

Geoarchäologische Erkundungen in zwei Muldentälchen östlich des Ipf am Westrand des Nördlinger Rieses (Süddeutschland)

Sonja Mailänder, Stefan Hecht, Joachim Eberle und Wolf Dieter Blümel

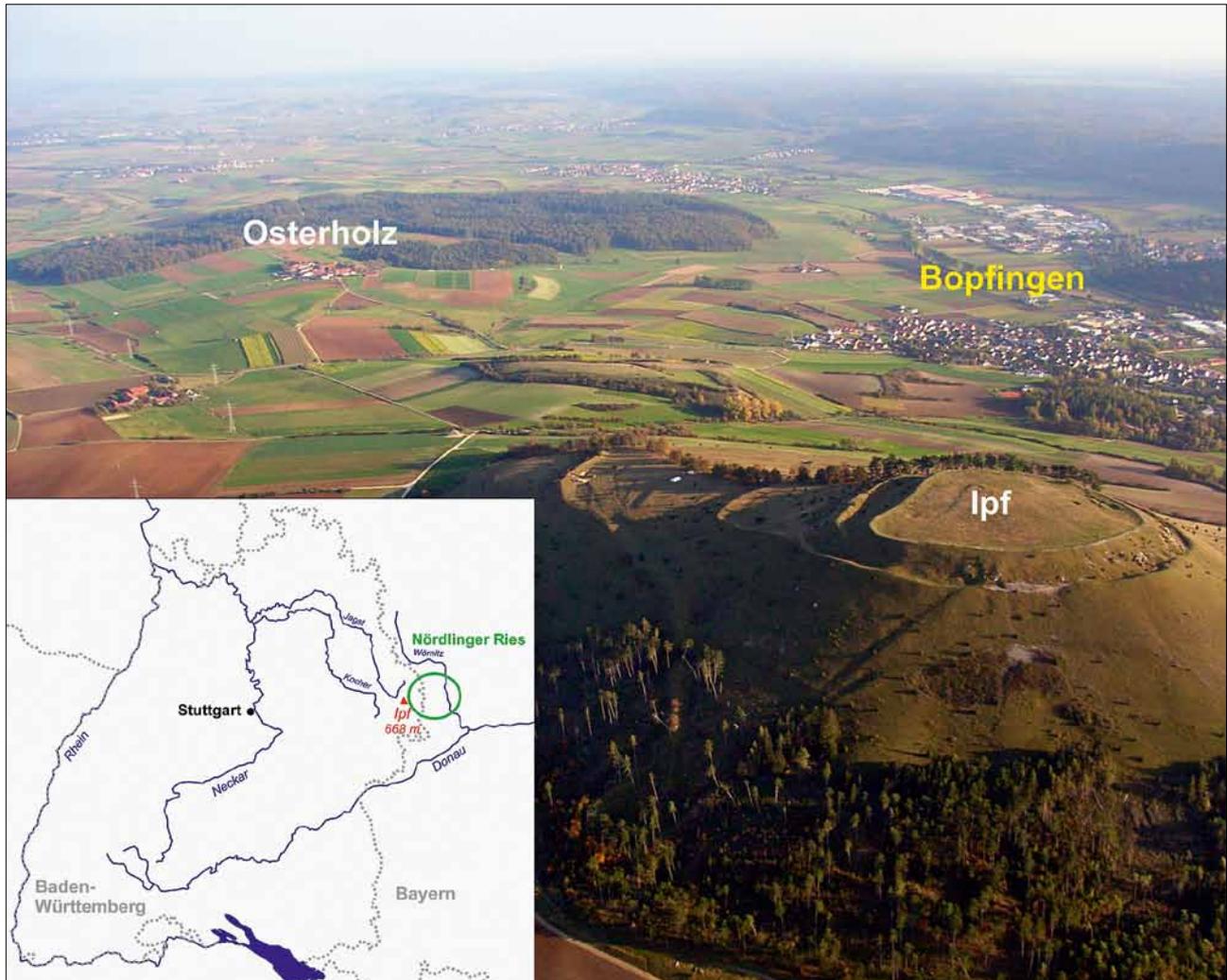


Abb. 1 Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Bereich des Nördlinger Rieses, einer durch einen Meteoriteneinschlag im Mittelmiozän vor rund 14,8 Millionen Jahren entstandenen Beckenstruktur in Süddeutschland. Auf dem Luftbild ist in Blickrichtung Südosten ihr südwestlicher Rand bei der Stadt Bopfingen zu erkennen. Im Vordergrund erhebt sich der frei-

stehende Oberjura-Zeugenberg Ipf mit seinen vorgeschichtlichen Befestigungsanlagen, der durch das Egertal (rechts) vom Trauf der Schwäbischen Ostalb getrennt wird. Dahinter erstreckt sich der Mitteljura-Höhenrücken um den Weiler Osterholz, Gde. Kirchheim am Ries, auf den sich die hier vorgestellten geoarchäologischen Forschungen konzentrieren.

1 Einleitung

Im Zentrum geoarchäologischer Studien steht, neben der Zusammensetzungs- und Herkunftsanalyse von Rohmaterialien, die Rekonstruktion von Paläoumweltbedingungen in der Umgebung historischer und prähistorischer Siedlungsstätten (stellvertretend Bork 2006; Bork u. a. 1998; Brückner 2007; Brückner/Vött 2008; Fuchs/Zöller 2006). Als Geoarchive spielen hierbei insbesondere Sedimentakkumulationen durch kolluviale oder alluviale Prozesse eine wichtige Rolle, da sie Informationen über das Ausmaß der anthropogen ausgelösten Bodenerosion während vergangener

Zeiträume und somit auch über Intensität, Art und räumliche Unterschiede der Landnutzung liefern können. Sehr genaue Aussagen zum einstigen Erscheinungsbild eines Standorts erlauben außerdem subfossile organische Schichten wie Torf oder Anmoor, in denen Reste der früheren Flora und Fauna konserviert worden sind (stellvertretend Dotterweich 2008; Dreibrodt u. a. 2009; Fuchs u. a. 2004; Houben u. a. 2009; Kalis u. a. 2003; Lang/Hönscheidt 1999; Leopold/Völkel 2006; Leopold/Völkel 2007; Maier/Vogt 2007; Wunderlich 1998; Zolitschka u. a. 2003).

Um die holozäne Landschaftsgeschichte unter dem Einfluss des Menschen möglichst detailliert nachvollziehen zu



Abb. 2 Als Geoarchive für eine Rekonstruktion der holozänen Landschaftsgeschichte waren im Bereich des Mitteljura-Höhenrückens um den Weiler Osterholz insbesondere die Tiefenlinien unterhalb der archäologischen Fundplätze von Interesse. Hier erfolgten sowohl Untersuchungen südlich der beiden frühkeltischen Rechteckhöfe (H) und einer latènezeit-

lichen Viereckschanze (L) am Ober- und Mittellauf des Grundbachs als auch in einem Abschnitt des Goldbachtals nördlich der zwei Grabhügel und eines römischen Gutshofs (R). Aufbauend auf geoelektrischen Vorerkundungen (a, b und c) und Rammkernsondierungen wurden in beiden Tälern je zwei Baggerschürfe (BS) angelegt (1, 2, 3 und 4).

können, ist es daher notwendig, hoch auflösende, stratifizierbare Bodenprofile zu untersuchen. Treten allerdings entsprechende Aufschlüsse nicht mehr oder weniger zufällig am Rand einer archäologischen Ausgrabungsstätte oder Baugrube zu Tage, so stellt das Auffinden eines geeigneten Geoarchivs am Anfang eines Forschungsvorhabens oftmals ein elementares Problem dar. Als einzige praktikable Feldmethode kamen hierfür in der Vergangenheit Kernbohrungen in Frage. In neuerer Zeit eröffnen jedoch zusätzlich geophysikalische Messungen die Chance, neben punktuellen auch linien- oder flächenhafte Informationen über den Aufbau des nahen Untergrunds zu erlangen. Dazu beigetragen hat vor allem die rasante Entwicklung der Computertechnologie, mit deren Hilfe die Auswertungen wesentlich verbessert und präzisiert werden konnten (vgl. z. B. Ullrich u. a. 2007).

Zu den Verfahrensweisen der Geophysik zählt neben der Magnetometrie, dem Georadar und der Refraktionsseismik auch die geoelektrische Widerstandstomografie (Electrical Resistivity Tomography, ERT), die in den letzten Jahren immer öfter auch bei geoarchäologischen Projekten erfolgreich zum Einsatz kam. Genutzt wurde sie hierbei allerdings in erster Linie im Rahmen von so genannten *on-site-studies* zur zerstörungsfreien Sondierung beispielsweise von Resten einstiger Bauobjekte im Untergrund. Hingegen wurden landschaftsgenetische Analysen im Umfeld eines archäologischen Fundplatzes bislang nur in geringerem Umfang durchgeführt (stellvertretend Cardarelli/Di Filippo 2009; Hecht 2007; Hecht 2009; Hecht u. a. im Druck; Hecht/Fassbinder 2006; Negri/Leucci 2006; Schrott u. a. 2003; Schrott/Sass 2008; Siart u. a. 2010; Papadopoulou u. a. 2006).

Im Folgenden werden daher anhand eines Fallbeispiels am Westrand des Nördlinger Rieses in Süddeutschland Möglichkeiten und Grenzen dieser in der Geoarchäologie

relativ jungen Prospektionsmethode gerade für *off-site-studies* aufgezeigt. Dabei wird insbesondere auch auf ihre Einbindung in den Gesamtverlauf eines Arbeitsprogramms eingegangen. Ein kurzer Einblick soll außerdem in die vorläufigen Ergebnisse der aufbauend auf den Erkundungen durchgeführten Feld- und Laboranalysen sowie ihre Interpretation gegeben werden. Die zugrunde liegenden Untersuchungen wurden im Rahmen eines geomorphologisch-bodenkundlich ausgerichteten Forschungsprojekts des Instituts für Geographie der Universität Stuttgart durchgeführt, das von April 2006 bis März 2010 in das Schwerpunktprogramm 1171 »Frühe Zentralisierungs- und Urbanisierungsprozesse – Zur Genese und Entwicklung frühkeltischer Fürstensitze und ihres territorialen Umlandes« der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) integriert war (Mailänder u. a. 2008; Mailänder u. a. 2010).

2 Geografische Situation des Untersuchungsgebiets

2.1 Naturräumliche Ausstattung und aktuelle Nutzung

Das Nördlinger Ries ist eine annähernd kreisförmige Beckenlandschaft im Süden Deutschlands, direkt an der Grenze zwischen den Bundesländern Baden-Württemberg und Bayern. Sie entstand durch einen Meteoriteneinschlag im Mittelmiozän vor rund 14,8 Millionen Jahren und trennt heute die Mittelgebirge der Schwäbischen und Fränkischen Alb voneinander (Abb. 1; Eberle u. a. 2007, 56). Noch außerhalb dieser Kraterstruktur, jedoch unmittelbar an ihrem Südwestrand vor dem Trauf der Schwäbischen Ostalb, erhebt sich bei der Stadt Bopfingen der mächtige, kegelförmige, heute überwiegend unbewaldete Pf (668 m üNN). Ebenso wie der nordöstlich von ihm gelegene Blasien-

berg (601 m üNN) überragt er mit seinen widerständigen Oberjura-Kalken als freistehender Zeugenberg die Ton- und Sandsteine des Mitteljuras, die das Albvorland aufbauen.

Zum Albvorland zählt auch ein sich unterhalb dieser beiden markanten, heute von Heidevegetation bedeckten Anhöhen nach Osten hinziehender Geländerrücken um den Weiler Osterholz, Gde. Kirchheim am Ries, auf den sich die hier vorgestellten Untersuchungen konzentrieren. Auch er weist – abgesehen von einigen Verwerfungen – eine ungestörte geologische Schichtenfolge auf. Entsprechend werden seine 530–545 m üNN hohen, sanft abfallenden Plateauflächen vom Eisensandstein (al2E, ehemals Braunjura β) eingenommen, während sich in den Muldentälern nördlich und südlich davon der Gold- und Grundbach bis in den Opa-linuston (al1, ehemals Braunjura α) eingeschnitten haben. Beide Fließgewässer sind Tributäre der Eger, die das Ries in östlicher Richtung zur Wörnitz und damit zum Donausystem hin entwässert.

Auf den Oberhängen des Mitteljura-Geländerrückens um Osterholz werden heute überwiegend Getreide und Hackfrüchte angebaut (Abb. 2). In Folge der intensiven und seit langem andauernden landwirtschaftlichen Bearbeitung sind hier keine ungestörten, vollständigen Böden mehr vorhanden. Insbesondere in den Kuppenbereichen wurden die natürlichen Braun- oder Parabraunerden weitgehend erodiert, so dass dort aktuell in sehr flachgründigen Substraten gepflügt wird. Stellenweise trifft man hier nur wenige Zentimeter unter der Ackerkrume auf extrem skelettreiche, lokal aber auch von Tonlinsen durchzogene Fließerden. Das abgetragene Bodenmaterial ist heute hingegen an den Unterhängen als Kolluvien oder Auelehme sowie in den Tiefenlinien zu suchen. In den meist als Mähgrünland genutzten Talniederungen der begradigten und kanalisier-ten Bäche sind daher in erster Linie geeignete Geoarchive zur Rekonstruktion anthropogener Landschaftsveränderungen zu erwarten.

Im Unterschied zum östlich folgenden Becken des Nördlinger Rieses, das auf Grund seiner geschützten Position durch eher kontinentale Klimabedingungen geprägt ist, befindet sich sein südwestlicher Rand noch im Luv vor dem Steilanstieg der Schwäbischen Ostalb. Mit über 800 mm fallen hier daher relativ hohe Jahresniederschläge. Auch liegen die mittleren Jahrestemperaturen mit etwa 7°C noch deutlich unter denen des Zentralrieses (DWD 1953; DWD 1979; DWD 2006).

2.2 Archäologische Fundsituation und siedlungsgeografische Lage

Zahlreiche archäologische und historische Zeugnisse aus nahezu allen Kulturepochen ab dem Paläolithikum weisen für das Nördlinger Ries und seine Umgebung auf eine lange und intensive Besiedlung durch den Menschen hin. Wohl in Folge des Vorhandenseins geeigneter Flächen für Feldbau und der klimatischen Vorteile der Beckenlandschaft ließen sich bereits im Altneolithikum Gruppen der Bandkeramischen Kultur dauerhaft hier nieder. Mit ausschlaggebend waren dafür später aber sicherlich auch wirtschaftliche und strategische Vorteile: So dürfte die Bedeutung der Bohnerz-

vorkommen auf dem benachbarten Härtsfeld als Rohstoffquelle für die Eisenverarbeitung schon früh erkannt worden sein. Außerdem bot sich über das Remstal, entlang dem Ostalbrauf und durch das Ries eine günstige Verkehrsverbindung zwischen dem mittleren Neckarland und der Donau (vgl. Hildebrand 2004, 191 ff.).

Trotz seiner reichen archäologischen Fundsituation ist die holozäne Landschaftsentwicklung des Nördlinger Rieses und seiner Umgebung noch wenig erforscht. Für die hier vorgestellten geoarchäologischen Arbeiten wurde daher ein Untersuchungsgebiet am Westrand des Meteoritenkraters ausgewählt. Ansatzpunkt waren Ausgrabungen des Landesamts für Denkmalpflege Baden-Württemberg, die dort nördlich der Stadt Bopfingen im Jahr 1999 begonnen hatten und 2004 in das DFG-Schwerpunktprogramm 1171 integriert worden waren. Im Blickpunkt des Interesses stand hier insbesondere der Berg Ipff, für den man auf Grund seiner ausgedehnten vorgeschichtlichen Befestigungsanlagen schon seit längerem vermutete, dass er wie die berühmte Heuneburg bei Riedlingen zu den so genannten »frühkeltischen Fürstentzen« zählt (Krause 2004, 237 ff.). Es handelt sich dabei um die wahrscheinlich ältesten stadtartigen Machtzentren in Mitteleuropa nördlich der Alpen, die stets als Höhengründungen errichtet wurden und einer elitären Führungsschicht als Residenz und Repräsentationsobjekt dienten. Diese »Fürsten« betrieben zwischen dem 7. und 4. Jh. v. Chr. weitreichende Handelsbeziehungen bis in den mediterranen Raum und ließen sich in großen hügelartigen Prunkgräbern bestatten. Durch die neueren archäologischen Befunde auf dem Ipff und dessen näherem Umfeld konnte die Annahme, dass auch er als einer jener Herrschaftssitze fun-gierte, immer mehr untermauert werden (stellvertretend Fuhrmann u. a. 2005; Krause 2005; Krause/Fuhrmann 2005; Krause u. a. 2008; Krause u. a. 2010).

Als sehr aufschlussreich in dieser Hinsicht erwies sich in den letzten Jahren der Geländerrücken östlich des Bergs, wo mehrere hallstattzeitliche Rechteckhöfe sowie zwei Groß-grabhügel entdeckt und weitgehend ausgegraben wurden (Abb. 2). Außer diesen Zeugnissen der frühkeltischen Epoche sind hier auch zwei spätkeltische, latènezeitliche Vier-eckschanzen sowie ein römischer Gutshof bekannt. Im Zentrum der Erhebung liegt bis heute der Weiler Osterholz, dessen früheste (überlieferte) schriftliche Erwähnung aus dem 14. Jh. n. Chr. stammt (KSTB 1872, 356). Diese Häufung von Siedlungsbefunden deutet auf eine zumindest zeitweise recht intensive und länger andauernde Nutzung des Höhen-zugs hin, weshalb hier eine Rekonstruktion der landschaftlichen Veränderungen unter dem Einfluss des Menschen besonders vielversprechend erschien.

3 Methoden

Bei der Prospektion richtete sich das Hauptaugenmerk auf die Tiefenlinien des Untersuchungsgebiets, wo die mächtigsten Kolluvien und Auelehme und damit besonders hoch auflösende Geoarchive zur Rekonstruktion der holozänen Landschaftsentwicklung zu erwarten waren. Dort sollten an ausgewählten Standorten Schürffgruben aufgebaggert und darin Profile aufgenommen und beprobt werden. Von spezi-



Abb. 3 Zur Überprüfung von Sedimentaufbau und -mächtigkeit wurden Rammkernsondierungen mit einem COBRA-Motor-Bohrhammer durchgeführt. An dieser Stelle in der Tiefenlinie des Grundbachtals, unterhalb des frühkeltischen Rechteckhofs am Oberhang, konnte nachfolgend ein Baggerschurf (BS3) angelegt werden (vgl. Abb. 2,3).

ellem Interesse waren die Flächen unterhalb der bekannten archäologischen Fundstellen, die daher sehr intensiv erkundet wurden. Hierzu zählten zum einen zwei Talabschnitte am Ober- und Mittellauf des Grundbachs südlich der am Oberhang errichteten frühkeltischen Rechteckhöfe. Im Goldbachtal erschien hingegen vor allem der Bereich unterhalb der Großgrabhügel und des römischen Gutshofs am Nordhang des Rückens geeignet zu sein (Abb. 2).

Zunächst konnten im Juni 2006 und März 2008 in beiden Tälern geoelektrische Tomografien durchgeführt werden (Abb. 2,a–c; zur Methodik vgl. Hecht 2007; Hecht 2009; Hecht/Fassbinder 2006). Für die Messungen stand eine Multi-Elektrodenapparatur zur Verfügung, wobei jeweils 100 Elektroden in einem Abstand von 1 m oder 1,5 m hintereinander in Schlumberger-Konfiguration angeordnet wurden (vgl. Lange 2005). Nach Möglichkeit erfolgte dies entlang von heute erkennbaren, den Hang abwärts verlaufenden Tiefenlinien in der Annahme, dass diese auch in früheren Zeiträumen als Haupttransportbahnen des abgetragenen Bodenmaterials gedient haben und an ihrem Fuß daher die mächtigsten Akkumulationen anzutreffen sein müssten. Um ein vollständiges Quertransekt von Norden nach Süden durch das Goldbachtal zu erhalten, wurden dort zwei überlappende Messreihen angelegt.

Basierend auf den Ergebnissen wurde das Gelände parallel zu den gewählten Profilschnitten mit Hilfe eines COBRA-

Motor-Bohrhammers und eines Sondagegestänges mit einem Kerndurchmesser von 5 cm erkundet (Abb. 3). Hierdurch sollte ein genauere Einblick in den Sedimentaufbau erreicht und außerdem die Übertragbarkeit der Resultate der Geoelektrikmessungen in die Fläche überprüft werden. Ausschlaggebend für die Stellen, an denen nachfolgend Schürfe aufgegraben werden sollten, waren einmal die Mächtigkeit und damit das zu erwartende zeitliche Auflösungsvermögen der (holozänen) Talfüllungen, des Weiteren wurde gezielt nach dem Auftreten subfossiler organischer Horizonte gesucht, da die darin erhaltenen Makroreste sowie Pollen besonders detaillierte Aussagen zum einstigen Landschaftsbild und außerdem eine Datierung über die Radiokohlenstoffmethode erhoffen ließen. Unter diesen Vorgaben konnten im Goldbachtal zwei vielversprechende Standorte entlang des überlappenden Transekts (BS1 und BS2) sowie im Grundbachtal je einer am Oberlauf (BS3) und einer am Mittellauf (BS4) ausgemacht werden.

Aus allen differenzierbaren kolluvialen, alluvialen und organischen Schichten an den Wänden der aufgebagerten Gruben wurden nach einer Dokumentation der Profilvermerkmale und Abgrenzungen Schüttproben entnommen. Im Labor erfolgte eine Ermittlung der Standardparameter (Farbe, Korngrößenverteilung, pH-Wert, CaCO_3 -Gehalt) und der Anteile an organischem Kohlenstoff (C_{org}) sowie – teilweise unter Vorbehandlung durch Schlammung – eine

Probennummer	Substrat	Tiefe (cm GOK)	C _{org} (%)	Feinboden (<2 mm)						
				Bodenart	Ton (%)	Schluff (%)	Sand (%)	pH	CaCO ₃ (%)	Farbe (Munsell)
BS1-01	M5	0–30	4,42	Tl	55,7	28,5	15,4	7,2	29,7	2.5 Y 3/2
BS1-02	M4	30–50	4,53	Tl	61,1	28,0	10,9	7,2	23,4	2.5 Y 3/3
BS1-03	M3	50–90	2,77	Tt	68,2	24,4	7,4	7,2	12,9	2.5 Y 4/2
BS1-04	M2 (Anmoor)	90–110	10,9	-	-	-	-	7,5	44,5	2.5 Y 4/1
BS1-05	M1 (Anmoor)	110–140	6,17	-	-	-	-	7,6	17,2	2.5 Y 2.5/1
BS1-6T1	Torf	140–160	31,3	-	-	-	-	7,2	9,3	5 Y 2.5/1
BS1-6T2	Anmoor	160–185	13,4	-	-	-	-	7,7	62,1	2.5 Y 3/1
BS1-6T3	Torf	185–205	20,9	-	-	-	-	7,5	4,7	5 Y 2.5/1
BS1-6T4	Torf	205–220	15,4	-	-	-	-	7,7	23,3	2.5 Y 2.5/1
BS1-07	Kalkband	220–225	5,37	-	-	-	-	7,6	79,6	2.5 Y 5/1
BS1-08	Anmoor	225–230	14,9	-	-	-	-	3,4	< 2	5 Y 2.5/1
BS1-09	Fließerde	230–260	0,65	Lts	41,8	19,0	39,2	4,6	< 2	2.5 Y 4/4
BS1-10	Fließerde	260–300	0,91	Lts	42,7	21,2	36,1	7,2	4,8	2.5 Y 4/4
BS1-11	Fließerde	300–340	0,76	Lt2	28,1	38,5	33,4	3	< 2	5 Y 3/1
BS1-12	Fließerde	340–400	0,88	Lt2	31,9	36,4	31,6	3,4	< 2	5 Y 3/1

Tab. 1 Goldbachtal. Ergebnisse der Laboranalysen für das Profil BS1 (= Schnitt 1; Abb. 4).

detaillierte Makrorestanalyse. Zur Auslese kamen hierbei neben Holz, Früchten, Samen und Holzkohle auch Knochen, Zähne, Arthropodenteile, Molluskenschalen und Keramiksplitter. Aus den organischen Substanzen konnte für verschiedene Horizonte jeweils geeignetes Material für ¹⁴C-Altersbestimmungen zusammengestellt werden, die vom Radiokohlenstofflabor der Heidelberger Akademie der Wissenschaften (Hd) teilweise in Zusammenarbeit mit den AMS-Radiocarbonlabors der Universität Lund (Lus) in Schweden und der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETH) in der Schweiz sowie am Physikalischen Institut der Universität Erlangen-Nürnberg (Erl) durchgeführt wurden (Tab. 4). In zwei Fällen war eine dendrochronologische Einordnung möglich, die Prof. Dr. A. Bräuning (Geographisches Institut der Universität Erlangen-Nürnberg) in Kooperation mit Dr. A. Billamboz (Archäodendrologisches Labor des Landesamts für Denkmalpflege Baden-Württemberg) vornahm. Noch in Bearbeitung am Lumineszenz-Labor der Universität Heidelberg befinden sich derzeit OSL-Datierungen an einigen Proben.

4 Ergebnisse

4.1 Resultate der Vorerkundungen

Als besonders aufschlussreich erwiesen sich die geophysikalischen Erkundungen im Goldbachtal. Abbildung 4 zeigt die Ergebnisse der beiden überlappenden Messprofile von Süden nach Norden (vgl. Abb. 2,a). Beeinflusst werden die spezifischen elektrischen Widerstandswerte vor allem vom Wassergehalt der Sedimente und Böden (vgl. Greinwald/Thierbach 1997). Da feinkörnige und/oder stark organische Substrate Wasser besser speichern als grobkörnige und eher mineralische, ermöglichen die Messwerte relativ zueinander Rückschlüsse auf die Zusammensetzung des Materials. Im hier dargestellten Fall können niedrige Werte des spezifischen Widerstands von bis zu 30 Ωm, die durch blaue Farben wiedergegeben sind, auf Kolluvien, Auelehme, Anmoor- oder Torfschichten zurückgeführt werden, die ein einst unruhigeres Relief nivelliert haben (vgl. Tab. 1). Dieses ist im anstehenden Eisensandstein (al2E) angelegt, den auf Grund seiner inhomogenen Zusammensetzung höhere und stärker variierende Widerstandswerte kennzeichnen. Die deutlichen Schwankungen des elektrischen Widerstands im Zentrum werden vermutlich durch tektonische Störungen

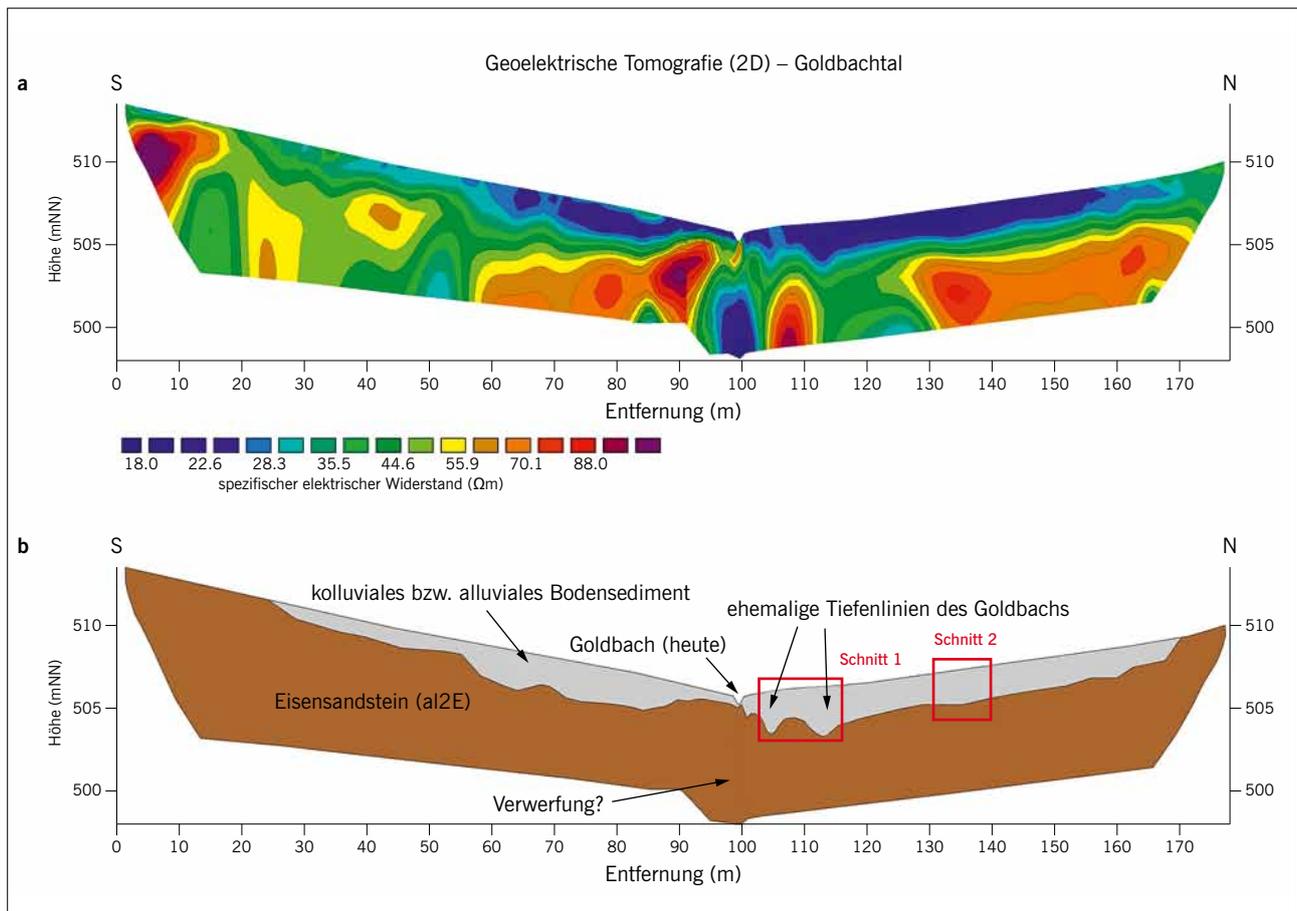


Abb. 4a–b Geoelektrisches Querprofil durch das Goldbachtal unmittelbar nördlich des Weilers Osterholz (vgl. Abb. 2,a). Zwei überlappende Messprofile mit je 100 Elektroden im Abstand von 1 m; Schlumberger-Konfiguration; jeweils 3. Iteration; RMS error 1,7 bzw. 1,9. **a** Modell der Verteilung des spezifischen elektrischen Widerstands entlang des Messprofils. **b** Interpretationsskizze. An niedrigen Widerstandswerten (bis circa $30\ \Omega\text{m}$, blaue Farben) sind die kolluvialen, alluvialen und/oder organischen Verfüllungen im Goldbachtal deutlich zu erkennen. Bei etwa 105 m

und 115 m zeichnen sich zwei alte Tiefenlinien ab, die heute im Oberflächenrelief nicht mehr feststellbar sind. Dort treten die mächtigsten Akkumulationen auf. Darunter folgt im gesamten Profilbereich der Eisensandstein (al2E; über $30\ \Omega\text{m}$, grüne, gelbe und rote Farben). Die unterschiedlichen spezifischen Widerstände im Liegenden werden wahrscheinlich durch tektonische Störungen verursacht. Basierend auf diesen Messungen erfolgten im Juli 2006 zwei gezielte Baggerschnitte (Schnitt 1 = BS1, Schnitt 2 = BS2).

verursacht, die letztlich auch für die Entstehung des Tälchens an dieser Stelle ausschlaggebend gewesen sein könnten.

Überraschenderweise zeigten sich innerhalb des Profilschnitts die mächtigsten holozänen Verfüllungen nicht im Bereich der heutigen Tiefenlinie. Vielmehr treten sie nördlich des kanalisiertes Bachbetts auf und zeichnen dort zwei frühere Fließrinnen des Gewässers nach. Kernbohrungen an dieser Position brachten bis aus einer Tiefe von 230 cm GOK (Geländeoberkante) feinkörnige Sedimente mit zahlreichen organischen Makroresten zu Tage und bestätigen somit die Erklärung für die niedrigen Widerstandswerte in der geoelektrischen Tomografie. Ebenfalls mit den Messungen übereinstimmend konnten ähnliche Schichten bis 260 cm GOK auch noch weiter nördlich am südexponierten Unterhang erkundet werden. Basierend auf diesen Befunden wurden im Sommer 2006 an beiden Standorten Baggerschürfe angelegt (Abb. 4; Abb. 7, BS1 u. BS2).

Im Grundbachtal stellte sich die Interpretation der geoelektrischen Prospektionen als schwieriger heraus, da sich die Widerstandswerte des hier anstehenden Opalinustons (al1) nur wenig von den ebenfalls stark tonigen holozänen Talfüllungen unterschieden (vgl. Abb. 2,b–c; Abb. 5–6; Tab. 2–3).

Abbildung 5 zeigt das am Oberlauf von Norden nach Süden gemessene Profil (Abb. 2,b). Hier entsprechen die niedrigsten Werte des spezifischen Widerstands (bis zu $30\ \Omega\text{m}$; blaue Farben) den sehr feinkörnigen Schichten des Opalinustons (al1). Etwas höhere Widerstände ($30\text{--}50\ \Omega\text{m}$; grüne Farben) deuten hingegen auf kolluviale oder alluviale Sedimente hin, die eine geringere Lagerungsdichte aufweisen und auch erodiertes Material des grobkörnigeren Eisensandsteins enthalten, der in der geoelektrischen Tomografie im nördlichen, höheren Geländeabschnitt hervortritt (vgl. Tab. 2). An diesem Standort umfassen die holozänen Talfüllungen nur maximal 200 cm und erreichen damit nicht die gleiche Mächtigkeit wie im Goldbachtal (vgl. Abb. 4). Jedoch gehen die auffälligen Werteanomalien zwischen 80 m und 100 m wahrscheinlich wiederum auf eine Verwerfung im Bereich der Tiefenlinie zurück.

Eine weitere geoelektrische Sondierung erfolgte am Mittellauf des Tälchens in nordwest-südöstlicher Richtung, wo

Tab. 2 (rechte Seite oben) Grundbachtal, Oberlauf. Ergebnisse der Laboranalysen für das Profil BS3.

Tab. 3 (rechte Seite unten) Grundbachtal, Mittellauf. Ergebnisse der Laboranalysen für das Profil BS4.

Probennummer	Substrat	Tiefe (cm GOK)	Grobboden (>2 mm) (%)	Feinboden (<2 mm)						
				Bodenart	Ton (%)	Schluff (%)	Sand (%)	pH	CaCO ₃ (%)	Farbe (Munsell)
BS3-01	M5	0–20	2,3	Tl	61,4	21,4	17,3	7,4	22,0	10 YR 2/3
BS3-02	M4	20–45	0,4	Tt	70,9	22,7	6,4	7,6	31,1	2.5 Y 4/3
BS3-03	M3	45–80	0,1	Tl	53,8	23,4	22,8	7,7	21,4	2.5 Y 4/2
BS3-04	M2	80–115	0,6	Lts	43,3	21,11	35,6	7,7	17,9	2.5 Y 3/2
BS3-05	M1	115–135	8,4	Tl	47,0	26,7	26,3	7,7	32,0	2.5 Y 4/2
BS3-06	M1	135–190	4,1	Tl	53,4	25,8	20,8	7,4	58,9	2.5 Y 5/3
BS3-G	Gräbchen	135–185	4,1	Tl	56,5	27,5	16,0	7,7	59,4	2.5 Y 5/4
BS3-07	Kalktuff	135–160	0,0	Tt	68,0	26,3	5,7	7,9	83,0	2.5 Y 6/2
BS3-08	Kalktuff	160–190	3,1	Tt	76,8	22,0	1,2	7,7	66,4	2.5 Y 6/3
BS3-09	Grus/Steine	190–215	51,7	Lts	39,9	27,2	32,9	7,7	38,3	2.5 Y 4/3
BS3-10	Fließerde	215–245	9,7	Tu2	64,5	31,9	3,7	7,4	< 2	2.5 Y 5/2
BS3-11	Fließerde	245–270	11,4	Tu2	59,2	34,7	6,1	7,5	< 2	2.5 Y 5/2

Probennummer	Substrat	Tiefe (cm GOK)	Grobboden (>2 mm) (%)	Feinboden (<2 mm)						
				Bodenart	Ton (%)	Schluff (%)	Sand (%)	pH	CaCO ₃ (%)	Farbe (Munsell)
BS4-01	M12	0–25	2,2	Tu2	54,8	31,9	13,3	6,7	< 2	2.5 Y 4/3
BS4-02	M11	25–45	0,4	Tu2	57,2	30,8	12,0	6,8	< 2	10 YR 4/3
BS4-03	M10	45–60	0,3	Tl	53,8	28,7	17,6	6,8	< 2	10 YR 4/3
BS4-04	M9	60–85	0,6	Lts	39,2	26,0	34,8	6,8	< 2	2.5 Y 4/2
BS4-05	M8	85–110	1,5	Lts	40,4	26,0	33,6	6,7	< 2	2.5 Y 4/2
BS4-06	M7	110–140	0,5	Lts	27,7	20,1	52,2	6,7	< 2	2.5 Y 4/3
BS4-07	M6	140–155	7,9	Lts	39,7	24,5	35,8	6,6	< 2	2.5 Y 4/3
BS4-08	M5	155–180	0,4	Lts	36,9	22,5	40,6	3,8	< 2	2.5 Y 3/1
BS4-09	M4	180–200	0,2	Ls4	24,8	27,6	47,7	4,2	< 2	2.5 Y 3/2
BS4-10	M3	200–230	2,2	Ls4	20,9	23,5	55,6	3,7	< 2	2.5 Y 4/2
BS4-11	M2	230–250	25,7	Sl4	15,9	11,5	72,6	6,4	< 2	2.5 Y 4/2
BS4-12	M1	250–270	24,9	Lts	43,8	26,2	30,0	3,6	< 2	2.5 Y 3/3
BS4-13	Fließerde	270–295	4,8	Tu2	57,6	38,4	4,0	7,2	3,0	2.5 Y 4/1

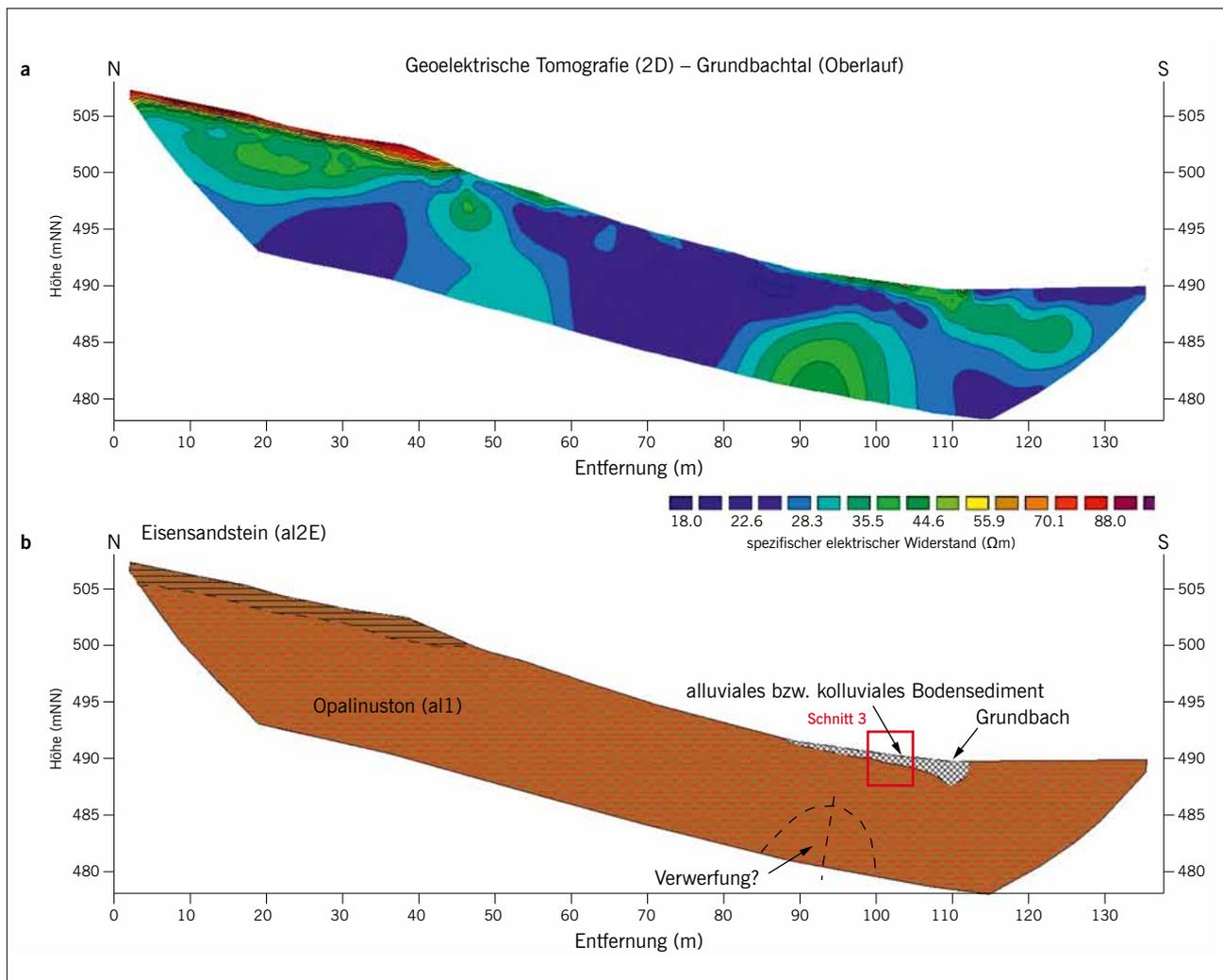


Abb. 5a–b Geoelektrisches Querprofil durch den Südhang des Grundbachtals südwestlich des Weilers Osterholz (vgl. Abb. 2,b). 100 Elektroden im Abstand von 1,5 m; Schlumberger-Konfiguration; 3. Iteration; RMS error 1,4. **a** Modell der Verteilung des spezifischen elektrischen Widerstands entlang des Messprofils. **b** Interpretationsskizze. Anders als im Goldbachtal werden die niedrigsten Widerstände nicht durch die holozänen Talfüllungen hervorgerufen, sondern durch die feinkörnigen

Substrate des anstehenden Opalinustons (a1) im Untergrund (bis ca. 30 Ωm , blaue Farben; vgl. Abb. 4). In der Tiefenlinie sind an Hand höherer Werte etwa 100–200 cm mächtige, lockerer gelagerte kolluviale und alluviale Sedimente zu erkennen (30–50 Ωm , grüne Farben). Sie enthalten Material aus dem Eisensandstein (a2E), der am Oberhang auftritt und sich durch deutlich höhere Widerstandswerte abhebt (über 50 Ωm , gelbe und rote Farben; Schnitt 3 = BS3).

von Norden her ein kleiner Tributär in den Grundbach mündet (Abb. 2,c; Abb. 6). Auch hier wird der geologische Untergrund vom Opalinuston (a1) aufgebaut, dessen feinkörnige Zusammensetzung niedrige Widerstände verursacht (bis 30 Ωm , blaue Farben; vgl. Abb. 5; Tab. 3). Wie bei dem benachbarten Messprofil im Grundbachtal weisen die etwas höheren Werte auf lockerer gelagerte, junge Auelehme oder Kolluvien hin. Innerhalb des Profils kommen diese nur in unmittelbarer Nähe zur heutigen Fließrinne vor, während weitere holozäne Sedimente aus der Tomografie nicht abgeleitet werden können. Im südöstlichen Abschnitt macht sich wiederum der Übergang zum Eisensandstein (a2E) durch höhere Widerstände bemerkbar (über 50 Ωm , gelbe Farben). Ferner treten auch in dieser Messung bei 30 m und 80 m zwei tektonische Störungen in Erscheinung.

Aufbauend auf den geophysikalischen Erkundungen wurden auch im Grundbachtal Kernbohrungen durchgeführt, die die Lokalität der Talfüllungen mit einer stark variierenden Mächtigkeit von bis zu ca. 270 cm am Mittellauf

eindeutig bestätigten. Am Oberlauf fanden sich die dicksten Ablagerungen nicht, wie zunächst vermutet, in der heute tiefsten Geländedeposition unterhalb des Rechteckhofs, sondern nordwestlich versetzt davon, fast im Quellgebiet des Fließgewässers. Es wurde daher am Ober- und Mittellauf jeweils eine Stelle mit gut differenzierbaren Abfolgen kolluvialer und alluvialer Sedimente sowie organischen Makroresten ausgewählt, an der nachfolgend Baggerschnitte veranlasst werden sollten (Abb. 2, BS3 u. BS4).

4.2 Befunde der Aufgrabungen und Laboranalysen

Im Baggerschnitt 1 (BS1) im Goldbachtal konnten die beiden sich im Geoelektrikprofil abzeichnenden Tiefenlinien im Relief der einstigen Landoberfläche sehr gut rekonstruiert werden. Sie waren, wie erwartet, durch jüngere Ablagerungen verfüllt worden, die vor allem im Bereich der nördlichen, breiteren Rinne sehr viel organische Substanz enthielten

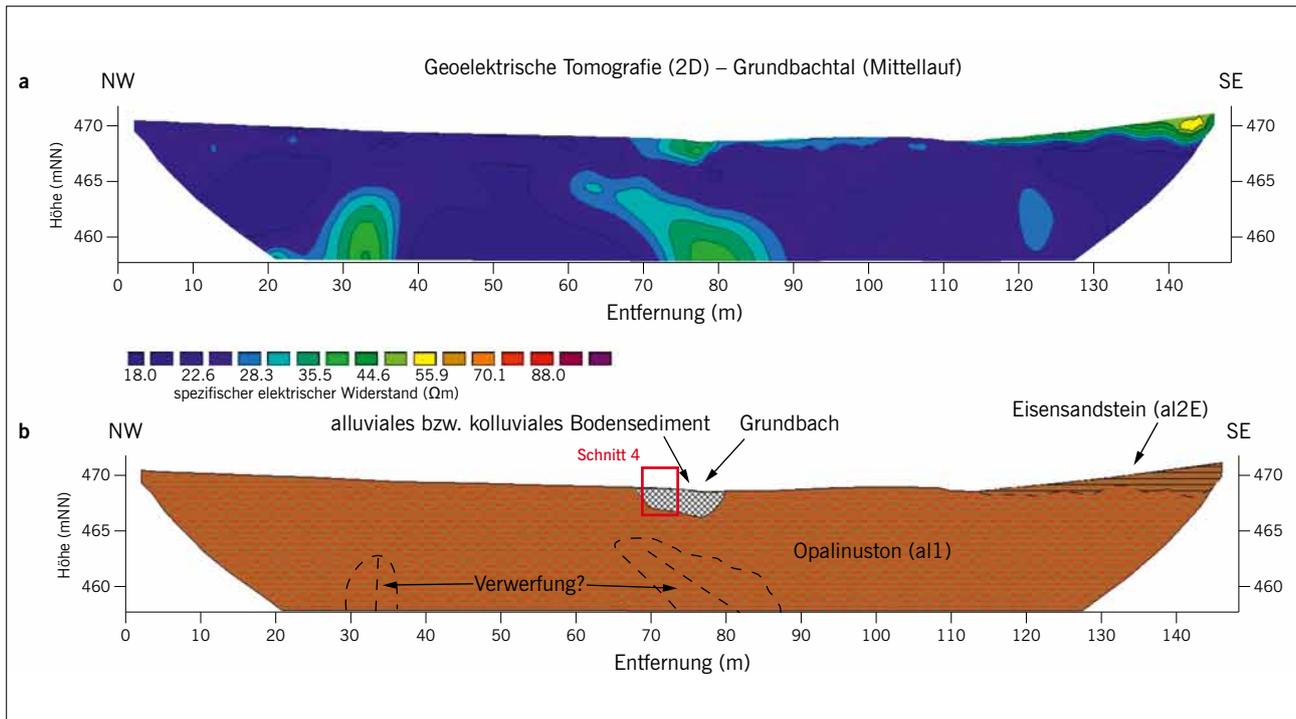


Abb. 6 Geoelektrisches Längsprofil am Mittellauf des Grundbachs (vgl. Abb. 2,c). 100 Elektroden; Abstand 1,5 m; Schlumberger-Konfiguration; 3. Iteration; RMS error 1,5. **a** Modell der Verteilung des spezifischen elektrischen Widerstands entlang des Messprofils. **b** Interpretationsskizze. Die Messergebnisse ähneln stark denen von Profil b am Oberlauf (vgl. Abb. 5). Auch hier treten die niedrigsten Widerstandswerte im Bereich des Opali-

nustons (a1) im Untergrund auf (bis circa 30 Ωm, blaue Farben), wohingegen die alluvialen und kolluvialen Sedimente in der Mitte des Profils durch Werte zwischen 30 und 50 Ωm (grüne Farben) repräsentiert werden. Weitere holozäne Ablagerungen, die als Geoarchive in Frage kämen, sind nicht feststellbar. Am südöstlichen Oberhang tritt wiederum der Eisensandstein (a2E) in Erscheinung (Schnitt 4 = BS4).

(Abb. 7). Hier wurden von 230 cm bis etwa 90 cm unter Geländeoberkante (GOK) Anmoor- und Torfschichten angetroffen, die sich anhand unterschiedlich hoher mineralischer Anteile sowie eingeschalteter Kalkbänder mehrfach gliedern ließen und partiell von subfossilen Hölzern sowie zahlreichen Molluskenschalen durchsetzt waren (Abb. 8; Tab. 1, BS1-04; BS1-05; BS1-06; BS1-07; BS1-08). Bedeckt wurden sie bis ca. 50 cm GOK von reduzierten grauen, darüber von rotbraun gefärbten kolluvialen bzw. alluvialen Sedimenten (BS1-01; BS1-02; BS1-03). Im südlichen Abschnitt des Schurfs zeigte sich ein ähnlicher Profilaufbau, jedoch mit deutlich weniger organischen Makroresten. Zwischen den beiden ehemaligen Tiefenlinien lag in rund 165 cm GOK ein mächtiger ebenfalls feucht erhaltener Baumstamm.

Auch der zweite Baggerschnitt (BS2) weiter nördlich am Unterhang bestätigte die Resultate der Vorerkundungen. Hier war im Gelände ursprünglich eine flache, feuchte oder nasse Senke entwickelt, die später verlandete und bis heute von ihrer Basis in mehr als 260 cm bis etwa 120 cm GOK unter Anmoor- und Torfschichten, darüber unter Kolluvien verborgen blieb. Diese Substrate sind daher sehr wahrscheinlich für die sehr niedrigen Widerstandswerte im gesamten Geoelektrikprofil verantwortlich zu machen.

An der Basis des Baggerschnitts 3 (BS3) am Oberlauf des Grundbachs wurden in 215 bis 270 cm GOK die tonigen dunkelgrauen Fließerden des anstehenden Opalinustons (a1) erreicht (Abb. 9; Tab. 2, BS3-10; BS3-11). Darüber folgten, wie erwartet, sandigere Auelehme und Kolluvien, in die zwischen 135 cm und 160 cm GOK eine nach Osten ausstreichende helle Kalktuffschicht eingeschoben war (BS3-07;

BS3-08). In dieser konnte eine kleine grabenartige Struktur ausgemacht werden (BS3-G). Bis zu einer Obergrenze von ca. 110 cm GOK waren die Substrate von zahlreichen, im reduzierenden Milieu *in situ* erhaltenen, subfossilen Gehölzwurzeln durchzogen. Bei der Beprobung fanden sich in den Ablagerungen außerdem winzige, stark abgeriebene Keramikscherben, mehrere Knochen- und Zahnsplinter sowie etliche Molluskenschalen.

Eine ähnliche Stratigrafie konnte in Schnitt 4 (BS4) am Mittellauf des Grundbachs nachvollzogen werden, wo die tonigen Fließerden rund 270 cm GOK auftraten (Abb. 10; Tab. 3, BS4-13). Darüber folgten sandigere alluviale Sedimente, die ab etwa 180 cm GOK in teilweise reduzierte kolluviale Ablagerungen übergingen. Die Auelehme wiesen zahlreiche subfossile Äste, Zweige und Wurzeln von Gehölzen auf, die offensichtlich nicht *in situ* eingebettet, sondern durch fließendes Wasser herantransportiert worden waren. In den Kolluvien wurden verkohlte Holz- und Getreidereste, Knochen- und Zahnsplinter sowie zwischen 155 cm und 140 cm eine Ansammlung grob gemagerter Keramikscherben entdeckt.

4.3 Vorläufige Rekonstruktion der Landschaftsgeschichte anhand der Makrorestanalyse und der Datierungen

Auf Grund der sehr guten Erhaltung organischer Substanzen sind die Landschaftsveränderungen im Grundbachtal anhand einer Makrorestanalyse und ¹⁴C-(AMS)-Datierungen besonders detailliert nachvollziehbar (Abb. 7–8; Abb. 11;

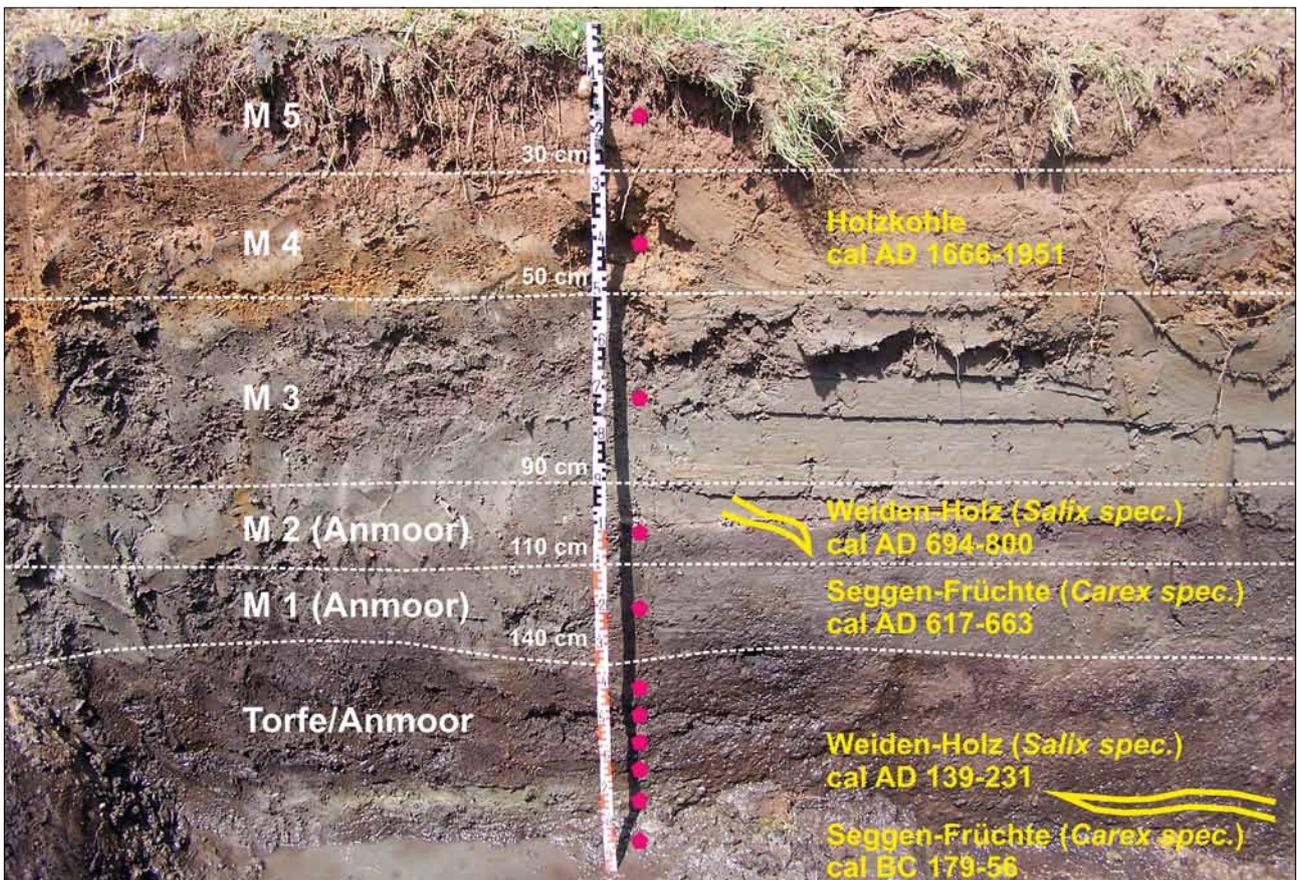


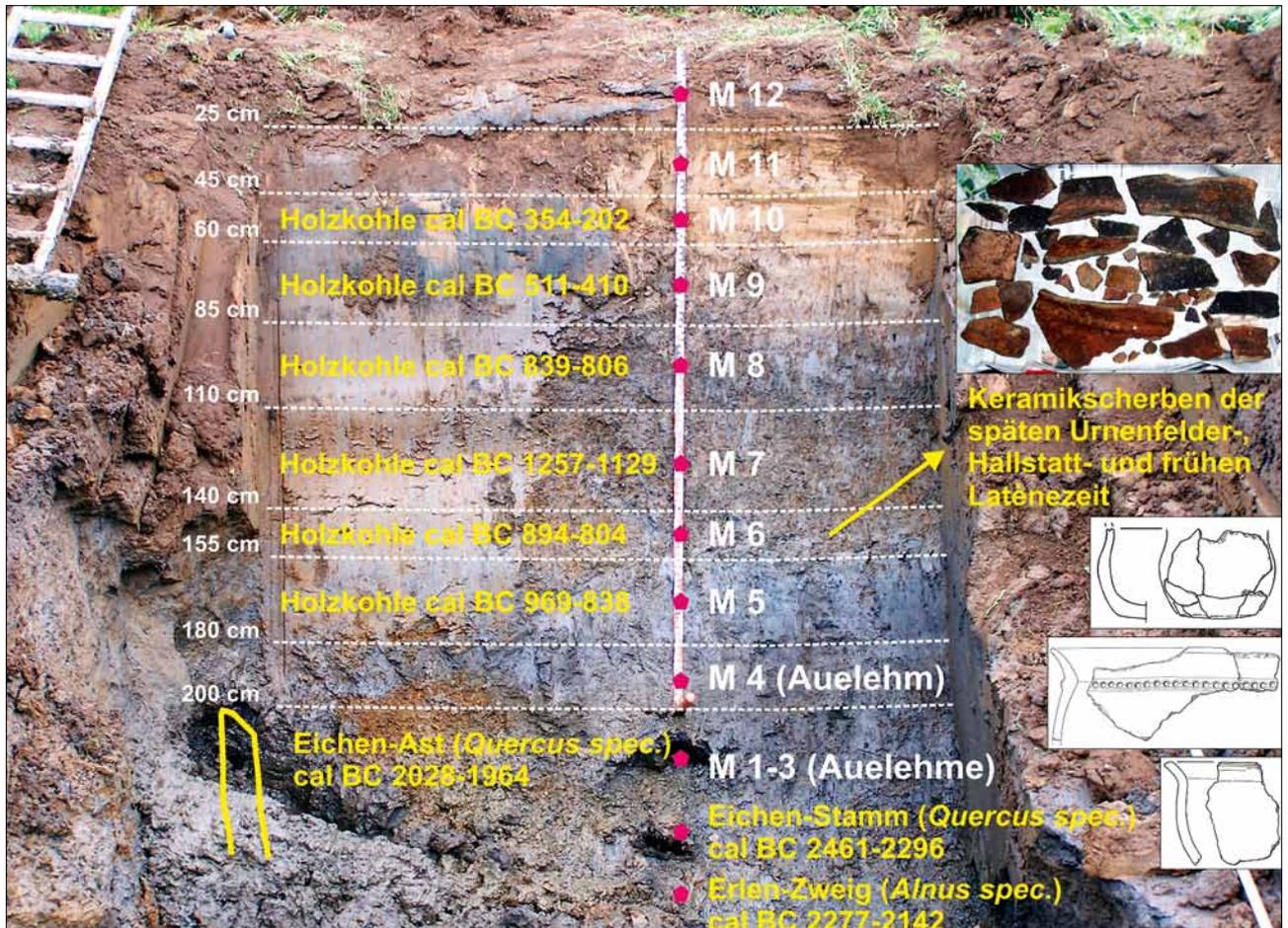
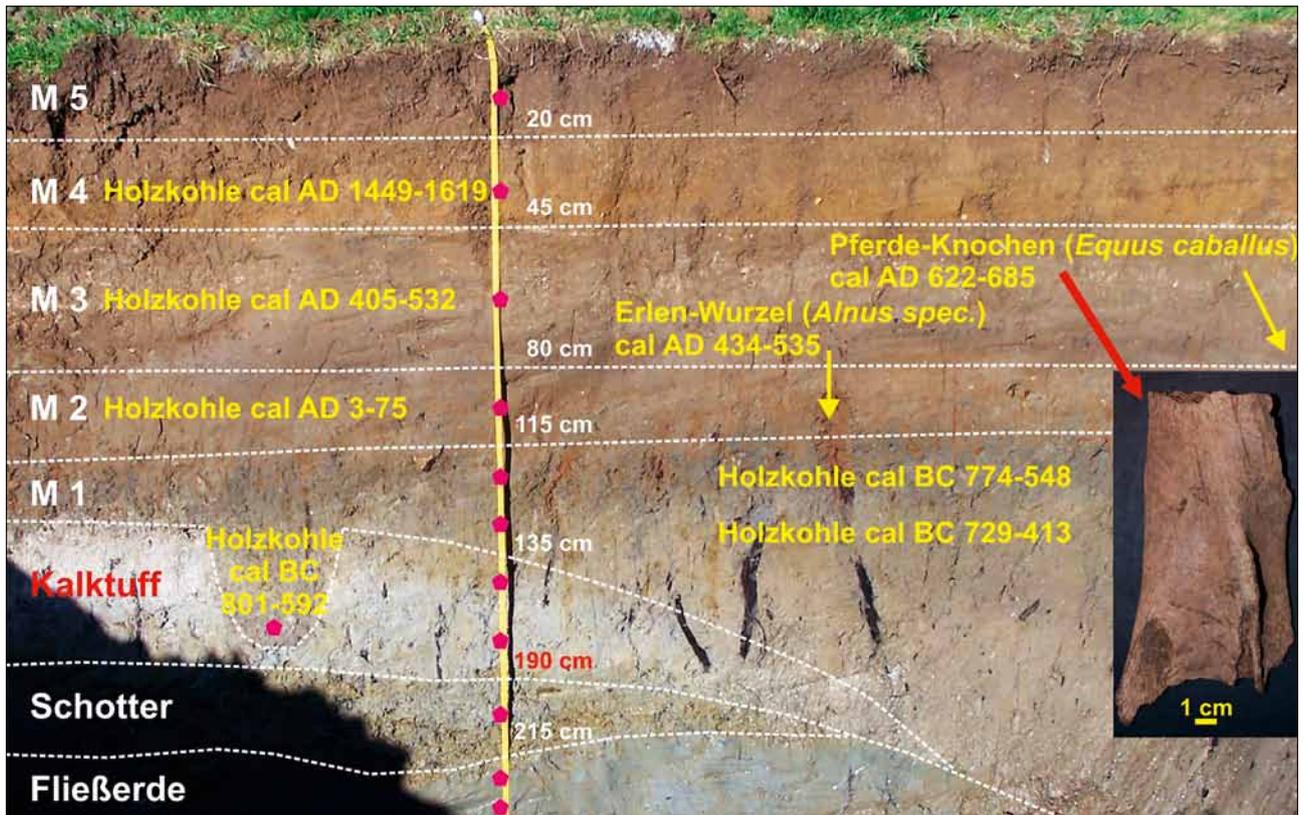
Abb. 7 (links) Im vorderen, südlicheren Teil des Baggerschnitts 1 (BS1) im Goldbachtal wurde ein mächtiger Eichenstamm ergraben, der dendrochronologisch datiert werden konnte; weiter hinten kamen von Kolluvien bedeckte, dunkel gefärbte Anmoor- und Torfhorizonte zum Vorschein.

Abb. 8 (unten) Im nördlichen Teil des Baggerschurfs 1 (BS1) im Goldbachtal gliedert sich der Profilaufbau in Anmoor- und Torfschichten im unteren Abschnitt und darüber folgend in kolluviale Horizonte. Wiedergegeben sind die Stellen der Probenahme (rot) sowie die Ergebnisse der ¹⁴C-Datierungen (gelb). Anhand einer Makrorestanalyse und ¹⁴C-(AMS)-Datierungen kann hier die Landschaftsentwicklung von der Spätlatènezeit bis heute nachvollzogen werden (vgl. Abb. 11).

Abb. 9 (rechte Seite oben) Im Profil des Baggerschnitts 3 (BS3) am Oberlauf des Grundbachtals lässt sich an Hand zahlreicher *in situ* erhaltener Erlenwurzeln eine frühalemannische Auewaldbedeckung rekonstruieren. Ihre Obergrenze ist nicht mit einer damaligen Landoberfläche gleichzusetzen, sondern kennzeichnet den Stand des Grundwassers, unter dessen reduzierenden Bedingungen das Holz bis heute erhalten blieb. Die Wurzeln durchziehen ältere Kalktuffschichten sowie Auelehme und Kolluvien, die sehr wahrscheinlich in frühkeltische und römische Zeit datieren. Noch nicht geklärt werden konnte die Herkunft einer grabchenartigen Struktur, die in diese Sedimente eingetieft war.

Abb. 10 (rechte Seite unten) Im Bereich des Baggerschurfs 4 (BS4) am Mittellauf des Grundbachs wurden erstmals während der Frühen Bronzezeit Auelehme akkumuliert. Noch deutlichere Hinweise auf vorgeschichtliche menschliche Besiedlung und Bodenerosion in der Umgebung fanden sich in einer Tiefe von 155 bis 140 cm GOK, wo neben verkohlten Getreide- und Holzresten sowie Knochen- und Zahnsplintern eine Ansammlung teils größerer, grob gemageter Keramikscherben entdeckt wurde, die vermutlich schwerpunktmäßig aus der späten Urnenfelder- bis frühen Hallstattzeit stammen.





Probennummer	Labornummer	Material	Fundschicht(en)	Tiefe (cm GOK)	$\delta^{13}\text{C}$	konv. ^{14}C -Alter BP	^{14}C -Alter (cal. 1 σ)
BS1-02	Hd 28638, ETH 38196	Holzkohle	M4	30–50	-16,9	185±21	cal AD 1666–1951
BS1-04	Hd 25778	Holz (<i>Salix spec.</i>)	M2 (Anmoor)	90–110	-27,9	1243±17	cal AD 694–800
BS1-05	Hd 27178, LuS 50550	Früchte (<i>Carex spec.</i>)	M1 (Anmoor)	110–140	-26,0	1393±40	cal AD 617–663
BS1-06	Hd 25779	Holz (<i>Salix spec.</i>)	Torf	205	-27,8	1822±20	cal AD 139–231
BS1-08	Hd 27314, LuS 50551	Früchte (<i>Carex spec.</i>)	Anmoor	225–230	-27,5	2106±41	cal BC 179–56
BS1-I	Erl 10029	Holz (<i>Quercus spec.</i>)	Torf	150	-	1586±39	cal AD 427–466 cal AD 480–534
BS3-02	Hd 25984, LuS 50244	Holzkohle	M4	20–45	-	379±37	cal AD 1449–1619
BS3-03	Hd 25631, LuS 50156	Holzkohle	M3	45–80	-	1614±34	cal AD 405–532
BS3-04	Hd 25632, LuS 50157	Holzkohle	M2	80–115	-	1960±34	cal AD 3–75
BS3-05	Hd 25633, LuS 50158	Holzkohle	M1	115–135	-	2513±41	cal BC 774–548
BS3-06	Hd 25634, LuS 50159	Holzkohle	M1	135–190	-	2439±34	cal BC 729–413
BS3-G	Hd 26004, LuS 50245	Holzkohle	Gräbchen	135–180	-	2558±45	cal BC 801–592
BS3-I	Hd 25612	Holz (<i>Alnus spec.</i>)	M1 bis M3	> 115	-30,1	1576±23	cal AD 434–535
BS3-II	Hd 25563	Knochen (<i>Equus caballus</i>)	M3	90	-24,4	1401±31	cal AD 622–658
BS4-03	Hd 28661, ETH 38192	Holzkohle	M10	45–60	-39,0	2193±23	cal BC 354–202
BS4-04	Hd 28662, ETH 38193	Holzkohle	M9	60–85	-14,4	2416±22	cal BC 511–410
BS4-05	Hd 28663, ETH 38194	Holzkohle	M8	85–110	-24,5	2680±23	cal BC 839–806
BS4-06	Hd 28631, ETH 38195	Holzkohle	M7	110–140	-32,7	2962±28	cal BC 1257–1129
BS4-07	Hd 27101, LuS 50529	Holzkohle	M6	140–155	-23,9	2684±43	cal BC 894–804
BS4-08	Hd 27325, LuS 50556	Holzkohle	M5	155–180	-21,3	2757±43	cal BC 969–838
BS4-10	Erl 11638	Holz (<i>Quercus spec.</i>)	M3	205–220	-	3880±57	cal BC 2461–2296
BS4-13	Hd 26470	Holz (<i>Alnus spec.</i>)	Fließerde/M1	270	-29,1	3777±26	cal BC 2277–2142
BS4-I	Hd 27530	Holz (<i>Quercus spec.</i>)	M1 bis M4	> 180	-27,0	3635±22	cal BC 2028–1964

Tab. 4 Ergebnisse der ^{14}C -(AMS)-Datierungen und $\delta^{13}\text{C}$ -Werte der aus den Grabungsschnitten geborgenen Makroreste (kalibriert mit INTCAL04 und CALIB5 (Reimer u. a. 2004)).

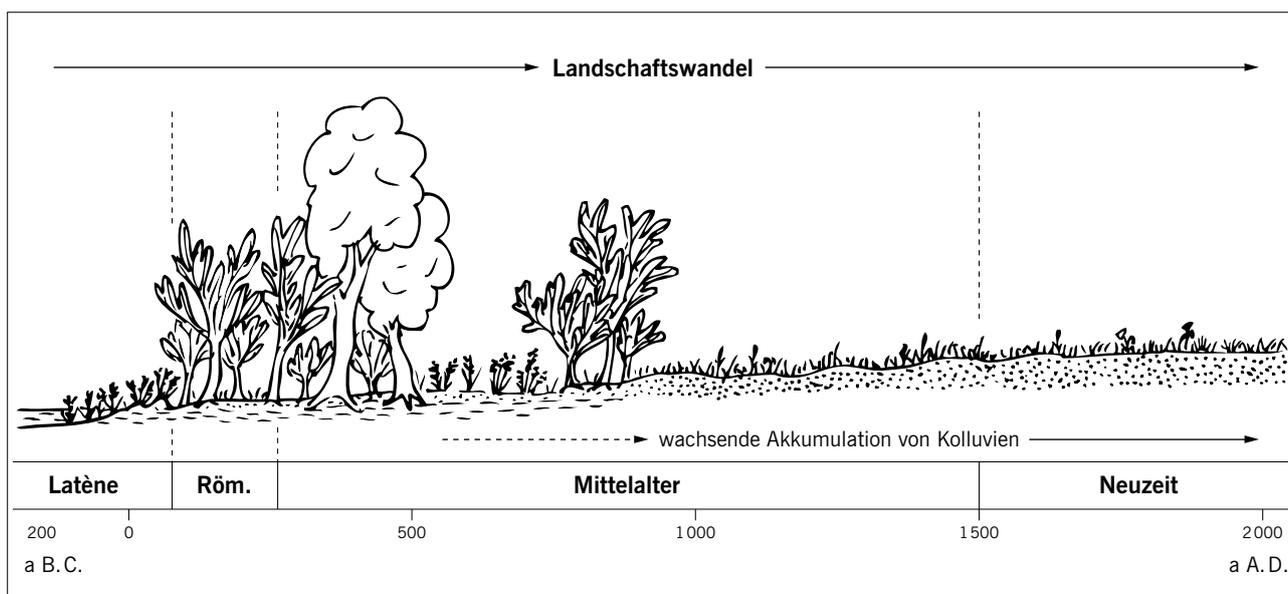


Abb. 11 Rekonstruktion der Landschaftsveränderungen im untersuchten Abschnitt des Goldbachtals ab dem Ende der Spätlatènezeit (Erläuterungen s. Text 4.3, BS1).

Tab. 4). Demnach existierte hier in der Latènezeit ein offenes flaches, stehendes oder langsam fließendes Gewässer, dessen Ufer von einem Seggenried umwuchert war (BS1-08). Es könnte sich um eine abgeschnürte Bachschlinge gehandelt haben, die nur noch schwach durchströmt wurde und nach und nach verlandete. In der Nähe wuchsen außerdem Erlen und Weiden. Kulturzeiger unter den ausgelesenen Pflanzen- und Insektenresten lassen auf eine damalige Anbaunutzung und Viehhaltung in der Umgebung schließen. In der Folge verlandete der Bereich jedoch und eine natürliche Sukzession wurde eingeleitet. Ab der späten Römerzeit bis ins Frühmittelalter entwickelte sich ein Wald mit feuchtetoleranten Gehölzen wie Erlen, Haseln, Eichen und hauptsächlich Weiden (BS1-06; BS1-I). Vermutlich noch Ende des 6. Jh. n. Chr. fand aber erneut eine Aufflichtung des Standorts statt, die wiederum mit der Ausbreitung eines Seggenrieds verbunden war (BS1-05). Zur gleichen Zeit weisen höhere mineralische Anteile sowie zahlreiche Ackerunkraut-, Ruderal- und Magerrasenarten in den Ablagerungen auf eine verstärkte Bodenerosion durch landwirtschaftliche Nutzung in der Umgebung hin (M1–M2). Nach einem kurzen erneuten Aufkommen eines Weidengebüschs im 8. Jh. n. Chr. führte die Sedimentation weiterer Kolluvien zu einem vollständigen Trockenfallen der Aue bis heute (M3–M5; BS1-04; BS1-02).

Am Oberlauf des Grundbachs erfolgte die Verschüttung der Tiefenlinie durch Kolluvien, die jedoch bis heute immer wieder durch alluviale Einträge beeinflusst wurden. Trotz der insgesamt weniger guten Erhaltung organischer Makroreste als im Goldbachtal liefern auch hier botanische und zoologische Bestimmungen wichtige Informationen zur Rekonstruktion der Umweltgeschichte des Standorts und seiner Umgebung (Abb. 9; Tab. 4). Etwas schwieriger ist allerdings die zeitliche Einordnung verschiedener Erosions- bzw. Sedimentationsphasen mit Hilfe der ^{14}C -(AMS)-Datierungen an Holzkohleflittern, Holz und Knochen aus dem Profil. Da es sich dabei um verlagerte Materialien han-

delt, liefern ihre jeweiligen Radiokohlenstoffdaten lediglich Maximalalter für den Akkumulationszeitpunkt des umgebenden Substrats. An diesem Standort erscheint es jedoch plausibel, dass erste Kolluvien bereits – mit den ^{14}C -(AMS)-Ergebnissen übereinstimmend – während der frühkeltischen Epoche sedimentiert worden sind; denn dies entspräche der Besiedlungsphase des Rechteckhofs am Oberhang, in dessen Umgebung eine intensive landwirtschaftliche Nutzung zu erwarten ist (M1; BS3-06; BS3-05; BS3-G). Ähnliches kann für die Römische Kaiserzeit angenommen werden, als die *villa rustica* am Nordhang des Geländerückens bewohnt war (M2; BS3-04). Den Bestimmungen an den *in situ* eingebetteten Wurzelhölzern zu Folge muss jedoch spätestens zum Ende der Völkerwanderungszeit vorübergehend ein Baum- und Gebüschbestand mit Erlen, Weiden und Haseln aufgekommen sein (BS3-I), auf den aber nach Rodung oder Brand wohl schon kurz darauf erneut eine Ablagerungsphase folgte (M3; BS3-03; BS3-II). Von einer starken Bodenerosion darf mindestens seit dem Spätmittelalter ausgegangen werden, so dass die Tiefenlinie bis heute um insgesamt mehr als 200 cm verfüllt wurde (M4–M5; BS3-02).

Bis in die Frühbronzezeit kann die Landschaftsgeschichte am Mittellauf des Grundbachs nachvollzogen werden, als erstmals mächtige Auelehme angeschwemmt wurden (M1–M4; Abb. 10; Tab. 4, BS4-10; BS4-13; BS4-I). Wie die Analyse der mit angespülten Hölzer ergab, standen damals in der Nähe Laubwälder mit Buche, Eiche, Ahorn, Esche, Hasel, Erle, Weide und Pappel. Danach sind bis heute rund 180 cm Kolluvien sedimentiert worden (M5–M12). Sehr deutliche Hinweise auf vorgeschichtliche menschliche Besiedlung in der Umgebung erbrachte neben den verkohlten Getreide- und Holzresten sowie Knochen- und Zahnsplintern die Ansammlung von Keramikscherben zwischen 155 cm und 140 cm GOK (M6), die nach archäologischer Einstufung schwerpunktmäßig aus der Urnenfelderzeit (Ha B) stammen, wobei eventuell noch jüngere Splitter bis zur frü-

hen Latènezeit enthalten sein könnten. Wie und wann es gegebenenfalls zur Vermischung und Akkumulation von Funden über einen derart langen Zeitraum kam, konnte noch nicht geklärt werden. Zwei ¹⁴C-(AMS)-Datierungen an Holzkohlen aus M5 und M6 erbrachten späturnenfelderzeitliche Ergebnisse (BS4-08; BS4-07). Trotzdem sollte vorläufig die jüngste, frühlatènezeitliche Einordnung der Keramik als *terminus post quem* angenommen werden. Auch die Radiokohlenstoffdatierungen der darüber folgenden Horizonte (M7–M10) lieferten bislang keine Anhaltspunkte für jüngere Ablagerungs- bzw. Erosionsphasen (BS4-06; BS4-05; BS4-04; BS4-03). Gegenwärtig werden jedoch an diesem Profil von Dr. Annette Kadereit an der Heidelberger Akademie der Wissenschaften ergänzend OSL-Altersbestimmungen durchgeführt, die genauere Erkenntnisse über das Abtragungsgeschehen erwarten lassen.

5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Insgesamt erbrachten die im Rahmen der hier vorgestellten Studie durchgeführten Gelände- und Laborarbeiten sehr gute Voraussetzungen zur Rekonstruktion holozäner Umweltbedingungen. Insbesondere der Einsatz geoelektrischer Messungen zur Erkundung des oberflächennahen Untergrunds erwies sich als äußerst effizient, um geeignete Geoarchive für die Entnahme von Boden- und Sedimentproben zu lokalisieren. So war es in den untersuchten Tälchen trotz einer insgesamt geringen Variationsbreite der spezifischen elektrischen Widerstandswerte möglich, holozäne Ablagerungen von darunter folgenden geologischen oder solifluidalen Substraten zu unterscheiden. Dadurch konnten Standorte mit besonders mächtigen Verfüllungen und damit zu erwartendem hohem zeitlichen Auflösungsvermögen zeitsparend und mit relativ geringem Aufwand ausgemacht werden. Gerade im Goldbachtal, wo zwei heute im Gelände nicht mehr erkennbare Tiefenlinien im einstigen Relief rekonstruierbar waren, wäre ein Auffinden der mächtigsten Akkumulationen allein mit Hilfe von Bohrungen nur sehr schwer oder gar nicht denkbar gewesen. Dagegen zeigen die geoelektrischen Messungen im Grundbachtal auch beispielhaft die Schwierigkeit der Methode auf, wenn die spezifischen elektrischen Widerstandswerte der unterschiedlichen Substrate nicht signifikant von einander abweichen. Anders als im Goldbachtal weisen die holozänen kolluvialen und alluvialen Sedimente hier höhere spezifische Widerstandswerte auf als die älteren Schichten darunter.

Generell unterliegen die Messwerte für unterschiedliche Gesteine und Böden zum Teil sehr großen Schwankungen, so dass sich aus ihnen allein häufig keine direkten Bestim-

mungen von Gesteins- und Sedimenttypen ableiten lassen (vgl. Greinwald/Thierbach 1997). Hierzu sind neben der Auswertung von vorhandenen bodenkundlichen und geologischen Karten insbesondere zusätzliche Rammkernsondagen hilfreich. Gerade durch die Kombination verschiedener Prospektionsmethoden können jedoch in nahezu optimaler Weise Kolluvien, Auelehme und subfossile organische Horizonte ermittelt und analysiert werden. Die gewählte Untersuchungsabfolge – geoelektrische Messungen, Kernbohrungen, Baggerschürfe – stellte sich daher für die bezweckten geoarchäologischen Forschungen als ideale Vorgehensweise heraus.

Nur ein kurzer Einblick kann bislang in die Auswertung und Interpretation der erkundeten Bodenprofile gegeben werden, der aber ihre Brauchbarkeit als Geoarchive zur Rekonstruktion der vom Menschen beeinflussten Landschaftsentwicklung in jedem Fall bereits bestätigt. Schon jetzt zeichnen sich darin Nutzungsphasen ab – etwa zur Bronzezeit oder im Frühmittelalter –, die auf dem Gelände Rücken (noch) nicht unmittelbar durch Siedlungsbefunde belegt sind. Im Untersuchungsgebiet werden jedoch erst weitere sedimentologische und archäobiologische Analysen, Radiokohlenstoff- sowie OSL-Datierungen noch genauere Erkenntnisse über die Art und Intensität der anthropogenen Umwelteingriffe zu unterschiedlichen Zeiten liefern. Eine vorläufige Synthese der bisherigen Ergebnisse ist in Mailänder u. a. (2010) zu finden.

6 Dank

Für die Bestimmung der botanischen und zoologischen Makroreste danken wir Michael Dilger, Dipl.-Biol. Elske Fischer, Jessica Fischer, David Hauth, Dr. Christoph Herbig, Dr. Ursula Maier, Dr. Hans Christof Mailänder, Dr. Renate Matzke-Karasz, Dr. Martin Nebel, Dipl.-Geol. Hans-Jörg Niederhöfer, Dr. Wolfgang Rähle, Dr. Kristine Schatz, Dipl.-Biol. Edith Schmidt, Dr. Hans-Peter Stika und Dr. Reinhard Ziegler. Des weiteren gilt unser Dank Dr. André Billamboz, Prof. Dr. Achim Bräuning, Dr. Annette Kadereit und Dr. Bernd Kromer für die dendrochronologischen Altersbestimmungen sowie die OSL- und Radiokohlenstoff-Datierungen – ebenso unseren Fachkollegen, den Mitwirkenden anderer Teilprojekte des Schwerpunktprogramms, unseren studentischen Hilfskräften und allen weiteren freiwilligen Helfern für die Unterstützung bei den Feld- und Laborarbeiten sowie für konstruktive Diskussionen. Bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) sowie der Stiftung der Kreis Sparkasse Ostalb bedanken wir uns für die finanzielle Förderung des Vorhabens.

- Bork 2006**
H.-R. Bork (Hrsg.), Landschaften der Erde unter dem Einfluss des Menschen (Darmstadt 2006).
- Bork u. a. 1998**
H.-R. Bork/H. Bork/C. Dalchow/B. Faust/H.-P. Piorr/T. Schatz, Landschaftsentwicklung in Mitteleuropa. Wirkungen des Menschen auf Landschaften (Gotha 1998).
- Brückner 2007**
H. Brückner, Holozäne Umweltrekonstruktion und Geoarchäologie. In: Deutscher Arbeitskreis für Geomorphologie (Hrsg.), Die Erdoberfläche – Lebens- und Gestaltungsraum des Menschen. Forschungsstrategische und programmatische Leitlinien zukünftiger geomorphologischer Forschung und Lehre. Zeitschr. Geomorphologie N. F. Suppl. 148, 2007, 55–58.
- Brückner/Vött 2008**
H. Brückner/A. Vött, Geoarchäologie – eine interdisziplinäre Wissenschaft par excellence. In: E. Kulke/H. Popp (Hrsg.), Umgang mit Risiken. Katastrophen – Destabilisierung – Sicherheit. Tagungsband Deutscher Geographentag 2007 Bayreuth (Bayreuth, Berlin 2007) 181–202.
- Cardarelli/Di Filippo 2009**
E. Cardarelli/G. Di Filippo, Integrated geophysical methods for the characterisation of an archaeological site (Massenzio Basilica – Roman forum, Rome, Italy). Journal of Applied Geophysics 68,4, 2009, 508–521.
- Dotterweich 2008**
M. Dotterweich, The history of soil erosion and fluvial deposits in small catchments of Central Europe: deciphering the long term interaction between human and the environment – a review. Geomorphology 101, 2008, 192–208.
- Dreibrodt u. a. 2009**
S. Dreibrodt/O. Nelle/I. Luetjens/A. Mitusov/I. Clausen/H.-R. Bork, Investigations on buried soils and colluvial layers around Bronze Age burial mounds at Bornhöved (Northern Germany) – An approach to test the hypothesis of »landscape openness« by the incidence of colluviation. The Holocene 19,3, 2009, 481–491.
- DWD 1953**
Deutscher Wetterdienst (Hrsg.), Klimaatlas von Baden-Württemberg. 75 Karten, 9 Diagramme und Erläuterungen (Bad Kissingen 1953).
- DWD 1979**
Deutscher Wetterdienst (Hrsg.), Das Klima der Bundesrepublik Deutschland. Lieferung 1: Mittlere Niederschlagshöhen für Monate und Jahr. Lieferung 3: Mittlere Lufttemperaturen für Monate und Jahr. Zeitraum 1931–1960 (Offenbach am Main 1979).
- DWD 2006**
Deutscher Wetterdienst (Hrsg.), Mittelwerte der Periode 1961–1990: Niederschlag, Sonnenscheindauer, Temperatur. (online verfügbar unter URL http://www.dwd.de/de/Funde/Klima/KLIS/daten/online/nat/index_mittelwerte.htm) (Abruf: 25. 5. 2006).
- Eberle u. a. 2007**
J. Eberle/B. Eitel/W. D. Blümel/P. Wittmann, Deutschlands Süden vom Erdmittelalter zur Gegenwart (Heidelberg 2007).
- Fuchs u. a. 2004**
M. Fuchs/A. Lang/G. A. Wagner, The History of Holocene soil erosion in the Phlious Basin, NE-Peloponnese, Greece, provided by optical dating. The Holocene 14, 2004, 334–345.
- Fuchs/Zöller 2006**
M. Fuchs/L. Zöller, Geoarchäologie aus geomorphologischer Sicht – Eine konzeptionelle Betrachtung. Erdkunde 60, 2006, 139–146.
- Fuhrmann u. a. 2005**
K. Fuhrmann/R. Krause/H. von der Osten-Woldenburg, Ein zweiter Rechteckhof am frühkeltischen Fürstensitz auf dem Ipff bei Osterholz, Gde. Kirchheim am Ries, Ostalbkreis. Arch. Ausgr. Baden-Württemberg 2004 (2005) 91–97.
- Greinwald/Thierbach 1997**
S. Greinwald/R. Thierbach, Elektrische Eigenschaften der Gesteine. In: M. Beblo (Hrsg.), Umweltgeophysik (Berlin 1997) 89–96.
- Hecht 2007**
S. Hecht, Sedimenttomographie für die Archäologie – Geoelektrische und refraktionsseismische Erkundungen für on-site und off-site studies. In: G. A. Wagner (Hrsg.), Einführung in die Archäometrie (Heidelberg 2007) 95–112.
- Hecht 2009**
S. Hecht, Viewing the subsurface in 3D: Sediment tomography for (Geo-)Archaeological prospection in Palpa, Southern Peru. In: M. Reindel/G. A. Wagner (Hrsg.), New Technologies for Archaeology. Multidisciplinary Investigations in Palpa and Nasca, Peru. Natural Science in Archaeology (Berlin, Heidelberg 2009) 87–102.
- Hecht/Fassbinder 2006**
S. Hecht/J. Fassbinder, Der Blick in den Untergrund: Magnetometrie und Geoelektrische Tomographie in der Geoarchäologie. Geographische Rundschau 58,4, 2006, 38–45.
- Hecht u. a. im Druck**
S. Hecht/B. Eitel/G. Schukraft/K. Herrmann, Erkundung der Kladeos-Mauer im antiken Olympia mit Hilfe geoelektrischer Tomographien (2D/3D) – vorläufige Ergebnisse – (Messkampagne vom 07.03.–12.03.2005). In: Deutsches Archäologisches Institut (Hrsg.), Berichte über die Ausgrabungen in Olympia 13 im Druck.
- Hildebrand 2004**
B. Hildebrand, Der Ostalbkreis in der Vor- und Frühgeschichte. In: K. Pavel (Hrsg.), Der Ostalbkreis (Aalen 2004) 190–209.
- Houben u. a. 2009**
P. Houben/J. Wunderlich/L. Schrott, Climate and long-term human impact on sediment fluxes in watershed systems. Special issue, Geomorphology 108, 2009, 1–7.
- Kalis u. a. 2003**
A. J. Kalis/J. Merkt/J. Wunderlich, Environmental changes during the Holocene climatic optimum in central Europe – human impact and natural causes. Quaternary Scien. Rev. 22, 2003, 33–79.
- Krause 2005**
R. Krause, Archäologische Sondagen und Prospektionen auf dem Ipff bei Bopfingen, Ostalbkreis. Arch. Ausgr. Baden-Württemberg 2004 (2005) 97–102.
- Krause/Fuhrmann 2005**
R. Krause/K. Fuhrmann, Archäologische Sondagen und Prospektionen auf dem Ipff bei Bopfingen und ein zweiter späthallstattzeitlicher Rechteckhof bei Kirchheim-Osterholz, Ostalbkreis. Frühe Zentralisierungs- und Urbanisierungsprozesse nördlich der Alpen. Kolloquien und Arbeitsberichte des SPP 1171. (Online verfügbar unter URL <http://w210.ub.uni-tuebingen.de/dbt/volltexte/2005/2077/pdf/Ipff.pdf>).
- Krause u. a. 2008**
R. Krause/D. Euler/K. Fuhrmann, Der frühkeltische Fürstensitz auf dem Ipff bei Bopfingen im Nördlinger Ries (Ostalbkreis, Baden-Württemberg). Neue Forschungen zur Burg und deren Siedlungsumfeld. In: D. L. Krause (Hrsg.), Frühe Zentralisierungs- und Urbanisierungsprozesse. Zur Genese und Entwicklung frühkeltischer Fürstensitze und ihres territorialen Umlandes. Kolloquium DFG-Schwerpunktprogramm 1171 in Blaubeuren 09.–11. Oktober 2006. Forsch. u. Ber. Vor- u. Frühgesch. Baden-Württemberg 101, 2008, 249–279.
- Krause u. a. 2010**
R. Krause/A. Stobbe/D. Euler/K. Fuhrmann, Zur Genese und Entwicklung des frühkeltischen Fürstensitzes auf dem Ipff bei Bopfingen (Ostalbkreis, Baden-Württemberg) und seines territorialen Umlandes im Nördlinger Ries. In: D. L. Krause (Hrsg.), »Fürstensitze« und Zentralorte der frühen Kelten. Abschlusskolloquium des DFG-Schwerpunktprogramms 1171 in Stuttgart 12.–15. Oktober 2009. Forsch. u. Ber. Vor- u. Frühgesch. Baden-Württemberg 120/1, 2010, 169–208.
- Krause 2004**
D. L. Krause, Frühkeltische Fürstensitze. Ein neues Schwerpunktprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft am Landesdenkmalamt Baden-Württemberg. Denkmalpfl. Baden-Württemberg 33,4, 2004, 237–245.
- KSTB 1872**
Königliches statistisch-topographisches Bureau (Hrsg.), Beschreibung des Oberamts Neresheim (Stuttgart 1872).
- Lang/Hönscheidt 1999**
A. Lang/S. Hönscheidt, Age and source of colluvial sediments at Vaihingen-Enz, Germany. Catena 38, 1999, 89–107.
- Lange 2005**
G. Lange, Gleichstromgeoelektrik. In: K. Knödel/H. Krummel/G. Lange (Hrsg.), Handbuch zur Erkundung des Untergrundes von Deponien und Altlasten 3: Geophysik (Berlin, Heidelberg 2005) 128–173.
- Leopold/Völkel 2006**
M. Leopold/J. Völkel, The Celtic Rampart of the Oppidum at Manching. An Example for a multi-methodological interaction of Soil Science and Archaeology in Southern Germany. Geophysical applications in geomorphology. Zeitschr. Geomorphologie N. F. Suppl. 142, 2006, 135–148.
- Leopold/Völkel 2007**
M. Leopold/J. Völkel, Reconstruction of the palaeoenvironment and the old cultural surface of a Bronze Age Settlement – An example for a multi-methodological interaction of Soil Science and Archaeology in Southern Germany. Geodynamica Acta 20,4, 2007, 257–265.
- Maier/Vogt 2007**
U. Maier/R. Vogt, Pedologisch-moorkundliche Untersuchungen zur Landschafts- und Besiedlungsgeschichte des Federseegebietes. Stuttgarter Geographische Studien 138, 2007, 1–301.
- Mailänder u. a. 2008**
S. Mailänder/W. D. Blümel/J. Eberle, Paläoumweltbedingungen und anthropogene Landoberflächenveränderungen im Umfeld des frühkeltischen Fürstensitzes auf dem Ipff am Westrand des Nördlinger Rieses: Erste Gelände-

debefunde und Auswertungen 2005/2006. In: D.L. Krause (Hrsg.), Frühe Zentralisierungs- und Urbanisierungsprozesse. Zur Genese und Entwicklung frühkeltischer Fürstentümer und ihres territorialen Umlandes. Kolloquium DFG-Schwerpunktprogramm 1171 in Blaubauern 09.–11. Oktober 2006. Forsch. u. Ber. Vor- u. Frühgesch. Baden-Württemberg 101, 2008, 281–298.

Mailänder u. a. 2010

S. Mailänder/W. D. Blümel/J. Eberle, Kolluvien, Auelehme und (An)moore im Umfeld des frühkeltischen Fürstentums auf dem Ipf – Ein Beitrag zur Geoarchäologie und Landschaftsgeschichte am Westrand des Nördlinger Rieses. In: D.L. Krause (Hrsg.), »Fürstentümer und Zentralorte der frühen Kelten. Abschlusskolloquium des DFG-Schwerpunktprogramms 1171 in Stuttgart 12.–15. Oktober 2009. Forsch. u. Ber. Vor- u. Frühgesch. Baden-Württemberg 120/2, 2010, 267–290.

Negri/Leucci 2006

S. Negri/G. Leucci, Geophysical investigation of the Temple of Apollo (Hierapolis, Turkey). *Journal Arch. Scien.* 33, 11, 2006, 1505–1513.

Papadopoulos u. a. 2006

N. G. Papadopoulos/P. Tsourlos/G. N. Tsokas/A. Sarris, Two-dimensional and three-dimen-

sional resistivity imaging in archaeological site investigation. *Arch. Propection* 13, 3, 2006, 163–181.

Reimer u. a. 2004

P. J. Reimer/M. G. L. Baillie/E. Bard/A. Bayliss/J. W. Beck/C. J. H. Bertrand/P. G. Blackwell/C. E. Buck/G. S. Burr/K. B. Cutler/P. E. Damon/R. L. Edwards/R. G. Fairbanks/M. Friedrich/T. P. Guilderson/A. G. Hogg/C. Herring/K. A. Hughen/B. Kromer/G. McCormac/S. Manning/C. B. Ramsey/R. W. Reimer/S. Remmele/J. R. Southon/M. Stuiver/S. Talamo/F. W. Taylor/J. van der Plicht/C. E. Weyhenmeyer, IntCal04 Terrestrial radiocarbon age calibration, 0–26 cal kyr BP. *Radiocarbon* 46, 3, 2004, 1029–1058.

Schrott u. a. 2003

L. Schrott/A. Hördt/R. Dikau (Hrsg.), Geophysical applications in geomorphology. *Zeitschr. Geomorphologie N. F. Suppl.* 132, 2003, 1–190.

Schrott/Sass 2008

L. Schrott/O. Sass, Application of field geophysics in geomorphology: Advances and limitations exemplified by case studies. *Geomorphology* 93, 2008, 55–73.

Siart u. a. 2010

C. Siart/S. Hecht/I. Holzhauer/R. Altherr/H. P. Meyer/G. Schukraft/B. Eitel/O. Bubbenzer/

D. Panagiotopoulos, Karst depressions as geoarchaeological archives: The palaeoenvironmental reconstruction of Zominthos (Central Crete), based on geophysical prospecting, sedimentological investigations and GIS. *Quaternary Internat.* 216, 1–2, 2010, 75–92.

Ullrich u. a. 2007

B. Ullrich/C. Meyer/A. Weller, Geoelektrik und Georadar in der archäologischen Forschung: geophysikalische 3D-Untersuchungen in Munigua (Spanien). In: G. A. Wagner (Hrsg.), Einführung in die Archäometrie (Heidelberg 2007) 75–93.

Wunderlich 1998

J. Wunderlich, Paläoökologische Untersuchungen zur spätglazialen und holozänen Entwicklung im Bereich der Hessischen Senke – ein Beitrag zur internationalen Global Change-Forschung (Habilitationsschrift Marburg/Lahn 1989).

Zolitschka u. a. 2003

B. Zolitschka/K.-E. Behre/J. Schneider, Human and climatic impact on the environment as derived from colluvial, fluvial and lacustrine archives – examples from the Bronze Age to the Migration period, Germany. *Quaternary Scien. Rev.* 22, 2003, 81–100.

Abbildungsnachweis

1–3 S. Mailänder
4–6 S. Hecht
7–11 S. Mailänder
Tab. 1–4 S. Mailänder

Anschriften

Prof. Dr. Wolf Dieter Blümel
Harzbergstr. 3
D-71679 Asperg
bluemel@geographie.uni-stuttgart.de

Dr. Joachim Eberle
Geographisches Institut
Universität Tübingen
Rümelinstr. 19-23
D-72070 Tübingen
joachim.eberle@uni-tuebingen.de

Dr. Stefan Hecht
Geographisches Institut
Abteilung Physische Geographie
Universität Heidelberg
Im Neuenheimer Feld 348
D-69120 Heidelberg
stefan.hecht@geog.uni-heidelberg.de

Dipl.-Geogr. Sonja Mailänder
Fleischhauerstr. 34
D-70567 Stuttgart
sonja.mailaender@stud.uni-stuttgart.de