



Marburger Geographische Gesellschaft e. V.

---

## **Jahrbuch 2024**

Mit aktuellen Mitteilungen des Fachbereichs Geographie  
der Philipps-Universität Marburg

Teil 2

Herausgegeben vom  
Vorstand der Marburger Geographischen Gesellschaft e. V.  
in Verbindung mit dem Dekanat des Fachbereichs Geographie

Marburg/Lahn 2025

---

Im Selbstverlag der Marburger Geographischen Gesellschaft e. V.

© by Selbstverlag:  
Marburger Geographische Gesellschaft e. V.  
Deutschhausstraße 10  
D-35037 Marburg

Kein Teil des Jahrbuchs darf durch Fotografie, Mikrofilm oder andere Verfahren ohne schriftliche Genehmigung reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Für die Bildrechte der Autorenbeiträge übernehmen die Herausgeber keine Gewähr. Falls unwissentlich Urheberrechte verletzt wurden, wird um Benachrichtigung via Kontaktmail erbeten. Autorisierungen zur Verwendung von Fotos und Abbildungen gelten nur für dieses Jahrbuch.

V.i.S.P.: Der Vorstand der Marburger Geographischen Gesellschaft e. V.

Dr. Ansgar Dorenkamp, 1. Vorsitzender, Tel.: 06421 / 28 24320  
E-Mail: [mgg.vorsitzender@geo.uni-marburg.de](mailto:mgg.vorsitzender@geo.uni-marburg.de)  
Prof. Dr. Peter Chiffard, 2. Vorsitzender, Tel.: 06421 / 28 24155  
E-Mail: [peter.chiffard@geo.uni-marburg.de](mailto:peter.chiffard@geo.uni-marburg.de)  
Fax: 06421 / 28 28950

Fotos Umschlagvorderseite: *Das Rote Fort* in Agra (Rajasthan) (© D. Merte) und *Der Krummstab* von Heinrich Brummack (Rothaargebirge) (© H. Dany)

Umschlaggestaltung, Layout und Satz: Cordula Mann, Marburg  
Druck: TZ-Verlag & Print GmbH, Bruchwiesenweg 19, 64380 Roßdorf

ISSN 0931-6272

# Inhaltsverzeichnis

<b>Berichte und Mitteilungen der Marburger Geographischen Gesellschaft e.V.</b> .....	1
<b>Jahresbericht des Vorsitzenden</b> .....	1
Veranstaltungen im Berichtsjahr 2024/2025 .....	5
<b>Exkursionsprotokolle</b> .....	7
Faszination Rajasthan – ein Reisebericht .....	7
Wanderexkursion im Rothaargebirge .....	75
Radeltour ins Hessische Hinterland 1: Altindustrie im oberen Lahntal.....	105
Radeltour ins Hessische Hinterland 2: Das Salzbödetal .....	129
<b>Allgemeine Beiträge</b> .....	155
BECKER, ANNA MARGARETHE Die Route der Arbeits- und Industriekultur des Landkreises Marburg- Biedenkopf .....	155
LUTZ MÜNZER Der Bahnhof Fronhausen (Lahn): Vom Landbahnhof zur Pendlerstation.....	165
KÖHLER, INGO Die Lahn als Schifffahrtsweg .....	181
FUNK, MORITZ & STEFAN HARNISCHMACHER Nachweise potenzieller Meilerplatten im Burgwald mit Hilfe einer GIS- gestützten digitalen Reliefanalyse.....	187
<b>Kurzfassungen der Gastvorträge</b> .....	197
BÜDEL, BURKHARD Expeditionen – Forschungsreisen zu verborgenem Leben .....	197
OPP, CHRISTIAN Desertifikation im Tarim-Gebiet (NW-China) – Von den „wandernden Seen“ Sven Hedins bis zu aktuellen Problemen der Agrarpolitik .....	205
HARNISCHMACHER, STEFAN Das Relief unter dem Einfluss des Menschen – Geomorphologie im Zeitalter des Anthropozäns .....	215
FELIX-HENNINGSSEN, PETER Die <i>Grüne Sahara</i> im Holozän – auf Spurensuche nach einer vergangenen Umwelt .....	223

<b>Mitteilungen aus dem Fachbereich Geographie</b> .....	<b>235</b>
<b>Mitteilungen der Arbeitsgruppen in alphabetischer Anordnung</b> .....	<b>235</b>
Arbeitsgruppe Prof. Dr. MAAIKE BADER (Biogeographie – Ökologische Pflanzengeographie) .....	235
Arbeitsgruppe Prof. Dr. SÖREN BECKER (Nachhaltige Transformationsforschung) .....	236
Arbeitsgruppe Prof. Dr. JÖRG BENDIX (Klimageographie & Umweltmodellierung) .....	237
Arbeitsgruppe Prof. Dr. THOMAS BRENNER (Wirtschaftsgeographie & Standortforschung).....	238
Arbeitsgruppe Prof. Dr. PETER CHIFFLARD (Bodengeographie & Hydrogeographie) .....	239
Arbeitsgruppe Prof. Dr. MARKUS HASSLER (Regionalforschung & Regionalpolitik) .....	240
Arbeitsgruppe Prof. Dr. THOMAS NAUSS / Dr. DIRK ZEUSS (Umweltinformatik).....	240
Arbeitsgruppe Prof. Dr. CARINA PETER (Geographiedidaktik) .....	241
Arbeitsgruppe Prof. Dr. SIMONE STRAMBACH (Geographie der Dienstleistungen, Kommunikation & Innovation) .....	242
<b>Weitere Mitteilungen von Wissenschaftlichen Mitarbeitern</b> .....	<b>243</b>
Dr. ANSGAR DORENKAMP (Lehrkraft für besondere Aufgaben) .....	243
apl. Prof. Dr. STEFAN HARNISCHMACHER (Geomorphologie) .....	243
Prof. i. R. Dr. GEORG MIEHE (Biogeographie – Vergleichende Hochgebirgsforschung) ..	243
Dr. SEBASTIAN MÜLLER (Leiter des Mineralogischen Museums) .....	244
Prof. i. R. Dr. CHRISTIAN OPP (Bodengeographie & Hydrogeographie) .....	244
<b>Im Berichtsjahr 2024 abgeschlossene Examina</b> .....	<b>245</b>
Promotionen .....	245
Master-Abschlüsse .....	245
Bachelor-Abschlüsse .....	247
Erste Staatsprüfung für das höhere Lehramt.....	251

## Allgemeine Beiträge

BECKER, ANNA MARGARETHE

### Die Route der Arbeits- und Industriekultur des Landkreises Marburg-Biedenkopf

Der Landkreis Marburg-Biedenkopf ist keine Industrieregion wie etwa das Ruhrgebiet. Er ist vielmehr ländlich strukturiert. Und dennoch sind zahlreiche Weltmarktführer vom Landkreis aus tätig. Lange Zeit wurden Industrie und Kultur getrennt voneinander gedacht. Erst nach und nach wuchsen diese Vorstellungen zusammen. Die Route der Arbeits- und Industriekultur zeigt die spannende Arbeits- und Industriegeschichte der Region sowie die historische und moderne Leistungsfähigkeit der ansässigen Betriebe. Sie bietet interessante touristische Ziele und außerschulische Lernorte, spricht die Bevölkerung vor Ort an und fördert die Vernetzung der Beteiligten ([www.lkmb.de/route](http://www.lkmb.de/route)).

Die Erstellung der Route geht auf einen Kreistagsbeschluss zurück, der wiederum auf Anregung des Regionalmanagements Mittelhessen erfolgte. Entwickelt wurde das Konzept von der Bonner Firma ConCultura mit Unterstützung des Mainzer Architekten Peter Kneip in Zusammenarbeit mit Anna Margarethe Becker und Dr. Markus

Morr vom Landkreis Marburg-Biedenkopf. Dabei ist es nicht primär Ziel des Projekts, die technischen Errungenschaften in den Vordergrund zu stellen. Vielmehr rückt es die Arbeitsbedingungen, den Arbeitsalltag der Beschäftigten und die Vermittlung des früheren, teils sehr harten und entbehrungsreichen Arbeitslebens in den Fokus. Die Route besteht aus mehreren über den Landkreis verteilten Orten, an denen Arbeits- und Industriekultur sichtbar und erlebbar gemacht werden. Einige Beispiele seien im Folgenden erläutert.



#### Hinterlandmuseum Schloss Biedenkopf

Die Dauerausstellung im kreiseigenen Schloss Biedenkopf wurde 2018 als erster Standort der Route der Arbeits- und Industriekultur eröffnet. Neben dem Hinterlandmuseum gehören auch die Brücker Mühle Amöneburg, das Dokumentations- und Informationszentrum Stadtallendorf, das Regionalmuseum Weidenhausen, der Basaltbruch Nickel Dreihausen und der Bahnhof Fronhausen dazu. Ob als außerschulische Lernorte oder touristische Ziele, die Standorte bieten viele Möglichkeiten für Entdeckungen. Auch im ersten Standort der Route im Hinterlandmuseum findet sich etwas für alle Sinne. An Hörstationen teilen Zeitzeugen ihre Erfahrungen aus der Arbeitswelt. Auch Lieder von Auswanderern lassen sich daran hören. Riech- und Mit-

machstationen laden die Besucher zum Erleben ein. Darüber hinaus dokumentieren zahlreiche Fotos und Schriftstücke die Vergangenheit des Handwerks, der Industrie und der Landwirtschaft.

Dem Hinterlandmuseum kommt hinsichtlich der Route eine Schlüsselrolle zu. Hier finden sich alle Themen der Arbeits- und Industriekultur wieder, auch diejenigen, die an den anderen Standorten auf unterschiedliche Weise dargestellt werden. Dazu gehören Dokumentationen zu Ressourcen, Nebenerwerbsstrukturen, zur Arbeitsmigration und Montanindustrie sowie allgemein zur Industrialisierung.

Das Hinterlandmuseum Schloss Biedenkopf zeigt im Rahmen der Route der Arbeits- und Industriekultur einen Ausschnitt aus dem fotografischen Lebenswerk von Erwin Schneider aus Niederlaasphe. In seiner fast 60-jährigen Schaffenszeit entstand eine große Anzahl von Bildern, die heute eine großartige Sammlung an bedeutenden Zeitdokumenten darstellen. Begonnen hat die Faszination Fotografie für Erwin Schneider mit dem Kauf seiner ersten Kamera im Jahr 1949. In mehr als einem halben Jahrhundert hielt er Städte und Dörfer, Kirchen, Burgen und Schlösser, Wohnhäuser und Fabrikanlagen in Bilddokumenten fest. Dabei war ihm immer auch der Blick auf die technischen Neuerungen wichtig, weshalb Industrieanlagen, Strommasten oder Windkrafträder ebenso auf seinen Bildern erscheinen wie Menschen bei den verschiedensten Arbeitsprozessen. Die Qualität seiner Aufnahmen, die alle im selbst eingerichteten Fotolabor entwickelt wurden, brachte ihm bald die Nachfrage nach Reproduktionen ein. Kostbare alte Glasplatten und teilweise zerstörte Originalabzüge konnte Schneider mit Hilfe seiner Reproduktionstechnik wieder sichtbar machen. So zeigen seine großformatigen Abzüge heute das, was auf den Originalen für das menschliche Auge kaum noch erkennbar, d. h. fast gänzlich verblasst war.



Abb. 1: Gesteinssammlung des Hinterlandmuseums in Biedenkopf (Foto: © A.M. Becker)

## Dokumentations- und Informationszentrum Stadtallendorf / Stadtarchiv

Das DIZ in Stadtallendorf ist bereits seit 1994 außerschulischer Lernort, Museum, Archiv und Begegnungsstätte zugleich. Die beiden Themenschwerpunkte liegen dabei einerseits auf der Aufarbeitung der Zwangsarbeit in der Zeit des Zweiten Weltkrieges, in der Stadtallendorf durch die Rüstungsindustrie geprägt war, andererseits auf der rasanten Entwicklung vom kleinbäuerlichen Dorf zur Industriestadt. Dieser Standort der Route schlägt nachdrücklich mit dem Themenschwerpunkt Industrie die Brücke von der Vergangenheit zur Gegenwart und darüber hinaus zur Zukunft als Industriestandort. Die spannende Entwicklung Stadtallendorfs wird in dem für die Route genutzten Raum durch ortsansässige Firmen veranschaulicht. Die Firmen ermöglichen den Besucherinnen und Besuchern so einen Einblick in deren Firmengeschichte, aber auch in den aktuellen Stand der Industriebetriebe. In die Gestaltung des Standortes im DIZ brachten sich besonders die Firmen Ferrero, Fritz Winter Eisengießerei und HOPPE mit spannenden Dokumenten, Fotos, Objekten und Anregungen ein.

### Ferrero

Jeder kennt sie: *Mon Chéri*, *kinder Schokolade*, *nutella* oder *duplo* – die Produkte von Ferrero. Angefangen hat alles 1957 im damaligen Allendorf. Das Produkt der ersten Stunde war *Mon Chéri*. Ferrero brachte die bis heute beliebte Likörkirschpraline zuerst als einzeln verkäufliche Praline, dann im Fünferriegel und schließlich auch als Geschenkpackung auf den Markt. Der Erfolg gab dem jungen Unternehmen Recht. In den ersten Jahren wurde in Allendorf unter dem Namen Assia (italienisch: Hessen) als Tochterfirma der Ferrero GmbH produziert. Mit wachsender Nachfrage nach den neuen Produkten und als im



Abb. 2: Ferrero zählt heute zu den Unternehmen des Landkreises mit Weltbedeutung (Foto: © A. M. Becker)

Rahmen des Hessenplan-Kredits ein neues Werk gebaut werden konnte, übernahm Assia 1964 den Namen „Ferrero“. Sechs Jahre nach der Werksgründung arbeiteten bereits 618 Menschen bei Ferrero und dank regelmäßiger Investitionen entwickelte sich das Werk kontinuierlich weiter. Immer neue und innovative Produkte wie *Raffaello*, *Milch-Schnitte* und viele andere werden seither in Stadtallendorf produziert. Heute ist Ferrero einer der größten Arbeitgeber im Landkreis Marburg-Biedenkopf. Das Werk verfügt neben den Produktionsanlagen für Süßwaren auch über eine werkeigene Schokoladenfabrik und Nussrösterei und ist damit eine der großen Produktionsstätten der Ferrero-Gruppe. Kaufmännischer Sitz von Ferrero Deutschland ist seit Anfang der 1960er Jahre Frankfurt am Main.

### ***Fritz Winter Eisengießerei***

Fritz Winter gründete am 8. Januar 1951 mit Hilfe der Aufbaugesellschaft eine neue Eisengießerei in Allendorf. Nach nur drei Monaten wurden bereits die erste Kuppelofenanlage sowie die erste Formanlage in Betrieb genommen. Der erste Abstich erfolgte am 21. April 1951, als das Unternehmen noch lediglich 21 Arbeiter beschäftigte. Schon im ersten Jahr stieg die Mitarbeiterzahl auf 135, wenige Jahre später waren es über 500 Betriebsangehörige. Heute ist die Fritz Winter Eisengießerei einer der größten Arbeitgeber im Landkreis Marburg-Biedenkopf. Seit 1952 produziert das Unternehmen Gussteile für die Automobil-, Nutzfahrzeug- und Hydraulikindustrie



**Abb. 3:** Mit Hilfe der Aufbaugesellschaft gründete Fritz Winter 1951 in den ehemaligen Granatenfüllstellen der DAG eine neue Eisengießerei (Aufnahme vom 12.08.1959; © Fotoarchiv DIZ/Stadtmuseum)

aus recyceltem Material. Jährlich werden ca. 27,2 Millionen Bremscheiben, Brems-trommeln, Hydraulikgehäuse, Schwungräder, Sonderapplikationen, Zylinderblöcke und Zylinderköpfe hergestellt.

### **HOPPE AG**

Das 1952 gegründete Unternehmen, das Türgriff-Garnituren und Fenstergriffe entwickelt, herstellt und vermarktet, produziert seit 1954 am Standort Stadtallendorf. Mit Unterstützung der Aufbaugesellschaft in selbstausgebauten Bunkern der ehemaligen Munitionsfabriken auf nur 280 Quadratmetern gestartet, entwickelte sich das Unternehmen zu einem der großen Arbeitgeber im Landkreis Marburg-Biedenkopf. Nur zwei Jahre nach der Gründung des Werks in Stadtallendorf beschäftigte der Gründer, Friedrich Hoppe, bereits 175 Mitarbeiter. Das steigende Produktionsvolumen forderte immer wieder Erweiterungen der Fertigung. Das erste Zweigwerk wurde bereits 1956 in Bromskirchen bei Frankenberg errichtet. Heute werden in sieben Werken

in Europa und den USA Beschlagsysteme aus Aluminium, Edelstahl, Kunststoff und Messing für Fenster und Türen für die internationalen Märkte hergestellt. In der Branche verbindet man HOPPE noch immer mit dem „117er“, einem Griff, den Friedrich Hoppe 1965 entwickelte und der weltweit bisher über 100 Millionen Mal verkauft wurde. Seit 1976 gibt es als HOPPE-typisches Designelement die „Griffmulden“. Immer wieder bringt HOPPE Innovationen auf den Markt – neue Designs, aber auch neue Technik –, beispielsweise für den Einbruchschutz oder im mechanischen Bereich zur Erhöhung des Komforts für die Endverbraucher.



**Abb. 4:** Türgriff-Garnituren sind ein traditionelles Produkt im Angebot der Firma HOPPE (Foto: © A.M. Becker)

## Brücker Mühle Amöneburg

Die Brücker Mühle ist in mehrfacher Hinsicht ein interessanter Standort. Ihre historische Bedeutung durch die Schlachten des Dreißigjährigen Krieges (1618–48) und des Siebenjährigen Krieges (1756–63), vor allem aber die durch die Mühle erfolgte Trinkwasserversorgung der deutlich höher gelegenen Stadt Amöneburg machen die Brücker Mühle zu einem besonderen Ort der Arbeits- und Industriegeschichte.

In der Brücker Mühle können sich Besucherinnen und Besucher interaktiv mit der Arbeit des Müllers beschäftigen. In der Umsetzung ist es Thomas Kleinschmidt, der Müllermeister selbst, der an Hörstationen von seiner Arbeit, den Gefahren oder dem Wandel der Arbeitswelt in der Mühle erzählt. Mitmachstationen verknüpfen dies mit dem eigenen Erleben: Wer kann einen Müllerknoten binden? Wie schwer waren die Mehlsäcke, die ein Müller tragen musste?

Neben dem ehemaligen Pumpenraum mit der alten Maschinerie gibt es in der Brücker Mühle auch zahlreiche kulturelle und musikalische Veranstaltungen. Die Mühle wurde vom reinen Produktions- zum Handelsbetrieb. Später folgte die Angliederung der Gastronomie. In die 1980er Jahre fällt die Spezialisierung auf Biogetreide. So machte die Brücker Mühle zum Beispiel Dinkel, eine bis dahin in der Region noch



Abb. 5: Die Brücker Mühle ist heute u. a. ein Museum, das sich als kulturelles Zentrum und aktiver Lernort versteht (Foto: © M. Morr)

recht unbekannte Getreidesorte, salonfähig. Eine Spezialisierung erschien für das Überleben der Mühle unausweichlich. Heute ist die Brücker Mühle nicht nur (Schau-)Mühle, Mühlenladen und Gastronomiebetrieb. Sie ist auch Museum und kulturelles Zentrum, das sich als interaktiver Lernort versteht.

### **Regionalmuseum (Gladenbach-)Weidenhausen / Hinz Hoob**

Der Heimatverein Weidenhausen e.V. stellt im Regionalmuseum Weidenhausen / Hinz Hoob eine spannende Sammlung rund um die Themen Handwerk, Industrie und Landwirtschaft aus. Vom landwirtschaftlichen Gerät über Gegenstände aus dem Alltagsleben des vergangenen Jahrhunderts bis hin zu Einblicken in die Arbeit der Aurora- und der Justushütte werden viele Themen der Arbeits- und Industriekultur durch Bildmaterial und zahlreiche Exponate vermittelt. Hinz Hoob beherbergt darüber hinaus die Galerie von Gemälden des hessischen Malers Karl Lenz und eine Sammlung von Keramiken der ehemaligen Weidenhäuser Kunsttöpferei Ludwig und Pfeifer. Darüber hinaus präsentiert das Regionalmuseum die Themenschwerpunkte Wasserversorgung und die Elektrifizierung der Landwirtschaft. Über Höreinheiten werden die Besucher von den Zeitzeugen in das Weidenhausen des vergangenen Jahrhunderts begleitet.

Im Zuge der Industrialisierung stieg der Wasserbedarf enorm. Wasser wurde als Antriebskraft, als Energieträger und als Transportweg benötigt. Das starke Bevölkerungswachstum, die hohe Besiedlungsdichte der Städte sowie der unbedarfte Umgang mit Trink- und Abwasser brachten aber auch große Epidemien mit sich. Um deren Ausbreitung einzudämmen, wurde die Wasserversorgung flächendeckend zentralisiert und hygienisiert. In Weidenhausen wurden in diesem Zusammenhang Hochbehälter errichtet. Dadurch konnten die Wasserversorgung sowie der nötige Versorgungsdruck sichergestellt werden. Nach dem Beschluss zum Bau der Wasserleitung 1927 wurde ein Jahr später die zentrale Wasserversorgungsanlage Weidenhausen gebaut. Im Jahr 1955 erfolgte dann die Gründung des Wasserverbandes „Mittelhessische Wasserwerke“. Damit endete die Zeit, in der Wasserpumpen und Brunnen das Straßenbild von Weidenhausen geprägt hatten. Durch die Einführung von Bädern in den Wohnhäusern Anfang der 1960er Jahre wurden gemeinschaftliche Waschtage überflüssig. Die Wäsche wurde fortan in der vollautomatischen Waschmaschine gewaschen, das Wasser für die Badewannen kam warm aus der Leitung und musste zuvor nicht mehr erhitzt werden. Auch in den Ställen gab es dank der Selbsttränke eine erhebliche Arbeitserleichterung. Die letzten Brunnen auf dem Strohberg wurden bereits in den sechziger Jahren beseitigt und durch Bauarbeiten im Jahr 1984 verschüttet.

Während die Nutzung von Kerzenlicht und Öllampen Jahrhunderte überdauerte und die Gasbeleuchtung sich kaum durchsetzen konnte, begann mit der Elektrifizierung des Hinterlandes im frühen 20. Jahrhundert ein stetiger und rascher Wandel. Sie erfolgte in Weidenhausen im November 1913 und veränderte das Straßenbild des Ortes stark. Das Dorf wurde nun nicht mehr vom Schein der Petroleumlampen er-

hellt, sondern von elektrischem Licht, das von Holzmasten und Dachständern strahlte. Dabei stand in der ländlichen Region die Beleuchtung der Ställe direkt nach der Straßenbeleuchtung und noch vor den Wohnhäusern auf dem Plan. Das elektrische Licht machte einen neuen Arbeitsrhythmus möglich, unabhängig von Jahres- und Tageszeit. Die noch labile Stromversorgung der Anfangsjahre hielt der hohen Nachfrage jedoch oft nicht stand und es kam immer wieder zu Stromausfällen. Landwirte mussten sich an zeitliche Regelungen halten, um ihre Elektromotoren problemlos betreiben zu können. In den 1950er Jahren übernahm die EAM die Ortsnetze im Hinterland und erneuerte die Versorgungsleitungen. Zusätzlich zum Lichtstrom war auch der Kraftstrom von großem Nutzen. In Weidenhausen gab es schnell erste durch Elektromotoren betriebene landwirtschaftliche Geräte. Diese ersetzten schwere Handarbeit und ermöglichten eine effizientere Bewirtschaftung von Feld und Hof.

### Basalt Nickel Dreihausen

Der Basaltbruch Nickel in Dreihausen gehört zum Konzern der Mitteldeutschen-Hartstein-Industrie und ist einer von insgesamt fünf Standorten des Familienunternehmens Nickel im Rhein-Main-Gebiet und in Mittelhessen. Da der Basaltbruch in Betrieb ist und das Firmengelände aus Sicherheitsgründen nicht betreten werden darf, ist in unmittelbarer Nähe zum Steinbruch eine Informations-Stele entstanden, wo man die Arbeit im Steinbruch beobachten und sich über die Geschichte und die Entwicklung der Arbeit mit Steinen und Erden im Landkreis informieren kann.



Abb. 6: Schaufelbagger bei der Arbeit im Basaltbruch Nickel (Foto: © A.M. Schäfer)

Der Stein verlangte schwere körperliche Arbeit. Steinbrucharbeit war gefährlich, körperlich sehr anstrengend und wurde ausschließlich von Männern ausgeübt. Zunächst mussten große Basaltbrocken aus dem Vorkommen gewonnen werden. Diese wurden mit einem Vorschlaghammer (Schlage), einer Hacke, einem Brecheisen und Keilen aus der Wand gebrochen. Je nach Beschaffenheit wurden sie zu Pflastersteinen, Mauersteinen oder Schotter verarbeitet. Die Herstellung von Pflastersteinen war anstrengend und anspruchsvoll. Sie wurde von sogenannten „Steinrichtern“ ausgeführt, die den unförmig gebrochenen Stein mit einem kleinen Hammer zu gleichmäßigen Pflastersteinen bearbeiteten. Die Herstellung der Steine galt als besondere Kunst und bedurfte einer guten Portion Berufserfahrung. Um sowohl den Steinrichter als auch den Stein vor Witterungseinflüssen zu schützen, saßen die Arbeiter ursprünglich in sogenannten Kipperbuden. Diese kleinen Unterstände wurden im Basaltbruch Nickel jedoch schon bald durch eine große Halle ersetzt. Darin schlugen die erfahrenen Steinrichter täglich zwischen 600 und 800 Pflastersteine pro Kopf. Die manuelle Pflasterproduktion im Basaltwerk Nickel erreichte in den 1920er Jahren ihren Höhepunkt. Danach wurde der staatliche Straßenbau mehr und mehr von Pflaster auf Asphalt umgestellt und die dazu benötigten Basaltprodukte (Splitte) zunehmend maschinell produziert.

Heute werden in Dreihausen bei Johannes Nickel GmbH & Co. KG jährlich 250.000 t Basaltprodukte für den regionalen Markt hergestellt. Für die Produktion der Jahrestonnage werden insgesamt nur 16 Beschäftigte benötigt. Wo einstmals Menschen mit Hacken und Spaltwerkzeugen an der Wand standen und Steine in Loren hievten, steht heute ein moderner Tieflöffelbagger und belädt einen Muldenkipper mit 60 t Nutzlast. Hoch qualifiziertes Fachpersonal (z. B. Aufbereitungsmechaniker, KFZ-Mechaniker, Schlosser, Elektriker, Baumaschinenführer) sorgt dabei für eine reibungslose Produktion, bei der das Gestein vollautomatisch zerkleinert, gesiebt und dosiert wird. Über Förderbänder werden die fertigen Baustoffe zu den Lagerplätzen transportiert, von wo aus sie per Radlader auf die LKWs der Kunden geladen werden. Die nicht mehr genutzten Teile des Steinbruchs verfüllt das Werk seit 30 Jahren mit Erdmassen aus anderen Bauvorhaben und mit Abraum aus der eigenen Anlage. Nach der Verfüllung stehen diese Flächen wieder für die Land- und Forstwirtschaft, aber auch für den Naturschutz zur Verfügung. Ein ressourcenschonender Abbau, Anwendung von Recyclingverfahren und Artenschutzmaßnahmen bilden heute die Grundlage einer nachhaltigen Basaltproduktion im Zusammenspiel mit dem Umwelt- und Naturschutz.

### **Bahnhof Fronhausen (Lahn)**

Mit dem Bau des Bahnhofs änderte sich das Leben in der Gemeinde Fronhausen (Lahn) grundlegend. Der alte, heute funktionslose Signalmast zeugt beispielhaft von der Zeit, als die Bahn noch mit Kohle fuhr, 50 Stundenkilometer eine Spitzengeschwindigkeit war und die harte Arbeit meist noch von Hand erledigt werden musste. Heute finden Bürgerinnen und Bürger dort einen modernen Veranstaltungsort mit

Gastronomie, Parkplätzen sowie einen Bahnsteig mit Fahrkartenautomat und Anschluss an die Main-Weser-Bahn.

Doch wie sah es in den beiden vergangenen Jahrhunderten aus? Wie hat sich der Güterbahnhof verändert? Alte Fotos von Arbeiterinnen und Arbeitern, von Funktionsgebäuden, Transportgütern oder auch von der Bahn selbst sowie Dokumente (wie beispielsweise Fahrpläne oder Listen) geben Aufschluss über eine vergangene Zeit, die Fronhausen bis in die Gegenwart prägt. Damit thematisiert dieser Standort eindrücklich sowohl die Geschichte des Bahnhofs selbst als auch dessen Auswirkungen auf Arbeit und Leben in der Region. Die Dauerausstellung im Außenbereich des Bahnhofsgeländes ist jederzeit frei zugänglich. Ausführlich geht Dr. Lutz Münzer in seinem Beitrag (vgl. S. 165) auf diesen Standort ein.

### **Schlussbemerkung**

Die Route der Arbeits- und Industriekultur des Landkreises Marburg-Biedenkopf erfreut sich seit ihrer Eröffnung im Oktober 2022 wachsender Beliebtheit. Seither organisiert der Landkreis in Zusammenarbeit mit heimischen Industriebetrieben, Routen-Standorten, Vereinen und Einzelpersonen regelmäßig Veranstaltungen, in denen der Bogen von der Vermittlung einfachster Arbeitsbedingungen im 19. Jahrhundert bis zu den modernen und anspruchsvollsten beruflichen Tätigkeiten von heute geschlagen wird. Außerdem beteiligt er sich im zweijährigen Turnus an den Tagen der Industriekultur Mittelhessen. Die Route stellt nicht nur die technischen Errungenschaften in den Vordergrund, sondern vor allem auch die Arbeitsbedingungen, den Arbeitsalltag der Beschäftigten und die Vermittlung des früheren, teils sehr harten und entbehrungsreichen Arbeitslebens. Sie vermittelt somit lebhaft Zeugnisse der Arbeits- und Industriekultur allgemein, gleichzeitig macht sie einen wichtigen Teil der Geschichte des Landkreises und seiner Menschen sichtbar.

### **Autorin**

Anna Margarethe Becker  
Landkreis Marburg-Biedenkopf  
Fachdienst Kultur  
Im Lichtenholz 60  
35043 Marburg  
E-Mail: beckeran@marburg-biedenkopf.de

**LUTZ MÜNZER**

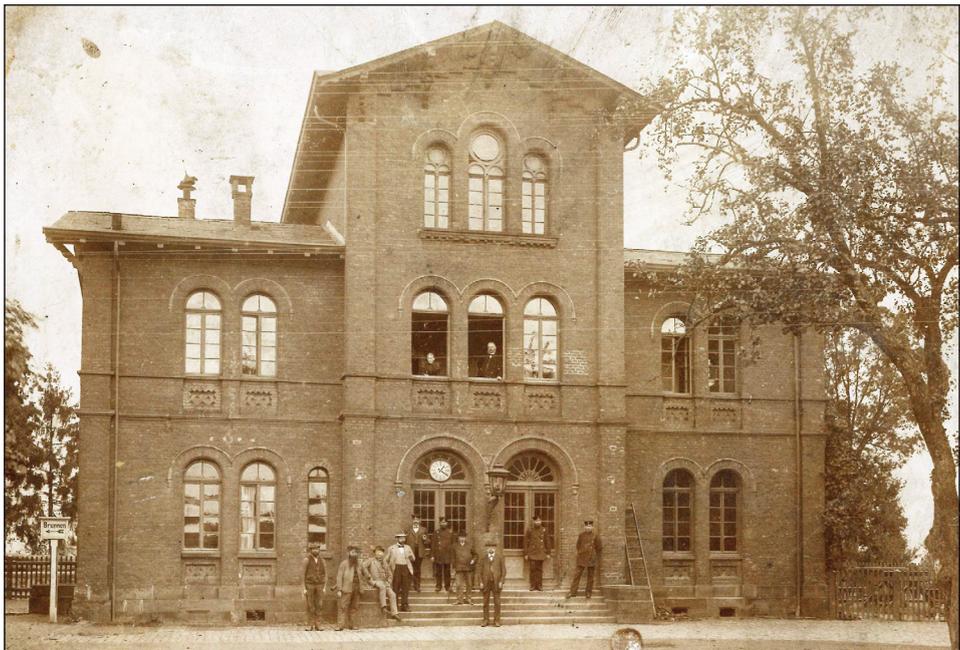
## **Der Bahnhof Fronhausen (Lahn): Vom Landbahnhof zur Pendlerstation**

### **Vorbemerkung**

Das damals etwa 700 Einwohner zählende Dorf Fronhausen, Sitz eines Amtsgerichts, erhielt im Jahr 1850 eine Station an der 1852 auf ganzer Länge vollendeten Main-Weser-Bahn, Teil einer bis heute bedeutenden Fernverbindung zwischen Nord- und Süddeutschland. Damit änderte sich die Verkehrslage des Ortes dauerhaft und zu seinem Vorteil. Auch sozial- und siedlungsstrukturell gingen von dem Bahnhof Impulse auf den Ort aus. In den folgenden Zeilen werden diese Aspekte der Entwicklung Fronhausens skizziert. Die Darstellung fußt wesentlich auf der archivalischen Überlieferung in den hessischen Staatsarchiven Wiesbaden und Marburg. Allerdings ist die Quellenlage zum Bahnhof Fronhausen recht dürftig. Lediglich eine Akte liegt vor, deren Inhalt ausschließlich diesem Standort gewidmet ist (HHStAW 480, Nr. 2030).

### **Die Main-Weser-Bahn – eine Verbindung zwischen Nord- und Süddeutschland**

Von 1813 bis 1815 wurde in den Freiheitskriegen die französische Vorherrschaft in Europa beendet. In den Jahren danach avancierte die Eisenbahn rasch zu einem zentra-



**Abb. 1: Straßenseite des Empfangsgebäudes von Fronhausen (Lahn) um 1900 (Sammlung Hemer)<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Soweit nicht anders angegeben, stammen die Abbildungen vom Verfasser.

len Thema im Kontext mit der nun mit voller Intensität v. a. in Mittel- und Westeuropa einsetzenden industriellen Revolution. Zwar behinderte die territoriale Zersplitterung Deutschlands die Planung und Anlage von Eisenbahnen erheblich und trug schließlich auch dazu bei, dass aus heutiger Sicht diverse, später schwer oder gar nicht zu korrigierende Pannen bei der Netzentwicklung eintraten. Dennoch kam es im deutschen Raum rasch zu konkreten Bauprojekten. Im Dezember 1835 wurde die erste Eisenbahn – zwischen Nürnberg und Fürth – eröffnet, nur vier Jahre später folgte mit der Linie Leipzig – Dresden die erste, 116 km lange Fernstrecke.

Für das Kurfürstentum Hessen-Kassel, das mit einer Fläche von etwa 9.500 km<sup>2</sup> und 745.000 Einwohnern 1866 zu den Mittelstaaten im Deutschen Bund zählte, stellte sich schon in den 1820er Jahren die Frage nach der Anlage von Eisenbahnen. Konkreter wurde es in der zweiten Hälfte der 1830er Jahre (BRAKE 1991). Allerdings gestalteten sich die innenpolitischen Verhältnisse im Kurfürstentum schwierig, nicht zuletzt wegen des reaktionär-autokratischen Landesherrn Friedrich Wilhelm II.

Heftige Auseinandersetzungen gab es in Kurhessen z. B. um den Verlauf der Nord-Süd-Strecke von Kassel nach Frankfurt am Main. Zunächst wurde eine Trasse über Fulda priorisiert. Dagegen regte sich jedoch heftiger Widerstand in Oberhessen, namentlich in Marburg. Topographische Gründe, das Interesse von Hessen-Darmstadt an der Anbindung seiner Provinzhauptstadt Gießen an das Eisenbahnnetz und auch preußische Vorstellungen – es ging um die in preußischem Besitz befindliche Stadt Wetzlar – wirkten letztendlich zugunsten der erst 1845 definitiv gefällten Entscheidung für die Trasse Kassel – Frankfurt durch Westhessen (BRAKE 2000). Gebaut wurde die Strecke seit 1846 als gemeinschaftliches Eigentum der drei von ihr berührten Staaten – dem Kurfürstentum Hessen-Kassel, dem Großherzogtum Hessen-Darmstadt sowie der Freien Stadt Frankfurt.

### **Die Bahn wird Realität**

Die Führung der Main-Weser-Bahn durch die westhessische Senkenzone bot sich schon aus topographischen Gründen an. Schwierigkeiten ergaben sich vor allem an zwei Stellen: Einerseits beim Verlassen des Kasseler Beckens, das im Süden durch einen steilwandigen und schmalsohligen Abschnitt des Fuldatales begrenzt wird, andererseits an der Wasserscheide zwischen den Einzugsgebieten von Lahn und Eder. Zwischen Marburg und Gießen stellte das flache Lahntal die Planer dagegen vor eher geringe Herausforderungen.

Die Anlage der Main-Weser-Bahn bildete ein Bauvorhaben mit Dimensionen, die zuvor in Kurhessen weder hinsichtlich der Ausdehnung noch der Anzahl der Arbeitskräfte je erreicht worden waren. Allein am kurhessischen Teil der Bahnstrecke, dessen Länge sich auf 127 km – von knapp 200 insgesamt – belief, arbeiteten zeitweise etwa 5.000 Arbeiter zuzüglich des Aufsichtspersonals und weiterer etwa 1.400 Personen, die primär bei Brückenbauten beschäftigt waren. In großem Umfang wurden ortsfremde Arbeitskräfte eingesetzt, die zum Teil sogar aus dem fremdsprachigen Ausland – etwa

Backsteinbrenner aus Belgien – stammten. Soziale Spannungen auf den Baustellen blieben nicht aus, die zeitweise instabilen politischen Verhältnisse im Kontext mit der Revolution von 1848 kamen erschwerend hinzu (BRAKE 1991).

### **Der Bahnhof Fronhausen in kurhessischer Zeit**

Abschnittsweise wurde die Main-Weser-Bahn seit der zweiten Jahreshälfte 1849 in Betrieb genommen. Im August 1850 fand die Eröffnung des Abschnitts Marburg – Gießen statt, am 15. Mai 1852 war die Strecke vollständig befahrbar. Stationen an der Strecke bekamen die Städte sowie einige als Verkehrsknoten bedeutende Orte. Zu letzteren zählte Fronhausen. Hier ging es sowohl um die Anbindung des südlichen hessischen Hinterlandes im Westen mit dem Zentrum Gladenbach als auch des Ebsdorfer Grundes in östlicher Richtung.

Mit Ausnahme des Abschnitts Kassel – Guntershausen wies die Bahn vorerst nur ein Gleis auf, verfügte jedoch über einen Unterbau, der die Verlegung des zweiten Streckengleises ohne größere Baumaßnahmen gestattete (MÜNZER 2015). Die Hochbauten wurden stilistisch weitgehend einheitlich errichtet als Rohziegelbauten mit romanisierenden Rundbögen und zurückhaltender Ornamentik (HACAULT 1855).

1850 waren zunächst drei Zugpaare im Einsatz. Der Fahrplan des Jahres 1855 weist dann vier Zugpaare auf, darunter ein Schnellzugpaar. Bei einer Fahrzeit zwischen Kassel und Frankfurt von knapp 6 Stunden mit dem Schnellzug ergab sich eine Reisegeschwindigkeit von ca. 35 km/h. Merklich niedriger lag sie bei den anderen Zügen. Die Personenzüge benötigten etwa acht Stunden für die 200 Kilometer lange Gesamtstrecke, die Güterzüge achteinhalb bzw. neun Stunden. Das bedeutete Reisegeschwindigkeiten von ca. 25 km/h bei den Personenzügen, was immerhin dem Mehrfachen einer Postkutschenfahrt entsprach. Etwa alle 900 Meter waren an der Strecke Bahnwärterhäuser errichtet worden, Bauwerke üblicherweise mit einer Grundfläche von etwa 50 m<sup>2</sup> sowie einem Nebengebäude für Kleintierhaltung (HStAM 605,1, Nr. 5136). Für die Regelung des Fahrbetriebes stand fast von Anfang an das damals modernste Nachrichtenübermittlungssystem zur Verfügung – der elektrische Telegraph. Spätestens 1854 waren in allen Bahnhöfen Telegraphenstationen der preußischen Telegraphenverwaltung in Betrieb.

Von großer Bedeutung für die heimische Wirtschaft wurde die am 12. Januar 1862 vollendete Köln-Gießener Eisenbahn (STRACK 2010). Seitdem ist die Main-Weser-Bahn hinsichtlich der Verkehrsstruktur in zwei deutlich unterschiedene Abschnitte geteilt, deren Grenze voneinander der Bahnhof Gießen bildet. Südlich von Gießen weist die Main-Weser-Bahn seit 1862 umfangreichen, in den letzten Jahrzehnten allerdings rückläufigen Güterverkehr auf, der in erster Linie aus dem Ruhrgebiet herrührt. Bald nach der Eröffnung der Köln-Gießener-Bahn wurden niedrig tarifierte Kohletransporte für die nördlich von Gießen gelegenen Stationen angeboten. Der Bahnhof Fronhausen empfing von diesen Kohlen z. B. 1865 200 Tonnen, ein für die geringe Bedeutung der Station beachtlicher Wert. Der überwiegende Teil dieser Kohle dürfte

von den beiden Hütten im Salzbödetal, der Aurora- und der Justushütte, verwandt worden sein (BORN 1967).

Insgesamt lässt sich in den knapp anderthalb Jahrzehnten von der Fertigstellung der Main-Weser-Bahn bis 1866 eine anhaltende Zunahme der Verkehrsleistungen beobachten. Im Sommer 1865 rollten täglich auf der Strecke sechs Zugpaare, dazu ein Zugpaar Gießen – Frankfurt. Zwei der Zugpaare wurden als Schnellzüge eingesetzt, zwei weitere auf der ganzen Strecke als Güterzüge, die aber auch Personen beförderten. Die Reisegeschwindigkeit bei den Schnellzügen belief sich für die Gesamtstrecke 1867 auf etwa 41 km/h, bei den Personenzügen hatte sich seit 1855 eine Steigerung um etwa 4 bis 5 km/h ergeben.

Das Fahrplanangebot eignete sich ursprünglich nicht für ein tägliches Pendeln zu Arbeits- und Ausbildungsstätten. Auch die Höhe der Tarife stand einer häufigeren Nutzung der Bahn durch die Masse der Bevölkerung zunächst entgegen. Der Zuwachs des Gesamtverkehrs veranlasste in den Jahren 1863 bis 1865 die Verlegung des zweiten Streckengleises (Geschäftsbericht 1865). Fest angestellt waren damals 821 Personen, wobei die Bahnwärter wahrscheinlich die größte Beschäftigtengruppe darstellten.

Konkrete Angaben aus jener Zeit für den Bahnhof Fronhausen finden sich leider nur in den nicht durchgängig erhaltenen Geschäftsberichten der Main-Weser-Bahn. So verfügte er laut dem Bericht des Jahres 1865 neben den durchgehenden Hauptgleisen über etwa 500 Meter Gleisanlagen sowie acht Weichen. Außer dem Empfangsgebäude gab es einen Güterschuppen „mit Anbau“. Weiterhin existierten eine Rampe und ein Wärter- bzw. Schilderhaus. Beschäftigt waren im Bahnhof Fronhausen 1866 folgende Personen: Ein *Einnehmer*, zwei *Weichenwärter*, zugleich *Bahnhofsarbeiter*, und ein *Portier*, zugleich *Wieger* (HStAM 150, Nr. 598). Bei dem Einnehmer dürfte es sich um den Vorstand des Bahnhofs gehandelt haben, zuständig insbesondere für den Abfertigungsdienst. Der Portier hatte u. a. den „Außendienst“ zu versehen: Aufsicht am Bahnsteig und in den übrigen Bahnanlagen, Bedienung der Stationsglocke und Ansagen an die Kunden. Schließlich war unmittelbar neben dem Empfangsgebäude eine Schranke zu bedienen. Als weitere Bahnangehörige kamen in der Umgebung die Bahnwärter hinzu.

### **Eine Zeit der Umbrüche: 1866 bis 1880**

Als Folge des „Deutschen Krieges“ von 1866 annektierte Preußen das Königreich Hannover, das Herzogtum Nassau, das Kurfürstentum Hessen-Kassel sowie die Freie Stadt Frankfurt und wurde damit Eigentümer derjenigen Abschnitte der Main-Weser-Bahn, die den zwei letztgenannten Staaten gehörten. Zum 1. April 1880 wurde der bislang Hessen-Darmstadt gehörende Teil zusätzlich erworben (MÜNZER 2002). Damit ging die Linie völlig in der preußischen Staatseisenbahnverwaltung auf, kam mit dieser 1920 zur Deutschen Reichsbahn und blieb somit, wenn auch in mehrfach wechselnder Rechtsform, stets in Staatseigentum.

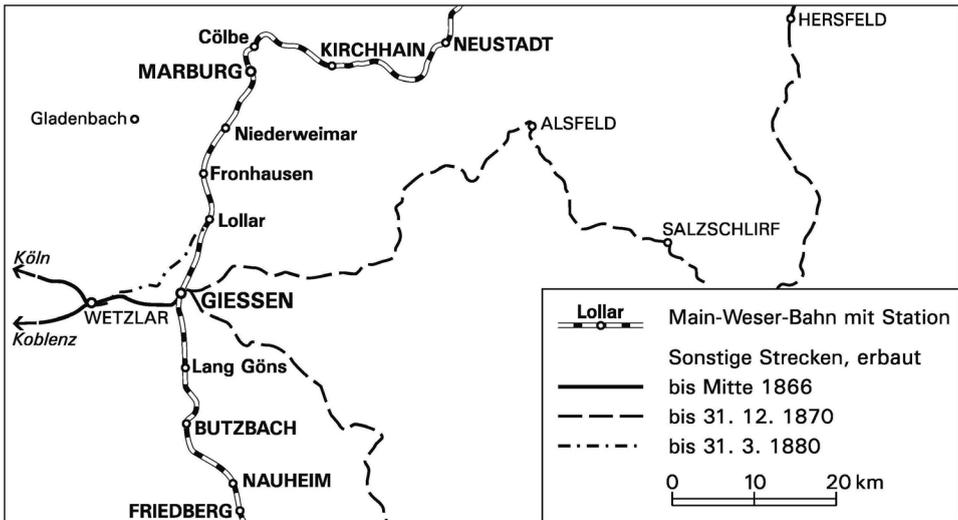


Abb. 2: Die Main-Weser-Bahn mit ergänzenden und konkurrierenden Strecken in Mittelhessen zwischen 1866 und 1880

Nach 1866 verschob sich die Position der Main-Weser-Bahn im deutschen Eisenbahnnetz wegen der Fertigstellung diverser Strecken im näheren und auch weiteren Umfeld. So befanden sich schon 1866 zwei von Giessen ausgehende Strecken in der Planung – eine nach Fulda, eine nach Gelnhausen. In den Jahren 1870/71 wurden sie abschnittsweise in Betrieb genommen. Nur teilweise zur Ausführung gelangte ein Vorhaben, das möglicherweise Fronhausen direkt berührt hätte: Anknüpfend an ein älteres Projekt einer Verbindung Berlin – Frankfurt konzipierte der preußische Staat in den Jahren 1872–73 die „Berlin-Koblenzer-Bahn“, eine Strecke, die Berlin und Frankfurt auf möglichst kurzem Wege miteinander verbinden und die außerdem eine direkte Verbindung zwischen der Reichshauptstadt und dem Rheintal bei Koblenz ermöglichen sollte. Teils sollten schon dem Staat gehörende Strecken in das Vorhaben integriert werden, teils sollten neue Abschnitte gebaut werden, und zwar u. a. eine Verbindung zwischen Kirchhain und Fronhausen, um den Umweg der Main-Weser-Bahn über Marburg einzusparen. Die Baumittel für das Vorhaben sind 1873 bewilligt worden, jedoch änderte der Staat bald das Vorhaben. Der Streckenbau Kirchhain – Fronhausen entfiel ersatzlos, gebaut wurde in der Nähe dennoch die Verbindung Lollar – Wetzlar.

Allerdings wurde dieses Vorhaben in der damals sehr regen regionalen Diskussion um die Anbindung des Oberen Lahntals um Biedenkopf und Laasphe als Anlass genommen, um Fronhausen als Einmündungspunkt für eine aus dem Oberen Lahnthal über Gladenbach zur Main-Weser-Bahn zu führende Linie auszuwählen (HStAM 180 Biedenkopf, Nr. 4738). Bekanntermaßen wurde aber auch daraus nichts. Vielmehr entstand 1883 die Linie von Cölbe nach Laasphe, die 1889 bis Kreuztal an der Strecke Betzdorf – Siegen – Hagen weitergeführt wurde (MÜNZER 2022).

Nach der Reichsgründung 1870 unterlag der Fahrplan auf der Main-Weser-Bahn einem grundlegenden Wandel: Der Güterverkehr und der Personenverkehr wurden voneinander getrennt. Güterzüge beförderten fortan keine Personen mehr, den Reisezügen verblieben, neben der Post, in erster Linie eilbedürftige Frachten wie Eilstückgut oder Milch (MÜNZER 2021).

In diesen Jahren setzte die Entwicklung der Bahn zum Alltagsverkehrsmittel ein. Änderungen im Tarif, die Einführung der preisgünstigen 4. Wagenklasse und die allmähliche Zunahme der allgemeinen Kaufkraft wirkten sich hier gleichermaßen aus. Auch stieg die Zahl der Stationen. So wurde z. B. am 4. Januar 1869 ein Haltepunkt in Cölbe eröffnet. Seine Anlage zielte auf eine Verbesserung der Anbindungen des Frankenberger Raums und nicht zuletzt des Oberen Lahntals um Biedenkopf ab. Dieses Gebiet war von Hessen-Darmstadt als Folge des Krieges 1866 an Preußen abgetreten worden, und Preußen bemühte sich intensiv um die wirtschaftliche Förderung der neu erworbenen Gebiete (MÜNZER 2021). 10 Jahre später kamen mit Niederweimar unweit von Marburg sowie mit Grifte nahe Kassel weitere Stationen hinzu (MÜNZER 2002).

### **Der große Aufschwung des Nahverkehrs**

Der bereits in der Zeit vor 1880 zu beobachtende Bedeutungszuwachs des Nahverkehrs bei der Bahn gewann in den folgenden Jahrzehnten an Dynamik (MÜNZER 2000 und 2021). Noch 1880 wurde die Station Schlierbach eröffnet, zwei Jahre später folgte Allendorf, heute Stadtallendorf. Im nächsten Jahrzehnt fanden in dichter Folge die Eröffnungen der Stationen Friedelhausen (1890), Wolfershausen (1892), Anze-fahr (1893), Oberzwehren (1893), Niederwalgern (1895), Marburg-Süd (1897), Singlis (1898) und Wiera (1899) statt. Nach der Jahrhundertwende erhielten Bürgeln (1902), Altenbrunslar (1902) und Rengershausen (1912) Haltepunkte (MÜNZER 2000). Auch die Zugfrequenzen wurden erhöht. Hielten im Bahnhof Fronhausen z. B. 1880 je Richtung täglich lediglich sechs Personenzüge, so waren es 1897 neun zuzüglich eines hier wendenden Zugpaares von Gießen. 1914 schließlich hielten 14 Züge je Richtung, die an allen Tagen zwischen Marburg und Gießen verkehrten.

### **Statt Fronhausen wird Niederwalgern Bahnknoten**

In den frühen 1880er Jahren begann die Preußische Staatsbahn mit konkreten Planungen für eine von der Main-Weser-Bahn ausgehende, in das südliche Hinterland führende und später nach Herborn zu verlängernde Nebenbahn. Der Bahnbau zielte nicht zuletzt darauf ab, den Hütten in dieser Region den dringend erforderlichen Bahnanschluss zu verschaffen. Erste Planungen sahen Lollar als Ausgangspunkt vor, die Bahn wäre durch das Salzbödetal geführt worden. Dagegen verwahrte sich im Herbst 1881 der Kreis Marburg, da lediglich drei Gemeinden des Kreisgebiets – Reimershausen, Damm, Lohra – einen Anschluss erhalten hätten.

Alternativ brachte daraufhin die Regierung Fronhausen als Ausgangsbahnhof ins Spiel, was abermals scheiterte, nicht zuletzt deswegen, weil die Stadt Marburg jede

Bahn ablehnte, die nicht von Marburg ausging. Der Oberpräsident der Provinz Hessen-Nassau teilte dem Landrat schließlich am 17. August 1882 mit, dass Fronhausen als Ausgangspunkt der Bahn aus diversen Gründen nicht in Frage käme, einmal wegen der Kosten des Bahnhofsumbaus, aber auch wegen der erforderlichen Ausrichtung der neuen Strecke – gemeint war wohl, dass aus Richtung Gießen bei der Fahrt durchs Salzbödetal ein Umweg erforderlich wurde. Am 2. Mai 1883 kam die offizielle Mitteilung des Oberpräsidenten, dass Fronhausen definitiv nicht Ausgangspunkt der neuen Bahnstrecke würde.

Mittlerweile wurde ohnehin schon über Niederwalgern als Abzweigstation der zukünftigen Strecke gesprochen, obwohl es dort zu diesem Zeitpunkt noch gar keinen Bahnhof gab. Die Sache ging zunächst nicht voran, seitens der Regierung wurde auch mangelndes regionales Interesse angenommen. Schließlich wurden am 11. Mai 1888 doch per Gesetz die Mittel für den Bau der Linie Niederwalgern – Gladenbach – Weidenhausen bereit gestellt. Die späte Fertigstellung der Bahn erst am 12. Mai 1894 sowie die Eröffnung des Abzweigbahnhofs Niederwalgern sogar erst im Folgejahr lassen allerdings vermuten, dass die Anlage der topographisch anspruchslosen Bahn nach wie vor auf regionale Widerstände stieß. Der Bahnhof Fronhausen büßte mit der Entscheidung zugunsten der Abzweigstation Niederwalgern nicht nur den Verkehr aus dem Einzugsgebiet der zukünftigen Bahn ein. Auch bauliche Erweiterungen und zusätzliches Personal erübrigten sich (MÜNZER 2000 und 2008).

### **Das Bild der Station wandelt sich**

Aus dem Jahr 1895 liegt ein erster Plan des Bahngeländes von Fronhausen (Lahn) vor (HHStAW 480, Nr. 2030). Unmittelbar nördlich des Empfangsgebäudes kreuzte die Landstraße in den Ebsdorfergrund auf Schienenhöhe die Trasse. Gegenüber dem Empfangsgebäude lag östlich der durchgehenden Hauptgleise ein langer Schienenstrang, auf dem sich die Gleiswaage befand und von der ein kurzes Gleis zu einer Kopframpe führte. Diese war wichtig für die Verladung von Wagen und Kutschen. Noch recht schlicht waren die Sicherungsanlagen. Die Bedienung von Weichen und Signalen erfolgte wohl von Hand, war also „ortsbedient“. Die Wärterbuden dienten primär als Wetterschutz bei Rangierarbeiten und während des Wartens auf Züge.

Etwas mehr als 10 Jahre später bedurfte es größerer Aus- und Umbauten. Ansatzpunkt bildete die wegen verschärfter Vorschriften nun als unzulänglich geltende Entfernung zwischen den beiden durchgehenden Hauptgleisen. Unter anderem bekam der Bahnhof ein über 500 Meter langes Überholungsgleis für Güterzüge. Je ein Stellwerk am Nordende des Bahnhofs sowie in einem Anbau am Empfangsgebäude erleichterten zukünftig die Durchführung des Fahrbetriebs.

Neben den betrieblich begründeten Bauvorhaben kam es in dieser Zeit auch zu einem Bau, der in erster Linie auf die Lebensumstände der im Bahnhof beschäftigten Menschen abzielte. Aus dem Jahr 1905 liegt ein Kostenvoranschlag für ein Magazin- und Stallgebäude mit Waschküche als Ersatz eines älteren Bauwerkes vor. Unter dem

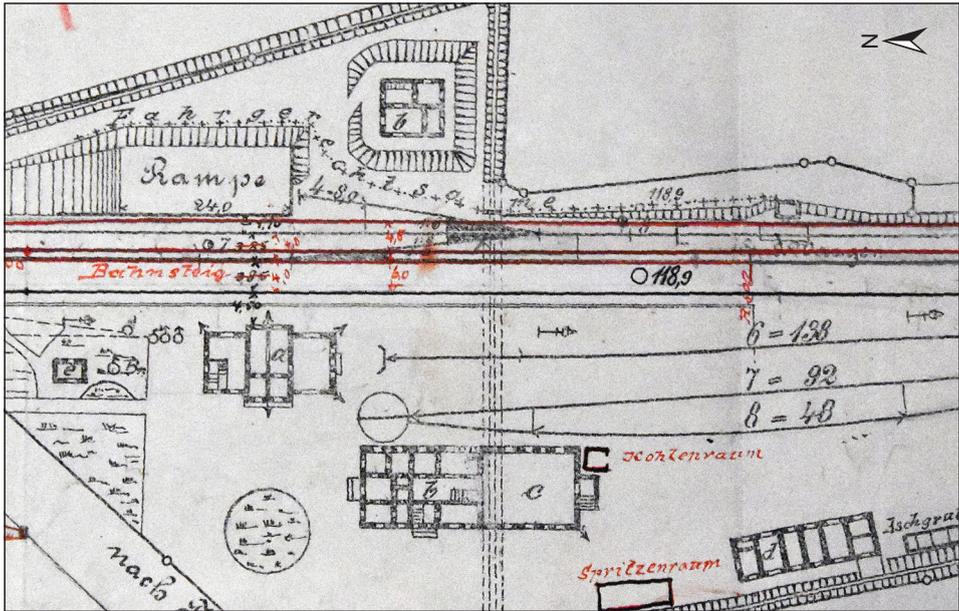


Abb. 3: Gebäudebestand und Gleisanlagen um das Empfangsgebäude (a) Fronhausen 1895 (Ausschnitt aus HHStAW 480, Nr. 2030)

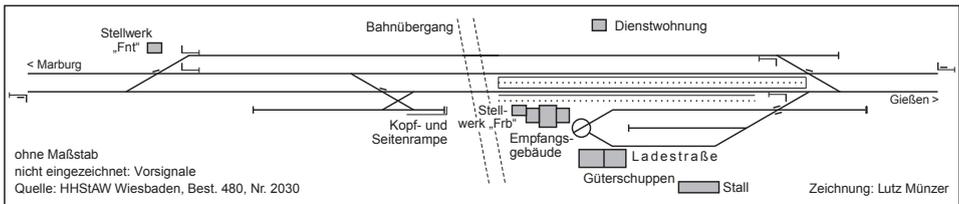


Abb. 4: Schematische Darstellung des Gebäudebestands und der Gleisanlagen 1910

Dach sollte Futter untergebracht werden. Es ging wesentlich um die Unterbringung des in großem Umfang seitens der Bahnbediensteten gehaltenen Kleinviehs.

Neben dem Bahnhof gab es in Fronhausen auch eine Bahnmeisterei, also eine für den Streckenunterhalt zuständige Dienststelle. Ihr unterstand ein Streckenabschnitt, der im Norden bis jenseits des Bahnhofs Niederwalgern und im Süden bis über den Haltepunkt Friedelhausen hinaus reichte. Die einem Bahnmeister unterstehenden Arbeiter, eingeteilt in „Rotten“, stammten im ländlichen Raum meist aus unter- und kleinbäuerlichen Schichten. Die Anzahl der bei der Bahnmeisterei Fronhausen Beschäftigten dürfte bei 20 bis 30 Personen gelegen haben. Hinzu kamen 10 bis 15 Personen, die direkt im Bahnhof tätig waren. Damit stellte die Eisenbahn in Fronhausen, das 1905 ca. 1.100 Einwohner aufwies, einen wichtigen, wahrscheinlich sogar den wichtigsten Arbeitgeber dar. Die Bahn war wohl ein wesentlicher Grund dafür, dass zwischen 1895 und 1910 die Bevölkerungszahl Fronhausens um 16,4% zunahm, wäh-



Abb. 5: Das ehemalige Magazin- und Stallgebäude mit Waschküche dient inzwischen als Stall für Reitpferde (Aufnahme: 20. Sept. 2022)

rend im gesamten Kreis Marburg – ausschließlich der Kreisstadt – das Bevölkerungswachstum im gleichen Zeitraum nur 7,5 % betrug.

### **Kriege und Krisen: 1914 bis 1945**

Die Jahrzehnte nach dem Ausbau des Bahnhofs gestalteten sich für die Main-Weser-Bahn und die an ihr lebenden Menschen abwechslungsreich, häufig durchaus auch belastend. Besonders in den beiden Weltkriegen wurde die Eisenbahn bis über ihre Leistungsgrenzen hinaus beansprucht (POHL 1999, HILDEBRAND 1999).

Die Daten der Bahnhofsstatistik 1928 zeigen Fronhausen als einen kleinen Landbahnhof, von dem im täglichen Durchschnitt etwa 350 Personen abfahren. Das spricht bei einer Einwohnerzahl von 1.330 Bewohnern für eine beträchtliche Pendleranzahl. Zusätzlich wurden etwa 11.000 Tonnen Güter empfangen oder versandt, wobei der Empfang überwog – nicht überraschend bei einem gewerbearmen Ort. 1939 wurde am Südkopf des Bahnhofs ein weiteres Stellwerk in Betrieb genommen. Seine Anlage dürfte mit einer Verlängerung des Überholungsgleises südwärts um etwa 100 Meter im Zusammenhang stehen. Neben dem Stellwerk im Süden kreuzte ein Feldweg die Gleise. Der Weichenwärter war zugleich für den Schrankendienst zuständig.

Im Zweiten Weltkrieg blieb Fronhausen zwar von umfassenden Bombardierungen verschont. Gleichwohl gab es Schäden an der Bahnhofsanlage: Durch Fliegerbeschuss geriet das Stellwerk am Nordkopf in den letzten Kriegsmonaten in Brand. 1946 fand der Wiederaufbau des Gebäudes statt.

## Allmählicher Niedergang und umfassender Rückbau

Trotz der schweren Kriegsschäden ist der Eisenbahnverkehr in der Bundesrepublik Deutschland binnen weniger Jahre nicht nur wieder in Gang gekommen, sondern erreichte hinsichtlich Umfang und Qualität ein hohes Niveau (SCHULZ 1999). Allerdings veränderte sich der Verkehrsmarkt nun grundlegend, wurde doch binnen kurzer Zeit für einen großen Teil der Bevölkerung das eigene Kraftfahrzeug verfügbar, und im Güterverkehr bot der Lkw zunehmend eine attraktive Alternative zum Schienenverkehr. Die seit 1949 als „Deutsche Bundesbahn“ firmierende und seit den frühen fünfziger Jahren mit wachsenden Betriebsverlusten konfrontierte Staatseisenbahnverwaltung begegnete den neuen Herausforderungen mit einer breiten Mischung aus Modernisierung, Angebotsveränderungen und nicht zuletzt Stilllegungen wenig frequentierter Strecken (SCHULZ 1999).

Auch in Fronhausen wurden diese Veränderungen spürbar. Es begann beim Güterverkehr. Zunächst konzentrierte die DB die Abfertigung von Teilladungen, dem sogenannten „Stückgut“, auf eine immer geringer werdende Anzahl von Bahnhöfen. Am 1. Januar 1962 endete in Fronhausen die entsprechende Abfertigung. Ab 1. September 1976 war die Abfertigung von Reisegepäck und kleinen Sendungen, dem „Expressgut“, in Fronhausen nicht mehr möglich. Am 1. März 1982 schloss die Fahrkartenausgabe, und seit dem 2. Juni 1991 konnten keine Wagenladungen mehr umgeschlagen werden. Ohnehin war zuletzt kaum noch etwas abzufertigen gewesen: 1989 wurden lediglich noch 13 Wagen mit einer Last von 335 Tonnen empfangen, Versand fand bereits nicht mehr statt.

Dem standen Modernisierungen in vielfacher Hinsicht sowie Reduzierungen im Anlagenbereich gegenüber. Auffallendste Maßnahme dürfte die Umstellung auf elektrischen Betrieb gewesen sein. Sie erfolgte am 20. März 1967, gestattete Verkürzungen der Reisezeiten um etwa 10 bis 20 Prozent und ermöglichte auch erhebliche Beschleunigungen im Güterverkehr. Im Kontext mit der Elektrifizierung wurde 1965 südlich des Bahnhofs auf der Ostseite ein „Unterwerk“ für die Bahnstromversorgung angelegt. Vereinfachungen der Gleisanlagen hatten bereits vor der Elektrifizierung stattgefunden. Die pflegeaufwändigen Kreuzungsweichen wurden durch einfache Weichen ersetzt, im Bereich der Ladestraße südlich des Bahnhofs blieb nur ein Gleis erhalten. Abgebrochen wurde u. a. der mehrgeschossige Anbau am Güterschuppen, er hatte Wohnungen und Büroräume enthalten.

In den Jahren 1978/79 veränderte der Bahnhof Fronhausen völlig sein Gesicht. Die Landesstraße vom Ebsdorfergrund nach Gladenbach erhielt eine neue Trasse und kreuzte die Main-Weser-Bahn nun nördlich der Ortslage Fronhausen. Innerörtlich wurde die bisherige Landesstraße am Bahnhof zum Rad- und Fußweg zurückgebaut und in einem Tunnel unter den Gleisen hindurchgeführt. Zeitgleich modernisierte die Deutsche Bundesbahn die Sicherungsanlagen im Bereich Fronhausen/Niederwalgern und beseitigte nahezu sämtliche Nebengleise sowie das Überholungsgleis.

Der Bahnhof Niederwalgern erhielt ein Stellwerk mit der damals neuesten Technik und steuerte seit dem 12. Dezember 1979 den Zugverkehr auch im Bereich Fronhausen ([www.stellwerke.info](http://www.stellwerke.info), aufgerufen am 18. Oktober 2024). Das Stellwerksgebäude am Nordende des Bahnhofs sowie der Stellwerksanbau am Empfangsgebäude wurden bald darauf beseitigt. Nach Ersatz des schienengleichen Bahnübergangs durch eine Brücke konnte am 27. September 1996 die Besetzung des seit 1979 nur noch als Schrankenposten dienenden ehemaligen Stellwerks am Südenende des Bahnhofs aufgegeben werden. Am 16. November 1996 fand der Abriss des Gebäudes statt.

Die Bahnmeisterei in Fronhausen ist zu einem nicht bekannten Zeitpunkt geschlossen worden. Ihre Aufgaben wurden den entsprechenden Dienststellen zunächst in Lollar, später in Gießen übertragen. Die Nutzung eines im frühen 20. Jahrhundert für die Dienststelle errichteten Magazingebäudes fand noch bis in die 1980er Jahre statt. Anders sieht es mit den weiteren Hochbauten aus: Das Empfangsgebäude befindet sich schon seit Jahrzehnten in privater Nutzung. Den Güterschuppen verwandte die Gemeinde zunächst geraume Zeit als Streusalzlager. Seit Beginn dieses Jahrzehnts bis zum 1. Mai 2024 befand sich hierin eine Gaststätte, nachdem das Bauwerk sorgfältig saniert und durch einen Anbau zur Aufnahme von Küchen- und Lagerräumen erweitert worden war. Das um 1910 gebaute Magazin- und Stallgebäude dient seit längerer Zeit, in ansprechendem Bauzustand, als Stall für Reitpferde (Abb. 5). Zumindes teilweise konnte somit eine Weiter- oder Umnutzung des Gebäudebestands sichergestellt werden.



Abb. 6: Das ehemalige Bahnmeistereigebäude (Aufnahme: 20. Sept. 2022)



Abb. 7: Früheres Stellwerk „Fronhausen Süd“, zuletzt lediglich Schrankenwärterposten, Aufnahme vom 2. März 1996. Im gleichen Jahr fand der Abbruch statt.



Abb. 8: Durchfahrender Fernschnellzug „Roland“ von Bremen nach Zürich im Jahr 1960. Rechts ist der Bahnübergang erkennbar. (Sammlung Richter)



**Abb. 9: Bahnhof Fronhausen (Lahn) am 3. März 1996 mit südwärts fahrendem Reisezug. Links vom Empfangsgebäude ist der ehemalige Güterschuppen sichtbar. Die Anordnung der Bahnsteige stammt aus dem Jahr 1979.**

### **Angebot und Kundenkreis im Personenverkehr haben sich verändert**

Die Main-Weser-Bahn büßte seit den 1950er Jahren im Fernreiseverkehr an Bedeutung zugunsten der Nord-Süd-Verbindung über Fulda ein. Mit der Fertigstellung der Neubaustrecke Würzburg – Fulda – Göttingen – Hannover wurde sie 1991 im Personenfernverkehr vollends zweitrangig. Lediglich in zweistündlichem Takt verkehren seitdem schnellfahrende Reisezüge (MÜNZER 2015). Sie fallen in jüngerer Zeit häufig aus bzw. nehmen bei den mittlerweile zahlreichen Verspätungen oft den schnelleren Weg über Fulda.

In dem für Fronhausen allein relevanten Nahverkehr unterlag die Zugfrequenz seit den fünfziger Jahren für geraume Zeit nur geringen Veränderungen: Pro Tag und Richtung waren etwa 15 Züge eingesetzt, an Wochenenden weniger und mit zunehmenden Einschränkungen seit Mitte der siebziger Jahre. Andererseits begannen in den frühen 1980er Jahren grundlegende Veränderungen: Die Zahl der Pendler in das Rhein-Main-Gebiet stieg. Die DB reagierte auf diese Entwicklung durch Einrichtung verbesserter Verbindungen. Nahm die Fahrt mit den beiden zur Verfügung stehenden Direktverbindungen von Fronhausen nach Frankfurt im Winter 1974/75 noch etwa anderthalb Stunden in Anspruch, so enthielt der Fahrplan 1980/81 zwei Züge, die nur 1.11 bzw. 1.19 Stunden bis Frankfurt benötigten. 1982 gab es sogar eine Frühverbindung, bei der man nur noch 1.03 Stunden unterwegs war.



**Abb. 10: Das Bahnhofsgebäude von Fronhausen (Lahn) heute** (Aufnahme: 20. Sept. 2022)

In den folgenden Jahren erfuhr die Anzahl der für das Pendeln ins Rhein-Main-Gebiet in Betracht kommenden Verbindungen allmählich eine Vermehrung, bei einzelnen davon wurden um 1990 Fahrzeiten von knapp einer Stunde erreicht. An den Reisezeiten hat sich in den folgenden Jahren wenig geändert, jedoch stieg die Zahl der umsteigefreien Verbindungen vor allem im Kontext mit der Einführung des „Mittelhessen-Express“ zum Fahrplanjahr 2006/2007 erheblich. Das Gesamtangebot an Reisezügen ist seit den frühen neunziger Jahren in mehreren Schüben erheblich ausgeweitet worden und liegt derzeit bei ca. 70 an Werktagen außer Samstagen bzw. 40 an Samstagen sowie Sonn- und Feiertagen. Jedoch mindern in zunehmendem Maße Unpünktlichkeit sowie in erheblichem Umfang Zugausfälle den Wert dieses eigentlich attraktiven Angebots. Auch der 2023 erfolgte Wechsel beim Betreiber – an die Stelle der bundeseigenen Eisenbahn (DBAG) trat die landeseigene Eisenbahn (Hessische Landesbahn) – brachte bisher keine spürbare Verbesserung.

Trotz dieser eher unvorteilhaften Entwicklungen in der jüngeren Vergangenheit darf von einer Zunahme der Kundenfrequenz ausgegangen werden: Laut Zählung im Januar 1993 betrug die Zahl der Zusteiger in Fronhausen im werktäglichen Mittel 467 Personen, also etwa das eineinhalbfache im Vergleich zu 1928. Damit befand sich Fronhausen 1993 an 11. Stelle unter den damals 28 Stationen zwischen Kassel und Gießen. Nimmt man an, dass die Zunahme des Aufkommens in Fronhausen der allgemeinen Zunahme des Fahrgastaufkommens im Schienenverkehr seitdem entspricht, so wird man heute von knapp der doppelten Anzahl an Fahrgästen ausgehen dürfen.

Freilich steht dahin, ob nicht inzwischen ein Änderungsprozess bei den Fahrtzwecken eingetreten ist: Die Unzuverlässigkeit des Angebots reduziert seine Eignung für den Personenkreis, der zwingend auf pünktliches Erscheinen etwa am Ausbildungs- oder Arbeitsplatz angewiesen ist, so dass der Anteil der Freizeitkunden, motiviert durch kostengünstige Angebote wie dem sogen. Deutschlandticket, im Steigen begriffen sein dürfte.

Nicht zuletzt vor dem Hintergrund der schwierigen Wohnraumsituation im Rhein-Main-Gebiet und auch in Marburg wird gerade in jüngerer Zeit der Bahnanschluss die Entwicklung des Ortes Fronhausen als Wohnort positiv beeinflusst haben. Inzwischen ist dieser Standortvorteil freilich durch die zunehmenden Unzulänglichkeiten im Reisezugverkehr eher mit einem Fragezeichen zu versehen.

## Literatur

- BORN, M. (1967): Die Randgebiete des Rheinischen Schiefergebirges im Bereich des Hinterlandes. In: LAUER, W. (Hrsg.): Marburg und Umgebung – Ein landeskundlicher Exkursionsführer. *Marburger Geographische Schriften* 30: 151–170.
- BRAKE, L. (1991): Die ersten Eisenbahnen in Hessen. Eisenbahnpolitik und Eisenbahnbau in Frankfurt, Hessen-Darmstadt, Kurhessen und Nassau bis 1866. In: *Veröffentlichungen der Historischen Kommission für Nassau* 51.
- BRAKE, L. (2000): Über Fulda oder über Gießen – die Entstehung der Bahnverbindungen zwischen Kassel und Frankfurt im 19. Jahrhundert. In: *Jb. für Eisenbahngeschichte* 32: 5–16.
- GALL, L. (1999): Eisenbahn in Deutschland: Von den Anfängen bis zum Ersten Weltkrieg. In: GALL, L. & M. POHL (Hrsg.): Die Eisenbahn in Deutschland – Von den Anfängen bis zur Gegenwart: 13–70. München.
- GESCHÄFTSBERICHT 1865 = Bericht über den Betrieb der Main-Weser-Bahn im Jahre 1865. Kassel 1866, enthalten in: HStAM Best 16, Nr. 12262.
- HACAULT, E. (1855): Der Eisenbahn-Hochbau, dargestellt in einer Sammlung ausgeführter Entwürfe von Bahnhöfen und den dazu gehörigen Baulichkeiten. Erste Abtheilung. Kurfürst-Friedrich-Wilhelms-Nordbahn, Main-Weser-Bahn. Berlin.
- HILDEBRAND, K. (1999): Die Deutsche Reichsbahn in der nationalsozialistischen Diktatur 1933–1945. In: GALL, L. & M. POHL (Hrsg.): Die Eisenbahn in Deutschland – Von den Anfängen bis zur Gegenwart: 167–243. München.
- LIEBL, T. (1985): Historischer Teil. In: 1835–1985 – 150 Jahre Deutsche Eisenbahnen – Offizieller Jubiläumsband der Deutschen Bundesbahn, 150 Jahre Deutsche Eisenbahnen: 2–39. München.
- MÜNZER, L. (2000): Verkehr und Anlagen der nördlichen Main-Weser-Bahn im späten 19. und frühen 20. Jahrhundert. In: *Jb. für Eisenbahngeschichte* 32: 29–60.
- MÜNZER, L. (2002): Vom Kondominat zur Preußischen Staatseisenbahn – aus der Geschichte der Main-Weser-Bahn zwischen 1866 und 1880. In: *Zft. des Vereins für hessische Geschichte und Landeskunde* 107: 291–314.
- MÜNZER, L. (2008): Niederwalgern. In: PREUSS, E. (Hrsg.): *Das große Archiv der Deutschen Bahnhöfe* 80. Ergänzungsausgabe. München.

- MÜNZER, L. (2013): Lollar. In: PREUSS, E. (Hrsg.): *Das große Archiv der deutschen Bahnhöfe* 109. Ergänzungsausgabe. München.
- MÜNZER, L. (2015): Die Entwicklung des Streckennetzes um Marburg. In: KLEIN, U. (Red.): Die Stadt und ihr Bahnhof – Zur Entwicklung des Schienenverkehrs und des Marburger Bahnhofsviertels. *Marburger Stadtschriften zur Geschichte und Kultur* 103: 1–39.
- MÜNZER, L. (2021): Bahnhof Neustadt (Hessen) – Aus der Geschichte einer kleinen Station an einer großen Bahn. *Heimatbücher Neustadt (Hessen)*. Neustadt (Hessen).
- MÜNZER, L. (2022): Cölbe – Erndtebrück (Fortsetzung). In: MÜNZER, L. (Hrsg.): *Neben- und Schmalspurbahnen in Deutschland* 130. Ergänzungsausgabe. München.
- POHL, M. (1999): Von den Staatsbahnen zur Reichsbahn 1918–1924. In: GALL, L. & M. POHL (Hrsg.): *Die Eisenbahn in Deutschland – Von den Anfängen bis zur Gegenwart*: 75–107. München.
- SCHULZ, G. (1999): Die Deutsche Bundesbahn 1949–1989. In: GALL, L. & M. POHL (Hrsg.): *Die Eisenbahn in Deutschland – Von den Anfängen bis zur Gegenwart*: 317–376. München.
- STRACK, K. (2010): 150 Jahre Eisenbahn im Siegtal. Nümbrecht.

**Quellen** (das Kürzel Best. für Bestand wird im Text nicht verwandt)

HESSISCHES STAATSARCHIV MARBURG (HStAM):

- Best. 16 Ministerium des Innern
- Best. 150 Oberpräsidium der Provinz Hessen-Nassau
- Best. 180 Landratsämter
- Best. 605,1 Eisenbahndirektion Kassel
- Sammlung 15

HESSISCHES HAUPTSTAATSARCHIV WIESBADEN (HHStAW):

- Best. 480 Reichsbahndirektion Frankfurt am Main.

Bahnhofsstatistik = Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft, Reichsbahndirektion Frankfurt (M) (1929): *Bahnhofsstatistik Geschäftsjahr 1928*. o. O.

**Autor**

Dr. Lutz Münzer  
 Haspelstraße 27  
 35037 Marburg  
 E-Mail: karten-muenzer@t-online.de

**KÖHLER, INGO**

## **Die Lahn als Schifffahrtsweg<sup>1</sup>**

Verkehr ist Ausdruck der industriellen Moderne und damit einer Zeit, in der der Transport von Waren aus der Region in die zunehmend globale Welt immer wichtiger geworden ist. Eine der stärksten Kräfte für wirtschaftliches Wachstum ist schon seit dem 19. Jahrhundert die zunehmende Integration der Märkte und der interregionale bzw. internationale Austausch von Waren. Letzterer wiederum ist ein Zeichen von produktiver Arbeitsteilung und dem Ausgreifen unserer regionalen Unternehmen auf weltweite Märkte.

Globalisierung hatte und hat immer den Ausgangspunkt in der Region! Daher sind auch die infrastrukturellen und wirtschaftspolitischen Rahmenbedingungen so wichtig, die hier vor Ort an unseren Wirtschaftsstandorten geschaffen werden. Dies ist eine Erkenntnis, die den Akteuren während der ersten Phase der Globalisierung im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts sehr bewusst war – ein historischer Erfahrungswert gleichsam –, der in der Euphorie über das Ausgreifen der nicht mehr wirklich realwirtschaftlichen Finanzmärkte Ende des 20. Jahrhunderts etwas in Vergessenheit geriet.

Der Transport ist ein entscheidender Faktor, um Produkte, Rohstoffe und Menschen möglichst schnell von A nach B zu bringen und er ist eine unverzichtbare Grundlage, damit unsere Unternehmen an den internationalen Märkten präsent sein können. Auch den damaligen Produzenten und Händlern (Erze/Eisen/Lahnmarmor) musste es darum gehen, dass ihre lokalen Produktionsstätten möglichst eng mit den Märkten verknüpft waren.

Zu den ersten Lebensadern der Industrialisierung – noch weit vor den Eisenbahnen – avancierten die Wasserstraßen. So begann die industrielle Moderne mit ehrgeizigen Kanalbauprojekten, was oft in Vergessenheit gerät. Napoleon plante den Nordkanal, um den Seehafen Antwerpen mit der Maas und dem Rhein zu verbinden. In England brach Ende des 18. Jahrhunderts das Kanalbaufieber aus. Die Flüsse Mersey, Trent, Severn und die Themse waren schon erschlossen und wurden nun durch immer größere Kanäle miteinander verbunden, um die Waren aus dem Norden und Zentral-England nach London und zu den Seehäfen zu verbringen. 1839 verkehrten die ersten Dampfschlepper auf dem Rhein bis nach Rotterdam. Ende des Jahrhunderts begann die Erschließung des Ruhrgebiets durch künstliche Wasserstraßen; die Arbeiten an dem Dortmund-Ems-Kanal oder dem Mittellandkanal begannen.

In diesen historischen Kontext fallen auch die Pläne der Schiffbarmachung der Lahn. Im Archiv des „Lahnkanal-Verein“ finden sich Hunderte von Fotografien, meist aus den 1950er und frühen 1960er Jahren. 1953 beauftragte der Verein den Braunfelser

---

<sup>1</sup> Kurzfassung des Eröffnungsvortrags vom 4. September 2024 zur Wanderausstellung „Die Lahn als Schifffahrtsweg“ im Hessischen Staatsarchiv Marburg, Friedrichsplatz 15.

Fotografen Kurt Röhrig (ein Schüler des weltbekannten Industriefotografen Dr. Paul Wolff, 1887–1951), die technischen Bauten an der Lahn zu dokumentieren. Die Aufnahmen zeigen Brücken, Wehre, Schleusen, Verladeanlagen und Wasserkraftwerke an dem als Bundeswasserstraße klassifizierten Teil der Lahn vom Badener Wehr bei Gießen bis Lahnstein.

Besondere Erwähnung verdient der originalgetreue Nachbau eines Lahn-Transportschiffs, der *MS Eduard Kaiser* aus der Werft Schaubach-Graemer in Koblenz. Es handelt sich um einen Motor-Lastkahn aus dem Jahre 1913/14, der bis in die 1960er Jahre auf der Lahn unterwegs war. Benannt ist das Schiff übrigens nach dem Montanindustriellen Eduard Kaiser, der 1855 in Witten geboren und 1911 in Braunsfels gestorben ist. Er war seit 1901 für zehn Jahre Alleinvorstand der Buderus'schen Eisenwerke und ab 1900 erster Präsident der Industrie- und Handelskammer Wetzlar.

Legt man die Quellen des Lahnkanal-Vereins zusammen, so entsteht mit jedem Mosaikstein ein spannendes Gesamtbild, in dem sich nicht nur die Geschichte der Lahn spiegelt, sondern vielmehr auch eine Ideengeschichte der Raumgestaltung über Verkehrswege, die als Garanten für Arbeit, Wohlstand und Zukunftsperspektiven angesehen wurden. Einige Wegmarken seien im Folgenden skizziert.

Um 1810 war die Lahn zumindest von der Rheinmündung bis nach Weilburg schiffbar, – allerdings mit vielen – im wahrsten Sinne – Unwägbarkeiten. Die Lahn war weder von Geröll geräumt noch war der Wasserstand reguliert. Im Frühjahr und Herbst gab es oft Hochwasser, im Winter Eisgang und im Sommer führte der Fluss oft zu wenig Wasser, um Transportschiffe mit auch nur 500 bis 1000 Zentner / rund 50 t Zuladung fahren zu lassen. Bei den Schiffen selbst handelte es sich (teilweise noch bis in das 20. Jahrhundert hinein) um sog. Treidelschiffe, also Schleppkähne, die von Pferden gezogen oder auch mit Manneskraft gestakt wurden. Man brauchte bei gutem Wasserstand 14 Tage für den Transport bis zum Rhein. Und dort mussten die Güter aufwendig auf größere Rheinschiffe umgeladen werden.

Der Missstand des Lahnschiffahrt war bekannt. Schon 1816 planten das Königreich Preußen und das Herzogtum Nassau gemeinsam, die Lahn auszubauen. Umgesetzt wurde die Idee allerdings nicht, da insbesondere Nassau vor den hohen Kosten zurückschreckte. Erst als der Bergbau im Lahnumland ab 1830 Fahrt aufnahm, wurden die Pläne wieder konkreter. 1844 vereinbarten die drei Lahnranrainerstaaten Nassau, Preußen und Hessen, die Lahn weiter bis Gießen schiffbar zu.

Teil dieser ersten Erschließungsphase war der bis heute spektakulär anzuschauende (und europaweite einzige) Schiffstunnel in Weilburg, der im Auftrag von Herzog Adolf Graf zu Nassau gebaut und 1847 eröffnet wurde (Abb. 1). Das Ziel lautete, dass Kähne mit über 30 m Länge, 3 m Breite und über 60 cm Tiefgang die Lahn bis in die wichtigen Industriezentren Oberhessens befahren sollten. Dazu brauchte man eine durchgängige Wassertiefe von 93,7 m.

15 Jahre später, 1859 waren die notwendigen Baumaßnahmen vorgenommen, Nadelwehre, Schleusen und Anlegestellen gebaut. Um diese Zeit erreichte der Umfang



**Abb. 1: Oberportal des Schiffstunnels der Lahn bei Weilburg (1953, km 38,7)**  
(Foto: © HWA/Kurt Röhrig, Braunfels, HWA-Bestand 30, Nr. 54112)

des Transports seine Rekordhöhe von 175.000 t (1861). Der anfängliche Boom endete aber recht abrupt, und dies hatte zwei Gründe: Zum einen eröffnete 1863 die Lahntal-Eisenbahn zwischen Oberlahnstein und Wetzlar. Allein der Umstand, dass die Bahn wesentlich größere Frachtmengen aufnehmen und ohne Unterbrechungen weiter in die Zentren des Ruhrgebiets liefern konnte, machte sie gerade für den Erz- und Marmor-Transport attraktiv. Zum anderen geriet die deutsche Eisenerzindustrie erstmals unter Wettbewerbsdruck, weil über die Seehäfen und das Ruhrgebiet immer mehr ausländische Eisenerze nach Deutschland kamen, was die Marktchancen des heimischen Bergbaus schwächte.

Im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts stellte sich im Kontext der vielfältigen Debatten um Schutzzoll oder Freihandel die wichtige Frage, wie man die Existenzbedin-

gungen der Wirtschaft an der Lahn verbessern könnte. Frachtkosten senken war die Devise. Dies veranlasste dazu, neu über eine Kanalisierung der Lahn nachzudenken. 1891 kamen Vertreter aus Politik, Verwaltung und Wirtschaft in einer Lahnkommission zusammen und schmiedeten neue Pläne zum Ausbau der Wasserstraße und ihrer Einbindung in ein weitreichendes Transportnetz. 1903 gründete sich aus dieser Kommission der Lahnkanal-Verein in Limburg. Er forderte eine Vollkanalisierung, um darauf endlich auch Motorschiffe fahren lassen zu können. Träger der Initiative waren hauptsächlich die Bergbaubetriebe des Lahngiets, die insbesondere Güter in das Ruhrgebiet und an die Nordsee transportieren wollten. Die Initiative kam einer Art Rettungsanker gleich. Man versuchte, die rückläufige Lahnschifffahrt und den sinkenden Absatz der Eisenindustrie aufzufangen und der Region eine neue Lebensader zu geben.

Erste Erfolge zeigten sich rund 20 Jahre später: Nach dem Ersten Weltkrieg, als die Inflation große Bauprojekte stark verbilligte und einen Investitionsboom auslöste, wurde die Schiffbarmachung der Unteren Lahn für Motorschiffe bis 190 t realisiert. 1925 konnte man erstmals von der Mündung zumindest bis Steeden gelangen.

Die weiteren Ziele des Vereins waren ambitioniert, um nicht zu sagen, utopisch. Man plante die Vollschiiffbarmachung der Lahn, dazu per Querkanäle direkte Verbindungen zur Fulda, Weser und zum Main. 1.000 t-Schiffe sollten auf der Lahn Platz



Abb. 2: Umschlaghafen in Limburg an der Lahn (1953, km 76,0) (Foto: © HWA/Kurt Röhrig, Braunschweig, HWA-Bestand 30, Nr. 54148)

finden. In Gießen sollte ein großer Lahnhafen entstehen, der zugleich als Verkehrsknotenpunkt für ein neues Industriegebiet mit direktem Anschluss an die Main-Weiser-Eisenbahn gedacht war. In der frühen NS-Zeit gab es schließlich auch Überlegungen, die Wasserstraße zur Energiegewinnung des städtischen Elektrizitätswerkes zu nutzen. Diese waren aber eher halbherzig. Während des Dritten Reichs galt der Fokus der neuen Machthaber ohnehin dem Straßen- und Autobahnbau als Grundlage für die Mobilität der Zukunft. Spätestens mit Beginn des Zweiten Weltkrieges verschwanden sämtliche Pläne und Petitionen des Vereins in der Schublade.

Erst in den 1950er und beginnenden 1960er Jahren keimten die Lahn-Projekte erneut auf und die öffentliche Sichtbarkeit des Lahnkanal-Vereins hatte einen zweiten und letzten Höhepunkt. Mehrere Machbarkeitsstudien wurden auf seine Initiative hin vom Bundesverkehrsministerium und dem Land Hessen in Auftrag gegeben. Die Gutachten ähnelten in einigen Punkten ihren Vorläufern aus der Jahrhundertwende. Bund und Land prüften, ob sich der Ausbau der Lahn „als Hilfsmaßnahme für das Lahn-Dill-Gebiet“ eigne und der heimischen Industrie zur „Bewältigung der Herausforderungen der wirtschaftlichen Integration“ dienen könne – dies gelte insbesondere vor dem Hintergrund des absehbaren Wandels in der Erz- und Eisenindustrie.

Wieder dominierte also die Idee der regionalen Wirtschaftsförderung durch eine Verbilligung der Frachten. Und natürlich ging es darum, die Wettbewerbsfähigkeit der



**Abb. 3: Verladung von Getreide auf den „SK Lahntreue“ oberhalb von Diez (1953, km 84,0)**  
(Foto: © HWA/Kurt Röhrig, Braunfels, HWA-Bestand 30, Nr. 54103)

heimischen Wirtschaft gegenüber der ausländischen Konkurrenz zu stärken. Neu war allerdings, dass man Vernetzung und Integration nun auch als gemeinsame Chance für Europa sah. Die Gutachten thematisierten ausführlich, ob durch einen ausgebauten Schifffahrtsweg Lahn auch überregional positive Impulse für die wirtschaftliche Vernetzung im Kontext des Abschlusses des EWG-Vertrages erreicht werden könnte. Der Lahn-Ausbau wurde also als möglicher Baustein für das Zusammenwachsen Europas angesehen.

Das Urteil der Gutachten war fatal: zu teuer, nicht effizient! Die Bau- und Wegekosten galten als viel zu hoch, die zu erwartende Wirkung auf die Frachttarife wurde als zu niedrig angesehen. Außerdem machte das Gutachtergremium 1963 bereits sehr deutlich, dass der Bergbau nicht mehr zu retten sei und den Preiskampf mit dem Ausland kaum gewinnen könne. Dieser Zweig galt schlicht als verloren; man werde, wenn überhaupt, nur die Gießereien und eisenverarbeitenden Industrien halten können.

Die Lahn-Kanalisation, so könnte man zusammenfassend sagen, starb mit der Industrie, die sie eigentlich fördern sollte. Sie war somit ein Opfer des Strukturwandels. Der Lahnkanal-Verein löste sich schließlich 1976 auf. Heute muss man aus ökologischen Überlegungen wohl sagen, „gut, dass das Projekt scheiterte“, denn die Eingriffe der Kanalisation in die Naturräume wären massiv, die Schäden riesig gewesen.

## Literatur

- ADAMS, F. (2020): Unvollständiger Niedergang. Verlauf und Ausmaß des Bedeutungsverlustes der Lahnfrachtschifffahrt 1859–1900. In: *Nass. Annalen* 131, S. 243–258.
- ECKOLDT, M. (1979): Die Geschichte der Lahn als Wasserstraße. In: *Jahrbuch des Vereins für Nassauische Altertumskunde und Geschichtsforschung*, S. 99–123. Wiesbaden.
- ESCHKE, P. (2022): Die Lahn als Wasserstraße zwischen Gießen und Leun. Planung, Bau und Betrieb einer Wasserstraße im 19. und 20. Jahrhundert mit Dokumentationen der einzelnen Wasserbaumaßnahmen. Gießen. 229 S.
- FERGER, M. (o.J.): Die Lahn als Wasserstraße. Online: <https://www.industriekultur-lahn-dill.de/lahn-als-wasserstrasse>.
- WASSERSTRASSEN- UND SCHIFFFAHRTSAMT KOBLENZ (Hrsg., 2019): Lahnkonzept Status-Analyse – Teilbericht Historie und Denkmalschutz –. Online: [https://www.lila-livinglahn.de/fileadmin/files/lila/public/Actions/A1/Grundlagenermittlung/Grundlagen/Teilbericht\\_Historie\\_und\\_Denkmalschutz/Teilbericht\\_Historie\\_und\\_Denkmalschutz.pdf](https://www.lila-livinglahn.de/fileadmin/files/lila/public/Actions/A1/Grundlagenermittlung/Grundlagen/Teilbericht_Historie_und_Denkmalschutz/Teilbericht_Historie_und_Denkmalschutz.pdf).

## Autor

apl. Prof. Dr. Ingo Köhler  
Hessisches Wirtschaftsarchiv  
Karolinenplatz 3  
64289 Darmstadt  
E-Mail: [koehler@hessischeswirtschaftsarchiv.de](mailto:koehler@hessischeswirtschaftsarchiv.de)

## **Nachweise potenzieller Meilerplatten im Burgwald mit Hilfe einer GIS-gestützten digitalen Reliefanalyse**

Die historische Köhlerei hat in den mitteleuropäischen Wäldern zahlreiche Spuren hinterlassen. Vor allem die sogen. Meilerplatten (auch *Meilerplattform*, *Köhlerplatz*, *Meiler-Kohleplatte*, *Köhlerplatte* oder *Köhlerplattform*) sind im Gelände oft noch gut zu erkennen, denn sie heben sich meist als nahezu kreisrunde Verebnungen mit einem Durchmesser von ca. 8 bis 15 Metern deutlich von ihrer Umgebung ab. Von großem Nutzen waren die Meiler vor allem bis ins 19. Jahrhundert, da die Holzkohle bis zur Einführung der Steinkohle den einzig brauchbaren Brennstoff zur Eisenverarbeitung darstellte. Die Kartierung der Meilerplatten ist aus Gründen des Denkmalschutzes und zur Rekonstruktion der historischen Landnutzung erstrebenswert, jedoch ist ihre Erfassung durch Kartierungen im Gelände mit einem sehr großen Zeitaufwand verbunden. Als effektives Mittel zum flächenhaften Nachweis der Meilerplatten haben sich digitale Geländemodelle herausgestellt, die im Folgenden für den Burgwald erstmals zu diesem Zweck angewandt wurden.

### **Holzkohle und Köhlerei**

Holzkohle besaß bis ins 19. Jahrhundert eine große Bedeutung, bevor sie durch Steinkohle ersetzt wurde. Verwendung fand sie häufig in Hüttenwerken und kleineren Handwerksbetrieben und Schmieden der Eisenherstellung, um die nötige Temperatur für die Eisenschmelze zu erzeugen (RAAB 2022). Bis ins 16. Jahrhundert wurde die Köhlerei in Deutschland fast ausschließlich in Grubenmeilern betrieben. Erst Anfang des 17. Jahrhunderts begannen die Köhler, dezentrale Meilerplatten zu nutzen. Je nach Region und Relief war die Größe dieser Platten durchaus unterschiedlich. In Hanglagen war sie aufgrund des hohen Aufwands zu ihrer Errichtung oft deutlich kleiner als die sogen. Ringmeiler in ebenen Lagen.

Gemeinsames Kennzeichen von Meilerplatten ist eine leichte Wölbung in der Mitte und ein rund 50 cm tiefer und ebenso breiter Graben um die Platte herum, um eine Entzündung des umgebenden Waldes möglichst zu vermeiden. In der Regel kommen Meilerplatten gruppiert und in regelmäßigen Abständen zueinander vor. Im Profilschnitt sind sie in Hanglage gut zu erkennen, denn zur Erhaltung der ebenen Fläche musste Material hangaufwärts abgetragen und hangabwärts aufgeschüttet werden (Abb. 1).

Bei der Anlage der Plattformen mussten die Köhler auf Hangneigung, Exposition, Höhenlage, Bodenbeschaffenheit, Baumartenzusammensetzung, Menge des zur Verfügung stehenden Holzes, Nähe zu Wasser und zu Transportwegen sowie auf einen gewissen Windschutz achten. Köhlerei ohne Wasser war allerdings nicht ausgeschlossen. Bei Wassermangel wurde der Abkühlungsprozess um einige Tage verlängert oder die Glut durch das Bewerfen mit Erde gelöscht. Durch ihre hohe Resistenz gegenüber

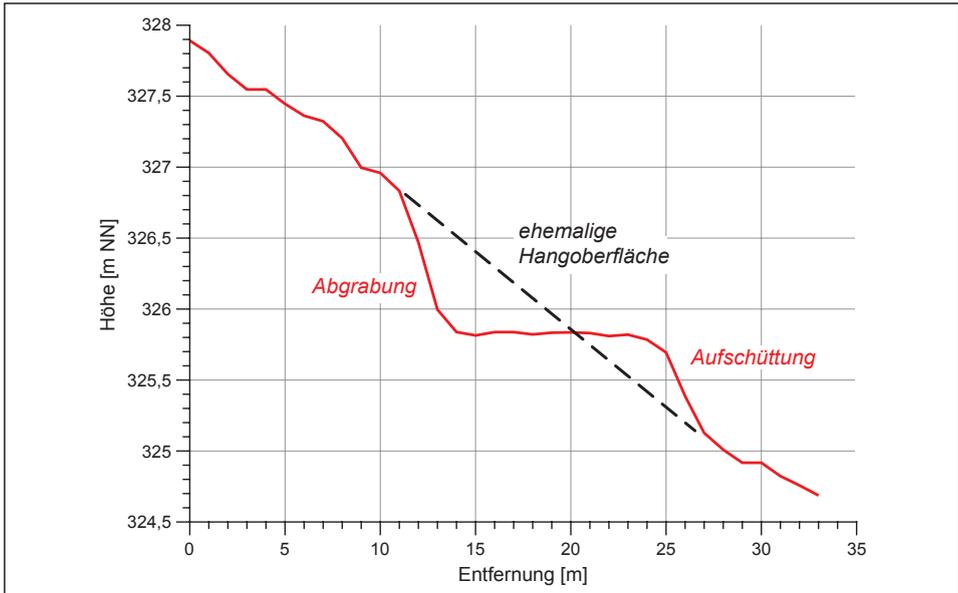


Abb. 1: Typisches Profil einer Meilerplatte, abgeleitet aus Daten des digitalen Geländemodells (Grafik: © S. Harnischmacher)



Abb. 2: Aufgelassene Meilerplatte im Gelände (Foto: © M. Funk)

mikrobiologischer Zersetzung bleibt die Holzkohle sehr lange im Boden erhalten. Oft ist sie an den Standorten der Meilerplatten auch heute noch zu finden. Zur flächendeckenden Erfassung dieser Plattformen haben sich digitale Geländemodelle (DGM) aus Laserscandaten als besonders hilfreich erwiesen. Geländebegehungen sind allerdings zur Verifizierung einzelner Befunde und für die Kartierung der nicht im DGM erkennbaren Meilerplatten unumgänglich.

## Stand der Forschung

Holzkohlemeiler und Köhler- bzw. Meilerplatten sind bereits in verschiedenen Regionen Deutschlands und Europas ausgiebig untersucht worden, u. a. im Schwarzwald (LUDEMANN 2012), Reinhardswald und NP Kellerwald-Edersee (SCHMIDT et al. 2016), Harz (KNAPP et al. 2013, SWIEDER 2019), Südbrandenburg (RAAB et al. 2019, RAAB et al. 2021), in der Niederlausitz (BONHAGE et al. 2021) und in den Südvogesen (NOELKEN 2005). Hier einige Ergebnisse dieser Untersuchungen:

### *Südbrandenburg:*

Allein im ehemaligen Königlich-Tauerschen Forstrevier wurden 440 Meilerplatten pro km<sup>2</sup> kartiert. Insgesamt handelt es sich um mehr als 6.000 Platten in der Umgebung des Eisenhüttenwerks Peitz. Im Tagebauvorfeld Jänschwalde wurden bis zum Jahr 2020 rund 1.400 Meilerplatten nachgewiesen. Die vergleichsweise großen Platten in dieser Region weisen einen mittleren Durchmesser von 15 m auf.

### *Reinhardswald & NP Kellerwald-Edersee, Nordhessen:*

Insgesamt wurden im Reinhardswald 2.626 Meilerplatten (13 Platten/km<sup>2</sup>) und im NP Kellerwald-Edersee 1.308 Meilerplatten kartiert (23 Platten/km<sup>2</sup>). Sie sind ungleichmäßig verteilt und größtenteils ost- (Reinhardswald) oder nordostexponiert (NP Kellerwald-Edersee). Im Reinhardswald befinden sich die Meilerplatten meist in Höhen unter 300 m NN., im NP Kellerwald-Edersee liegen sie meist über 500 m NN.

### *Harz:*

Im Osthartz wurden auf einer Fläche von rund 1.500 km<sup>2</sup> bislang 16.000 Meilerplatten kartiert (11 Platten/km<sup>2</sup>). In den meisten Fällen beträgt der Abstand zum nächsten Fließgewässer unter 200 m. Die Einzugsgebietsgröße der Meilerplatten beträgt im Osthartz zwischen 80 und 300 m<sup>2</sup>.

### *Schwarzwald:*

Von ursprünglich rund 2.500 kartierten Meilerplatten im Schwarzwald konnten 81 % im digitalen Geländemodell erkannt werden. Nach einer weiteren digitalen Reliefanalyse erhöhte sich ihre Zahl auf 9.115 (Stand 2012). Insgesamt ist von einer Dichte von ca. 150 Meilerplatten/km<sup>2</sup> auszugehen.

### *Südvogesen:*

Durch Geländebegehung wurden 200 neuzeitliche Meilerplatten in den Südvogesen nachgewiesen. Sie befinden sich auf Höhen zwischen 420 m und 1230 m NN und weisen einen mittleren Durchmesser von 10 m auf. Die Hangneigung beträgt meist zwischen 18 und 22 Grad, die Hänge sind überwiegend südwest- oder nordexponiert. Ca. zwei Drittel der Meilerplatten lagen maximal 60 m von einem Gewässer entfernt. Teilweise waren sie durch Steine befestigt.

### *Weitere Untersuchungsgebiete:*

In der Niederlausitz wurde eine Dichte von 440 Meilerplatten/km<sup>2</sup> festgestellt (BONHAGE et al. 2021). Im Spessart wurden ca. 200 Meilerplätze auf einem 42 ha großen

Untersuchungsgebiet kartiert (NELLE et al. 2013). Über 1.100 Köhlerplatten mit einem Durchmesser von 7 bis 12 m konnten im Müritz-Nationalpark in Mecklenburg-Vorpommern nachgewiesen werden (bis zu 100 Platten/km<sup>2</sup>) (NELLE et al. 2015).

### **Untersuchungsgebiet**

Der Burgwald ist Teil des Westhessischen Berg- und Senkenlands und damit, wie auch der Oberrheingraben, Teil des tektonischen Grabenbruchsystems, welches sich vom Rhonetal bis hin zum Oslograben erstreckt (WEIHRAUCH & OPP 2016). Er befindet sich, angrenzend an das Rheinische Schiefergebirge, zwischen Marburg an der Lahn und Frankenberg. Begrenzt wird der Burgwald im Norden durch die Eder, im Süden durch die Lahn, im Westen durch die Wetschaft und im Osten durch die Wohra. Beim Burgwald handelt es sich um eine Buntsandsteinschichttafel mit einem geologischen Untergrund aus Sand- und Ton-Schluffsteinen aus dem Mittleren Buntsandstein. In der submontanen Buchen-Mischwaldzone gelegen, ist die potenzielle natürliche Vegetation der Hainsimsen-Buchenwald. Das ca. 15.000 ha große, durch Kerbtäler gegliederte Waldgebiet besitzt eine zusammenhängende Fläche von ungefähr 13.000 ha, auf der Kiefern, Fichten und Buchen vorherrschen. Eichen und Lärchen sind ebenfalls zu finden. Mit einer Jahresmitteltemperatur von 7,5°C und Jahresniederschlägen von rund 600 bis 780 mm ist der Burgwald deutlich kühler und trockener als die umliegenden Regionen, da er im Wind- und Regenschatten des Rothaargebirges liegt. Stellenweise sind verheidete oder vermoorte offene Flächen vorhanden. Der Boden besitzt einen geringen Nährstoffgehalt. Die Vegetationsperiode beträgt 210 bis 230 Tage.

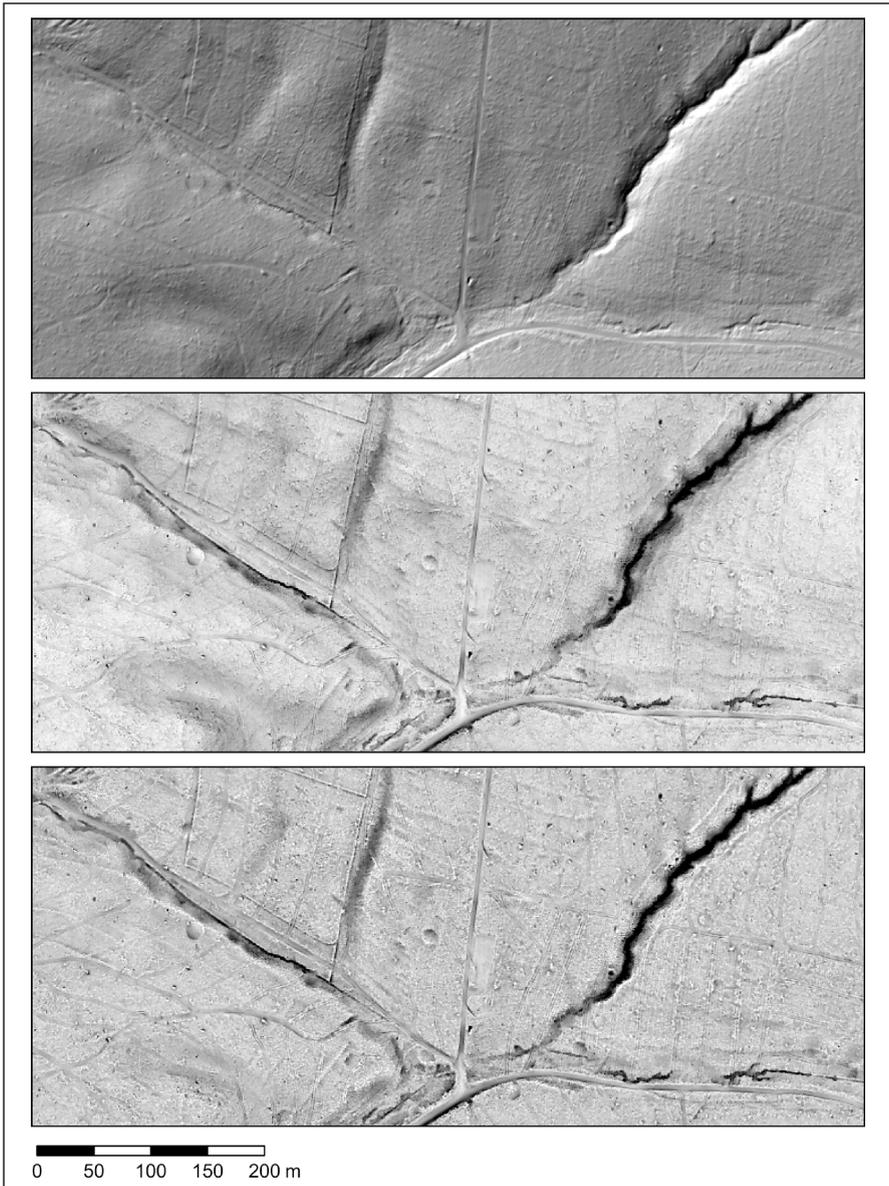
### **Methodik**

Zur Lokalisierung von Meilerplatten mit Hilfe eines DGM wurde ein Schattenwurf (Schummerung) berechnet, mit dem eine Beleuchtung des Geländes aus einer bestimmten Richtung simuliert wird (Abb. 3). Die einseitige Beleuchtung erschwert jedoch die Identifizierung von Reliefstrukturen im Schatten, so dass zusätzlich zwei Verfahren zur Simulation einer diffusen Beleuchtung angewandt wurden (sog. Sky-View Faktor und Openess) (HESSE 2016, KOKALJ & HESSE 2017).

Auf dieser Grundlage wurden potentielle Meilerplatten anhand ihrer Größe und Form sowie ihres Profils nachgewiesen. Es folgten eine Bestimmung der Höhenlage einer jeden Platte, der Neigung und Exposition des umliegenden Hanges sowie der Entfernung zum nächsten Wasserlauf. Anschließend wurden 17 der 169 Meilerplatten (10 %) nach dem Zufallsprinzip ausgewählt, um sie im Gelände auf mögliche Kohlerückstände zu überprüfen.

### **Ergebnisse**

Insgesamt wurden in dem rund 154 km<sup>2</sup> großen Untersuchungsgebiet 169 Meilerplatten erkannt (Abb. 4). Daraus ergibt sich eine Dichte von 1,1 Platten/km<sup>2</sup>. Ein Großteil dieser Platten wies ein typisches Profil in Hanglage auf (Abb. 1), nur wenige wichen



**Abb. 3:** Die Darstellung des Reliefs mit Hilfe einer Schummerung (oben), des Sky-View-Faktors (Mitte) und der Openess (unten) im Vergleich (Grafik: © S. Harnischmacher)

davon ab, möglicherweise als Ergebnis nachfolgender Erosion oder anthropogener Überprägung.

Die Meilerplatten wiesen bei einer Spannweite von 7 bis 15 m einen mittleren Durchmesser von 10,8 m auf. Sie befinden sich in einer Höhenlage zwischen 261 m

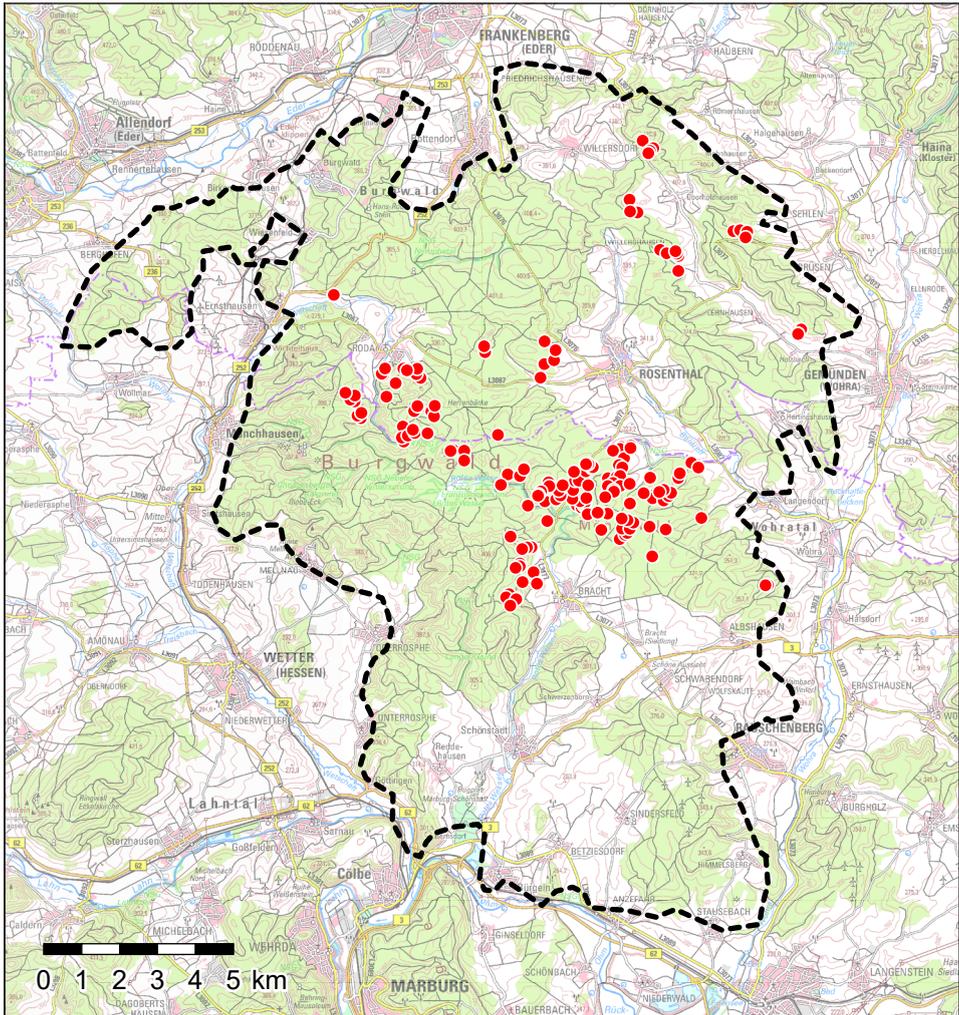


Abb. 4: Nachgewiesene Meilerplatten im Burgwald (Kartographie: © S. Harnischmacher)

und 419 m NN, ihre mittlere Höhenlage beträgt 325 m NN. Knapp drei Viertel der Platten sind auf Höhen zwischen 290 m und 350 m NN zu finden. Die Neigung der umliegenden Hänge beträgt im Mittel 8 Grad. 140 der 169 Meilerplatten sind ost- bis südwestexponiert, 10 Platten haben eine Nordost-, 11 eine West- und 8 eine Nordwestausrichtung. Eine Nordexposition konnte nicht beobachtet werden. 145 Meilerplatten befinden sich maximal 500 m von einem Gewässer entfernt. Ein Großteil von ihnen liegt in einem von SE nach NW verlaufenden Streifen im Zentrum des Burgwalds. Der größte Teil der Platten ist im Bereich des Mönchwalds zwischen Bracht und Rosenthal konzentriert (Abb. 5). In nahezu allen bei der Geländebegehung untersuchten Fundorten konnten Holzkohlerückstände unmittelbar unterhalb der Oberfläche aufgefunden

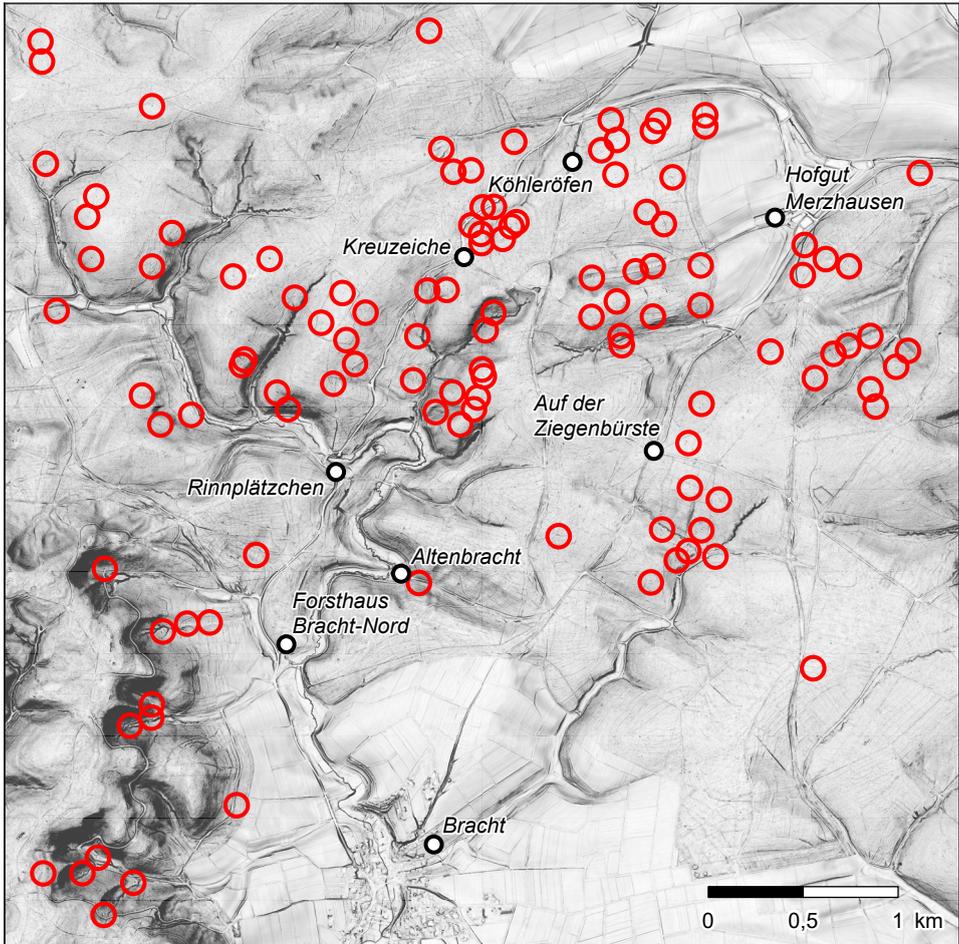


Abb. 5: Konzentration der Meilerplatten im Mönchswald (Kartographie: © S. Harnischmacher)

den werden (Abb. 6). Die Mächtigkeit der Rückstände betrug in den meisten Fällen zwischen 10 und 25 cm.

### Diskussion

Die Meilerplattendichte des Untersuchungsgebietes fällt mit  $1,1$  Platten/ $\text{km}^2$  deutlich niedriger aus als in allen anderen Vergleichsräumen. Beschränkt man die Betrachtung allerdings auf den Mönchswald, so entspricht die Dichte mit  $10$  Platten/ $\text{km}^2$  in etwa der anderer Gebiete in Deutschland. Nahezu alle Meilerplatten weisen den typischen Durchmesser zwischen  $8$  bis  $15$  m auf. Die Neigung der umliegenden Hänge ist im Burgwald mit durchschnittlich  $8$  Grad deutlich geringer als in anderen Untersuchungsgebieten: Im Reinhardswald und NP Kellerwald-Edersee wurden Neigungswinkel von über  $20$  Grad gemessen (SCHMIDT et al. 2016), in den Südvogesen ähnlich

**Abb. 6:** Holzkohlerückstände im oberflächennahen Untergrund einer Meilerplatte (Foto: © M. Funk)

hohe Werte (NOELKEN 2005) und im Harz sogar Mittelwerte von 25 Grad (KNAPP et al. 2013).

Während die Meilerplatten im Burgwald im Mittel auf einer Höhe von 325 m NN liegen und somit zwischen den im Reinhardswald und im NP Kellerwald-Edersee gemessenen Höhen, befinden sie sich in den Südvogesen naturgemäß auch in deutlich größeren Höhen. Die Ost- bis Südwestexposition der Meilerplatten im Burgwald weicht von der im Reinhardswald und NP Kellerwald-Edersee gemessenen Nord- bis Ostexposition ab. Auch in den Südvogesen zeigen einige Meilerplatten, im Gegensatz zu denen im Burgwald, eine Nordexposition. Ihr Auftreten in Clustern oder entlang bevorzugter Reliefstrukturen gleicht der im Reinhardswald beobachteten Verteilung. Die mittlere Entfernung zu einem Wasserlauf von 275 m ist vergleichbar mit den Beobachtungen im Harz. Nur in den Südvogesen sind die Distanzen deutlich kürzer.



### Fazit

Wie auch in vielen anderen Waldregionen Deutschlands und Europas hatte die Köhlerrei im Burgwald als Waldnutzungsform bis ins 19. Jahrhundert eine sehr große Bedeutung (Abb. 7). Bis zu ihrer Ablösung durch Steinkohle war die Holzkohle der einzige Brennstoff, mit dem die erforderlichen Temperaturen für eine Verarbeitung von Eisen erreicht werden konnten.

In dem rund 154 km<sup>2</sup> großen Waldgebiet konnten 169 Meilerplatten nachgewiesen werden, ein im Vergleich mit anderen mitteleuropäischen Waldgebieten geringer Wert. Die meisten Platten befinden sich in einem engen, von Nordwesten nach Süd-



Abb. 7: An mehrere Stellen wurden im Burgwald durch Hessen-Forst Tafeln aufgestellt, die u. a. über die historischen Kohlenmeiler informieren (Foto: © H. Dany)

osten verlaufenden Streifen im Zentrum des Burgwalds innerhalb des Mönchwalds. In nahezu allen Meilerplatten einer Zufallsstichprobe konnten im Gelände oberflächennah Holzkohlerückstände nachgewiesen werden.

Die Untersuchungen zeigen, dass die Auffindung von Meilerplatten mit Hilfe einer digitalen Reliefanalyse große Potentiale in sich birgt, jedoch ohne Verifizierung der Befunde im Gelände fehlerbehaftet ist und zu Fehlinterpretationen führen kann.

## Literatur

BONHAGE, A. [et al. + 4] & A. SCHNEIDER (2021): A modified Mask region-based convolutional neural network approach for the automated detection of archaeological sites on high-resolution light detection and ranging-derived digital elevation models in the North German Lowland. *Archaeological Prospection* 28: 177–186.

HESSE, R. (2016): Visualisierung hochauflösender Digitaler Geländemodelle mit LiVT. In: LIEBERWIRTH, U. & I. HERZOG (Hrsg.): 3D-Anwendungen in der Archäologie: Computeranwendungen und quantitative Methoden in der Archäologie: 109–128. Berlin.

KNAPP, H. [et al. + 2] & O. NELLE (2013): Woodland history in the upper Harz Mountains revealed by kiln site, soil sediment and peat charcoal analyses. *Quaternary International* 289: 88–100.

KOKALJ, Ž. & R. HESSE (2017): Airborne laser scanning raster data visualization: A Guide to Good Practice. Ljubljana.

- LUDEMANN, T. (2012): Airborne laser scanning of historical wood charcoal production sites – A new tool of kiln site anthracology at the landscape level. In: BADAL, E. et al. (Hrsg.): Wood and charcoal evidence for human and natural history: 247–252. Valencia.
- NELLE, O. [et al. + 2] & A. LARSEN (2013): Historische Köhlerei im Spessart: Kohlholzspektrum und Waldnutzung am Beispiel des Kirschgrabens, Heimbuchenthal. *Hoppea, Denkschrift der Regensburger Botanischen Gesellschaft* 74: 121–134.
- NELLE, O. [et al. + 3] & M. SCHWABE (2015): Relikte der Köhlerei – Potenzial für die Landschaftsgeschichte im Teilgebiet Serrahn des Müritz-Nationalparks. In: KAISER, K. et al. (Hrsg.): Neue Beiträge zum Naturraum und zur Landschaftsgeschichte im Teilgebiet Serrahn des Müritz-Nationalparks: 137–147. Berlin.
- NOELKEN, W. (2005): Holzkohleanalytische Untersuchungen zur Waldgeschichte der Vogesen. Dissertation. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br. Freiburg (Breisgau).
- RAAB, A. (2022): Historische Köhlerei. In: STOLZ, C. & C.E. MILLER (Hrsg.): Geoarchäologie: 308. Berlin.
- RAAB, A. [et al. + 5] & A. POMMERENKE (2021): Historische Köhlerei in Südbrandenburg – Begleitband zum Köhlerpfad Waldschule Kleinsee. *Geopedology and Landscape Development* 11.
- RAAB, T. [et al. + 4] & E. BÖNISCH (2019): Böden historischer Landnutzung in der Niederlausitz – Wölbäcker und Kohlenmeiler. *Brandenburgische Geowissenschaftl. Beiträge* 26: 5–14.
- SCHMIDT, M. [et al. + 3] & W. FORTMANN-VALTINK (2016): Welche Auswirkungen hatte die frühindustrielle Köhlerei auf hessische Wälder? Eine vergleichende Untersuchung im Reinhardswald und im Nationalpark Kellerwald-Edersee. *Jahrbuch Naturschutz Hessen* 16: 21–27.
- SWIEDER, A. (2019): Meilerrelikte als Teil der archäologischen Kulturlandschaft im östlichen Harz. In: RAAB, T. et al. (Hrsg.): Erfassung und Bewertung von vorindustriellen Meilerstandorten – Workshop 19. Februar 2019. *Geopedology and Landscape Development* 8: 43–70.
- WEIHRACH, C. & C. OPP (2018): Phosphor-Gehalte und -Dynamiken in versauerten Waldböden im Burgwald, Ldkr. Marburg-Biedenkopf. *Geol. Jb. Hessen* 139: 181–200.

## **Autoren**

Moritz Funk  
 Amt für Bodenmanagement Korbach  
 Datenerhebung, Datenqualifizierung  
 Medebacher Landstraße 27  
 34497 Korbach  
 E-Mail: moritz.funk@hvbg.hessen.de

apl. Prof. Dr. Stefan Harnischmacher  
 Fachbereich Geographie  
 Philipps-Universität Marburg  
 Deutschhausstraße 10  
 35032 Marburg  
 E-Mail: stefan.harnischmacher@geo.uni-marburg.de

# Kurzfassungen der Gastvorträge

**BÜDEL, BURKHARD**

## Expeditionen – Forschungsreisen zu verborgenem Leben

Neben den auffälligen Blütenpflanzen, die das Landschaftsbild von den tropischen bis zu den borealen Klimaregionen der Erde prägen, gibt es in allen Lebensräumen sehr viele kleine und kleinste photosynthetische Lebewesen. Wie die Gefäßpflanzen (Farne und Blütenpflanzen) auch, nutzen diese als „neue Kryptogamen“ zusammengefassten Organismengruppen wie die Cyanobakterien, Algen, Flechten und Moose (BÜDEL et al. 2024) Licht, Wasser (H<sub>2</sub>O) und Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>), um daraus Zucker (Glucose) zu produzieren. Energielieferant ist dabei das Licht der Sonne. Bei diesem Prozess entsteht aus der Wasserspaltung molekularer Sauerstoff (O<sub>2</sub>), der an die Atmosphäre abgegeben wird. Die Fähigkeit zur Photosynthese wurde durch die endosymbiotische Aufnahme (in das Innere einer Zelle) eines Cyanobakteriums (Blualge) vor ca. 3,2 bis 3,5 Milliarden Jahren durch einen Wirtsorganismus erworben und fest in allen Abkömmlingen des Wirtes etabliert. Damit war die Grundlage für die Evolution aller grünen Pflanzen und der „neuen Kryptogamen“ gelegt.

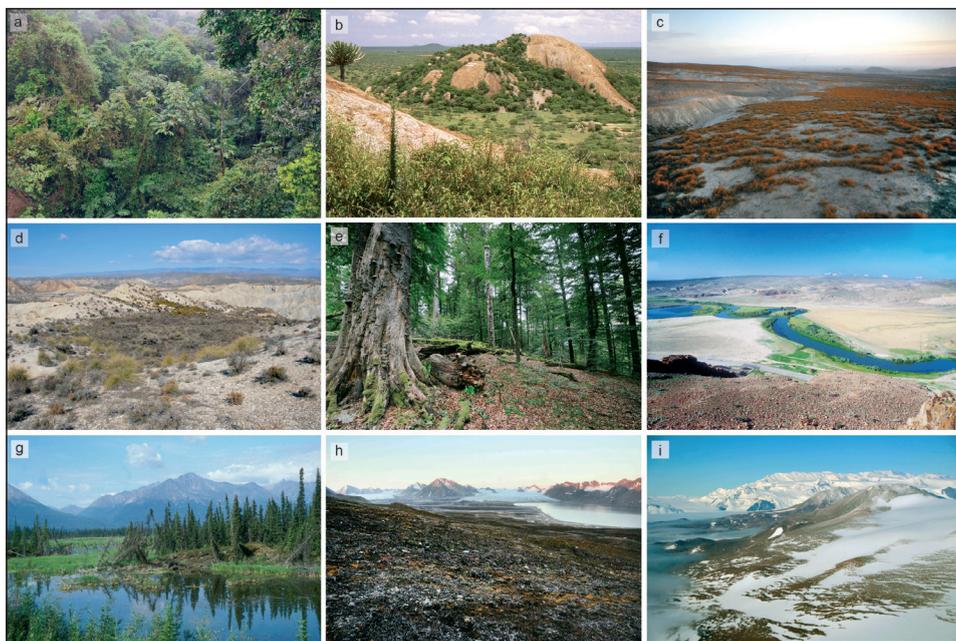
Der Planet Erde änderte sich durch die Freisetzung von molekularem Sauerstoff grundlegend. Was folgte war eine rasante Entwicklung neuartiger Lebensformen, der Gefäßpflanzen, Algen, Moose und Flechten sowie, damit verbunden, auch radikal veränderte Landschaften in den tropischen, subtropischen und klimatisch gemäßigten Klimaregionen der Erde. Bisher wurden ca. 364.000 (von geschätzt ca. 435.100) Gefäßpflanzenarten und 86.400 (von geschätzt ca. 288.600) sogenannte „neue Kryptogamen“ beschrieben.

Tropische Zone	Immergrüner tropischer Regenwald (ganzjährig hohe Niederschläge, Bäume)
	Feuchtsavanne (saisonale Sommerregen, Bäume und Gräser)
	Trockensavanne (geringere saisonale Sommerregen, Gräser und Bäume)
Warmgemäßigt-subtropische Zone	Halbwüsten (generell niedrige Regenmengen im Sommer oder Winter oder völlig zufällig, vereinzelt Bäume)
	Wüsten (ganzjährig trocken; Niederschläge erratisch, Sommer- oder Winterregen)
	Hartlaubzone (mediterranes Klima mit Winterregen, immergrüne Wälder, Pflanzen artenreich)
Kühlgemäßigte Zone	Laubbabwerfende Wälder im ozeanischen Westen (ganzjährige Regenereignisse), Steppen im kontinentalen Osten
Kaltgemäßigt-boreale Zone	Taiga (Nadelwälder, ganzjährige Regenereignisse, nur kurze frostfreie Periode, stellenweise Permafrostboden, Moos- und Flechtenreich)
Polar-subpolare Zone	Tundra (Niederschlag oft als Schnee, kurze frostfreie Periode, Permafrostboden, „neue Kryptogamen“, mehr oder weniger flächendeckend verbreitet)
	Polare Wüsten (Schneefälle, Permafrost, polare Nacht, vereinzelte Vegetationsflächen dominiert von „neuen Kryptogamen“)

Tab. 1: Klimazonen und Vegetation der Erde (eigener Entwurf)

Die klimatische Zonierung der Erde, zumindest die der letzten 10.000 Jahre, resultiert in einer Abfolge unterschiedlicher terrestrischer Großlebensräume vom Äquator zu den Polen. Diese sogenannten Biome sind vom Äquator zu den Polen von einer abnehmend dichten und niedriger werdenden Vegetationsdecke geprägt. Die Unterscheidung der Klimazonen und ihrer Biome ist in Tabelle 1 veranschaulicht.

Vom immergrünen tropischen Regenwald bis zur Taiga ist das Landschaftsbild geprägt durch Baumländer, zu den Steppen hin durch Grasländer (Abb. 1). Die mittlere Jahrestemperatur nimmt vom Äquator zu beiden Polen hin kontinuierlich ab, was übrigens auch für die Höhenstufen der Gebirge gilt, wo die planetarische Temperaturabfolge hypsometrisch wiedergespiegelt wird. Einhergehend mit der Abnahme der mittleren Jahrestemperatur nimmt, grob vereinfacht ausgedrückt, die Mächtigkeit der Humusaufgabe der Böden zu. Bedingt durch die hohen Temperaturen und der damit verbundenen raschen Zersetzung organischer Materialien durch Klein- und Kleinstlebewesen (Mikrobiom) haben tropische Regenwälder in der Regel keine oder



**Abb. 1: Forschungsorte in den verschiedenen Klimazonen**

a) Costa Rica, tropischer Regenwald; b) Trockensavanne mit Granitinselberg, Südafrika, Limpopo Provinz; c) Flechtenfeld mit *Teloschistes capensis* (orange) in der Namib-Wüste, Alexanderbaai, NW-Südafrika; d) eine der trockensten Regionen Europas: Tabernas im Südosten Spaniens; e) Buchen-Eichenmischwald, Spessart, Deutschland; f) Steppenlandschaft nördlich des Altai-Gebirges (schneebedeckte Berge im Hintergrund), SW-Sibirien, Russland; g) Borealer Nadelwald, „betrunkenener Wald“ mit *Picea mariana* (Schwarzfichte), durch oberflächlich auftauenden Boden verliert die Schwarzfichte ihren Halt im Boden, Tok, Alaska; h) Tundrenlandschaft auf Spitzbergen, Engelsbukta am Comfortless-Gletscher, im Vordergrund durch BSCs charakterisierte Vegetationsdecke; i) Polare Eiswüste, Brown Hill (Berg in oberer rechter Bildhälfte), Darwin-Gletscher Region, 80° südlicher Breite, Ost-Antarktis. (Fotos: © B. Büdel)

nur eine geringe Humusdecke. Je geringer die mittlere Jahrestemperatur zu den Polen hin wird, desto langsamer sind die Zersetzungsprozesse. Folglich kommt es dort, wo noch Gefäßpflanzen dominant an der Vegetation beteiligt sind (z. B. in der Taiga), zur Ausbildung einer immer mächtigeren Humusschicht.

Vorausgehende Beobachtungen etlicher Forschergenerationen (und auch des Autors) legten die Vermutung nahe, dass es auf der Erde kaum Baum-, Boden- oder Felsoberflächen gibt, die nicht von Cyanobakterien, Algen, Moosen und Pilzen (inkl. der Flechten) bewachsen sind. Ziel der Untersuchungen des Autors und seiner Arbeitsgruppe war es, zur Erforschung des Anteils der „neuen Kryptogamen“ und deren ökologischer Rolle und Bedeutung in den unterschiedlichen Klimazonen der Erde beizutragen.

In Tabelle 2 sind die bereisten Kontinente und Länder (einige davon mit der MGG) zusammengefasst. Aus Ländern, die nicht besucht werden konnten, lagen in vielen Fällen Proben oder vergleichbare Untersuchungen vor.

Afrika	Nord-Amerika	Süd-Amerika	Antarktis	Arktis	Asien	Australien (Ozeanien)	Europa
<b>Marokko:</b> (Agadir, Essaouira, Marrakesch, Tiznit, Ouarzazate)	<b>Kanada:</b> (Labrador, Neufundland, Ontario, Yukon Terr.)	<b>Brasilien:</b> (Pernambuco)	<b>Ost-Antarktis:</b> (Ross Island, Transantarktisches Gebirge)	<b>Grönland:</b> (Kangerlussuaq, Disko Bucht)	<b>China:</b> (Innere Mongolei, Yunnan)	<b>Australien:</b> (N-S Wales, Northern Territory, Queensland, Tasmania, Victoria)	<b>Belgien, Bosnien-Herzegowina, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Großbritannien, Italien, Kosovo, Kroatien, Luxemburg, Montenegro, Niederlande, Nord-Mazedonien, Österreich, Polen, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowenien, Spanien, Tschechien, Ungarn</b>
<b>Namibia:</b> (Erongo, Hardap, Karas-Region, Khomas, Kunene, Omaheke, Otjozondjupa)	<b>USA:</b> (Alaska, Arizona, California, Colorado, Neu-Mexiko, Oregon, Utah)	<b>Chile:</b> (Atacama-Wüste)		<b>Spitzbergen / Svalbard:</b> (Longyearbyen Region, Nye Ålesund Region)	<b>Indonesien:</b> (Java, Bali)	<b>Neuseeland:</b> (Nord- und Südinsel)	
<b>Südafrika:</b> (Free State, KwaZulu-Natal, Lesotho, Limpopo, Mpumalanga, Northern Cape, Western Cape)	<b>Mexiko:</b> (Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Sinaloa, Sonora)	<b>Peru:</b> (Arequipa, Apurimac, Ayacucho, Cusco, Ica, Lima)			<b>Russland:</b> (Sibirien: Novosibirskaya Oblast, Altayskiy Krai, Respublika Altay, Tomskaya Oblast)		
<b>La Réunion:</b> (Küstenregion und Inselzentrum)		<b>Venezuela:</b> (Apure, Amazonas, Bolivar, Guarico)					
<b>Mauritius:</b> (Küstenregion und Inselzentrum)	<b>Costa Rica:</b> (Alajuela, Guanacaste, Puntarenas, San José)	<b>Französisch-Guayana:</b> (Régina, Nouragues Nat. Res.)					
<b>Seychellen:</b> (La Digue, Mahé, Praslin)	<b>Panama:</b> (Bocas de Toro, Chiriqui, Colon, Panama)	<b>Surinam:</b> (Brokopondo, Paramaribo, Saramacca, Sipaliwini)					

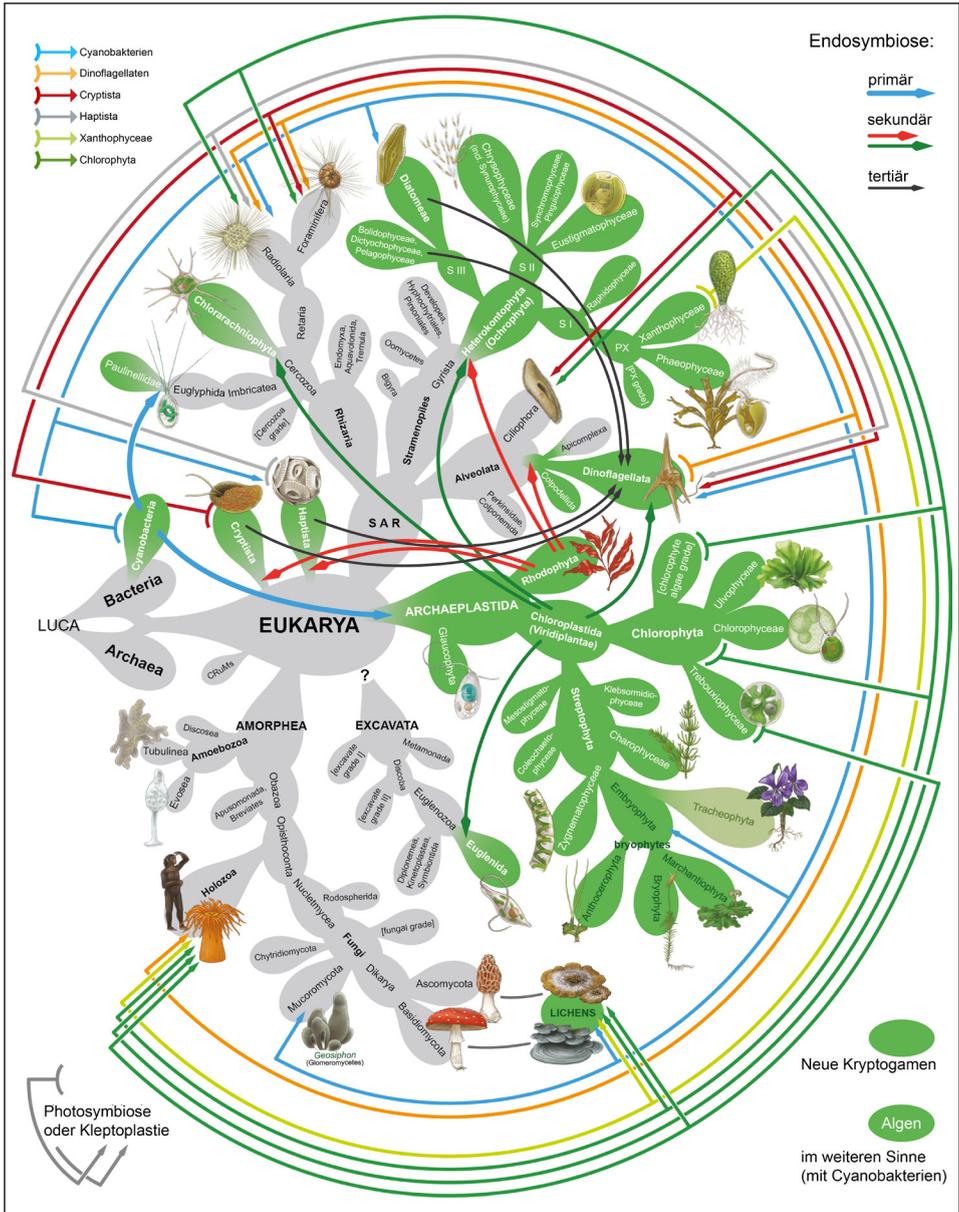
Tab. 2: Vom Verfasser bereiste Kontinente und Länder

Die Wissenschaft ist sich inzwischen weitgehend einig darüber, dass der Ursprung des Lebens auf eine einzige gemeinsame Lebensform zurückzuführen ist. Diese ist indessen unbekannt und wird gemeinhin als „LUCA“ bezeichnet, der Kurzform der englischen Definition „Last Universal Common Ancestor“. Lebewesen sind zur Evolution (hier im Sinne von [Weiter-]Entwicklung) fähig. Dies betrifft die Lebensform (z. B. Art), nicht aber das Einzelindividuum. Vor ca. 120 Jahren begann man darüber nachzudenken, dass Organelle wie die Mitochondrien („Kraftwerke“ aller Zellen, ausgenommen der Prokaryonten = Bakterien) und die Plastiden (Chloroplasten, Orte der Photosynthese in Pflanzen) über die Nahrungsaufnahme in die eukaryotischen Wirtszellen (mit Zellkern ausgestattet) gekommen sein könnten – eine Ansicht, die sich in den 1960er bis 1980er Jahren durchgesetzt hat.

Heute geht man davon aus, dass dieser als Endocytobiose bezeichnete Vorgang der Aufnahme eines Proteobakteriums ähnlichen Bakteriums der Ursprung aller Mitochondrien und die Aufnahme eines Cyanobakteriums der Ursprung aller Chloroplasten (Plastiden) ist (Abb. 2; für eine detaillierte Übersicht siehe z. B. BOENIGK 2021). Neben der rein evolutiven Entwicklung der Arten gibt es also noch das weite Feld der Endocytobiosen und der Symbiosen, mittels derer Lebewesen sich immer wieder im Sinne evolutiver oder ökologischer Einnischung entwickeln können.

So verschiedene Organismen wie Blaualgen (= Cyanobakterien), Algen, Moose, Pilze und farnartige Gewächse wurden früher unter dem Begriff „Kryptogamen“ (Verborgenerblüher) zusammengefasst und den „Phanerogamen“ (Offenblüher) gegenübergestellt. Während man den Begriff Phanerogamen bis heute noch so verwenden kann (er fasst alle Blütenpflanzen zusammen), trifft dies für den Begriff Kryptogamen nicht mehr zu. Neben der Tatsache, dass alle dort zusammengefassten Organismen nicht im eigentlichen Sinne blühen, sind Blaualgen Bakterien (→ Cyanobakterien) und haben keinen Sexualzyklus. Pilze hingegen betreiben keine Photosynthese und gehören damit gar nicht zu den pflanzlichen Organismen, sondern in die große Gruppe der „Amorphaea“, aus der auch die Tiere hervorgehen (Abb. 2). Farne und Farnartige (z. B. Moosfarne, Schachtelhalme) weisen schon Gefäße für den Wassertransport (von unten nach oben) und den Saftfluss (von oben nach unten) – zusammengefasst in Leitbündeln – auf und werden daher als Gefäßpflanzen bezeichnet, zu denen alle Blütenpflanzen gehören. Weil viele der früher als Kryptogamen bezeichneten Organismengruppen unter zunehmend schwierigeren klimatischen Bedingungen in vielen Lebensräumen ein auffälliges Element der Vegetation sind und bei zunehmend kritischen Klimabedingungen auch dominieren, haben wir den Begriff „neue Kryptogamen“ definiert (BÜDEL et al. 2024).

Die „neuen Kryptogamen“ umfassen nach unserem Konzept alle Organismen, die permanent zur sauerstofffreisetzenden Photosynthese befähigt und gleichzeitig hydropassiv sind. Der Begriff Hydropassivität bezieht sich darauf, dass diese Organismen Wasser nicht, wie alle Gefäßpflanzen, aktiv aufnehmen können, sondern in ihrem Wassergehalt vollständig von ihrem Lebensraum abhängig sind. Sie können,



**Abb. 2: Der Opuntia-Baum des Lebens**

So genannt nach dem Aussehen eines Kaktus der Gattung *Opuntia* (die Grafik um 90° nach links kippen). Die etwas stärkeren Pfeile innerhalb des Baumes zeigen, wer als Spender für die Plastiden (Chloroplasten) der mit der Pfeilspitze gekennzeichneten Gruppe diente, ausgehend von einer Endocytobiose (primär, sekundär, tertiär). Die Pfeile, die den Lebensbaum umgeben, kennzeichnen Symbiosen, welche immer wieder neu eingegangen werden und in der Regel nur über die Dauer der Lebenszeit der Wirtszelle existieren. Dabei indiziert der schalenartige Teil des Pfeils den Ursprung des Organismus und die Pfeilspitze das Ziel bzw. den Wirt der Symbiose. (Quelle: © FRIEDL & SPINDLER, in BÜDEL et al. 2024)

Nr.	Taxon	Autoren	Nr.	Taxon	Autoren
<b>Neue Arten</b>					
1	<i>Acarospora conafi</i>	Jung et Büdel	28	<i>Alterella chasmolithica</i>	Jung, Schermer, Mikhailiyuk et Büdel
2	<i>Peccania cerebriformis</i>	Henssen et Büdel	29	<i>Symphyonema bifilamentata</i>	Jung, Büdel et Lakatos
3	<i>Psorotichia columnaris</i>	Henssen et Büdel	30	<i>Gloeocapsopsis crepidinum</i>	(Thuret) Geitler ex Komárek emend. Jung, Lakatos et Büdel
4	<i>Lichina macrospora</i>	Henssen, Büdel et Wessels	31	<i>Gloeocapsopsis diffuens</i>	Jung et Büdel
5	<i>Pterigiopsis convexa</i>	Henssen, Büdel et Wessels	32	<i>Hyella disjuncta</i>	Jung, D'Agostino, Büdel et Lakatos
6	<i>Pterigiopsis melanophthalma</i>	Henssen, Büdel et Wessels	33	<i>Alterella compacta</i>	Jung, Büdel et Lakatos
7	<i>Pterigiopsis submersa</i>	Büdel, Henssen et Wessels	34	<i>Alterella gigantea</i>	Jung, Büdel et Lakatos
8	<i>Thyrea rotundata</i>	Büdel, Henssen et Wessels	35	<i>Sinocapsa ellipsoidea</i>	Jung, Büdel et Lakatos
9	<i>Lichinella intermedia</i>	Henssen, Büdel et Nash	36	<i>Pseudocyanosarcina phycocyania</i>	Jung, Büdel et Lakatos
10	<i>Lichinella flexa</i>	Henssen, Büdel et Nash	37	<i>Compactonostoc sarcinoides</i>	Jung, Büdel et Lakatos
11	<i>Lichinella robustoides</i>	Henssen, Büdel et Nash	38	<i>Komarekiella globosa</i>	Jung, Büdel et Lakatos
12	<i>Phyliscum vermiformis</i>	Schultz et Büdel	39	<i>Komarekiella gloeocapsoides</i>	Jung, Büdel et Lakatos
13	<i>Phloeopeccania anemoides</i>	Schultz et Büdel	<b>Neukombinationen</b>		
14	<i>Thyrea porphyrella</i>	Schultz, Büdel et Porembski	40	<i>Peltula hassei</i>	(Zahlbr.) Büdel, Kauff et Bachran
15	<i>Peltula auriculata</i>	Büdel, Schultz et Gröger	41	<i>Peltula leptophylla</i>	(Vain.) Büdel et Schultz
16	<i>Peltula Cariathea</i>	Büdel, Henssen et Wessels	42	<i>Peltula steppae</i>	(Kalb) Büdel, Kauff et Bachran
17	<i>Peltula kofferi</i>	Henssen et Büdel	43	<i>Peltula brasiliensis</i>	(Zahlbr.) Büdel, Kauff et Bachran
18	<i>Peltula sonorensis</i>	Büdel et Nash	44	<i>Peltula rodriguesii</i>	(Cromb.) Büdel
19	<i>Peltula farinosa</i>	Büdel	45	<i>Peltula capensis</i>	(Brusse) Büdel
20	<i>Peltula tenuis</i>	Büdel et Henssen	<b>Neue Gattungen, Familien, Ordnungen</b>		
21	<i>Peltula cataractae</i>	(Büdel et Senusiaux) Büdel, Kauff et Bachran	46	Peltulaceae (Fam.)	Büdel
22	<i>Peltula langi</i>	Büdel et Elix	47	Lichinales (Ord.)	Henssen et Büdel
23	<i>Peltula corticola</i>	(Büdel et Santesson) Büdel, Kauff et Bachran	48	<i>Chroococciadiopsidaceae</i> (Fam.)	Geitler ex Büdel, Donner et Kauff
24	<i>Peltula inversa</i>	Büdel et Schultz	49	<i>Compactonostoc</i> (Gatt.)	Jung, Büdel et Lakatos
25	<i>Pseudopeltula necrocorticata</i>	Schultz et Büdel	<b>Nach Autor benannt</b>		
26	<i>Cyanocohnella crotaloides</i>	Jung, Mikhailiyuk, Emrich, Dultz et Büdel	50	<i>Xantoparmelia buedelii</i>	O. Blanco, A. Crespo, Elix, D., Hawksw. et Lumbsch
27	<i>Oculatella crustae-formantes</i>	Jung, Briegel-Williams, Mikhailiyuk et Büdel			

Tab. 3: Durch den Autor und seine Arbeitsgruppe neu beschriebene und/oder umbenannte Arten von Cyanobakterien und Flechten (Schwarze Schrift; Flechten; Grüne Schrift; Blaue Schrift; Blaualgeln (Cyanobakterien))

vergleichbar einem Schwamm, Wasser nur passiv aufnehmen und verlieren es ebenso auch wieder an ihre Umgebung.

Im Vortrag wurden die Lebensräume der verschiedenen Klimazonen der Erde und einige typische Vertreter dieser Zonen aus der Gruppe der „neuen Kryptogamen“ vorgestellt (vgl. Tab. 3). Als übergreifendes Ergebnis wurde betont, dass biologische Krusten oder sogenannte Biofilme, wenn diese nur ein dünner Belag auf Fels sind, in allen Großlebensräumen der Erde als typischer Bestandteil der Vegetation oder der frühen Stadien der Regeneration nach Störungen nachgewiesen werden können. Sie können enorm artenreich sein und beinhalten, neben den „neuen Kryptogamen“, auch sehr viele Pilz- und Bakterienarten. Sie haben in der Regel sogar ein ganz charakteristisches Mikrobiom (BÜDEL et al. 2014; MAIER et al. 2018).

Eine Metadatenanalyse, welche wir zusammen mit dem MPI für Chemie in Mainz durchführten, ergab für die jährliche globale Kohlenstoffaufnahme von biologischen Bodenkrusten (BSC) und epiphytischen Pflanzenkrusten (EPC) rund 3,6 Pg Kohlenstoff/Jahr (1 Petagramm = 1 Milliarde Tonnen) (ELBERT et al. 2009, 2012). Dies entspricht etwa 7% der jährlichen Primärproduktion der terrestrischen Vegetation. Die auf Felsoberflächen siedelnden „neuen Kryptogamen“ konnten wir dabei nicht berücksichtigen. Dabei wären ja auch die durch den Menschen gemachten steinernen Bauwerke zu erfassen, und das ist für die gesamte Erde derzeit nicht ohne enormen



**Abb. 3:** Auf Felsoberflächen wachsende und nach dem Autor benannte Flechte *Xanthoparmelia buedelii*, eine für die Namib-Wüste endemische Art – Junger Thallus, 2,2 cm breit (vgl. auch: [https://species.wikimedia.org/wiki/Xanthoparmelia\\_buedelii](https://species.wikimedia.org/wiki/Xanthoparmelia_buedelii)) (Foto: © V. Wirth)

Aufwand durchführbar. Grobe Abschätzungen inklusive der Gesteinsoberflächen ergeben einen Anteil an der jährlichen Primärproduktion zwischen 10 und 12%. Wir konnten ermitteln, dass BSCs ca. 17,9 Millionen km<sup>2</sup> bedecken, was etwa 12,2% der Landoberfläche der Erde entspricht (RODRIGUEZ-CABALLERO et al. 2018). Die im Zuge unserer Arbeiten für die Wissenschaft neu beschriebenen Arten, bzw. solche, die in ihrer systematischen Zugehörigkeit neu bewertet wurden, sind in Tabelle 3 und Abb. 3 dargestellt.

## Literatur

- BOENIGK, J. (2021): Biologie. Berlin.
- BÜDEL, B., [et al. + 17] & L. ZHENG (2014): Improved appreciation of the functioning and importance of biological soil crusts in Europe: the Soil Crust International Project (SCIN). *Biodiversity and Conservation* 23(7): 1639–1658.
- BÜDEL, B., FRIEDL, T. & W. BEYSLAG (Eds., 2024): Biology of Algae, Lichens and Bryophytes. Berlin.
- ELBERT, W., BÜDEL, B., [et al. + 2] & U. PÖSCHL (2009): Microbiotic crusts on soil, rock, and plants: neglected major players in the global cycles of carbon and nitrogen? *Biogeosciences Discussion* 6: 6938–7015.
- ELBERT, W., BÜDEL, B., [et al. + 4] & U. PÖSCHL (2012): Contribution of cryptogamic covers to the global cycles of carbon and nitrogen. *Nature Geoscience* 5: 459–462.
- IPCC CLIMATE CHANGE (2013): The Physical Science Basis (eds. STOCKER, T.F. et al.). Cambridge.
- GREEN, T. G. A., [et al. + 2] & L. G. SANCHO (2011): Extremely low lichen growth rates in Taylor Valley, Dry Valleys, continental Antarctica. *Polar Biology* 35: 535–541.
- MAIER, S., [et al. + 4] & B. WEBER (2018): Photoautotrophic organisms control microbial abundance, diversity, and physiology in different types of biological soil crusts. *ISME Journal* 12(4): 1032–1046.
- RODRIGUEZ-CABALLERO, E., BÜDEL, B., [et al. + 4] & B. WEBER (2018): Dryland photoautotrophic soil surface communities endangered by global change. *Nature Geoscience* 11(3): 185–189. Online: doi.org/10.1038/s41561-018-0072-1.

## Autor

Prof. i. R. Dr. Burkhard Büdel  
Hammerfurtweg 5  
97833 Frammersbach  
E-Mail: buedel@bio.uni-kl.de

OPP, CHRISTIAN

## Desertifikation im Tarim-Gebiet (NW-China) – Von den „wandernden Seen“ Sven Hedins bis zu aktuellen Problemen der Agrarpolitik

### Sven Hedins Forschungsreisen nach China



Abb. 1: Sven Hedin (1865–1952) (Quelle: HEDIN 1910)

Nach dem Studium in Uppsala und Berlin (bei Ferdinand Freiherr von Richthofen) sowie zwei Forschungsreisen nach Persien promovierte der schwedische Geograph Sven Hedin (Abb. 1) in Halle/Saale bei Alfred Kirchhoff mit einer Dissertation über den höchsten Berg Persiens mit dem Titel „Der Demawend nach eigener Beobachtung“. In der Fachwelt und Politik wurde Hedin vor allem durch fünf Expeditionen in das Gebiet von China und benachbarte Gebiete bekannt. Drei der fünf Expeditionen führten ihn ins Tarim-Gebiet nach Xinjiang im Nordwesten des Landes (1. Exp. 1893–1897, 2. Exp. 1899–1902, 3. Exp. 1927–1935).

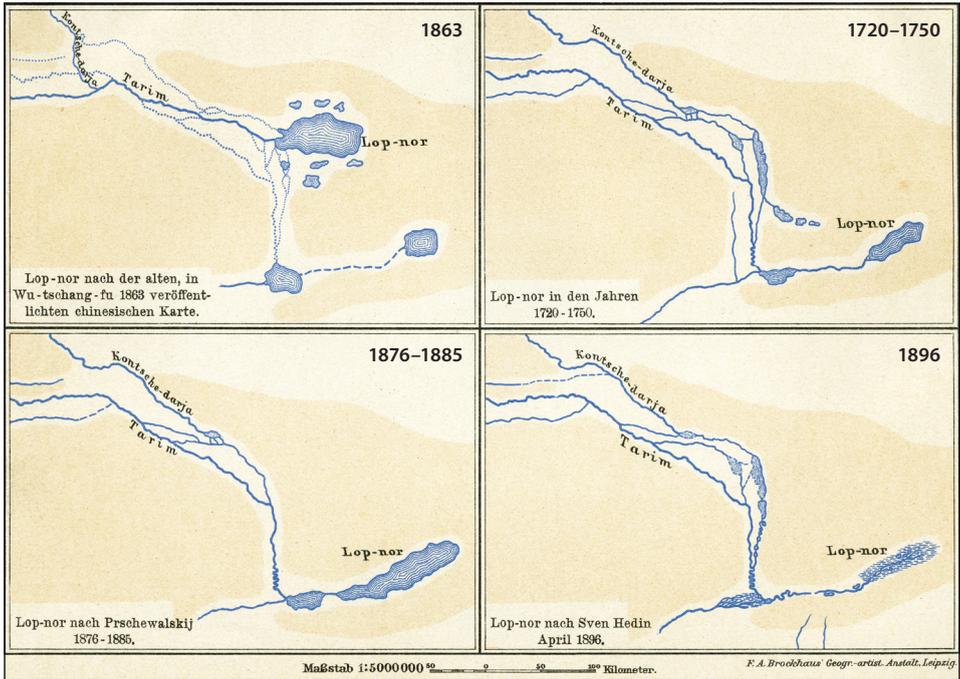
### Desertifikation und der „wandernde See“ Sven Hedins im Tarim-Gebiet

Unter Desertifikation versteht man die Ausdehnung wüstenhafter Bedingungen auf Gebiete jenseits der Wüstenränder oder in den Oasen der Wüsten durch Übernutzung von Ressourcen und/oder durch klimatische Veränderungen. Desertifikation stellt dann ein Problem dar, wenn Menschen bzw. die Nutzung davon betroffen sind. Effekte der Desertifikation sind u. a.: – die Austrocknung von Seen und Flüssen; – die Austrocknung und Degradation der Böden; – die Zunahme von Sandverwehungen und Staubstürmen; – aktive Dünenbewegungen; – Degradation/Absterben der Vegetation; – Erkrankung der Atemwege, Zunahme von Herz-Kreislaufproblemen.

Auch die Wüsten Chinas sind von Desertifikationsprozessen betroffen. So waren ihnen die Wüsten Xinjiangs in Nordwest-China schon früh ausgesetzt, lange bevor sie sich seit Mitte des 20. Jh. durch Landnutzungseingriffe im großen Stil (z. B. durch die Anlage riesiger Irrigationsfelder) verstärkt haben oder wo sie seither regional in Gang gesetzt wurden. U. a. äußerte sich dies im Trockenfallen von Flussabschnitten

(z. B. des Tarim-Flusses) oder von Seen, welche sich in Zeitphasen größerer Wasser-  
 verfügbarkeit wieder mit Wasser füllten. Auch natürliche Flusslaufverlegungen sind  
 als Ursachen nachweisbar. Durch die Auswertung von Karten aus unterschiedlichen  
 Zeiten, aber auch durch mehrfache Beobachtungen und Messungen vor Ort im Gebiet  
 des Tarim-Flusses und im Umfeld der Taklamakan-Wüste hat Sven Hedin solche Phä-  
 nomene Ende des 19. und zu Beginn des 20. Jh. festgestellt und diese insbesondere für  
 die Mündung bzw. den Endsee des Tarim-Flusses Lop Nor als „der wandernde See“  
 beschrieben (Abb. 2, HEDIN 1910).

Der Tarim (türkisch: „Landwirtschaft“) ist Chinas längster endorheischer Fluss  
 mit bedeutender Abflussvariabilität, verursacht durch Klimawandel, Niederschlags-  
 variabilität, dynamisches Abschmelz-, Abfluss- und Sedimentationsverhalten sowie  
 durch nutzungsbedingte Wasserentnahmen. Infolge des sehr hohen Sedimenttrans-  
 ports und als Ergebnis von häufigen Erdbeben kam es vor allem im Unterlauf des  
 Flusses zur Ausbildung von verzweigten Furkationsauen und damit auch zu wech-  
 selnden Mündungen in verschiedene Endseen: zum Lop Nor, in die Karakoshun-  
 Senke sowie zum Taitema Lake. Durch neue Erkenntnisse der Plattentektonik geht  
 man heute davon aus, dass das Abgleiten der Tarim-Mikroplatte in die Indische  
 Platte für Verschiebungen im Gewässernetz sowie für die Verlagerungen von Flüs-  
 sen und Mündungsdeltas von Seen im Tarim-Gebiet verantwortlich ist. Das von



**Abb. 2: Beispiele „wandernder“ Mündungsarme des Tarim-Flusses und Seekonturen**  
 (Quelle: HEDIN 1910)

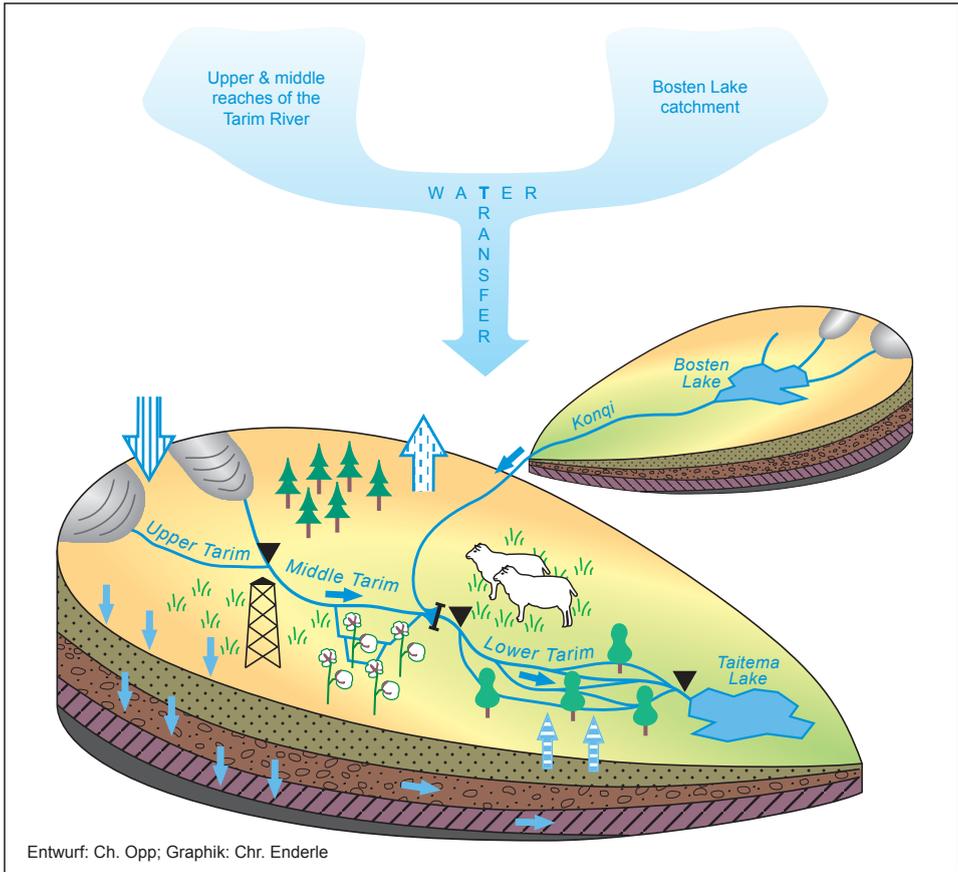
Archäologen nachgewiesene Verlassen der Siedlung Loulan (330 n. Chr.) aufgrund des Trockenfallens eines Mündungsarms des Tarim in den Lop Nor ist ein Hinweis auf den Langzeiteinfluss solcher Faktoren. Ebi Nur, Manas Lake und Bosten Lake sind weitere Seen im Gebiet von Xinjiang, die erhebliche Seespiegelschwankungen aufweisen.

#### **Forschungen am unteren Tarim zwischen 2008 und 2014**

Die Austrocknung des Taitema Lakes und von 321 km des Tarim-Flussbetts sowie Maßnahmen der chinesischen Zentralregierung zur Rehabilitation des unteren Tarim durch zusätzlichen Wassertransfer seit dem Jahr 2000 waren Anlass eines durch die Robert-Bosch-Stiftung (RBS) geförderten Forschungsprojekts in den Jahren 2010 bis 2014. Die extensive Wasserentnahme für die Bewässerungslandwirtschaft seit 1950 aus dem Ober- und Mittellauf des Tarim führte im unteren Flussabschnitt zu einer Erhöhung der Mineralisation von 1,3 g/l bis 4,5 g/l, zur Absenkung des Grundwassers von 7 m auf 12,5 m Tiefe sowie zum Vitalitätsverlust bis hin zum Absterben der Euphrat-Pappel-Auenökosysteme und zur Zunahme von Sandverwehungen und Staubstürmen. Die entsprechenden Wasserverlust- und Abflussänderungen infolge von Bewässerungskanalbau und Stauseehaltung zwischen 1957 und 1999 in diesem Gebiet werden schon detailliert bei GIESE et al. (2005) beschrieben.

Zwischen 2000 und 2013 erfolgten 14 Wassertransfers aus dem Einzugsgebiet des Bosten Lake in das Gebiet des unteren Tarim (Abb. 3), teils natürliche Flussbetten, teils Kanalbauten nutzend. Außerdem wurden Versickerungsverluste durch Uferinfiltration mittels Begradigungen und Verbauungen im oberen und mittleren Tarim-Gebiet reduziert, sodass auch dadurch mehr Wasser den unteren Tarim erreichte. Im Zuge des 1,3 Mrd. Euro teuren Projekts wurden dem unteren Tarim 4,2 Bio. m<sup>3</sup> Wasser aus dem Daxiahaizi-Stausee zugeleitet. Dieser Wassertransfer bewirkte eine Anhebung des Grundwasserspiegels um 2 bis 4 m, die Mineralisation des Wassers sank auf 1,5 bis 2,6 g/l, die Zahl der Pflanzenarten nahm von 17 auf 46 zu, die Vegetationsbedeckung stieg von 230 auf 1000 km<sup>2</sup>, die Fläche der Wüsten nahm um 204 km<sup>2</sup> ab (SUN et al. 2009). Allerdings musste der Fremdwassertransfer aus dem Bosten Lake abgebrochen werden, weil dessen Seespiegel zu stark sank.

Eine zentrale Aufgabenstellung des RBS-Projekts war die Frage, welche Sediment- und Bodenbedingungen der Tarim-Aue und auennaher Gebiete am unteren Tarim eine Revitalisierung der Euphrat-Pappel-Ökosysteme durch Selbstregulierungsprozesse bei welcher Wasserverfügbarkeit ermöglichen. Die 36 untersuchten Standorte wiesen mehrere unterschiedliche Schicht-, Sediment- und Bodenkonstellationen auf (GINAU et al. 2013). Die besten Voraussetzungen für eine nachhaltige Revitalisierung der Euphrat-Pappel-Ökosysteme bestehen offensichtlich dort, wo eine mächtige Sandauflage einen hinreichenden Verdunstungsschutz des Grundwassers und zugleich die Wasseraufnahme durch die Baumwurzeln gewährleistet, wobei eine geringmächtige Tonlage über dem Grundwasserniveau den Kapillarraum vergrößert. Oberflächenna-



**Abb. 3: Prinzip des Wassertransfers aus dem Einzugsgebiet des Bosten Lake zum unteren Tarim**

he Tonlagen verbessern zwar die Jungwuchsbedingungen von Pappeln durch längere Wasserspeicherfähigkeit, je mächtiger diese Tonlagen jedoch sind, desto mehr behindern sie das Wachstum und die Wasseraufnahme adulter Pappeln.

### Xinjiang im Überblick

Der Name Xinjiang (chinesisch „Grenzland“) ist abgeleitet vom Wort „Xiyu“ = westliche Regionen jenseits des Gansu-(Hexi-)Korridors. Er geht zurück auf die Zeit der Han-Dynastie um 206 v. bis 220 n. Chr., als es zur Ausdehnung des chinesischen Reiches nach Westen kam (vgl. Textfeld zur Geschichte Xinjians). Insbesondere Europäer haben dieses Gebiet früher als Sinkiang, Ost-Turkestan oder auch Chinesisch-Turkestan bezeichnet. Das heutige Uigurische Autonome Gebiet Xinjiang ist mit 1.665.000 km<sup>2</sup> flächenmäßig die größte chinesische Provinz mit einer Bevölkerung von (2020) ca. 26 Mio., davon ca. 45 % Uiguren, 44 % Han-Chinesen sowie 11 % Kasachen, Tadschiken, Kirgisen, Hui u. a. (NBS 2023).

### Einige Eckdaten zur Geschichte Xinjiangs

- 1. Jahrtausend v. Chr.: Besiedlung durch nomadisierende und sesshafte mongolisch-turksprachige, sino-tibetische und indogermanische Ethnien
- 119 v. Chr.: Chinesische (Han-Dynastie) Eroberung Gansu (Hexi-)Korridor, 104 Xinjiang
- 645–763 n. Chr.: Chinesische Eroberung (Tang-Dynastie)
- 751: Nach der Niederlage Chinas gegen die Muslime am Talas, Rückzug der Tang-Dynastie aus den Westgebieten (chinesische Kriegsgefangene informieren die Muslime über das Knowhow der Papierherstellung); Uiguren werden zur dominierenden Kraft an der Ostgrenze des Islamischen Reiches; besiedeln zuerst das Gebiet um Turpan
- 1211: Eingliederung der Uiguren unter Dschingis Khan (ein Uigure wurde Erzieher der Söhne Dschingis Khans)
- 1757: Eingliederung in das Qing-Reich
- seit 1871 starke russische (später sowjetische) Einflüsse
- 1949: friedliche Eingliederung in die Volksrepublik China
- seit 1955: Uigurische Autonome Region Xinjiang
- nach 1979: (nach der iranischen Revolution und dem Exil des Schahs) Gespräche der USA mit China über Raketenüberwachung der Sowjetunion in Qitai und Korla (Xinjiang), die letztlich durch China realisiert wurde
- nach 1979: China unterstützt die afghanischen Mudschaheddin mit Waffen sowie Geld; und trainiert uigurische Muslime aus Xinjiang, sich den Mudschaheddin anzuschließen; Radikalisierung in Xinjiang
- 2000: Xibu-da-kaifa Programm zur Entwicklung der West-Provinzen Chinas
- 2013/2017: Belt and Road Initiative (BRI) (neue Seidenstraßen-Initiative) Chinas
- 2013ff: Arbeitslager für radikalisierte Männer, z. T. Zwangssterilisation und Programm „Schönheit“ (Ablegen des Schleiers) für Frauen (Quelle: nach Wikipedia sowie FRANKOPAN 2017)

Aufgrund der Größe und der Geo- sowie Biodiversität ist es schwierig, einen Kurzüberblick zur **Naturausstattung Xinjiangs** zu geben. Das Makrorelief besteht vor allem aus Hochgebirgen (z. B. Tienshan, Pamir, Kulunshan, Altynshan, z. T. Mittelgebirge, Fußflächen und riesige intramontane Becken [Tarim-Becken, Dschungarisches Becken], meist mit Wüsten-, Halbwüsten und Steppenvegetation bedeckt, sowie Tiefländer [Turpan-Depression]). Die Reliefamplitude reicht von –154 m NN (Turpan Depression) bis 7.649 m NN (Kongur, Pamir) und 7.439 m NN (Pik Pobedy, Tienshan). Das Klima Xinjiangs ist extrem kontinental mit sehr hohen Sommer- und sehr kalten Wintertemperaturen. Der Jahresniederschlag in den Beckenlagen beträgt weniger als 50 mm. Die Hochgebirge empfangen demgegenüber z. T. hohe Schneeniederschläge. Sie gelten deshalb auch als „Wasserschlösser“, die im Zuge der Schnee- und Gletscherschmelze die zahlreichen Oasen an den Wüstenrändern, aber auch das Zentrum der Turpan-Senke mit Wasser versorgen. Längere Dürreperioden und kurzzeitige Hochwässer sind charakteristisch. Die Fußflächen-Böden aus Löss sind fruchtbar, Wasserverfügbarkeit vorausgesetzt.

Die Vegetation der Gebirge weist im Periglaziärbereich alpine Wüsten, Polsterpflanzen und Tundren sowie Steppen, Bergbuschland, Bergnadelwälder und sommergrüne Laubwälder auf. Auf den Fußflächen dominieren Steppen und in den Becken verschiedene Wüstenökosysteme. In der Nähe von Flüssen und Seen kommen Salzwiesen und sumpfiges Grasland, aber auch Bewässerungsoasen vor (nach XINJIANG NATIONAL-ATLAS 2004). Wüsten haben den größten Flächenanteil an den Ökosystemen Xinjiangs. Die Taklamakan-Wüste ist mit 330.000 km<sup>2</sup> die größte Wüste Chinas und die zweitgrößte Sandwüste weltweit. Neben zwei Straßen, welche die Taklamakan-Wüste am östlichen und am westlichen Rand queren, durchläuft ein gut ausgebauter Highway auf 550 km den zentralen Teil von NNE nach SSW. Mehrreihige Schutzpflanzungen, die mit artesischem Wasser aus Brunnen im Abstand von 400 m entlang des Highways versorgt werden, verhindern das Überwehen der Straße aus den mächtigen Sanddünenfeldern. Andere Wüsten sind die Gurbantunggut-Wüste im zentralen Jungar- bzw. Dschungarischen Becken sowie die Kumutage-Wüste östlich von Turpan.

Aufgrund der großen Wüstenverbreitung gliedert sich die **Landnutzung** in Xinjiang wie folgt: Ungenutztes Land 61,6%, Weideland 30,8%, Wald 4,0%, Ackerland 2,4%, Siedlungen und Infrastruktur 0,7%, sonstige Landwirtschaftsflächen 0,4%, Gärten 0,1% (nach XINJIANG NATIONALATLAS 2004). Zwischen 1995 und 2015 nahmen Acker-, Wasser- und Siedlungs- sowie Infrastrukturflächen zu, während Wälder, Weideland und ungenutztes Land rückläufig waren (LIU et al. 2019). Getreide, Baumwolle, Ölfrüchte und Zuckerrüben sind die wichtigsten Ackerbaukulturen. Die wasserintensive Baumwollproduktion in Xinjiang nimmt in den letzten Jahren im Vergleich zu Gesamt-China zu (NBS 2023)! Gleiches gilt für den Viehbestand, allen voran Schafe, Ziegen und Rinder.

Bei der Energieerzeugung dominieren fossile Energieträger, wobei Kohle bei nach wie vor zunehmender Tendenz mit Abstand den größten Beitrag leistet, während der Öl- und Gasanteil rückläufig ist. Regenerative Energieerzeugung befindet sich im Aufwind, bewegt sich aber noch auf geringem Anteilsniveau. Xinjiang ist die reichste Provinz Chinas an metallischen und nichtmetallischen Ressourcen (nach XINJIANG NATIONALATLAS 2004).

Stadt	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Hami	410.500	446.300	496.700	539.900	569.800	616.700	680.000
Turpan	474.200	524.800	550.900	584.300	612.800	681.900	690.000
Urumqi	1.313.100	1.441.100	1.643.800	1.941.500	2.393.500	2.668.300	4.060.000
Korla	251.100	295.700	357.700	438.000	546.700	559.000	580.000
Kashgar	225.900	248.600	324.500	421.300	529.000	628.300	1.500.000
Hotan	130.800	148.400	170.000	195.200	318.000	348.300	k. A.

Tab. 1: Bevölkerungsentwicklung ausgewählter Städte in Xinjiang (Quellen: Xinjiang Statistical Yearbook (1991–2016); The Seventh National Census of China, November 2020; NBS 2023)

Xinjiang ist ein bedeutendes Zuzugsgebiet vor allem von Han-Chinesen aus den östlichen Provinzen, die im Rahmen des Xibu-da-kaifa Programms zur Entwicklung der West-Provinzen durch spezielle Jobofferten angelockt werden. Deshalb ist in den letzten Jahrzehnten innerhalb Chinas eine „Völkerwanderung“ im Gange, welche die Völkerwanderung Eurasiens zwischen dem 5. und 6. Jh. im Ausmaß deutlich übertrifft. Eine Folge davon sind die enormen Bevölkerungszuwächse in den Städten (vgl. Tab. 1).

### Ausgewählte Standorte entlang der Seidenstraßen Xinjiangs

Xinjiang ist eine der wenigen Regionen entlang der Jahrtausende alten Handelsstraßen (seit dem 19. Jahrhundert in Anlehnung an Ferdinand Freiherr von Richthofen als „Seidenstraße“ bezeichnet), die sich hier in zwei Hauptstränge (Nordroute, nördlich der Taklamakan-Wüste und Südroute, südlich davon) teilt (Abb. 4).

Die meisten Forschungsreisenden wählten die sog. **Dschungarische Pforte**, um von Kasachstan nach Urumqi (Xinjiang) und ggf. weiter Richtung Hexi-Korridor nach Lanzhou zu gelangen. Bei dieser Pforte handelt es sich um ein beckenartiges, nordwest-südost verlaufendes breites Tal mit mehreren im Wasserstand stark schwankenden Endseen (z. B. Alakol [KAZ] und Ebi Nur [CN]), das im Westen durch den Dschungarischen Alatau und im Osten durch die Gebirge Birliktau und Mailytau umrahmt wird. Durch die Gebirgsumrahmung und die Talorientierung bilden sich in der Pforte düsenartig verstärkte Windsysteme aus, weshalb sie als das wahrscheinlich windigste küstenferne Gebiet Eurasiens gilt. Die Jahresdurchschnitts-Windgeschwindigkeit beträgt 6 m/sec. An 165 Tagen im Jahr treten Windstärken gleich/größer 8 der Beaufortskala auf. Die durchschnittliche Temperaturamplitude schwankt zwischen  $-32,2^{\circ}\text{C}$  und  $+41,7^{\circ}\text{C}$  (ZHANG et al. 2024).

In der westlichen Umgebung der Stadt **Hami** (uigurisch: Kumul) befinden sich überwiegend durch den Wind geformte Yardang-Landschaften, welche heute touristisch auch „Devil’s City“, in der älteren russischen Literatur als „äolische Stadt“ bezeichnet werden (OPP 1988). Hami hat bereits einen höheren Anteil an Han-Chinesen gegenüber den Uiguren.

Bewegt man sich von Hami aus auf dem nördlichen Strang der alten Seidenstraße nach Westen, erreicht man mit **Turpan** (auch Turfan, chinesisch Tulufan) eine Stadt in bemerkenswerter Lage. Sie liegt 80 m unter dem Meeresspiegel, das umgebende Turpan-Becken erreicht sogar  $-154$  m. Damit ist es die viertiefste Festlandsenke der Erde (Totes Meer  $-428$  m, See Genezareth  $-214$  m, Assalsee (Djibouti)  $-155$  m). Durch die Kessellage werden im Sommer bis nahezu  $50^{\circ}\text{C}$  erreicht, was eigene Messungen im Spätsommer 2014 bestätigten, dies bei einer Bodenoberflächentemperatur von  $68^{\circ}\text{C}$  und einer Luftfeuchtigkeit von 22 % zwei Meter über der Bodenoberfläche. Turpan gilt deshalb nicht zu Unrecht als die heißeste Stadt Chinas. Da hier nur 16 mm Jahresniederschlag fallen, müssen die umfangreichen Oasenkulturen des Turpan-Beckens bewässert werden. Das Wasser wird über unterirdische Kanäle, sog. Karez (uigurisch, sie entsprechen den Qanaten im persischen Sprachraum) seit vielen Jahrhunderten vom

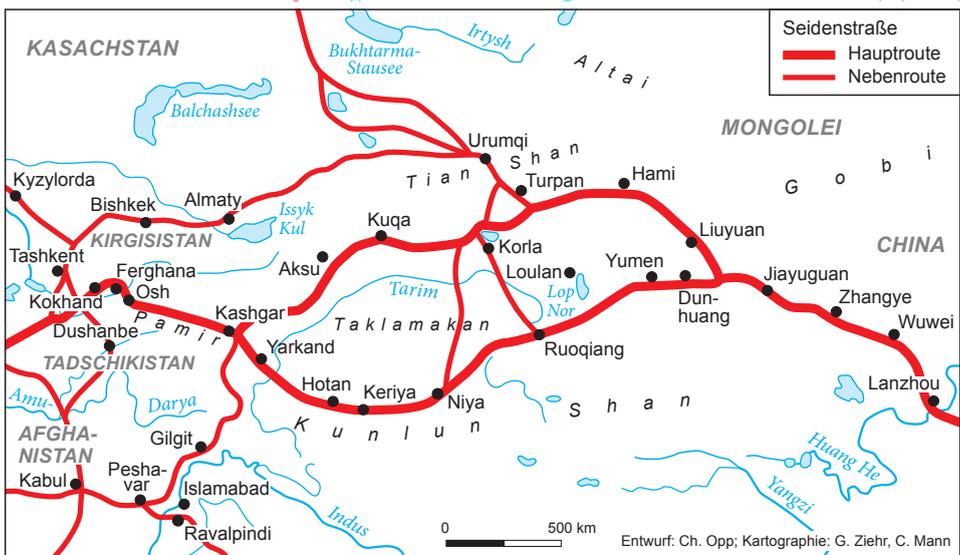


Abb. 4: Die Seidenstraßen Xinjiangs

Tianshan über viele 10er km ins Zentrum der Turpan-Depression verdunstungsfrei transportiert. Hauptbauprodukte sind u. a. Melonen, Weintrauben (Weiterverarbeitung zu Rosinen), Weizen, Mais, Sonnenblumen, Baumwolle, Pflirsiche, Aprikosen und Mandeln. Zwei Drittel der Bevölkerung Turpans sind muslimisch. Dementsprechend findet man sehr viele bedeutende Bauwerke der muslimischen Sakralarchitektur. In der Umgebung befindet sich die Ruinenstadt Jiaohe (2. Jh. v. Chr.) auf einem Hügel, der ehemals von zwei Flussarmen umflossen wurde. In Turpan befindet sich der tiefstgelegene Botanische Garten der Erde.

Ebenfalls an der Nordroute der alten Seidenstraße liegt an den südlichen Ausläufern des Tianshan **Urumqi** (chinesisch Wulumuchi), die Hauptstadt der Autonomen Region Xinjiang. Heute wohnen hier mehr als 4 Mio. Menschen, davon zwei Drittel Han-Chinesen. Gleichwohl gilt Urumqi als das Zentrum der Uiguren. Zugleich ist es Hauptwirtschafts- und Wissenschaftszentrum von Xinjiang. Im Landes- und Volkskundemuseum von Xinjiang bemüht man sich, die ethnische Vielfalt Xinjiangs darzustellen. Urumqi ist auch ein Verkehrsknotenpunkt für den Straßen-, Bahn- und Luftverkehr mit direkten Verbindungen nicht nur innerhalb Chinas, sondern mit vielen Ländern Asiens und Europas. In der Umgebung der Stadt, im Tianshan, befindet sich der am längsten untersuchte Gletscher (Glacier Number One) weltweit.

Südwestlich von Urumqi liegt **Korla** (uigurisch Kurla) am Konqi-Fluss, nördlich des Tarims und der Taklamakan-Wüste. Hier dominiert die Han-chinesische Bevölkerung zu 70 % gegenüber 25 % Uiguren. Weiter nach Westen gelangt man nach **Kuqa** (auch Kukha), um die Zeitenwende ein bedeutendes Kulturzentrum sowie ein bedeutender Handelsplatz für Pferde und Seide. Die ca. 100.000 Einwohner der Stadt setzen

sich zu drei Vierteln aus Uiguren und zu einem Viertel aus Han-Chinesen zusammen. In der Umgebung der Stadt bilden der sich in rote Sandsteine und Konglomerate eingeschnittene *Grand Cañon* des Tianshan sowie die 263 Höhlen der 1000 Buddhas aus dem 3.–8. Jh. im Löss besondere Anziehungspunkte. Über **Aksu** (chinesisch Akesu), ein Zentrum der Bewässerungslandwirtschaft und Ausgangspunkt zum Besuch des nördlichen Tianshans an der Grenze zu Kasachstan, gelangt man nach **Kashgar** (chinesisch Kashi). Dort treffen sich die Nord- und die Südroute der Seidenstraße, die Westroute Richtung Pamir (Tadschikistan, Afghanistan) (Abb. 4) und Ferghana-Bekken (Usbekistan, Kirgistan) sowie der Karakorum-Highway (Pakistan). Traditionell ist die Stadt ein bedeutender Handelsstandort und das religiöse Zentrum Xinjiangs.

Auf der Südroute von Kashgar aus nach Südosten gelangt man zunächst nach **Yarkand**. Yarkand war ein Zentrum eines islamischen Khanats zwischen 1514 und 1680. Aus dieser Zeit findet man dort sehr viele besondere Denkmale der Sepulkralkultur. Weiter südöstlich liegt **Hotan** (auch Khotan). Vom 1. bis 10. Jh. war Hotan Sitz eines eigenen Königreichs. Bis heute ist die Stadt bekannt als bedeutender Jade-Fundplatz. In der Hotan-Präfektur befindet sich der Ort **Niya** bzw. Ronglu der Han-Dynastie. Ausgrabungen in den Jahren 1901–1930 unter Leitung des ungarisch-britischen Archäologen Aurel Stein (1862–1943) förderten hier Funde zutage, welche die große Bedeutung des Ortes schon im Neolithikum und während der Bronzezeit verdeutlichen. Weiter nach Osten gelangt man nach **Ruoqiang** (uigurisch Qakilik). In der Nähe von Niya zweigt die Taklamakan-Transitroad (Abb. 5) ab. Sie durchquert die Taklamakan-



**Abb. 5: Taklamakan-Transitroad mit Schutzverbauungen gegen Sandverwehungen**  
(Foto: © Chr. Opp)

Wüste von SSW nach NNW, um westlich von Korla die nördliche Seidenstraße zu erreichen. In Ruoqiang befindet sich das Loulan-Museum, das über die Ausgrabungen im Lop Nor Gebiet (siehe oben) informiert. Heute werden im seit den 1950er Jahren trocken gefallenem **Lop Nor** u. a. Kalisalze gewonnen. Auch von Ruoqiang aus erreicht man Korla, vorbei am Taitema-See und entlang des aktuellen Tarim-Unterlaufs.

## Literatur

- FRANKOPAN, P. (2017): Licht aus dem Osten. Eine neue Geschichte der Welt. Berlin. 939 S.
- GINAU, A., OPP, CH., SUN, ZH. & Ü. HALIK (2013): Influence of sediment, soil, and micro-relief conditions on the vitality of *Populus euphratica* stands in the lower Tarim Riparian Ecosystem. In: *Quaternary International* 311: 145–154.
- GIESE, E., MAMATKANOV, D. M. & R. WANG (2005): Wasserressourcen und deren Nutzung im Flussbecken des Tarim (Autonome Region Xinjiang / Volksrepublik China). Universitätsbibliothek, Gießen. Online: <http://dx.doi.org/10.22029/jlupub-5789>
- HEDIN, S. (1910, erstmals 1899): Durch Asiens Wüsten – Drei Jahre auf neuen Wegen in Pamir, Lop-nor, Tibet und China. Leipzig.
- LIU, Q., YANG, ZH., WANG, C. & F. HAN (2019): Temporal-Spatial Variations and Influencing Factor of Land Use Change in Xinjiang, Central Asia, from 1995 to 2015. In: *Sustainability* 11(3): 696. Online: <https://doi.org/10.3390/su11030696>
- NBS (NATIONAL BUREAU OF STATISTICS) (2023): [https://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202312/t20231225\\_1945745.html](https://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202312/t20231225_1945745.html)
- OPP, CH. (1988): Hauptinhalte des Schaffens von V. A. Obruchev und ihre Bedeutung für die geowissenschaftliche Erforschung Sibiriens und Zentralasiens gestern und heute. In: *Petermanns Geogr. Mitt.* 132(4): 249–258.
- STATISTIC BUREAU OF XINJIANG UYGUR AUTONOMOUS REGION: <https://tjj.xinjiang.gov.cn/>
- SUN, ZH., OPP, CH. & W. RUN (2009): Vegetation response to ecological water diversion in the lower Tarim River, Xinjiang, China. In: *Basic and Applied Dryland Research* 3(1): 1–16.
- XINJIANG NATIONAL ATLAS (= Atlas der Autonomen Region Xinjiang). Beijing 2004 (chinesisch).
- ZHANG, X., LI, Y. & F. LI (2024): Spatial distribution characteristics of soil water-salt gradients in the ecological buffer zone of arid zone lakes and their influencing factors. *Journal of Cleaner Production* 444, Article 141299. Online: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141299>

## Autor

Prof. i. R. Dr. Christian Opp  
Philipps-Universität Marburg  
Fachbereich Geographie  
35032 Marburg  
E-Mail: [opp@mail.uni-marburg.de](mailto:opp@mail.uni-marburg.de)

**HARNISCHMACHER, STEFAN**

## **Das Relief unter dem Einfluss des Menschen – Geomorphologie im Zeitalter des Anthropozäns**

Der Mensch hat sich in den vergangenen 50 Jahren zur bedeutendsten geomorphologischen Kraft entwickelt und um ein Vielfaches mehr Material in Form von Boden, Locker- oder Festgestein bewegt als alle Flüsse der Erde zusammen in die Ozeane verfrachtet haben. Aus diesem Grund erfährt die Forschungsdisziplin Anthropogeomorphologie einen zunehmend größeren Stellenwert und ist immer öfter Gegenstand aktueller Veröffentlichungen. Der folgende Beitrag dient einer Übersicht zur Anthropogeomorphologie mit einer Zusammenstellung menschengemachter Reliefformen und einer Abschätzung zur Bedeutung des Menschen als reliefprägender Faktor. Dabei soll auch die Rolle der Anthropogeomorphologie im Kontext des sog. Anthropozäns, dem Zeitalter des Menschen, diskutiert werden.

### **Anthropogene Reliefformen und ihre Gliederung**

Die Disziplin der Anthropogeomorphologie beschäftigt sich mit der Rolle des Menschen bei der Formung des Reliefs und seines Einflusses auf geomorphologische Prozesse wie der Verwitterung, der Erosion, des Transports und der Ablagerung von Sedimenten. Der Eingriff des Menschen erfolgt dabei auf unterschiedliche Weise und wirft die Frage nach einer Gliederung der vielfältigen Reliefformen auf. Der wohl häufigste in der Literatur genannte Ansatz besteht darin, zwischen Reliefformen als Folge des direkten und indirekten Eingriffs in die Reliefsphäre zu unterscheiden (GOUDIE & VILES 2016).

Das durch direkte Eingriffe (Tab. 1) entstandene Relief ist aufgrund seiner häufig vom natürlichen Relief stark abweichenden Form zumeist leicht zu identifizieren und zeichnet sich nicht selten durch auffällige Stufen oder Kanten im Gelände aus. Hierzu gehören z. B. Halden, Deiche, Küstenschutzwälle (Abb. 1) oder Dämme als technische Bauwerke, Tagebaue, Kiesgruben oder Steinbrüche (Abb. 2) zur Gewinnung von Rohstoffen, Talsperren oder Kanäle (Abb. 3) als Wasserbauwerke sowie Terrassen zur ackerbaulichen Nutzung oder Panzergräben als Verteidigungsanlagen (Abb. 4).

Wesentlich schwieriger zu erkennen sind Formen, die als Folge indirekter Eingriffe des Menschen in die Reliefsphäre entstehen und mit einer Beeinflussung geomorphologischer Prozesse verbunden sind. So kann z. B. eine Veränderung der natürlichen Vegetationsbedeckung durch Entwaldung und land- oder forstwirtschaftliche Nutzung zur Bodenerosion führen, die Sedimentation in Auen fördern und das Auenrelief verändern. Da die Reliefform auf der Grundlage natürlicher, jedoch vom Menschen beeinflusster Prozesse entsteht (sog. quasi-natürliche Prozesse), ist sie häufig von natürlichen Formen kaum zu unterscheiden. Beispielsweise mag ein Schwemmfächer als Ergebnis verstärkter Bodenerosion am Fuße einer Ackerfläche das gleiche Aussehen besitzen wie ein solcher im Mündungsbereich eines kleinen Baches.

Anlass	geomorphologische Auswirkungen	
	direkt	indirekt
Bergbau	Gruben	Bergsenkungen
	Halden	Tagesbrüche
	Steinbrüche	Küstenerosion (als Folge des Sedimentdefizits nach Materialentnahme in Flüssen und an Küsten)
	Tagebaue	
Entsorgung	Deponien	
Forstwirtschaft	Wegeeinschnitte	Bodenerosion (auf Rückegassen und unbefestigten Waldwegen)
Krieg	Bombentrichter	
	Gräben	
	Trümmerberge	
	Wälle	
Küstenschutz	Buhnen	Sedimentation (an Buhnen und Lahnungen)
	Deckwerke	
	Lahnungen	
	Schutzwälle	
	Strandaufspülung	
Landwirtschaft	Ackerberge	Bodenerosion auf Ackerflächen
	Be- und Entwässerungsgräben	Sedimentation (am Unterhang und im Talgrund als Kolluvium, auf den Auen als Auenlehme)
	begradigte Fließgewässer	
	Eschkanten (Plaggenwirtschaft)	
	Lesesteinwälle	
	Polder	
	Terrassen	
	Wölbäcker	
Schifffahrt	begradigte Fließgewässer	Tiefenerosion (nach Begradigung oder Bau von Buhnen)
	Buhnen	
	Deiche	
	Kanäle	
	Schleusen	
	Uferbefestigungen	
Verkehr	Dämme	Bodenerosion (nach Bündelung des Oberflächenabflusses auf Fahrspuren) und Bildung von Hohlwegen
	Straßeneinschnitte	gravitative Massenbewegungen (nach Hangverteilung)
Versorgung (Energie, Wasser)	Kanäle	Geländeabsenkung (Subsidenz) (nach Grundwasserentnahme)
	Stauseen	Tiefenerosion in Fließgewässern (Sedimentrückhalt in Stauseen) und Küstenerosion (als Folge des Sedimentdefizits)
Wohnen	Bodenaushub (Tiefbau)	
	künstliche Inseln	
	Polder	
	Siedlungs- und Wohnhügel	

Tab. 1: Anlässe anthropogener Eingriffe in das Relief und eine Auswahl ihrer geomorphologischen Auswirkungen



**Abb. 1:**  
Steinbuhnen und Deckwerk  
an der Westspitze  
von Baltrum (Fotos 1–4:  
© S. Harnischmacher)



**Abb. 2:**  
Steinbruch am Pies-  
berg bei Osnabrück



**Abb. 3:**  
Bewässerungskanal im  
Imperial Valley (Kalifor-  
nien, USA)



**Abb. 4:**  
**Panzergraben im Kreis**  
**Viersen**

Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass geplante direkte Eingriffe des Menschen in die Reliefsphäre unvorhergesehene Ereignisse an anderer Stelle verursachen können. Beispielsweise führt die Entnahme von Sand und Kies oder der Bau von Stauhaltungen in einem Flusseinzugsgebiet zu einer Unterversorgung der Küsten mit Sediment und zur Küstenerosion (BROWN et al. 2017). Sand und Kies machen einen Großteil der insgesamt abgebauten Rohstoffe aus und werden u. a. in der Bauindustrie als Zuschlagstoffe für die Herstellung von Beton oder zur künstlichen Landgewinnung verwendet. Vor allem aufgrund des Wirtschaftswachstums in Asien und des Baubooms in China hat der Abbau in Flusstälern und an Küsten zu einer Beschleunigung der Küstenerosion beigetragen (PEDUZZI 2014).

Schließlich ermöglichen direkte Eingriffe des Menschen unvorhergesehene Nachnutzungen, etwa nach Beendigung des Bergbaus, die ganz neue Potentiale erschließen und ihrerseits zu Veränderungen des Reliefs beitragen. Beispielhaft genannt sei die touristische Nutzung von Tagebaurestseen in den deutschen Braunkohlerevierern.

### **Das Ausmaß der anthropogenen Überprägung**

Nach Angaben des amerikanischen Geologen R. L. HOOKE (2000) bewegt die Menschheit 120 Mrd. Tonnen pro Jahr an Boden- und Gesteinsmassen durch den direkten und indirekten Eingriff in die Reliefsphäre. Unter Berücksichtigung der Weltbevölkerung im Jahr 2000 trägt damit jeder Mensch der Erde zu einer Verlagerung von 21 Tonnen Boden und Gestein pro Jahr bei. Davon entfallen 6 Tonnen auf Material als Folge direkter und 15 Tonnen als Folge indirekter Eingriffe (z. B. durch die landwirtschaftliche Nutzung).

DOUGLAS & LAWSON (2001) beziffern die weltweit vom Menschen nur als Folge der Rohstoffgewinnung bewegten Erdmassen gar mit 57 Mrd. Tonnen pro Jahr und stellen

fest, dass damit die weltweit von den Flüssen in die Weltmeere transportierten Sedimentfrachten (22 Mrd. Tonnen) um nahezu das Dreifache übertroffen werden. Nach Modellrechnungen von SYVITSKI & KETTNER (2011) macht die Sedimentfracht der Flüsse lediglich 12,8 Mrd. Tonnen pro Jahr aus. Ohne den Einfluss des Menschen jedoch, d. h. auch ohne Berücksichtigung der Bodenerosion, wäre der Wert um 2,3 Mrd. Tonnen größer. Dies begründen die Autoren mit dem Sedimentrückhalt hinter den weltweit mehr als 48.000 Staudämmen mit Mindesthöhen von 15 m.

Noch drastischer erscheinen die jüngsten Angaben aus einer Veröffentlichung von COOPER et al. (2018). Wird der Abbau von Kohle und mineralischer Rohstoffe sowie die Metallproduktion zusammen mit dem dabei entstehenden Abraum, der Abbau von Sand und Kies, die Zementproduktion, der Bodenaushub für den Tiefbau sowie die Materialentnahme aus Flüssen, Seen und vom Meeresboden betrachtet, so kommen die Autoren auf einen Betrag von 316 Mrd. Tonnen für das Jahr 2015! Den größten Anteil nimmt dabei der Bodenaushub ein, gefolgt von der Kohleförderung und dem Abbau von Sand und Kies sowie der Zementproduktion (Abb. 5). Allein im Jahr 2012 wurden ca. 30 Mrd. Tonnen Sand und Kies zur Herstellung von Beton verbraucht (PEDUZZI 2014). Damit ließe sich eine 27 m hohe und ebenso breite Mauer bauen, die den gesamten Äquator umspannen würde!

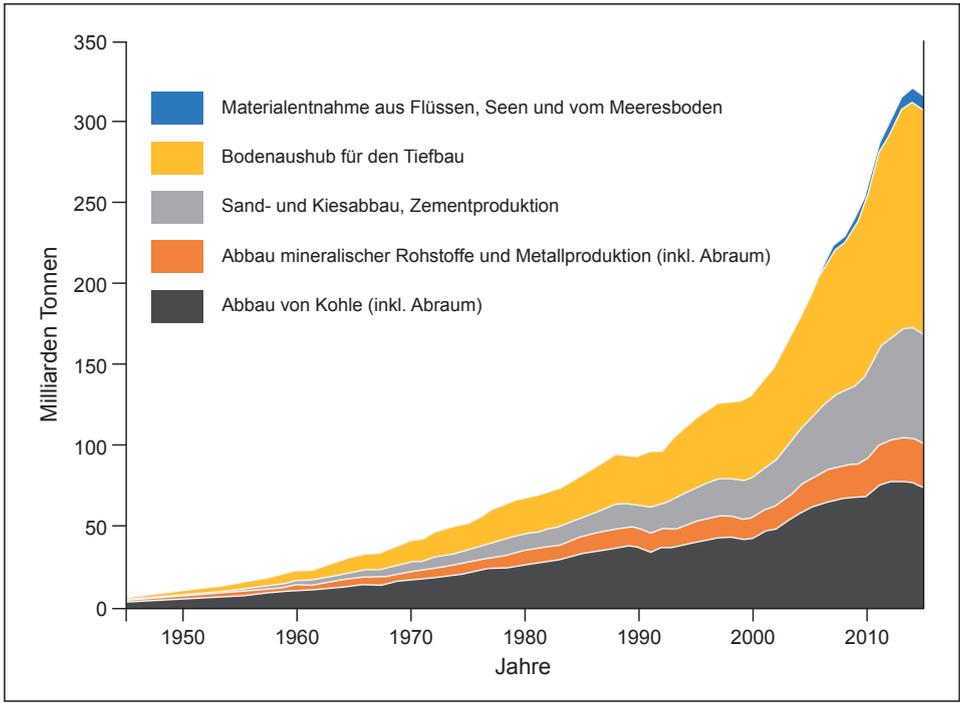


Abb. 5: Vom Menschen bewegtes Material als Folge direkter Eingriffe zwischen 1945 und 2015 (nach COOPER et al. 2018, S. 228)

WILKINSON & MCELROY (2007) konnten auf der Grundlage einer Auswertung von Sedimentgesteinen vom Kambrium bis zum Quartär eine ausschließlich auf natürliche Prozesse zurückzuführende Erosion von 5 Mrd. Tonnen Gesteinsmaterial pro Jahr berechnen. Die anthropogen bedingte Bodenerosionsrate beträgt nach Angabe der Autoren 75 Mrd. Tonnen pro Jahr und übertrifft die natürliche damit um das Fünfzehnfache!

Auch eine flächenhafte Betrachtung anthropogener Eingriffe bringt zum Ausdruck, welche große Bedeutung dem Menschen bei der Überprägung der Erdoberfläche zufällt. Nach HOOKE et al. (2012) wurden im Jahr 2007 ca. 46,6% der eisfreien Erdoberfläche durch Landwirtschaft und Forstwirtschaft genutzt und weitere 6,9% als Folge des Baus jeglicher Art von Infrastruktur verändert. Insgesamt standen damit ca. 70 Mio. km<sup>2</sup>, d. h. mehr als 50% der gesamten eisfreien Landoberfläche unter dem direkten Einfluss des Menschen.

### **Anthropogeomorphologie im Anthropozän**

Seit Einführung des Begriffs „Anthropozän“ durch Paul CRUTZEN (2002) ist in der Fachwelt eine lebhafte Debatte darüber entbrannt, ob es angesichts der globalen Umweltveränderungen und der Rolle des Menschen gerechtfertigt erscheint, ein neues Erdzeitalter zu definieren, das dem Holozän folgt. Aus geowissenschaftlicher Sicht wird die Existenz globaler Merkmale des oberflächennahen Untergrunds diskutiert, die den Beginn des Anthropozäns anzeigen. Dabei fällt der Anthropogeomorpholo-



**Abb. 6: Mutmaßliche Erosionsschlucht als Folge der Magdalenenflut 1342 am Herchenberg bei Niederwalgern (Foto: © S. Harnischmacher)**

gie eine bislang kaum beachtete Rolle zu, denn zahlreiche anthropogene Reliefformen und ihre entsprechenden Sedimente könnten der Schlüssel für die Identifizierung schichtgebundener Zeugen des Anthropozäns sein. Doch wann setzte die Beeinflussung des Reliefs durch den Menschen ein und hinterließ Spuren, die noch heute im Untergrund erkennbar sind und das Zeitalter des Anthropozäns widerspiegeln?

Spätestens mit der Sesshaftwerdung des Menschen im frühen Neolithikum und der Einführung des Ackerbaus (ca. 3800 v. Chr.) setzte in Mitteleuropa eine Bodenerosion ein, die sich heute in den entsprechenden Sedimenten zeigt. Weitere Phasen verstärkter Bodenerosion vorindustrieller Zeit waren in Mitteleuropa die späte Bronzezeit und die vorrömische Eisenzeit (ca. 1600 v. Chr. bis Chr. Geb.) sowie das Hoch- und Spätmittelalter (ca. 1000 bis 1500 n. Chr.) (DREIBRODT et al. 2010). Dabei haben außergewöhnliche Witterungsereignisse zu einer Verstärkung der Bodenerosion beigetragen und Schäden unvorstellbaren Ausmaßes verursacht, wie es das Beispiel der Magdalenenflut im Jahr 1342 zeigt (Abb. 6) (vgl. BORK 2006).

GOUDIE & VILES (2016) ordnen diese frühen Befunde anthropogener Reliefüberprägung einer Phase namens „Paläoanthropozän“ zu (7000 Jahre v. h. bis ca. 1750), die über die beschriebenen Beispiele hinausgehend von einer Vielzahl weiterer direkter sowie indirekter Eingriffe und Reliefveränderungen gekennzeichnet gewesen sei. Beispielhaft genannt seien (1) die Verhüttung von Metallerzen seit der Bronzezeit und eine damit verbundene Entwaldung und verstärkte Bodenerosion, (2) das flächenhafte Abstecken des Oberbodens, seine Anreicherung mit Stallmist und das anschließende Wiederaufbringen auf Ackerflächen im niederländisch-westfälisch-niedersächsischen Raum zwischen dem 8. und 12. Jahrhundert oder (3) die Errichtung von Hügelgräbern seit der Jungsteinzeit. Die Entwicklung neuer Methoden der Fernerkundung ermöglicht eine flächenhafte Erfassung solcher archäologischer Bodendenkmäler und leistet einen wichtigen Beitrag zum Verständnis anthropogener Reliefüberprägungen in vorindustrieller Zeit. Die Grenzen zwischen anthropogeomorphologischer und archäologischer Forschung sind in diesem Zusammenhang fließend.

In der Geschichte des Anthropozäns schließt sich dem Paläoanthropozän die Phase des Industriezeitalters an (ca. 1750 bis ca. 1945). Ihr folgt die sog. „Große Beschleunigung“ (ca. 1945 bis ca. 2000), in der nahezu jeder Indikator menschlichen Wirkens auf dem Planeten Erde ein exponentielles Wachstum aufweist und somit der Mensch zur bedeutendsten geomorphologischen Kraft geworden ist. Die Suche nach einem entsprechenden Referenzprofil, an dem im Untergrund der Beginn dieser Phase erkannt werden kann, führte zuletzt zu einem See im südlichen Kanada, dem Crawford-See in der Provinz Ontario. Hier wurden Sedimente untersucht, die auf das Jahr genau datierbar sind und für die 1950er Jahre eine erhöhte Konzentration von Plutonium-Isotopen aufweisen, zurückzuführen auf Atomwaffentests während des Kalten Krieges. Die Sedimente seien ein ausgezeichneter Marker zur Kennzeichnung des Beginns der „Großen Beschleunigung“, so die Argumentation der *Anthropocene Working Group* (AWG) zur Erforschung des Anthropozäns. Es folgte ein entsprechender Antrag bei

der International Union of Geological Sciences (IUGS), dem höchsten Wissenschaftsgremium seiner Disziplin, das Schichtenprofil als Referenzpunkt (sog. „Global Stratotype Section and Point (GSSP)“ – umgangssprachlich auch „Golden Spike“ oder „Goldener Nagel“) zur Ausweisung des Anthropozäns zu erklären. Dieser Vorschlag wurde jedoch im Jahr 2024 von der IUGS mit der Begründung abgelehnt, die menschengemachten Veränderungen hätten noch nicht die Dimension einer Erdepoeche erreicht und seien zudem deutlich älter. Die Erforschung des Paläoanthropozäns, nicht zuletzt aus geomorphologischer und bodenkundlicher Perspektive, erscheint somit bedeutender als je zuvor zu sein!

### Literatur

- BORK, H.-R. (2006): Landschaften der Erde unter dem Einfluss des Menschen. Darmstadt.
- BROWN, A. G. [et al. + 11] & R. AALTO (2017): The geomorphology of the Anthropocene: emergence, status, and implications. *Earth Surface Processes and Landforms* 42: 71–90.
- COOPER, A. H. [et al. + 3] & C. N. WATER (2018): Humans are the most significant global geomorphological driving force of the 21st century. *The Anthropocene Review* 5: 222–229.
- CRUTZEN, P. J. (2002): Geology of mankind. *Nature* 415: 23.
- DOUGLAS, I. & N. LAWSON (2001): The Human Dimensions of Geomorphological Work in Britain. *Journal of Industrial Ecology* 4: 9–33.
- DREIBRODT, S. [et al. + 3] & H.-R. BORK (2010): Historical soil erosion by water in Germany – Scales and archives, chronology, research perspectives. *Quaternary Journal* 222: 80–95.
- GOUDIE, A. & H. A. VILES (2016): Geomorphology in the Anthropocene. Cambridge.
- HOOKE, R. L. (2000): On the History of Humans as Geomorphic Agents. *Geology* 28: 843–846.
- HOOKE, R. L., MARTÍN-DUQUE, J. F. & J. PEDRAZA (2012): Land transformation by humans – A review. *GSA Today* 22: 4–10.
- PEDUZZI, P. (2014): Sand, rarer than one thinks. *Environmental Development* 11: 208–218.
- SYVITSKI, J. P. M. & A. KETTNER (2011): Sediment flux and the Anthropocene. *Philosophical Transactions of the Royal Society A* 369: 957–975.
- WILKINSON, B. H. & B. J. McELROY (2007): The impact of humans on continental erosion and sedimentation. *Bulletin of the Geological Society of America* 119: 140–156.

### Autor

apl. Prof. Dr. Stefan Harnischmacher  
Fachbereich Geographie  
Philipps-Universität Marburg  
Deutschhausstraße 10  
35032 Marburg  
E-Mail: stefan.harnischmacher@geo.uni-marburg.de

**FELIX-HENNINGSSEN, PETER**

## **Die *Grüne Sahara* im Holozän – auf Spurensuche nach einer vergangenen Umwelt**

### **Einleitung**

Die Erforschung des Klima- und Landschaftswandels der heutigen Wüsten ist international gerade vor dem Hintergrund der gegenwärtigen Klimaveränderung von großem Interesse. Sie basiert auf Identifikation, genetischer Interpretation und absoluter Datierung von sog. Proxys. Diese sind Indikatoren für aride Klimabedingungen, z. B. Dünen in der heute vegetationsbedeckten Sahelzone, während humide Klimaphasen der Vergangenheit in der heutigen Vollwüste durch Fossilien von Pflanzen und Tieren, Paläoböden, Seeablagerungen und Spuren prähistorischer menschlicher Besiedlung in den sich ausbreitenden Savannen angezeigt werden. Letztere ist durch die weit verbreiteten Funde steinzeitlicher Artefakte (z. B. Steinwerkzeuge, Schmuck, Tonscherben) und Felsgravuren belegt, die neben Menschen und den seit etwa 7.000 Jahren domestizierten Rindern auch Herden aus Säugetieren (Giraffen, Nilpferde etc.) zeigen, die heute nur in der tropischen Feuchtsavanne beheimatet sind.

Menschliche Skelette, die nähere Rückschlüsse auf Herkunft und Lebensweise geben könnten, sind extrem selten, da sie verwitterten oder die mechanische Beanspruchung durch Wind- und Wassererosion nicht überstanden. Durch einen bisher einmaligen Zufall entdeckte der Paläontologe und Saurierforscher Paul SERENO Anfang der 2.000er Jahre ein steinzeitliches Gräberfeld (SERENO et al. 2008), angelegt auf Dünenrücken in einem Paläoseebecken in der südlichen Sahara von Ost-Niger. Es wurde von SERENO und später von italienischen Prähistorikern bearbeitet (GARCEA 2013). Die Gräber enthalten intakte Skelette von Menschen zweier unterschiedlicher Zivilisationen, die zwischen 9.500 und 4.500 Jahren vor heute (im Folgenden 9,5–4,5 ka) an dem Seeufer in Gobero lebten. Die archäologischen Grabungen wurden durch interdisziplinäre Untersuchungen zur Rekonstruktion der früh- bis mittelholozänen Paläoumwelt begleitet. Von besonderem Interesse waren seitens der Archäologen die Fragen, welche Wasserressourcen (Fläche, Tiefe) der See über die Jahrtausende bot und wie lange die Möglichkeit einer Nutzung der aquatischen Fauna (u. a. Fische, Muscheln, Krokodile, Schildkröten), der Wildtiere der Savanne und der Wasserpflanzen als ausschließliche Nahrungsquellen gegeben war.

Auch aus hydrologischer und geomorphologischer Sicht ergaben sich interessante Fragestellungen. Die Probleme, die sich einer räumlichen und zeitlichen Rekonstruktion der Paläohydrologie entgegenstellten, waren u. a. ein sehr flaches Seebecken ohne visuell auszumachende Höhenunterschiede sowie nicht identifizierbare Seeufer und, bis auf kleine Reste, weitgehend ausgeblasene Sedimente des Seebodens. Dieses erforderte eine Spurensuche nach Indikatoren für wechselnde Seespiegelstände und deren Analyse, Datierung sowie Höhenmessungen im Zentimeterbereich.

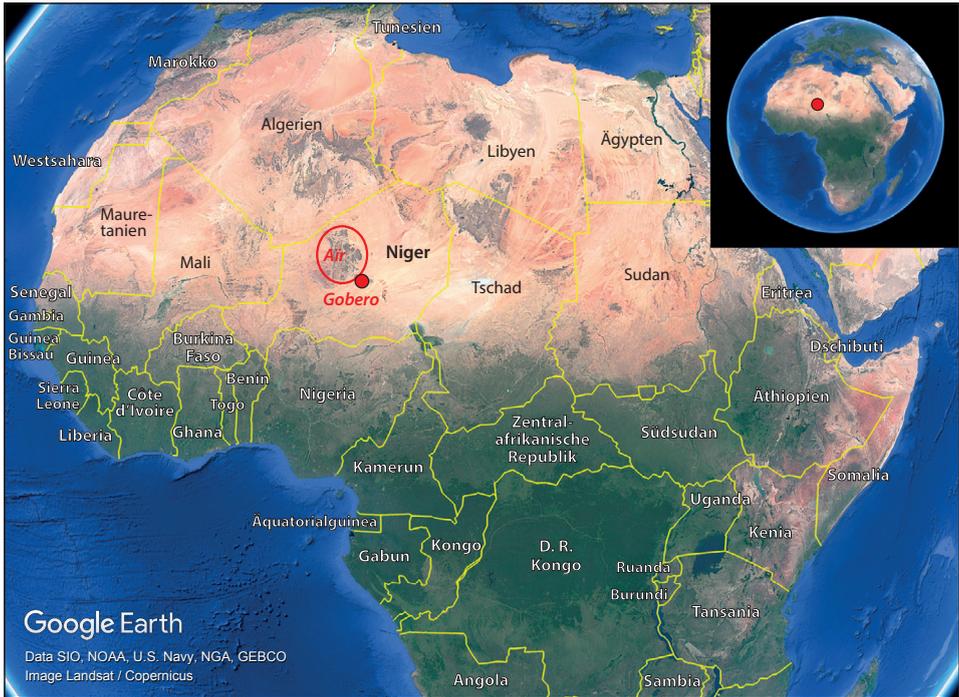


Abb. 1: Lage des Paläosees Gobero in der südlichen Sahara der Republik Niger

Dieser Beitrag stellt die Ergebnisse der bodenkundlichen und geomorphologischen Untersuchungen in der Umgebung des Gräberfeldes von Gobero in der Sahara von Ost-Niger in den Mittelpunkt. Er zeigt, dass erst eine multidisziplinäre Analyse und Interpretation der Ergebnisse eine valide Rekonstruktion des Klima- und Landschaftswandels der vergangenen Jahrzehntausende ermöglicht.

### Klimawandel in der Sahara

Das Klima der Sahara und der südlich angrenzenden Sahelzone wird durch zwei global wirkende Klimasysteme bestimmt, durch den NE-Passat und den SW-Monsun, die, über Jahrtausende betrachtet, nicht stabil waren, sondern in Dauer und Intensität Schwankungen unterlagen. Daher kam es im gesamten Pleistozän und Holozän in Nordafrika zu mehreren, teilweise abrupten Wechseln von ariden und humiden Phasen. In Kaltphasen auf der Nordhalbkugel wurde der Monsun zurückgedrängt und der NE-Passat dehnte sich weit über die Südgrenze der Sahara aus, was eine Ausweitung der flächen- und linienhaften Dünensysteme über mehrere hundert Kilometer nach Süden in der heutigen Sahelzone zur Folge hatte. Ein wärmeres Klima führte zur Verstärkung des Monsuns, so dass sich der Wüstenrand von seiner heutigen Position (etwa 16° nördliche Breite) über mehrere hundert Kilometer nach Norden bis in die heutige Zentralsahara verlagerte. Folglich konnte sich in der heutigen Vollwüste eine

belebte Savanne ausbreiten. Insgesamt pendelte die Sahara-Sahel-Grenze im Wechsel von Trocken- und Feuchtzeiten über eine N-S-Distanz von mehr als 700 km.

Über feuchtere Klimaphasen im älteren Pleistozän ist aus einzelnen Vorkommen von archäologischen Funden und Paläoböden im Wesentlichen bekannt, dass sie existiert haben und eine menschliche Besiedlung ermöglichten (SCERRI 2017, FELIX-HENNINGSSEN 2019). Fragen des Alters, der Dauer und der Paläoumwelt dieser alten Feuchtzeiten sind offen. Dagegen ist der Verlauf des Klima- und Landschaftswandels im Jungpleistozän und Holozän durch zahlreiche Vorkommen sog. Proxys recht gut belegt (BAUMHAUER et al. 2009). Dazu zählen u. a. immobile Altdünen mit Paläoböden (FELIX-HENNINGSSEN 2000), Seesedimente (BAUMHAUER 2004), Felsgravuren und Artefakte als Zeugen menschlicher Besiedlung (STRIEDTER et al. 1995) sowie fossile Pollen und Pflanzenreste (MALEY 1981).

Das obere Jungpleistozän, klimatisch eine Kalt-(Eis-)zeit, war seit mindestens 30.000 Jahren eine überwiegend aride Periode, in der die Paläodünen der heutigen Sahelzone entstanden (FELIX-HENNINGSSEN et al. 2009). Mit der ersten spätglazialen Klimaerwärmung um 14 ka setzte, zunächst mit Rückschlägen, eine humide Periode ein, die international als *African Humid Period* (AHP) bezeichnet wird und bis in das ausgehende Mittelholozän (etwa 4 ka) andauerte.

Die Ursachen für Klimaschwankungen in der Sahara aus der Zeit vor 30 ka mit Wechseln von extremer Aridität mit Dünenausbreitung und Feuchtzeiten liegen weitgehend im Dunkeln, dürften aber, wie auch für die jungpleistozänen Klimaschwankungen, maßgeblich auf orbitale Einflüsse zurückgehen, die phasenweise zu einer veränderten Einstrahlung führten und sich damit auf das Passat-Monsun-System auswirkten (RENSSEN et al. 2003, 2006). Dämpfend oder verstärkend kamen Wechselwirkungen zwischen den Klimafaktoren mit dem Festland (Boden und Vegetation über Wasserspeicherung, Verdunstung, Strahlungsadsorption bzw. Reflexion) und dem Ozean hinzu. Dessen steigende Wassertemperatur im Frühholozän verstärkte den Monsuneinfluss und folglich die humiden Klimabedingungen in der Sahara (BROSTRÖM et al. 1998). Hingegen führte eine kurzzeitige Abkühlung des Nordatlantiks durch die spontane Entleerung des laurentischen Eisstausees in Kanada um 8.2 ka zu weltweit nachweisbaren klimatischen Veränderungen. In Nordafrika wurde die Feuchtzeit durch ein arides Intervall unterbrochen, das in der Paläoklimaforschung als *8.2 k-event* bezeichnet wird (ALLEY et al. 1997) und das auch durch Klimamodelle für die Westsahara (CLAUSSEN et al. 1999) und datierte Sedimente in einem Tiefseekern aus dem westafrikanischen Atlantik (DEMENOCAI et al. 2000) bestätigt wurde.

Das anschließende Mittelholozän war klimatisch instabiler und durch einen Trend zunehmender Aridität gekennzeichnet, der in der Zentralsahara bereits bis 5 ka zu einer vollständigen Verdunstung der ausgedehnten, frühholozänen Paläoseen führte (BAUMHAUER 2004). Danach wurde das Klima auch in der südlichen Sahara trockener und mittel- bis jungholozäne Dünenfelder breiteten sich aus.

## Das Untersuchungsgebiet

**Der Paläosee von Gobero.** Gobero ist eine Region südlich des Air-Gebirges in der südlichen Sahara Ost-Nigers. Das flach eingetiefte Paläoseebecken befindet sich auf einem kreidezeitlichen Sandsteinplateau. Im Südwesten und Süden wird das Seebecken von der tektonischen Störung *Mazelet* mit Kämmen aus aufgedrückten Sandsteinen begrenzt, die Höhen von 600 bis 610 m ü. NN erreichen. Im Westen trennt ein flacherer Störungsrücken das Gobero-Becken von einem 15 Meter tiefer gelegenen Seebecken, das vor allem durch einen Überlauf aus dem Gobero-Paläosee gespeist wurde. Seine Größe betrug zum Zeitpunkt des maximalen Seespiegels 11 km<sup>2</sup>, der größte Durchmesser von NE nach SW betrug etwa 5,7 km und von SE nach NW 3,1 km. Es ist von einem massiven Beitrag des Grundwassers auszugehen, da die Größe des Einzugsgebiets durch die Lage auf der Wasserscheide zwischen dem Niger- und dem Tschadbecken im Vergleich zu vielen anderen Paläoseen der Sahara zu klein ist, um einen See dieser Größe mit einer permanenten Wasserführung zu erzeugen. Eine Vielzahl an Quellen, die aus einem Aquifer des kretazischen Sandsteins gespeist wurden, trugen daher zur Existenz des Sees bei. Bleichungen der (normalerweise rotbraunen) Sandsteine und Lagen aus Manganoxid an den Quellstandorten entlang der tektonischen *Mazelet*-Störung belegen den Austritt von Grundwasser. Der Grundwasserleiter gehörte offensichtlich zu einem mit dem Air-Gebirgsmassiv verbundenen System, das gespeist von orographischen Niederschlägen und Abflüssen zum Gebirgsvorland hin, auch in klimatisch trockeneren Perioden zu anhaltenden Quellschüttungen in Gobero führte.

Uferzonen sind als Folge der starken Deflation nicht mehr erkennbar. Der Boden des Paläosees besteht zumeist aus dem durch Deflation der Seesedimente freigelegten kretazischen Sandstein, der durch den Einfluss der langen Überflutung an der Oberfläche gebleicht ist, da das rotbraun färbende Eisenoxid herausgelöst wurde. In begrenzten Flecken treten Reste von geringmächtigen, grauen Seeablagerungen auf, die aus humosem, schluffigem Feinsand bestehen und an der Oberfläche durch die Spuren von Rhizomen der *Helophyten* (Papyrus, Schilf, Binsen) und kreisrunden Fischnestern strukturiert werden.

**Paläodünen mit Gräbern.** Auf dem Seeboden kommen unregelmäßig verteilte, flache, schildförmige Rücken aus Altdünen vor, die allesamt im Jungpleistozän vor mehr als 11 ka (belegt durch Lumineszenzdatierung) abgelagert wurden. Sie sind bis zu 2,5 Meter hoch mit Durchmessern von 5 bis 100 Metern, die infolge der Erosion durch Wellen bei einem ansteigenden oder absinkenden Wasserspiegel des Paläosees abgeplattet wurden. Die Paläodünen ragten zeitweilig als Inseln über den Wasserspiegel, bis auch die höchsten von ihnen durch den ansteigenden Seespiegel während des Feuchteoptimums im Frühholozän überflutet wurden.

Diese pleistozänen Altdünen waren während der früh- bis mittelholozänen Feuchzeit von dichter Vegetation bestanden, da sie, im Gegensatz zu dem umgebenden Sandstein, Wurzelraum für die Pflanzen boten. Auch für die Menschen, die am See-

ufer lebten, waren die Altdünen sowohl als Rastplätze (belegt durch Abfallhaufen aus Fischgräten, Muschelschalen und Tierknochen) als auch als Begräbnisplätze attraktiv, da es die einzigen Orte waren, die eine Erdbestattung ermöglichten. Es handelt sich um den ältesten erhaltenen und bekanntesten Begräbnisplatz der Sahara (SERENO et al. 2008). Mehrere hundert menschliche Grabstätten, die im Seebecken verteilt sind, sowie Artefakte, Abfallgruben und Keramik zeugen von zwei Phasen der prähistorischen Besiedlung des Seegebiets im frühen und mittleren Holozän. Das anthropologische Inventar, das während der ersten Expeditionen in den Jahren 2000 bis 2006 gefunden wurde, wurde von SERENO et al. (2008) ausführlich untersucht. Weitere archäologische Ergebnisse wurden von einer Reihe internationaler Wissenschaftler in einem multidisziplinären Sammelband veröffentlicht, der von GARCEA et al. (2013) herausgegeben wurde. Mehrere interdisziplinäre Untersuchungen unter der Leitung von Paul SERENO wurden zwischen 2011 und 2022 durchgeführt und brachten weitere herausragende Ergebnisse über die Herkunft, Kultur und Lebensweise der prähistorischen Gesellschaften.

Eine erste Besiedlung im Frühholozän erfolgte durch die *Kiffaer* (benannt nach dem Typusort Adrar-n-Kiffi bei Adrar Bous etwa 500 km nördlich), die sich als sesshafte Fischer, Jäger und Sammler von Fischen, Krokodilen, Schildkröten und Wildtieren der Savanne ernährten. Die *Kiffaer* nutzten die Altdüne als Begräbnis- und Siedlungsplatz. Ihre Skelette weisen Alter zwischen 9,7 ka und 8,2 ka auf und sind stets schwarzbraun gefärbt, da die Oberfläche der Knochen als Folge der langen Überflutung im Paläosee mit Fe/Mn-Oxiden imprägniert wurde. Es ist ein sicherer Beleg dafür, dass auch die Gräber auf den höchsten Altdünen von dem ansteigenden Seespiegel überflutet wurden. Steinwerkzeuge, Harpunenspitzen und Haken aus Knochen sowie Keramik mit gepunkteten Wellenlinien- und Zickzack-Motiven dienten als Grabbeigaben. Das abrupte Ende der *Kiffaer*-Kultur in Gobero fiel etwa mit dem 8.2 *k-event* zusammen. Aus den fehlenden Spuren einer Besiedlung nach 8,2 ka folgerten SERENO et al. (2008), dass der See austrocknete und die Menschen ihre Lebensgrundlage verloren.



Abb. 2/3: Skelette der *Kiffaer* (9,5–8,2 ka, links) sind durch Imprägnation mit Eisenoxid unter Seebedeckung dunkelbraun, während die Skelette der *Tenereer* (6,9–4,3 ka, rechts) nie im Wasser gelegen haben und daher hell gefärbt sind (Fotos: © P. Felix-Henningsen)

Eine zweite Phase der Besiedlung durch die Bevölkerungsgruppe der *Tenereer* erfolgte im klimatisch wieder günstigeren Mittelholozän ab etwa 6,9 ka. Im Gegensatz zu den robusten, bis zwei Meter großen *Kiffaer*, die vermutlich aus Nordafrika einwanderten, waren die *Tenereer* von grazilerem Körperbau. Die ältesten Skelette in dieser Phase haben bunte oder dunkel gefärbte Knochen und scheinen nach ihrer Bestattung Überschwemmungsepisoden erlebt zu haben. Ab 6,5 ka sind die Skelette weiß und ohne Eisenoxid-Imprägnation. Das zeigt, dass der Paläosee zwar noch vorhanden und Lebensgrundlage der Menschen war, aber nicht mehr die Höhe erreichte, um die Gräber auf den Paläodünenrücken langfristig zu überfluten. In 20 % der Gräber befanden sich Beigaben aus Knochen oder Stoßzähnen von Wildtieren, Keramik, neolithischen Pfeilspitzen sowie Knochen-, Elfenbein- und Muschelschmuck (SERENO et al. 2008). Die sesshaften Jäger und Sammler betrieben, wie schon die *Kiffaer*, eine diversifizierte Subsistenzwirtschaft auf der Grundlage von Muscheln, Fischen und Wirbeltieren aus der Savanne. Für eine Ernährung von den bereits um 7,5 ka domestizierten Rindern (Milch, Fleisch) wurden in Gobero nur vereinzelte Belege für das Mittelholozän gefunden. Diese sind möglicherweise auf stationäre Tierhaltung oder auf Tauschhandel mit nomadisierenden Viehzüchtern zurückzuführen. MANNING et al. (2023) vermuten als Ursache die auch anderenorts in der Sahara festgestellte Spezialisierung auf die zunehmende Aridität im Mittelholozän.

### Paläowasserstände und ihre Indikatoren

Die hervorragende Erhaltung der empfindlichen menschlichen Knochen und Artefakte war nur möglich, weil sich über den Grabstellen auf den Plateaus der Paläodünen, die teilweise mehr als 2 m über dem Seeboden lagen, nach der Bestattung harte Krusten aus Eisenoxiden (*Ferricretes*) oder Kalk (*Calcretes*) entwickelten. Sie schützten einen großen Teil der Skelette vor Zerstörung durch Ausblasung und Erosion. Es war zu vermuten, dass die Bildung dieser Krusten in Beziehung zu den Wasserständen des Paläosees stand.

Die Höhenlage der Krusten wurde mit einem extrem genauen RTK-GPS (*Real Time Kinematik*) eingemessen. Mit dem Verfahren sind Höhenunterschiede im Vergleich zu einer im Untersuchungsgebiet installierten Referenzstation im Zentimeterbereich zu bestimmen. Die Krusten wurden beprobt und physikalisch (Korngrößenverteilung der Silikatfraktion), chemisch (Gehalte an Carbonaten, Metalloxiden, Salzen und organischer Substanz) und mikromorphologisch untersucht. Das Alter der in den Krusten enthaltenen organischen Substanz wurde mittels der AMS-<sup>14</sup>C-Datierung bestimmt, die bereits bei einem sehr geringen Kohlenstoffgehalt valide Alter ergibt. Die Rohdaten wurden mit dem *Oxcal*-Programm in „Jahre vor 1950“ kalibriert. Bei den Kalkkrusten wurde zusätzlich das Alter des anorganischen (Carbonat-)Kohlenstoffs bestimmt.

***Ferricretes*:** Bei zahlreichen Altdünenschilden, die in unterschiedlicher Höhenlage innerhalb des Seebeckens verbreitet sind, werden die Plateaus von massiven, häufig miteinander verbackenen Konkretionen aus Eisenoxid (*Ferricretes*) ohne Kalkkrusten

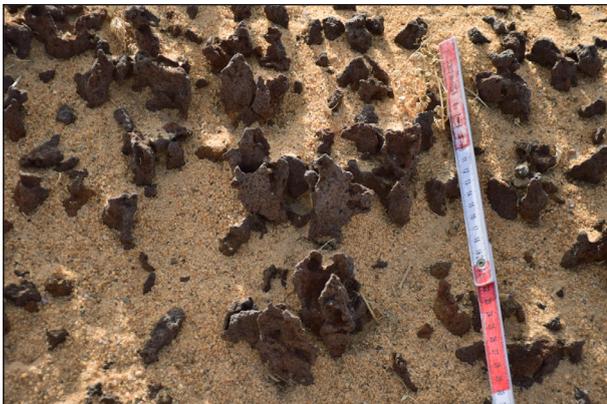


Abb. 4/5:  
Paläoseebecken von Gobero mit 1 m hohen, durch Wellenerosion abgeplatteten Altdünenschilden (oben), die von einer dichten Kruste aus Sumpferz (*Ferricrete*) bedeckt sind. Typisch sind zentrale Röhren der ehemaligen Pflanzensubstanz und Seitenverzweigungen (Detailaufnahme unten). (Fotos: © P. Felix-Henningsen)

bedeckt. Diese steinartigen Konkretionen kommen meist stängelartig oder massiv mit vertikalen Gängen vor. Ihre Entstehung erfolgte in-situ im Dünen sand unter der Mitwirkung von Wasserpflanzen. Sie sind in den Paläoseen der Dünengebiete in der Sahara weit verbreitet und werden als *Sumpferz* bezeichnet (FELIX-HENNINGSSEN 1998, 2003). In Gobero wurden nur die überfluteten Altdünen von *Helophyten* wie Papyrus Schilf, Binsen und Rohrkolben besiedelt, da sie, im Gegensatz zum Sandstein des Paläoseebodens, einen ausreichenden Wurzelraum boten. Zur Wurzelatmung leiten diese Pflanzenarten über ihr Aerenchym Luft in die Stängelbasis und Rhizome, die über die Epidermis in das umgebende Sediment diffundiert. Daher schied sich im Wasser gelöstes Eisen ( $\text{Fe}^{2+}$ ), das unter reduzierenden Bedingungen am Seeboden aus dem oxidreichen Sandstein herausgelöst wurde, durch Oxidation im Sediment um die luftführenden Rhizome und an der Stängelbasis als Ockerschlam ab. Je älter der Pflanzenbestand

wird, umso mehr Fe-Oxid wurde angereichert. Mit dem sinkenden Wasserspiegel und dem Austrocknen des Sediments verhärtete der Ockerschlammschicht irreversibel und wurde zudem durch die Adsorption von gelöster Kieselsäure an die Eisenoxide steinhart.

Die Sumpferze kennzeichnen einen Flachwasserbereich mit Wassertiefen von durchschnittlich 50 cm. Da die Anreicherung der großen Menge an Eisenoxid Zeit in Anspruch nahm, muss der Seespiegel über Jahrzehnte bis einige Jahrhunderte in einer gleichbleibenden Höhe verweilt haben, wenn der Trend der Austrocknung durch humidere Phasen mit höheren Niederschlagsmengen unterbrochen wurde. Die kalibrierten  $^{14}\text{C}$ -Alter der *Ferricretes* zeigen, dass alle Sumpferze zwischen 8 ka und 7 ka gebildet wurden, also genau in dem Zeitraum, für den SERENO et al. (2008) ein Austrocknen des Sees und eine Abwanderung der Bevölkerung postulieren.

Das Gegenteil ist der Fall! Das topographisch höchstgelegene Sumpferze auf der Höhe des See-Überlaufs zu einem tiefer liegenden Seebecken weist das höchste Alter um 8 ka auf. Daraus folgt, dass vor 8.000 Jahren, als die Menschen die Region längst verlassen hatten, der See noch seine maximale Ausdehnung besaß und die frühholozänen Siedlungs- und Begräbnisplätze der *Kiffaer* mehr als 5 m tief überflutet waren. Mit abnehmender topographischer Höhe weisen die Sumpferze zunehmend jüngere Alter auf und belegen ein langsames Absinken des Seespiegels mit zwischengeschalteten Stillstandsphasen. Durch die Sümpfe um den See dürfte Malaria verbreitet gewesen sein, so dass die Region über 1.000 Jahre lang für Siedler nicht attraktiv war.

**Calcretes:** Auf flachen Dünenschilden und an der Dünenbasis treten ausschließlich harte Krusten aus verbackenen Kalkstängeln oder einzelne harte Kalkstängel (*Calcretes*) ohne Oxidkrusten auf. Ihr Habitus zeigt eine Entstehung im Wurzelraum von Landpflanzen und damit ebenfalls eine dichte Vegetationsbedeckung an. Die Vegetation filterte kalkhaltigen Staub aus der Atmosphäre, der den ausgetrockneten Paläosen der Zentralsahara entstammte. Mit dem Beginn der sommerlichen Regenzeit wurde der auf dem Boden abgelagerte Kalkstaub gelöst und als Ca-Bicarbonat mit dem Sickerwasser in den Wurzelraum verlagert. Die Aufkonzentration durch Wasserentzug mit einsetzender Trockenheit, der Ausschluss der Ca-Ionen von der Aufnahme in die Wurzeln und ein steigender pH-Wert an der Wurzeloberfläche führten zur Fällung von Ca-Carbonat und Umhüllung der Wurzeln mit weichem Kalk, der bei Austrocknung des Bodens steinartig verhärtete.

*Calcretes* sind Indikatoren für ein Trockenklima mit kurzen Regenzeiten, deren Regenmenge ( $<500 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$ , NETTERBERG 1969, KLAPPA 1980) für eine tiefere Auswaschung des gelösten Kalks nicht ausreichte. Die Bildung und Verbreitung der *Calcretes* in Gobero war ebenfalls an die Altdünen gebunden, da diese der Vegetation (im Gegensatz zum Sandstein) einen ausreichenden Wurzelraum boten und Niederschlagswasser für die Vegetation aus Landpflanzen (Gräser und Zwergsträucher) speicherten. Somit war am Standort der *Calcretes* zu ihrer Bildungszeit ein See nicht mehr vorhanden, denn geringere Niederschläge reichten nicht aus, um den Wasserspiegel gegen die zunehmende Austrocknung zu stabilisieren. Die Alter der *Calcretes* bewegen sich

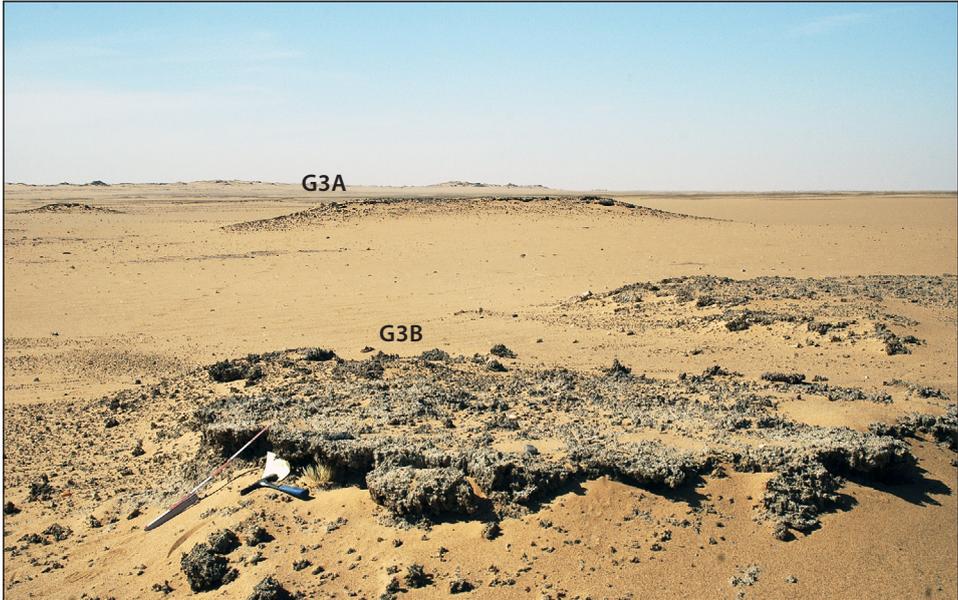


Abb. 6/7:  
 Paläoseebecken von Gobero mit  
 flachen Altdünenschilden, die  
 aus einer Kalkkruste (*Calcrete*,  
 oben mit der Bezeichnung G3B)  
 mit zementierten, stängelartigen  
 Kalkhüllen um die Pflan-  
 zenwurzeln bestehen (unten).  
 Oben im Bildhintergrund (G3A)  
 ein höherer Altdünenschild mit  
 Bedeckung durch Sumpferz.  
 (Fotos: © P. Felix-Henningsen)

im Zeitraum zwischen 6 ka und 4 ka und werden mit abnehmender topographischer Höhe jünger. Der *Calcrete* im tiefsten Bereich des Paläoseebeckens weist ein Alter von 4,3 ka auf. Danach reichten die Niederschläge offenbar nicht mehr aus, um Vegetation, Kalkeinwaschung und *Calcretebildung* zu ermöglichen. Dieser Zeitraum stimmt in etwa mit den letzten Siedlungs- und Begräbnisspuren überein (SERENO et al. 2008).

### Paläohydrologie

Aus den Höhendaten und den Altersbestimmungen der Sumpferze und des jüngsten *Calcrete* konnte eine Ganglinie des Paläoseespiegels in ihrem zeitlichen Verlauf modellhaft abgeleitet werden. Sie ist aufgrund der geringen Probenzahl relativ grob und spiegelt kurzfristige Schwankungen nicht wider. Mit einem digitalen Höhenmodell

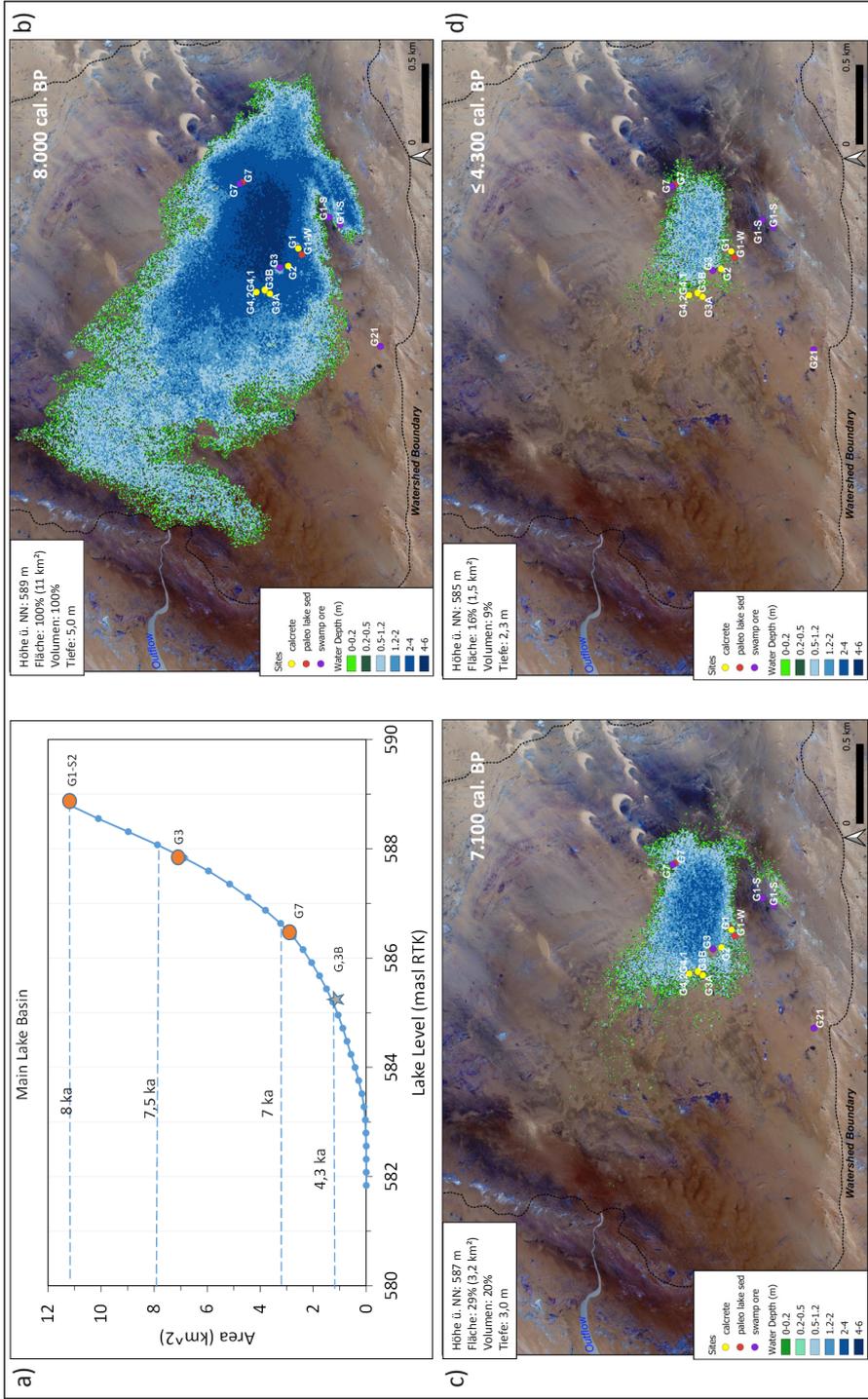


Abb. 8: Paläosee Gobero: (a) Ganglinie des Paläoseespiegels mit Wasserfläche und Höhe des Seespiegels ü. NN. (b-d) GIS-Modellierung der Was-serflächen und -tiefen (blau), der Sumpf- und Flachwasserzonen (grün) und der hydrologischen Daten zu verschiedenen Zeitpunkten im Holozän.

(DEM) in Kombination mit einem Geografischen Informationssystem (GIS) konnten gleichwohl für jede Zeitscheibe die Fläche, die Tiefe und das Wasservolumen sowie der Schilfgürtel um den See berechnet und dargestellt werden (Abb. 8).

Die Ergebnisse zeigen, dass in der 1.000-jährigen Zeitspanne zwischen dem Maximalstand mit rund 11 km<sup>2</sup> um 8 ka bis zum Beginn des Mittelholozäns um 7 ka der See rund 70 % seiner Fläche und 80 % seines Volumens durch Verdunstung, ausbleibende Niederschläge und nachlassende Quellschüttungen einbüßte. SERENO et al. (2008) hatten somit recht, wenn sie eine zunehmende Aridisierung der Sahara nach dem 8.2 *k-event* vermuteten. Allerdings war das nicht die Ursache für das Aussterben der *Kiffaer*-Kultur, sondern es waren die Überflutung der Altdünen und später die Ausbreitung von Sümpfen um den schwindenden See (einhergehend mit der Gefahr durch Malaria), die eine Neubesiedlung erst unter den trockeneren Bedingungen im Mittelholozän möglich machten. Um 4,3 ka war das Klima wüstenhaft, ermöglichte aber noch die menschliche Nutzung des Sees, der nur noch 9 % seiner ursprünglichen Größe (immerhin noch 150 ha) und eine Wassertiefe von zwei Metern aufwies. Somit waren bis zum ausgehenden Mittelholozän die Voraussetzungen gegeben, dass die Menschen ihre Spezialisierung durch eine an die aquatischen Ressourcen gebundene Lebensweise aufrechterhalten konnten. Dieses wurde vor allem durch die Ausbreitung wüstenhafter Bedingungen in den Dünengebieten begünstigt, die eine Versorgung durch alternative Nahrungsquellen (z. B. Jagd, Rinderhaltung) nicht mehr zuließ. Eine Besiedlung durch sesshafte *Tenereer* ist danach nicht mehr nachweisbar (SERENO et al. 2008).

## Literatur

- ALLEY, R. B., [et al. + 4] & P. U. CLARK (1997): Holocene climatic instability: A prominent, widespread event 8200 yr ago. In: *Geology* 6: 483–486.
- BAUMHAUER, R. (2004): Die spätpleistozänen und holozänen Paläoseen in der zentralen Sahara – neue Ergebnisse aus der Ténéré, dem Erg de Ténéré und dem Erg de Fachi-Bilma, NE-Niger. In: *Die Erde* 135: 289–313.
- BAUMHAUER, R., FELIX-HENNINGSSEN, P. & B. SCHÜTT (2009): Geomorphological and palaeoenvironmental research in the South-Central Sahara in review. In: BAUMHAUER, R. & J. RUNGE (Eds.): Holocene Palaeoenvironmental history of the Central Sahara. In: *Palaeoecology of Africa* 29: 1–21.
- BROSTRÖM, A., [et al. + 6] & P. BEHLING (1998): Land surface feedbacks and paleomonsoons in northern Africa. In: *Geophys. Res. Letters* 25: 3615–3618.
- CLAUSSEN, M., [et al. + 4] & H. J. PACHUR (1999): Simulation of an abrupt change in Saharan vegetation in the mid-Holocene. In: *Geophys. Res. Letters* 26: 2037–2040.
- DEMENOCAL, P., [et al. + 5] & M. YARUSINSKY (2000): Abrupt onset and termination of the African humid period: rapid climate responses to gradual insolation forcing. In: *Quaternary Science Reviews* 19: 347–361.
- FELIX-HENNINGSSEN, P. (1998): Genese und paläoökologische Indikation von fossilen Böden mit Oxidkrusten auf Altdünen der Sahara Ost-Nigers. In: *Zbl. Geol. Paläont.* Teil I, H. 1–2: 59–76.

- FELIX-HENNINGSEN, P. (2000): Paleosols on Pleistocene dunes as indicators of paleo-monsoon events in the Sahara of East Niger. In: *Catena* 41: 43–60.
- FELIX-HENNINGSEN, P. (2003): Genesis and paleo-ecological interpretation of swamp ore deposits at Sahara paleo-lakes of East Niger. In: SMYKATZ-KLOSS, W. & P. FELIX-HENNINGSEN (Eds.): *Palaeoecology of Quaternary Drylands*. In: *Lecture Notes in Earth Sciences* 102: 47–72.
- FELIX-HENNINGSEN, P. (2019): OSL-ages and paleo-climatic evidence of ancient dunes with paleosols along a SW–NE transect from the southern Sahel to the central Sahara in Niger. In: *Z. f. Geomorph.* 62: 1–35.
- FELIX-HENNINGSEN, P., KORNATZ, P. & E. EBERHARDT (2009): Paleo-climatic evidence of soil development on Sahelian ancient dunes of different age in Niger, Chad and Mauretania. In: BAUMHAUER, R. & J. RUNGE (Eds.): *Holocene Paleoenvironmental history of the Central Sahara*. In: *Palaeoecology of Africa* 29: 91–105.
- GARCEA, E. A. A (ed., 2013): Gobero: The No-Return Frontier. Archaeology and landscape at the Saharo-Sahelian borderland. In: *J. African Archaeol. Monogr. Ser.* 9, XVIII + 293 pages. doi: 10.1017/S0003598X00050511.
- KLAPPA, C. F. (1980): Rhizoliths in terrestrial carbonates: classification, recognition, genesis and significance. In: *Sedimentology* 27: 613–629.
- MALEY, J. (1981): Études palynologiques dans le bassin du Tchad et paléoclimatologie de l’Afrique nord-tropicale de 30000 ans à l’époque actuelle. In: *Travaux et Documents de L’O.R.S.T.O.M.* 129: 1–586.
- MANNING, K., [et al. + 4] & R. P. EVERSLED (2023): Habitat fragmentation and the sporadic spread of pastoralism in the mid-Holocene Sahara. In: *Quaternary Sci. Rev.* 309: 108070.
- NETTERBERG, F. (1969): The interpretation of some basic calcrete types. In: *S. Afr. Archaeol. Bull.* 24: 117–122.
- RENSSEN, H., [et al. + 2] & H. GOOSSE (2003): Holocene climate instability during the termination of the African Humid Period. In: *Geophysical Res. Letters* 30: 1184.
- RENSSEN, H., GOOSSE, H. & R. MUSCHELER (2006): Coupled climate model simulation of Holocene cooling events: oceanic feedback amplifies solar forcing. In: *Clim. Past* 2: 79–90.
- SERENO, P. C., [et al. + 15] & J. P. STIVERS (2008): Lakeside Cemeteries in the Sahara: 5000 Years of Holocene Population and Environmental Change. In: *PLoS ONE* 3(8): e2995. doi.org/10.1371/journal.pone.0002995.
- STRIEDTER, K.-H., [et al. + 3] & M. TAVERON (1995): Prähistorische und paläoökologische Forschungen im Djado-Plateau, Nordost-Niger. In: *Beitr. z. allgemeinen u. vergleichenden Archäologie* 15: 49–84.

### **Autor**

Prof. Dr. Peter Felix-Henningsen  
 Magdeburger Str. 35  
 35435 Wettenberg  
 E-Mail: Peter.Felix-H@umwelt.uni-giessen.de

## Mitteilungen aus dem Fachbereich Geographie

**Vorbemerkung:** Im Folgenden werden ausgewählte aktuelle Mitteilungen aus dem Fachbereich zusammengefasst. Dabei wird nicht der Anspruch auf Vollständigkeit erhoben. Es werden nur Personen angezeigt, die der Veröffentlichung ihrer Daten zugestimmt haben. Weitere Angaben unter <<https://www.uni-marburg.de/de/fb19/>>.

## Mitteilungen der Arbeitsgruppen in alphabetischer Anordnung

### Arbeitsgruppe Prof. Dr. MAAIKE BADER

(Physische Geographie: Biogeographie – Ökologische Pflanzengeographie)

Prof. Dr. MAAIKE BADER: Lee Ping **Ang** (Gastwissenschaftlerin), M.Sc. Lukas **Flinspach**, Dipl.-Geol. Nils **Jansen** (50 %), M.Sc. Diana Isabel **Jiménez Restrepo**, M.Sc. Nada **Nikolić**, M.Sc. Nishtha **Prakash**, M.Sc. Lirey A. **Ramírez**, Dr. Xiangbo **Yin**. Sekretariat: Marianne **Schäfer** (bis 15.9.2024, aktuell unbesetzt).

**2024 erschienene Publikationen** (Auswahl, AG-Mitglieder **fett**. Siehe auch AG Bendix)

- **RAMÍREZ, L. A., FLINSPACH, L., NIKOLIĆ, N., TOIVONEN, J. & M. Y. BADER** (2024): Microsite preferences of three conifers in calcareous and siliceous treeline sites in the French Alps. In: *Alpine Botany* 8/24. doi.org/10.1007/s00035-024-00319-7
- VAN DEN BRINK, L., CANESSA, R., LIANCOURT, P., NEIDHARDT, H., CAVIERES, L., OELMANN, Y., **BADER, M. Y.** & K. TIELBÖRGER (2024): Increases and decreases in soil moisture in water-limited plant communities cause asymmetrical responses in biomass but not in diversity. In: *Journal of Vegetation Science* 35/4: e13300. doi/10.1111/jvs.13300
- GARCÍA LINO, M. C., PFANZELT, S., DOMIC, A. I., HENSEN, I., SCHITTEK, K., ISELA MENSES, R. & **M. Y. BADER** (2024): Carbon dynamics in high-Andean tropical cushion peatlands: a review of geographic patterns and potential drivers. In: *Ecological Monographs* 94(3): e1614. doi.org/10.1002/ecm.1614
- MA, Y., **BADER, M. Y.**, PETERSEN I. & P. PORADA (2024): Quantifying the effect of competition on the functional assembly of bryophyte and lichen communities: A process-based model analysis. In: *Journal of Ecology* 112 (5): 998–1012. doi/10.1111/1365-2745.14279
- **NIKOLIĆ, N., ZOTZ, G. & M. Y. BADER** (2024): Modelling the carbon balance of bryophytes and lichens: presentation of PoiCarb 1.0, a new model for explaining distribution patterns and predicting climate-change effects. In: *American Journal of Botany* 111(1): e16266. doi/10.1002/ajb2.16266

**Sonstiges** (Internationale Tagungen, AG-Mitglieder **fett**, Vortragende unterstrichen)

- European Geosciences Union (EGU) General Assembly (4/2024, Wien). Vorträge:
  - Ramírez, L. A., Flinspach, L., Nikolić, N., Toivonen, J. & M. Y. Bader: „Exploring alpine seedling dynamics: microsite preferences and physiological performance in the French treeline ecotone“.

- **Bader, M. Y., Flinspach, L.,** Case, B.S., Camarero, J.J. & T. Wiegand: „The Spatial Treeline-Ecotone Model (STEM) as a tool for understanding pattern-process relationships in alpine-treeline ecotones“.
- García Lino, M.C., Pfanzelt, S., Domic, A.I., Hensen, I., Schitteck, K., Isela Meneses, R. & **M. Y. Bader:** „Carbon dynamics of high-elevation tropical cushion peatlands in the Andes“.
- XX International Botanical Congress (7/2024, Madrid). Vorträge:
  - **Yin, X.,** Walden, S., Martiné, E., Opgenoorth, L. & **M. Y. Bader:** „Unraveling leaf host-microbial interactions: Do intraspecific, intraindividual, and temporal variations in functional traits matter?“ (Poster).
  - **Ma, Y., Bader, M. Y.** & P. Porada: „Exploring environmental drivers of the non-vascular community with a process-based model“.
  - **Nikolić, N.,** Zotz, G. & **M. Y. Bader:** „Climate change impacts on tropical lowland understory bryophytes“ (Poster).
- VIII International meeting of *Sphagnum* biology (9/2024, Trondheim). Vortrag: **Yin, X., Ang, L. P, Bader, M. Y.** & L. Shu: „Drivers of Sphagnum phyllosphere microbiome composition on a subtropical mountain“.
- Second international NISANSA conference (10/2024, Kapstadt). Vortrag: **Bader, M. Y.** & **D. I. Jiménez-Restrepo:** „Ecological restoration as a Nature-Based Solution (?) in the high Andes of Colombia“.

## Arbeitsgruppe Prof. Dr. SÖREN BECKER

(Humangeographie: Nachhaltige Transformationsforschung)

Prof. Dr. SÖREN **BECKER:** M.A. Mara-Louise **Günzel**, Dr. Dorothea **Hamilton**, Razieh **Rezabeigisani** (PhD), M.A. Tatjana Claudine **Veith**. Sekretariat: Susann **Schlesinger**.

### 2024 neu bewilligte Forschungsprojekte (Förderinstitution)

- W-rob – Wärmeplanung robust implementieren. Teilvorhaben „Lokaler Kontext und Infrastruktur“ (Bundministerium für Wirtschaft und Klimaschutz).

### 2024 erschienene Publikationen (Auswahl)

- **BECKER, S.** (2024): Dekarbonisierung der Wirtschaft: Ausgangspunkt und Ziele des Europäischen Green Deal. In: *Geographische Rundschau* 76(4): 4–7.
- **BECKER, S., SCHMID, B. & H.-M. ZADEMACH** (2024): Bereitstellen und Teilhaben: Fundamente des Wohlstands. In: **LANGE, B., HÜLZ, M.** et al. (Hrsg.): Wohlstandsalternativen. Regionale Positionen und räumliche Praktiken: 31–65. Bielefeld.
- **BECKER, S. & M. NAUMANN** (2024): From Lignite Regions to Transition Labs. Rethinking Regional Politics of Lignite from the Perspective of the „Politics of Scale“. In: **HALLONEN, M., KUHMENON, I. & M. ALBRECHT** (Hrsg.): Rescaling Sustainability Transitions: 223–245. London.

- NAUMANN, M., BECKER, S. & A. BRUNS (2024): Energie.Macht.Widerstand. Kritische Perspektiven in der Geographischen Energieforschung. Sonderheft in *Geographica Helvetica* 78/79.
- DITTMANN, A. & D. HAMILTON (Hrsg., 2024): Geographical Approaches to Environmental Peacebuilding. *Entwicklungsforschung – Beiträge zu interdisziplinären Studien in Ländern des Südens* 23. Berlin. Darin folgende Beiträge:
  - HAMILTON, D.: Environmental Peacebuilding – an emerging field for future geography research and practice: 15–29.
  - HAMILTON, D.: Do high-value resources hinder peace? Indications from illegal gold-mining in post-conflict Colombia: 96–107.
- HAMILTON, D. (2024): (How) can we think-feel-live feminist transformation research? In: *Revista Lúvo* 11/1: 26–29. <https://drive.google.com/file/d/1vqPp4Ib0URnh1YPL1UmgzUomqIcX3SYz/view>

### Sonstiges

- Tatjana Veith diskutierte im Podcast „What/Next“ der Zeitschrift *pnd / Planung neu denken* mit Sven MacDonald (Stadt Wuppertal) und Dr. Markus Egermann (IÖR Dresden) über „Trialogische Kontakte in der Stadtentwicklung“ (4.4.2024). <https://www.pnd-what-next.de/podcasts/trialogische-kontakte-in-der-stadtentwicklung/>.

## Arbeitsgruppe Prof. Dr. JÖRG BENDIX

(Physische Geographie: Klimageographie & Umweltmodellierung)

Prof. Dr. JÖRG BENDIX: Sebastian Achilles, M.Sc. Byron Xavier Delgado Maldonado, Dipl.-Inf. (FH) Maik Dobbermann, M.Sc. Nizom Farmonov, M.Sc. Sheetabh Gaurav, Dr. Paulina Grigušová, Linda Gruber, M.Sc. Fanhao Kong, Dr. Leslie Ann Kremper, M.Sc. Leander Leist, M.Sc. Oliver Limberger, M.Sc. Marvin Müsigen-von den Driesch, PD Dr. Rütger Rollenbeck, M.Sc. Michaela Schütz, Dr. Boris Thies, Dr. Nazli Turini. Sekretariat: Birgit Kühne-Bialozyt.

### 2024 neu bewilligte Forschungsprojekte (Förderinstitution)

- Zusatzantrag der Forschungsgruppe „Umweltveränderungen in Biodiversitäts-Hotspot-Ökosystemen Süd-Ecuadors: Systemantwort und Rückkopplungseffekte (RESPECT)“ für das Teilprojekt A 01 „Veränderungen der Wasser- und Kohlenstoffflüsse in Bergregen- und Bergtrockenwäldern unter Umweltveränderungen – Beobachtungen, flächendeckende Fernerkundung und LSMAtmo“ (DFG).

**2024 erschienene Publikationen** (Auswahl aus <https://vhrz669.hrz.uni-marburg.de/lcrs/publications.do?cmd=showall>); siehe auch unter AG Nauß/Zeuß)

- PAULI, E., CERMAK, J., BENDIX, J. & P. STIER (2024): Synoptic scale controls and aerosol effects on fog and low stratus life cycle processes in the Po valley, Italy. In: *Geophysical Research Letters* 51(20). doi: 10.1029/2024GL111490

- POHL, M., THIES, B., BADER, M. Y., BENDIX, J. [et al. + 4] (2024): Downscaling air temperatures for high-resolution niche modeling in a valley of the Amazon lowland forests: A case study on the microclima R package. In: *PLOS ONE* 19(11). doi: 10.1371/journal.pone.0310423
- MURKUTE, C., BENDIX, J., TRACHTE, K. [et al. + 6] (2024): Turbulent Energy and Carbon Fluxes in an Andean Montane Forest – Energy Balance and Heat Storage. In: *Forests* 15(10), 1828. doi: 10.3390/f15101828
- SCHÜTZ, M., SCHÜTZ, A., BENDIX, J. & B. THIES (2024): Improving classification-based nowcasting of radiation fog with machine learning based on filtered and preprocessed temporal data. In: *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 150(759): 577–596. doi: 10.1002/qj.4619
- URGILÉS, G., CÉLLERI, R., BENDIX, J. & J. ORELLANA-ALVEAR (2024): Identification of spatio-temporal patterns in extreme rainfall events in the Tropical Andes: A clustering analysis approach. In: *Meteorological Applications* 31(5), e70005. doi: 10.1002/met.70005
- CORDOVA, M., ORELLANA-ALVEAR, J., BENDIX, J., ROLLENBECK, R. & R. CÉLLERI (2024): Large-scale dynamics of extreme precipitation in the tropical Andes: combining weather radar observations and reanalysis data. In: *Meteorology and Atmospheric Physics* 136(4), 27. doi: 10.1007/s00703-024-01022-2
- KOLBE, C., THIES, B. & J. BENDIX (2024): Let It Snow: Intercomparison of Various Total and Snow Precipitation Data over the Tibetan Plateau. In: *Atmosphere* 15(9), 1076. doi: 10.3390/atmos15091076

#### Sonstiges (Auszeichnungen, Mitgliedschaften)

- Prof. Dr. J. Bendix: Auszeichnung mit dem *Nature Culture International (NCI) Award* für herausragendes Engagement zum Schutz und zur Erhaltung der Umwelt (Loja, Ecuador).
- Prof. Dr. J. Bendix: Auszeichnung für *Unschätzbare Beiträge zur Förderung der Abteilung Wasser- und Umweltforschung der Universität Cuenca (iDRHICA)* (Cuenca, Ecuador).
- Prof. Dr. J. Bendix: Seit 1.1.2024 Mitglied der Senatskommission und des Bewilligungsausschusses für Sonderforschungsbereiche der DFG.

#### Arbeitsgruppe Prof. Dr. Dr. THOMAS BRENNER

(Humangeographie: Wirtschaftsgeographie & Standortforschung)

Prof. Dr. Dr. THOMAS BRENNER: M.Sc. Abdulhak Anwer **Alsharif**, Dr. Fatih **Çelebioğlu**, Dr. Tobias Johannes **Hertrich**, Dr. Saeed Akhtar **Khan**, M.Sc. Mirco Arjuna **Kühl**, W.M. Ann-Christine **Link**, M.Sc. Felix **Schmidt**, Dipl.-Inf. (FH) Robert **Schneider**. Sekretariat: Sabine Elisabeth **Fenner-Wegener**.

#### 2024 neu bewilligte Forschungsprojekte (Förderinstitution)

- HABITAT: Health Affected by Climate Change and Air Pollution – Pathophysiology and Regional Management (LOEWE-Schwerpunkt).

- Untangling the Nexus of Human (Im)Mobility and Climate in Europe (DAAD).

#### 2024 erschienene Publikationen (Auswahl)

- KOGLER, D.F., BRENNER, T., ÇELEBIOĞLU, F. & H. SHIN (2024): The science-innovation nexus in a regional context – introduction to the special issue, policy, and future research directions. In: *Review of Regional Research* 44(2): 141–149.
- HERTRICH, T.J. & T. BRENNER (2024): What hampers research collaboration in a region? In: *Review of Regional Research* 44(2): 163–192.
- HERTRICH, T.J. & T. BRENNER (2024): Looking behind the curtain: a model of left behind places and feelings. *Working Papers on Innovation and Space*, Vol. 01.24.
- HERTRICH, T.J. & T. BRENNER (2024): When the past becomes the future: The problem of policies in ‘left behind’ places. *Working Papers on Innovation and Space*, Vol. 02.24.
- HERTRICH, T.J. & T. BRENNER (2024): The impact of skills shortage on economic development in Germany – A mixed method approach. *Working Papers on Innovation and Space*, Vol. 03.24.
- KÖNIG, T. & T. BRENNER (2024): Decline or renewal? Factors influencing the evolution of mature industrial clusters. *Working Papers on Innovation and Space*, Vol. 04.24.

### Arbeitsgruppe Prof. Dr. PETER CHIFFLARD

(Physische Geographie: Bodengeographie & Hydrogeographie)

Prof. Dr. PETER CHIFFLARD: Dr. Mansour **Ahmadi Foroushani**, Dr. Christina **Fasching**, Dipl.-Geogr. Annika **Feld-Golinski**, Dr. Marcel **Förster**, Dr. Thomas **Hennig**, Dipl.-Geol. Nils **Jansen** (50%), M.Sc. Alicia Madleen **Knauff**, M.A. Katinka **Thielsen**, Dr. Ralf **Urz**, M.Sc. Ann-Kathrin **Wild**, Jadzia Dormy **Witt**. Sekretariat: Marianne **Schäfer** (bis 15.9.2024, aktuell unbesetzt).

#### 2024 neu bewilligte Forschungsprojekte (Förderinstitution)

- „Hydrologisches Monitoring Modellbetrieb Klimaschutz plus Burgwald“ (Landesbetrieb HessenForst).

#### 2024 erschienene Publikationen (Auswahl)

- KOCH, T., AARTSMA, P., DEUMLICH, D., CHIFFLARD, P. & K. PANTEN (2024): From Field to Model: Determining EROSION 3D Model Parameters for the Emerging Biomass Plant *Silphium perfoliatum* L. to Predict Effects on Water Erosion Processes. In: *Agronomy* 14(9), 2097. <https://doi.org/10.3390/agronomy14092097>
- CHIFFLARD, P., SCHÜTZ, M., REISS, M. & M. AHMADI FOROUSHANI (2024): Evaluating chemical properties and sustainable recycling of waste foundry sand in construction materials. In: *Frontiers in Built Environment* 10. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2024.1386511>
- WEIGAND, H., CHIFFLARD, P. [et al. + 6] (2024): Soil fertilization with microalgae biomass from municipal wastewater treatment causes no additional leaching of dissolved

macronutrients and trace elements in a column experiment. In: *Journal of Environmental Quality* 53(5): 618–628. <https://doi.org/10.1002/jeq2.20613>

### Sonstiges

- Prof. Dr. Chiffard ist seit dem 1.4.2023 Dekan des Fachbereichs Geographie.

### Arbeitsgruppe Prof. Dr. MARKUS HASSLER

(Humangeographie: Regionalforschung & Regionalpolitik)

Prof. Dr. MARKUS HASSLER: Dr. Julius Max Meyer, Johannes Schmitt, Dr. Julian Schwabe, Olga Sorokina, Ilka Kristin Sprakel, Alexandra Stefanov. Sekretariat: Susann Schlesinger.

### 2024 erschienene Publikationen (Auswahl)

- SCHWABE, J. (2024): Regime-driven niches and institutional entrepreneurs: Adding hydrogen to regional energy systems in Germany. In: *Energy Research and Social Science* 108, 103357. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2023.103357>

### Sonstiges (Internationale Tagungen etc.)

- Sprakel, I. K. (4/2024): Natuurpunt – Partner des BUFFER+ Projekts, Geel (Belgien). Vortrag: „Aktuelle Entwicklungen und Erkenntnisse zur Wiedervernässung von Moorgebieten in Nordwesteuropa“.
- Schwabe, J. (11/2024): RSA-Winter Conference, London (UK). Organisation der Session: „The new geographies of automotive production“. Vortrag: „Inter-firm networks for autonomous driving: The emergence of Robotaxis in China“.
- Teilnahme (jeweils mit Vorträgen) an Tagungen des AK Geographische Stadtforschung in Bonn (4/2024, Dr. J. Schwabe) und des AK Industriegeographie in Naurod-Niedernhausen (11/2024, Dr. J. Schwabe, A. Stefanov).
- Prof. Dr. Hassler ist seit dem 01.04.2023 Prodekan des Fachbereichs Geographie.

### Arbeitsgruppe Prof. Dr. THOMAS NAUSS / Dr. DIRK ZEUSS

(Physische Geographie: Umweltinformatik)

Prof. Dr. THOMAS NAUSS / Vertretungsprofessor DR. DIRK ZEUSS: Dr. Temesgen Alemayehu Abera, M.Sc. Lisa Bald, M.Sc. Netra Bhandari, Betr.-Techn. Michael Ehrhardt, Dipl.-Inf. Spaska Forteva, Dipl.-Ing. (FH) Falk Hänsel, Dr. Lea Heidrich, M.Sc. Noah Just, Dr. Ayoub Moradi, M.Sc. Mohammed Ahmed Muhammed, M.Sc. Pejvak Rastgoo, M.Sc. Elliot Samuel Shayle, M.Sc. Atefeh Torkaman Pary, M.Sc. Stephan Silvio Wöllauer. Sekretariat: N.N.

### 2024 neu bewilligte Forschungsprojekte (Förderinstitution)

- The role of nature for human well-being in the Kilimanjaro Social-Ecological System: SP7 Synthesis (DFG).

- Entwicklung einer virtuellen, englischsprachigen Exkursion nach Island (Universität Marburg).

### 2024 erschienene Publikationen (Auswahl aus <https://www.uni-marburg.de/en/fb19/disciplines/physisch/environmentalinformatics/publications>)

- ZEUSS, D., BALD, L., BENDIX, J., HEIDRICH, L., PETER, C., WÖLLAUER, S., NAUSS, T. [et al. + 36] (2024): Nature 4.0: A networked sensor system for integrated biodiversity monitoring. In: *Global Change Biology* 30/1. <https://doi.org/10.1111/gcb.17056>
- ABERA, T. A., MUHAMMED, M. A., BHANDARI, N., ZEUSS, D. [et al. + 7] (2024): Deforestation amplifies climate change effects on warming and cloud level rise in African montane forests. In: *Nature Communications* 15/6992. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-51324-7>
- BHANDARI, N., BALD, L., WRAASE, L. & D. ZEUSS (2024): Multispectral analysis-ready satellite data for three East African mountain ecosystems. In: *Nature Scientific Data* 11/473. <https://doi.org/10.1038/s41597-024-03283-3>
- MUHAMMED, M. A., ABERA, T. A., MIEHE, G., ZEUSS, D. [et al. + 4] (2024): Long-Term Volumetric Change Estimation of Red Ash Quarry Sites in the Afro-Alpine Ecosystem of Bale Mountains National Park in Ethiopia. In: *Remote Sensing* 16/7. <https://doi.org/10.3390/rs16071226>
- BALD, L., ZEUSS, D. [et al. + 3] (2024). The devil is in the detail: Environmental variables frequently used for habitat suitability modeling lack information for forest-dwelling bats in Germany. In: *Ecology and Evolution* 14/6. <https://doi.org/10.1002/ece3.11571>
- PARY, A. T., RASTGOO, P., OPP, CH., ZEUSS, D. & T. A. ABERA (2024): Impacts of drought severity and frequency on natural vegetation across Iran. In: *Water* 16, 3334. <https://doi.org/10.3390/w16223334>

### Sonstiges

- Prof. Dr. Nauß ist seit 18.2.2022 Präsident der Philipps-Universität Marburg. Im Rahmen einer Vertretungsprofessur leitet Dr. Zeuß seither die Arbeitsgruppe kommissarisch.

### Arbeitsgruppe Prof. Dr. CARINA PETER (Geographiedidaktik)

Prof. Dr. CARINA PETER: Dr. Rieke Ammoneit, StE. Leoni Dörfel, Laura Sophie Rink.  
Sekretariat: Marianne Schäfer (bis 15.9.2024, aktuell unbesetzt).

### 2024 neu bewilligte Forschungsprojekte

- Dezentrale QSL-Mittel des Zentrums für Lehrkräftebildung (ZfL) für ff. Projekte:
  - Lernen jenseits des Klassenzimmers: Außerschulische Lernorte zur nachhaltigen Stadtentwicklung durch digitale Medien gestalten (Laufzeit 2024; C. Peter).
  - Ist der Klimawandel im Botanischen Garten Marburg angekommen? Anbahnung eines transdisziplinären Lehrprojekts im Lehramt zwischen den Fachbereichen Biologie und Geographie (Laufzeit 2024; Schmidt, E. & C. Peter).

## 2024 erschienene Publikationen (siehe auch unter AG Nauß/Zeuß)

- BENGEL, P. & C. PETER (2024): Promoting technological literacy through virtual game-based field trips: Effects on knowledge, attitudes, and gender. In: *European Journal of Geography* 15(2):120–134. <https://doi.org/10.48088/ejg.p.ben.15.2.120.134>
- DÖRFEL, L., AMMONEIT, R. & C. PETER (2024): Diversity unveiled: a critical analysis of geography textbooks and their global representation. In: *International Research in Geographical and Environmental Education*, 1–20. <https://doi.org/10.1080/10382046.2024.2363639>

## Sonstiges (Internationale Tagungen)

- International Geographical Congress (8/2024, Dublin. Vortragende unterstrichen):
  - Vortrag: „A critical analysis of geography textbooks and their global representation“ (Dörfel, L., Ammoneit, R. & C. Peter).
  - Poster: „Data literacy and geography: A systematic literature review“ (Rink, L. S., Sprenger, S. & C. Peter).

## Arbeitsgruppe Prof. Dr. SIMONE STRAMBACH

(Humangeographie: Geographie der Dienstleistungen, Kommunikation & Innovation)

Prof. Dr. SIMONE STRAMBACH: M.Sc. Michael Daniel **Furkel**, Vladislav **Kargapolov**, Dr. Britta **Rennkamp**, M.Sc. Janek **Riedel**. Sekretariat: Susann **Schlesinger**.

## 2024 neu bewilligte Forschungsprojekte (Förderinstitution)

- EUROPEAN PEACE: European University for Peace, Justice, and Inclusive Societies. WP 7 Societal Dialogue (European Commission; Laufzeit 2024–2027).

## 2024 erschienene Publikationen (Auswahl)

- STRAMBACH S. & S. MOMANYI (2024): Hybrid organisation embedded in resource-poor contexts: linking organisational capabilities and individual capabilities – a slippery ground? In: *Social Enterprise Journal* 20/1. doi: 10.1108/SEJ-11-2023-0145
- TERSTRIEP, J., STRAMBACH S., THURMANN, J.-F. et al. (2024): Social Innovation Measurement – Specifics, Challenges and Future Perspectives. In: HOWALDT, J. & C. KALETKA (eds.): *Encyclopedia of Social Innovation*: 438–447.

## Sonstiges (Internationale Tagungen (Auswahl), Ehrungen)

- 7<sup>th</sup> GEOINNO – Geography of Innovation Conference (1/2024, Manchester, GB)
  - Vortrag: „University Entrepreneurial Ecosystems (UEE) and Path Plasticity – Universities as Change Agents in Sustainability Oriented Transformation Pathways“ (Strambach, S. & J. Riedel)
  - Vortrag: „The Interplay of Global and Regional Networks in the Institutional Shaping of Hybrid Organisations fostering Social Innovation in Developing Countries“ (Strambach, S. & S. Momanyi)

- NISANSA-Konferenz: „Pathways of Change in Water Governance“ (3/2024, Kapstadt, SA.). Organisation und Durchführung der Abschlussveranstaltung des BMBF-Projekts in Kooperation mit ACIDI African Climate and Development Initiative, ARUA African Research Universities Alliance, TSITICA Transforming Social Inequalities Through Inclusive Climate Action. <https://nisansa.org/south-africa-2024/> (Strambach, S., Riedel, J. & A. Taylor). Vorträge:
  - Opening: „Plurality of Pathways of Change in Response to Climate Change“ (Strambach, S.)
  - „The role of Universities (HEIs) to foster social innovation and sustainability transformation – Different Places, Processes and Pathways“ (Strambach, S.)
  - Panel Session: „Pathways of Change in Water Governance“ (Strambach, S., Riedel, J. & A. Taylor)
- International Staff Trainings Week „The Role of Higher Education Institutions in Fostering Sustainability Transformation – Different Places, Processes and Pathways“ (3/2024, Marburg). Organisation und Durchführung in Kooperation mit dem International Office der UMR; Teilfinanzierung durch die Europäische Union (Strambach, S.)
- Workshop of EUPeace University Alliance (12/2024, Madrid, E). Vortrag: „LivingLab (LL) methodological approaches – CIM-Hub at Philipps-University in Marburg“
- 12/2024: Verleihung des Frauenförderpreis der Philipps-Universität Marburg

## Weitere Mitteilungen von Wissenschaftlichen Mitarbeitern

(komplette Übersicht siehe: <https://www.uni-marburg.de/de/fb19/fachbereich/staff>)

### Dr. ANSGAR DORENKAMP (AkadR)

(Humangeographie: Lehrkraft für besondere Aufgaben)

- Dr. Dorenkamp ist seit 1.4.2023 Studiendekan des Fachbereichs Geographie.

### apl. Prof. Dr. STEFAN HARNISCHMACHER (StR. i. H.)

(Physische Geographie: Geomorphologie)

#### 2024 erschienene Publikation

- HARNISCHMACHER, S. (2024): Zur Geomorphologie des Kleinwalsertals. In: *Jahrbuch 2023 der MGG*: 145–162.

### Prof. i. R. Dr. GEORG MIEHE

(Physische Geographie: Biogeographie – Vergleichende Hochgebirgsforschung)

#### Forschungsprojekt (Förderinstitution)

- Das Projekt FOR 2358 *The Mountain Exile Hypothesis* [Phase 2] wurde 2024 verlängert (DFG).

## 2024 erschienene Publikationen (Auswahl, siehe auch unter AG Nauß/Zeuß)

- ASEFA, A., REUBER, V.M., MIEHE, G. [et al. + 4] (2024): Giant root-rat engineering and livestock grazing activities regulate plant functional trait diversity of an Afroalpine vegetation community in the Bale Mountains, Ethiopia. In: *Oecologia* 205: 281–293. doi: 10.1007/s00442-024-05563-6
- REUBER, V.M., MIEHE, G., OPGENOORTH, L. [et al. + 9] (2024): Topographic barriers drive the pronounced genetic subdivision of a range-limited fossorial rodent. In: *Molecular Ecology* 33(5). <https://doi.org/10.1111/mec.17271>

## Dr. SEBASTIAN MÜLLER

(Leiter des Mineralogischen Museums)

### 2024 erschienene Publikation

- MÜLLER, S. (2024): Benefiz-Fest für das Museum Marburg. In: *Lapsis* 49(3): 12.

### Sonstiges

- **Kuration** der Sonderausstellung „Auf den Spuren von Alexander von Humboldt – eine mineralogische Weltreise“ in der UB Marburg (März bis Juli 2024). Informationen unter <https://www.uni-marburg.de/de/fb19/minmus/ausstellung/vergangene-sonderausstellungen/>
- **Kuration** der Ausstellung „MINERALE – Schätze der Erde zu Gast im Landgrafenschloss“ im Marburger Schloss (Sept. 2024 bis Juli 2026). Informationen unter <https://www.uni-marburg.de/de/fb19/minmus/ausstellung/minerale-schaetze-der-erde-zu-gast-im-landgrafenschloss>

## Prof. i. R. Dr. CHRISTIAN OPP

(Physische Geographie: Bodengeographie & Hydrogeographie)

### 2024 erschienene Publikationen (Auswahl, siehe auch unter AG Nauß/Zeuß)

- ALLAFTA, H. S. A. & CH. OPP (2024): Climate Change Paradox: The least responsible for it encounters the most of its implications. In: *Climate* 12, 38. <https://doi.org/10.3390/cli12030038>
- ALTHAUSEN, D., OPP, CH. [et al. + 2] (Eds., 2024): Second Central Asian DUst Conference (CADUC-2 2024), Nukus, Uzbekistan, April 15-22, 2024. In: *E3S Web of Conferences* 575 (2024). <https://www.e3s-conferences.org/caduc-2024>
- HAMZEH, N. H., OPP, CH. [et al. + 3] (2024): Long-term (2004–2020) wind and air temperature patterns in the south-eastern region of Iran through model simulation and ground observations. In: *Atmosphere* 15, 993. <https://doi.org/10.3390/atmos15080993>
- ISMUKHANOVA, L., OPP, CH. [et al. + 4] (2024): Status and migration activity of lead, cobalt, and nickel in water and in bottom sediments of Lake Markakol, Kazakhstan. In: *Applied Science* 14, 7487. <https://doi.org/10.3390/app14177487>

- MADIBEKOV, A., OPP, CH. [et al. + 5] (2024): Plastic pollution in the aquatic ecosystem of the high-mountain Lake Markakol (Kazakhstan): first observations and conclusions. In: *Applied Science* 14, 8460. <https://doi.org/10.3390/app14188460>
- OPP, CH. [et al. + 7] (2024): Water household changes, climate change, and human impact – reasons for the dusty side of the Aral Sea Syndrome. In: *E3S Web of Conferences* 575, 04001 (CADUC-2). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202457504001>

### Sonstiges

- Organisation und Leitung der Second Central Asian DUst Conference (CADUC-2, 2024), Nukus, Uzbekistan, 15.–22.4.2024, einschließlich der Post-Congress-Excursion Nukus – Khiva – Kyzylkum Desert – Bukhara.
- Prof. Dr. Ch. Opp betreut weiterhin Promovenden und Gastwissenschaftler am Fachbereich Geographie, u. a. I. Aslanov, J. Beck, Ch. Bild und A. T. Pary.

## Im Berichtsjahr 2024 abgeschlossene Examina

### Promotionen (Dr. rer. nat.)

- ALLAFTA, HADI SALIM AOUBID: „Hydrological Assessment of the Shatt Al-Arab River Basin“ (Betreuer: Prof. Dr. Ch. Opp)
- FURKEL, MICHAEL DANIEL: „Das Phänomen der Digitalisierung und dessen Einfluss auf die projektbasierte wissensintensive Zusammenarbeit – Eine Multi-Ebenen-Betrachtung von KIBS in der deutschen Automobilbranche“ (Betreuerin: Prof. Dr. S. Strambach)
- HERTRICH, TOBIAS JOHANNES: „Challenges of Lagging Regions – A Classification and an Analysis of Underlying Mechanisms, Development Barriers, and Policy Options“ (Betreuer: Prof. Dr. Dr. T. Brenner)
- KOCH, TOBIAS: „Influence of crop and agricultural landscape on soil erosion by water in bioenergy crop production“ (Betreuer: Prof. Dr. P. Chiffard)
- MEYER, JULIUS MAX: „Community Supported Agriculture – A Food System and its Potential for Transformational Change to Sustainability“ (Betreuer: Prof. Dr. M. Hassler)

### Master-Abschlüsse (M.Sc.)

- BARGEN, JAN HINNERK VON: „Region mit Zukunft? Eine vergleichende Betrachtung der zukunftsorientierten regionalen Rankings „Prognos Zukunftsatlas“ und „Regionaler Branchenstrukturindikator“ auf Ebene der deutschen Landkreise und kreisfreien Städte“ (Betreuer: Prof. Dr. Dr. T. Brenner)
- BEIER, THOMAS: „Longitudinal changes in organic carbon and CO<sub>2</sub> along the glacier-fed river Virkisá, Iceland“ (Betreuer: Prof. Dr. P. Chiffard)
- BEKAR, SEDA: „Auswertung des Niedrigwassermessprogramms 2018 – Anwendung von ArcGIS-Tools zur hessenweiten Auswertung der Niedrigwasserabflussmessung für die hydrogeologische Landesaufnahme“ (Betreuer: Prof. Dr. P. Chiffard)

- BERKENKAMP, NIKLAS: „GIS-/Fernerkundungsgestützte Analyse des Ist-Zustands und Potentialen von Maßnahmen zur Erhöhung der Klimaresilienz von Fließgewässern im Einzugsgebiet der Lippe unter besonderer Berücksichtigung der Gewässerbeschattung – Methodenentwicklung und Anwendung im Rahmen des F&E-Vorhabens KliMaWerk“ (Betreuer: Dr. B. Thies)
- BRÜNING, JOKE HENDRIK: „Multi-Purpose-Genossenschaften und transformative Potenziale – eine innovationstheoretische Betrachtung der „Bürger\*genossenschaft Da“ in Südtirol“ (Betreuer: Prof. Dr. M. Hassler)
- BÜTTNER, LENA: „Zukunftsweisende Radverkehrsplanung: Variantenuntersuchung zur Verbesserung der Radverkehrsqualität zwischen Eichenzell und dem Gewerbegebiet Rhönhof“ (Betreuer: Prof. Dr. S. Becker)
- BUSKIES, KATHARINA: „Entwicklung eines hydrogeologischen Modells mittels iMOD zur Beschreibung der Grundwasserfließverhältnisse im Bereich der Landesgrenze Hessen/Bayern (Hanauer Becken)“ (Betreuer: Prof. Dr. P. Chiffard)
- CHEN, STEFAN: „Transition to Sustainable Food Systems: Insights from Grassroots Initiatives in Belgium and Italy“ (Betreuer: Prof. Dr. M. Hassler)
- DEISENBERGER, FELIX: „Wertschöpfungsketten in der Agroforstwirtschaft anhand silvopastoraler Systeme in Hessen“ (Betreuer: Dr. J. Schwabe)
- DEIST, MAXIMILIAN: „Multiskalare Analyse der Wasserressourcenvernetzung in Südafrika, Botswana, Namibia, Malawi und Mosambik: Eine TF-IDF basierte Untersuchung der Cap-Net Organisation“ (Betreuerin: Prof. Dr. S. Strambach)
- FAIZ, CHAYMAE: „Impact of climate change on olive oil production in Northern Morocco“ (Betreuer: Prof. Dr. M. Hassler)
- GIMPEL, MANDY SARAH: „AHP und FAHP in der GIS-basierten MCDA: Eine methodische Vergleichsstudie für die Standortanalyse von Windenergieanlagen im Hochsauerlandkreis, Nordrhein-Westfalen“ (Betreuer: Prof. Dr. S. Harnischmacher)
- HOFMANN, LINA: „Einkommensdiversifikation im Weinanbaugebiet Nahe – Eine Analyse der Motivation, Potenziale und Herausforderungen für Weinbaubetriebe“ (Betreuer: Dr. A. Dorenkamp)
- JOHAENTGES, HENRIK: „Räumliche Transformation durch New Work – Beiträge von Coworking Spaces zur Aufwertung von Gewerbegebieten und Merkmale im Vergleich zu konventionellen Coworking-Standorten“ (Betreuer: Prof. Dr. J. Bendix)
- JUNG, IVO: „Harmonization of Meteosat First Generation and Second-Generation Visible Band Data“ (Betreuer: Prof. Dr. J. Bendix)
- LAUTZE, KATHARINA: „GIS-based assessment of Green Infrastructure in the Alps – A methodological review and application in two valleys in Trentino, Italy“ (Betreuer: Dr. J. Kluge)
- LEHN, JILL JOSEPHINE: „Dynamik von Flüssigschlick in der Tideems (Niedersachsen, Deutschland) – Eine Analyse der Bildungs- und Auflösungsprozesse unter Einfluss von Spring- und Nipptide“ (Betreuer: Prof. Dr. P. Chiffard)

- MEYER, LEONARD: „Regionale Transformationsnetzwerke als clusterpolitische Fördermaßnahme der Automobilindustrie – Strategien, Herausforderungen und Potenziale im Kontext der Elektrifizierung und Digitalisierung“ (Betreuer: Prof. Dr. Dr. T. Brenner)
- NABBANJA, ESTHER ESEZA: „Smallholder coffee farmers in Uganda: Sustainability, Fair Trade Certification and Global Market Integration“ (Betreuer: Prof. Dr. M. Hassler)
- PRIEBSCH, JAN: „Welche Potentiale, Herausforderungen und Förderungsmöglichkeiten ergeben sich bei dem Aufbau eines intersektoralen unternehmerischen Ökosystems in Marburg im Bereich Pharma/Biotech/Lifescience?“ (Betreuerin: Prof. Dr. S. Strambach)
- SCHMITT, EVE-CHARLOTTE: „Nachhaltige Entwicklung in der Agroforstwirtschaft: Eine Analyse der Wertketten und Herausforderungen in Polen und Spanien“ (Betreuer: Prof. Dr. M. Hassler)
- SCHUSTER, FABIAN: „Innovative Einzelhandelskonzepte im Lebensmittelbereich – Die räumliche Verbreitung autonomer Selbstbedienungsläden im ländlichen Raum am Beispiel des Smart Store Konzepts „Tegut... teo & Lädchen““ (Betreuerin: Prof. Dr. S. Strambach)
- TRILLING, ANN-KATHRIN: „Location ist alles? Faktoren für räumliche Beziehungen zwischen Branchen“ (Betreuer: Prof. Dr. Dr. T. Brenner)

### **Bachelor-Abschlüsse (B.Sc.)**

- BECKER, ANTON: „Eine GIS-gestützte Analyse topografischer Karten zur Abschätzung von Volumen- und Massenbilanzänderungen des Aletschgletschers (Schweiz) zwischen 1872 und 2019“ (Betreuer: Prof. Dr. S. Harnischmacher)
- BENNER, ENRICO: „Stadtplanerische Ansätze zur urbanen Klimafolgenanpassung – Eine Betrachtung von Handlungsfeldern und Strategien am Beispiel der Bundesstadt Bonn“ (Betreuer: Prof. Dr. M. Hassler)
- BIRMELIN, JASMIN: „The influence of the natural gasfield discoveries on Israel’s energy policy“ (Betreuer: Prof. Dr. S. Becker)
- BLECHE, MARTEN: „Wasserqualität von naturnahen und gefassten Quellen im Raum Marburg (Hessen)“ (Betreuer: Prof. Dr. P. Chiffard)
- CONFORD, JACOB: „Shoreline Changes and the Effects of Anthropogenic Measures in Valencia, Spain. A GIS-Based Quantitative Shoreline Analysis“ (Betreuer: Prof. Dr. S. Harnischmacher)
- CZERNIK, JOHANNES: „Dekarbonisierung des Wärmesektors in Deutschland auf kommunaler und regionaler Rauebene: Maßnahmen, Synergien und Innovationen im Kontext der Energiewende anhand der Fallbeispiele Kreis Steinfurt und Heidelberg“ (Betreuer: Dr. J. Schwabe)
- DELP, KATHLEEN: „Naturschutzfachliche Beurteilung des Gebiets Schülerhecke bei Marburg“ (Betreuer: Dr. J. Kluge)
- DERER, JENNIFER: „Bürgerparks als Instrument für eine nachhaltige Stadtentwicklung

- Eine Analyse des gesellschaftlichen Beitrags für die Teilhabe älterer Menschen am Beispiel der Stadt Lich“ (Betreuer: Dr. A. Dorenkamp)
- DIMBROVA, KATERYNA: „Wiederaufbau in Bad Neuenahr-Ahrweiler. Haushaltsveränderungen und Instrumente“ (Betreuer: Prof. Dr. S. Becker)
- DÖRFLER, KAMILA: „Die Resistenz, Erholung und Resilienz ausgewählter Baumarten im Marburger Universitätswald bei Dürre-Ereignissen“ (Betreuer: Prof. Dr. J. Bendix)
- EBERT, PAUL: „Die Steigerung der Akzeptanz von Windenergieprojekten in der Gesellschaft: Welche Rolle spielen verschiedene Bürgerbeteiligungsmodelle?“ (Betreuer: Prof. Dr. M. Hassler)
- ENGELHARDT, ANDREAS: „Georadar-basierte Analyse von Baumwurzeln im oberen Untergrund: Effektivität und Nutzen – Eine Fallstudie im Botanischen Garten Marburg“ (Betreuer: Prof. Dr. S. Harnischmacher)
- ERDELEN, LINA LUCIA: „Vegetationskartierung der Quellen des Burgwaldes – Diversität, Abundanz und Artzusammensetzung der Vegetation am Eukrenal der Quellen des Burgwaldes bei Marburg – Standortcharakterisierung“ (Betreuer: Dr. J. Kluge)
- ESSELMANN, LUKAS: „GIS-gestützte Schadenspotentialanalyse zu Überflutungsszenarien als Folge des Meeresspiegelanstiegs in den Niederlanden“ (Betreuer: Prof. Dr. S. Harnischmacher)
- GEHRIG, NINA: „Die Flutkatastrophe im Ahrtal – Eine Analyse der Organisation des privaten Wiederaufbaus unter Nutzung der sozialen Medien“ (Betreuer: Prof. Dr. S. Becker)
- GÖBEL, MIRIAM: „Vegetationskundliche Kartierung einer Niedermoorrenaturierung im Burgwald (Hessen)“ (Betreuer: Dr. J. Kluge)
- GROPPER, CONSTANTIN VON: „Neue Energien für Marokko – Eine Analyse der Herausforderungen und Effekte der Etablierung erneuerbarer Energien am Beispiel des NOOR Solar-Komplexes in Ouarzazate“ (Betreuer: Dr. A. Dorenkamp)
- HAJDU, ANNE: „Minerale und Hightech – Ökologische, ökonomische und soziale Folgen des steigenden Bedarfs an mineralischen Rohstoffen für Hightech-Produkte. Ausarbeitung eines Ausstellungskonzepts am Beispiel der Seltenen Erden“ (Betreuer: Dr. S. Müller)
- HENKEL, MAXIMILIAN: „Herausforderungen bei der Umsetzung von großen Verkehrsprojekten – Eine Analyse unter besonderer Berücksichtigung der Akzeptanz am Beispiel des Oberleitungsbahnverkehrs in Marburg“ (Betreuer: Dr. A. Dorenkamp)
- HENRICH, JONAS: „Naturschutzfachliche Untersuchungen zu Prädatoren an den Küstenvogel-Kolonien im Vorland des Neufelderkoogs“ (Betreuerin: Dr. K. Bach)
- HENSEL, TINO: „Seasonal and diurnal dynamics of the different types of rainfall on the Galapagos Islands as seen from a vertically oriented micro rain radar“ (Betreuer: Prof. Dr. J. Bendix)
- HERGL, ANNIKA: „Extremhitzeereignisse in Marburg: Identifikation individueller Auswirkungen und Einflechtung von Befragungsergebnissen in politische Entscheidungsprozesse zu Klimaanpassungsmaßnahmen“ (Betreuer: Prof. Dr. S. Becker)

- HERMANN, THOMAS SEBASTIAN: „On Demand-Verkehre als Ergänzung des Öffentlichen Nahverkehrs – Chancen und Risiken für eine nachhaltige Stadtentwicklung und die Reduzierung des motorisierten Individualverkehrs am Beispiel der Universitätsstadt Marburg und ihrer Außenstadtteile“ (Betreuer: Dr. A. Dorenkamp)
- HILBRIG, CONRAD: „Konflikt-Raum Straße: Eine kritisch geographische Betrachtung der Debatte über die Umgestaltung von Straßenraum in Frankfurt am Main“ (Betreuer: Prof. Dr. S. Becker)
- HUAMAN MAENNIG, CHASKA: „Nachhaltige Regionalentwicklung Teneriffas durch touristische Infrastruktur. Wege zu einer nachhaltigen Entwicklung in den Ortschaften Bajamar und Punta de Hidalgo in Nordteneriffa durch Verbesserung der touristischen Infrastruktur“ (Betreuer: Dr. A. Dorenkamp)
- JORNS, AMELIE: „Vegetationskundliche Kartierung einer Niedermoorrenaturierung im Burgwald – NSG „Franzosenwiesen/Rotes Wasser““ (Betreuer: Dr. J. Kluge)
- KERSNIK, MARUSA: „Spatial Mapping and Hydro-Chemical Analysis of Surface Waters in the Falljökull Glacier Forefield, Iceland“ (Betreuer: Prof. Dr. P. Chiffard)
- KINTSCHER, ENRICO: „Modellierung eines Hochwasserereignisses in Lauingen (Donau) mit Hilfe der Simulationssoftware HEC-RAS“ (Betreuer: Prof. Dr. S. Harnischmacher)
- KLUWE, LUCIE: „Evaporative Cooling Effects of Different Land Cover Types in the Surrounding Area of Wiesbaden“ (Betreuer: Prof. Dr. J. Bendix)
- KOCH, PAULA: „Das Makrozoobenthos in silikatischen Quellen des Burgwaldes (Hessen) – Der Einfluss von Quelltypen und Umweltvariablen auf Artenreichtum und -zusammensetzung“ (Betreuer: Dr. J. Kluge)
- KÖHLER, ELISA: „Bodennährstoffanalysen extensiv genutzter Berg-Mähwiesen in der Rhön“ (Betreuer: Prof. Dr. S. Harnischmacher)
- KRASS, ANNIKA: „Abschätzung der Grundwasserneubildung mit Hilfe nicht-wägbarer Lysimeter im Forschungs- und Lehrwald der Philipps-Universität Marburg“ (Betreuer: Prof. Dr. S. Harnischmacher)
- KREMER, MARIE: „Die Auswirkungen von Hitze auf die psychische Gesundheit: Eine Untersuchung in der Stadt Marburg“ (Betreuer: Prof. Dr. S. Becker)
- KÜHN, MAIRA: „Transformation des Rheinischen Braunkohlegebiets – Interessenkonflikte in der Nachnutzung des Tagebaus Hambach“ (Betreuer: Prof. Dr. S. Becker)
- LANG, MARIE: „Herausforderungen und Möglichkeiten der Besucherlenkung zur Minimierung von Konflikten in Großschutzgebieten – Eine Analyse am Beispiel der Kiesbrüterhabitaten von Flussregenpfeifer und Flussuferläufer im Naturpark Tiroler Lech“ (Betreuer: Dr. A. Dorenkamp)
- LILGE, JONNA: „Der Einfluss des Salzgehalts im Boden auf die Vegetation – am Beispiel zweier Binnensalzstellen innerhalb der Naturschutzgebiete „Salzwiesen von Münzenberg“ und „Rohrlache von Heringen““ (Betreuer: Dr. J. Kluge)
- MANKE, TOBIAS: „Bodenerosion durch Wasser – Eine GIS-gestützte Analyse des heuti-

- gen und zukünftigen Bodenabtrags am Beispiel des Amöneburger Beckens“ (Betreuer: Prof. Dr. S. Harnischmacher)
- MÜHLNICKEL, LISA: „Solutions for Urban Flooding: Analyzing Rainwater Management Practice in Lisbon“ (Abschluss an der Univ. Lissabon, Anerkennung: Dr. D. Göttlicher)
  - MÜLLER, JONAS: „Ausbreitung des Japanischen Staudenknöterichs im Marburger Stadtgebiet“ (Betreuer: Dr. J. Kluge)
  - NAVEL, REBECCA: „Marburg auf dem Weg zur Smart City – Hintergründe, Modelle, Rahmenbedingungen und Zukunftsperspektiven“ (Betreuer: Dr. A. Dorenkamp)
  - NOVIKOVA, EVGENIA: „Klimawandel und Grundwasser in Marburg – Vergleichende Untersuchung von Quellen jetzt und vor 100 Jahren“ (Betreuer: Prof. Dr. P. Chiffard)
  - PETER, TAMARA: „Nachhaltigkeit im Weintourismus: Die Rolle von Zertifizierungen und deren Auswirkungen. Am Beispiel Neustadt an der Weinstraße“ (Betreuer: Prof. Dr. M. Hassler)
  - PLOCH, SARA: „Ein Konzept für Jugendarbeit zur Biodiversität im Kontext einer Bildung für nachhaltige Entwicklung“ (Betreuerin: Prof. Dr. C. Peter)
  - POHLMANN, CHRISTOPHER: „Heizen im Wandel: Eine Analyse des Einflusses von Temperatur- und Preisschwankungen auf das Heizverhalten im Wohngebäudesektor“ (Betreuer: Prof. Dr. S. Becker)
  - POSTUMA, LUISA: „Welche Chancen bietet die Implementierung von Baumrigolen als Maßnahme zur Klimaanpassung in Leipzig und welche spezifischen Herausforderungen treten bei der Umsetzung auf?“ (Betreuer: Prof. Dr. S. Becker)
  - PÜTTKER, CLARA: „Variationen des latitudinalen Biodiversitätsgradienten: Untersuchung des globalen Musters und seiner Ausnahmen“ (Betreuer: Dr. J. Kluge)
  - REMMETTER, PASCAL: „Modeling Fog Water Fluxes from Cloud Properties, Wind, and Digital Surface Data Over the Galápagos Archipelago Using XGBoost“ (Betreuer: Prof. Dr. J. Bendix)
  - RUDOLPH, LISA: „Einfluss von Extremereignissen auf die Vegetationsperioden ausgewählter Waldbaumarten entlang der deutschen Mittelgebirgsschwelle – Eine Analyse mittels Satellitendaten“ (Betreuer: Dr. B. Thies)
  - SCHNEIDER, MARC KEVIN: „Analyzing heavy precipitation events in the Galápagos Archipelago in relation to ENSO phase“ (Betreuer: Prof. Dr. J. Bendix)
  - SCHWARZ, LARA SOPHIE: „Mikroplastik in Strandsedimenten im Mündungsbereich der Schlei an der Ostsee (Schleswig-Holstein)“ (Betreuer: Prof. Dr. P. Chiffard)
  - SCHWINDT, MAURICE: „Von Monokultur zu Mischsystemen: Agroforstwirtschaft als nachhaltiger Ansatz für eine zukunftsfähige Landwirtschaft“ (Betreuer: Prof. Dr. M. Hassler)
  - SILBERHORN, DAVID: „Elefanten in europäischen Zoos – Eine Tierwohlstudie in Abhängigkeit der Außengehegegröße und der Gehegegestaltung“ (Betreuer: Prof. Dr. S. Harnischmacher)

- SITTINGER, CARINA: „Nachhaltigkeit im konventionellen Bananananbau am Beispiel der EDEKA / WWF Projektbanane“ (Betreuer: Prof. Dr. M. Hassler)
- SPITZER, HANNAH: „Analyse des Abfallproblems in Padang: Ursachen und Handlungsansätze zur Verbesserung der Abfallentsorgungssituation in der Stadt“ (Betreuer: Prof. Dr. M. Hassler)
- STENKAMP, ESTHER: „Habitat-Analyse ausgewählter planungsrelevanter Singvogelarten in Mittelhessen“ (Betreuer: Dr. J. Kluge)
- STROBEL, MARLON: „Digitaler Protest gegen nachhaltige Stadtentwicklungsmaßnahmen: Diskurs und Narrative der Opposition zum Mobilitätskonzept Move35 in Marburg in den sozialen Medien“ (Betreuer: Dr. A. Dorenkamp)
- TERGAU, MAURICI: „Förderung des Fahrrad-Pendelverkehrs als Teil der Verkehrswende in topographisch bewegten Städten – das Beispiel der Marburger Lahnberge“ (Betreuer: Dr. A. Dorenkamp)
- VORNDRAN, NILS: „Bio-Produkte, aber bitte nicht so weit entfernt – Eine Analyse der Entscheidungskriterien von Konsumenten im Einzelhandel Marburgs“ (Betreuer: Prof. Dr. Dr. T. Brenner)
- WEBERS, MOESHA: „Risikomanagement bei Hochwasser – Ein Vergleich der Anpassungsstrategien der Städte Marburg und Jena“ (Betreuer: Prof. Dr. S. Becker)
- WEISS, LEO: „Landschaftswahrnehmung urbaner Grünflächen – eine Analyse am Beispiel des Rennbahnparks Frankfurt am Main“ (Betreuer: Dr. A. Dorenkamp)
- WELLEMS, ALEXANDRA: „Gendergerechte Mobilitätsplanung in Marburg – Eine qualitative Untersuchung des Move35 Endberichts auf die Berücksichtigung der Gendergerechtigkeit“ (Betreuer: Prof. Dr. S. Becker)

### **Erste Staatsprüfung für das höhere Lehramt (L3)**

(nur 2024 abgeschlossene ESP-Verfahren mit Hausarbeit im Fach Erdkunde)

- FASSBENDER, ANN-MARIE SOPHIE: „Wie werden Dimensionen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung in hessischen Geographieschulbüchern abgebildet?“ (Betreuerin: Prof. Dr. C. Peter)
- HEJKO, PAUL: „Einführung von Elektrofahrzeugen als betriebliche Fuhrparks“ (Betreuer: Dr. J. Schwabe)
- KRAYER, AYLIN: „Digitale Medien im Erdkundeunterricht: Chancen und Herausforderungen aus der Perspektive von Lehrpersonen“ (Betreuerin: Dr. R. Ammonit)
- KUSCHEL, FRIEDERIKE: „Eine Untersuchung über das Bewusstsein für Vogelschutz am Beispiel der Studierenden der Philipps-Universität Marburg“ (Betreuer: Prof. Dr. S. Harnischmacher)
- MÜLLER-FLOTHO, MARIE: „Ressource Trinkwasser – wie gehen wir mit unserer Lebensgrundlage um?“ (Betreuer: Prof. Dr. P. Chiffard)

- NIEHUES, JENNIFER: „Zukunftsperspektiven der Schweinehaltung – Eine empirische Untersuchung im Landkreis Vechta“ (Betreuer: Prof. Dr. M. Hassler)
- SCHLIERMANN, CHARLOTTE: „Daseinsvorsorge im ländlichen Raum in Deutschland – Eine Untersuchung über den Nutzen von Mitfahrbänken als alternatives Mobilitätskonzept“ (Betreuer: Prof. Dr. M. Hassler)
- TERSTIEGE, ALEXANDER: „Beteiligungsmaßnahmen und Akzeptanz beim Ausbau der Windkraft in Lichtenau (Westfalen)“ (Betreuer: Prof. Dr. S. Becker)