Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br., Freiburg, 114 (2024), 127–154

Landschaftsentwicklung im oberen Seebachtal (Südschwarzwald) im Spiegel neuer Forschungen: ein Exkursionsführer

Landscape evolution in the upper Seebach Valley (southern Black Forest) in the light of new research: a field guide

Felix Martin Hofmann[1] & Werner Konold[2]

[1] Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Institut für Geo- und Umweltnaturwissenschaften, Albertstr. 23b, 79104 Freiburg i. Br.
E-Mail: felix.martin.hofmann@geologie.uni-freiburg.de

[2] Alemannenhof 23, 79199 Kirchzarten
E-Mail: werner.konold@landespflege.uni-freiburg.de

Zusammenfassung

Die Glazialforschung im Seebachtal (Südschwarzwald) unweit der höchsten Erhebung des Schwarzwaldes, des Feldbergs (1.493 m ü. Normalhöhennull), blickt auf eine fast zweihundertjährige Tradition zurück. Die Altersbestimmung von Moränen, die Gewinnung von Pollendaten und die Analyse von Sedimenten in Mooren innerhalb von Randmoränen erbrachten wertvolle Erkenntnisse zur Gletscherdynamik und Landschaftsentwicklung während des ausgehenden Spätpleistozäns. Die Resultate dieser Untersuchungen werden in diesem Exkursionsführer vorgestellt. Der Mensch übte in den letzten Jahrhunderten einen wesentlichen Einfluss auf die Landschaftsentwicklung aus, insbesondere durch Eingriffe in den Wasserhaushalt. An zahlreichen Stellen entlang der Exkursionsroute sind offenkundige und verborgene Spuren der Wasserkraftnutzung, der Wiesenbewässerung und der Flößerei erhalten geblieben.

Schlüsselwörter Schwarzwald, Glazialgeomorphologie, Seeablagerungen, Landnutzungsgeschichte, Landschaftswasserhaushalt

Summary

Research on the glaciation in the Seebach Valley (southern Black Forest) near the highest summit of the Black Forest, Feldberg (1493 m above sea-level) has been undertaken since almost two hundred years. Age determination of moraines, obtaining pollen data, and the investigation of sediments in bogs within ice-marginal moraines have provided valuable insights into glacier dynamics and the evolution of the landscape during the final phase of the Late Pleistocene. The results of these investigation are presented in this field guide. Over the last few centuries, humans have influenced the development of the landscape, especially through interventions in the water balance. Obvious and hidden traces of hydropower use, meadow irrigation, and rafting have been preserved at many places along the field trip route.

Keywords Glaciation, Pleistocene, Lateglacial, Black Forest, glacial geomorphology, lake deposits, land use history, landscape water balance, cultural landscape

1 Einleitung

Anlässlich der gemeinsamen Tagung des Oberrheinischen Geologischen Vereins und der Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau führten die Autoren am 14. September 2023 eine Tagesexkursion in das obere Seebachtal im Südschwarzwald (Abb. 1) durch. Dieses Tal befindet sich östlich der höchsten Erhebung des Südschwarzwaldes, des Feldbergs (1493 m über Normalhöhennull (NHN)). Das Ziel dieser interdisziplinären Exkursion bestand in der Vermittlung von Forschungsergebnissen zur Landschaftsentwicklung mit einem Fokus auf das ausgehende Spätpleistozän einerseits und auf die Entwicklung der Landnutzung während der letzten Jahrhunderte andererseits. Seither ist eine weiterhin rege Forschungstätigkeit zu Gletscherschwankungen zu verzeichnen, die auf zwei von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Projekte zurückgeht. Es handelt sich um die Projekte „Geometrie, Chronologie und Dynamik der letzten pleistozänen Vergletscherung des Schwarzwaldes" und „Chronologie der Vergletscherung des Südschwarzwaldes nach dem spätpleistozänen Vergletscherungsmaximum". Siehe https://www.vergletscherung-schwarzwald.de für weitere Details (letzter Zugriff: 1. August 2024).

Dieser Beitrag ergänzt den Exkursionsführer von Hofmann & Konold (2023) um die zentralen Ergebnisse neuerer wissenschaftlicher Untersuchungen. Der hier präsentierte Exkursionsführer soll nicht nur als Anregung für studentische Exkursionen dienen, sondern auch Studierenden, Geograph:innen und Vertreter:innen verwandter Fachdisziplinen sowie interessierten Laien ermöglichen, die Exkursionspunkte anzusteuern und mehr über die Landschaftsentwicklung zu erfahren.

Die Landschaftsentwicklung während der ausgehenden letzten Kaltzeit stellt den ersten Themenschwerpunkt der Exkursion dar. An vier Exkursionspunkten befinden sich Randmoränen, die sich während temporärer Stabilisierungsphasen der ehemaligen Gletscher bildeten. In diesem Beitrag werden die Ergebnisse der Kartierung von Landformen der ehemaligen Gletscher vorgestellt, die in den Jahren 2019-2021 durchgeführt wurde. Die Moränenkartierung bildete die Grundlage von Altersbestimmungen großer Blöcke auf Moränen, auf die im Folgenden ebenfalls eingegangen wird. Ferner wird von den Ergebnissen einer Rammkernsondierung berichtet, die im Jahre 2021 im Südteil des Feldseemoores durchgeführt wurde. Wenn nicht explizit anders vermerkt, beziehen sich die Zeitangaben auf die stratigraphische Tabelle von Deutschland (Deutsche Stratigraphische Kommission 2016).

Der zweite Themenschwerpunkt liegt in der Landnutzung durch den Menschen in den letzten Jahrhunderten. Das Exkursionsgebiet und seine Umgebung vermitteln auf den ersten Blick das Bild einer „naturnahen" Landschaft, die also vergleichsweise wenig von menschlichen Einflüssen geprägt ist. Dieser Eindruck verschwindet, wenn man sich intensiver mit der Landnutzungsgeschichte und vor allem auch mit den Kulturlandschaftsrelikten beschäftigt, die in großer Zahl vorhanden sind und auf verschiedene Nutzungsformen hinweisen. Bei einer studentischen Übung im Sommersemester 2013, angeboten von der Professur für Landespflege an der Universität Freiburg, wurden diese Elemente systematisch aufgenommen. Die dabei erstellten Kartenergebnisse sind teilweise Grundlage der folgenden Ausführungen (Heuchele 2013).

2 Exkursionsgebiet und Landschaftsentwicklung

Das Exkursionsgebiet (Abb. 1) befindet sich östlich der höchsten Erhebung des Schwarzwaldes, des Feldbergs, und gehört zur naturräumlichen Einheit des südlichen Hochflächenschwarzwaldes (Reichelt 1964). Die Entwässerung des Gebiets erfolgt zum Seebach (Abb. 1), eines Oberlaufs der Wutach, der westlich des Feldsees entspringt.

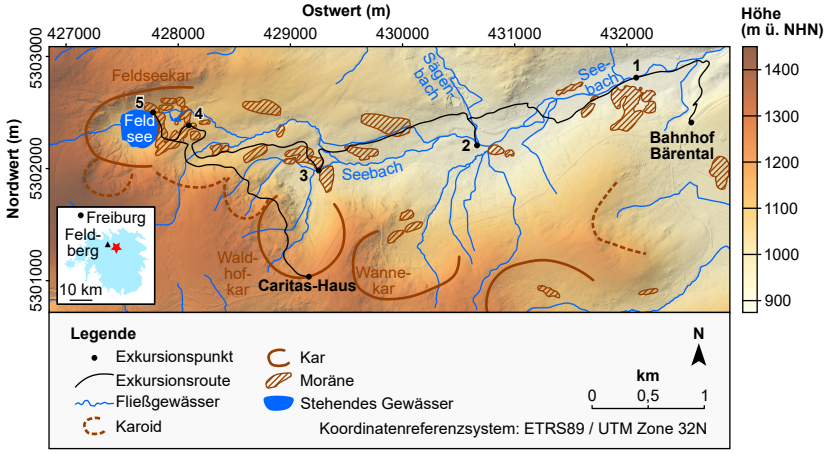


Abb. 1: Übersichtskarte mit der spätpleistozänen maximalen Eisausdehnung im Südschwarzwald (hellblau) nach Hemmerle et al. (2016) und topographische Karte des oberen Seebachtals und seiner Umgebung. Das obere Seebachtal ist in der Übersichtskarte mit einem Stern hervorgehoben. Karoide, Kare und Moränen nach Hofmann & Preusser (2025). Für Fließgewässer und stehende Gewässer siehe LUBW (2022a), beziehungsweise LUBW (2022b). Die Topographische Karte basiert auf einem digitalen Geländemodell (DGM1; räumliche Auflösung: 1 m) des Landesamts für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg (LGL; verfügbar unter https://opengeodata.lgl-bw.de/#/(sidenav:product/3), letzter Zugriff: 20. August 2024).

Fig. 1: Overview map showing the Late Pleistocene maximum ice extent (light blue polygon) according to Hemmerle et al. (2016) and topographical map of the upper Seebach Valley. The upper Seebach valley is marked with a star on the overview map. Initial cirques, cirques, and moraines after Hofmann & Preusser (2025). For watercourses and lakes, see LUBW (2022a) and LUBW (2022b), respectively. The topographical map is based on a digital terrain model (DGM1; *xy*-resolution: 1 m) of the Baden-Württemberg State Office for Geoinformation and Land Development (LGL; available at https://opengeodata.lgl-bw.de/#/(sidenav:product/3), last accessed: 20 August 2024).

2.1 Geologischer Überblick

Im Zuge der variszischen Gebirgsbildung während des späten Paläozoikums (380–290 Ma (Millionen Jahre vor heute)) erfolgte die metamorphe Überprägung älterer Gesteine und die Bildung

von Graniten (Geyer et al. 2011). Nach der Einebnung dieses Gebirges bildeten sich insbesondere während des Mesozoikums (296–66 Ma) die Sedimentgesteine des **Deckgebirges** unter terrestrischen und marinen Bedingungen auf den Gesteinen des **Grundgebirges**. Aufgrund der Absenkung des Oberrheingrabens (Beginn: 70 Ma; Ziegler 1992) und der Hebung der Grabenschultern setzte eine Phase der Abtragung ein, die aus dem stärkeren Reliefunterschied zwischen dem Schwarzwald und dem Oberrheingraben resultierte (Eberle et al. 2023). Diese sorgte dafür, dass die einst mehrere Hundert Meter mächtigen Gesteine des Deckgebirges im Südschwarzwald weitgehend abgetragen worden sind (Metz & Saurer 2012). Somit kommen im oberen Seebachtal ausschließlich die Gesteine des Grundgebirges vor. Dazu gehören Migmatite, Gneise und der rötliche Bärhaldegranit (Wimmenauer 1990).

Da das Exkursionsgebiet während des Pleistozäns (2.6 Ma bis 11.700 Jahre vor heute) zeitweise komplett vergletschert war (Abb. 1), ist Till in großen Teilen des oberen Seebachtals anzutreffen (Geologisches Landesamt Baden-Württemberg 1990). Dieses Sediment zeichnet sich durch eine fehlende Korngrößensortierung aus, das heißt, es sind alle Korngrößen bis zu großen Blöcken vertreten. Da die Sedimente überwiegend an der Basis der ehemaligen Gletscher abgelagert wurden, sind die größeren Klasten häufig gerundet (Schreiner 1990).

2.2 Flussgeschichte

Tektonik und Abtragung sind eng mit der Flussgeschichte verbunden. Metz & Saurer (2012: 21) fassten diese sehr treffend als „Widerstreit der beiden Hauptflüsse Donau und Rhein" zusammen. Durch die höheren Reliefunterschiede bildeten sich am Westabfall des Schwarzwaldes die tief eingeschnittenen und steilen **rhenanischen** Täler. Die **danubischen** Täler, also die zum ehemaligen oder aktuellen Einzugsgebiet der Donau gehörigen Täler an der Ostabdachung des Schwarzwaldes, erscheinen aufgrund des geringeren Gefälles und der weniger steilen Talhänge deutlich sanfter. Die stärkere Abtragung in den rhenanischen Tälern resultierte in einer schrittweisen Verlagerung der Wasserscheide zu Lasten der Donau. Die Wutachablenkung im letzten Hochglazial sorgte dafür, dass das Exkursionsgebiet nicht mehr zum Einzugsgebiet der Donau gehört, sondern zum Rhein entwässert (Hebestreit et al. 1993). Dennoch weist das Seebachtal noch die typische Oberflächenform eines danubischen Tals auf, die trotz späterer glazialer Abtragung erhalten geblieben ist (Metz & Saurer 2012).

2.3 Landschaftsentwicklung während des Pleistozäns

Während des Pleistozäns war der Südschwarzwald mehrfach vergletschert. In der Forschungsliteratur besteht Konsens darüber, dass die Vergletscherung im vorletzten Glazial (Alter: >126.000 Jahre vor heute) in ihrer räumlichen Ausdehnung jene des Spätpleistozäns (126.000–11.700 Jahre vor heute) übertraf (Hemmerle et al. 2016). Bisherige Arbeiten gehen davon aus, dass das Seebachtal während des Höhepunkts der letzten Vergletscherung komplett vergletschert war (Liehl 1982, Metz & Saurer 2012, Hemmerle et al. 2016).

Tabelle 1: Gletscherstände im oberen Seebachtal, geschätzte Alter der Moränen (Lang 2005) und Oberflächenexpositionsalter (Hofmann et al. 2024a).

Table 1: Ice-marginal positions in the upper Seebach Valley, presumptive ages of moraines (Lang 2005), and cosmic-ray exposure ages (Hofmann et al. 2024a).

Gletscherstand	Benannt nach	Geschätztes Alter anhand der Abfolge von Sedimenten ehemaliger Gletscherseen innerhalb von Randmoränen (Jahre vor heute)	Oberflächen-expositionsalter (Jahre vor 2010 n. u. Z.)	Referenz
Bärentalstand	Randmoränen nordwestlich von Bärental (Exkursions-punkt 1)	>17.000	-	Schreiner (1981)
Waldhofstand	Randmoränen am Ausgang des Waldhofkars (Exkursions-punkt 3)	>17.000 – 16.000	-	Schreiner (1981)
Feldseestand	Randmoränen am Ausgang des Feldseekars (Exkursionspunkte 4 & 5)	>14.000	16.100 ±600 – 14.900 ±700	Steinmann (1902)

Da die letzte Vergletscherung innerhalb der maximalen Eisausdehnung des Spätpleistozäns wahrscheinlich alle Spuren der vorletzten Vergletscherung durch Abtragung beseitigte, dürfte der gesamte glaziale Formenschatz im Exkursionsgebiet aus der Zeit des Spätpleistozäns stammen (Schreiner 1990). Temporäre Stabilisierungsphasen und Wiedervorstöße begleiteten das Rückschmelzen der Gletscher nach dem Höhepunkt der letzten Vergletscherung, was durch die zahlreichen Randmoränen belegt wird (Abb. 1). Wie aus Tabelle 1 hervorgeht, ordneten bisherige Arbeiten die Randmoränen im oberen Seebachtal drei Gletscherständen zu. Dank Oberflächenexpositionsdatierungen (siehe Exkurs 8.2 in Eberle et al., 2023 für einen Überblick zu dieser Datierungsmethode) gelang es, die Moränen des Feldseestands direkt alterszubestimmen. Der endgültige Eisrückzug von der jüngsten Moräne des Feldseestands

fand vor spätestens 14.900 ±700 Jahren (bezogen auf das Jahr 2010[1] nach unserer Zeitrechnung (n. u. Z.)) statt (Hofmann et al. 2024a).

Während des schrittweisen Übergangs zu eisfreien Bedingungen überprägten periglaziale Prozesse die eisfrei gewordenen Gebiete. Es handelt sich um Vorgänge, wie die hangabwärts gerichtete Verlagerung von Material durch Gefrier- und Auftauprozesse (Eberle et al. 2023), die in heutigen Permafrostgebieten stattfinden. Die daraus hervorgegangenen periglazialen Deckschichten stellten das Ausgangsmaterial für die Bodenbildung dar (LGRB 2023a).

2.4 Landnutzung durch den Menschen

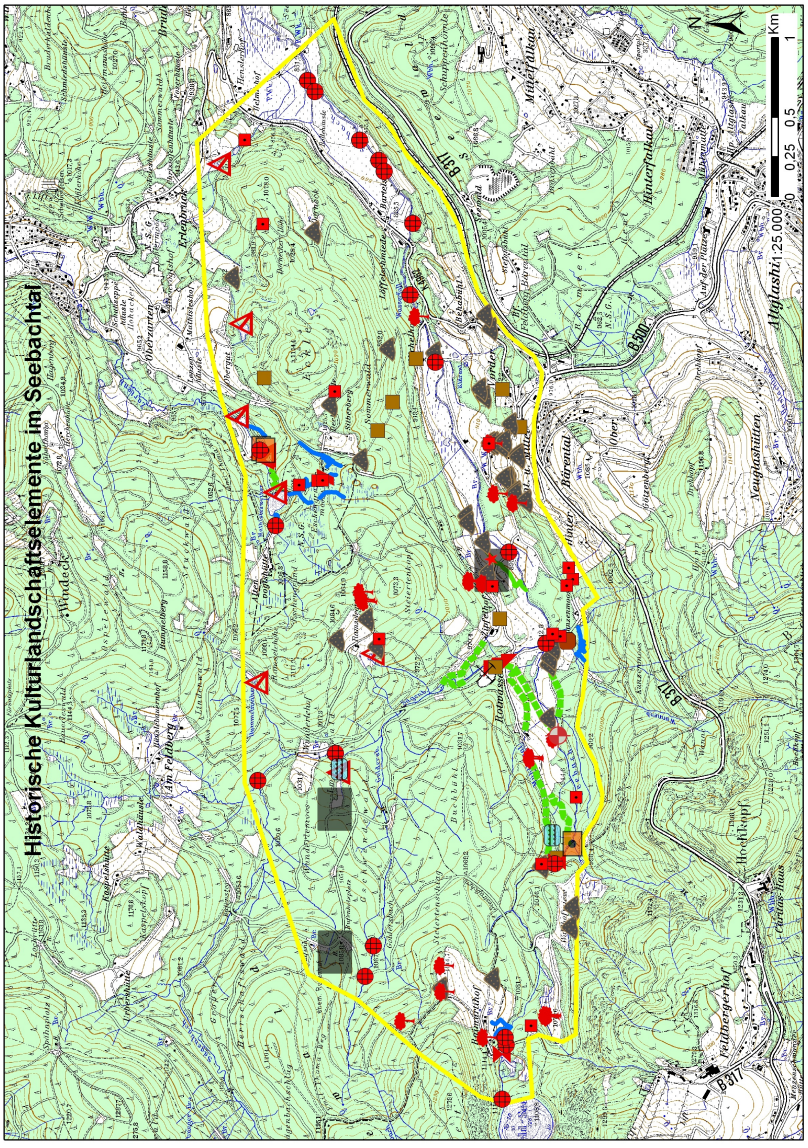
Nach der Phase überwiegend natürlicher Landschaftsentwicklung wurde das Seebachtal durch den Einfluss des Menschen geprägt. Im Feldberggebiet, speziell in den Hanglagen, war die Weidewirtschaft die dominierende Flächennutzung. Aufkommende Gehölze – Buchen, Tannen und Fichten – wurden vom Weidevieh verbissen. Die Buchen reagierten darauf mit Stockausschlag und gingen in die Breite, sodass über Jahrzehnte hinweg Buchenbüsche entstanden, die sich schließlich, weiter unter dem Einfluss des Verbisses und der Witterung, zu oft bizarren, großkronigen Weidbuchen entwickelten. Diese zeichnen sich durch eine große Anzahl von Mikrohabitaten aus (Höhlen, Phytotelmen, Pilzfruchtkörper u. a.; Bütler et al. 2020). Die Fichten erhalten durch den Verbiss oftmals zunächst eine pyramidenförmige Gestalt und entwickeln sich dann zu mächtigen, tief beasteten Solitärbäumen. Alle diese Bäume sind wichtige Schattenspender für das Weidevieh. Im Exkursionsgebiet finden sich hauptsächlich Weidbuchen. Heute stehen sie oftmals im geschlossenen Wald und können als Hinweis auf eine frühere Weidenutzung herangezogen werden. Mancherorts wurden sie wegen ihres Habitatreichtums wieder freigestellt.

In großem Umfang wurden in früheren Zeiten Steine aufgesammelt, um landwirtschaftlich nutzbare Flächen überhaupt zu schaffen und bewirtschaften zu können. Hang- und Tallagen waren in der Naturlandschaft von Hang- und Blockschutt geprägt, der beseitigt werden musste. Äcker und Wiesen mussten über Jahrhunderte von den Steinen, die durch das Pflügen und durch den Frost an die Oberfläche gelangten, befreit werden. Die Steine wurden zu Haufen oder Riegeln aufgeschüttet, oft an den Grenzen der Nutzflächen, oder aber zu Mauern aufgeschichtet, etwa an der Grenze von den privat zu den gemeinschaftlich (Allmenden!) genutzten Flächen, zwischen Weide und Wald oder zwischen Weide und Acker. Viele Lesesteinansammlungen liegen heute im Wald – ein untrügliches Zeichen für die frühere landwirtschaftliche Nutzung. Wegen des groben Skeletts und des geringen Feinbodenanteils sind sie interessante Ökotope.

Bis in die Oberläufe hinein wurden und werden die Fließgewässer für den Antrieb von Mühlen genutzt, für die Gewinnung von Wasser für Speicherkraftwerke, zur Wiesenbewässerung, für die Trinkwassergewinnung und für den Holztransport. Vom früheren Mühlenwesen (Säge-

[1] Der für die Berechnung von Oberflächenexpositionsaltern benutzte Rechner (cosmic ray exposure program (CREp)) gibt die errechneten Alter in Kilojahren vor 2010 aus. Dies hängt mit Korrekturfaktoren zusammen, die sich explizit auf diese Jahreszahl beziehen. Siehe Hofmann et al. 2024a) für weitere Details zur Altersberechnung.

und Getreidemühlen) sind einige trockene, teils tief eingeschnittene Mühlkanäle übriggeblieben (Abb. 1). Die Kulturtechnik der Wiesenbewässerung spielte im gesamten Schwarzwald über lange Zeit eine große Rolle (z. B. Endriss 1952).



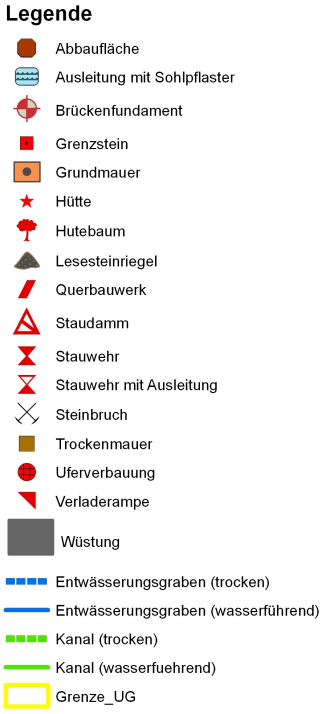


Abb. 2: Historische Elemente der Kulturlandschaft im oberen Seebachtal (Heuchele 2013).

Fig. 2: Historical elements of the cultural landscape in the upper Seebach Valley (Heuchele 2013).

Die Hauptzwecke waren das Wegschmelzen des Schnees im ausgehenden Winter, um die Vegetationszeit zu verlängern, und vor allem die Düngung mit gelösten Nährstoffen und mit Schwebstoffen. Es wurde nach Möglichkeit versucht, die häuslichen und die Stallabwässer durch ein System von Gräben und Speichern in optimaler Weise zu nutzen. Die Bewässerungsgräben verliefen vielfach mit leichtem Gefälle an den Hängen. Spuren davon kann man heute noch als Knick im Hang erkennen, in manchen Fällen existieren noch tal- und bergseitige Stützmäuerchen. Nicht selten hebt sich auch die Vegetation entlang der Gräben deutlich von der Umgebung ab.

Der Seebach gehört zum Einzugsgebiet der Gutach und Wutach hin zum Hochrhein. Der Transport von größeren Mengen Holz über längere Strecken war nur auf dem Wasser möglich. Die Flößerei auf der Wutach ist 1509 zum ersten Mal belegt. Mit dem Bau des Eisenwerks Eberfingen an der Wutach unweit von Stühlingen an der Schweizer Grenze im Jahr 1622, die überwiegende Zeit in fürstenbergischer Hand, begann der Zugriff wegen des enormen Holzkohlebedarfs auf den Wald im östlichen Feldberggebiet (Vetter 1982: 82), zunächst im

Einzugsgebiet der Haslach, dann in dem des Seebachs. 1685 wird beschlossen, am Auslauf des Feldsees eine Kluse, also eine Einrichtung zum Wassereinstau, zu bauen inklusive dorthin führender Wege. Scheiter- und anderes Holz durfte nun mit künstlich erzeugten Hochwasserabflüssen vom Feldsee bis zum Titisee geflößt werden. 1705 war der Wald auf der rechten, fürstenbergischen Seite des Seebachs komplett abgeholzt. Man begann, auf der linken Seite, die dem Freiherrn von Sickingen gehörte, einzuschlagen. Im Goldersbach und im Sägenbach wurden Klusen gebaut. Der Einschlag war auch hier gewaltig. Es wird von Bäumen berichtet, die über dem Feldsee lagen und direkt in den See gefällt werden konnten (Vetter 1982: 84 ff.). Dazu musste der Seebach floßbar gemacht werden, das heißt, er wurde begradigt und mit Ufermauern und Sohlenpflaster versehen, um ein möglichst glattes Gerinne zu erhalten. Regelmäßig musste im Gewässer Geröll ausgeräumt werden. Außerdem waren die Ufer entweder komplett oder wechselseitig von Gehölzen befreit. An etlichen Stellen im Seebach, Goldersbach und Sägenbach lassen sich heute noch Ufermauern finden, die auf die Zeit der Flößerei zurückgehen (Abb. 3).

Abb. 3: Ufermauer im Seebach. Foto: Werner Konold.

Fig. 3: Riparian wall in the Seebach. Photo: Werner Konold.

Im 18. Jh. wurde in den Wäldern übermäßig viel Holz eingeschlagen und nach Freiburg sowie ins Eisenwerk in Eberfingen verkauft. Etliche Waldbauernhöfe erholten sich von dieser Übernutzung nicht. Als auch die Haupteinnahmequelle der Bauern, der Verkauf von Ochsen, in eine Krise kam, verschuldeten sich zahlreiche Betriebe und mussten zwangsversteigert werden.

„Güterschlächter zogen von Hof zu Hof." Auch das großherzogliche Domänenärar kaufte sich ein, insbesondere auf den landwirtschaftlich geringwertigen Böden (oft Weiden), und forstete in großem Stil auf. Die Hofgebäude wurden abgerissen. Deren Namen sind heute noch in der Topographischen Karte verzeichnet (Vetter 1982: 226 f).

3. Exkursion zur Landschaftsentwicklung im oberen Seebachtal

Die Exkursionsroute (Abb. 1) führt vom Bahnhof Feldberg-Bärental zunächst zu den Moränen des Bärentalstands (Exkursionspunkt 1), dann talaufwärts zum zweiten Exkursionspunkt in der Nähe des Weilers Kunzenmoos und von dort auf der südexponierten Talseite zur Waldhofwiese (Exkursionspunkt 3). Zwischen den Exkursionpunkten 2 und 3 ergeben sich hervorragende Ausblicke auf das Wannekar (Abb. 1), das sich auf der nordexponierten Talseite gebildet hat. Zwischen den Exkursionspunkten 3 und 4 (Feldseemoor) kann das nordostexponierte Waldhofkar bestaunt werden. Der Exkursionspunkt 4 befindet sich auf der ältesten Moräne des Feldseestands am Ostende des Feldseemoors. Die Route führt über den Kamm der jüngsten Moräne des Feldseestands zum letzten Exkusionspunkt am Nordoststufer des Feldsees. Sie endet beim Caritas-Haus, das auf einem Sattel an der Bundesstraße 317 liegt (Abb. 1).

3.1 Exkursionspunkt 1: Randmoränen des Bärentalstands

Der erste Halt befindet sich im Seebachtal talaufwärts von der weiter nordöstlich gelegenen Erhebung des Behabühls, die Schreiner (1990: 79) als "Felsschwelle" bezeichnete. Es handelt sich dabei um einen Rücken, der das Seebachtal deutlich verengt. Talaufwärts dieses aus Paragneis bestehenden Riegels (Metz 1985a) weitet sich das Seebachtal und besitzt mit dem breiten Talboden sowie mit dem U-förmigen Querschnitt die typische Morphologie eines Trogtals (Metz 1985b, Schreiner 1990). In den 1970er Jahren wurden für die öffentliche Wasserversorgung der Gemeinde Feldberg in der Umgebung des Exkursionspunktes zwei Bohrungen auf dem ebenen Talboden durchgeführt. Die bei der Bohrung angetroffenen glazialen Sedimente weisen eine Mächtigkeit zwischen 17 und 21 m auf (Prier 1990). Damit ist das Seebachtal oberhalb des Behabühls übertieft. Auf der nordexponierten Talseite befindet sich eine Reihe von langgestreckten Erhebungen (Abb. 4), die sowohl Schreiner (1981) als auch Metz (1985b) als Randmoränen deuteten. Nach Schreiner (1990) repräsentieren diese insgesamt sieben Eisrandlagen.

In den letzten Jahren wurde mithilfe eines hochauflösenden digitalen Geländemodells (DGM; verfügbar unter https://opengeodata.lgl-bw.de/#/(sidenav:product/3) (letzter Zugriff: 1. August 2024)) des LGL neue Kartierungen durchgeführt. Diese zeigen, dass es sich bei drei der von Schreiner (1990) beschriebenen Moränen um einen Schwemmfächer, beziehungsweise um Ablagerungen handelt, die mit einer Massenbewegung auf der nordexponierten Talseite in Verbindung stehen. Nördlich des Seebachs wurde erstmals eine Randmoräne kartiert, die drei Eisrandlagen dokumentiert. Die große Zahl der Randmoränen lässt auf einen schrittweisen Gletscherrückzug schließen (Hofmann & Preusser 2025).

Abb. 4: Panorama der Randmoränen des Bärentalstands. Die Moränenkämme sind mit gepunkteten Linien markiert. Foto: Felix Martin Hofmann.

Fig. 4: Panorama of the ice-marginal moraines at the Bärental position. Moraine crests are marked with dotted lines. Photo: Felix Martin Hofmann.

3.2 Exkursionspunkt 2: Kunzenmoos

Auf der Höhe des Kunzenmooses mündet das Sägenbachtal von Norden in das Seebachtal ein. Es handelt sich dabei um ein Hängetal. Die Konfluenzstufe am Eingang des Tals ist jedoch durch Erosion weitgehend zerstört worden (Metz 1985a). In der Umgebung des Exkursionspunktes befinden sich einige auffällige langgestreckte Erhebungen auf dem Talboden (Abb. 5).

Abb. 5: Rundhöcker in der Umgebung des Kunzenmooses. Im Hintergrund ist der Gipfel des Seebucks zu erkennen. Der Aufschluss auf dem nördlichen Rücken ist mit einem Pfeil markiert. Foto: Felix Martin Hofmann.

Fig. 5: Whaleback in the surroundings of the Kunzenmoos. The summit of the Seebuck can be seen in the background. The outcrop on the northern ridge is marked with an arrow. Photo: Felix Martin Hofmann.

Ein weiterer Rücken liegt nordöstlich des Exkursionspunktes, also südwestlich des Zipfelhofs. Schrepfer (1925) beschrieb diese Formen erstmals und deutete diese als Randmoränen. Spätere Untersuchungen (Erb 1948, Liehl 1975, Metz 1985a, Schreiner 1990) ließen jedoch Zweifel an dem von Schrepfer eingeführten Zipfelhofstand aufkommen. Bei den länglichen Rücken auf dem Talboden, die sich westlich des Exkursionspunktes befinden, handelt es sich vielmehr um Rundhöcker (Liehl 1975, Kartenbeilage VI). Ein Aufschluss auf dem nördlichen Rücken (Abb. 5) belegt, dass diese Landform aus Festgestein besteht, das durch die Wirkung des Eises herausmodelliert wurde. Aufgrund des fehlenden Nachweises für eine ehemalige Eisrandlage in der Umgebung des Exkursionspunktes fand der Zipfelhofstand in späteren Arbeiten zur Schwarzwaldvergletscherung keine Berücksichtigung (Metz 1985b, Schreiner 1990, Metz & Saurer 2012).

Liehl (1975, Kartenbeilage VI) kartierte zwei Randmoränen im Waldstück östlich des Exkursionspunktes. Nach Schreiner (1990) gehören diese Landformen zu einem Gletscher aus dem südwestlich gelegenen Wannekar, der in das Seebachtal vorstieß, als der Talgletscher aus dem Gebiet um den Feldsee den Talboden bereits freigegeben hatte.

3.3 Exkursionspunkt 3: Waldhofwiese

Die Waldhofwiese ist ein Niedermoorkomplex auf 1000-1020 m ü. NHN. Das etwa 10 ha große Moor (Lang 2005), das heute wegen des Einstaus durch Biberdämme kaum als solches zu erkennen ist (Abb. 6), ist mit 4° bis 5° Hangneigung recht steil und wird aus dem Hang mit Wasser versorgt. Das Moor ist von einem lockeren Fichtenmoorwald bestanden. Im unteren Bereich liegt auch offenes Niedermoor mit Bult-Schlenken-Komplexen vor. Das Pfeifengras (*Molinia caerulea*) prägt im Herbst und Winter weithin sichtbar mit goldenem Aspekt die offenen Moorflächen. Auf den nassesten Flächen, denen das Pfeifengras fehlt, wachsen Arten basenreicher Niedermoore wie das Sumpfherzblatt (*Parnassia palustris*) und das Torfmoos *Sphagnum subsecundum*. Am Hangfuß zeigt das Moor ausgeprägten Moorkarst mit unterirdischer Entwässerung. Es ist unklar, ob die Bildung des Moorkarstes auf alte Entwässerungsmaßnahmen zurückgeht.Die unterirdische Entwässerung verläuft in Höhlen mit stellenweise über 0,2 m Durchmesser (Naturpark Südschwarzwald o. J.).

Das Moor wird von einer hufeisenförmigen Randmoräne umsäumt, die zwei Kämme aufweist (Abb. 6; Geologisches Landesamt Baden-Württemberg 1990). An einem Weganschnitt, der sich auf der Moräne am östlichen Rand des Moores befindet, steht ein matrixgestützter Diamikt an. Auffällig sind die Ausmaße der Moränen im Vergleich zur Größe des Waldhofkars. Liehl (1975, 1982) kam deshalb zum Schluss, dass ein Eisstrom aus dem Menzenschwander Albtal den kleinen Gletscher im Waldhofkar zusätzlich verstärkte (Abb. 6). Dieser aus südlicher Richtung kommende Eisstrom überfuhr einst den Sattel am Caritashaus. Aus diesem Grund handelt es sich bei dem Sattel um einen Transfluenzpass. Die auffällige Senke im oberen Bereich der Rückwand des Kars (Abb. 6) und die Seitengerinne östlich des Caritashauses belegen die Transfluenz (Liehl, 1982). Es lässt sich allerdings nicht mit Sicherheit sagen, ob die Gletscher im Waldhofkar und im oberen Menzenschwander Albtal tatsächlich

Abb. 6: Panorama des Waldhofkars. Die Aufnahme entstand auf der Randmoräne, die die Waldhofwiese halbkreisförmig umschließt. Der ehemalige Kargletscher im Waldhofkar wurde wahrscheinlich durch einen transfluierenden Eisstrom aus südlicher Richtung verstärkt (Pfeil). Foto: Felix Martin Hofmann.

Fig. 6: Panorama of the Waldhof Cirque. The photo was taken on the semi-circular ice-marginal moraine that surrounds the Waldhof Bog. The former cirque glacier was probably additionally fed by a transfluent ice stream from a southerly direction (arrow). Photo: Felix Martin Hofmann.

noch verbunden waren, als sich die Moränen am Ausgang des Waldhofkars bildeten. Es erscheint ebenso plausibel, dass der Sattel am Caritashaus bei der Entstehung der Moränen bereits eisfrei war.

Die Untersuchung der Sedimente des Moors (Lang 2005) erbrachte erste Erkenntnisse über die Altersstellung der Moränen: Im Jahre 1974 wurden entlang eines von Nord nach Süd verlaufenden Transekts Sedimentkerne in einem Abstand von 20 m gewonnen. Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf einen der Bohrkerne, für den Pollendaten vorliegen (Abb. 7).

Die Ablagerungen an der Basis des Zungenbeckens deuten auf die Bildung eines Gletschersees hin, der sich nach dem Rückschmelzen des Gletschers von der Moräne bildete. Der Ton an der Basis zeichnet sich durch einen hohen Anteil an Nichtbaumpollen aus (v. a. Süßgräser (*Poaceae*)). In der Umgebung der Waldhofwiese herrschte wahrscheinlich eine Tundra mit Gräsern und Kräutern vor (Abb. 7; Lang 2005).

Die darüberliegende Tonmudde, die im Gegensatz zu den Tonen an der Basis eine Beimengung organischer Substanz aufweist, kennzeichnet einen höheren Anteil an Baumpollen (v. a. Birke (*Betula*)). Der Übergang von Ton zu Tonmudde fiel wahrscheinlich mit dem rapiden Anstieg der Sommertemperaturen in Zentraleuropa vor etwa 14.700 Jahren zusammen, der in zahlreichen Archiven der Paläo-Umweltgeschichte in Mitteleuropa dokumentiert ist (Heiri et al. 2014). Die darüber befindliche Detritusmudde unterscheidet sich insofern von der Tonmudde, als sie Makroreste von Pflanzen (*Betula*) und einen höheren Anteil an Baumpollen (v. a. Kiefer (*Pinus*) und *Betula*) aufweist. Das Vorkommen von Makroresten belegt zweifelsfrei, dass Birken in der Umgebung des Sees vorkamen (Abb. 7; Lang 2005).

Nach Lang (2005) befindet sich nahe der oberen Grenze dieser Einheit ein graues Bändchen, das als Tephra einzustufen ist (Abb. 7). Lang (2005) vermutete, dass diese Ablagerung wahrscheinlich auf den Ausbruch des Laacher See-Vulkans zurückgeht, der sich vor ungefähr 13.000

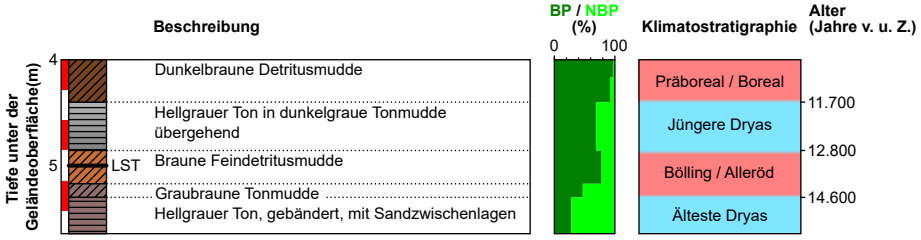


Abb. 7: Sedimentabfolge an einem Bohrpunkt im Waldhofmoor, Anteile von Baumpollen (BP) und Nichtbaumpollen (NBP), Position der Laacher See Tephra (LST) und Klimatostratigraphie nach Heiri et al. (2014). Die Sedimente wurden während des ausgehenden Spätpleistozäns und frühen Holozäns abgelagert. Warm- und Kaltphasen sind rot, beziehungsweise blau hervorgehoben. Nach Daten aus Lang (2005).

Fig. 7: Sedimentary succession at a coring site in the Waldhof Bog, share of arboreal (BP) and non-arboreal (NBP) pollen, position of the Laacher See Tephra (LST), and climatostratigraphy according to Heiri et al. (2014). The sediments were laid down during the final phase of the Late Pleistocene and the Early Holocene. Warm and cool phases are highlighted in red and blue, respectively. After data from Lang (2005).

Jahren ereignete (Reinig et al., 2021). Diese Eruption führte zu einer gigantischen Wolke aus Asche und anderem Material (v.a. Glasfragmente), die sich quer über Europa verteilte. Da der Ausbruch des Vulkans mit 13.077 ±9 Jahren vor heute (Reinig et al. 2021) äußerst präzise datiert ist, ermöglichen mit dieser Eruption verbundene Ablagerungen eine rasche Einschätzung des Alters von Sedimenten. Dies setzt jedoch voraus, dass eine Tephra anhand ihrer Zusammensetzung korrekt identifiziert wird. Heute ermöglichen Ansätze im Bereich der Geochemie die Analyse ihrer Zusammensetzung, was die Zuordnung zu einer Eruption erleichtert (z. B. Duprat-Oualid et al. 2017). Aus diesem Grund sollte die vermutete Tephra im Waldhofmoor entsprechend neu untersucht werden.

Ton und Tonmudde überlagern die Detritusmudde. Lang (2005) ermittelte einen höheren Anteil an Nichtbaumpollen. Der Rückgang der Baumpollen und der Übergang zu Ton und Tonmudde legen den Schluss nahe, dass sich die Wälder in der Umgebung des Exkursionspunktes auflichteten oder das Moor fortan über der Baumgrenze lag. Die darüberliegende Detritusmudde weist wiederum einen höheren Anteil an Baumpollen aus, insbesondere von *Betula* und *Pinus*. Der zunehmende Anteil der Baumpollen deutet auf eine zweite Phase der Wiederbewaldung hin, die wahrscheinlich mit dem Beginn des Holozäns vor 11.700 Jahren zusammenfiel (Abb. 7; Lang 2005).

Aus der Abfolge der Sedimente und der Position der Tephra schloss Lang (2005), dass vor etwa 17.000–16.000 Jahren weitgehend eisfreie Bedingungen vorherrschten. Da die Sedimentabfolge in Sedimentkernen aus dem talaufwärts gelegenen Becken des Feldseemoors darauf hinweisen, dass dieses Gebiet erst deutlich später eisfrei geworden ist, führte Schreiner (1981) den Waldhofstand ein.

Um die Annahme zu testen, dass die Moräne am Ausgang des Waldhofkars wirklich älter als jene am Feldseemoor ist, wird derzeit die Moräne am Waldhofmoor mithilfe der Oberflächenexpositionsdatierung mittels terrestrischem kosmogenem Beryllium-10 altersbestimmt. Sobald die Ergebnisse vorliegen, wird mehr über die Altersstellung der Moräne des Waldhofstands bekannt sein.

Abb. 8: Relikte einer der Waldhofmühlen. Foto: Werner Konold.

Fig. 8: Relics of one of the Waldhof mills. Photo: Werner Konold.

Der Name Waldhof zeugt von einem früheren Siedlungsplatz. Zur Geschichte des ehemaligen Hofs: 1838 kam es zu einer Streitigkeit zwischen dem Waldhofbauer und dem Zipfelhofbauer, weil ersterer eine Sägemühle erbauen wollte. Dieser würde, so der Zipfelhofbauer, seiner Mahl- und Sägemühle das Wasser entziehen. 1840 konnte der Waldhofbauer trotzdem seine Sägemühle errichten. Der Waldhofbauer betrieb außerdem noch eine Mahlmühle, die ganzjährig betrieben werden konnte. Die Leistung der Zipfelhofmühle reichte gerade aus, um den Eigenbedarf an Mehl mahlen zu können (Vetter 1982: 224). Beides sind Hinweise auf den verbreiteten Getreideanbau in dieser Landschaft. Der Waldhof wurde 1840 verkauft, es folgte 1851 eine Zwangsversteigerung. 1861 fiel der Hofkomplex mit mehreren Gebäuden einem Brand

zum Opfer, das Feuer wurde wahrscheinlich von einem Brandstifter gelegt. 1880 kam das Gelände an die fürstenbergische Standesherrschaft. Die noch verbliebenen Gebäude, darunter auch eine Mahlmühle, wurden abgerissen, die landwirtschaftlichen Flächen wurden fast vollständig aufgeforstet ((Vetter 1982: 227). Die Grundmauern einer Mühle an der Mündung des Waldhofbachs in den Seebach sind Reste einer der Waldhofmühlen (Abb. 8).

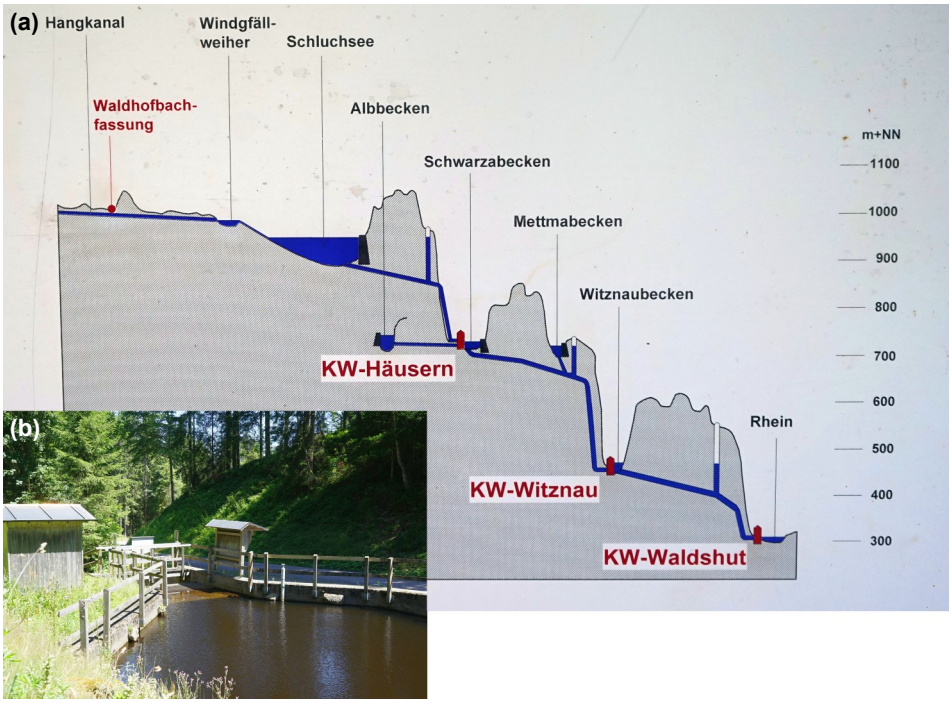


Abb. 9: (a) Längsschnitt der Schluchseewerk AG und **(b)** Entnahme von Wasser an der Waldhofwiese. Fotos: Werner Konold.

Fig. 9: (a) Longitudinal section of the Schluchseewerk AG and **(b)** Withdrawal of water at the Waldhof Bog. Photos: Werner Konold.

Am Waldhofbach und am Seebach befindet sich je eine Wasserausleitung, die den Beginn der Werksgruppe Schluchsee der Schluchsee AG markieren (Abb. 9). Diese betreibt im Südschwarzwald fünf Pumpspeicherkraftwerke mit zwölf Speicherbecken. Der größte Kopfspeicher ist der Schluchsee mit einem Stauvolumen von rund 110 Mio. m³. Das Wasser von See- und Waldhofbach wird in einen 10,5 km langen unterirdischen Hangkanal geleitet, der dann ab dem Zwischenspeicher Windgfällweiher offen geführt wird (Abb. 9a). Bis zum Schluchsee werden noch zahlreiche Gerinne aufgenommen. Der Schluchsee und der Hangkanal gingen 1931 in Betrieb. Den Gemeinden wurde damals zugesichert, dass ihre Trinkwasserversorgung nicht beeinträchtigt wird (Vetter 1982: 436). Bis weit in die Nachkriegszeit gab es Konflikte mit den Bauern,

weil das Bestreben des Schluchseewerks, möglichst viel Wasser für die Energieerzeugung zu sammeln, gegen das Interesse der Bauern stand, ihre Wiesen auf althergebrachte Weise zu bewässern. Das Schluchseewerk obsiegte. Eine Art Kompensation wurde dergestalt gefunden, dass die Bauern über etliche Jahre Mineraldünger geliefert bekamen als Ersatz für die düngende Bewässerung.

3.4 Exkursionspunkt 4: Feldseemoor

Das etwa 4 ha große Feldseemoor (Abb. 10) befindet sich auf 1100 m ü. NHN weiter talaufwärts im Seebachtal. Damit liegt es ein paar Meter niedriger als der weiter westlich gelegene Feldsee. Nach Lang (2005) ist das Feldseemoor in zwei Teile gegliedert, und zwar in ein Niedermoor (nördlicher Teil) und ein Übergangsmoor (südlicher Teil). Der Seebach durchquert den nördlichen Teil des Moors.

Abb. 10: Blick über das herbstliche Feldseemoor. Im Mittelgrund ist die baumbestandene Randmoräne an der Eisrandlage FS-02 erkennbar. Seeablagerungen und Torf bedecken die Moräne jedoch größtenteils. Im Hintergrund ist die steile Rückwand des Feldseekars zu sehen. Foto: Felix Martin Hofmann.

Fig. 10: View over the autumnal Feldsee Bog. The tree-covered ice-marginal moraine at position FS-02 can be seen in the middle ground. However, lake deposits and peat cover most of the moraine. In the background, the steep headwall of the Feldsee Cirque can be seen. Photo: Felix Martin Hofmann.

In der Umgebung des Feldseemoors befinden sich Randmoränen, die Schreiner (1990: 81) als die am „deutlichsten und am besten erhaltenen Endmoränen des Schwarzwaldes“ bezeichnete.

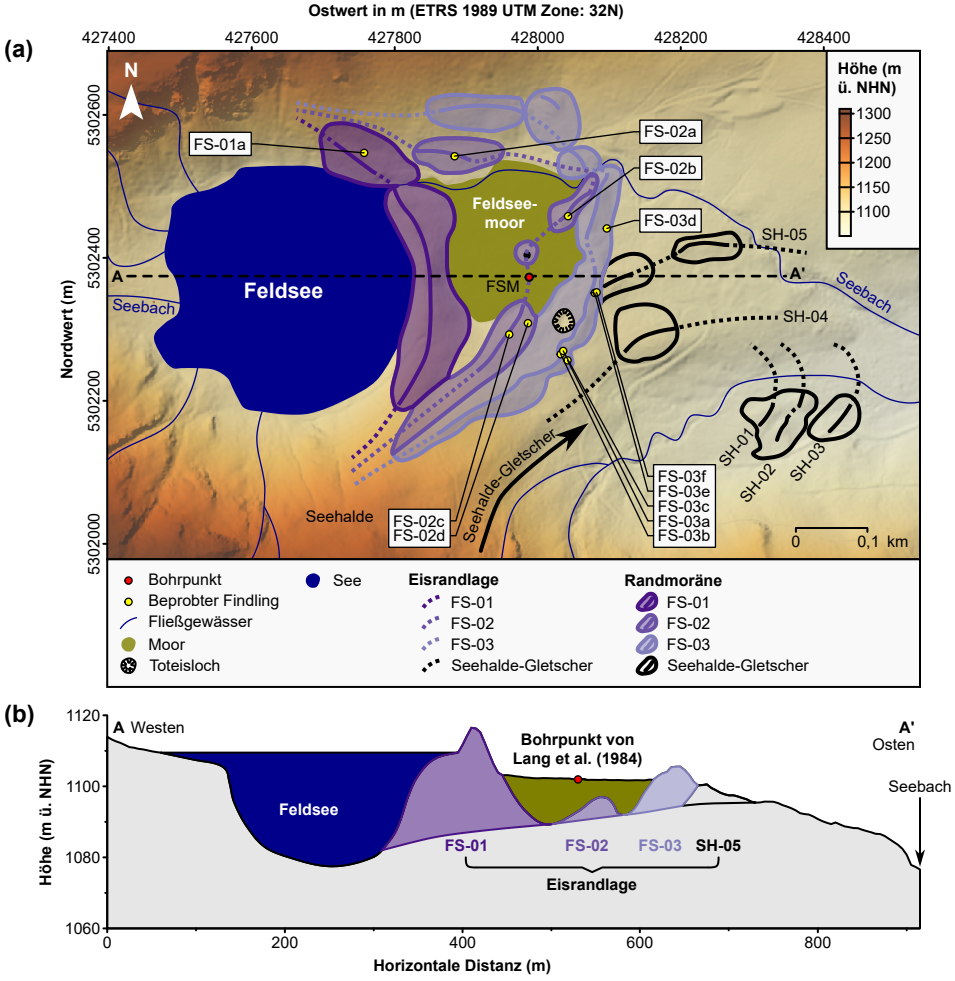


Abb. 11: (a) Topographische Karte der Umgebung des Feldsees. Insgesamt wurden 11 Blöcke auf Randmoränen für Altersbestimmungen mithilfe des terrestrischen kosmogenen Nuklids ^{10}Be beprobt. In der Karte ist die Lage des Bohrpunkts FSM eingetragen. Die Karte basiert auf einem digitalen Geländemodell (DGM1; räumliche Auflösung: 1 m) des Landesamts für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg (LGL; verfügbar unter https://opengeodata.lgl-bw.de/#/(sidenav:product/3), letzter Zugriff: 20. August 2024). **(b)** Transekt vom Delta des Seebachs am Westufer des Feldsees zum Seebach (vierfache Überhöhung). Der Bohrpunkt von Lang et al. (1984) liegt in unmittelbarer Nachbarschaft zum Bohrpunkt FSM. Die Randmoräne an der Eisrandlage FS-02 teilt das Feldseemoor in zwei Becken, wobei das westliche Becken tiefer ist. Verändert nach Hofmann et al. (2024a).

Fig. 11: (a) Topographical map of the area around Feldsee. A total of 11 moraine boulders were sampled for age determination using the terrestrial cosmogenic nuclide ^{10}Be. The map shows the location of the FSM coring site. The topographical map is based on a digital terrain model (DGM1; spatial resolution: 1 m) of the Baden-Württemberg State Office for Geoinformation and Land Development (LGL; available at https://opengeodata.lgl-bw.de/#/(sidenav:product/3), last accessed: 20 August 2024) **(b)** Transect from the delta of the Seebach on the western shore of the Feldsee to the Seebach (fourfold vertical exaggeration). The coring site of Lang et al. (1984) lies in the immediate vicinity of the FSM coring site. The marginal moraine at position FS-02 divides the Feldsee Bog into two basins, with the western basin being deeper. Modified from Hofmann et al. (2024a).

Östlich der Randmoräne am Ostende des Feldseemoors (Eisrandlage FS-03) befindet sich nach Hantke & Rahm (1976) eine weitere Randmoräne (Eisrandlage SH-04). Schreiner (1990) fasste diese jedoch nicht als Moräne, sondern als blockreiche Tillablagerung auf.

Eine jüngst durchgeführte Kartierung (Abb. 11) bestätigte jedoch die Sichtweise von Hantke & Rahm (1976). In der Umgebung befinden sich an den Eisrandlagen SH-04 und SH-05 zwei weitere Moränen, die abgeflachte Kämme aufweisen. Der Verlauf der undeutlichen Kämme spricht dafür, dass die Moränen nicht zum Gletscher aus der Umgebung des Feldsees gehören, sondern zu einem Gletscher, der aus südwestlicher Richtung in das Seebachtal vorstieß. Meinig (1980) hatte bereits darauf hingewiesen, dass diese Moränen nicht zum Gletscher aus dem Feldseekar gehören.

Wie aus Abb. 11 hervorgeht, überlagert die halbkreisförmige Moräne an der Eisrandlage FS-03 teilweise die westliche Moräne an der Eisrandlage SH-05. Dies lässt darauf schließen, dass die Moräne an der Eisrandlage FS-03 jünger als jene an der Eisrandlage SH-05 ist. Nach der Bildung der Moränen an der Eisrandlage SH-05 stieß der Feldseekargletscher vor und arbeitete die Moräne des Seehalde-Gletschers teilweise auf. Auf der eiszugewandten Seite der Moräne an der Eisrandlage FS-03 befindet sich eine kreisförmige Senke, die als Toteisloch gedeutet wird. Die Oberflächenexpositionsdatierung mithilfe des terrestrischen kosmogenen Nuklids ^{10}Be ergab für die Moräne ein Minimalalter von 16.100 ±600 Jahren (bezogen auf das Jahr 2010 n. u. Z. (Abb. 12; Hofmann et al. 2024a).

Im Zentrum des Moores befindet sich eine Erhebung, auf der sich ein Fichten-Kiefern-Moorbirken-Wald angesiedelt hat (Abb. 10). Dabei handelt es sich um den sichtbaren Teil der halbkreisförmigen Randmoräne (Eisrandlage FS-02), die das Moor durchquert. Nach Bohrdaten (Lang 2005, Hofmann et al. 2024a) bedecken Seeablagerungen und Torf einen Großteil der Moräne, sodass diese nur am Nordrand, am Südrand und im Zentrum des Moores morphologisch hervortritt (Hofmann & Konold 2023). Altersbestimmungen mittels des terrestrischen kosmogenen Nuklids ^{10}Be ergaben für die Moräne ein Minimalalter von 15.600 ±500 Jahren vor dem Jahr 2010 n. u. Z. (Abb. 12; Hofmann et al. 2024a).

Im Jahre 2021 wurde eine Rammkernsondierung am Bohrpunkt FSM durchgeführt. Dieser Bohrpunkt liegt wenige Meter von einem der Bohrpunkte von Lang et al. (1984) entfernt.

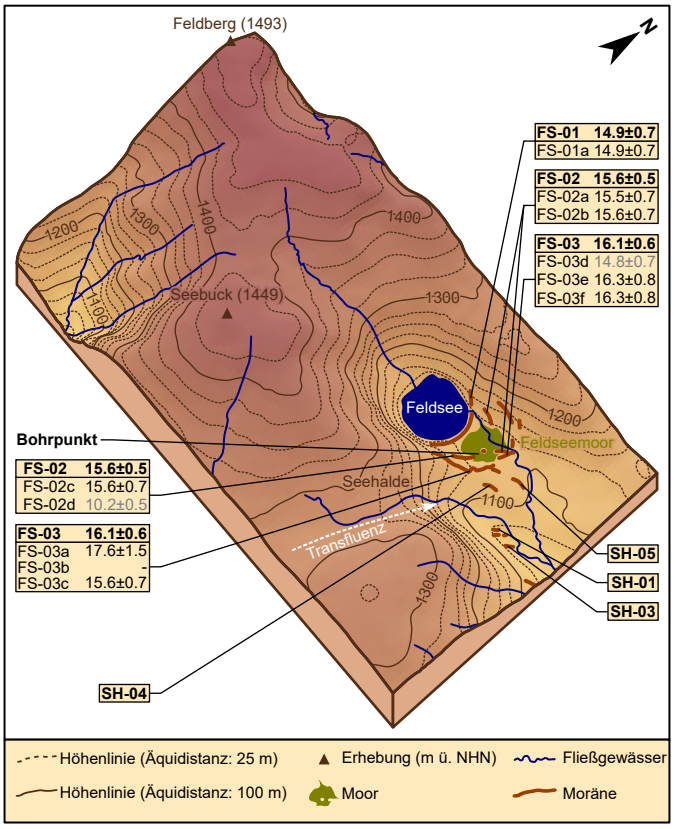


Abb. 12: Blockbild des oberen Seebachtals. Oberflächenexpositionsalter von Blöcken auf Moränen sind in tausenden Jahren vor dem Jahr 2010 n. u. Z. angegeben. Mittlere Alter der Moränen sind fett hervorgehoben. Alter (in grau) wurden bei der Berechnung der gemittelten Alter nicht berücksichtigt. Fließgewässer und stehende Gewässer nach LUBW (2022a), beziehungsweise LUBW (2022b). Das Blockbild basiert auf einem digitalen Geländemodell, das aus Daten der *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) gewonnen wurde (NASA Jet Propulsion Laboratory 2013). Verändert nach Hofmann et al. 2024a.

Fig. 12: Block diagram of the upper Seebach Valley. Cosmic-ray exposure ages of moraine boulders are given in thousands of years before 2010 CE. Mean ages of moraines are highlighted in bold. For the calculation of mean ages, ages in grey were not considered. Watercourses and lakes according to LUBW (2022a) and LUBW (2022b), respectively. The block diagram is based on a digital terrain model obtained from data from the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM; NASA Jet Propulsion Laboratory 2013). Modified from Hofmann et al. 2024a.

Hofmann et al. (2024a) wählten den Bohrpunkt FSM bewusst, denn die Altersbestimmung der Seeablagerungen ermöglichte die Bestimmung des Minimalalters der Moräne an der Eisrandlage FS-02. Bei der Rammkernsondierung gelang es, Sedimentkerne mit einer Länge von acht Metern zu gewinnen. Da sich die Bohrkerne aus einer Tiefe von sechs bis acht Meter unter der Geländeoberfläche derzeit noch in Bearbeitung befinden, wird im Folgenden nur auf die Sedimentkerne aus einer Tiefe von sechs bis vier Metern eingegangen (Abb. 13). Bei den Sedimenten zwischen 6,00 und 5,68 m handelt es sich um klastengestützte Diamikte, die ein breites Spektrum an Korngrößen aufweisen. Bei den Klasten handelt es sich um Gneise, Porphyre und Migmatite, die im Feldseekar vorkommen (Geologisches Landesamt Baden-Württemberg 1990). Da feinere Sedimente in den Diamikten teilweise ausgewaschen wurden, ist davon auszugehen, dass die Diamikte auf das Ausschmelzen von glazialen Sedimenten und Massenbewegungen an der Gletscherfront zurückgehen (Schlüchter 1997). Die Korngrößenabnahme im sandigen Diamikt könnte darauf hindeuten, dass sich die Front des Feldseekar-Gletschers während der Ablagerung zurückzog. Der Glühverlust in den Diamikten in einer Tiefe von 5,80-5,68 m liegt zwischen 1,2 und 1,9 %. Da im Feldseekar nur vereinzelt Karbonate zu erwarten sind (LGRB 2023b), gibt der Glühverlust Aufschluss über den Organikgehalt der Sedimente.

Eine scharfe Grenze in einer Tiefe von 5,68 m trennt die Diamikte von den darüberliegenden hellgrauen bis olivgrauen laminierten Sedimenten (Schluff und Ton). Da diese Sedimente im Gegensatz zu den darunterliegenden Diamikten eine Korngrößensortierung aufweisen, ist davon auszugehen, dass sich Schluff und Ton am Boden eines Sees im Becken des Feldseemoors ablagerten. Der Gehalt an organischer Substanz variiert zwischen 1,7 und 10,5 %. Die tendenzielle Zunahme des Organikgehalts in den deutlich feineren Sedimenten deuten darauf hin, dass sich im See und seiner Umgebung dank allmählich wärmerer Klimabedingungen Vegetation ausbreitete (Abb. 13). Datierungen mittels der Radiokohlenstoffmethode an nicht identifizierbaren Pflanzenfragmenten in einer Tiefe von 5,61 bis 5,54 m ergaben drei konsistente kalibrierte Alter von 15.600–16.210, 15.480–15.040 und 15.680–15.240 Jahren vor 1950 n. u. Z. [2] Datierungen mittels Infrarot-stimulierter Lumineszenz (IRSL) stützen diese kalibrierten Alter (Hofmann et al. 2024a; siehe Preusser 2017 für einen Überblick über die Altersbestimmung mittels IRSL).

Graue bis dunkelbraune Mudde überlagert diese Einheiten. Der Organikgehalt in dieser Einheit steigt tendenziell weiter an und erreicht einen maximalen Wert von 35,7 %. Dieser Befund lässt darauf schließen, dass sich die Ausbreitung der Vegetation fortsetzte. In einer Tiefe von 5 m erfolgt der Übergang zu Schluff und Ton. In diese Einheit ist eine auffällige graue Lage eingeschaltet. Die genauere Untersuchung der Sedimente unter dem Mikroskop ergab, dass diese Asche vulkanische Gläser enthält. Dieser Befund belegt, dass es sich um eine Tephra handelt. Aufgrund ihrer Position im Sedimentkern liegt der Schluss nahe, dass es sich um die Laacher See-Tephra handelt. Oberhalb der Tephra befinden sich bis zu einer Tiefe von 4,75 m hellgraue Lagen, die sich durch sehr geringe Organikgehalte auszeichnen. Somit wurde deutlich weniger organische Substanz in den See eingetragen, was für kühlere Klimabedingungen und ein Auflichten der Vegetation spricht.

[2] Konventionelle ^{14}C-Alter (a B.P.) und kalibrierte Alter (in a B.P.) beziehen sich auf das Jahr 1950 n. u. Z. (before present (BP)). Siehe https://www.chemie.de/lexikon/Radiokohlenstoffdatierung.html (letzter Zugriff: 15.1.2025)

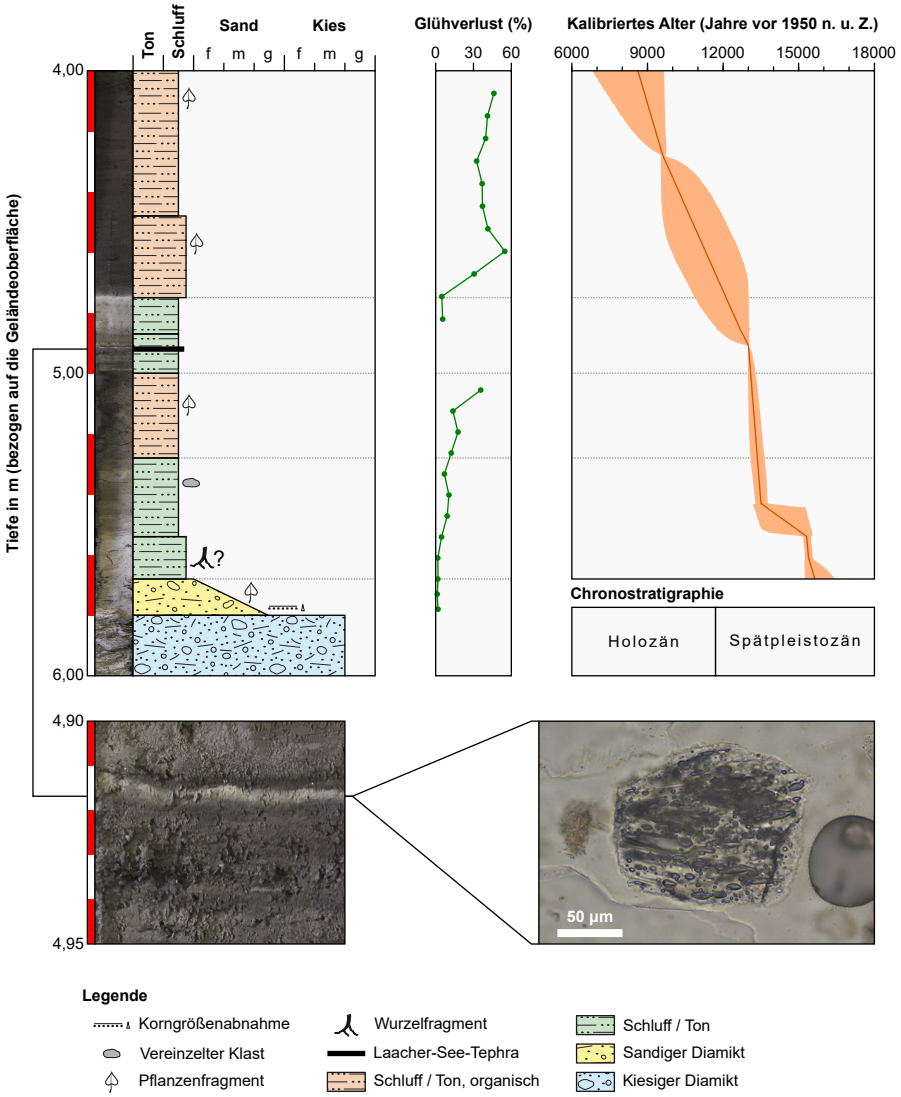


Abb. 13: Sedimentabfolge zwischen einer Tiefe von 6-4 m am Bohrpunkt FSM, Glühverlust, Alterstiefenmodell und Detailaufnahmen der Laacher See-Tephra (Foto: Harri Geiger). Verändert nach Hofmann et al. (2024a).

Fig. 13: Sedimentary succession between a depth of 6-4 m below the ground surface at the FSM coring site, loss on ignition, age-depth model, and photos of the Laacher See Tephra (photo: Harri Geiger). Modified from Hofmann et al. (2024a).

Nach dem Alterstiefenmodell fand die Ablagerung der Sedimente während der kühleren Phase des Jüngeren Dryas-Stadials (12.800–11.700 Jahre vor heute) statt, die an zahlreichen Stellen in Mitteleuropa dokumentiert ist (Heiri et al. 2014 und Literaturstellen darin). Eine scharfe Grenze trennt die hellgrauen Lagen von deutlich organikreicheren Sedimenten, die vereinzelte Pflanzenfragmente enthalten. Der Organikanteil erreicht einen Spitzenwert von 54,8 %. Nach dem Alterstiefenmodell fällt die Ablagerung der Sedimente in das frühe Holozän (Abb. 13).

Insgesamt eröffnet die Sedimentabfolge wertvolle Einblicke in Umweltveränderungen während des ausgehenden Spätpleistozäns und des frühen Holozäns. Basierend auf Pollendaten aus dem Feldseemoor und der Abfolge von Sedimenten in einem Bohrkern stellten Lang et al. (1984) die Hypothese auf, dass das Becken des Feldseemoores vor ungefähr 14.000 Jahren eisfrei wurde. Angesichts der hier vorgestellten Befunde muss dieses Minimalalter für eisfreie Bedingungen jedoch revidiert werden. Nach dem Alterstiefenmodell begann die Ablagerung der Seesedimente vor 16.470–15.230 Jahren (bezogen auf das Jahr 1950 n. u. Z.). Dieses Alter stellt zugleich das Minimalalter der Moränen an den Eisrandlagen FS-03 und FS-02 dar.

3.5 Exkursionspunkt 5: Feldsee

Die Moräne an der Eisrandlage FS-01, die teilweise als scharfgratiger Wall erscheint (Schreiner 1990), trägt zum Aufstau des Feldsees bei (Abb. 11). Der Spiegel des etwa 11 ha großen Sees liegt auf 1109 m ü. NHN. Dieser besitzt eine maximale Tiefe von 32,5 m (LGRB 2023b). Oberhalb der Rückwand des Feldseekars befindet sich die zweithöchste Erhebung des Schwarzwaldes, der Seebuck (1449 m ü. NHN). Die imposante und bis zu 300 m hohe Rückwand des Feldseekars (Abb. 14) besteht aus Migmatiten, die aus Paragneisen entstanden sind, sowie aus Quarzporphyren (LGRB 2023b). Der Hauptzufluss des Feldsees, der Seebach, entspringt in einer Mulde westlich des Feldseekars und stürzt anschließend die steile Karrückwand hinunter.

Der Feldsee beherbergt zwei sehr seltene submerse Farnarten, das Stachelporige Brachsenkraut (*Isoetes echinospora*) und das See-Brachsenkraut (*Isoetes lacustris*), die auf nährstoffarmes, kaltes, klares Wasser angewiesen sind. Beide Arten sind fossil in vielen Mooren und Seesedimenten des Schwarzwalds nachgewiesen. *Isoetes lacustris* gilt als sogenanntes Glazialrelikt mit einer weiten Verbreitung am Ende der Eiszeit, dann zurückgedrängt auf Reliktstandorte. Die beiden Arten dringen unterschiedlich weit in die Tiefe vor: *I. echinospora* bis etwa 2,3 m, *I. lacustris* bis etwa 5 m. Die Nährstoffarmut und die Klarheit des Wassers verhindern eine Konkurrenz durch Algen und eine Bedeckung mit Schwebstoffen (Regierungspräsidium Freiburg 2012: 168 f).

In einem in den 1980er Jahren gewonnenen Sedimentkern aus dem Feldsee fand Merkt (1985) Hinweise auf die Laacher See-Tephra. Demnach dürfte das Becken des Feldsees wohl seit mindestens 13.000 Jahren eisfrei gewesen sein (Leser & Metz 1988, Lang 2005). Die Altersbestimmung eines Blocks auf der Moräne am Nordostende des Sees ergab ein Alter von 14.900 ±700 Jahren vor dem Jahr 2010 n. u. Z. Daraus folgt, dass sich der Feldseekargletscher vor spätestens 15.000 Jahren von der Eisrandlage FS-01 zurückzog. Somit dürfte das Rückschmelzens des Feldseekargletscher zu Beginn des Spätglazials weitgehend abgeschlossen gewesen sein (Hofmann et al. 2024a).

Abb. 14: Blick vom Bismarckdenkmal auf dem Seebuck (1449 m ü. NHN) über den Feldsee ins obere Seebachtal und seine Seitentäler. Foto: Felix Martin Hofmann.

Fig. 14: View from the Bismarck Monument on Seebuck (1449 m above sea-level) over Feldsee into the upper Seebach Valley and its tributary valleys. Photo: Felix Martin Hofmann.

Die Gletscherlandschaft am Feldsee mit ihren Moränen schuf ideale Voraussetzungen für die Errichtung einer Kluse. Wie oben erwähnt, wurde Ende des 17. Jahrhunderts ihr Bau inklusive der dorthin führenden Wege beschlossen. Es liegt die Vermutung nahe, dass sich der Mensch die Moräne am Feldsee für die Flößerei zu Nutze machte. Vermutlich wurde an der Stelle, an der der Seebach die Moräne durchbricht, ein Damm errichtet, um Wasser zu stauen. Bei der Öffnung des Damms ergossen sich dann die Wassermassen mitsamt des gefällten Holzes ins Seebachtal. An der Feldseekluse gab es ein „Häuslein mit einem Mättlein", einer kleinen Wiese. Dieses diente zunächst als Behausung für die Leute, die die Kluse zu bedienen hatten. Später wohnten darin arme Leute, die keinen Zins zu zahlen hatten. 1716 wurde es an den Waldhofbauer verkauft (Vetter 1982: 128).

Schlussbetrachtung und Ausblick

Bei dem oberen Seebachtal handelt es sich um ein äußerst interessantes Gebiet für die Paläo-Umweltforschung. Im Rahmen aktueller Forschungen konnten zahlreiche neue Erkenntnisse über vergangene Umweltveränderungen gewonnen werden, die bisherige Untersuchungen hervorragend ergänzen. Die Erweiterung der Kenntnisse in Bezug auf Gletscherveränderungen geht insbesondere auf neue Ansätze im Bereich der Geochronologie zurück, wie der Oberflä-

chenexpositionsdatierung und der Altersbestimmung mit IRSL. Einige Fragen müssen jedoch im Rahmen zukünftiger Studien geklärt werden. Dazu gehört die Altersbestimmung weiterer Moränen, die Untersuchung der Sedimente ehemaliger glazialer Seen und die gletscherbasierte Rekonstruktion von Niederschlägen für das ausgehende Spätpleistozän (Hofmann et al. 2024b).

Zahlreiche Spuren der Landnutzung belegen, dass der Mensch der prägende Faktor für Landschaftsentwicklung während der letzten Jahrhunderte war. Er griff in vielfältiger Weise in die Zusammensetzung der Vegetation, Sedimentflüsse und in den Verlauf von Fließgewässern ein. Dadurch veränderte sich das Seebachtal in mannigfaltiger Weise. Da der Mensch seit dem Beginn der Industrialisierung durch Treibhausgasemissionen massiv in das globale Klima eingreift, sind drastische Veränderungen des Landschaftsbilds in naher Zukunft bereits absehbar. Häufigere Extremwetterereignisse werden beispielsweise zu Veränderungen hinsichtlich des Abflussregimes von Fließgewässern und Sedimentflüssen führen. Der Mensch wird also eine noch bedeutendere Rolle als Geofaktor einnehmen, als es in den vergangenen Jahrhunderten der Fall war.

Danksagung

Die in diesem Beitrag vorgestellten Untersuchungen zu Gletscherveränderungen wurden zum Großteil im Rahmen des Dissertationsprojekts von Felix Martin Hofmann realisiert, das von der Studienstiftung des deutschen Volkes mittels eines Promotionsstipendiums finanziell gefördert wurde. Die Arbeiten zur letzten Vergletscherung des Südschwarzwaldes wären ohne die großzügige finanzielle Unterstützung seitens der DFG nicht durchführbar gewesen. Als Leiter der DFG-Projekte koordinierte Frank Preusser die Arbeiten im Untersuchungsgebiet und führte die Datierungen mittels Infrarot-stimulierter Lumineszenz durch. Florian Rauscher unterstützte die Entnahme von Gesteinsproben von Blöcken auf Moränen. Die Autoren danken Laetitia Léanni, die sich aufgrund eines Dienstreiseverbots infolge der COVID-19-Pandemie bereit erklärte, bei der Probenaufbereitung in Aix-en-Provence (Frankreich) einzuspringen. Ein herzlicher Dank gilt Alexander Fülling und William McCreary III für die Unterstützung bei der Rammkernsondierung im Feldseemoor. Die Autoren danken Lukas Gegg und Melanie Schulz für ihren Beitrag zur Beschreibung und Analyse der Sedimentkerne. Die Radiokohlenstoffdatierung von Makroresten in den Sedimenkernen wäre ohne die Expertise von Claire Rambeau und Martin Steiner nicht möglich gewesen. Ein herzlicher Dank geht an Harri Geiger für die Bestimmung und Dokumentation der Tephra im Sedimentkern aus dem Feldseemoor.

Literaturverzeichnis

Bütler, R., Lachat, T., Krumm, F., Kraus, D., Larrieu, L. 2020: *Taschenführer der Baummikrohabitate. Beschreibung und Schwellenwerte für Feldaufnahmen*. Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf, 59 S.

Deutsche Stratigraphische Kommission 2016: *Stratigraphische Tabelle von Deutschland 2016*. Deutsches GeoForschungsZentrum, Potsdam.

Duprat-Oualid, F., Rius, D., Bégeot, C., Magny, M., Millet, L., Wulf, S., Appelt, O. 2017: Vegetation response to abrupt climate changes in Western Europe from 45 to 14.7k cal a BP: the Bergsee lacustrine record (Black Forest, Germany). *J Quaternary Sci* 32: 1008–1021, https://doi.org/10.1002/jqs.2972.

Endriss, G. 1952: Die künstliche Bewässerung des Schwarzwaldes und der angrenzenden Gebiete. *Ber Naturf Ges Freiburg i Br* 42: 77–114.

Erb, L. 1948: Die Geologie des Feldbergs. *In* Müller, K. (Hrsg.): *Der Feldberg im Schwarzwald*. L. Bielefelds, Freiburg, 22–96.

Eberle, J., Eitel, B., Blümel, W. D., Wittmann, P. 2023: *Deutschlands Süden – vom Erdmittelalter zur Gegenwart*. 4. Auflage, Springer, Berlin, Heidelberg, 233 S.

Geologisches Landesamt Baden-Württemberg 1990: *Geologische Karte von Baden-Württemberg 1:25 000, Blatt 8114 Feldberg*. 2. Auflage, Landesvermessungsamt Baden-Württemberg, Stuttgart.

Geyer, M., Nitsch, E., Simon, T. 2011: *Geologie von Baden-Württemberg*. 5. Auflage, Schweizerbart, Stuttgart, 627 S.

Hantke, R., Rahm, G. 1976: Das frühe Spätglazial in den Quellästen der Alb (Südlicher Schwarzwald). *Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich* 121: 293–299.

Hebestreit, C., Schiedek, T., Bauer, M., Pfaffenberger, C. 1993: Zeitmarken der Wutacheintiefung - Terrassenkorrelation, Terrassenstratigraphie und Kalktuffe. *Jber Mitt oberrhein geol Ver, N.F.* 75: 291–312, https://doi.org/10.1127/jmogv/75/1993/291.

Heiri, O., Koinig, K. A., Spötl, C., Barrett, S., Brauer, A., Drescher-Schneider, R., Gaar, D., Ivy-Ochs, S., Kerschner, H., Luetscher, M., Moran, A., Nicolussi, K., Preusser, F., Schmidt, R., Schoeneich, P., Schwörer, C., Sprafke, T., Terhorst, B., Tinner, W. 2014: Palaeoclimate records 60–8 ka in the Austrian and Swiss Alps and their forelands. *Quaternary Sci Rev* 106: 186–205, https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.05.021.

Hemmerle, H., May, J.-H., Preusser, F. 2016: Übersicht über die pleistozänen Vergletscherungen des Schwarzwaldes. *Ber Naturf Ges Freiburg i Br* 106: 31–67.

Heuchele, L. 2013: Historische Kulturlandschaftselemente im Seebachtal zwischen Feldsee, Bärental und Hinterzarten. Unveröffentlichter Bericht, Professur für Landespflege, Universität Freiburg, Freiburg im Breisgau.

Hofmann, F. M., Preusser, F. 2025: Revisiting ice-marginal positions north-east of Feldberg, southern Black Forest, south-west Germany. *E&G Quaternary Sci J* 74: 1–35, https://doi.org/10.5194/egqsj-74-1-2025.

Hofmann, F. M., Konold, W. 2023: Landschaftsgeschichte des oberen Seebachtals, Südschwarzwald (Exkursion D am 14. September 2023). *Jber Mitt oberrhein geol Ver* 105: 63–89, https://doi.org/10.1127/jmogv/105/0004.

Hofmann, F. M., Rambeau, C., Gegg, L., Schulz, M., Steiner, M., Fülling, A., Léanni, L., Preusser, F., ASTER Team 2024a: Regional beryllium-10 production rate for the mid-elevation mountainous regions in central Europe, deduced from a multi-method study of moraines and lake sediments in the Black Forest. *Geochronology* 6: 147–174, https://doi.org/10.5194/gchron-6-147-2024.

Hofmann, F. M., Steiner, M., Hergarten, S., ASTER Team, Preusser, F. 2024b: Limitations of precipitation reconstructions using equilibrium line altitudes exemplified for former glaciers in the Southern Black Forest, Central Europe. *Quaternary Res* 117: 135–159, https://doi.org/10.1017/qua.2023.53.

Lang, G. 2005: *Seen und Moore des Schwarzwaldes als Zeugen spätglazialen und holozänen Vegetationswandels. Stratigraphische, pollenanalytische und großrestanalytische Untersuchungen.* Andrias, 16. Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe, Karlsruhe, 160 S.

Lang, G., Merkt, J., Streif, H. 1984: Spätglazialer Gletscherrückzug und See- und Moorentwicklung im Südschwarzwald, Südwestdeutschland. *Diss Bot* 72 (Festschrift Max Welten): 213–234.

Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (LGRB) 2023: Schwarzwald. https://lgrbwissen.lgrb-bw.de/printpdf/14961. Letzter Zugriff: 1.8.2024.

Leser, H., Metz, B. 1988: Vergletscherungen im Hochschwarzwald, *Berliner Geogr Abh*, 47, 155–175.

LGRB 2023b: Das Feldseekar. https://lgrbwissen.lgrb-bw.de/printpdf/23686. Letzter Zugriff: 1.8.2024.

Liehl, E. 1982: Landschaftsgeschichte des Feldberggebietes: Altlandschaft – Eiszeit – Verwitterung und Abtragung heute. *In* Landesanstalt für Umweltschutz, Baden-Württemberg, Institut für Ökologie und Naturschutz (Hrsg.): *Der Feldberg im Schwarzwald: subalpine Insel im Mittelgebirge*. Landesanstalt Für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe, 13–147.

Liehl, E. 1975: Geländeformen des Feldberggebiets. *In* Hofmann, W., Louis, H. (Hrsg.): *Landformen im Kartenbild. Topographisch-Geomorphologische Kartenproben 1:25 000. Gruppe II: Mittelgebirge. Gefalteter Unterbau, stellenweise überlagert. Kartenprobe 6: Kristalliner Schwarzwald mit Karen und Moränen, Feldberg (Schwarzwald)*. Westermann, Braunschweig, 8–16.

LUBW (Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg) 2022a: Fließgewässer (AWGN). https://rips-datenlink.lubw.de/UDO_download/Fliessgewaessernetz.zip. Letzter Zugriff: 4.8.2024.

LUBW 2022b: Stehendes Gewässer (AWGN). https://rips-datenlink.lubw.de/UDO_download/StehendeGewaesser.zip. Letzter Zugriff: 4.8.2024.

Meinig, R. 1980: Halte und Eisrandbildungen des würmzeitlichen Bärental-Gletschers, Südschwarzwald. *In* Schroeder-Lanz, H. (Hrsg.): *Spät- und postglaziale Gletscherschwankungen: Glazial- und Periglazialformen.* Balkema, Rotterdam, 257–282.

Metz, B. 1985a: *Erläuterungen zur Geomorphologischen Karte 1:25 000 der Bundesrepublik Deutschland, GMK 25 Blatt 21, 8114 Feldberg*. GeoCenter, Stuttgart, 50 S.

Metz, B. 1985b: Geomorphologische Karte 1:25.000 der Bundesrepublik Deutschland, Blatt 8114 Feldberg. GeoCenter, Stuttgart.

Metz, B., Saurer, H. 2012: Geomorphologie und Landschaftsentwicklung. *In* Regierungspräsidium Freiburg (Hrsg.): *Der Feldberg: subalpine Insel im Schwarzwald*. Jan Thorbecke, Ostfildern, 14–62.

NASA (National Aeronautics and Space Administration) Jet Propulsion Laboratory 2013: SRTMGL1 v003. NASA Shuttle Radar Topography Mission Global 1 arc second. https://doi.org/10.5067/MEaSUREs/SRTM/SRTMGL1.003. Letzter Zugriff: 24.10.2024.

Naturpark Südschwarzwald (o. J.): Waldhofwiese (Feldberg). https://www.naturpark-suedschwarzwald.de/de/freizeit-sport/details.php?id=38289&ort=372. Letzter Zugriff: 1.8.2024.

Preusser, F. 2017: Wie Minerale die Vergangenheit erleuchten. *Freiburger Universitätsblätter* 216: 113–121.

Prier, H. 1990: Bohrungen. *In* Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (Hrsg.): *Erläuterungen zur geologischen Karte von Baden-Württemberg 1:25.000, Blatt 8114 Feldberg*. Landesvermessungsamt Baden-Württemberg, Stuttgart, 122–125.

Reichelt, G. 1964: Geographische Landesaufnahme 1:200 000. Naturräumliche Gliederung, Blatt 185 Freiburg im Breisgau. Bundesanstalt für Landeskunde und Raumforschung, Bad Godesberg.

Regierungspräsidium Freiburg 2012: *Der Feldberg: subalpine Insel im Schwarzwald*. Jan Thorbecke, Ostfildern, 492 S.

Reinig, F., Wacker, L., Jöris, O., Oppenheimer, C., Guidobaldi, G., Nievergelt, D., Adolphi, F., Cherubini, P., Engels, S., Esper, J., Land, A., Lane, C., Pfanz, H., Remmele, S., Sigl, M., Sookdeo, A., Büntgen, U. 2013: Precise date for the Laacher See eruption synchronizes the Younger Dryas. *Nature* 595, 66–69, https://doi.org/10.1038/s41586-021-03608-x.

Schlüchter, C. 1997: Sedimente des Gletschers (Teil I), *Bulletin für angewandte Geologie* 2: 99–112.

Schreiner, A. 1990: Quartär. *In* Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (Hrsg.): *Erläuterungen zur geologischen Karte von Baden-Württemberg 1:25.000, Blatt 8114 Feldberg*. Landesvermessungsamt Baden-Württemberg, Stuttgart, 67–95.

Schreiner, A. 1981: Quartär. *In* Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (Hrsg.): *Erläuterungen zur geologischen Karte von Baden-Württemberg 1:25.000, Blatt 8114 Feldberg*. Landesvermessungsamt Baden-Württemberg, Stuttgart, 67–95.

Schrepfer, H. 1925: Zur Kenntnis der Eiszeit im Wutachgebiet. *Mitt Bad Landesverein Naturkunde u Naturschutz* 1: 469–473.

Steinmann, G. 1902: Die Bildungen der letzten Eiszeit im Bereiche des alten Wutachgebiets. *Jber Mitt oberrhein geol Ver* 35: 16–23.

Vetter, A. 1982: *Feldberg im Schwarzwald. Die Geschichte des höchsten Schwarzwaldberges, der einstigen Vogteien Altglashütten, Bärental, Falkau und Neuglashütten sowie der Gemeinde Feldberg (Schwarzwald)*. Selbstverlag der Gemeinde Feldberg, Feldberg, 591 S.

Wimmenauer, W. 1990: Das Grundgebirge. *In* Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (Hrsg.): *Erläuterungen zur geologischen Karte von Baden-Württemberg 1:25.000, Blatt 8114 Feldberg*. Landesvermessungsamt Baden-Württemberg, Stuttgart, 5–58.

Ziegler, P., 1992: European Cenozoic rift system. *Tectonophysics* 208: 91–111, https://doi.org/10.1016/0040-1951(92)90338-7.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau

Jahr/Year: 2024-2025

Band/Volume: 114

Autor(en)/Author(s): Hofmann Martin, Konold Werner

Artikel/Article: Landschaftsentwicklung im oberen Seebachtal (Südschwarzwald) im Spiegel neuer Forschungen: ein Exkursionsführer 127-154