeprägten Baum- und Krautschicht eine komplette Abschnürung des Altwassers vom Fluss vermuten. Das Interesse an diesem Gebiet resultiert aus dem gut erkennbaren anthropogenen Einfluss vor Ort.

Neben der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung (Abb. 2) sind weitere anthropogene Einflüsse auf das Untersuchungsgebiet zu nennen. Die Mittellandkanalbrücke speist den Fluss und den Boden regelmäßig mit übertretendem Wasser bei Schiffsverkehr. Hinzu kommt die Nähe

des Industriegebiets mit dem Seelzer Betriebshof.

Darüber hinaus wurde der Flusslauf 1974 verändert, um Platz für Baumaßnahmen zu gewinnen. Dies hatte zur Folge, dass der Fluss an diesen Stellen nicht mehr natürlich mäandrieren konnte und die Chance auf die Bildung neuer Altwässer damit verhindert wurde. Verstärkt wurde dieser Effekt zudem durch den Deichbau zum Hochwasserschutz (Abb. 3). Außerdem kann an dieser Stelle nicht mehr die natürliche Vegetation der Flussauen wachsen; das Ufer wurde 1999 mit Rollrasen belegt.

Der zweite Teil des Untersuchungsgebiets, der Totarm, war in zwei Ausprägungen vorzufinden. Im Mai, zu Beginn der Messungen, war ein Stillgewässer mit einer extrem niedrigen Wassertiefe vorzufinden, das im Juli, zum Ende der Messungen, vollständig verlandet war (Abb. 4, 5).

Die aufgeführten Befunde lassen den Schluss zu, dass das Untersuchungsgebiet nur noch wenig natürlichen Charakter aufweist. Die heutige Form und Beschaffenheit entstand durch den starken

**Abb. 2** Landwirtschaftliche Felder im direkten Anschluss an den Flusslauf. Rechts am Bildrand ist die Flussaue anhand von Salix-Beständen zu erahnen.



**Abb. 3** Deich zum Hochwasserschutz.





**Abb. 4** Zustand des Totarms zu Beginn der Untersuchungen im Mai 2016.



**Abb. 5** Zustand des verlandeten Totarms zum Ende der Untersuchungen im Juli 2016.

anthropogenen Einfluss, dessen Auswirkungen auf die Vegetation und die Hydrochemie im weiteren Verlauf untersucht werden. Zunächst soll auf die Entstehung eines Totarms über seine Vorläuferstufen des Altarms, respektive Altwassers eingegangen werden.

Die natürliche Bildung von Flüssen bzw. Fließgewässersystemen ist eng mit dem Vorhandensein von Höhendifferenzen in der Landschaft verbunden (Pott & Remy 2000). Damit einhergehend ist eine vorhandene Reliefenergie, durch die überschüssiges Wasser dem Energiegradienten folgend abfließen kann. Solche Höhenunterschiede können tektonischen Ursprungs und daher in permanentem Wandel sein. Die Menge und Geschwindigkeit an fließendem Wasser sind dabei an eine Vielzahl unterschiedlicher Faktoren gebunden. So bestimmen die Durchlässigkeit der Böden und die Menge an Niederschlag in Kombination mit dem Ausmaß an Höhendifferenz hauptsächlich Fließgeschwindigkeit und -menge. Hinzu kommt die Erodierbarkeit der Böden. Damit ist die Beschaffenheit des Bodens gemeint, die dafür sorgt, dass Wasser nach und nach bestimmte Mengen an Gesteins- und Bodenschichten abträgt. Tonhaltige Böden sind eher wasserundurchlässig, während

Kalk- und Sandsteinböden ein erhöhtes Maß an Wasserdurchlässigkeit aufweisen (Pott & Remy 2000). Die Böden der Norddeutschen Tiefebene bestehen überwiegend aus wasserdurchlässigem Sandstein (Strahler & Strahler 1999), das resultiert in einem gering verzweigten Fließgewässernetz in dieser Region.

Das Entstehen von Altarmen, respektive Altwässern, ist an das Vorhandensein von Flusssystemen und deren Hydrodynamik gekoppelt. Diese bewirkt natürliche Erosions- und Sedimentationsvorgänge, die dafür sorgen, dass der Fluss seinen Lauf permanent ändert. In der Norddeutschen Tiefebene wird dieses Phänomen auf Grund des flachen Untergrunds als Mäandrierung bezeichnet und damit von der sogenannten Furkation auf stark geneigten Untergründen abgegrenzt (Lüderitz et al. 2009). Beim Verlauf des Flusses wird zwischen dem Prallhang, an dem Erosion auftritt und dem Gleithang, an dem vermehrt Sedimentation stattfindet, unterschieden.

Die Erosion sorgt dafür, dass sich der Fluss an seinem Prallhang kontinuierlich ausweitet, sodass sich ein Mäanderbogen ausbildet. In Folge einer zunehmenden Überdehnung des Mäanderbogens kommt es zum Durchbruch des Flusses, und der Bogen wird abgeschnürt. Durch

den Durchbruch wird darüber hinaus der Flusslauf verkürzt; das geht mit einer Erhöhung der Fließgeschwindigkeit und damit einer Steigerung der Erosionskraft einher und bildet somit eine Grundlage für weitere Abschnürungen. Unmittelbar nach dem Durchbruch besteht noch eine offene Verbindung zwischen Fluss und Altarm, die nach und nach durch Sedimentationsvorgänge geschlossen wird. Ab diesem Zeitpunkt wird der Altarm als Altwasser bezeichnet. Er besitzt nun einen Stillgewässercharakter. Besteht eine vollständige und dauerhafte Entkopplung, sodass das Altwasser nur noch durch Grund- oder Qualmwasser gespeist wird, liegt die dritte Form vor, ein sogenannter Totarm. Das untersuchte Gewässer fällt in die letztgenannte Kategorie.

Lüderitz et al. (2009) führen als weitere Entstehungsmöglichkeit von Altarmen Hochwasserereignisse auf, die für ein sogenanntes „Flussspringen“ sorgen, wodurch der Fluss seinen Lauf spontan verändern kann. Als Beispiel nennen sie starke Hochwasserereignisse zwischen dem 11. und 16. Jahrhundert, die den ursprünglichen Verlauf der Elbe zwischen Dornburg und Prester stark veränderten.

Der Untergrund des Gewässers wird durch die Strömung bestimmt. Aufgrund der vorhandenen Strömung in Fließgewässern bleibt der Boden in den meisten Fällen ein sogenannter Gewässerrohboden oder Protopedon (Pott & Remy 2000). Sich ablagernde, mineralstoffreiche Muddeschichten werden durch strömungsbedingte Erosion abgetragen. In sehr schwach bis gar nicht strömenden Gewässern wie den Altwässern findet keine Erosion statt, und es lagern sich sukzessive Muddeschichten auf dem Gewässerboden ab, die in ihrer Gesamtheit als Gytja bezeichnet werden. In der Folge findet eine zunehmende Eutrophierung des Gewässers statt, da die zunehmende Menge an Mineralstoffen nicht mehr kompensatorisch abgebaut werden kann. Im Endstadium entsteht aus den Muddeschichten ein sogenannter Faulschlamm, der als Sapropel bezeichnet wird.

Entsprechend der genetischen, morphologischen und hydrodynamischen Unterschiede zwischen den Gewässertypen finden sich unterschiedliche Ökosysteme, die im Folgenden beispielhaft dargestellt werden.

## Vegetationskundliche Untersuchungen

Die Bestimmung der Vegetation und der Fauna erfolgte mit der bekannten Bestimmungsliteratur (Brohmer 2010, Rothmaler 2011 & 2013). Informationen zu den Pflanzengesellschaften stammen aus Pott (1995). Dabei ist zu erwähnen, dass in der vorliegenden Arbeit nicht pflanzensoziologisch nach der Methode von Braun-Blanquet (1964) gearbeitet wurde. Vielmehr sind die einzelnen Arten und Assoziationen qualitativ erfasst und mit Hinblick auf deren Aussagekraft für die

Trophiedifferenzierung zwischen den beiden untersuchten Gewässertypen ausgewertet worden.

Die Gesamtheit der flussbegleitenden Vegetation wird als Auenvegetation bezeichnet. Wie bereits bei der Vorstellung des Untersuchungsgebiets erwähnt, ist der anthropogene Einfluss deutlich sichtbar und wirkt sich somit auch auf die Vegetation aus. So ist am Unterlauf der Leine keine typische gehölzfreie Vegetation mit Phalaridetum-Gesellschaften, das sind



**Abb. 6** Vor der Kanalbrücke ist ein *Salicetum triandro-viminalis* (Mandelweiden-Korbweidengebüsch) als Ufervegetation zu erkennen. Darüber hinaus sind rechts im Bild *Urtica dioica*-Bestände zu erkennen, die den Deich besiedeln.



**Abb. 7** *Salix alba* (Silberweide) als Repräsentant einer natürlichen Weichholzaue im Anschluss an ein *Salicetum triandro-viminalis* (Mandelweiden-Korbweidengebüsch) reicht unmittelbar hinter der Kanalbrücke direkt ans Ufer. Sie bewächst zusammen mit einer ausgeprägten Krautschicht die künstlich geschaffene Terrasse des Deichs.

Pflanzengemeinschaften die durch das Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*) geprägt werden, vorzufinden. An Teilen der Aue konnte noch ein *Salicetum triandro-viminalis*-Bestand, ein Mandelweiden-Korbweidengebüsch nachgewiesen werden (Abb. 6), das jedoch direkt am Untersuchungsgebiet unterhalb der Kanalbrücke, anthropogen bedingt, fehlt. Hier ist die Aue durch den Deichbau geprägt. Auf der schmalen Terrasse vor dem Deich ist *Salix alba*, die Silberweide als dominierende Baumart anzutreffen (Abb. 7).

Teilweise eingebettet in den Monobestand von Silberweiden (*Salix alba*) finden sich vereinzelt Exemplare von *Sambucus nigra*, dem Schwarzen Holunder (Abb. 8). Beide Pflanzen sind äußerst nährstoffanspruchsvoll und belegen die zunehmende Eu- bzw. Hypertrophierung durch Landwirtschaft in diesem Gebiet. Pott (1995) beschreibt das *Sambucetum nigrae*, die Gesellschaft des Schwarzen Holunders, als bezeichnend „für hypertrophierte Böden in siedlungsnahen Lagen sowie für entwässerte Erlenbruchwald- und Auenwaldstandorte.“ Das *Salicetum albae*, der

**Abb. 8** *Sambucus nigra* (Schwarzer Holunder)







**Abb. 9** Das Urtico-Aegopodietum (Brennessel-Giersch-Gesellschaft) auf der Deichterrasse aus der Nähe mit *Urtica dioica* als klar dominierender Art.



**Abb. 10** Verlandeter Teil des Altarms.

Silberweiden-Auwald und das Sambucetum nigrae werden ergänzt durch eine Krautschicht, die stark vom Urtico-Aegopodietum podagrariae dominiert wird. Diese Brennnessel-Giersch-Gesellschaft ist ebenfalls sehr nährstoffanspruchsvoll, insbesondere *Urtica dioica*, die Große Brennnessel, zeigt erhöhte Stickstoffwerte im Boden an. Als vereinzelt auftretende Exemplare in dieser Krautschicht sind beispielhaft Gefleckte Taubnessel (*Lamium maculatum*), Wiesen-Fuchsschwanz (*Alopecurus pratensis*) und Kriechender Hahnenfuß (*Ranunculus repens*) zu erwähnen. Alle drei Arten werden als nährstoffanspruchsvoll charakterisiert und untermauern die bisherigen Ergebnisse.

Unter natürlichen Bedingungen schließt sich an das Salicetum albae die Hartholzauwe mit einem Quercu-Ulmetum, dem Eichen-Ulmen-Wald, an. Durch den Deichbau ist diese Gesellschaft im Untersuchungsgebiet nicht anzutreffen (Abb. 9). Auf der Deichterrasse hat sich sekundär das Urtico-Aegopodietum ausgebreitet und bildet dort eine beeindruckende (Mono)Dominanz.

In unmittelbarer Ufernähe konnten keine typischen Wasserpflanzen entdeckt

werden, vermutlich sind sie durch den Deich- und Brückenbau aus dem Gebiet verschwunden. An kleinen Einbuchtungen des Ufers konnten sehr wenige Exemplare von *Ceratophyllum demersum*, dem Rauhen Hornblatt nachgewiesen werden.

Die Wasser- und Ufervegetation im Untersuchungsgebiet belegt den starken anthropogenen Einfluss, der bereits auf dem Satellitenbild des Untersuchungsgebiets (Abb. 1) deutlich zu sehen ist. Somit kann (nahezu) keine Übereinstimmung mit einer natürlichen Auenvegetation nach Pott & Remy (2000) nachgewiesen werden.

Am Totarm ist die Vegetation signifikant anders (Abb. 10). Unterstützt wurde die Entkopplung durch Bodenaufschüttungen. Darüber hinaus kann der Totarm eindeutig in die Postterminalphase nach Lüderitz et al. (2009) eingeordnet werden. Es liegt ein klar erkennbarer Weidenbruchwald vor, und das Gewässer hat nur noch eine Tiefe von wenigen Zentimetern. Der Faulschlamm durchzieht das Gewässer bis unter die Wasseroberfläche. Im Juli lag der Totarm vollständig trocken. Ein weiterer Indikator für die extrem hohe Trophiestufe ist die geringe Artendiversität bei gleichzeitig großen Mengen einiger

weniger Arten im Untersuchungsgebiet.

Die Sukzessionsfolge im untersuchten Totarm entspricht in manchen Teilen der von Pott & Remy (2000) skizzierten Sukzession eines hypertrophen Gewässers: Dort befinden sich Massenbestände an *Ceratophyllum demersum* sowie ein Lemnetum gibbae im Wasserkörper. Damit wird ein massenhaftes Vorkommen der Buckligen Wasserlinse (*Lemna gibba*) bezeichnet. Vom Pelagial, also dem freien Wasserkörper in Richtung Benthos, folgt das Zannichellietum palustris, die Teichfaden-Gesellschaft. Nach Pott (1995) wird diese Gesellschaft häufig vom Lemnetum gibbae überlagert. Das Röhricht bildet in diesem Gewässertyp in unmittelbarer Ufernähe das Glycerietum maximae mit *Glyceria maxima*, dem Wasser-Schwaden oder Großen Schwaden, als namensgebende Art. Auf sehr nährstoffreichem Boden wie einem Sapropel verdrängt diese Gesellschaft das Scirpo-Phragmitetum, den Schilf-Gürtel bzw. das Schilfröhricht. Als letzte Gesellschaft in dieser Sukzessionsfolge tritt ein Scirpetum maritimi mit der Kennart *Bolboschoenus maritimus*, der Gewöhnlichen Strandsimse auf.

Der gesamte untersuchte Totarm ist ein Salicetum albae. Das von Sapropel durchsetzte Wasser wird dominiert von einem massereichen Lemnetum gibbae. *Ceratophyllum demersum* konnte wie im Fluss nur vereinzelt gefunden werden. Wahrscheinlich hängt dies mit der extrem niedrigen Wassertiefe zusammen. Im Juli, als das Gewässer vollständig verlandet war, konnte *Lemna gibba* eindeutig dem Sapropel aufliegend als monodominante Art nachgewiesen werden (Abb. 11). Gemäß Lüderitz et al. (2009) sind *Ceratophyllum demersum*-Dominanzgesellschaften zusammen mit einem Lemnetum gibbae die beiden Gesellschaften hypertropher Altwässer in der Terminal- bzw. Postterminalphase.



Abb. 11 Dem Sapropel aufliegender Buckkellinsen-Bestand (*Lemnetum gibbae*).

Diese Tatsache konnte durch die Befunde im Untersuchungsgebiet bestätigt werden, wobei ein eindeutiges Übergewicht des Lemnetum gibbae zu verzeichnen war. Ein darauffolgendes Zannichellietum palustris konnte nicht ermittelt werden und wurde vermutlich vollständig durch das Lemnetum gibbae überdeckt bzw. verdrängt.

Ein Glycerietum maximae mit *Glyceria maxima* konnte zusammen mit *Phragmites australis* in einem kleinen Bereich nachgewiesen werden. Nach Pott (1995) können sich Reste des Scirpo-Phragmitetum noch längere Zeit in dem Schwadenröhricht halten. Ein Scirpetum maritimi war im Untersuchungsgebiet nicht vorzufinden. Dagegen konnten einige Bestände von Blutweiderich (*Lythrum salicaria*), einer nährstoffanspruchsvollen Lythraceae in das Röhricht eingebettet vorgefunden werden.

Die Vegetation am Ufer des Totarms besteht aus Vertretern der Glechometalia hederaceae und dem bereits erwähnten Urtico-Aegopodietum podagrariae. Dabei stellt die Große Brennnessel (*Urtica dioica*) die eindeutige Dominanzart dar (Abb. 12). Das entspricht den Literaturangaben, nach denen diese nitrophytischen



**Abb. 12** Die Zonierung am ehemaligen Ufer des Totarms bilden *Glechoma hederacea* (Gundermann) und *Urtica dioica*. Die Baumvegetation wird von einem *Salicetum albae* (Silberweiden-Gesellschaft) gebildet.

Gesellschaften schwerpunktmäßig in Auenwäldern wachsen (Pott 1995). Das zu erwartende *Glycerietum maximae* ist, wie erwähnt, nur an einer kleinen Stelle vorzufinden gewesen und wird vermutlich durch die angrenzenden *Urtica dioica*-Bestände in Zukunft verdrängt werden.

Zusätzlich zur Silberweide konnten einzelne Korbweidengebüsche im Untersuchungsgebiet nachgewiesen werden. Vereinzelt wurden Bestände vom Pfenningkraut (*Lysimachia nummularia*) einer nährstoffanspruchsvollen Primulaceae, und Schildkraut (*Scutellaria galericulata*) gefunden. Sowohl im verlandeten als auch im feuchten Ufergebiet des Totarms konnte

eine *Rorippa amphibia*-Gesellschaft nachgewiesen werden. Sie ist nach Lüderitz et al. (2009) typisch für periodisch trockenfallende Ufer der Terminalphasen. Auch Rothmaler (2011) führt als Standort für diese Art „schlammige, zeitweilig trockenfallende [...] Altwässer“ auf.

Zusammenfassend können für die Erfassung der Vegetation drei Aspekte herausgestellt werden. Erstens sind alle vorgefundenen Arten bzw. Pflanzengesellschaften nährstoffanspruchsvoll und/oder nitrophytisch. Dies ist bedingt durch die zusätzliche Akkumulation von Nährstoffen aus dem anthropogen beschleunigten Verlandungsprozess des Totarms. Damit einher geht zweitens die geringe Artenvielfalt bei gleichzeitig hoher Individuenzahl im Untersuchungsgebiet. Drittens sind zuletzt insbesondere in der Uferregion charakteristische Arten bzw. Gesellschaften entweder verdrängt (*Zannichellietum palustris*, *Scirpetum maritimi*) oder auf ein kleines Areal begrenzt worden (*Glycerietum maximae*), sodass Große Brennnessel (*Urtica dioica*) und Gundermann (*Glechoma hederacea*) die dominierenden Arten in dem Gebiet um das Gewässer sind. Das Gebiet weist somit ein Gemisch aus einem natürlichen, durch einen fortgeschrittenen Verlandungsprozess bedingten Vegetationskomplex und anthropogen bedingter Sukzession von Arten auf.

## Faunistische Situation des Untersuchungsgebiets

Unmittelbar an und um den Fluss konnten keine Tiere vorgefunden werden. Das *Salicetum albae* bot dagegen diversen Vögeln Brutplatz. Dazu zählen ein Paar Graugänse (*Anser anser*) und ein Paar Stockenten (*Anas platyrhynchos*). Auch konnte gelegentlich ein Graureiher (*Ardea cinerea*) beobachtet werden. Die Befunde

decken sich mit der Beschreibung der Vogelvorkommen an Altwässern nach Lüderitz et al. (2009). Demnach sind Graureiher regelmäßig an Altwässern vorzufinden, da sie die Auenwälder als Brutplätze nutzen. Auch *Anas platyrhynchos* ist eine häufige, weil anspruchslose Art in Bezug auf Nahrung und Wahl der Brutplätze. *Anser*

*anser* ist ebenfalls eine Brutvogelart an Altwässern, die ihre Nahrung auf den zahlreichen umliegenden Äckern sucht.

Die Nahrung von *Ardea cinerea* besteht nach Angaben von Lüderitz et al. (2009) vornehmlich aus Fischen, Amphibien und Reptilien. Fische waren aufgrund der extrem niedrigen Wassertiefe und der periodisch auftretenden Verlandung des Gewässers im Untersuchungsgebiet nicht vorzufinden. Allerdings sollte der Totarm diverse Amphibien, beispielsweise Frösche (*Rana spec.*) aus der Ordnung Froschlurche (Anura), aufweisen. Tatsächlich konnte der Laubfrosch (*Hyla arborea*) nachgewiesen werden.

Im Totarm wurde *Daphnia pulex*, ein Vertreter der Crustaceen, gefunden, eine

häufige Art in Kleingewässern. Diverse Vertreter der Plathelminthen (Plattwürmer) konnten gefunden, aber nicht mit hinlänglicher Sicherheit bestimmt werden. Da von den drei Klassen der Plattwürmer einzig die Strudelwürmer (Turbellaria) freilebende Arten aufweisen und die gefundenen Exemplare freischwimmend im Wasser auftraten, handelt es sich vermutlich um Vertreter dieser Klasse.

Weitere Vertreter der Fauna konnten nicht ermittelt bzw. nur unzureichend bestimmt werden und sind daher nicht weiter aufgeführt. Deutlich war jedoch die Tendenz zu höherer Artenvielfalt im Salicetum albae im Vergleich zum Gebiet in unmittelbarer Leinenähe.

## Hydrochemische Untersuchungen

Die bei den Untersuchungen gemessenen hydrochemischen Parameter werden bezüglich ihrer Rolle für die Vegetation und die Fauna vorgestellt. Darüber hinaus wird der Einfluss physikalischer und biologischer Faktoren auf diese Parameter erläutert. Dabei wird insbesondere auf die Arbeit von Pott & Remy (2000) zurückgegriffen.

Biozönosen sind Lebensgemeinschaften von verschiedenen Organismen in einem bestimmten Gebiet. Diese Feststellung folgt dem Grundsatz, dass kein Organismus auf diesem Planeten solitär im Sinne von ganz allein lebensfähig ist und daher in permanenter Wechselwirkung zu seiner Umwelt steht (Pott 2005). Die Vegetation eines Gewässers stellt sowohl ein Nahrungsangebot als auch eine Struktur für den Lebensraum dar. Die Ausscheidungs- und Zersetzungsprodukte von Tieren und Destruenten sorgen für ein Mineralstoffangebot, das die Pflanzen zum Wachstum

benötigen. Vegetation und Fauna sind noch in vielen weiteren Punkten eng miteinander verflochten.

Die Vegetation entzieht dem Gewässer für Wachstumsprozesse Mineralstoffe. Nach dem Absterben pflanzlicher und tierischer Organismen lagern sich diese als Detritus am Gewässergrund ab und stellen organisches Substrat zur Verfügung, das von Destruenten zersetzt wird. Damit gelangen die Mineralstoffe zurück ins System. In stark eutrophierten Gewässern übersteigt die Menge an abbaubarem Substrat die Zersetzungsrate, das Gleichgewicht zwischen Saprobie und Trophie verschiebt sich zu Gunsten der Saprobie, und das Gewässer verlandet zunehmend. Ausscheidungsprodukte verschiedener Organismen erhöhen zusätzlich die Menge an Mineralstoffeinträgen in einem Gewässer.

Entscheidend beschleunigt wird der Verlandungsprozess durch anthropogene Einflüsse (Lüderitz et al. 2009). Beispielhaft

sei hier auf die Landwirtschaft im Untersuchungsgebiet hingewiesen. Durch zunehmende Düngung gelangt vor allem Stickstoff ins Gewässer, da Ammoniumnitrat ein beliebtes Düngemittel neben Gülle ist. Die Landwirtschaft ist demnach auch ein prägender Faktor für den Verlandungsprozess des Totarms.

Die Tageszeiten haben keine direkte Auswirkung auf die Hydrochemie. Vielmehr sind es die in unterschiedlichem Ausmaß stattfindenden Prozesse. Nachts betreiben die Pflanzen in und um das Gewässer aufgrund des fehlenden Sonnenlichts keine Fotosynthese. Stattdessen nutzen sie Sauerstoff, um die selbstaufgebaute chemische Energie in Form von Kohlenhydraten wieder abzubauen. Es findet also eine starke Sauerstoffzehrung statt. Dies hat zur Folge, dass nachts die Sauerstoffbilanz ein Minimum erreicht, während der Gehalt an Kohlenstoffdioxid deutlich ansteigt. Grund dafür ist, dass Kohlenstoffdioxid ein Endprodukt sauerstoffzehrender Prozesse darstellt. Je stärker eutroph ein Gewässer ist, desto höher ist die absolute Anzahl an Pflanzen. Das hat zur Folge, dass am Tag immer mehr Sauerstoff gebildet wird. Die Amplitude der Sauerstoffsättigung in Prozent steigt somit bei zunehmender Eutrophierung zwischen 90 bis 120 % für oligo- bis mesotrophe Gewässer und bis zu 500 % für hypertrophe Gewässer (vgl. Lüderitz et al. 2009). Die Tatsache, dass eine Sättigung von über 100% erreicht wird, hängt damit zusammen, dass sich die Sauerstoffsättigung aus dem Quotienten des Sauerstoffpartialdrucks in Wasser und in Luft multipliziert mit dem Faktor 100 zusammensetzt. Bei Äquivalenz liegt somit eine Sättigung von 100 % vor. Ist der Druck in Wasser größer als in Luft, steigt die Sättigung auf über 100 % an. Die zu unterschiedlichen Tageszeiten ablaufenden Prozesse bestimmen somit maßgeblich die

Verfügbarkeit der Atemgase für die Organismen in einem Gewässer.

Die Temperatur in einem Gewässer bleibt aufgrund der spezifischen Wärmekapazität des Mediums nahezu konstant. Damit ist die Menge an Energie (in der Regel in Form von Wärme) gemeint, die benötigt wird, um ein Liter Wasser um 1 Grad Celsius zu erwärmen. Mit 4,2 kJ ist diese vergleichsweise hoch. Natürlicherweise liegen jedoch aufgrund von Sonneneinstrahlung und anderen Faktoren geringe Schwankungen in einem Gewässer vor. Dies hat insbesondere Auswirkungen auf die Löslichkeit der Gase in dem Medium. So führen Pott & Remy (2000) beispielsweise die Abnahme der Löslichkeit von Sauerstoff und Kohlenstoffdioxid mit zunehmender Wassertemperatur auf. Da im Sommer die Biomasseproduktion in einem Gewässer Spitzenwerte erreicht, wird die geringe Löslichkeit der wichtigen Gase kompensiert. Im Winter dagegen, wenn die Biomasse ihr Minimum erreicht, ist die Löslichkeit von Sauerstoff und Kohlenstoffdioxid hoch.

Schwoerbel (1994) hat darüber hinaus eine Abhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit von der Temperatur erkannt. Demnach nimmt die Leitfähigkeit eines Gewässers mit sinkender Temperatur ab und muss mit einem erhöhten Temperaturkoeffizienten kompensiert werden.

Die elektrische Leitfähigkeit eines Gewässers beschreibt grob die Gesamtkonzentration an Ionen, die abhängig von der Temperatur ist. Des Weiteren spielt auch das jeweilige Bodenprofil eine Rolle für die Art der Ionen. Buntsandstein als geologischer Untergrund sorgt für einen hohen Silikatgehalt, während Juragebirge für erhöhte Carbonatwerte sorgen. Letztere bewirken eine hohe Leitfähigkeit der Gewässer im Vergleich zu denen in Sandsteingebieten (Schwoerbel 1994). Die

Leitfähigkeit kann außerdem im Vorfeld viel über die Trophiestufe eines Gewässers aussagen. So ergeben oligotrophe Gewässer Werte um die 150  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Steigt die Leitfähigkeit auf circa 250  $\mu\text{S}/\text{cm}$  an, liegt in der Regel ein mesotrophes und zwischen 300 und 600  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ein eutrophes Gewässer vor.

Letztlich variieren die Werte auch mit unterschiedlicher Gewässertiefe. Am Gewässergrund stehen insbesondere Metallionen im Lösungsgleichgewicht, weshalb hier die Leitfähigkeitsmessungen erhöhte Werte im Vergleich zum freien Wasserkörper ergeben. Die elektrische Leitfähigkeit hängt zudem wesentlich vom pH-Wert ab.

Der pH-Wert ist ein Maß für den Säuregrad einer Lösung. Je nach Literatur gibt er den negativ dekadischen Logarithmus der freien Protonen- ( $\text{H}^+$ ) bzw. Hydronium-Ionen-Konzentration ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) an, wobei richtigerweise von komplexierten Hydronium-Ionen ( $\text{H}_9\text{O}_4^+$ ) gesprochen werden muss (Harris 2014). Dies sind Hydroniumionen, die in einem engen Verbund mit drei Wassermolekülen stehen.

Der pH-Wert bestimmt maßgeblich die Verfügbarkeit von Mineralien und Nährstoffen im Boden und im Gewässer und hat damit direkten Einfluss auf die elektrische Leitfähigkeit. Wichtige pH-abhängige Erscheinungsformen finden sich vor allem bei Eisen, Phosphor und Kohlenstoffdioxid. Kohlenstoffdioxid liegt im neutralen Bereich um pH 7 vorwiegend als Hydrogencarbonat-Ion vor. Im zunehmend alkalischen Milieu verliert das Ion sein Proton, und es liegt vornehmlich Carbonat vor, das mit vorhandenen Calcium-Ionen zu Kalk ausfallen kann. Saurer Charakter, wie er zum Beispiel in dystrophen Gewässern auftritt, zeichnet sich durch ein Lösungsgleichgewicht von Kohlensäure und seinen Edukten Kohlenstoffdioxid und Wasser aus. Damit besitzt das

Kohlenstoffdioxid-Hydrogencarbonat-Carbonat-System eine natürliche Pufferwirkung in Gewässern. Diese tritt in Kombination mit dem Dihydrogen-/Hydrogenphosphatpuffer-System auf. Die optimale Pufferwirkung, also die Fähigkeit, Änderungen der Hydronium- respektive Hydroxid-Ionen-Konzentration in gewissen Grenzen zu kompensieren, liegt im Bereich zwischen pH 6 und 8. Diese natürliche Pufferfunktion von Hydrogenphosphat und Hydrogencarbonat ist essentiell für eine Konstanzhaltung des Milieus.

Bei den Gasen Sauerstoff ( $\text{O}_2$ ) und Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ) handelt es sich um die sogenannten Atemgase für die Organismen. Kohlenstoffdioxid wird bei Tag von Pflanzen und einigen Mikroorganismen fixiert und mithilfe des Sonnenlichts in mehreren Schritten zu Kohlenhydraten und damit in chemische Energie umgewandelt. Diese autotrophen Organismen machen den Tieren, die diese physiologischen Reaktionen nicht durchführen können, den Kohlenstoff somit zugänglich. Als Abbauprodukt der als Fotosynthese bekannten Reaktion entsteht Sauerstoff, der von Tieren und Pflanzen gleichermaßen aufgenommen wird. Sauerstoff ist ein starkes Oxidationsmittel und dient dazu, die gebildete chemische Energie abzubauen und die Kohlenhydrate somit wieder zu Wasser und  $\text{CO}_2$  zu zerlegen. Aus diesen Gründen sind beide Gase essentiell für ein natürlich funktionierendes Ökosystem.

Die Löslichkeit beider Gase ist stark temperaturabhängig. Kohlenstoffdioxid tritt je nach pH-Wert in unterschiedlicher Form in einem Gewässer auf. Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Gewässertiefe. Mit zunehmender Wassertiefe sinkt auch die Menge an verfügbarer Lichtenergie. In der Folge kann in größerer Tiefe kaum noch Fotosynthese stattfinden. In diesem als Hypolimnion oder Zehrschicht

bezeichneten Bereich leben anaerobe Organismen. Entsprechend ist die Sauerstoffsättigung in großen Tiefen minimal und kann in eu- bis hypertrophen Gewässern 0 % betragen (Lüderitz et al. 2009). In dieser Schicht ist die  $\text{CO}_2$ -Konzentration dagegen äußerst hoch. Anders verhält es sich in der über dem Hypolimnion gelegenen Schicht, dem Epilimnion. Hier ist die Sauerstoffsättigung aufgrund der Nähe zur Wasseroberfläche und damit zur Wasser-/Luftschicht hoch.

Carbonatarme Gewässer enthalten im sauren Bereich fast ausschließlich Kohlenstoffdioxid neben Wasser. Im neutralen bis schwach basischen Bereich liegt dagegen neben Wasser größtenteils Kohlensäure vor, die mit Hydronium-Ionen und Hydrogencarbonat im Gleichgewicht steht. Im Basischen liegt ein Gleichgewicht von Carbonat und Hydrogencarbonat vor, das auf die Seite von Hydrogencarbonat verschoben ist.

Carbonatreiche Gewässer dagegen weisen ein komplexes Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht auf. Calcium-Ionen reagieren mit zwei Äquivalenten Hydrogencarbonat zu Calciumbicarbonat, das gelöst vorliegt. Dieses zerfällt in wiederum zwei Äquivalente Kohlenstoffdioxid und ein Äquivalent Calciumhydroxid, das im Gleichgewicht mit seinen Ionen Calcium und Hydroxid steht. Freie Calcium-Ionen reagieren mit freien Carbonat-Ionen und fallen als Calciumcarbonat (Seekreide) aus.

Eine weitere Möglichkeit zur Sedimentation von Seekreide beruht auf „biogener Entkalkung“. Damit sind physiologische Prozesse von Organismen gemeint, die Calciumbicarbonat in Kohlenstoffdioxid, Wasser und Calciumcarbonat zersetzen, wobei letzteres als Kalk ausfällt.

Die Wasserhärte ist ein Summenparameter. Er setzt sich zusammen aus dem Vorhandensein diverser Erdalkali-Ionen

und deren Säureresten. Es wird differenziert zwischen der Carbonat- und der Gesamthärte. Die Carbonathärte gibt die Konzentration an Calcium- und Magnesium-Ionen an, die Verbindungen mit Hydrogencarbonat-Ionen eingehen. Daher kann der Wert für die Carbonathärte mit dem Anteil gelöster Kohlensäure weitestgehend gleichgesetzt werden (vgl. Pott & Remy 2000).

Die Gesamthärte umfasst die Carbonathärte und ergänzt sie durch die Konzentration an Strontium- und Barium-Ionen. Damit schließt sie die Ionen der an den Säureresten Chlorid, Sulfat, Phosphat und Carbonat gebundenen Erdalkali-Ionen ein. Die Härte eines Gewässers ist, vergleichbar mit der elektrischen Leitfähigkeit, vom Einzugsgebiet der Gewässer abhängig. Pleistozäne Quarzsandgebiete sind demnach Weichgewässer, während gipsreiche Einzugsgebiete zu den Hartwässern gehören. Pott & Remy (2000) führen eine zunehmende Wasserhärte auch auf anthropogene Einflüsse und die damit verbundene Akkumulation von Erdalkali-Ionen zurück. Somit sind hypertrophe Gewässer wie das des Untersuchungsgebiets immer zu den Hartgewässern zu rechnen.

Der chemische Sauerstoffbedarf (CSB) ist nach Schwoerbel (1994) ein Maß dafür, wieviel Sauerstoff gebraucht wird, um den Hauptteil organischer und anorganischer Substanz in einem Gewässer zu oxidieren. Er steht damit dem sogenannten biologischen Sauerstoffbedarf (BSB) gegenüber, der den Sauerstoffbedarf heterotropher Organismen beschreibt. Beide Prozesse führen zu starker Sauerstoffzehrung in einem Gewässer und in der Folge zur Verlandung durch Sauerstoffmangel (Pott & Remy 2000). Ein hoher CSB ist Grund eines vermehrten Vorkommens von sogenannten Huminstoffen, die durch biotische und/oder abiotische Abbauprozesse

in einem Gewässer aus organischer Substanz synthetisiert werden. Hohe Huminstoffkonzentrationen färben das Gewässer in verschiedenen Brauntönen und bewirken so eine starke Reduktion der Lichtmenge im Gewässer, das wirkt sich negativ auf die Fotosyntheserate aus.

Chlorid-Ionen gelangen durch Verwitterungs- und Auslaugungsprozesse ins Wasser. Nach Pott & Remy (2000) weisen limnische Systeme besonders in Silikatgebieten überwiegend geringe Konzentrationen auf, während küstennahe Gebiete und Salzlaken im Binnenland hohe Chlorid-Ionen-Konzentrationen enthalten. Auch anthropogener Einfluss in Form von Abwässern und Düngemitteln erhöht die Chlorid-Konzentration in einem Gewässer. Chlorid-Ionen sind chemisch gesehen sehr stabil und werden daher nur sehr wenig umgesetzt. Weil sie osmotisch allerdings äußerst wirksam sind, haben große Konzentrationen einen stark toxischen Einfluss auf die im Wasser lebenden Organismen. Nach Pott & Remy (2000) tritt Chlorid in limnischen Systemen mit Werten zwischen 20 und 30 mg/l auf, wobei auch noch Werte von 100 bis 150 mg/l toleriert werden können.

Sulfat-Ionen stellen die höchstmögliche Oxidationsform von Schwefel dar. Sie werden durch Verwitterungsprozesse und auch Exhalationen von Vulkanen freigesetzt und stellen das zweithäufigste Anion in Gewässern dar (Pott & Remy 2000). Darüber hinaus gelangt es auch in großen Mengen anthropogen bedingt in das Ökosystem. Schwefel wird für Sulfoproteine benötigt, weil es als Bestandteil der Aminosäure Cystein wichtige Disulfidbrücken zwischen Proteinketten bildet. Die Aufnahme dieses Schwefels erfolgt in Form von Sulfat. Im Sapropel, in dem anaerobe Prozesse stattfinden, kann es mit Eisen(II)- Ionen zu Eisen(II)- Sulfid oder

zu Schwefelwasserstoff reduziert werden. Metallsulfide können einerseits phytotoxisch wirken (Pott & Remy 2000) und gleichzeitig den CSB-Wert (s.o.) erhöhen. Beide Prozesse führen zur Verödung der Gewässer.

Phosphor kann, in Wasser gelöst, pH-abhängig in vier verschiedenen Formen auftreten. Extrem saure Gewässer bis pH 3 können Phosphor sogar in Form reiner Phosphorsäure ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) enthalten. In stark alkalischen Gewässern mit einem theoretischen pH-Wert von 14 ist nur noch das Phosphat-Ion ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) enthalten. Beide Werte sind jedoch eher die Ausnahme, sodass bei den meisten natürlichen Gewässern bei einer pH-Amplitude von 4 bis 12 Dihydrogenphosphat ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) und Hydrogenphosphat ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ) vorliegen und ein natürliches Puffersystem darstellen (s.o.). Des Weiteren stellt Phosphat nach Pott & Remy (2000) den wichtigsten produktionsbegrenzenden Faktor dar. Das bedeutet, dass bereits eine geringe Konzentrationserhöhung von Phosphat in einem Gewässer ausreicht, um eine signifikante Steigerung der Biomasseproduktion zu ermöglichen. Phosphat gelangt ins Gewässer durch geogene, biogene und anthropogene Einflüsse. Geogene Einflüsse beinhalten Verwitterungsprozesse von Apatit, einem Schwermineral nicht näher beschriebener Zusammensetzung (u.a. Calcium, Fluor und Natrium als Bestandteile) und durch Bodenerosion (Pott & Remy 2000). Biogene Einflüsse beruhen auf Mineralisationsprozessen von abgestorbenen Organismen. Ergänzt werden diese Einträge von Düngung, die vornehmlich Polyphosphate, das sind Produkte aus Kondensationsreaktionen der Phosphorsäure, enthält.

Eisen ist ein Spurenelement, das gelöst in den Oxidationsstufen +II und +III vorliegt. Im neutralen Bereich um pH 7 oder bei erhöhter Sauerstoffsättigung befindet



sich Eisen in der Regel in der höchsten Oxidationsstufe als Eisen(III). Dieses kann mit freien Hydroxid-Ionen zum unlöslichen Eisen(III)-Hydroxid ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ) präzipitieren, woraufhin es zur Wassertrübung und damit zu Lichtmangel kommen kann. Im sauren Bereich liegt Eisen(II) stabil vor. Durch Akkumulationsprozesse reichert sich Eisen vermehrt im Hypolimnion an. Durch Ausfällungsprozesse mit Phosphat-Ionen können sowohl Eisen(III) als auch Phosphat dem Nährstoffkreislauf entzogen werden (s. o.). Pott & Remy (2000) beschreiben für norddeutsche Oberflächengewässer eine natürliche durchschnittliche Eisen(III)-Amplitude von 0,8 bis 1,2 mg/l.

Stickstoff ist essentiell für alle Organismen. Er ist ein wichtiger Bestandteil der Proteine und Nukleinsäuren und damit des gesamten Erbguts. Mit knapp 79 % stellt Stickstoff den größten Gasanteil in der Atmosphäre dar. Wie beim Schwefel gelangt es durch vulkanische Exhalationen in die Atmosphäre und wird durch elektrische Energie in Form von Blitzen in die Form  $\text{NO}_x$  umgewandelt. Das bedeutet die unterschiedliche Anzahl an Sauerstoffatomen, die pro Stickstoffatom gebunden werden können. Für die Organismen zugänglich sind davon in der Regel nur Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) und Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ). Die dritte wichtige Erscheinungsform ist das Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), das durch Reduktionsprozesse aus Nitrat oder Nitrit entsteht. Luftstickstoff kann darüber hinaus auch in der reaktionsträgen, molekularen Form biogen durch Mikroorganismen fixiert werden. Während Nitrit toxische Wirkung hat, sind Ammonium und Nitrat jeweils stabile Produkte aerober (Nitrat) bzw. anaerober (Ammonium) Prozesse und werden bevorzugt von Pflanzen aufgenommen. Nitrit kann durch einen Prozess, der Denitrifikation genannt wird, in molekularen Stickstoff überführt werden, der das System verlässt. Durch

einen weiteren Prozess, der als Nitratammonifikation bezeichnet wird, wird es zu Ammonium reduziert. Über die Nitrifikation kann es dagegen zu Nitrat oxidiert werden.

Ammonium wird also durch die Nitratammonifikation aus Nitrit gewonnen, kann jedoch auch durch Ammonifikation aus organischer Substanz freigesetzt und anschließend assimiliert werden. Entscheidend für alle genannten Prozesse ist die mikrobielle Aktivität in einem Gewässer. Stickstoff gelangt heute vielfach anthropogen durch Düngung ins Gewässer. Nach Pott & Remy (2000) sind besonders oligotrophe Gewässer gefährdet, da hier die anaerobe Denitrifikation der allochthon eingeführten Nitratmengen nicht stattfinden kann. Da das Untersuchungsgebiet in einer intensiv landwirtschaftlich genutzten Lössfläche liegt, werden in der folgenden Untersuchung erhöhte Stickstoffwerte erwartet. Hinzu kommt der fortgeschrittene Verlandungsgrad des Totarms.

## Methoden der hydrochemischen Untersuchung

Grundsätzlich wurden bei den Messungen immer Doppelbestimmungen mit anschließender Mittelwertbildung durchgeführt. Bei den Vergleichsproben aus der Leine wurden drei Messungen durchgeführt, die jedoch alle nahezu dieselben Werte ergaben und daher als gemittelte Vergleichswerte den Messungen am Totarm gegenübergestellt werden. Verließen die Werte den Rahmen der reproduzierbaren Ergebnisse, so wurden Verdünnungen der Proben hergestellt. Dies erfolgte in der Regel bei den fotometrischen Messungen.

Die ursprünglich geplanten Messungen sollten sich von Anfang Mai bis Ende Juli erstrecken, um die steigende Produktion an Phytomasse im Frühjahr und Sommer mit

zu berücksichtigen. Wie eingangs erwähnt, lag der Totarm ab Anfang Juli trocken, sodass die Messreihe nur die Monate Mai und Juni erfasst. Die Messungen der Hydrochemie sind eng an Schwoerbel (1994) und die „Deutschen Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- & Schlammuntersuchung“ der Wasserchemischen Gesellschaft (2015) angelehnt. Die Bestimmung der Biozönosen erfolgte mithilfe der bekannten Bestimmungsliteratur.

Die Probenentnahme erfolgte in einer 1-Liter-PE-Flasche unter mehrmaligem Ausspülen und Sauerstoffausschluss. Die Wasserprobe wurde danach sofort, spätestens aber innerhalb von zwei Tagen gemessen. In der Zwischenzeit wurde sie bei 7 °C im Kühlschrank gelagert. Bereits bei der Entnahme wurde der Unterschied von Fluss und Totarm anhand der deutlichen Trübung des Altwassers durch das Sapropel sichtbar (Abb. 13). Die Messungen erfolgten im zweiwöchigen Abstand jeweils zwischen neun und zehn Uhr morgens. Damit sollte der Sauerstoffgehalt gegenüber dem Kohlenstoffdioxidgehalt niedriger sein, da über Nacht sauerstoffzehrende Prozesse stattgefunden haben.

Die Gewässertiefe wurde mit einem Rechen mit integrierter Skala ausgemessen.

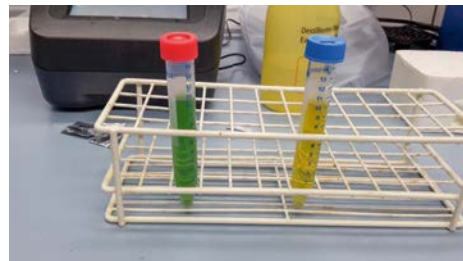
Vor Ort wurden physikalische Parameter mit Elektroden der Firma Hach gemessen. Dazu zählen der pH-Wert (Elektrodetyp PHC 101), die elektrische Leitfähigkeit (CDC 401), der Sauerstoffgehalt (LDO 101) und die Wassertemperatur (LDO 101).

Der pH-Wert ist als negativ dekadischer Logarithmus eine dimensionslose Einheit. Die Wassertemperatur wurde in °C, die elektrische Leitfähigkeit in  $\mu\text{S}/\text{cm}$  und der Sauerstoffgehalt in  $\text{mg}/\text{l}$  gemessen. Diverse Parameter wurden mit einem Fotometer vom Typ DR 2800 der Firma Hach bestimmt. Dazu zählen die Stickstoffwerte, Phosphat, Sulfat und Eisen. Alle Einheiten sind in  $\text{mg}/\text{l}$  angegeben. Die Stickstoffwerte wurden mit unterschiedlichen Methoden ermittelt: Der Ammoniumgehalt über die Salicylatmethode (Methode 8155) bei einer Wellenlänge von 655 nm (Abb. 14), Nitrat über die Cadmium-Reduktionsmethode (8039) bei einer Wellenlänge von 500 nm und Nitrit mithilfe der USEPA Diazotierung (8507, 507 nm). Die Messung von Phosphat (Orthophosphat) erfolgte durch die USEPA PhosVer® 3 Ascorbinsäuremethode (8048, 880 nm). Eisen wurde als Fe(II) durch die Phenanthrolinmethode (8146, 510 nm) und als

**Abb. 13** Wasserprobe der Leine (links) und des Altwassers. Die deutliche Trübung resultiert aus dem Sapropel, das bis wenige Zentimeter unter die Wasseroberfläche reicht.

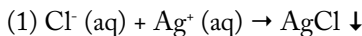


**Abb. 14** Bei Vorhandensein von Ammoniumionen in der Probe färbt sich diese bei der Salicylatmethode tiefgrün. Rechts die Blindprobe mit destilliertem Wasser.

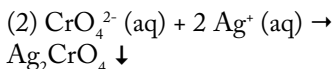


Gesamteisen (Fe(II) + Fe(III)) mit der USEPA FerroVer® Methode (8008, 510 nm) gemessen. Die Sulfatbestimmung erfolgte durch die SulfaVer® 4-Methode (8051, 450 nm). Bei der Sulfat- und Ammoniumbestimmung mussten mitunter Verdünnungen von 1:10 (Sulfat) und 1:20 (Ammonium) angesetzt werden, damit die Werte im messbaren Bereich des Fotometers lagen.

Die Bestimmung von Chlorid, Gesamthärte (GH), Carbonathärte (KH), gelöstem Kohlenstoffdioxid und dem CSB erfolgte titrimetrisch. Bei der Chloridbestimmung wurde der Methode nach Mohr (vgl. Jander/Blasius 2012) gefolgt. Grundlage dieser Methode ist die Ausfällung der in der Probe vorhandenen Chlorid-Ionen mit Silber-Ionen zu Silberchlorid.



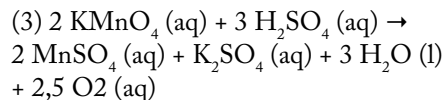
Hierfür wurden 50 ml der Wasserprobe in einen 200 ml Erlenmeyerkolben pipetiert. Als Indikator fungierte Kaliumchromat ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ), das bei Überschreitung des Äquivalenzpunktes mit überschüssigen Silber-Ionen zu rotbraunem Silberchromat ( $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ ) ausfällt.



Die Probe wurde nun mit Silbernitrat-Lösung ( $\text{AgNO}_3$ ) bekannter Konzentration (hier 0,01 mol/l) versetzt. Weil Silberchlorid stöchiometrisch aus denselben Stoffmengen an Chlorid- und Silber-Ionen besteht (vgl. Reaktionsgleichung 1), ist die verbrauchte Stoffmenge an Silberionen gleich der gelösten Stoffmenge an Chlorid-Ionen. Weil Volumen der Wasserprobe und Stoffmenge an Chlorid-Ionen nun bekannt sind, lässt sich daraus die Konzentration in mol/l berechnen. Durch

Multiplikation mit der molaren Masse von Chlorid (ca. 35,45 g/mol; vgl. Schweda 2012) lässt sich auf die Konzentration in mg/l schließen.

Der CSB-Wert wurde über die Bestimmung des Kaliumpermanganat-Verbrauchs ermittelt (Schwoerbel 1994). Diese Methode beruht auf der Sauerstoffreisetzung aus Kaliumpermanganat ( $\text{KMnO}_4$ ) durch 25 %-ige Schwefelsäure ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Der freigesetzte Sauerstoff oxidiert im Anschluss die vorhandene organische Substanz. Kaliumpermanganat wird dabei reduziert, was am Verschwinden der violetten Färbung der Probe zu erkennen ist.



Die Durchführung erfolgte durch Versetzen von 100 ml Probe mit 5 ml 25 %-iger Schwefelsäure in einem 300 ml Erlenmeyerkolben. Die Lösung wurde anschließend bis zum Kochen erhitzt. In die heiße Probe wurden 25 ml 0,002-molarer Kaliumpermanganatlösung pipetiert. Die Probe verfärbte sich sofort tiefviolett. Nach zehnmütigem Kochen wurden 25 ml 0,01 molarer Oxalsäurelösung hinzugegeben, woraufhin sich die Probe entfärbte. Anschließend erfolgte die Titration mit 0,002 molarer Kaliumpermanganatlösung.

Die Berechnung folgt der Formel von Schwoerbel (1994):

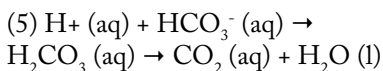
$$(4) \text{Menge an CSB in mg/L} = A \cdot F \cdot 0,316 \cdot 10 \cdot 2,5$$

„A“ steht für die Menge verbrauchter Kaliumpermanganatlösung und „F“ für den Titrationsfaktor, der in diesem Fall gleich 1 ist. Die restlichen Faktoren sind stöchiometrische und verdünnungsbedingte Ausgleichsfaktoren.

Die Bestimmung der Gesamthärte (GH) erfolgte mit einer Komplexbildungsreaktion nach Schwoerbel (1994). Als Komplexbildner fungiert EDTA (Ethyldiamintetraacetat). Das Prinzip liegt in der guten Wasserlöslichkeit von EDTA-Komplexen, da diese zumeist negative Ladungen tragen und daher als Natriumsalz in die Lösung gegeben werden (Jander/Blasius 2012). Durch die negative Teilladung der Komplexe werden die Erdalkali-Ionen maskiert. Nach Schwoerbel (1994) erfolgt die Umrechnung in Grad Deutscher Härte (°dH) durch den EDTA-Verbrauch multipliziert mit dem Faktor 0,56. Da weiterhin angegeben wird, dass die Werte um etwa 5% zu niedrig sind, wurden die Berechnungen um den Faktor 1,05 ergänzt.

Bei der Ausführung wurden 50 ml Wasserprobe in einem 200 ml Erlenmeyerkolben pipettiert und mit einer Indikatortablette und 1 ml Ammoniakwasser versetzt. Anschließend wurde mit 0,01-molarer EDTA-Lösung titriert. Am Umschlagspunkt wechselt die Farbe der Probe von braun zu grün.

Die Carbonathärte (KH) wurde über eine Titration der Probe mit Salzsäure ermittelt. Bei dieser Probe macht man sich zu Nutze, dass Kohlenstoffdioxid in der Lösung als Hydrogencarbonat-Ion ( $\text{HCO}_3^-$ ) vorliegt (s. o.). Dieses Ion puffert die Protonen der Salzsäure ab und dissoziiert dabei in Kohlenstoffdioxid und Wasser.



Bei diesem Prozess wird der pH-Wert auf circa 4,5 erniedrigt (Schwoerbel 1994). Die Menge an Salzsäure ist äquivalent der Menge an Hydrogencarbonat und stellt damit einen Summenparameter für die vorhandenen Calcium- bzw. Magnesium-Ionen dar. Da sowohl Calcium als auch

Magnesium zu den Erdalkali-Ionen zählen, besitzen sie die Fähigkeit, jeweils zwei Äquivalente Hydrogencarbonat zu binden. Daher muss die Menge an Hydrogencarbonat durch zwei dividiert werden, um den Summenparameter der Erdalkali-Ionen zu bilden. Für die Berechnung in Grad Deutscher Härte, wie sie in dieser Arbeit durchgeführt wurde, entspricht ein Milliliter Verbrauch an Salzsäure 2,8 Deutschen Härtegraden (vgl. Deutsche Einheitsverfahren 2015).

Die Titration erfolgte mit 0,1-molarer Salzsäure. Titriert wurden 50 ml Probe in einem 200 ml Erlenmeyerkolben. Als Indikator fungierten fünf Tropfen Methylorange (p-Dimethylaminoazobenzolsulfonsäure). Die Farbe wechselt am Umschlagspunkt von Gelb-Orange zu Rot als Folge der Protonierung von überschüssigen Wasserstoffatomen.

Aufgrund des pH-Wertes des Gewässers (siehe unten) kann nach Pott & Remy (2000) davon ausgegangen werden, dass Kohlenstoffdioxid im neutralen Bereich um pH 7 fast ausschließlich als Hydrogencarbonat-Ion vorliegt. Zur Bestimmung der Konzentration erfolgte daher eine Titration mit Natronlauge, die das Hydrogencarbonat-Ion deprotoniert. Der Verbrauch an Natronlauge wird mit dem Faktor 8,8 multipliziert. Dieser Faktor berücksichtigt Verdünnungsgrad, Konzentration der Natronlauge und molare Masse von Kohlenstoffdioxid. Damit erhält man direkt den  $\text{CO}_2$ -Gehalt in mg/l.

Für diese Bestimmung wurden 50 ml Wasserprobe in einem 200 ml Erlenmeyerkolben pipettiert und mit drei Tropfen Phenolphthalein als Indikator versetzt. Dieser ist zunächst farblos, wird jedoch ab pH 8,2 deprotoniert und erscheint aufgrund seiner neuen Struktur rosa/pink (Jander/Blasius 2012). Titriert wurde mit 0,01-molarer Natronlauge.

## Ergebnisse

Die Tabellen 1 bis 3 geben die Messergebnisse in Bezug auf den Totarm wieder, Tabelle 4 enthält die entsprechenden des Leinewassers.

Tab. 1 stellt die Messergebnisse der physikalischen Parameter und der Atemgase ( $O_2$  und  $CO_2$ ) dar. Die Temperaturamplitude beträgt exakt  $2^\circ C$  mit  $20,2^\circ C$  als Minimum und  $22,2^\circ C$  als Maximum. Die gemittelte Wassertemperatur beträgt  $21,2^\circ C$ . Bei der elektrischen Leitfähigkeit liegt eine kontinuierliche Zunahme der Messergebnisse von Beginn der Messung mit  $1287 \mu S/cm$  bis zum Ende mit  $2038 \mu S/cm$  vor. Die Zunahme beträgt  $751 \mu S/cm$  und die gemittelte elektrische Leitfähigkeit  $1662,5 \mu S/cm$ . Der pH-Wert bleibt nahezu konstant zwischen  $7,37$  und  $7,62$ . Der mittlere pH-Wert des Gewässers beträgt  $7,5$ . Bei beiden Atemgasen liegt eine stetige Zunahme der Konzentration vor. Zu Beginn der Untersuchungen betrug der Sauerstoffgehalt  $0,2 \text{ mg/l}$  und am Ende  $3,97 \text{ mg/l}$ . Der mittlere Sauerstoffgehalt liegt bei  $2,1 \text{ mg/l}$ . Der Kohlenstoffdioxid-Gehalt nimmt von  $16,72 \text{ mg/l}$  bis  $45,76 \text{ mg/l}$  zu. Der Mittelwert beträgt  $31,24 \text{ mg/l}$ .

Tab. 2 listet die Wasserhärte, den chemischen Sauerstoffbedarf und den Gehalt an Chlorid-Ionen auf. Die Carbonathärte (KH) schwankt zwischen  $5,94$  und  $9,10^\circ dH$ . Die mittlere KH beträgt  $7,52^\circ dH$ . Die Gesamthärte (GH) hat bei  $8,12^\circ dH$  ihren kleinsten und bei  $13,72^\circ dH$  ihren höchsten Wert. Die mittlere GH beträgt somit  $10,92^\circ dH$ . Der CSB nimmt kontinuierlich von Beginn der Messung ab. Bei  $191,97 \text{ mg/l}$  im Mai startend nimmt

der Wert zur letzten Messung mit  $109,81 \text{ mg/l}$  auf ein Minimum ab. Der Mittelwert beträgt  $150,89 \text{ mg/l}$ . Der Gehalt an Chlorid-Ionen schwankt zwischen  $112,70 \text{ mg/l}$  und  $116,28 \text{ mg/l}$ . Der Mittelwert beträgt  $114,49 \text{ mg/l}$  und entspricht damit ziemlich genau dem Wert der letzten Messung.

Tab. 3 zeigt die Ergebnisse der fotometrischen Messungen. Der Gehalt an gelöstem Eisen(II) schwankt zwischen  $0,42 \text{ mg/l}$  und  $0,51 \text{ mg/l}$ . Der Mittelwert beträgt  $0,47 \text{ mg/l}$ . Die Amplitude bei Eisen(III) ist wesentlich größer. Sie schwankt zwischen  $0,51 \text{ mg/l}$  und  $1,63 \text{ mg/l}$ . Der Mittelwert beträgt hier  $1,07 \text{ mg/l}$ . Der Gehalt an Stickstoff in Form von Nitrit hat sein Minimum bei  $0,007 \text{ mg/l}$  und sein Maximum bei  $0,01 \text{ mg/l}$ . Der mittlere Gehalt beträgt gerundet  $0,009 \text{ mg/l}$ . Die Menge an Nitrat liegt zwischen  $0,2$  und  $3,4 \text{ mg/l}$ . Der Mittelwert beträgt  $1,8 \text{ mg/l}$ . Ammoniumstickstoff hat mit  $0,76 \text{ mg/l}$  zu Beginn der Untersuchung seinen Minimalwert und mit  $5,6 \text{ mg/l}$  sein Maximum. Der mittlere Gehalt beträgt  $3,18 \text{ mg/l}$ . Die Sulfatkonzentration im Gewässer liegt am Beginn der Messreihe bei  $102 \text{ mg/l}$  und zum Ende bei  $194 \text{ mg/l}$ . Die mittlere Sulfatkonzentration beträgt  $148 \text{ mg/l}$ . Der Phosphatgehalt beträgt zwischen  $0,89 \text{ mg/l}$  zu Beginn der Messung und  $1,89 \text{ mg/l}$  am Ende. Die Amplitude ist daher genau  $1$ . Der mittlere Phosphatgehalt beträgt  $1,39 \text{ mg/l}$ .

Die Ergebnisse der hydrochemischen Untersuchung des Leinewassers sind in Tabelle 4 dargestellt, die die gemittelten Werte aus der Analyse aufzeigt.

**Tab. 1** Ergebnisse der Untersuchungen, physikalische Parameter

Datum	Uhrzeit	Wasser- temperatur [°C]	elektr. Leit- fähigkeit [µS/cm]	pH	O <sub>2</sub> - Gehalt [mg/L]	CO <sub>2</sub> - Gehalt [mg/L]
11.05.2016	09:34	22,2	1287	7,37	0,2	16,72
25.05.2016	09:57	20,2	1735	7,53	0,33	40,48
08.06.2016	09:32	21,6	1989	7,58	3,91	40,04
29.06.2016	09:27	20,9	2038	7,62	3,97	45,76
13.07.2016		vollständige Verlandung des Gewässers				
27.07.2016		vollständige Verlandung des Gewässers				

**Tab. 2** Ergebnisse der Untersuchungen, titrimetrische Parameter

Datum	Uhrzeit	Karbonat- härte °dH	Gesamt- härte °dH	CSB [mg/L]	Cl- [mg/L]
11.05.2016	09:34	9,52	8,2	191,97	113,44
25.05.2016	09:57	8,12	5,94	178,54	116,28
08.06.2016	09:32	13,72	9,1	111,39	112,7
29.06.2016	09:27	13,44	8,64	109,81	114,57
13.07.2016		vollständige Verlandung des Gewässers			
27.07.2016		vollständige Verlandung des Gewässers			

**Tab. 3** Ergebnisse der Untersuchungen, fotometrische Parameter

Datum	Uhrzeit	Fe <sup>2+</sup> [mg/L]	Fe <sup>3+</sup> [mg/L]	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> [mg/L]	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/L]	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> [mg/L]	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [mg/L]	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> [mg/L]
11.05.2016	09:34	0,44	0,51	0,01	0,2	0,76	102	0,89
25.05.2016	09:57	0,42	1,63	0,01	0,2	5,6	168	1,79
08.06.2016	09:32	0,51	1,38	0,007	3,4	4	179	1,72
29.06.2016	09:27	0,49	1,57	0,01	2,1	5,3	194	1,89
13.07.2016		vollständige Verlandung des Gewässers						
27.07.2016		vollständige Verlandung des Gewässers						

## Diskussion

### Altwasser

Die Ergebnisse bekräftigen grundsätzlich die vegetationskundlichen Befunde eines Altwassers in einer fortgeschrittenen Terminalphase:

Die geringe Temperaturdifferenz von 2 °C basiert vermutlich auf der Lage des Totarms. In einem dichten Weidenbruchwald gelegen, ist das Gewässer geringen Sonneneinstrahlungen ausgesetzt und behält daher eine annähernd konstante Temperatur. Außerdem waren die durchschnittlichen Temperaturen im Mai und Juni nicht signifikant unterschiedlich. Da aber insbesondere die tageszeitliche Abfolge von Tag und Nacht einen hohen Einfluss auf die Temperatur flacher Gewässer, wie es im Untersuchungsgebiet vorliegt, hat, haben einzelne hier vorgenommene Messungen der Temperatur nur einen geringen Aussagegehalt.

Die elektrische Leitfähigkeit weist deutlich höhere Werte auf als eutrophe Gewässer in einem natürlichen Verlandungsprozess. Damit stellt sie einen guten Indikator für die Hypertrophie des Untersuchungsgebiets dar. Die kontinuierliche Zunahme um ca. 800  $\mu\text{S}/\text{cm}$  im Zeitraum von zwei Monaten basiert auf der Zunahme der Biomasseproduktion im gleichen Zeitraum, wodurch, bedingt durch den erhöhten Stoffwechsel, mehr Ionen ins System gelangen. Weiterhin bestätigt die hohe Leitfähigkeit den anthropogenen Einfluss auf das Untersuchungsgebiet, da poly- bzw. hypertrophe Gewässer nicht zum natürlichen Trophiespektrum gezählt werden. Diese entstehen durch anthropogene Nährstoffanreicherung, z.B. in Form von Düngung (Pott & Remy 2000).

Der pH-Wert bleibt über den Messzeitraum nahezu konstant im neutralen

**Tab. 4** Darstellung der Messergebnisse der Untersuchungen an der Leine

Parameter	Wert
Wassertemperatur	21,6 °C
elektrische Leitfähigkeit	1228 $\mu\text{S}/\text{cm}$
pH-Wert	7,72
O <sub>2</sub> -Gehalt	8,06 mg/L
CO <sub>2</sub> -Gehalt	27,72 mg/L
Carbonathärte	4,2 °dH
Gesamthärte	5,82 °dH
CSB	50,56 mg/L
Cl <sup>-</sup>	64,52 mg/L
Fe <sup>2+</sup>	0,05 mg/L
Fe <sup>3+</sup>	0,31 mg/L
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,013 mg/L
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,5 mg/L
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,05 mg/L
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	87 mg/L
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1,75 mg/L

Bereich um pH 7,5. Ferner befindet sich Phosphat in einem Gleichgewicht der Formen H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> und HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup> und stellt damit ein Puffersystem mit optimaler Wirkung dar.

Der Gehalt an Kohlenstoffdioxid beträgt im Mittel etwa das 15-fache des Sauerstoffgehalts. Dies liegt zum einen daran, dass die Messungen drei bis vier Stunden nach Sonnenaufgang durchgeführt wurden und im Totarm die Nacht über sauerstoffzehrende Prozesse stattgefunden haben. Zum anderen ist das Milieu durch den hohen Sapropelanteil vorwiegend anaerob, sodass der Sauerstoffgehalt nur an sehr warmen, sonnigen Tagen durch erhöhte Fotosyntheserate auf knapp 4 mg/l

ansteigen konnte. Die erhöhte Biomasseproduktion sorgt aber auch für eine erhöhte Sauerstoffzehrung, sodass der Sauerstoffgehalt bei Nacht extrem absinkt. Dies steht mit dem Fehlen von Fischen und vielen anderen Organismen im Gewässer in Zusammenhang. Neben der geringen Wassertiefe werden Sauerstoffwerte von unter 0,5 mg/l wie sie im Mai vorzufinden waren, als letal für Fische angegeben (Baur & Rapp 2003).

Die Beurteilung der Wasserhärte folgt der Skala nach Merck. Demnach ist das Gewässer im Untersuchungsgebiet mit Werten zwischen 8,12 und 13,72 °dH dem Typ mittelharter Gewässer zuzuordnen. Dieser Typus wird durch Wasserhärten zwischen 8 und 18 °dH charakterisiert. Die weitestgehende Verödung des Gewässers lässt sich auch an den hohen CSB-Werten ablesen. Biologische und abiotische Oxidationsprozesse werden bei Pott & Remy (2000) als Gründe für O<sub>2</sub>-Mangel angegeben. Verstärkt wird der Effekt durch anaerobe Freisetzung von Methan (CH<sub>4</sub>) und Schwefelwasserstoff (H<sub>2</sub>S) aus dem Sapropel. Letzterer konnte einwandfrei anhand des charakteristischen Eigengeruchs im Sapropel festgestellt werden. Die Abnahme des CSB-Gehaltes um circa 80 mg/l beruht vermutlich auf dem leicht steigenden Sauerstoffgehalt und der erhöhten Biomasseproduktion, wodurch vermehrt oxidierende Prozesse ablaufen.

Der Gehalt an Chlorid-Ionen liegt mit etwa 115 mg/l im Bereich der höheren, aber noch weitgehend tolerierten Chlorid-Ionenkonzentration (Pott & Remy 2000). Die hohen Konzentrationen halten sich durch die geringe Umsatzrate von chemisch relativ inerten Chlorid-Ionen konstant.

Die nach Pott & Remy (2000) durchschnittliche Fe<sub>3</sub><sup>+</sup>-Konzentration von 0,8 bis 1,2 mg/l wird im Untersuchungsgebiet

übertroffen. Insbesondere bei der ersten Messung ist der Anteil an Eisen(II) am Gesamteisen überdurchschnittlich hoch. Dies ist auf den geringen O<sub>2</sub>-Gehalt zurückzuführen, wodurch eine Oxidation zum Eisen(III) nur selten auftritt. Die Erhöhung der Eisen-Werte ist auf vermehrte Freisetzung aus dem Löss zurückzuführen, das Beimengen von Eisen-Verbindungen enthalten kann (Strahler & Strahler 1999). Eine Anreicherung von Eisen erfolgt zudem natürlicherweise in den Zehrschichten nährstoffreicher Gewässer.

Die Stickstoffwerte untermauern den Befund eines sauerstoffarmen Gewässers mit reduzierendem Milieu, weil Stickstoff vorwiegend in der Form des Ammonium-Ions (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) vorliegt. Das Gewässer ist somit überwiegend durch (nitrat-)ammonifizierende Prozesse (Pott & Remy 2000) gekennzeichnet. Mit Werten zwischen ca. 4 und 5 mg/l ist das Gewässer nach Lüderitz et al. (2009) der höchsten Güteklassifikation zuzuordnen. Die Autoren führen, basierend auf Daten des Umweltbundesamtes, Werte über 2,4 mg/l als höchste Güteklasse für nährstoffreiche Gewässer auf. Besonders der anthropogene landwirtschaftliche Einfluss aus der Umgebung ist als Ursache für die hohen Stickstoffwerte zu nennen.

Je nach geogener Beschaffenheit treten Sulfatkonzentrationen zwischen 5 und 150 mg/l auf (Pott & Remy 2000). Die mittlere Konzentration im Untersuchungsgebiet liegt mit 148 mg/l an der oberen Grenze dieses Bereichs. Im Verlauf des Messzeitraums steigt die Sulfatmenge jedoch von 102 auf 194 mg/l. Es ist also fast eine Verdopplung des Gehalts festzustellen, die vermutlich auf landwirtschaftliche Einflüsse zurückzuführen ist. Wie bereits erwähnt, konnte durch den charakteristischen Geruch Schwefelwasserstoff nachgewiesen werden. Vorhandene Eisen(II)-Ionen



bilden unter sauerstoffarmen Bedingungen chemisch stabiles Eisensulfid, das sedimentiert. Die Konzentration des Schwefels im Gewässer ist daher vermutlich um einiges höher als die des Sulfats. Die Konzentration des Orthophosphats ist mit 1,39 mg/l im Mittel ebenfalls ein Indiz für ein Gewässer der nährstoffreichsten Güteklasse nach Lüderitz et al. (2009). Hier werden 0,8 mg/l als untere Grenze der höchsten Güteklasse angegeben. Die hohen Werte sind sowohl auf landwirtschaftliche Aspekte als auch auf die erhöhte Biomasseproduktion zurückzuführen. So wird im anaeroben Milieu Phosphat aus dem Sediment freigesetzt. Einige Werte sind beim Vergleich mit dem Fließgewässer auffällig und werden im Folgenden erläutert.

## Das Leinewasser

Die elektrische Leitfähigkeit der Leine ist mit 1228  $\mu\text{S}/\text{cm}$  im Mittel ebenfalls sehr hoch. Dies ist auf die erhöhte Nährstofffracht im Verlauf eines Fließgewässers zurückzuführen; so fließt bei Limmer beispielsweise die stark salzhaltige Fösse in die Leine. Allerdings stellt der Fluss ein Kontinuum im Vergleich zum Totarm dar, weil die Nährstoffe nicht nur heran-, sondern auch kontinuierlich abgetragen werden, das ist ein wesentlicher Unterschied zum Stillgewässer. Außerdem sind die erhöhten Werte auch auf die bereits mehrfach angesprochene Landwirtschaft in unmittelbarer Nähe (Abb. 2) zurückzuführen.

Weiterhin ist der große Unterschied im Gehalt der Atemgase auffällig. Zwar ist auch hier die Konzentration des  $\text{CO}_2$ -Gehalts größer als die des  $\text{O}_2$ -Gehalts, allerdings ist letzterer mit circa 8 mg/l im Mittel deutlich höher als im Totarm. Dies liegt vor allem am fehlenden Sapropel und der geringeren Biomasse im Gewässer. Daher lässt sich eine deutlich geringere

Sauerstoffzehrung feststellen. Außerdem wird kontinuierlich Sauerstoff aus dem Ober- und Mittellauf zugeführt.

Gemäß der Härteskala nach Merck ist der Unterlauf der Leine dem Gewässertyp der weichen Gewässer zuzuordnen. Mit ca. 6 °dH befindet sich die Leine im Bereich der von Merck vorgegeben Grenzen von 3 bis 8 °dH. Durch die Strömung sind die im Protapedon vorhandenen Erdalkali-Ionen im Laufe der Zeit erosiv abgetragen worden, sodass sich bis heute ein gewisser Bereich eingestellt hat. Dies zeigen auch die konstanten Werte im Vergleich zum Stillgewässer, in dem eine teils beträchtliche Zunahme zu verzeichnen war (Tab. 4).

Sowohl der CSB- als auch der Chlorid-Ionen-Gehalt liegen deutlich unter den Werten des Totarms. Vermutlich sind auch hier die hydrodynamischen Bedingungen im Fließgewässer der Hauptgrund für die konstanten und niedrigeren Werte. Beim CSB spielt wohl zusätzlich die erhöhte Sauerstoffkonzentration im System eine Rolle, die vermehrte oxidative chemische Reaktionen ablaufen lässt. Das weniger sauerstoffarme Milieu gekoppelt mit der permanenten Strömung sorgt außerdem für niedrigere Eisenkonzentrationen. Ergänzt durch den erhöhten Sauerstoffgehalt liegt das Eisen überwiegend in der oxidierten Form als  $\text{Fe}_3^+$  vor.

Die Stickstoffwerte sind in der Gesamtheit wesentlich geringer als im Stillgewässer. Hydrodynamische Prozesse und die wesentlich geringere Biomasse im Gewässer sind als Gründe dafür aufzuführen. Des Weiteren liegt Stickstoff im untersuchten Fließgewässer überwiegend in der oxidierten Form als  $\text{NO}_3^-$  vor. Die deutlich geringere Sulfatkonzentration resultiert aus dem Fehlen des anaeroben Sediments und ist vermutlich rein durch die anthropogenen Einflüsse auf die umgebende Landwirtschaft zurückzuführen.

Die Phosphatkonzentration liegt im Mittel dagegen höher als im Totarm. Der landwirtschaftliche Einfluss ist ein wichtiger Grund dafür, jedoch sollte dies durch die wesentlich geringere Biomasse kompensiert werden. Vermutlich werden große Phosphatmengen aus dem Ober- und Mittellauf angeschwemmt, die der Hauptgrund für die hohe Konzentration sind.

Wie bei jeder chemischen Untersuchung im Labor treten Fehler auf, die hier der Vollständigkeit halber aufgezählt werden sollen. Zunächst sind die subjektiven Fehler am augenscheinlichsten. Das Ablesen des Meniskus' der Flüssigkeit beim

Titrieren und Pipettieren sorgt für erste Ungenauigkeiten. Leicht verstärkt werden sie durch die Eigenfehler der Geräte, die geringe Mengen an Flüssigkeiten zurückhalten. Auch das Übertitrieren ist als solches sinnvoll für einen eindeutigen Nachweis, verfälscht jedoch auch das Ergebnis in bestimmten Mengen. Wie bereits erwähnt, sind Einzelbestimmungen der Temperatur, die tageszeitlich schwankt, nur sehr begrenzt aussagekräftig. Ähnliches betrifft den Gehalt an Atemgasen, die wie die Temperatur von der Sonneneinstrahlung und damit von der Tageszeit abhängen.

## Fazit und Ausblick

Die vorliegende Arbeit kann natürlich keinen allgemeingültigen Vergleich zwischen limnischen und fluviatilen Lebensräumen liefern. Dazu müssten weitere Messungen durchgeführt werden, die aufgrund begrenzter Bearbeitungszeit (Mai bis Juli) und Materialmangels nicht geleistet werden konnten. So konnten z. B. Kalium- oder Silikatgehalt nicht gemessen werden.

Mithilfe dieser Arbeit konnte jedoch der wesentliche Unterschied zwischen limnischen und fluviatilen Lebensräumen gezeigt werden. Während die Strömung als auffälligstes Differenzierungsmerkmal zwischen diesen beiden Lebensräumen zu gelten hat, wurde besonders der Verlandungsprozess eines Altarms dargelegt. Somit befinden sich Altwässer als limnische Ökosysteme in einem Prozess, der sie von einem anfangs durchströmten Gewässer zu einem verlandenden Bruchwald formt. Je nach Stadium der Verlandung liegen unterschiedliche Abweichungen der Messergebnisse zu einem fluviatilen Lebensraum vor. Dagegen bilden fluviatile

Lebensräume unter natürlichen Bedingungen ein Kontinuum, was bedeutet, dass die hydrochemischen Werte im Mittel konstant bleiben. Zusätzlich zu den Unterschieden konnte der anthropogene Einfluss auf den Verlandungsprozess gezeigt werden.

An einigen Werten konnte weiterhin durchaus belegt werden, welche Auswirkungen ein Verlandungsprozess auf Parameter wie O<sub>2</sub>-Gehalt oder Stickstoffwerte hat. Darüber hinaus konnten mehrere Messergebnisse (vgl. Phosphor und Stickstoff) auf anthropogenen Einfluss zurückgeführt werden. Außerdem wurde die Tendenz zu geringerer Diversität bei gleichzeitig erhöhter Biomasseproduktion an poly- bzw. hypertrophen Standorten deutlich.

## Sanierungsmöglichkeiten und Naturschutzwert

Lüderitz et al. (2009) beschreiben den drastischen Rückgang der natürlichen Bildung von Altwässern durch anthropogenen

Einfluss. Dieser prägt auch das in dieser Arbeit untersuchte Gebiet. Bei einer Sanierung werden Altwässer in eine frühere Phase des Verlandungsprozesses zurückgeführt. So werden beispielsweise sedimentierte Verbindungen von Altwasser und Fluss wieder aufgebrochen, um eine erneute Anbindung zu ermöglichen. Auch Entschlammungsmaßnahmen, um

erneut eine Optimalphase zu erreichen, sind Teil des Konzepts. Die Autoren führen vier Gründe auf, die für eine Altwassersanierung sprechen: Zum einen wäre die „landschaftsgenetische Begründung“ (1) zu nennen. Durch anthropogenen Einfluss droht der Lebensraum Altwasser respektive das Ökosystem Aue zu verschwinden. Damit geht ein enormer Verlust an

## Glossar

**Altarm, Altwasser** Gewässertyp, der von einem Fließgewässer abstammt und noch direkt mit ihm verbunden (Altarm) oder bereits vollständig von ihm abgeschnürt (Altwasser) ist

**Benthäl** Lebensbereich im und auf dem Grund eines Gewässers

**BSB** Summe aller durch Sauerstoff abbaubaren organischen Substanzen in einem Gewässer

**CSB** Summe aller oxidierbaren Substanzen in einem Gewässer

**dystroph** Zustand eines Gewässers, der sich durch Nährstoffarmut bei gleichzeitig hoher Huminstoffkonzentration auszeichnet

**Edukt** Ein Ausgangsprodukt bei einer chemischen Reaktion

**Epilimnion** Vom Sonnenlicht maßgeblich beeinflusster, oberer Bereich eines Stillgewässers, in dem Sauerstoff in großer Konzentration vorhanden ist

**Exhalation** Prozess, bei dem Gase vulkanischen Ursprungs austreten und Schwefel aus dem Erdinneren an die Oberfläche gelangt

**GH** Gesamthärte, ein Summenparameter für die Kalzium-, Magnesium-, Strontium- und Bariumkonzentration in einer Lösung

**Gyttja** Typ von Unterwasserboden in nährstoffreicheren Gewässern, der noch gelegentlich durchlüftet wird

**hypertroph** höchstes Stadium an Nähr-

stoffreichtum in einem Ökosystem.

In der Regel anthropogen bedingt.

**Hypolimnion** Vom Sonnenlicht abgeschirmter, unterer Bereich eines Stillgewässers, in dem akuter Sauerstoffmangel herrscht

**KH** Karbonathärte, ein Summenparameter für die Kalzium- und Magnesiumkonzentration in einer Lösung

**Pelagial** Bereich in einem Gewässer, der nicht mit dem Gewässerboden oder dem Ufer in Kontakt steht; sozusagen der Freiwasserbereich

**Protopedon** In Norddeutschland in der Regel aus Sand bestehender Rohboden eines Gewässers, auf dem sich noch keine abgestorbenen Substanzen abgelagert und zu Schlamm formiert haben

**Qualmwasser** Wasser, das durch hohen Druck aus dem Boden an die Oberfläche gelangt. Der Qualm resultiert aus der im Boden vorhandenen Luft, die dabei mit an die Oberfläche gelangt

**Saprobie** Die Gesamtheit an organischer Substanz in einem Gewässer. Wird in der Regel über den BSB (s. dort) dargestellt.

**Sapropel** Sehr nährstoffreicher Schlamm. Bildet den Boden nährstoffreicher Gewässer.

**stöchiometrisch** Bezeichnet das Verhältnis der Mengen an Ausgangs- und Endstoffen bei einer chemischen Reaktion

**Totarm** Ein ehemaliges Altwasser, das bereits vollständig verlandet ist

Artenvielfalt einher. Durch Altwassersanierung kann dieser Lebensraum erhalten bleiben. Die „ökologische Begründung“ (2) zielt darauf ab, die Altwässer als Teil der Aue zu erhalten. Hierfür ist besonders das Vorhandensein aller Phasen, also der Initial-, der Optimal- und der Terminalphase, erforderlich. Wichtiger Aspekt dieser Sanierungsmaßnahme sind permanenter Nährstoffezug und Entschlammung bei Altwässern der Terminalphase. Die „landschaftsästhetische Begründung“ (3) besagt, dass viele Altwässer und Auen die historische Bildung der Landschaft widerspiegeln und daher für das Verständnis von Landschaftsgenese sinnvoll sind. Zuletzt wird eine wirtschaftliche Begründung (4) aufgeführt, die verlandete Altwässer wieder als Lebensraum für Fische unter Abstimmung mit Naturschutzanforderungen vorsieht. Der letztgenannte Aspekt würde eine wesentliche Rolle für das Untersuchungsgebiet darstellen, da hier aufgrund der niedrigen Wassertiefe und des geringen Sauerstoffgehalts keine Fische mehr vorhanden sind.

Allerdings setzen Lüderitz et al. (2009) auch eine Abwägung voraus, ob einer endgültigen Verlandung oder einer

Entlandung Vorzug gegeben werden sollte. Dies hat auch finanzielle Hintergründe, da insbesondere Entschlammungsmaßnahmen wie sie beim Untersuchungsgebiet notwendig wären, kostspielig sind und nachhaltig durchgeführt werden müssten.

Da der untersuchte Totarm zum einen unmittelbar vor dem Einzug in die Postterminalphase, also der endgültigen Verlandung steht und zum anderen von landwirtschaftlich genutzten Flächen umgeben ist, ist eine Rückführung in ein früheres Stadium wohl nicht sinnvoll. Permanenter Nährstoffeintrag würde dieses Ökosystem schnell wieder in den jetzigen Zustand zurückführen. Hinzu käme die extrem aufwändige Entschlammung, die hierfür notwendig und sehr teuer wäre. Aus diesem Grund und anhand der Tatsache, dass das Untersuchungsgebiet für mindestens drei verschiedene Vogelarten (*Anas platyrhynchos*, *Ardea cinerea* und *Anser anser*) einen Brutplatz bietet, sollte es allerdings aus Naturschutzsicht erhalten bleiben. Somit kann es auch in Zukunft als Beispiel für einen beschleunigten Verlandungsprozess eines Altwassers und für Hypertrophierung durch anthropogenen Einfluss dienen.

## Literaturverzeichnis

- Baur, Werner H.; Rapp, Jörg (2003): Gesunde Fische. – 2. Auflage: 317 S.; Stuttgart
- Harris, Daniel C. (2014): Lehrbuch der Quantitativen Analyse. – 8. Auflage: 955 S.; Berlin Heidelberg.
- Jäger, Eckehart J. (Hrsg.) (2011): Rothmaler – Exkursionsflora von Deutschland – Gefäßpflanzen: Grundband. – 20. Auflage, 930 S.; Heidelberg.
- Jäger, Eckehart J.; Ritz, Christiane M.; Müller, Frank; Welk, Erik; Wesche, Karsten (Hrsg.) (2013): Rothmaler – Exkursionsflora von Deutschland – Gefäßpflanzen: Atlasband, 12. Auflage: 822 S.; Heidelberg.
- Lüderitz, Volker; Langheinrich, Uta; Kunz, Christian (Hrsg.) (2009): Flussaltwässer – Ökologie und Sanierung: 232 S.; Wiesbaden.
- Pikos, Tim (2016): Ökologische Differenzierung limnischer und fluviatiler Lebensräume an der Leine in der Region Hannover: 56 S.; unveröffentlichte Bachelorarbeit am Institut für Geobotanik, Leibniz Universität Hannover.
- Pott, Richard (1995): Die Pflanzengesellschaften Deutschlands, 2. Auflage: 622 S.; Stuttgart Hohenheim.

- Pott, Richard (2005): Allgemeine Geobotanik: 652 S.; Heidelberg.
- Pott, Richard; Remy, Dominique (2000): Gewässer des Binnenlandes: 255 S.; Stuttgart Hohenheim.
- Schaefer, Matthias (2010): Brohmer – Fauna von Deutschland, 23. Auflage: 809 S.; Wiebelsheim.
- Schweda, Eberhard (2012): Jander / Blasius – Anorganische Chemie II. – 16. Auflage, 392 S.; Stuttgart.
- Schwoerbel, Jürgen (1994): Methoden der Hydrobiologie, 4. Auflage: 368 S.; Stuttgart-Jena.
- Strahler, Alan H.; Strahler, Arthur N. (1999): Physische Geographie: 680 S.; Stuttgart (Hohenheim).
- Wasserchemische Gesellschaft in der GDCh, DIN (Hrsg.) (2015): Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung: 8834 S.; Weinheim.

Arbeit eingereicht: 31.07.2019  
Arbeit angenommen: 20.02.2020

Anschrift des Verfassers:

Tim Lukas Pikos  
Institut für Geobotanik  
Leibniz-Universität Hannover  
Nienburger Straße 17  
30167 Hannover

E-Mail:

pikos@geobotanik.uni-hannover.de

WWW.NATURHISTORICA.DE



Hannovers große Attraktion einmal anders


Der Große Garten Herrenhausen

Ein nicht sehr langer Weg nach Herrenhausen und sieben kurze Wege im Großen Garten  
von Prof. Dr. Joachim Knoll

In diesem Jubiläumsband 150 widmet sich der Autor einem der schönsten europäischen Barockgärten auf spezielle Weise. Sieben Spaziergänge führen zu bekannten und weniger bekannten Stellen, immer unterhaltsam, immer fundiert und gewürzt mit Liebe zum historischen Detail, vermischt mit ein wenig Ironie.

Naturhistorica 150, 152 S., 12 €

WWW.NATURHISTORICA.DE



**Naturhistorica**  
BERICHTE DER NATURHISTORISCHEN GESELLSCHAFT HANNOVER

**Subrosionssenkungen**  
zwischen Harz und Leine-Bergland

- Abgetaucht: Ur-Nordsee im Oligozän
- Schwierig: Moschusochsenschädelvergleiche
- Selten: Plesiosaurierfunde in Hildesheim
- Verfliegen: Huhn mit Migrationshintergrund

**NGH** Naturhistorische Gesellschaft Hannover  
Gesellschaft zur Pflege der Naturwissenschaften

160 · 2018

**Naturhistorica 160**

- Subrosionssenkungen zwischen Harz und Leine-Bergland (Känozoikum, Niedersachsen)
- Die Oligozän-Sammlung Harms des Landesmuseums Hannover. Ein Tauchgang durch die Ur-Nordsee.
- Moschusochsenschädel aus dem Landesmuseum Hannover und dem Dinopark Münchehagen
- Plesiosaurier-Funde aus dem Mittleren Jura von Hildesheim
- Schottisches Flugwild in Ostfriesland. Ein Beitrag zur frühen Geschichte des Knyphauser Waldes
- Aufstellung des Schweden-Findlings am Deisterkamm am 6. Mai 2018

165 S.

# Buschwindröschen, Lerchensporn und Co. – Das Naturshutzgebiet Haseder Busch – Exkursion der Naturhistorischen Gesellschaft Hannover

13. April 2019

Dieter Schulz

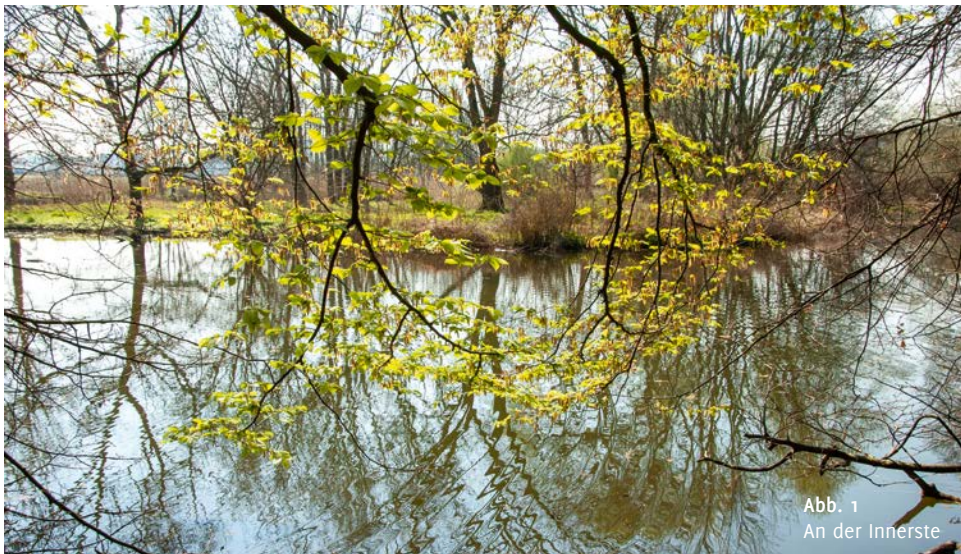


Abb. 1  
An der Innerste

Während einer Vor-Exkursion am 6.4.2019 war eine Begehung des Naturshutzgebiets Haseder Busch bei bestem Sonnenschein eine Wohltat. Für den Botaniker war der auf großen Flächen wachsende Lerchensporn (*Corydalis cava*) in Weiß und Rosaviolett eine echte Augenweide (Abb. 3). Als weitere Frühjahrsgeophyten dazwischen wuchsen in kleineren und größeren Gruppen das Buschwindröschen (*Anemone nemorosa*, Abb. 4) und das Gelbe Windröschen (*Anemone ranunculoides*, Abb. 5) und viele weitere Pflanzen, die in einer Liste zusammengestellt worden sind. Wasserstellen deuteten auf die hohe Feuchtigkeit des Auenwaldes und die nahe

fließende Innerste hin (Abb. 6), abgefallene Äste und Totholz ergaben das charakteristische Bild eines Auenwaldes mit einer Fülle von Frühjahrsgeophyten – eine sehr urwüchsige und gleichzeitig üppige Vegetationsform (Abb. 7).

Der 13. April 2019 war der Exkursionstag, und als wollte das Wetter es noch einmal verdeutlichen hagelte es – April eben – also diesmal eine recht feuchte Gegend. Aber die NGH-Mitglieder sind hartgesotten und so wurde die Exkursion, wenn auch mit eingestreuten Kürzungen durchgeführt als könnte das Wetter gar nicht besser sein.

Nach etwa 2 Stunden erreichten wir

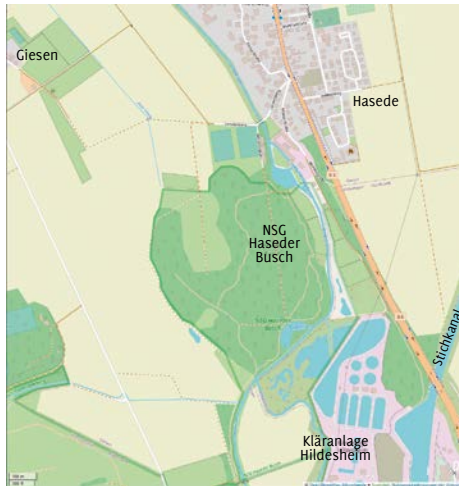


Abb. 2 Lage des Naturschutzgebiets Haseder Busch (Karte: OpenStreetMap.org)

völlig durchnässt und erschöpft Bahn, Bus oder Pkw. Trotzdem eine schöne und nicht langweilige Exkursion, auch wenn wir die Einbeere nicht gefunden haben.

## Allgemeines zum Gebiet

Das Naturschutzgebiet Haseder Busch besteht seit dem 1. November 1974 (Abb. 2). Es handelt sich um einen Auenwald (auch Auwald). Das sind sommergrüne Falllaubwälder, die in Mitteleuropa weitgehend einheitlich sind, da alle Flussauen die gleichen Lebensbedingungen aufweisen:

- hohe Feuchtigkeit (Auelehmschichten)
- thermische Ausgeglichenheit
- hohes Nährstoffangebot

Die Pflanzen des Auenwaldes wollen keine allzu lange Wasserüberflutung, aber sie tolerieren die rhythmische Überflutung im Jahresgang: Im Frühjahr durch die Schneeschmelze und im Sommer durch hohe Regenfälle. Durch diese periodischen Überflutungen kommt es zu einer Aufschlickung der Aue und damit zu erneuter



Abb. 3 Hohlherb (*Corydalis cava*)



Abb. 4 Buschwindröschen (*Anemone nemorosa*)



Abb. 5 Gelbes Windröschen (*Anemone ranunculoides*)

Nährstoffzufuhr. Die Auenwälder bieten ein urwüchsiges und natürliches Bild.

Man unterscheidet Weichholz- und Hartholzaunen:

- **Weichholzaunen** werden charakterisiert durch Weiden und Pappeln, also weichen Hölzern und verschiedene Sträucher.





Abb. 6 Feuchtgebiet im NSG



Abb. 7 Altes Holz und Totholz wird nicht entfernt

- **Hartholzauen** erkennt man am Vorkommen von Harthölzern wie z. B. Eichen, Hainbuchen, Eschen u.a.
- Faustregel: Weichholzauen befinden sich dichter am Wasser, Hartholzauen entfernter vom Wasser und dadurch auch höher gelegen und weniger von Überflutungen beeinflusst.

Unser Exkursionsgebiet Haseder Busch ist eine Hartholzau mit Eichen, Hainbuchen, Eschen und Ulmen u. a., also mit harten Edelhölzern. Nach Hofmeister handelt es sich dabei um einen

Eichen-Eschen-Ulmen-Auwald (*Quercus-Ulmetum-minoris*).

Im Untergrund sind sandig-tonige Auelehme mit hochstehendem kalkreichen Grundwasser. Es handelt sich dabei um Gley- oder Braune Aueböden mit guter bis sehr guter Wasser-, Basen- und Nährstoffversorgung. Das Gebiet liegt ca. 70 m üNN.

Diese Auenwälder sind die üppigste Vegetationsform unserer Heimat auf nährstoffreichen, lehmigen Schlickböden, die äußerst fruchtbar sind.

## Klimatische Bedingungen und Lichtgenuss

In Mitteleuropa herrscht ein typisches Buchenklima. Der bei uns natürlich vorkommende reine Rotbuchenwald mit seiner Frühjahrskrautschicht (kalkbedürftig, pH ca. 6,5), hat in unseren Breiten eine Degradation erfahren (Waldnutzung, Viehweide, Streuentnahme etc.).

Das führte zum Eindringen von Sträuchern (Hasel, Eiche, Hainbuche), dadurch erwächst der Buche eine Kalkkonkurrenz. Die Bodendeckung durch die Kronen wird geringer. Durch die damit verbundene bessere Bodenbelichtung, entwickelt sich der Unterbewuchs noch stärker. Die

anfallenden Laubmengen werden schlechter zersetzt. Es bildet sich Rohhumus, der zu einer Auslaugung des Bodens führt. Die Rotbuche geht zurück (pH-Verschiebung auf 4,5) und es entsteht der typische Eichen-Hainbuchen-Mischwald, den wir auch hier vor uns haben.

### Lichtgenuss in den Jahreszeiten

Ein entscheidender ökologischer Faktor, der die Höhengliederung eines solchen Waldbestands bestimmt, ist die Anpassung der Pflanzen an den unterschiedlichen

Lichtgenuss mit seinen jahresperiodischen Schwankungen.

Die Existenzgrenze der Kormophyten (Gefäßpflanzen) liegt bei ca. 1–2 % Lichtgenuss. Das sind ca. 500–1500 Lux. Thalloyphyten (z. B. das Lebermoos *Marchantia*) reichen schon 0,5 % Lichtgenuss. Aero-phytischen Grünalgen kommen sogar mit 0,1 % Lichtgenuss aus.

Der Lichtgenuss der bodennahen Schichten unterliegt einem starken jahresperiodischen Wechsel:

- Winter und zeitiges Frühjahr 50–70 %
- Laubentfaltung: 20–40 %
- Sommer: 2–10 %
- Herbst: ca. 20–50 %

An diese Verhältnisse sind die Pflanzen unserer Waldgesellschaften auf unterschiedliche Weise angepasst:

### 1. Z. B. Schattenpflanzen

wie Sauerklee, Moose, andere Thalloyphyten und Algen.

### 2. Frühblüher und zwar als:

Geophyten (sog. Kryptophyten)

Rhizomgeophyten

Buschwindröschen (*Anemone*)

Salomonssiegel (*Polygonatum*)

Maiglöckchen (*Convallaria*)

Bingelkraut (*Mercurialis*)

Einbeere (*Paris*)

Zwiebelgeophyten

Zweiblatt (*Maianthemum*)

*Allium*-Arten

Lilienartige (*Lilium*)

Gelbstern (*Gagea*)

Als sog. Hemikryptophyten

mit Wurzelknollen

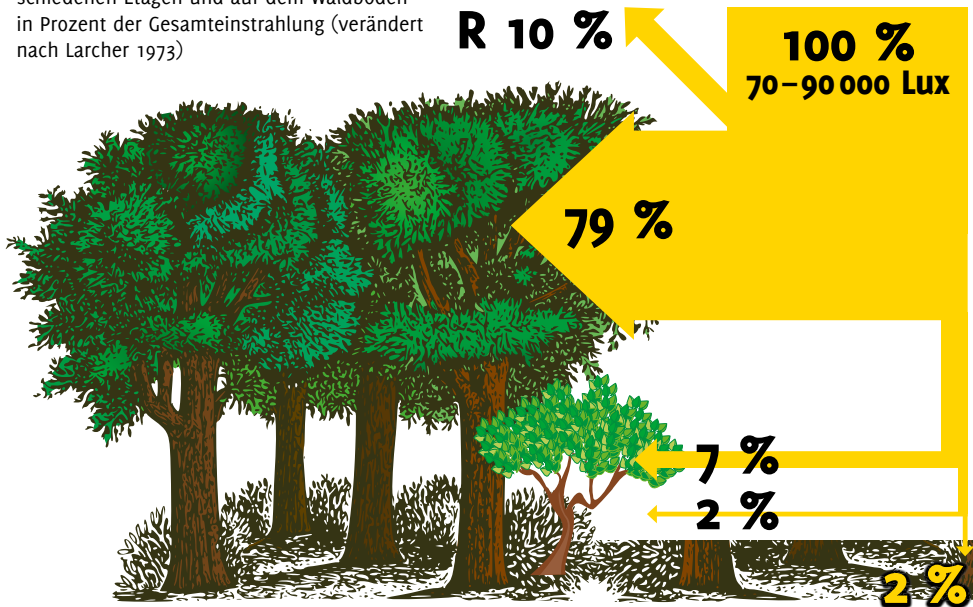
Scharbockskraut (*Ranunculus ficaria*)

Aronstab (*Arum maculatum*)

Lerchensporn (*Corydalis cava*)

Orchideen-Arten (*Orchis* u.a.)

**Abb. 8** Sonneneinstrahlung im Sommer in einem Eichen-Hainbuchen-Wald in den verschiedenen Etagen und auf dem Waldboden in Prozent der Gesamteinstrahlung (verändert nach Larcher 1973)



## Ausführliche Artenliste Haseder Busch mit Angaben zur Giftigkeit, erstellt am 06.04.2019 von Dieter Schulz

SL = Signaturenlehre

Die für die **GIFTIGKEIT** verantwortlichen Inhaltsstoffe sind **gelb markiert**.

### Krautige Pflanzen

Ranunculaceae (Hahnenfußgewächse)

*Anemone nemorosa* **GIFTIG** – Buschwindröschen (Protoanemonin)

*Anemone ranunculoides* **GIFTIG** – Gelbes Windröschen (Protoanemonin)

*Hepatica nobilis* – Leberblümchen (SL)

*Ranunculus auricomus* – Gold-Hahnenfuß (= Arten-Gruppe)

*Ranunculus ficaria* **GIFTIG** – Scharbockskraut (Protoanemonin)

*Ranunculus lanuginosus* – Wolliger Hahnenfuß

*Ranunculus repens* (**FÜR VIEH FRISCH GIFTIG**) – Kriechender Hahnenfuß (Protoanemonin)

Fumariaceae (Erdrauchgewächse)

*Corydalis cava* **GIFTIG** – Hohler Lerchensporn (Alkaloid Corydalin, über 2 % in der Knolle)

Urticaceae (Brennnesselgewächse)

*Urtica dioica* – Große Brennnessel

Saxifragaceae (Steinbrechgewächse)

*Chrysosplenium alternifolium* – Wechselblättriges Milzkraut (SL)

Rosaceae (Rosengewächse)

*Geum urbanum* – Echte Nelkenwurz (mit Nelkenöl)

*Geum rivale* – Bach-Nelkenwurz

*Sanguisorba minor* – Kleiner Wiesenknopf

*Filipendula ulmaria* – Echtes Mädesüß

Fabaceae (Lippenblütler)

*Vicia sepium* – Zaunwicke

Oxalidaceae (Sauerkleegewächse)

*Oxalis acetosella* – Wald-Sauerklee (durch Oxalsäure „giftig“)

Geraniaceae (Storchschnabelgewächse)

*Geranium robertianum* – Stinkender Storchschnabel

Apiaceae (Doldenblütler)

*Aegopodium podagraria* – Giersch (Podagra = Fuß-Gicht) (SL)

*Anthriscus sylvestris* – Wiesen-Kerbel (Verwechslungen möglich, z. B. mit dem sehr giftigen geflecktem Schierling *Conium maculatum*)

*Heracleum sphondylium* – Wiesen-Bärenklau

Euphorbiaceae (Wolfsmilchgewächse)

*Mercuriales perennis* – Wald-Bingelkraut (2-häusig)

Violaceae (Veilchengewächse)

*Viola reichenbachiana* (= *V. sylvestris*) – Wald-Veilchen

Brassicaceae (Kreuzblütler)

*Alliaria petiolata* (= *A. officinalis*) – Knoblauchsrauke

*Cardamine pratense* – Wiesen-Schaumkraut

## Primulaceae (Primelgewächse)

*Lysimachia nummularia* – Pfennigkraut*Primula elatior* – Hohe Schlüsselblume

## Caryophyllaceae (Nelkengewächse)

*Stellaria holostea* – Große Sternmiere*Stellaria media* (Artengruppe) – Vogel-Miere*Silene dioica* (= *Melandrium rubrum*) – Rote Lichtnelke

## Polygonaceae (Knöterichgewächse)

*Rumex acetosa* – Sauerampfer (durch Kaliumoxalat **GIFTIG**)*Rumex crispus* – Krauser Ampfer*Rumex obtusifolius* – Stumpfbältriger Ampfer

## Rubiaceae (Rötegewächse)

*Galium aparine* – Kletten-Labkraut*Galium silvaticum* – Wald-Labkraut*Galium uliginosum* – Moor-Labkraut

## Adoxaceae (Moschuskrautgewächse)

*Adoxa moschatellina* – Moschuskraut

## Boraginaceae (Raublattgewächse)

*Pulmonaria officinalis* – Gebräuchliches Lungenkraut (SL)*Myosotis silvatica* – Wald-Vergissmeinnicht

## Scrophulariaceae (Rachenblütler)

*Veronica hederifolia* – Efeublättriger Ehrenpreis

## Orobanchaceae (Sommerwurzgewächse)

*Lathraea squamaria* – Schuppenwurz (Vollschmarotzer)

## Lamiaceae (Lippenblütler)

*Ajuga reptans* – Kriechender Günsel*Glechoma hederacea* **GIFTIG** – Gundermann (besonders für Pferde giftig)*Lamium galeobdolon* – Goldnessel*Lamium album* – Weiße Taubnessel*Lamium maculatum* – Gefleckte Taubnessel*Lamium purpureum* – Rote Taubnessel

## Asteraceae (Korbblütler)

*Petasites officinalis* (= *P. hybridus*) **GIFTIG** – Gewöhnliche Pestwurz (SL)**(Pyrrolicidinalkaloide)** (Name: gegen Pest verwendet)*Arctium lappa* – Große Klette*Sonchus oleraceus* – Kohl-Gänsedistel*Taraxacum officinale* – Gemeiner Löwenzahn*Tussilago farfara* **GIFTIG** – Huflattich **(Pyrrolicidinalkaloide)**

## Alliaceae (Lauchgewächse)

*Allium ursinum* – Bärlauch (Verwechslung mit Maiglöckchenblättern möglich, die sehr stark giftig sind, s. dort)

## Liliaceae (Liliengewächse)

*Gagea lutea* – Gelbster (Zwiebel-Geophyt)

## Melanthiaceae (Einbeerengewächse)

*Paris quadrifolia* (**GIFTIG**, besonders Beeren) – Einbeere **(Saponine)**

## Asparagaceae (Spargelgewächse)

*Convallaria majalis* **SEHR STARK GIFTIG** – Maiglöckchen (Digitalisglykoside/Saponine)

(Blätter mit *Allium-ursinum*-Blättern zu verwechseln, s. dort)

*Maianthemum bifolium* **GIFTIG** – Zweiblättrige Schattenblume (Digitalisglykoside, Cumarin)

*Polygonatum multiflorum* **GIFTIG** – Vielblütige Weißwurz, Salomonsiegel (SL)

(Chelidonsäure, Steroid-Saponine)

## Iridaceae (Schwertliliengewächse)

*Iris pseudacorus* **GIFTIG** – Gelbe Schwertlilie, Wasserschwertlilie (Scharfstoffe und Glykosid Iridin)

## Orchidaceae (Orchideen)

*Listera ovata* – Großes Zweiblatt

## Poaceae (Süßgräser)

*Milium effusum* – Weiches Flattergras

*Phragmites communis* (= *P. australis*) – Schilfrohr

*Phalaris arundinacea* – Rohr-Glanzgras

## Araceae (Aronstabgewächse)

*Arum maculatum* **SEHR STARK GIFTIG** – Aronstab (Knollen-Geophyt) (glykosidische Saponine)

**Bäume und Sträucher**

## Fagaceae (Buchengewächse)

*Fagus sylvatica* – Rotbuche (Pollen können Ursache v. Heuschnupfen im Frühjahr sein)

*Quercus robur* (Eicheln **GIFTIG** für Pferde und Rinder) – Stieleiche (Gerbstoffe)

## Betulaceae (Birkengewächse)

*Betula pendula* (Hängebirke)

*Betula pubescens* (Besenbirke)

*Carpinus betulus* – Hainbuche

*Corylus avellana* – Haselnuss

*Alnus glutinosa* – Schwarz-Erle (Blätter an den Spitzen stumpf bis ausgerandet)

*Alnus incana* – Grau-Erle (Blätter doppelt gesägt und zugespitzt)

## Cannabaceae (Hanfgewächse)

*Humulus lupulus* – Hopfen

## Saxifragaceae (Steinbrechgewächse)

*Ribes uva-crispa* – Stachelbeere (Blüten zu 1–3)

*Ribes silvestre* (= *R. rubrum*) – Rote Johannisbeere (Blüten in vielblütigen Trauben)

## Rosaceae (Rosengewächse)

*Crataegus laevigata* (= *C. oxyacantha*) – Zweigriffeliger Weißdorn

*Crataegus monogyna* – Eingriffeliger Weißdorn

*Rubus fruticosus* agg. – Brombeere

*Rubus idaeus* – Himbeere

*Prunus spinosa* – Schlehe

## Sapindaceae (Seifenbaumgewächse)

*Acer campestre* – Feldahorn

*Acer platanoides* – Spitzahorn

*Acer pseudoplatanus* – Bergahorn

## Cornaceae (Hartriegelgewächse)

*Cornus sanguinea* – Roter Hartriegel

Araliaceae (Efeugewächse)

*Hedera helix* **GIFTIG** – Efeu (**Saponine**)

Celastraceae (Spindelbaumgewächse)

*Euonymus europaeus* **STARK GIFTIG** – Pfaffenhütchen (**Evonosid, Evobiosid u. a.**)

Malvaceae (Malvengewächse)

*Tilia cordata* – Winterlinde

*Tilia platyphyllos* – Sommerlinde

Caprifoliaceae (Geißblattgewächse)

*Lonicera periclymenum* **GIFTIG** – Deutsches Geißblatt (**cyanogene Glykoside**)

*Lonicera xylosteum* **GIFTIG** – Rote Heckenkirsche (s. *L. periclymenum*)

*Sambucus nigra* – Schwarzer Holunder

*Sambucus racemosa* – Trauben-Holunder

Oleaceae (Ölbaumgewächse)

*Fraxinus excelsior* – Gewöhnliche Esche

## Artenliste Haseder Busch (alphabetisch) – Kurzfassung

SL = Signaturenlehre

*Adoxa moschatellina* – Moschuskraut

*Aegopodium podagraria* – Giersch (SL)

*Ajuga reptans* – Kriechender Günsel

*Alliaria petiolata* (= *A. officinalis*) – Knoblauchsrauke

*Allium ursinum* – Bärlauch

*Anemone nemorosa* – Buschwindröschen

*Anemone ranunculoides* – Gelbes Windröschen

*Anthriscus sylvestris* – Wiesen-Kerbel (Verwechslungen möglich)

*Arctium lappa* – Große Klette

*Arum maculatum* – Aronstab (Knollen-Geophyt)

*Cardamine pratense* – Wiesen-Schaumkraut

*Chrysosplenium alternifolium* – Wechselblättriges Milzkraut (SL)

*Convallaria majalis* – Maiglöckchen

*Corydalis cava* – Hohler Lerchensporn

*Filipendula ulmaria* – Echtes Mädesüß (in Met verwendet)

*Gagea lutea* – Gelbstern (Zwiebel-Geophyt)

*Galium aparine* – Kletten-Labkraut

*Galium silvaticum* – Wald-Labkraut

*Galium uliginosum* – Moor-Labkraut

*Geranium robertianum* – Stinkender Storchschnabel

*Geum rivale* – Bach-Nelkenwurz

*Geum urbanum* – Echte Nelkenwurz (mit Nelkenöl)

*Glechoma hederacea* – Gundermann (für Pferde giftig)

*Hepatica nobilis* – Leberblümchen (SL)

*Heracleum sphondylium* – Wiesen-Bärenklau

*Iris pseudacorus* – Gelbe Schwertlilie, Wasserschwertlilie

*Lamiaeum galeobdolon* – Goldnessel  
*Lamium album* – Weiße Taubnessel  
*Lamium maculatum* – Gefleckte Taubnessel  
*Lamium purpureum* – Rote Taubnessel  
*Lathraea squamaria* – Schuppenwurz (Vollschmarotzer)  
*Listera ovata* – Großes Zweiblatt  
*Lysimachia nummularia* – Pfennigkraut  
*Maianthemum bifolium* – Zweiblättrige Schattenblume  
*Mercuriales perennis* – Wald-Bingelkraut (2-häusig)  
*Milium effusum* – Weiches Flattergras  
*Myosotis silvatica* – Wald-Vergissmeinnicht  
*Oxalis acetosella* – Wald-Sauerklee  
*Paris quadrifolia* – Einbeere  
*Petasites officinalis* (= *P. hybridus*) – Gewöhnliche Pestwurz (SL)  
*Phalaris arundinacea* – Rohr-Glanzgras  
*Phragmites communis* (= *P. australis*) – Schilfrohr  
*Polygonatum multiflorum* – Vielblütige Weißwurz, Salomonssiegel (SL)  
*Primula elatior* – Hohe Schlüsselblume  
*Pulmonaria officinalis* – Gebräuchliches Lungenkraut (SL)  
*Ranunculus auricomus* – Gold-Hahnenfuß (Artengruppe)  
*Ranunculus ficaria* – Scharbockskraut  
*Ranunculus lanuginosus* – Wolliger Hahnenfuß  
*Ranunculus repens* – Kriechender Hahnenfuß  
*Rumex acetosa* – Sauerampfer  
*Rumex crispus* – Krauser Ampfer  
*Rumex obtusifolius* – Stumpfblättriger Ampfer  
*Sanguisorba minor* – Kleiner Wiesenknopf  
*Silene dioica* (= *Melandrium rubrum*) – Rote Lichtnelke  
*Sonchus oleraceus* – Kohl-Gänsedistel  
*Stellaria holostea* – Große Sternmiere  
*Stellaria media* (Artengruppe) – Vogel-Miere  
*Taraxacum officinale* – Gemeiner Löwenzahn  
*Tussilago farfara* – Huflattich  
*Urtica dioica* – Große Brennnessel  
*Veronica hederifolia* – Efeublättriger Ehrenpreis  
*Vicia sepium* – Zaunwicke  
*Viola reichenbachiana* (= *V. sylvestris*) – Wald-Veilchen

### Bäume und Sträucher

*Acer campestre* – Feldahorn  
*Acer platanoides* – Spitzahorn  
*Acer pseudoplatanus* – Bergahorn  
*Alnus glutinosa* – Schwarz-Erle (Blätt. an d. Sp. stumpf bis ausgerandet)  
*Alnus incana* – Grau-Erle (Blätt. doppelt gesägt u. zugespitzt)  
*Betula pendula* (Hängebirke)

- Betula pubescens* (Besenbirke)  
*Carpinus betulus* – Hainbuche  
*Cornus sanguinea* – Roter Hartriegel  
*Corylus avellana* – Haselnuss  
*Crataegus laevigata* (= *C. oxyacantha*) – Zweigriffliger Weißdorn  
*Crataegus monogyna* – Eingriffliger Weißdorn  
*Euonymus europaeus* – Pfaffenhütchen  
*Fagus sylvatica* – Rotbuche  
*Fraxinus excelsior* – Gewöhnliche Esche  
*Hedera helix* – Efeu  
*Humulus lupulus* – Hopfen  
*Lonicera periclymenum* – Deutsches Geißblatt  
*Lonicera xylosteum* – Rote Heckenkirsche  
*Prunus spinosa* – Schlehe  
*Quercus robur* – Stieleiche  
*Ribes silvestre* (= *R. rubrum*) – Rote Johannisbeere (Bltn in vielbl. Trauben)  
*Ribes uva-crispa* – Stachelbeere (Bltn. zu 1–3)  
*Rubus fruticosus* agg. – Brombeere  
*Rubus idaeus* – Himbeere  
*Sambucus nigra* – Schwarzer Holunder  
*Sambucus racemosa* – Trauben-Holunder  
*Tilia cordata* – Winterlinde  
*Tilia platyphyllos* – Sommerlinde



# Geologisch-historischer Gang durch den Stadtteil Ahlem – Exkursion der Naturhistorischen Gesellschaft Hannover

4. Mai 2019, Leitung: Franz-Jürgen Harms

Wolfgang Irrlitz

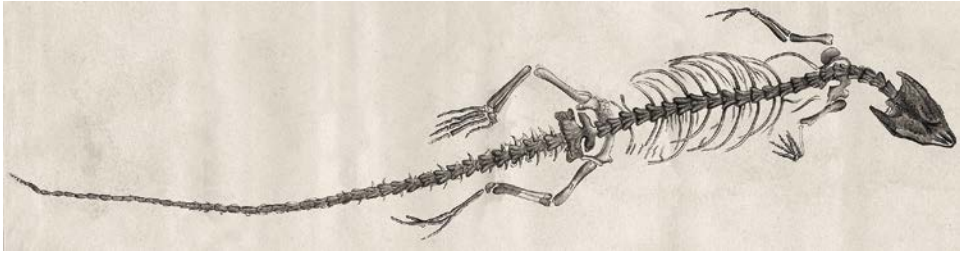


Abb. 1 Plan des Willy-Spahn-Parks

Am 4. Mai 2019 fand eine eindrucksvolle Exkursion der NGH in den Stadtteil Ahlem statt. Unter Führung des NGH-Mitgliedes Dr. Franz-Jürgen Harms erfolgte ein informeller Spaziergang mit reger Beteiligung durch den Willy-Spahn-Park (Abb. 1). Nach kurzer Einführung in den Tagesablauf war der einzige im Stadtgebiet noch zu besichtigende Gesteinsaufschluss am Rande des Parkgeländes das erste Ziel (Abb. 2). Von hier sind viele aussagekräftige Fossilien des Jura-Meeres gesammelt worden, z. B. auch eine vollständig erhaltene Brückenechse (Abb. 3), die zusammen mit den Vorkommen vom Lindener Berg (leider nicht mehr zugänglich) wertvollen Fossilbestand aus dem Raum Hannover

Abb. 2 Letzter noch zugänglicher Aufschluss des Kimmeridgium (Oberjura-Kalkstein) im heutigen Willy-Spahn-Park am Westrand des ehemaligen Ahlemer Steinbruchs. Foto F.-J. Harms.





**Abb. 3** Zeichnung einer etwa 34 cm langen fossilen, altertümlichen Brückenechse (Fundort Ahlem)

**Abb. 4** Wieder aufgebauter „Ahlemer Kalkofen“



bilden. Dicht an diesem Aufschluss liegt das einmalige Industrie-Denkmal „Alter Kalkofen“ (Abb. 4). Mit Hilfe der Stadt Hannover und ständiger ehrenamtlicher Betreuung des Ehepaares Frohner vom dortigen Heimatmuseum wurde ein ehemaliger Industrie-Brennofen zur

Herstellung von Kalkmörtel rekonstruiert (Abb. 5). Hier kann man sich mit vielen Schautafeln über die einzelnen Verarbeitungsschritte eines Kalkbrennofens informieren. Auch die Begehung des Ofens war möglich. Gäbe es doch mehr solcher Industrie-Denkmäler!



Abb. 5 Zugang zum Kalk-Brennofen

Weiter ging es, vorbei an großen eiszeitlichen Findlingen aus dem skandinavischen Raum am Friedhof Ahlem, zum eindrucksvollen englischen Friedhof an der Heisterbergallee. Hier fanden etwa 2500 britische Soldaten ihre letzte Ruhestätte (Abb. 6).

Ein historischer Ort von besonderer Bedeutung ist weiterhin der ehemalige Asphalt-Gesteinsabbau nördlich der Heisterbergallee. Hier wurde schon seit 1730, besonders intensiv aber Mitte des 19. Jahrhunderts, bitumenhaltiger Kalkstein aus dem Oberen Jura abgebaut und vor Ort in Fabriken zur Asphaltgewinnung verarbeitet. Dieser diente u. a. als Straßenbelag, zur Dachbedeckung und für Isolierschichten im Mauerbau. Im Ersten Weltkrieg musste der Abbau eingestellt werden. Die Gruben sind heute vollständig verfüllt.

Abb. 6 Der eindrucksvolle „Englische Friedhof“ an der Heisterbergallee mit den Gräbern von etwa 2500 Commonwealth-Soldaten





**Abb. 7** Gedenkstätte zum ehemaligen KZ-Außenlager Ahlem

Ganz in der Nähe des alten Asphalt-Kalk-Abbaues befindet sich die Gedenkstätte des ehemaligen KZ-Außenlagers Ahlem (Abb. 7). In besonderer Erinnerung bleibt der Todesmarsch der dortigen Häftlinge am 6. April 1945 in das KZ Bergen-Belsen. Ein Ort, der mehr als nur kurz zum Nachdenken anregt.

Bei schönstem Wetter verabschiedete unser Exkursionsleiter Dr. Harms die dankbaren Teilnehmer, nicht ohne ihnen auch noch einen perfekten Exkursionsführer in die Hand zu geben.

## Rundgang über den Stadtfriedhof Ricklingen – ehemals Hauptfriedhof der Stadt Linden – Exkursion der Naturhistorischen Gesellschaft Hannover

24. Mai 2019, Leitung: Cordula Wächtler

Dieter Schulz, Fotos Hans Albert Roeser



Am 24.5.2019 traf sich eine Gruppe von 31 Mitgliedern der NGH am Eingang des Stadtfriedhofs Ricklingen, der ehemals Hauptfriedhof der Stadt Linden war. Der Rundgang mit der Leiterin der Städtischen Friedhöfe Hannover, Frau Cordula Wächtler, führte durch außergewöhnliche Alleen wie einer mit Serbischen Fichten (Abb. 1) und einer Rotbuchenallee (Abb. 2). Auch besondere Brunnen prägen den Friedhof (Abb. 3).

Einmalig in Deutschland aber sind die *Räume der Stille*, die in einem kleinen Buch veröffentlicht wurden, an dem auch Frau Wächtler beteiligt war. Die 5 wesentlichen

Abb. 1 Allee mit Serbischen Fichten



Abb. 2 Rotbuchenallee

Abb. 3 Einer der zahlreichen Brunnen



Aspekte des Abschiednehmens und der Trauer sind durch 5 Räume mit Objekten und Pflanzen dargestellt (Abb. 4–11). Diese Räume sind im Kreis und nicht geradlinig hintereinander angelegt, da auch die Gefühle niemals linear ablaufen. Die einzelnen Räume „Nichtwahrhabenwollen“, „Wut und Aggression“, „Verhandeln“, „Schwermut“ und „Annahme“ können daher in beiden Richtungen begangen bzw. einzelne übersprungen werden. Oft sind

bestimmte Pflanzen für die entsprechenden Situationen ausgewählt worden. Im Zentrum dieser 5 Räume liegt der grüne Andachtsraum, umgeben von einer 4 m hohen Hainbuchenhecke, mit einer Birke im Innenraum und einer Skulptur aus Mosaiksteinen, die 3 Birkenblätter symbolisieren sollen von Susanne Siegl. Am Schluss kamen wir am Grab von Kurt Schumacher vorbei, der im Jahr 1946 zum ersten Parteivorsitzenden der SPD nach dem 2. Weltkrieg gewählt wurde. (Abb. 12).

**Abb. 4** Skizze der Räume der Stille  
(Quelle: Landeshauptstadt Hannover)

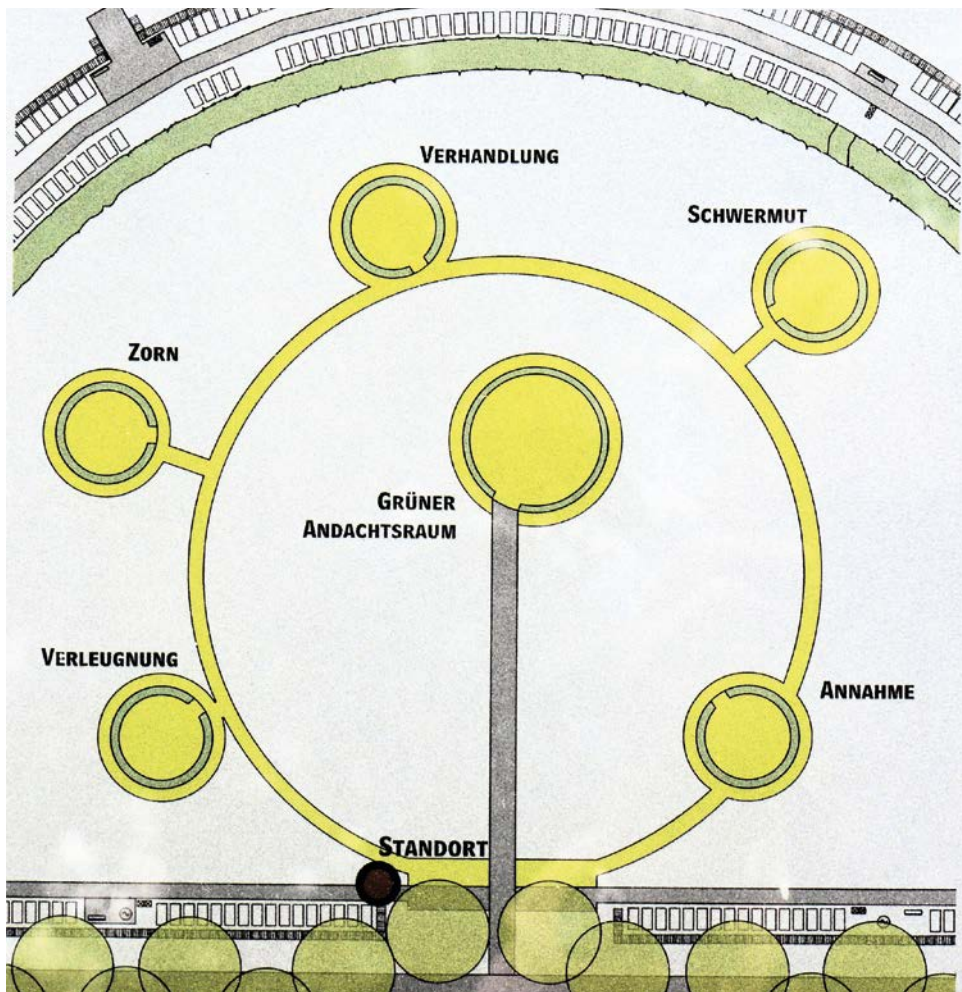




Abb. 5 Zentraler grüner Andachtsraum im Zentrum der Räume der Stille



Abb. 6 Skulptur von Susanne Siegl drei Birkenblätter symbolisierend

## Bemerkungen zu den fünf Räumen der Stille.

### Nicht-Wahrhaben-Wollen, Verleugnen

Die hin und her schaukelnde Bank gibt die wechselnden Gefühle wider, die mit dem Verlust verbunden sind. Die zweifarbig gestaltete Bodenfläche weist hinter der Bank in die helle, vergangene Zeit, ohne den erlebten Verlust und nach vorn in die dunkle Zukunft mit der Verlust-Botschaft (Abb. 7).



Abb. 7 Räume der Stille – Verleugnung

### Wut, Aggression

Durch das Wahrnehmen des schlimmen Verlustes und des Nicht-Hinnehmen-Wollens dieser Situation kommt es zu Aggressionen gegen andere und sich selbst. Das an den Metallröhren mittig angebrachte Metallgewicht darf gegen die Röhren geschleudert werden. Der Lärm ist gewollt und baut Aggressionen ab (Abb. 8).



Abb. 8 Räume der Stille – Wut, Aggression



### Verhandlung

Soll man diese scheinbar ausweglose Lage akzeptieren oder kämpfen? Wer die Hoffnung nicht aufgibt, sucht nach Lösungen bei sich selbst oder gemeinsam mit anderen. Man setzt sich an einen Tisch und verhandelt. Der steinerne Tisch und die steinernen Hocker symbolisieren durch ihre Unverrückbarkeit, dass es ein unbequemes Verhandeln sein wird (Abb. 9).



Abb. 9 Räume der Stille – Verhandlung

### Schwermut

Wie eine Schnecke zusammengerollt dominieren zwei große Metallwände einen Innenraum in den sich die trauernden Menschen zurückziehen können, um mit ihren Gedanken allein zu sein oder sich mit dem Zitat von Gustave Flaubert: „Die Vergangenheit hält uns fest, die Zukunft beunruhigt uns, deshalb entgeht uns oft die Gegenwart“ auseinanderzusetzen, sich abzuschotten und vielleicht die Verlustbotschaft endlich an sich heranzulassen und vor allen Dingen zuzulassen (Abb. 10).



Abb. 10 Räume der Stille – Schwermut

### Annahme

Wenn der Trauerprozess durchlebt und auch für sich anerkannt ist, kann man einen neuen Blick in die Zukunft wagen, auch wenn das nicht bedeutet, dass die Trauer gegangen ist. Dieser Raum ist umgeben mit einer Rosenhecke, mit all ihrer Symbolik steht sie für Liebe und Leben, aber auch für Schmerz und Tod. Der Raum ist mit einer wassergefüllten Schale, die angekippt ist versehen, sodass stets etwas Wasser auslaufen kann – ein Hinweis auf die Endlichkeit des Lebens (Abb. 11).



Abb. 11 Räume der Stille – Annahme



**Abb. 12** Das Grab Kurt Schumachers – Erster  
Parteivorsitzender der SPD nach dem 2. Weltkrieg

# Das Zementwerk Höver – Produktion eines Baustoffes und Umweltfragen – Exkursion der Naturhistorischen Gesellschaft Hannover

22. Juni 2019

Hans Albert Roeser und Annette Richter



**Abb. 1** Die etwa 50 m tiefe Mergelgrube mit den Förderbändern, die Mergel von den drei aktiven Abbaustellen abtransportieren (Foto: Fa. Holcim)

Die Naturhistorische Gesellschaft Hannover bietet regelmäßig Exkursionen an, die sich mit der Gewinnung und Verarbeitung von Bodenschätzen befassen. Dazu gehört Kalkmergel, der für die Herstellung von Zement verwendet wird. Zement ist der für die Härte entscheidend wichtige Bestandteil von Zementmörtel und Beton. Am 22.6.2019 konnten wir das Zementwerk Höver der Fa. Holcim (Deutschland) GmbH und den zugehörigen Mergelbruch besichtigen. Führer dieser Exkursion war der Dipl.-Geologe Dr. Bernd-Henning Reupke von der Fa. Holcim.

Im Eingangsbereich des Verwaltungsgebäudes informiert eine kleine Ausstellung über die Entstehung der Lagerstätte. Beim Aufstieg der Salzstöcke Lehrte und Sehnede bildete sich als Randsenke nordwestlich von ihnen eine geologische Mulde, in der Sedimente in großer Mächtigkeit abgelagert wurden. Die Absenkung endete vor etwa 75 Millionen Jahren. Im Zeitraum Unteres Unter-Campanium bis Unteres

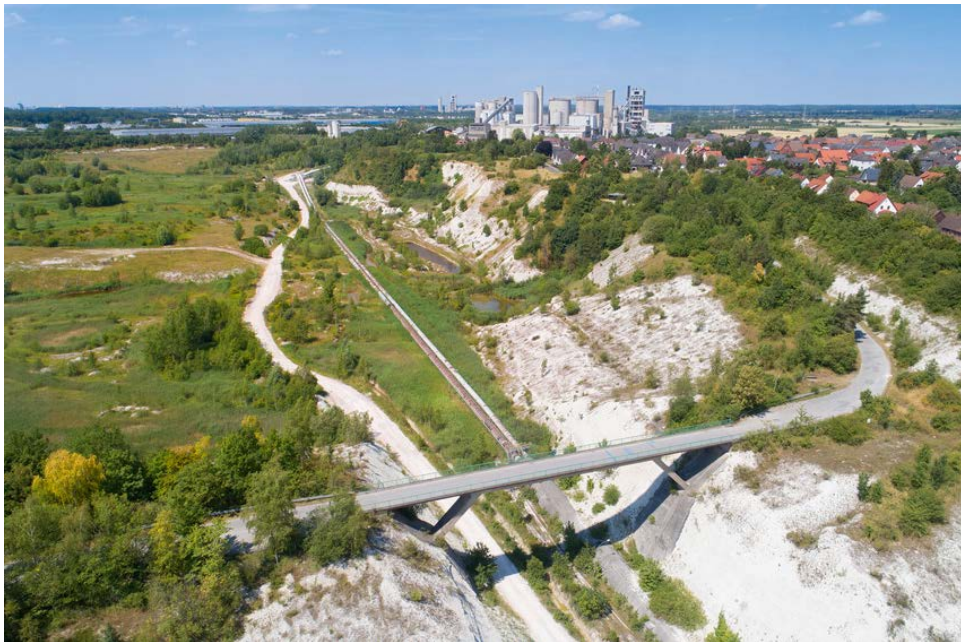
Ober-Campanium (das Campanium umfasst den Zeitraum 83–74 Mill. Jahre vor heute) der Oberen Kreidezeit wurden hier Kalkmergel in großer Mächtigkeit abgelagert (Baldschuh & Kockel 1998). Die Zusammensetzung dieser Kalkmergel macht sie zu einem hervorragenden Rohstoff für die Produktion von Zement.

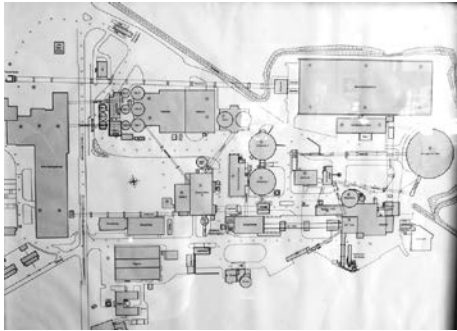
Als das Kalkmergelvorkommen entdeckt wurde, gründete Friedrich Kuhlemann 1873 in Misburg, im nördlichen Teil der Lagerstätte, eine Kalkbrennerei. 15 Jahre später gab es bereits 3 große Zementfabriken, die auf Grund des guten und reichlich vorhandenen Kalkmergels einen hervorragenden Zement herstellten. Als die Vorräte an Kalkmergel in Misburg zurückgingen, blieb nur noch das 1908 gegründete Zementwerk Alemannia in Höver übrig. Heute gehört es unter dem Namen „Werk Höver“ zur Fa. Holcim (Deutschland)

GmbH, die wiederum zur LafargeHolcim-Gruppe gehört. Abb. 3 in Seibertz, Harms & Rohde (2016/17) zeigt die Ausdehnung der Kalkmergel-Lagerstätte. Die derzeit bekannten Vorräte reichen bei gleichbleibender Ausbeutung noch bis ca. 2050 (Reupke, mündliche Mitteilung 2019).

Wegen des mengenmäßig riesigen Bedarfs an Rohstoffen sind Zementwerke an den Fundort von Kalkmergel mit dem richtigen Verhältnis kalkiger und toniger Bestandteile gebunden. Der vom Werk Höver derzeit ausgebeutete ca. 3 km<sup>2</sup> große Mergelbruch liegt südlich des Ortes Höver, das Zementwerk nordwestlich der Ortsmitte. Im Mergelbruch wird das Gestein mit Reißraupen aus der bis zu 45° steilen und 50 m hohen Abbauwand gebrochen (Abb. 1). In Brechanlagen wird es vorzerkleinert und auf einem mehrere km langen Transportband in das Werk befördert (Abb. 2).

**Abb. 2** Das über 2 km lange Transportband bringt den Mergel zum Zementwerk, das man im Hintergrund sieht (Foto: Fa. Holcim)





**Abb. 3** Dieser Grundriß zeigt die Lage der einzelnen Gebäude des Werkes



**Abb. 4** Herr Reupke erläutert den Produktionsablauf

Dabei wird an bis zu drei Stellen gleichzeitig abgebaut, weil die Zusammensetzung des Mergels nicht überall gleich ist. Die drei Sorten Mergel werden im Werk so gemischt, dass die Anteile von Kalk und Ton immer optimal für die Zementqualität sind.

Bei unserer Führung besichtigten wir zuerst das Werk Höver, in dem der Zement hergestellt wird (Abb. 3, 4). Das Förderband bringt den Kalkmergel von Süden in die Rohmateriallagerhalle. Von hier gehen Förderbänder zur Rohmühle, in der der zuvor getrocknete und mit Material aus

**Abb. 5** Im 80 m langen Drehrohrofen wird bei einer Temperatur von 1050 °C der Rohstoff in

Zementklinker umgewandelt, der anschließend zu Zement zermahlen wird



einer „Korrekturstofflagerhalle“ (z. B. Kohlenflugasche) gemischte Kalkmergel staubfein zermahlen und in einen Rohmehlsilo geblasen wird. Aus dem Silo geht das Material zum kälteren Ende eines Drehrohr-Ofens (Abb. 5). Das ist ein sich langsam drehendes Stahlrohr von 6 m Durchmesser und 80 m Länge, an dessen einem Ende sich eine Brennkammer befindet, die eine bis 2000 °C heiße Flamme in den Ofen bläst. Das feuerfest ausgekleidete Drehrohr hat 3 °C Gefälle zur Brennkammer hin, so dass das Rohmehl sich der Flamme entgegen bewegt. Bei einer Temperatur von ca. 1450 °C wird daraus eine zähflüssige Masse, aus der abgekühlt rundliche Brocken von einigen cm Durchmesser entstehen. Das ist der sogenannte Zementklinker (nicht zu verwechseln mit den Klinker genannten hochgebrannten Ziegeln).

In der Zementmühle wird der sehr harte Zementklinker unter Zugabe von Gips und anderen Materialien wiederum staubfein zum Endprodukt Zement zermahlen. Dafür werden riesige Mahlräder mit Zähnen aus gehärtetem Stahl verwendet, die innerhalb von einigen Monaten so weit verschleifen, dass sie zu einer Neubestückung ausgewechselt werden müssen.

Die Kosten der Zementherstellung werden ganz wesentlich durch das benötigte Rohmaterial und die Brennstoffkosten bestimmt. Holcim arbeitet ebenso wie die anderen Zementhersteller intensiv daran, die Brennstoffkosten zu senken. Basisbrennstoff ist Kohlenstaub. Daneben werden große Mengen alter Autoreifen verwendet, deren Stahl gleichzeitig Zuschlagstoff für den Zementklinker ist. Tiermehl ist ein weiterer Ersatzbrennstoff. Zunehmende Bedeutung hat in den letzten Jahren „Fluff“ gewonnen. Das Wort steht für „flugfähige Fraktion“, hierbei handelt es sich um Kunststoffschrottel, die in anderen Industriebetrieben als Abfall entstehen.

Der neueste Brennstoff ist Renotherm von der Firma Remondis. Er besteht aus einem Gemisch verschiedener brennbarer Abfälle (z. B. aus den Lackierereien von Autofabriken) mit Sägespänen, das der Technik von Drehrohröfen angepasst ist. Durch die hohe Verbrennungstemperatur werden alle organischen Schadstoffe zerstört. Inzwischen müssen in Höver nur noch 20 % des Wärmebedarfs durch fossile Brennstoffe gedeckt zu werden. Die Wärme der Abgase wird zum Trocknen des Rohmaterials verwendet, die Partikel in den Abgasen werden in geeigneter Dosierung dem Zement beigegeben.

Weniger Einsparpotential gibt es bei dem recht erheblichen Strombedarf für das Zermahlen der Rohstoffe und des Klinkers. Je feiner der Zement ist, desto sparsamer lässt er sich einsetzen.

Bei der Herstellung des Klinkers wird aus dem Kalk Kohlendioxid CO<sub>2</sub> abgeschieden, das als Treibhausgas klimaschädlich ist. In Höver werden zwar viele andere Schadstoffe aus den Abgasen entfernt, für das effektive und kostengünstige Abscheiden von CO<sub>2</sub> gibt es aber noch kein Verfahren.

In dieser Hinsicht ist ein anderer Rohstoff für die Zementherstellung günstiger, nämlich Hochofenschlacke. Diese fällt bei der Roheisenerzeugung als Nebenprodukt an. Durch Eindüsen von Wasser in einer Granulationsanlage kann man flüssige Hochofenschlacke in sog. Hüttensand umwandeln. Wenn man diesen trocknet und sehr fein mahlt, entsteht Hüttensandmehl. Dieses wird mit Portlandzement gemischt zu Hüttenzement. Bei dessen Herstellung wird viel weniger CO<sub>2</sub> emittiert als bei der Herstellung aus Kalkmergel. Seit 1998 produziert Holcim in Salzgitter bis zu 1 000 000 t Hüttensand pro Jahr, der auf dem Mittellandkanal nach Höver transportiert wird. Hüttenzement hat spezielle



**Abb. 6** Silos für fertigen Zement und darunter die Packerei, links dahinter der ältere Teil der

Mergelgrube, rechts unten das Förderband für den Rohmergel aus dem Mergelbruch

Eigenschaften, durch die er für bestimmte Anwendungen besonders gut geeignet ist. Insbesondere bindet er langsamer ab, so dass bei massigen Bauteilen die Reaktionswärme geringere Wärmespannungen verursacht.

Der gesamte Betriebsablauf wird an einem Leitstand überwacht und gesteuert. Die Daten des gesamten Werkes werden hier auf etwa 30 Bildschirmen dargestellt. Einige wenige Mitarbeiter können von hier aus den ganzen Betriebsablauf steuern und überwachen.

Nach der Besichtigung des Produktionsprozesses führte uns Herr Reupke auf das Dach von Silo 7/8. Von dort aus konnten wir die einzelnen Gebäude des Werks und jenseits von Höver die große Mergelgrube sehen (Abb. 6). Südöstlich der heutigen Grube ist eine große unbebaute Fläche, die bereits geologisch erkundet ist

und noch für Jahrzehnte hervorragenden Kalkmergel bietet. Nach Westen bot sich ein schöner Blick über das ferne Hannover und schemenhaft den Deister dahinter. Während dieser Zeit stellte sich Herr Reupke den vielen Fragen der Teilnehmer, die u. a. den Produktionsprozess, die Zukunft des Werkes und die Möglichkeiten zukünftiger Baustoffe betrafen, die ohne den prinzipbedingt großen CO<sub>2</sub>-Ausstoß bei der Zementherstellung auskommen könnten.

Anschließend besichtigten wir die Mergelgrube, in der am Samstag nicht gearbeitet wurde. Herr Reupke erklärte die Funktionen einer der „Reißraupen“ und die Anlage, die das gewonnene Material verzerkleinert und auf das Transportband befördert, und zwar bis zu 10 000 t pro Tag. Die Reißraupen sind so leistungsfähig, dass derzeit keine Sprengungen für den Abbau

erforderlich sind. Nebenher fanden einige der Teilnehmer interessante Fossilien.

Leider reichte die Zeit nicht, um die Rekultivierungsmaßnahmen und vor allem den Tagsschmetterlingslehrpfad zu besuchen. Bei letzterem handelt es sich um ein Projekt, das das Zementwerk Höver und der Naturschutzverband Niedersachsen (NVN) im vergangenen Jahr gestartet haben. Die beiden Partner haben auf den Lärmschutzwällen des Unternehmens in Höver und Bilm Blumenwiesen als Lebensraum für Schmetterlinge geschaffen und auf dem Betriebsgelände in Höver einen öffentlich zugänglichen Schmetterlingsbesucherpfad mit Informationstafeln angelegt.

Wir danken der Holcim (Deutschland) GmbH für die Möglichkeit, das Werk und die Mergelgrube zu besichtigen, und vor allem Herrn Dipl.-Geologen Bernd-Henning Reupke für die kompetente Führung unserer Gruppe von 36 Teilnehmern.

## Literaturhinweise:

- Baldschuhn, Reinhard; Kockel, Franz (1998): Der Untergrund von Hannover und seiner Umgebung, mit Beilage Geologische Karte von Hannover und Umgebung – Quartär und Tertiär abgedeckt, 1 : 1 000 000 (von 1987); Bericht der Naturhistorischen Gesellschaft Hannover 140: 5–98.
- Seibertz, Ekbert; Harms, Franz-Jürgen; Rohde, Peter (2016/17): Geologie im Bereich Höver-Bilm-Wassel, Stadt Sehnde: Neue Details zur Festgesteinskarte Gebiet Hannover 1:50 000. – *Naturhistorica* 158/159: 127–137.
- [https://www.holcim.de/sites/germany/files/documents/Hoever\\_Zementproduktion\\_14.pdf](https://www.holcim.de/sites/germany/files/documents/Hoever_Zementproduktion_14.pdf)
- [https://de.wikipedia.org/wiki/Zementindustrie\\_bei\\_Hannover](https://de.wikipedia.org/wiki/Zementindustrie_bei_Hannover)



# Schacht Konrad – Das projektierte Endlager für radioaktive Abfälle – Exkursion der Naturhistorischen Gesellschaft Hannover

19. Juli 2019, Leitung: Wolfgang Irrlitz

Text: Wolfgang Irrlitz, Fotos: Hans Albert Roeser



Pünktlich um 7 Uhr startete vom Zentralen Omnibusbahnhof in Hannover ein voller Bus mit 15 erwartungsvollen Menschen in Richtung Salzgitter. Zunächst wurde in Salzgitter-Lebenstedt ein Informationszentrum zur Schachtanlage Konrad besucht. Dort wurde schon ausführlich über die weiteren Planungen zum Ausbau als Endlagerort für schwachradioaktive Abfälle in Wort und Bild informiert.

Am Schacht Konrad in Salzgitter-Bleckenstedt (Abb. 1) mussten nach intensiver Prüfung der Personalpapiere alle



Abb. 1 Schachtanlage I



Abb. 2 Zugang zum Schacht



Abb. 3 Spezialfahrzeug für den Besucherverkehr



Abb. 4 Im Schacht, warm, staubig und laut

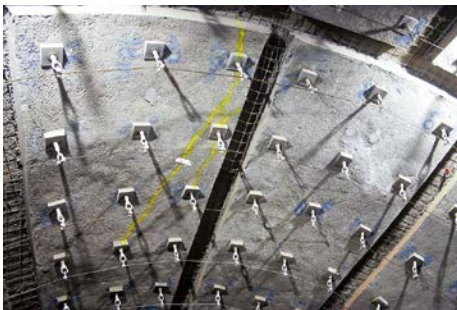


Abb. 6 Ausbau der Hohlräume



Abb. 5 Schachtstollen im Ausbau

Teilnehmer im Umkleideraum der Zeche zünftige Bergmannskleidung anlegen mit Helm, Leuchtmittel, Mikrofonanlage und einem „Lebensrettungskoffer“. Dann ging es zum Schacht (Abb. 2) und

in flotter Fahrt hinunter bis auf ca. 1000 m Tiefe. Dort wurde ein Spezialfahrzeug bestiegen (Abb. 3), mit Platz für alle 15 Besucher, und los ging es in zum Teil beänstigender Fahrt durch das riesige



Abb. 7 Erinnerung an den Erzabbau

Schachtgebäude-Labyrinth, windig, staubig und laut (Abb. 4) An einzelnen Abbauorten zur Eröffnung neuer Hohlräume war Halt zum Aussteigen (Abb. 5, 6). Mit dem Ausbaumaterial werden die alten Hohlräume aus der Erzabbauzeit wieder verfüllt. In die neuen Schächte werden später nach speziellem Ausbau die radioaktiven Reststoffe eingelagert. Laufend wurden wir über die Mikrofonanlage über alle Einzelheiten informiert.

Nach etwa zwei Stunden untertägiger Befahrung der riesigen Schachtanlage ging es wieder zurück zur Erdoberfläche. Hier erfolgte die erneute Umkleidung, mit der Feststellung, dass die Bergwerksklamotten doch sehr staubig und deutlich rötlich eingefärbt waren.

Man traf sich anschließend im Mannschaftsraum zu einer Nachbesprechung, in der es weitere Informationen zur alten Schachtanlage Konrad gab. Die Region Gifhorn-Salzgitter enthält in großer Tiefe ein sehr großes kreidezeitliches Brauneisenerzvorkommen, das schon seit 1933 bekannt ist. Nach Erkundung mit ca. 90 Bohrungen bis 1000 m und tausenden Erzanalysen wurde 1957 mit der Erschließung der Erzgrube mit 5 Abbausohlen begonnen. Durch schlechter werdenden Absatz der Erze wegen ihres nur geringen Erzgehaltes von etwa 30 % (Kiruna 60 %),



Abb. 8 Die Heilige Barbara, Schutzheilige der Bergleute

musste die Erzförderung 1976 (Abb. 7, 8) eingestellt werden.

Schon zuvor gab es Planungen zur Nachfolgenutzung der Schachtanlage zu Depo-nie-Zwecken. Die Gesellschaft für Strahlen und Umweltforschung (GSF) stellte 1982 zum Abschluss der Eignungsuntersuchungen zusammenfassend fest, dass die Eignung der Schachtanlage Konrad für die Endlagerung von schwachradioaktiven und Stilllegungs- Abfällen durch die vorliegenden Ergebnisse und die kerntechnische Sicherheit des Betriebes nachgewiesen ist. 2007 wurde nach etlichen Gerichtsprozessen bis hin zum Bundesverwaltungsgericht mit den Umrüstungsarbeiten begonnen. Die Inbetriebnahme ist frühestens 2027 möglich. Kosten ca. 4 Milliarden €.

Abb. 9 Protest gegen den Ausbau der Schachtanlage I





Abb. 10 15 glückliche Besucherinnen und Besucher

Ein Gruppenfoto durfte natürlich nicht fehlen (Abb. 10).

Ein warmes Tellergericht schloss diesen wieder hochinteressanten Besuchstag ab.

Um 14.30 Uhr waren wir zurück am ZOB. Wegen des großen Interesses, das weit über die möglichen 15 Personen hinausging, soll diese Exkursion sobald wie möglich wiederholt werden.

WWW.NATURHISTORICA.DE

**Naturhistorica**  
BERICHTE DER NATURHISTORISCHEN GESELLSCHAFT HANNOVER

220 Jahre  
Naturhistorische  
Gesellschaft Hannover

**Stechimmen  
in Gefahr!**

- Interessant: Walddohreulenzwergesellschaften
- Erstaunlich: Vom Gärtnergehilfen zum Entdecker
- Fast einmalig: Doppelkopf im Tierreich
- Liegengeblieben: Sedimente von Weser und Leine
- Nachgebohrt: Der Jura von Hannover
- Neu: Zur Festgestelnskarte Gebiet Hannover
- Spannend: Aus dem Gezeitenbereich der Nordsee

**NGH** Naturhistorische Gesellschaft Hannover  
Gesellschaft zur Pflege der Naturwissenschaften 158/159 - 2016/2017

**Stechimmen in Gefahr!**

**Naturhistorica 158/159**

- Erfassung von Stechimmen und Umsetzung von Artenschutzmaßnahmen
- Wintergesellschaften der Walddohreule in der südlichen Region Hannover
- Berthold Carl Seemann – Vom Gärtnergehilfen in Herrenhausen zum Weltreisenden
- Doppelkopf (Dizephalie) im Tierreich
- Niederterrassen-Kiese aus Hannover
- Eiszeitliche Terrassen-Sedimente der Weser und Leine
- Geologie im Bereich Höver–Bilm–Wassel
- Der Jura im Stadtgebiet von Hannover
- Eisenkernkonkretionen aus dem Gezeitenbereich der Nordsee

209 S.

# Vier Tage in der Oberlausitz – Exkursion der Naturhistorischen Gesellschaft Hannover

15.–18. August 2019

Leitung: Wolfgang Irrlitz, Inge Krokowski-Irrlitz

Ein gereimter Bericht von Klaus D. Jürgens

**E**s ist schon wieder mal August  
Und schon steigt die Reiselust.  
Besonders mit der NGH  
Ist reisen einfach wunderbar.

Diesmal ging's in Richtung Osten.  
Zu moderaten Reisekosten  
Fuhr'n wir gemütlich fast nach Polen,  
Doch nicht um uns dort zu erholen,  
Sondern zunächst die Sorbenstadt,  
Die viele alte Türme hat,  
Uns anzuschau'n und zu erfahren  
Historisches aus vielen Jahren.  
Doch auf ihr ruht als alte Last  
Auch Bautzen zwei, der Stasiknast.

Am nächsten Tag war Görlitz dran  
Und unser Reisetag begann  
Mit Lernen durch die Fachberichte  
Zur lausitzer Naturgeschichte.  
Alternativ, und auch nicht dumm,  
Die Führung durch's Vivarium.

Sodann die Führung durch die Stadt  
Geschichtliches vermittelt hat.  
Es wurde dort viel restauriert,  
Was man durch Schilder demonstriert.



Abb. 1 Bautzener Rathaus am Fleischmarkt  
(Foto: Klaus D. Jürgens)



Abb. 2 Stasigefängnis Bautzen 2  
(Foto: Karin Entzeroth-Ehlers)

Abb. 3 Erker des Altes Rathauses von Görlitz  
(Foto: Hans Albert Roeser)



Am Nachmittag hielt uns auf Trab  
 Die Wanderung zum heil'gen Grab.  
 Diese begann bei Paul und Peter,  
 Vorbei am Jesusbäcker später,  
 Der Friedhof von Sankt Nicolai,  
 Der war natürlich auch dabei.  
 Der Marsch ersparte uns zudem  
 Die Reise nach Jerusalem.

Am dritten Tag als erste Wahl  
 Besuch von Sankt Marienthal.  
 Ein wunderschönes Kloster dort  
 An einem abgeschied'nen Ort.  
 Sehr prunkvoll ist der Kirchenraum,  
 Die Gestaltung ist ein Traum.

Und danach war dann Zittau dran,  
 Die Führung auf dem Markt begann.  
 Von sorgsam restaurierten Bauten  
 Gibt's sehr viel mehr als von ergrauten  
 Einst gab es Reichtum dort durch Handel,  
 Doch prägend war auch mancher Wandel.

Wir sind dann nach Oybin gefahr'n  
 Gemütlich mit der Schmalspurbahn.  
 Von Sandsteinfelsen dort, enormen  
 Beeindruckten bizarre Formen.

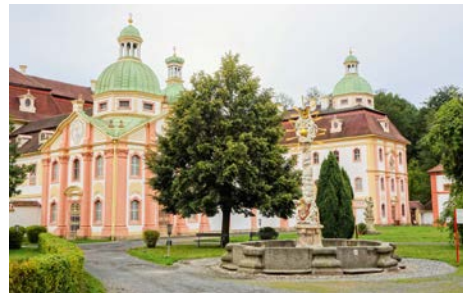
Danach ging es mit frischem Mut  
 Zur Ausstellung nach Herrnhut.  
 Dort wimmelt es von vielen Sternen,  
 Wie man sie herstellt, kann man lernen.

Zum Schluss dann machte man uns schlau:  
 Renaturierter Tagebau  
 Erzeugte den Berzdorfer See,  
 Das war gewiss ein guter Dreh!

Am vierten Tag, was wir auch mochten,  
 Gab's noch den Aufenthalt in Nochten.



**Abb. 4** Pfarrkirche St. Peter und Paul, Görlitz  
 (Foto: Klaus D. Jürgens)



**Abb. 5** Kloster St. Marienthal in Ostritz  
 (Foto: Karin Entzeroth-Ehlers)



**Abb. 6** Zittauer Gebirge, Sandstein Oberkreide  
 (Foto: Hans Albert Roeser)

**Abb. 7** Berzdorfer See, renaturierter Tagebau  
 (Foto: Karin Entzeroth-Ehlers)



Ein ziemlich großer Landschaftspark  
 Beeindruckte fast alle stark  
 Mit vielen eiszeitlichen Steinen.  
 'Nen Park wie diesen gibt's sonst keinen.

Organisiert wurd' diese Reise  
 Auf unvergesslich gute Weise  
 Von Wolfgang Irrlitz und, genau,  
 Der Inge, seiner lieben Frau!  
 Sie fuhren zweimal hin zur Probe,  
 Wofür man sie besonders lobe!

Das Fazit, ließen sie uns wissen,  
 Der Aufenthalt ist zu genießen.  
 Es ist sehr schön dort an der Neiße,  
 Nur die Toiletten, die sind sch...lecht.

Mit Dank woll'n wir nun übergeben  
 Ein paar Geschenke, die im Leben  
 Soll'n kulinarisch Freude machen.  
 Ein Korb mit regionalen Sachen,  
 Die in den lausitzer Gefilden  
 Für Lebensart ein Beispiel bilden.

Wir sagen nun: Ade, ihr Lieben,  
 Und das ist jetzt nicht übertrieben:  
 Es ist uns wirklich allen klar,  
 Die Fahrt mit euch war wunderbar!



**Abb. 8** Landschaftspark Nochten, im Hintergrund das Braunkohlenkraftwerk Boxberg (Foto: Karin Entzeroth-Ehlers)



**Abb. 9** Blick auf die Görlitzer Neiße (Foto: Klaus D. Jürgens)

**Abb. 10** Exkursionsteilnehmer am Heiligen Grab von Görlitz (Foto: Klaus D. Jürgens)



# Gehen Sie mal übern Deister!

## DER DEISTER

Natur · Mensch · Geschichte



Fast 700 Anlaufpunkte auf der Geologischen Wanderkarte erklären die Geschichte der Ortschaften, der Geologie, des Bergbaus, der Denkmale, Bodenkunde, Naturkunde, Technisches und touristische Ziele.

[www.DerDeister.de](http://www.DerDeister.de)



- Hardcover, 672 S.
- über 630 Abbildungen, 21 Tab.
- umfangreiches Register
- ausführliches Literaturverzeichnis
- 24 Radierungen von Ilse Gottwald
- Mit Geologischer Wanderkarte 1 : 25 000.
- ISBN 978-3-86674-545-2
- 48 EUR
- Erhältlich im Buchhandel

Mit  
geologischer  
Wanderkarte



# Die Naturhistorische Gesellschaft Hannover

Gesellschaft zur Pflege der Naturwissenschaften · Gegründet 1797

Die Naturhistorische Gesellschaft Hannover versteht sich als eine Vereinigung von Menschen jeden Alters mit besonderem Interesse an der Natur und den Naturwissenschaften.



## Ein kurzer Blick zurück

Im Jahr 1797 gründeten 25 Herren und eine Dame aus der Bürgerschaft der Stadt Hannover eine Lesegesellschaft. Sie schafften gemeinsam kostspielige Bücher an, die den Mitgliedern dann reihum zur Verfügung standen. Daraus entstand im Laufe des 19. Jahrhunderts eine

umfangreiche Bibliothek.

Aus dieser Lesegesellschaft ging 1801 die „Naturhistorische Gesellschaft in Hannover“ hervor. Sie hatte sich das Ziel gesetzt, „bei allen Bevölkerungsschichten eine genauere Kenntnis der Naturproducte hiesiger Lande zu befördern“.

## Initiativen der NGH

- Treibende Kraft für die Errichtung des „Museums für Kunst und Wissenschaft“ (das heutige Künstlerhaus)
- Gründungsmitglied des Niedersächsischen Landesmuseums Hannover
- Gründung des Zoologischen Gartens
- Bau eines Schlachthofs in Hannover
- Mitwirkung in einer „Commission für die allgemeine Gesundheitspflege“
- Gründungsmitglied des Niedersächsischen Heimatbundes
- Aufstellung des Naturdenkmals „Schweden-Findling“ am Deisterkamm

## Die NGH heute

Nach über 220 Jahren verfolgt die NGH immer noch die gleichen Ziele.

Sie bedient sich dabei allerdings zeitgemäßer Methoden und beschäftigt sich mit aktuellen Fragen. In Berichten, Exkursionen und Vorträgen geht es um naturwissenschaftliche Themen – unter anderem aus der

- Geologie
- Paläontologie
- Archäologie
- Botanik
- Zoologie
- Landschaftskunde
- Umweltforschung
- Technik

Die *Naturhistorica* – *Berichte der Naturhistorischen Gesellschaft Hannover* ist das wissenschaftliche Sprachrohr der NGH. Sie befasst sich mit den verschiedensten Bereichen der Naturwissenschaften und nicht zuletzt mit dem Schutz der Umwelt. Dabei werden auch die besonderen Verhältnisse in Hannover berücksichtigt. Besonders begehrt sind die geologischen Wanderkarten.

Der Natur unmittelbar begegnen kann man auf den etwa zehn pro Jahr stattfindenden Exkursionen. Vom Frühjahr bis in

den Herbst führen sie zu den unterschiedlichsten Zielen und werden von Fachleuten geleitet. Dabei kommen biologische, geologische sowie technologische Themen zur Sprache, aber auch kulturgeschichtlich interessante Stätten werden besichtigt.

Die NGH möchte dazu beitragen, über die Notwendigkeit und die Ergebnisse naturwissenschaftlicher Forschung zu informieren. Dies geschieht vor allem durch Vorträge im Winterhalbjahr, denen sich spannende Diskussionen anschließen.

## Vorstand und Beirat

### Vorstand

1. *Vorsitzender*: Dr. Dieter Schulz

2. *Vorsitzender*: Prof. Dr. Klaus D. Jürgens

*Schatzmeister*: Arne Bents

*Schriftführer*:

Dr. Franz-Jürgen Harms (Geowissensch.)

Prof. Dr. Hansjörg Küster (Botanik, Ökologie)

Dr. Annette Richter (Paläontologie, Geologie, Zoologie)

Dr. Dieter Schulz (Biologie)

### Beirat

Prof. Dr. Jochen Erbacher

Prof. Dr. Bernd Haubitz

Dr. Wolfgang Irrlitz

Dr. Florian Klimscha

Günter Oberjatzas

Dr. Hans Albert Roeser

Ole Schirmer

Ludger Schmidt

Dr. Renate Schulz



**Naturhistorische Gesellschaft Hannover**  
Gesellschaft zur Pflege  
der Naturwissenschaften

Willy-Brandt-Allee 5  
30169 Hannover  
Germany

Telefon (0511) 9807-871

Fax (0511) 9807-879

E-Mail: [info@N-G-H.org](mailto:info@N-G-H.org)

[www.N-G-H.org](http://www.N-G-H.org)



## Die Themen in diesem Band:

**Danium-Geschiebe in der stillgelegten Sandgrube bei Oegenbostel** an den Brelinger Bergen stammen aus Seeland und dem Sünden Schonen. Sie zeigen deutliche Schräg- oder Kreuzschichtung mit Gradierung auf. Mitgeführte Feuersteine weisen häufig Einschlüsse von Bryozoen auf.

Der sog. „**Limmer Asphalt**“ hatte weltweite Bedeutung z. B. als Straßenbelag. Historische Abbildungen belegen Methoden des Abbaus und der Nutzung. Nach dem Ersten Weltkrieg wurden die Gruben geschlossen. Am Ende des Zweiten Weltkriegs mussten sie KZ-Häftlinge und Zwangsarbeiter für kriegswichtiges Material wieder aufwältigen. Hunderte kamen in den mit Wasser vollgelaufenen Gängen zu Tode – Erschreckende Erinnerungen an die Grausamkeiten des Nationalsozialismus.

Über 1000 **Langknochen von Huftieren** wurden aus Kiesgruben in Hemmingen, Jeinsen, Koldingen und Gleidingen durch Kiesabbau geborgen. Mit Hilfe osteologischer Messmethoden konnten sie verschiedenen Huftieren zugeordnet werden, die oft bis zur Art bestimmt werden konnten.

**Fluss – Altwasser – Totarm.** Diese Entwicklungsreihe, die in historischer Zeit im Tiefland ständig stattfand, wurde vegetationskundlich und hydrochemisch untersucht. Berücksichtigt wurden dabei auch anthropogene Einflüsse auf die Lebensräume Ursprungsfluss und seinen Totarm.

Neue Serie: **Exkursionsberichte** aus dem Jahr 2019 machen Erinnerungen lebendiger.



**Naturhistorische Gesellschaft Hannover**  
Gesellschaft zur Pflege der Naturwissenschaften

Michael Fuchs  
Danium-Geschiebe aus den Brelinger Bergen 7

Franz-Jürgen Harms  
Asphalt und Kalkstein aus Ahlem  
Vor über 150 Jahren begann mit einem  
Rohstoff aus Ahlem die Asphaltierung  
unserer Straßen und Plätze 19

Marvin Applegate  
Osteologische Auswertung von Langknochen  
der Ungulata aus dem Leinetal südlich von  
Hannover 49

Tim Lukas Pikos  
Ökologische Differenzierung limnischer und  
fluvialer Lebensräume an der Leine bei  
Garbsen in der Region Hannover 105

**Exkursionsbericht:** Buschwindröschen,  
Lerchensporn und Co. – Das Naturschutz-  
gebiet Haseder Busch (13.04.2019) 133

**Exkursionsbericht:** Geologisch-historischer  
Gang durch den Stadtteil Ahlem (04.05.2019) 143

**Exkursionsbericht:** Rundgang über den  
Stadtfriedhof Ricklingen – ehemals Haupt-  
friedhof der Stadt Linden (24.05.2019) 147

**Exkursionsbericht:** Das Zementwerk  
Höver – Produktion eines Baustoffes  
und Umweltfragen (22.06.2019) 153

**Exkursionsbericht:** Schacht Konrad – Das  
projektierte Endlager für radioaktive Abfälle  
(19.07.2019) 159

**Exkursionsbericht:** Vier Tage in der  
Oberlausitz (15.–18.08.2019) 163