

# Die eiszeitlichen Makroreste von Grosssäugern des Naturmuseums Olten : Gletschervorstösse des Rhonegletschers zwischen 50-20 ka und Rückschlüsse auf das Paläoklima

Autor(en): **Gnägi, Christian / Becker, Damien / Szidat, Sönke**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen / Naturforschende Gesellschaft des Kantons Solothurn**

Band (Jahr): **45 (2023)**

PDF erstellt am: **29.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-1007784>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Die eiszeitlichen Makroreste von Grosssäugern des Naturmuseums Olten – Gletscher- vorstösse des Rhonegletschers zwischen 50–20 ka und Rückschlüsse auf das Paläoklima

Christian Gnägi, Damien Becker, Sönke Szidat, Pia Geiger, Peter F. Flückiger

Dr. Christian Gnägi  
Länggasse 7  
3360 Herzogenbuchsee  
christian.gnaegi@weg-punkt.ch

PD Dr. Damien BECKER  
JURASSICA, Museum Route de Fontenais 21  
2900 Porrentruy  
Department of Geosciences  
University of Fribourg  
2900 Fribourg  
damien.becker@jurassica.ch

Prof. Dr. Sönke Szidat  
Departement für Chemie, Biochemie und Pharmazie  
Universität Bern  
Freiestrasse 3  
3012 Bern  
soenke.szidat@unibe.ch

Pia Geiger  
Haus der Museen | Naturmuseum Olten, Konradstrasse 7  
4600 Olten  
pia.geiger@olten.ch

Dr. Peter F. Flückiger  
Haus der Museen | Naturmuseum Olten, Konradstrasse 7  
4600 Olten  
peter.flueckiger@olten.ch

# Inhaltsverzeichnis

	<b>Zusammenfassung</b>   119
	<b>Schlagworte</b>   119
<b>1</b>	<b>Einführung</b>   120
<b>2</b>	<b>Die eiszeitlichen Ablagerungen im Raum Olten</b>   122
2.1	Ältere Strukturen und Ablagerungen   122
2.2	Ablagerungen der Birrfeld-Eiszeit   122
<b>3</b>	<b>Material und Methoden</b>   124
<b>4</b>	<b>Resultate</b>   124
4.1	Die eiszeitlichen Säugerreste des Naturmuseums Olten   124
4.2	Datierungen der Säugerreste   126
4.3	Fundmilieu der datierten Säugerreste   126
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>   128
5.1	Repräsentativität der Funde   128
5.2	Fluvioglaziale Aufschotterungen im Gletschervorfeld   128
5.3	Gletschervorstösse ins westliche Mittelland von 50–19 ka   129
5.3.1	Zwei grosse Aufschotterungsphasen   129
5.3.2	Aufschotterungsphase P1 45.5–42.5 ka   131
5.3.3	Aufschotterungsphase P2 26.25–19.1 ka   132
5.3.4	Beginn des definitiven Gletscherrückzugs aus der Maximalposition $\geq 19.3$ ka ( $\pm 0.2$ )   133
5.4	Der Naturraum Olten im Spiegel der Säugerfunde   133
<b>6</b>	<b>Schlussfolgerungen</b>   135
	<b>Dank</b>   135
<b>7</b>	<b>Literatur</b>   136
<b>8</b>	<b>Anhang</b>   138

# Die eiszeitlichen Makroreste von Grosssäugern des Naturmuseums Olten – Gletschervorstösse des Rhonegletschers zwischen 50–20 ka und Rückschlüsse auf das Paläoklima

Christian Gnägi, Damien Becker, Sönke Szidat, Pia Geiger, Peter F. Flückiger

## Zusammenfassung

Erstmals wird die komplette, nachbestimmte und rekonstruierte Sammlung der Makroreste eiszeitlicher Grosssäuger des Naturmuseums Olten vorgestellt und zu den Vergletscherungen, dem Klima und dem Ökosystem in Beziehung gesetzt. Die rund 100 Funde repräsentieren 13 für das Spätpleistozän charakteristische Taxa.

Der Raum Olten gehörte während der letzten Kaltzeit wiederholt zum Gletschervorfeld des Rhone-Aaregletschers und ist somit eine Schlüsselregion für die Datierung der Vorstossabfolge. Ein besonderer Schwerpunkt liegt deshalb auf den 13 Funden aus den glazialen Schotterfeldern rund um Olten, die mit der  $^{14}\text{C}$ -Methode (Radiokarbonmethode) datiert werden konnten. Sie umfassen den Zeitraum von 45–19ka. In keinem anderen eiszeitlichen Gletschervorfeld der Schweiz besteht eine derartige Fülle von so präzisen Datierungen. Die Datierungen beziehungsweise die aktuellen Redatierungen werden hier zum grossen Teil erstmals publiziert. Sie dokumentieren zwei Hauptaufschotterungsphasen um 44ka und 26–19ka durch Gletschervorstösse ins Mittelland. Während die kurze Phase um 44ka eher auf einen Vorstoss des Aaregletschers hindeutet, entspricht die Hauptphase 26–19ka der jüngsten Vergletscherung (Hochglazial) durch den vereinigten Rhone-Aaregletscher. Die Funde legen für die Hauptphase einen dreifachen Vorstoss nahe, je einen kürzeren um 26ka

und 20ka sowie einen längeren zwischen 24–21ka. Die Aufschotterungen bedingen Schmelzwasserströme und dokumentieren damit, dass die Gletscher auch im Hochglazial zumindest im Sommer temperiert waren. Es herrschte nicht eine polare Wüste vor, sondern ein Ökosystem, das grossen Herbivoren eine genügende Nahrungsbasis und auch für Menschen eine Existenz bot. Der Beginn der Rückzugsphase kann auf 20–19ka festgelegt werden.

## Schlagworte

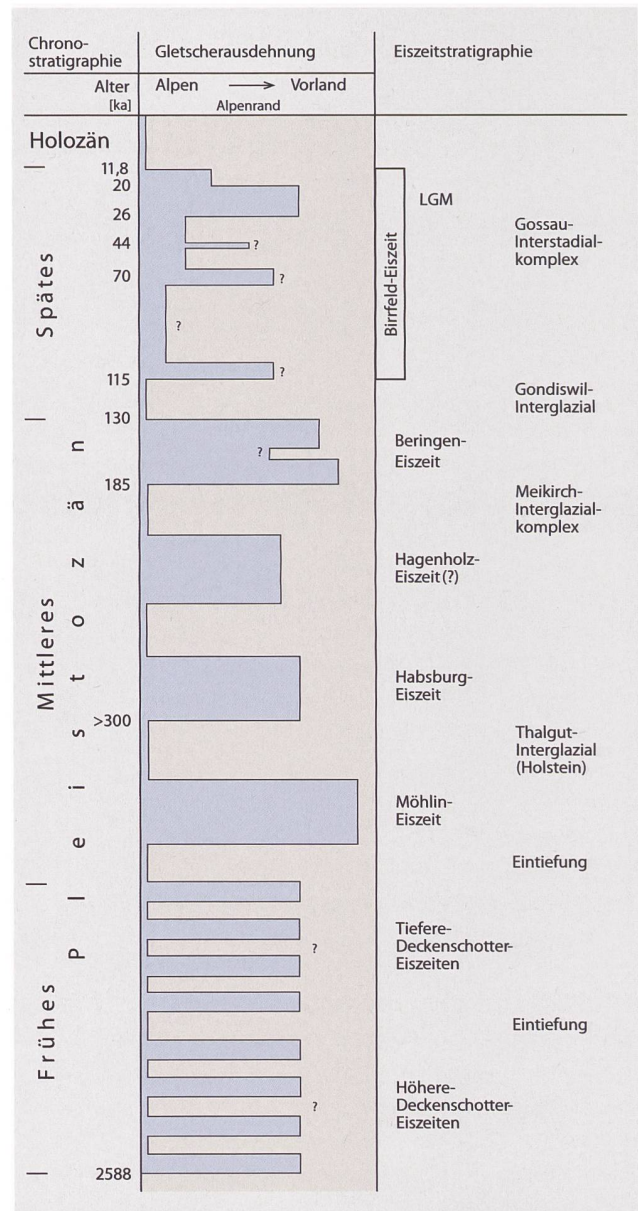
Quartär, Birrfeld-Eiszeit, eiszeitliche Grosssäuger, Paläoklima,  $^{14}\text{C}$ -Datierung, Rhonegletscher

# 1 Einführung

Das Eiszeitalter (Pleistozän) dauerte von 2.58 Mio. Jahren (Ma) bis zum Ende der Jüngeren Dryas um 11.8ka (Geologic time scale foundation: <https://timescalefoundation.org/gssp>). In diesen 2.58Ma fanden ausserordentlich viele Klimaschwankungen statt. So lässt sich aus der Sauerstoffsotopenkurve von Meeresbohrkernen auf mehr als 100 Wechsel zwischen globalen Kaltzeiten und Warmzeiten schliessen, mit einem konstant sinkenden Trend der Durchschnittstemperatur (Lisiecki & Raymo 2005). Als Kaltzeiten werden längere Perioden mit tieferen Durchschnittstemperaturen verstanden, die durch Warmzeiten, also Zeitintervalle mit höheren Durchschnittstemperaturen begrenzt werden. Das Klima schwankte aber nicht nur im globalen Massstab und zwischen langen Kalt- und Warmzeiten, sondern auch innerhalb der Warm- und Kaltzeiten. Am besten dokumentiert ist die aktuelle Warmzeit und die letzte Kaltzeit, die in der Quartärchronologie der Deutschschweiz Birrfeld-Eiszeit genannt wird (115–11.8ka, Graf & Burkhalter 2016; Abbildung 1).

In der Birrfeld-Eiszeit kam es in Nordeuropa, aber auch in der Schweiz, zu mehr als 50 Wechseln zwischen kürzeren Kalt- und Warmphasen von einigen hundert bis mehreren tausend Jahren (Kindler et al. 2014; Moseley et al. 2020). Die kalten sind die Grönland-Stadiale GS und die warmen die Grönland-Interstadiale GI (Rasmussen et al. 2014; Abb. 5). In der Schweiz spiegeln sich diese Wechsel unter anderem auch in der Zusammensetzung von Tropfsteinen (Moseley et al. 2020), die durch den Zerfall natürlicher Vorkommen radioaktiver Elemente (Uran/Thorium) recht genau datiert werden können. Die Übereinstimmung mit den grönländischen Eisbohrkernen ist sehr hoch. Dies bedeutet, dass die Daten aus den grönländischen Eisbohrkernen auf die Verhältnisse der Schweizer Alpennordseite übertragbar sind. Die Eisbohrkerne zeigen, dass das Muster von häufigen Klimawechseln auch für frühere Kaltzeiten galt. Kaltzeiten waren also in der Schweiz nicht Eiszeiten im Sinn, dass unser Land jeweils mehrheitlich unter einer Eisdecke gelegen hätte, sondern sie waren mehrheitlich kühl, zwischenzeitlich kalt mit Gletschervorstössen und unterbrochen von vielen Warmphasen (Heiri et al. 2014). In den letzten beiden Kaltzeiten stiessen die Gletscher jeweils mehrmals ins Mittelland vor und zogen sich dann wieder zurück. Die Vegetation reichte von Tundra bis zu Eichenmischwald. Es ist deshalb präziser, das Bild der «Eiszeiten» durch den Begriff Kaltzeit zu ersetzen, wenn auch in der chronologischen Nomenklatur der Name «Eiszeit» fest etabliert ist.

Rhone- und Aaregletscher bauten jeweils das Eisfeld des westlichen Mittellands auf. Modellierungen lassen



**Abbildung 1: Quartärstratigraphisches Schema der schweizerischen Alpennordseite | Das Schema zeigt in grober Auflösung den derzeitigen Wissensstand bezüglich Abfolge von Kaltzeiten mit Gletschervorstössen ins Vorland. Da viele Sedimente nur noch reliktsch vorhanden sind, ist dies die minimale Anzahl Vorstösse. | nach Bläsi et al. 2018; modifiziert**

vermuten, dass ihre Anteile je nach klimatischer Konstellation in den einzelnen Vergletscherungen verschieden gross waren – und damit auch der Konfluenzbereich nicht immer am gleichen Ort lag. Möglicherweise war bei kürzeren Kälteperioden der Aaregletscher dominant (Reber & Schlunegger 2016). Der Rhonegletscher teilte sich bei seinen Mittellandvorstössen im heutigen Genferseebecken: ein Arm floss weiter Richtung Lyon, der andere gegen Nordosten dem Jura entlang ins Mittel-

land. Für die Birrfeld-Eiszeit wurden bisher im westlichen Mittelland mindestens drei Vergletscherungsphasen vermutet, unterbrochen durch Gletscherrückzüge unbekanntes Ausmasses (Preusser et al. 2011). Datierungen aus der Region Olten weisen um 44 ka eine massive Aufschotterung mit alpinem Material nach, was ein Hinweis auf einen weiteren Gletschervorstoss ist (Gnägi et al. 2021). Olten war zwar in der Birrfeld-Eiszeit nie vergletschert, gehörte aber mehrmals zum Gletschervorfeld, was die Konservierung der hier präsentierten Makroreste ermöglichte. Nachweise, dass der Rhone-Aaregletscher das heutige Gebiet von Olten ebenfalls überfahren hat, erfolgten nur aus zwei Vereisungsphasen, die Preusser et al. (2011) der Möhlin- und Beringen-Eiszeit zuweisen (Abbildung 1). Moränenreste auf den Jurahöhen nördlich von Olten wurden bis 860 m ü. M. gefunden (Flueberg, Gemeinde Wisen), also gut 400 m höher als Olten (Bläsi et al. 2018). Mindestens einmal drang das Eis über die niederen Jurapässe, wie den Unteren und Oberen Hauenstein, in den Nordjura vor – bis vor die Tore Basels. Für ältere Kaltzeiten ist die Datenlage jedoch schwach (Preusser et al. 2011), denn die Gletschervorstösse erodierten enorm viel der früheren Ablagerungen. Damit sind ältere Sedimente ausserhalb von glazial übertieften Becken selten und ihre Datierung ist immer noch mit grossen Unsicherheiten verbunden. In den letzten Jahren setzte die Quartärforschung denn auch einen Schwerpunkt bei den glazial übertieften Becken. Ein solches liegt zwischen Solothurn und Wangen a. A., ein weiteres zwischen Aarburg und Rothrist (Bitterli et al. 2011). Das Felsrelief am Jurasüdfuss zeigt zwischen Yverdon und Olten eine lineare, manchmal mehrspurige Abfolge von solchen Becken, Trögen und Schwellen, mit einem Tiefpunkt unter dem Neuenburgersee auf der Höhe des Meeresspiegels (Gnägi 2011a). Oft sind dies heute aufgefüllte, postglaziale Seebecken, aber auch die aktuellen grossen Alpenrand- und Mittellandseen sind glazigen entstanden. Es ist deshalb davon auszugehen, dass nach jeder Vergletscherung solche Becken mit Seen zurückblieben (Graf 2009). Für alpine Schotterströme bildeten diese Sedimentsenken. Das heisst, die Schotter wurden darin abgelagert und konnten erst darüber hinaus transportiert werden, wenn das Becken aufgefüllt war.

Hinterlassen haben die Gletscher Kies, Moränen, Findlinge, Seesedimente, Gletscherschliffe und Gletschermühlen. Die Schmelzwasserflüsse führten zu mächtigen Aufschotterungen in den Gletschervorfeldern. Auf feinkörnigen Sedimenten entstanden Seen, die mit der Zeit zu Mooren verlandeten. In den Sedimenten blieben Pflanzenreste (Pollen, Blätter und Holz) sowie Knochen und Zähne von Tieren erhalten (z.B. Hajdas et al. 2007, 2009). Oft wurden die Funde auf Baustellen oder beim Kiesabbau zufälligerweise freigelegt. Rund um Olten bestanden und bestehen in den Schotterebenen des

Aare- und Dünnerntals viele Kiesgruben, die bis heute spannende Funde liefern.

Die Rekonstruktion der Klimaansprüche der gefundenen Arten erlaubt vorsichtige Aussagen über das Paläoklima. Während den Eisvorstössen bildeten Kältesteppen (Tundra) die Gletschervorfelder, mit sommergrünen Sträuchern, Zwergbäumen, Gräsern, Moosen und Flechten. In den wärmeren Zwischenphasen und den Zwischeneiszeiten wuchs im Mittelland Wald – in den wärmsten Phasen Eichenmischwald, meist aber borealer Nadelwald oder Föhrenwald (Heiri et al. 2014). Warmzeitliche Sedimente sind zwar aus dem Raum Olten keine bekannt, aber in verschiedenen Mooren aus andern Gegenden wurden Pollen gefunden, die das belegen. Die Vegetation der Kaltzeiten bot in der Region Olten einer kältetoleranten Faunengemeinschaft Lebensraum und eine gute Nahrungsbasis. Darunter sind Tierarten, die heute ausgestorben sind (Wollhaarmammut *Mammuthus primigenius*, Wollhaarnashorn *Coelodonta antiquitatis*, Steppenwisent *Bison priscus*, Riesenhirsch *Megaloceros giganteus*, Wildpferd *Equus* sp.) oder nur noch in den Alpen (Alpensteinbock *Capra ibex*) beziehungsweise im Hohen Norden (Ren *Rangifer tarandus* und Moschusochse *Ovibos moschatus*) vorkommen. Datierungen dieser Funde geben Hinweise zu präziseren Einordnungen der Gletschervorstösse und erhellen die landschaftlichen Veränderungen durch das Erosions- und Sedimentationsgeschehen.

## 2 Die eiszeitlichen Ablagerungen im Raum Olten

Der folgende Kurzausschnitt der quartärgeologischen Verhältnisse beruht auf den Blättern des Geologischen Atlas der Schweiz 1:25'000 Murgenthal, Balsthal und Hauenstein und ihren Erläuterungen (Bitterli et al. 2011, Bläsi et al. 2015, Bläsi et al. 2018), für die der Erstautor das Quartär bearbeitete. Für detailliertere Angaben und Kartenansichten ist der Leser gebeten, diese Werke zu konsultieren, die unter [map.geo.admin.ch](http://map.geo.admin.ch) einsehbar sind (Karten und zugehörige Erläuterungen).

### 2.1 Ältere Strukturen und Ablagerungen

Neben Resten von Grundmoräne auf den Hügelzügen beschränken sich die eiszeitlichen Ablagerungen in der Region Olten primär auf Tröge und Rinnen. Die folgenden Interpretationen bauen auf der Auswertung von Aufschlüssen und Bohrungen auf. Datierungen liegen nur aus der Birrfeld-Eiszeit vor. Entsprechend sind die zeitlichen Zuordnungen älterer Sedimente zu bestimmten Vergletscherungen Annahmen. Zwischen Wangen a. A. und Olten bestehen drei in die Molasse eingeschnittene, parallel verlaufende glaziale Tröge und ein Becken (Abb. 2; Bitterli et al. 2011; Gnägi 2011a; Bläsi et al. 2015): der Höhere und Tiefere Berken-Trog, der Bipper-Trog mit der Gäu-Rinne als nordöstlicher Fortsetzung und das Aarburg-Becken (Abbildung 2). Berken- und Bipper-Trog sind die Fortsetzung des Solothurn- und Seeland-Trogs weiter westlich.

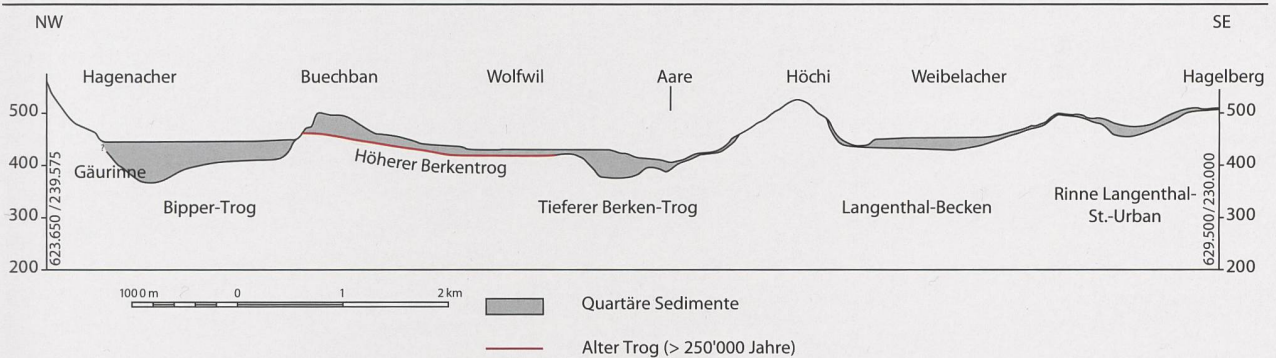
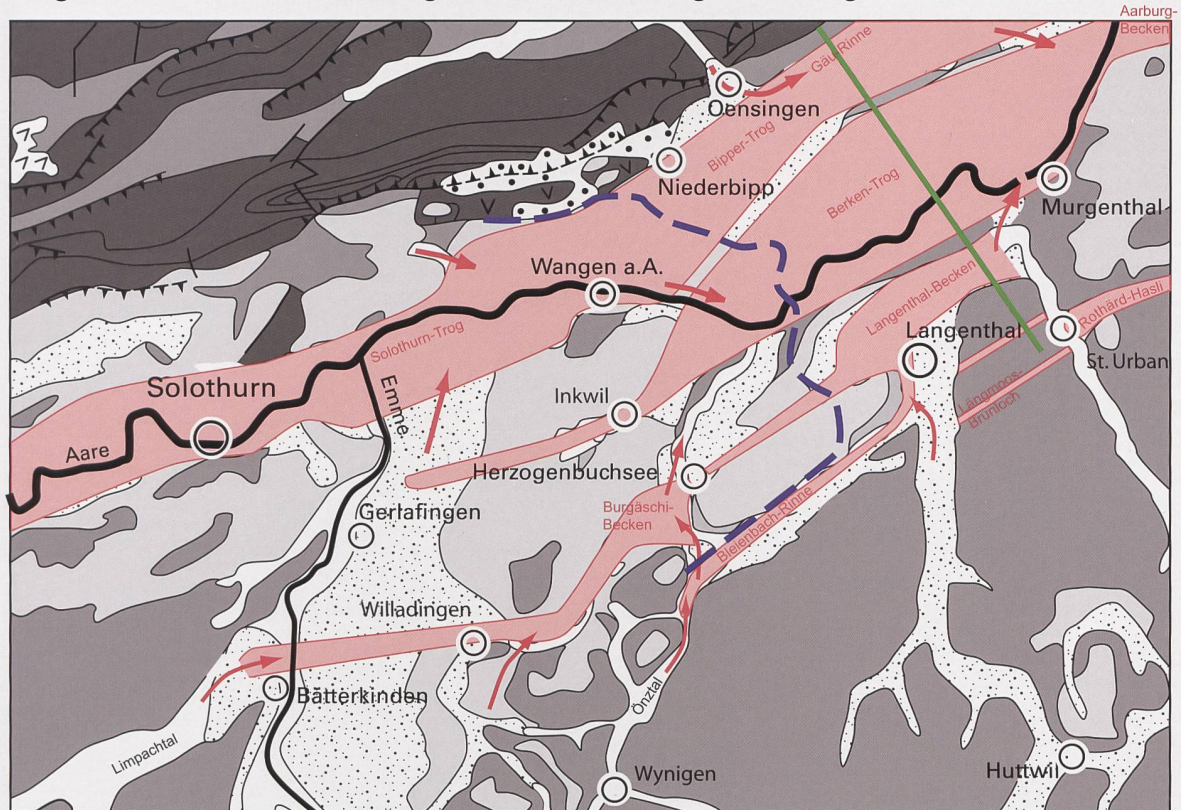
Der Höhere Berken-Trog ist die älteste und höchstgelegene noch erhaltene Entwässerungsstruktur westlich von Olten. Die zugehörigen Sedimente stehen am Hügelzug zwischen Kestenholz und Wolfwil an (Bläsi et al. 2015). Es sind der Niederbuchsiten-Schotter (z.B. bei Koord. 2'625'30 1'236'130, an der Wolfwilerstrasse) und Grundmoräne, in den Quertälern Löss (z.B. bei Ober Schweissacker, Koord. 2'625'140 1'235'475). Der Bipper- und der Tiefere Berken-Trog sind partiell darin eingeschnitten. Im Bipper-Trog verläuft ab Oensingen die Gäu-Rinne, die bei Olten in die Aare-Rinne mündet. In den Bipper-Trog ging die Sackung von Wiedlisbach nieder und weitere Felsstürze, z.B. bei Oensingen (Bläsi et al. 2015). Die Trogfüllung besteht zudem aus einer nicht weiter differenzierbaren Sequenz fluvioglazialer Schotter (Attiswil-Schotterkomplex), wechsellagernd mit Grundmoräne aus den Vorstössen vermutlich der zweitletzten Eiszeit. Der Tiefere Berken-Trog enthält an der Basis eine Rinne mit dem zementierten Wolfwil-Schotter. Im Hangenden folgen Grundmoräne und

der Berken-Schotter. Am nordöstlichen Ende weitet sich der Trog zum übertiefen, aber heute verfüllten Aarburg-Becken (Bitterli et al. 2011). Bipper-Trog, Tieferer Berken-Trog und Aarburg-Becken enthalten unter den letzteiszeitlichen *cut-and-fill*-Schotterkomplexen (*cut-and-fill* siehe nächsten Abschnitt) mächtige Seesedimente (Schwarzhäusern-Lehm, Berken-Sand) aus der Zeit, als der Gletscher, vermutlich während der zweitletzten Eiszeit, zwischenzeitlich die Klus von Aarburg verschloss (Bläsi 2015).

### 2.2 Ablagerungen der Birrfeld-Eiszeit

Grundmoräne, die der Birrfeld-Eiszeit zugeordnet werden kann, ist im N bis Niederbipp nachweisbar (Bläsi et al. 2015), im Aaretal bis Bannwil und im Süden bis nach Bützberg. Zwischen Niederbipp und Bannwil sowie bei Bützberg markiert eine Endmoränenzone die Maximalausdehnung mehrerer Vorstösse (Bläsi et al. 2015). Es ist eine bogenförmige Struktur, die im Längswald aus lauter aufgelösten Einzelhügelchen besteht. Einen eigentlichen Endmoränenwall gibt es nur beim Erlimoos in Oberbipp (Koord. 2'617'130 1'233'650) und bei Bützberg (Koord. 2'623'120 1'229'335). Die zugehörigen drei korrespondierenden Schotterfelder des Dünner-, Aare- und Langetetal (Abbildung 3) werden durch den Gäu-Schotterkomplex aufgebaut. Die Aufschotterungshöhe setzt bei Niederbipp auf 470m ü.M. an und liegt am Terrassenrand bei Olten auf 415m ü.M., etwa 25 m über dem heutigen Aarebett. Der Gäu-Schotter umfasst die hier bisher nicht weiter differenzierbaren Aufschotterungen der Vergletscherungen der Birrfeld-Eiszeit (Bitterli et al. 2011). Schotterkomplex deshalb, weil sich bei jedem Gletscherrückzug neue Rinnen mit zugehörigen Terrassen einschnitten. Da das Schmelzwasser beim Gletscherrückzug ab Wangen a. A. nur noch via Aare abfloss, kam es im Bipper-Trog durch Rückwärtserosion der Dünner vom Zusammenfluss mit der Aare bis nach Wangen b.O. zu einem Einschneiden um ca. 25 m. Entlang der Aare entstand unterhalb von Wangen a. A. eine charakteristische Terrassenstufenlandschaft. Im Süden war die gleiche Situation wie im Dünnerental. Das Schmelzwasser floss bald durchs Önzental der Aare zu. Im Langetetal entstand ebenfalls durch Rückerosion der Langete vom Zusammenfluss mit der Aare her eine Terrassenstufe zwischen Wynau und Roggwil. Die Terrassenritte im Aaretal sind oft von einer Rückzugsschotterlage bedeckt, nicht selten mit einem Findlingshorizont an der Basis, falls eine Grundmoräne «durchgewaschen» wurde (Gnägi 2011b). Beim nächsten Vorstoss wurde die Rinne wieder verfüllt. Deshalb sind in einem Kiesgrubenprofil nicht immer die jüngsten Schotter zuoberst und die ältesten zuunterst, wie man dies vermuten könnte,

## Tröge und Rinnen im Endstandsgebiet der letzten Vergletscherung



**Abbildung 2: Tiefe Rinnen und Tröge im Endstandsgebiet der letzten Vergletscherung des Rhone-Aaregletschers (nach Gnägi 2011a)**

sondern jüngere Schotter können als Rinnenfüllung in ältere eingeschachtelt sein.

Südlich der Born-Engelberg-Antiklinale (Jura) befindet sich der Konfluenzpunkt des Aare- und Wiggertals. Die Aare-Rinne führt von dort durch die Bornklus, anschliessend dem Südrand des Faltenjuras entlang, um dann

den Jura ab Wildegg in Richtung Rheintal zu queren. Das Schotterspektrum der Aare erhält dadurch ab Aarburg einen zusätzlichen Input von Nagelfluh-Schotter.



### 3 Material und Methoden

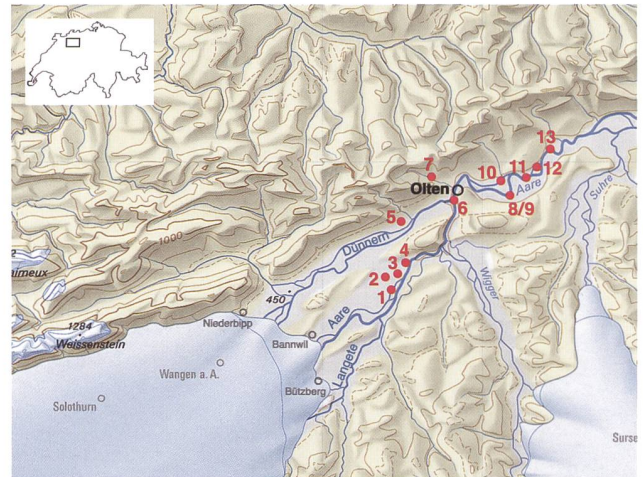
Die Makroreste eiszeitlicher Grosssäuger der Sammlung des Naturmuseums Olten wurden vergleichend anatomisch und morphometrisch untersucht und wenn möglich auf Artniveau bestimmt. Diese Arbeiten führte Damian Becker und sein Team von JURASSICA, Porrentruy, durch. Das Inventar wurde komplett aufgearbeitet, die Daten digitalisiert und die Taxa nachbestimmt.

Die erste Serie Datierungen wurde an der ETH Zürich durchgeführt, die weiteren an der Universität Bern (siehe Labor-Codes ETH bzw. BE unter den Datierungsnummern in Tabelle 2). Für die Datierung der Makroreste von Säugetieren eignet sich die Radiokarbon- ( $^{14}\text{C}$ -) Methode bis zu einem Alter von 50ka. Für ältere Funde kann diese Methode nicht mehr angewandt werden, da bei ~50ka die Nachweisgrenze erreicht ist. Für die Datierung werden Knochen oder (Stoss-)Zähne verwendet. Aus diesem Material wird das Collagen extrahiert, was einen guten Erhaltungszustand der Funde voraussetzt. Das Collagen wird dann in Grafit überführt, welches schliesslich mit Beschleuniger-Massenspektrometrie analysiert wird. Die Radiokarbonmessungen werden zunächst als  $^{14}\text{C}$ -Alter «BP», before present (entspricht 1950 n. Chr.) angegeben. Da der  $^{14}\text{C}$ -Gehalt der Atmosphäre über die Jahrtausende nicht konstant war, müssen diese Messergebnisse noch kalibriert werden. Der Zusatz «IntCal20» bezeichnet die dafür verwendete internationale Kalibrationskurve, welche das letzte Mal 2020 aktualisiert wurde. Je nach Verwendungszweck werden  $^{14}\text{C}$ -Alter verschieden angegeben. In der Archäologie und der Paläozoologie sind Altersangaben «v. Chr.» verbreitet. In der Quartärgeologie werden aber meist b2k-Alter verwendet, was vor (before) dem Jahr 2000 bedeutet. Da jedes Datierungsverfahren gewisse methodische Unsicherheiten beinhaltet, wird meist das 95%-Intervall, also die Bandbreite, in der die Datierung mit 95%-iger Wahrscheinlichkeit korrekt ist, angegeben. Dabei ist «ka» die Abkürzung für Jahrtausend. «26.2–25.7 ka  $^{14}\text{C}$  b2k IntCal20» bedeutet also, dass der Fund mit der  $^{14}\text{C}$ -Methode datiert und mit IntCal20 kalibriert wurde und mit 95%-iger Wahrscheinlichkeit aus der Zeit zwischen 26200 und 25700 Jahren vor 2000 n. Chr. stammt, also aus heutiger Sicht in etwa 25720–26220 Jahre alt ist. Hier im Text wird der Einfachheit halber immer nur der Zusatz «ka» im Sinn von 2bk verwendet. Ganz genau müsste man also immer noch die paar Jahre dazuzählen, die seit dem Jahr 2000 bis zur Datierung vergangen sind.

### 4 Resultate

#### 4.1 Die eiszeitlichen Säugerreste des Naturmuseums Olten

Die Makrofunde grosser Säugetiere aus dem Pleistozän der Region Olten sind ein wesentlicher Bestandteil der Sammlung des Naturmuseums Olten. Sie sind über die letzten 150 Jahren aus dreizehn Ortschaften zusammengekommen (Abbildung 3).



**Abbildung 3: Fundstellen der eiszeitlichen Makroreste des Naturmuseums Olten**

**Die Grundkarte zeigt die Kompilation der grössten Gletscherausdehnungen der Birrfeld-Eiszeit im Endstandsgebiet des Rhone-Aaregletschers. Die grauen Flächen sind die Aufschotterungen der Gletschervorfelder mit den drei Schotterströmen des Dünern-, Aare- und Langetetals. Fundorte: 1 Fulenbach, 2 Härkingen, 3 Gunzgen, 4 Boningen, 5 Hägendorf, 6 Olten, 7 Trimbach, 8 Dulliken, 9 Däniken, 10 Obergösgen, 11 Gretzenbach, 12 Niedergösgen, 13 Niedererlinsbach (© Grundkarte: swisstopo Letzteiszeitliches Maximum 1:500'000)**

Unter der Bezeichnung «Olten» wurden die Fundstellen Hammer, Rötzmatt, Gheid, Hardegg, Mühletäli und Unter Fustlig zusammengefasst. Insgesamt konnten 101 Specimen identifiziert werden, die Mehrheit davon auf Artniveau. Auf der Grundlage der Methoden der vergleichenden Anatomie und der Morphometrie wurden die Funde 13 Taxa zugeordnet (Tabelle 1 und Anhang).

Wollhaarmammut (*Mammuthus primigenius*, Abbildung 7), Wollhaarnashorn (*Coelodonta antiquitatis*), Steppenwisent (*Bison priscus*) und Wildpferd (*Equus* ssp.) sind charakteristisch fürs Spätpleistozän (126–11.8ka) in Westeuropa und kamen verbreitet vor (Kahlke 1999; Becker et al 2009, 2013, 2015). Neben den klassischen Vertretern des Mam-

muthus-Coelodonta-Faunenkomplexes (sensu Kahlke 1999) kamen in der Region Olten auch einige etwas seltenere Taxa wie der Höhlenlöwe (*Panthera spelaea*), der Riesenhirsch (*Megaloceros giganteus*) oder das Ren (*Rangifer tarandus*) vor. Die Hauptschwierigkeit bei der Bestimmung bereitet stets die Systematik der Wildpferde. Auf Artniveau ist eine Identifikation schwierig, weil es morphologisch

sehr ähnliche Populationen gibt, die von vielen Autoren verschiedenen Spezies zugeordnet werden (zum Beispiel Eisenmann 1991, Savoy et al. 2013). Das Vorkommen von *Equus germanicus* scheint trotz einer vorsichtigen Zuordnung zu *E. cf. germanicus* ziemlich sicher. Es kann aber bei einigen Funden eine kleinere Art in der Grösse von *Equus hemionus* nicht ausgeschlossen werden.

**Tabelle 1: Pleistozäne Grosssäugerfunde aus der Region Olten**

Fundort	N Funde total	N Funde je Art	Artname, lat.	Artname, dt.
Boningen	1	1	<i>Cervus elaphus</i> Linnaeus 1758	Rothirsch
Däniken	1	1	<i>Mammuthus primigenius</i> (Blumenbach 1799)	Wollhaarmammut
Dulliken	3	1	<i>Bison priscus</i> Bojanus 1827	Steppenwisent
		1	<i>Equus</i> sp.	Wildpferd
		1	<i>Mammuthus primigenius</i> (Blumenbach 1799)	Wollhaarmammut
Fulenbach	2	1	<i>Equus</i> sp.	Wildpferd
		1	<i>Equus cf. germanicus</i>	dito
Gretzenbach	3	1	<i>Coelodonta antiquitatis</i> (Blumenbach 1799)	Wollhaarnashorn
		1	<i>Equus</i> sp.	Wildpferd
		1	<i>Mammuthus primigenius</i> (Blumenbach 1799)	Wollhaarmammut
Gunzgen	3	1	<i>Bison priscus</i> Bojanus 1827	Steppenwisent
		2	<i>Mammuthus primigenius</i> (Blumenbach 1799)	Wollhaarmammut
Hägendorf	1	1	<i>Megaloceros giganteus</i> (Blumenbach 1799)	Riesenhirsch
Härkingen	4	1	<i>Coelodonta antiquitatis</i> (Blumenbach 1799)	Wollhaarnashorn
		1	<i>Equus</i> sp.	Wildpferd
		1	<i>Equus cf. germanicus</i>	dito
		1	<i>Mammuthus primigenius</i> (Blumenbach 1799)	Wollhaarmammut
Niedererlinsbach	2	1	<i>Bison priscus</i> Bojanus 1827	Steppenwisent
		1	<i>Rangifer tarandus</i> (Linnaeus 1758)	Ren
Niedergösgen	1	1	<i>Mammuthus primigenius</i> (Blumenbach 1799)	Wollhaarmammut
Obergösgen	1	1	<i>Rangifer tarandus</i> (Linnaeus 1758)	Ren
Olten	78	2	<i>Bison priscus</i> Bojanus 1827	Steppenwisent
		2	<i>Bos primigenius</i> Bojanus 1827	Auerochse
		3	Bovidae indet.	Rind, unbestimmt
		1	<i>Capra ibex</i> Linnaeus 1758	Steinbock
		3	<i>Cervus elaphus</i> Linnaeus 1758	Rothirsch
		5	<i>Coelodeonta antiquitatis</i> (Blumenbach 1799)	Wollhaarnashorn
		25	<i>Equus cf. germanicus</i>	Wildpferd
		3	<i>Equus cf. hemionus</i>	dito
		5	<i>Equus</i> sp.	dito
		7	<i>Mammuthus primigenius</i> (Blumenbach 1799)	Wollhaarmammut
		1	<i>Ovibos moschatus</i> (Zimmermann 1780)	Moschusochse
		1	<i>Panthera spelaea</i> (Goldfuss 1810)	Höhlenlöwe
		16	<i>Rangifer tarandus</i> (Linnaeus 1758)	Ren
		1	<i>Sus</i> sp.	Wildschwein
		3	Mammalia indet.	Säugetier, unbestimmt
Trimbach	1	1	<i>Equus</i> sp.	Wildpferd

## 4.2

### Datierungen der Säugerreste

Es konnten 13 eiszeitliche Grosssäugerreste der Region Olten mit  $^{14}\text{C}$  datiert werden (Tabelle 2). Einige Funde, vor allem solche, bei denen die Datierung länger zurücklag, wurden wegen der Weiterentwicklung der  $^{14}\text{C}$ -Methode später nochmals datiert. Dort wo zwei Datierungen vorliegen, wurde für die Interpretation die neuere verwendet. Die Alter liegen alle zwischen 45–19ka. Es sind sowohl Knochen als auch Zähne darunter. Zwei Mammutreste, je einer aus Dulliken und einer aus Gunzgen, stammen aus einer älteren Aufschotterungsphase um 44ka (Gnägi et al. 2021). Alle anderen Alter liegen zwischen 26–19ka, was der jüngsten Vergletschungsphase der Birrfeld-Eiszeit entspricht (Abbildung 1).

**Tabelle 2:  $^{14}\text{C}$ -Datierungen von Grosssäuger-Makroresten der Birrfeld-Eiszeit aus der Sammlung des Naturmuseums Olten | Die früheren Datierungen wurden alle mit der neusten Kalibrationskurve IntCal20 nachgerechnet. In der Spalte Datierung ist die Erstpublikation angegeben und die Publikation der neusten Kalibrierung.**

Artname, lat.	Fundort	Koord. X	Koord. Y	m ü.M.	Inventar-nr. NMO	Fundjahr	
<i>Mammuthus primigenius</i>	Dulliken Kiesgrube Hard	639624	243846	391	26736	2018	
<i>Mammuthus primigenius</i>	Gunzgen Kiesgrube Forenban	630600	238400	415	26637	2014	
<i>Mammuthus primigenius</i>	Härkingen Kiesgrube Untere Allmend / Oberban	629123	237435	420	26639	2016	
<i>Mammuthus primigenius</i>	Gunzgen Kiesgrube Forenban	Baggersee			26576	2003	
<i>Mammuthus primigenius</i>	Däniken Kiesgrube Hard	639732	244048	391	26629	2008	
<i>Bison priscus</i>	Dulliken Kiesgrube Hard	639575	243876	399	26737	2019	
<i>Equus</i> sp.	Dulliken Kiesgrube Hard	639730	244055	390	26644	2008	
<i>Bison priscus</i>	Niedererlinsbach Kiesgrube Belser				26627	1980	
<i>Equus</i> cf. <i>germanicus</i>	Härkingen Kiesgrube Untere Allmend / Oberban	629300	237600	422	26640	2008	
<i>Equus</i> sp.	Härkingen Kiesgrube Untere Allmend / Oberban	629088	237559	407	26765	2022	
<i>Coelodonta antiquitatis</i>	Härkingen Kiesgrube Untere Allmend / Oberban	629230	237850	416	26638	2012	
<i>Mammuthus primigenius</i>	Olten Hardeggen	635575	244843	405	26628	1901	
<i>Capra ibex</i>	Olten Hammer				26752	1892	

## 4.3

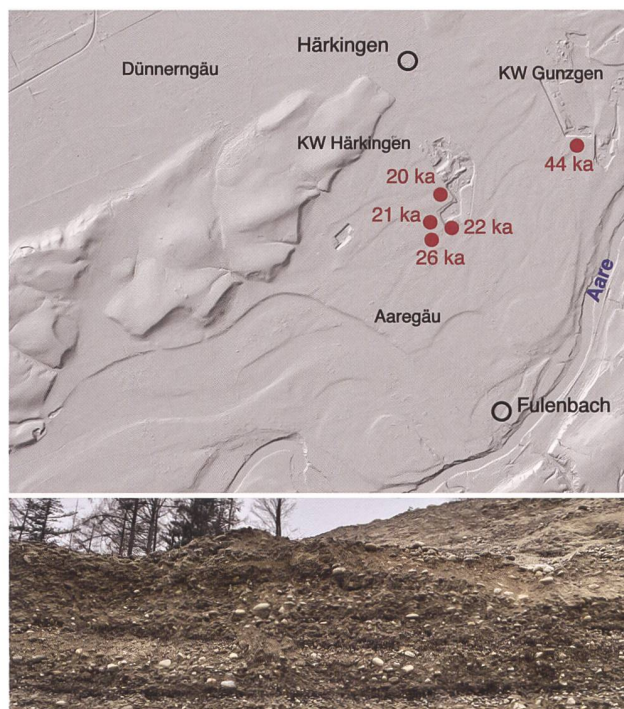
### Fundmilieu der datierten Säugerreste

Abbildung 1 lokalisiert die Fundorte der Makroreste des Naturmuseums Olten. Sie liegen 10–25 km ausserhalb des Maximalstands der letzten Vergletscherung. Das Mammut von Olten-Hardeggen lag im Schwemmlöss, bei einigen Funden, z.B. von Trimbach und Olten-Hammer, fehlt die Angabe zur Fundschicht. Die meisten stammen aber aus Kiesgruben des Aare- und Dünnerntals. In Härkingen wurden die Pferdeknöchel von 2007 und 2008 in einer Lehmabank gefunden, die anderen lagen in fluvio-glazialen Schottern (Abbildung 3).

Das Kieswerk Härkingen hat mit fünf Funden am meisten zu den Datierungen beigetragen (Abbildung 4). Alle lagen im gleichen Bereich der Kiesgrube Untere Allmend / Oberban. In den anderen Teilen der Grube wurden nie Makroreste gefunden. Die Kiesablagerungen sind dort korngestützt und kreuz- bis planargeschichtet, je nach Anschnittwinkel zur ehemaligen Fliessrichtung. Die Gerölle sind nicht eingeregelt und noch nicht vollständig gerundet. Charakteristisch ist die Ereignisschichtung, eine Wechsellagerung von gut sortiertem, nahezu sandfreiem Mittelkies mit schlechtersortierten, mächtigeren Lagen, die Steine bis 15 cm Durchmesser und viel Sand enthalten.

Selten stehen auch reine Sand- oder Lehmlagen an. Dass der Anteil grober Steine tief ist und Blöcke sehr selten sind, zeugt davon, dass dieser Grubenteil abseits der Hauptabflussrinne lag. Bei einem grösseren Anteil der Grobfraction wären die Makroreste bald einmal zertrümmert worden. In der Fundschicht des Mammutzahns (26 ka) setzt sich die Mittelkiesfraktion aus folgenden Gesteinsklassen zusammen: Kristallin, 10 %, Quarzitische Gesteine, 27 %, Alpenkalk/Mergel, 29 %, Sandstein, 34 %. Jurakalke (weiss bis gelb) fehlen nahezu ganz.

**Abbildung 4: Heute noch sichtbares Reliefbild des ehemaligen Gletschervorfelds im Raum Fülenbach-Härkingen (oben) und Ausschnitt aus der Kiesgrubenwand Härkingen-Untere Allmend mit Ereignisschichtung (unten). Die Schotterebene des Dünnergäus (oben im Bild) setzt ausserhalb der Endmoränenzone der Vorstösse von 26–19 ka bei Niederbipp an (Abb. 2), die Schotterebene des Aaregäus (Bildmitte) bei Bannwil. Rote Punkte: Datierete Makroreste mit Alter (© Grundkarte: Reliefkarte swisstopo)**



Alter, <sup>14</sup> C BP	Alter v. Chr. kal. IntCal20	Alter 2bk kal. IntCal20	Datierung	Dat. Nr.	Publikation Datierung
40700 ± 1100	43400–40500	45400–42500	Szidat 2020	BE-13651	Gnägi et al. 2021
39659 ± 429	41940–40550	43940–42550	Hajdas 2014	ETH-57292	Flückiger 2015; Gnägi et al. 2023 (IntCal20)
41160 ± 340	42680–41350	44680–43350	Szidat 2020	BE-5157/8	Gnägi et al. 2021; Gnägi et al. 2023 (IntCal20)
21920 ± 50	24400–24000	26400–26000	Szidat 2022	BE-6035	Felber 2016; Gnägi et al. 2023 (IntCal20)
21000 ± 120	23720–23120	25720–25120	Bonani 2004	ETH-28441	Bucher & Flückiger 2005; Gnägi et al. 2023 (IntCal20)
21542 ± 57	24020–23810	26020–25810	Szidat 2020	BE-5434.1.1	Gnägi et al. 2023 (IntCal20)
12920 (±50)	13670–13320	15670–15320	Hajdas 2008	ETH-37528	Gnägi et al. 2023
21059 (±56)	23680–23270	25680–25270	Szidat 2022	BE-5435/6	
19300 ± 60	21760–21060	23760–23060	Szidat 2020	BE-13652.1.1	Gnägi et al. 2021
19160 ± 40	21210–21000	23210–23000	Szidat 2022	BE-6435.1.1	Gnägi et al. 2023
18890 ± 170	21140–20470	23140–22470	Szidat 2022	BE-5432.1.1	Gnägi et al. 2023
18060 ± 40	20190–19930	22190–21930	Szidat 2022	BE-6436.1.1	Gnägi et al. 2023
17550 ± 70	19460–19000	21460–21000	Szidat 2022	BE-18841.1.1	Gnägi et al. 2023
16549 ± 59	18270–17710	20270–19710	Bonani 2014	ETH-57495	Flückiger 2014; Gnägi et al. 2023 (IntCal20)
16601 ± 34	18250–17960	20250–19960	Szidat 2020	BE-5159.1.1	Gnägi et al. 2021
15910 ± 35	17420–17120	19420–19120	Szidat 2022	BE-6033	Gnägi et al. 2023
15920 ± 70	17490–17080	19490–19080	Szidat 2022	BE-18840.1.1	Gnägi et al. 2023

## 5 Diskussion

Aufgrund der Obergrenze von 50ka für Bestimmungen mit der Radiokarbon-Methode ( $^{14}\text{C}$ ) stammen alle datierten Taxa des Naturmuseums Olten aus der zweiten Hälfte der letzten Kaltzeit. Dadurch sind nur Aussagen über diese Zeit möglich.

### 5.1 Repräsentativität der Funde

Säugerreste blieben nur erhalten, wenn sie schnell eingesedimentiert wurden. Verbreitete Archive für Makroreste sind Höhlen, Karstspalten, Moore, Seen und Flussebenen. Wenn Tiere in einem Moor versanken, wurden ihre Reste bis zu ganzen Skeletten gut konserviert. Das zeigen die eingehend untersuchten Funde aus dem «Mammuttorf» von Niederweningen (Hajdas et al. 2007, 2009). Aber auch in dynamischen Flussebenen wurden in Aufschotterungsphasen einzelne Knochen und Zähne schnell genug eingesedimentiert. Beim Transport mit dem Kies wurden die Skelette jedoch zerlegt. Damit überlebten tierische Makroreste nur einen kurzen Transport, mit einer Selektion auf grössere und robustere Objekte, wie z.B. Mammutzähne. Mammutelfenbein hat eine Dichte von  $2.2 \text{ g/cm}^3$ . Das heisst es schwimmt nicht etwa, sondern es würde abgerollt wie ein Stein. Dem steht aber die länglich gebogene Form der Zähne entgegen. Alle datierten Funde zeigen keine markanten Abrollspuren. Es wird deshalb davon ausgegangen, dass die Tiere mehr oder weniger nah vom Fundort verendeten und damit die Funde aussagekräftig sind für das Gletschergeschehen am Fundort. Aufarbeitungen und Umlagerungen auf kurze Distanz können aber nicht ausgeschlossen werden, wie die Funde aus der Kiesgrube Härkingen Untere Allmend / Oberban zeigen (Abbildung 4). Dort wurden innerhalb kurzer Distanz und weniger Meter Höhendifferenz vier Makroreste mit Altern zwischen 26–19.7ka gefunden. Deshalb geben Funde nur das Maximalalter der Fundschicht an. Es gibt aber unter den datierten Funden kaum wissenschaftliche Fundprotokolle mit genau eingemessener Fundschicht und einem Schichtprofil. Oft lagen die Makroreste am Fuss der Wand oder fielen bei der Arbeit herunter und die Lage wurde im Nachhinein geschätzt. In Härkingen wurde ausnahmsweise ein Knochen vor dem Abbau in der Wand entdeckt (*Equus cf. germanicus*, 2008). Auf flachen Standorten sind die obersten 3 m des Kieses altershalber bereits stark verwittert und entkalkt, was die Erhaltung der Knochen beeinträchtigt. Diese Schichten sind für die Betonproduktion unbrauchbar und werden vor dem Kiesabbau abgestossen. Sie waren an den

Fundorten zum Zeitpunkt der Funde bereits nicht mehr vorhanden, sondern nur noch das unverwitterte Erstklasskies. Die Funde stammen also aus dieser Schicht. Der Pferdeknochen steckte 6m unter der Oberfläche. Wie oben dargelegt, besteht der Aufbau der Schotterströme hier aus *cut-and-fill*-Sequenzen. Die Tiefe unter der Oberfläche ist deshalb oft wenig aussagekräftig. Wichtig im Zusammenhang ist, dass alle Funde noch von mehreren Metern Schotter überlagert wurden. Sie zeigen deshalb ein Maximalalter für den Gletscherrückzug.

### 5.2 Fluvioglaziale Aufschotterungen im Gletschervorfeld

Der grösste Teil der Makroreste wurde in Schottern des Aare- und Dünnerntals gefunden. Doch was sagt dies nun bezüglich Gletschervorstössen ins Mittelland aus? Die petrographische Analyse in der Grube Härkingen zeigt einen Alpenkalkanteil von 29% und einen Quarz-/Quarzitanteil von 27%. Nur Emme, Langete und Wigger liefern zwischen Solothurn und Olten grössere Schottermengen in die Aare. Sie reflektieren aber das Napfnagelfluhspektrum, das durch einen hohen Quarz- und Kristallinanteil und nahezu keine Kalke charakterisiert ist (Gnägi 2009). Lediglich die Emme, die in den Kalkvorbergen der Alpenrandkette entspringt, führt auch wenig Alpenkalkgerölle. Heutige Aareschotter weisen dagegen einen Kalkanteil  $>50\%$  auf. Dies spiegelt sich in der Schotterzusammensetzung in Härkingen. Der Kalkanteil ist hier wesentlich höher als in der Emme, zeigt also den alpinen Einfluss, der Quarzanteil ist höher als in der Aare und zeigt den Input aus der Napfnagelfluh. Die Aufschotterungen bestehen also zu einem grossen Teil aus Voralpenmaterial mit einem Anteil Molassenagelfluh. Die alpinen Schotteranteile der Aare und ihrer Zuflüsse oberhalb von Solothurn bleiben heute in den Sedimentsenken der grossen Alpenrand- und Mittellandseen liegen. Die Aare führt ab dem Bielersee vor allem noch Sand. Damit wieder alpine Schotter in den Oberaargau gelangen könnten, müssten die Seen zuerst aufgefüllt werden. Die letzten 20000 Jahre genügten hierfür aber nicht. Wenn jedoch eine Vergletscherung über die Sedimentsenken der Seen ins Mittelland hinausreichte, wurden grössere Mengen von Alpenschottern im Oberaargau abgelagert, vor allem aus den Einzugsgebieten der Aare und Saane. Dabei sind zwei Szenarien möglich: Entweder der Rhonegletscher stiess übers Seeland hinaus vor oder der Aaregletscher unabhängig vom Rhonegletscher über Bern hinaus. Dass auch das zweite erfolgen konnte, ist durch ausgedehnte Schottervorkommen zwischen Moosseedorf und Bätterkinden im heutigen Unteren Emmental belegt (Gerber 1950). Die Präsenz des Rho-

negletschers ist durch Findlinge und Schotteranteile der charakteristischen Leitgesteinsarten des Mittel- und Unterwallis bezeugt (z.B. Allalin-Gabbro, Dent-Blanche-Granit, Mont-Blanc-Granit, Eklogit, Glaukophanschiefer, Vallorcine-Konglomerat). Diese machen aber, wie umfangreiche petrographische Analysen ergaben, in der Mittelkiesfraktion der Schotterfelder nur ca. 2% aus (Gnägi unpubl.). Schon die petrographische Analyse deutet also auf einen glazialen Einfluss bei der Ablagerung der hier betrachteten Aufschotterungen hin.

Die ehemalige Gletscherpräsenz zeigt sich durch Sedimente und Landschaftsformen. Neben Findlingen, Wall- und Grundmoränen sind Gletschervorfelder ein charakteristisches Landschaftselement, auch im Mittelland. Die Gletscher brachten viel Geschiebe mit sich, aber die Abflussmengen der Vorstossphase vermochten es nicht weit zu transportieren. Deshalb entstanden vor den Gletscherfronten mächtige Aufschotterungen. Das Gletschervorfeld wird durch verzweigte, wandernde Rinnen (*braided river system*) und assoziierte Kiesbänke geprägt, was im Querschnitt zur Fliessrichtung eine charakteristische Kreuzschichtung und im Längsschnitt eine planare Schichtung erzeugt. Tageszeitliche, saisonale und niederschlagsinduzierte Schwankungen des Wasserabflusses dominieren die Fazies und führen zu einer Ereignisschichtung (Abb. 4). Lehm- und Sandbänke wurden in abgeschnittenen Altläufen und Tümpeln abgelagert. Dies sind besonders interessante Archive auch für kleinere Makroreste. Beim Gletscherrückzug fielen grössere Schmelzwassermengen an. Dann wurde ein Teil der Schotter wieder aufgearbeitet, die Flüsse schnitten sich ein, und es entstanden charakteristische Terrassen, wie sie die Aarelandschaft unterhalb Wangen a. A. prägen (Bläsi et al. 2018). Direkt vom Gletscher freigegebene Geschiebe zeigen eine charakteristische Form, viele sind gekritz, kantig oder zerbrochen. Diese Merkmale werden im Lauf des fluvialen Transports abgeschliffen, und ihr Erhaltungsgrad ist ein Indiz für die Distanz des Ablagerungsorts von der Gletscherfront. Kantige Steine, auch harte Granite, sind bereits nach 20km vollständig gerundet (Gnägi 2009). Die unter Kapitel 4.3 beschriebene Geröllfazies ist charakteristisch für fluvio-glaziale Ablagerungen des distalen Gletschervorfelds weniger als 20km vor der Gletscherfront, wie sie sich auch in aktuellen Gletschervorfeldern beobachten lässt. In der Kiesgrube Härkingen werden wegen des Grundwasserschutzes nur die obersten 15m (415–431 m ü. M.) bezüglich der maximalen Aufschotterungshöhe der letzten Vergletscherung abgebaut. Die oberste Schotterlage wurde aus der nur knapp 10km entfernten Maximalposition (Bannwil) heraus geschüttet. Aufschotterungen im Dünnergäu, das höher liegt als der Aarelauf, setzten mindestens eine Gletscherpräsenz bei Wiedlisbach voraus. Nur dann erreichte die Aufschotterungshöhe die Attiswil-Terrasse (Bläsi et al. 2015).

## 5.3

### Gletschervorstösse ins westliche Mittelland von 50–19ka

#### 5.3.1

##### Zwei grosse Aufschotterungsphasen

Die datierten Makrofunde dokumentieren also, dass dann grosse Mengen Schotter mit alpinem Anteil vor einem vorstossenden Gletscher abgelagert wurden. Die Datierungen (Tab. 2 und Tabelle 3) lassen für die letzten 50000 Jahre zwei markante Aufschotterungsphasen unterscheiden. Die maximale Bandbreite beträgt dabei innerhalb des 95%-Vertrauensintervalls der Datierungen (Abbildung 5):

Phase P1 45.4–42.5 ka

Phase P2 26.4–19.1 ka

Das Cluster der Datierungen der P2 (Tabelle 3; Abbildung 5) zeigt drei Gruppen von nahe beieinanderliegenden Funden mit zwei grösseren Lücken. Die Anzahl und räumliche Dichte der <sup>14</sup>C-Datierungen aus der Region Olten ist einmalig hoch im Vergleich zu anderen ehemaligen Gletschervorfeldern der Schweiz. Falls die Lücken nicht zufällig sind, was auch bei einer noch grösseren Anzahl nie ganz ausgeschlossen werden kann, dokumentieren sie das Aussetzen von Aufschotterungen. Dies könnte daran liegen, dass die Gletscher infolge konstanter Minustemperaturen angefroren und damit nahezu ohne Sedimentationsgeschehen waren. Die Temperaturkurve aus dem NGRIP-Eisbohrkern zeigt aber, dass beide Lücken mit einer Erwärmung verbunden waren (Abbildung 5). Zudem kam es auch im GS 12, das die nahezu kälteste Phase in der zweiten Hälfte der Birrfeld-Eiszeit und wesentlich kälter als die P2 war, zu umfangreichen Schotterablagerungen. Dies schliesst durchgehend kalte Gletscher aus. Es ist deshalb wahrscheinlich, dass die Ablagerungen aussetzten, weil sich der Gletscher zurückzog. Damit würden die drei Unterphasen drei getrennte Gletschervorstösse repräsentieren:

– P2.1 26250–25250ka

– P2.2 23750–21000ka

– P2.3 20250–19960ka

Dies bedeutet, dass der Gletscher im Mittelland oszillierte. Es fällt auf, dass jede Unterphase eine Zeit der Abkühlung, bzw. des Eiswachstums beinhaltet (Abbildung 5). Im Gebiet zwischen Solothurn und Wangen a. A. konnte bisher eine ganze Reihe von Gletschervorstössen nachgewiesen werden, die auf die letzte Kaltzeit zurückgehen könnten (Bläsi et al. 2015). Mangels Datierungen konnten sie aber zeitlich nicht genau gefasst werden. Die hier vorgestellten Makrorest-Datierungen bestärken nun erstmals die Vermutung, dass zwischen 26–19ka auch im Bereich des Rhone-Aaregletschers

Tabelle 3: Die 11 datierten Faunamakroreste der Phase P2 zwischen 26–19 ka

- Unterphasen der P2
- <sup>14</sup>C-Datierungen mit 95%-Vertrauensintervallen (Tabelle 2)
- Beginn der Rückzugsphase

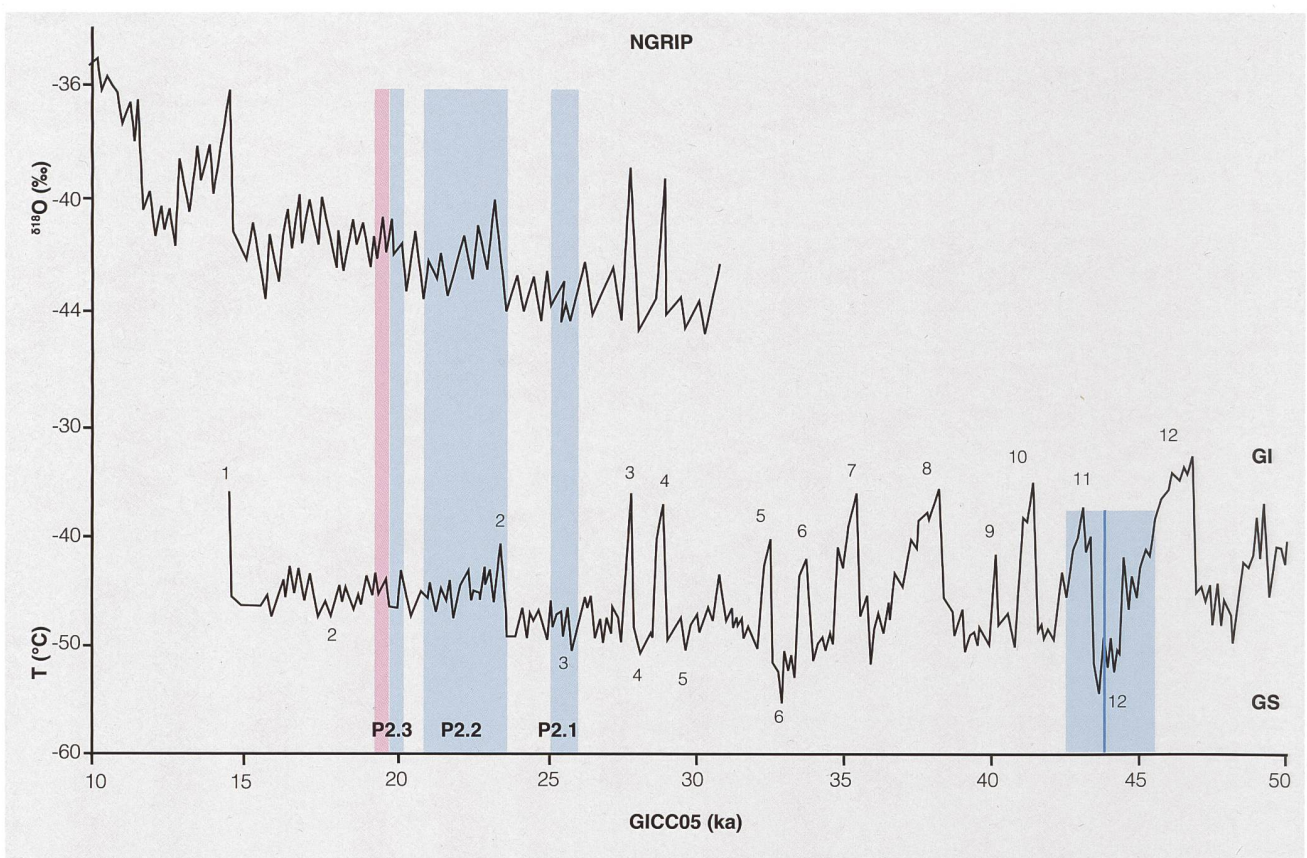
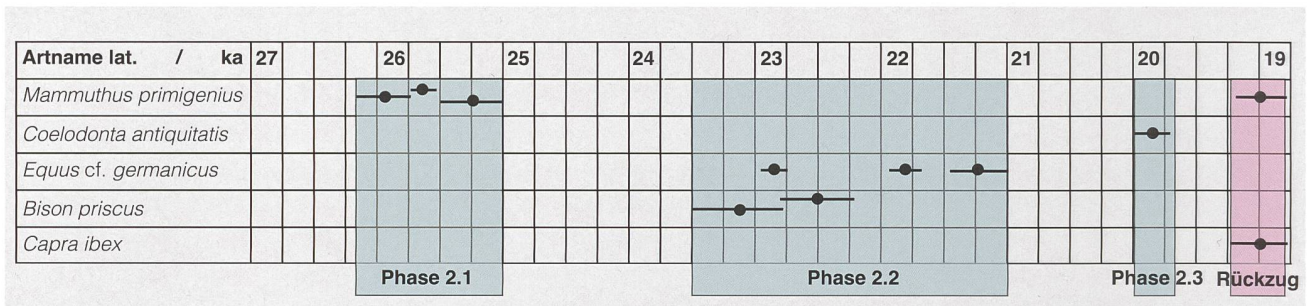


Abbildung 5: Oberflächendurchschnittstemperatur in Grönland und <sup>δ18</sup>O-Sauerstoffisotopenkurve (Eisvolumen der Nordhemisphäre) von 50–15 ka

- NGRIP: Eisbohrkern des North Greenland Ice Core Project (nach Svensson et al. 2008 und Kindler et al. 2014)  
GICC05: Zeitskala Greenland Ice Core Chronology 2005  
GI: Grönland-Interstadial (Zahlen oberhalb der Kurve)  
GS: Grönland-Stadial (Zahlen unterhalb der Kurve)  
— Mammutfunde von Gunzgen und Däniken um 44 ka mit 95%-Vertrauensintervall (hellblauer Balken)  
■ Maximale Dauer der Aufschotterungsunterphasen P2.1, P2.2, P2.3 auf Basis der Säugerdatierungen von Olten (95%-Wahrscheinlichkeits-Bereiche)  
■ Beginn der Rückzugsphase

eine dreiphasige Vergletscherung erfolgte, wie sie Graf (2009) für die Nordschweiz postuliert (zwei Hauptvorstösse und einen späten, kurzen Wiedervorstoss nahezu von gleicher Reichweite).

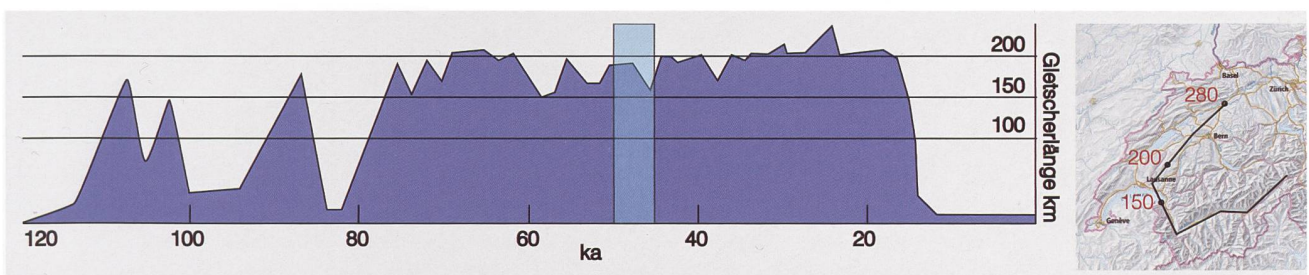
### 5.3.2

#### Aufschotterungsphase P1 45.5-42.5 ka

Aus Härkingen und Dulliken liegen zwei Mammutfunde vor (Tabelle 2), die Alter um die 44ka ergaben (Gnägi et al. 2021). Da bisher für diese Zeit keine Nachweise von glazialen Aufschotterungen im Mittelland bestanden, liess das Naturmuseum Olten die Messungen von zwei verschiedenen Laboratorien durchführen (ETH Zürich und Uni Bern). Beide kamen zu ähnlichen Ergebnissen. Die Datierung liegt im GS 12 (46.8–44.3ka, Rasmussen et al. 2014; Abbildung 5) und am Ende des in Nordeuropa ausgeschiedenen Hasselo-Stadials (48.3–43.3ka). Puzachenko et al. (2017) vermuten im Hasselo-Stadial die grösste Dichte des Mammutbestands in Europa während der zweiten Hälfte der letzten Kaltzeit. Die Eisbohrkerne von Grönland zeigen im GS 12 für etwa 1000 Jahre einen progressiven, massiven Kälterückschlag (Abbildung 5). Es war nahezu die kälteste Periode der letzten Kaltzeit. Die Meeresoberflächentemperatur im Nordatlantik sank stark ab, was ein Mass für die Vereisung des Nordatlantiks ist (Calvo et al. 2001). Entsprechend wurde der Verlauf der Polarfront im Winter bis gegen 50° nördliche Breite nach Süden gedrückt (Florineth & Schlüchter 2000). Mosley et al. (2014) fanden im Hölloch (Allgäu, nördlicher Rand der Kalkvoralpen, ca. 1500 m ü. M.), dass bereits ab ca. 46.5ka das Tropfsteinwachstum aussetzte, was ein Hinweis auf Vergletscherung ist (Heiri et al. 2014), da in Vergletscherungsphasen keine Vegetation und kein Bodenleben mehr vorhanden waren und damit kaum Kalklösung. Interessant sind in diesem Zusammenhang die Resultate eines Modells zur Kopplung von Klima und Gletscherausdehnung für den Alpenraum über die ganze letzte Kaltzeit (Seguinot et al. 2018).

Es macht Aussagen darüber, wann und wie oft die grossen Alpengletscher ins Tiefland vorgestossen sein könnten und wie stark sie sich zwischenzeitlich zurückzogen. Sämtliche untersuchten sechs Gletscher (u.a. Rhein-, Rhone- und Inngletscher, Seguinot et al. 2018, Fig. 7) zeigen einen markanten Gletschervorstoss ins Tiefland zwischen 50–45ka. Allerdings wäre ein 1000 Jahre-Intervall für einen Gletschervorstoss des Rhonegletschers von der Furka ins Mittelland zu kurz. Für die 280 km bräuchte es eine durchschnittliche Vorstossrate von 280m/Jahr über 1000 Jahre. Haeberli (2010) schätzt aber die Vorstosseschwindigkeit mehrheitlich <50m/Jahr, nur abschnittsweise 50–100m/Jahr. Damit könnte ein Vorstoss mehrere tausend Jahre gedauert haben. Es ist allerdings nicht bekannt, aus welcher Anfangsposition der Gletscher jeweils startete. Das Modell von Seguinot et al. (2018) geht davon aus, dass der Rhonegletscher zwischen 80–20ka immer mindestens bis zum oberen Ende des heutigen Genfersees reichte und zwischen 50–45ka bis in die Gegend des heutigen Neuenburgersees vorzustossen vermochte (Abbildung 6). Der Aaregletscher hätte aber im Gegensatz zum Rhonegletscher nur 140km bewältigen müssen (von der Grimsel bis nach Niederbipp).

Da nur temperierte Gletscher die langen Wege von den Alpen bis ins Mittelland in solch kurzen Zeiten zurücklegen können, waren die Schweizer Gletscher nicht nur temperatur-, sondern auch niederschlagsgesteuert (Haeberli 2010). Eine Kaltphase allein bewirkt also noch keinen Gletschervorstoss ins Mittelland, sondern es braucht dazu auch hohe Niederschläge im Nährgebiet. Die Mehrheit der Niederschläge kommt durch atlantische Tiefs zur Alpennordseite. Je nachdem wo aufgrund der Vereisung des Nordatlantiks die Polarfront lag, gelangten sie mehr von Westen oder mehr von Südwesten gegen die Alpen (Florineth & Schlüchter 2000). Je weiter gegen Süden der Nordatlantik gefroren war, umso südlicher lag das polare Hochdruckgebiet und umso weiter wurde die Westwindzone gegen Süden abgedrängt. Eine Südverlagerung führte auch zur zunehmenden



**Abbildung 6: Ausdehnung des Rhonegletschers von 120 ka bis heute**

Die Grafik basiert auf dem Modell der gekoppelten Klima-Gletscherausdehnung (Seguinot et al. 2018) und zeigt, wie sich dies auf die Längenänderung des Rhonegletschers ausgewirkt haben könnte. Der hellblaue Balken markiert das Zeitfenster 50–45ka mit dem im Text diskutierten Gletschervorstoss. Das Kärtchen zeigt die durch den Gletscher im Mittelland zurückgelegte Distanz in km. | modifiziert nach Seguinot et al. 2018



den Verlagerung der Niederschläge von der nördlichen zur südlichen Alpenhauptkette der Schweiz. Florineth & Schlüchter (2000) konnten zeigen, dass während dem globalen LGM (Last Glacial Maximum), also der jüngsten Vergletscherungsphase, grosse Eisdome über dem Vispertal und der Furka entstanden, die zur Ausbildung eines eigentlichen «Walliser-Gletschers» führten. Das heisst, je mehr die Polarfront gegen Süden verschoben wurde, umso weniger Eis trug der Aaregletscher im Verhältnis zum Rhonegletscher zur Vergletscherung des westlichen Mittellands bei. Luetscher et al. (2015) fanden durch die Analyse der Isotopenzusammensetzung von Tropfsteinen (Verhältnis  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ) in Höhlen der Siebenhengste im Berner Oberland heraus, dass von 26.5–22 ka Niederschläge von Südwesten dominierten. Reber & Schlunegger (2016) postulieren aufgrund von Modellierungen, dass in den frühen Vergletscherungsphasen der Birrfeld-Eiszeit die Polarfront weniger gegen Süden gedrückt wurde als im globalen LGM. Ihre Modelle zeigen für die Lage der Polarfront bei 50° nördliche Breite, wie sie von Florineth & Schlüchter (2000) für 45 ka angegeben wird, einen vom Rhonegletscher unabhängigen Vorstoss des Aaregletschers ins Mittelland.

Die Mammutfunde von Gunzgen und Dulliken liegen in den Schotterfeldern der Aare, 20–25 m über dem heutigen Aareniveau. Das heisst, dass in der Region Olten eine Aufschotterung mit alpinem Schotteranteil bis über diese Höhe erfolgte, die also auf einen Vorstoss des Aaregletschers über Bern hinaus ins tiefere Mittelland zurückgehen könnte.

### 5.3.3

#### **Aufschotterungsphase P2 26.25–19.96 ka**

Ausser den zwei Funden aus der Phase 1 ergaben alle Datierungen Alter zwischen 26–19 ka. Dies entspricht der Endphase der Birrfeld-Eiszeit, in der der Rhone-Aaregletscher vermutlich den Maximalstand erreichte. P2 liegt zeitlich innerhalb der Grönland-Stadiale 3 und 2 (Abbildung 5). Graf (2009) nimmt für die Nordschweiz in dieser Phase mindestens drei weitreichende Gletschervorstösse an, zwei Hauptvorstösse und einen spätglazialen Wiedervorstoss. Diese Dreiteilung wird durch die vorliegenden Datierungen erstmals auch für das Endstandsgebiet des Aare-Rhonegletschers bestätigt. Die Funde ermöglichen es, die damit datierten Aufschotterungen in 3 Unterphasen zu gliedern (Tabelle 3 und Abbildung 5).

#### **P2.1 26.25–25.25 ka**

Dies ist in der Temperaturkurve (Abbildung 5) die kälteste Phase der letzten Vergletscherung. Sie entspricht im grönländischen Eisbohrkern NGRIP dem grössten Eisvolumen der Nordhemisphäre in der Aufschotte-

rungsphase P2, reflektiert durch minimale Sauerstoffisotopenanteile von  $^{18}\text{O}$  (Abbildung 5; Svensson et al. 2008). Ein Gletschervorstoss ist durch einen Mammutfund aus der Kiesgrube Walliswil bei Niederbipp mit ca. 26 ka belegt (Uni Bern unpubliziert, mündliche Mitteilung G. Frenzer Kieswerk Walliswil), wo beim Abbau ein Stirnmoränenwall durchschnitten wurde. Für den benachbarten Reussgletscher gehen Gaar et al. (2019) davon aus, dass der erste Vorstoss der am weitesten reichende war. Es liegen dafür aber nur OSL-Alter (Optisch stimulierte Lumineszenz) vor, die weniger genau sind als  $^{14}\text{C}$ -Datierungen und einen grösseren Interpretationsspielraum aufweisen ( $25.1 \pm 2.4$  ka und  $24.2 \pm 2.2$  ka). Diese liegen wie auch P2.1 und der Maximalvorstoss des Rheingletschers (ca. 24 ka, Preusser et al. 2011) im GS 3 (27.5–23.3 ka, Abbildung 5).

#### **P2.2 23.75–21 ka**

Mit dem GI 2 kam es zu einer kurzfristigen Erwärmung von einigen hundert Jahren, gefolgt von einer nochmaligen Abkühlung, aber die Durchschnittstemperatur war bereits einige Grade wärmer als in der Aufschotterungsphase P2.1. P2.2 war die längste der drei Aufschotterungsphasen. Ein Hochstand im Oberaargau ist zusätzlich belegt durch CRE-Datierungen (Cosmic ray exposure) von Findlingen auf dem Steinhof um 23 ka (nach Ivy-Ochs et al. 2004, nachberechnet durch Hofmann et al. 2022).

#### **P2.3 20.25–19.96 ka**

Die P2.3 ist nur durch das Wollhaarnashorn von Härkingen nachgewiesen. Es lag eingeschottert unter mehreren Metern Aufschotterung dieses letzten Vorstosses, der also noch andauerte. Dieser Vorstoss ist aber auch durch CRE-Datierungen von Findlingen auf der Moräne des Gurtenstadiums bei Bern belegt ( $19.9 \text{ ka} \pm 1.6$ , nach Wüthrich et al. 2018, nachberechnet durch Hofmann et al. 2022). Dass das Gurtenstadium keine Endmoräne aufweist, zeigt, dass der Aare- und Rhonegletscher noch ein gemeinsames Eisfeld bildeten.

Zwischen Niederbipp und Härkingen (Dünnerngäu) gibt es keine Terrassenstufen beziehungsweise im Oberflächenrelief gestufte Schotterlagen verschiedenen Alters, sondern die aktuelle Schotterebene Dünnerngäu-Aaregäu, die das Wollhaarnashorn postdatiert, entspricht der maximalen Aufschotterungshöhe der Vergletscherungsphase von 26–19 ka von 430 m ü. M. bei Fulenbach und Härkingen (Abbildung 4). Das bedeutet, dass bei diesem Vorstoss frühere Rückzugsrinnen nochmals aufgeschottert und die Gesamtmächtigkeit der Aufschotterung weiter erhöht wurde. Obwohl die Temperaturkurve in Abbildung 5 eine weitere Erwärmungsstufe der Durchschnittstemperatur zeigt, erreichte auch dieser letzte der drei grossen Vorstösse noch die Zone der maximalen Ausdehnung im Raum Niederbipp-Bannwil-Bützberg,

da Schotterlieferungen in die Dünnernebene eine Gletscherpräsenz mindestens auf der Attiswil-Terrasse bei Oberbipp voraussetzen.

#### 5.3.4

#### **Beginn des definitiven Gletscherrückzugs aus der Maximalposition $\geq 19.3$ ka ( $\pm 0.2$ )**

Die Zeit zwischen 20–19ka stellt im Gletschergeschehen der Schweiz eine Wende dar. Die Aufschotterungen hörten auf, da alpenweit der Rückzug und Zerfall der Gletscher einsetzte (Ivy-Ochs 2015). Vom Maximalstadium des Rhone-Aaregletscher gingen drei Schotterströme aus (Abbildung 3): das Langetetal, das Dünnergäu und das Aaregäu. Während das Langetetal bereits bei Murgenthal ins Aaretal mündet, vereinigen sich die Schotterströme des Aare- und Dünnerntals erst in Olten definitiv. Bei Härkingen entstand aber bereits ein erstes Mal ein Abschnitt mit einer kommunizierenden Schotterebene (Abbildung 4). Das Dünnergäu erhielt viel weniger Schmelzwasserabfluss, weil das intraglaziale Schmelzwasser hauptsächlich durch die Aarerinne abfloss. Nur der Eislappe, der ins Dünnerntal reichte, lieferte Schmelzwasser ins Dünnergäu. Deshalb wurde diese Schotterebene nur in der Maximalphase der Gletscherausdehnung mit Schottern beliefert. Dadurch, dass die Schotterebenen bei Härkingen kommunizierten, entstand im Aare- und Dünnergäu die gleiche maximale Aufschotterung. Im Dünnergäu reichte der Schmelzwasserabfluss in der Rückzugsphase aber nicht für die Ausbildung von Terrassen. Im hochauflösenden Reliefbild in Abbildung 4 ist im oberen Bildteil die unzerschnittene Aufschotterungsebene der maximalen Aufschotterungshöhe zu sehen. Nördlich Fulenbach ist noch das Zopfmuster der Wasserläufe (braided-river-system) im ehemaligen Gletschervorfeld am Schluss der Aufschotterungsphase zu erkennen (nicht mehr ausnivellierte Rinnen). Beim Wort «Aaregäu» auf Abbildung 4 beginnt der Übergang zur Terrassenlandschaft mit dem Rand der ersten Terrasse, 5 m unter der maximalen Aufschotterungshöhe von 430 m ü. M. Das heisst, dass das Alter des Wollhaarmammuts von Härkingen, das sich noch unter dieser maximalen Aufschotterung fand, mit 19.99 ka ( $\pm 0.3$ ) das Maximalalter für den Beginn des finalen Rückzugs angibt.

Das Minimalalter wird durch die Funde von Olten-Hammer 19.3 ka ( $\pm 0.2$ ) und Olten-Hardegg 19.3 ka ( $\pm 0.15$ ) dokumentiert. Das Mammut von Olten-Hardegg lag im Löss auf 405 m ü. M., bereits 10m tiefer als die ehemalige, maximale Aufschotterung von 415 m ü. M. Auch der Fund von Olten-Hammer dürfte in einer ähnlichen Höhe gelegen haben. In der Kiesgrube Olten-Hammer wurden um 1892 (Koord. 2'634'380 1'244'470) die Schotter am Rand der eingeschnittenen Dünnern abgebaut.

Beide Funde geben also ein Minimalalter des Beginns der Rückzugsphase an, verbunden mit den Terrassenneinschneidungen. Dies wird durch Datierungen von Seesedimenten hinter der ehemaligen Gletscherfront gestützt, Burgäschisee (8km) und Moossee (30km). Der Burgäschisee (Koord. 2'617'420 1'224'350) war spätestens um 18.65 ka ( $\pm 0.15$ ) eisfrei, wie  $^{14}\text{C}$ -Datierungen von Pflanzenresten in den Seesedimenten belegen (Rey et al. 2017). Wahrscheinlich aber schon früher, denn in den Sedimenten des noch weiter hinter der ehemaligen Gletscherfront liegenden Moossees (Koord. 2'603'040 1'207'930) wurde ein Weidenblatt mit  $^{14}\text{C}$  auf 19.2 ka ( $\pm 0.3$ ) datiert (Rey et al. 2020). Damit kann der Beginn der Rückschmelzphase im Gebiet des Rhone-Aaregletschers nun genauer als bisher auf 19.99 ka ( $\pm 0.3$ ) – 19.3 ka ( $\pm 0.2$ ) eingegrenzt werden.

Der erste spätglaziale Wiedervorstoss des Rhonegletschers reichte nur noch bis Brästenberg, 3 km nordöstlich von Solothurn. Er ist durch CRE-Datierungen von grossen Blöcken auf der Endmoräne beim Weierrain (Koord. 2'608'810 1'230'840) gut fassbar (Hofmann et al. in Vorb.) und erreichte auch in der Breite nicht mehr die vorherige Ausdehnung. Das diesem Vorstoss entsprechende Bernstadium des Aaregletschers (18.4 $\pm$ 1.4 ka nach Wüthrich et al. 2018, nachberechnet durch Hofmann et al. 2022) weist eine eigenständige Endmoräne auf und belegt damit, dass die beiden Gletscher kein gemeinsames Eisfeld mehr bildeten.

#### 5.4

#### **Der Naturraum Olten im Spiegel der Säugerfunde**

Die Sammlung der pleistozänen Makroreste im Naturmuseum Olten besteht fast ausschliesslich aus Funden von Kiesgruben in glazialen Schottern. Sie ermöglicht damit keine umfassenden Aussagen, weder über die allgemein vorhandene Vegetation noch über die Fauna. Das Ablagerungsmilieu waren reissende Schmelzwasserflüsse mit hohem Steinanteil in der Sedimentfracht. Diesen Transport überlebten primär grosse Makroreste. Der heutige Kiesabbau mit den riesigen Maschinen – ein Pneu-lader nimmt ca. 5m<sup>3</sup> Schotter aufs Mal – limitiert die Entdeckung ebenfalls auf grosse Reste, die aus den Führerkabinen heraus als solche erkennbar sind. Die Funde repräsentieren deshalb nur die grössten Tiere, und nur die, die das Ökosystem des Gletschervorfelds nutzten. Die Funde sind deshalb primär für dieses Milieu repräsentativ und zeigen lediglich einen kleinen Ausschnitt der damaligen Ökosysteme. Insbesondere auch, weil eine rasche Einschotterung auf die Zeit der Gletschervorstösse limitiert war, also Kältephasen. Und doch ist auch dies spannend.

Betrachtet man die Sammlung der pleistozänen Grosssäuger des Naturmuseums Olten als Ganzes, so ent-



**Abbildung 7: Das Wollhaarmammut (*Mammuthus primigenius*), hier eine Herde in der winterlichen Tundra-Steppe, lebte aufgrund der <sup>14</sup>C-Altersdatierungen bis mindestens vor 19420–19120 Jahren (Alter 2bk) in der Region Olten. Bild: Patrick Röschli, JURASSICA**

spricht das bevorzugte Biotop der identifizierten Tiergruppe der klassischen Tundra-Steppe, die sich in Europa während des Spätpleistozäns reichlich entwickelte (u. a. Kahlke 1999, Becker et al. 2013). Bemerkenswert sind ausserdem einige Taxa, die an den unter dem Namen «Olten» zusammengefassten Fundorten nachgewiesen wurden. So heben einige Waldarten wie *Cervus elaphus* oder *Sus* sp. hervor, dass es bewaldete Gebiete gab und andererseits deutet *Capra ibex* auf felsige Zonen hin. Allerdings sind nicht zu allen Arten zeitliche Aussagen möglich, denn nur fünf der 13 Taxa konnten datiert werden (Tabellen 2 und 3).

Alle datierten Arten waren Herbivoren. Offensichtlich bestand auch in dieser Zeit, die oft als Hochglazial bezeichnet wird, weil nach den bisherigen Erkenntnissen die Gletscher der Schweiz zwischen 26–19ka die grösste Ausdehnung der Birrfeld-Eiszeit erreichten (Preusser et al. 2011), nicht polare Wüste, sondern eine genügende Vegetation als Nahrungsbasis. Es musste also im Sommerhalbjahr eine Auftauschicht über dem verbreiteten Permafrost gegeben haben. Daneben brauchte es Wasser, was Temperaturen über 0 °C bedingt und auch durch die Schmelzwasserflüsse belegt wird, die die Aufschotterungen bewirkten. Die Gletscher waren also nicht ganzjährig kalt, sondern zumindest im Sommer temperiert. In der Kastelhöhle (Gemeinde Himmelried) im Solothurner Jura wurde zudem eine reiche Fundschicht ausgegraben,

die sogar eine Begehung durch den Menschen von 24–21.5ka dokumentiert (Sedlmeier 2010).

Neuere Forschungen an Tropfsteinen zeigen, dass es während der letzten Kaltzeit auch in der Schweiz mindestens 25 Mal (Grönland-Interstadiale) zu Erwärmungen von mehreren hundert bis mehreren tausend Jahren kam (Moseley et al. 2020). Dadurch waren nicht nur das Klima, sondern auch die Ökosysteme einem häufigen Wechsel unterworfen. Für wenig mobile Arten war aber vermutlich oft die Zeit für eine Wiedereinwanderung aus den Refugien, in denen sie die Kältephasen überdauerten, zu kurz, was die Artenvielfalt limitierte.

## 6 Schlussfolgerungen

Bisherige Datierungen im Endstandsgebiet der jüngsten Vergletscherung des Rhone-Aaregletscher beruhten mehrheitlich auf OSL (Optisch stimulierte Lumineszenz) und CRE (Cosmic Ray Exposure). Sie vermochten die Vorstossabfolge nicht zu differenzieren, weil die methodischen Fehler der Datierungsmethoden grösser waren als die Vorstossintervalle. Dies erschwerte auch den Vergleich mit anderen Gletschern. Die Menge und gute Auflösung der  $^{14}\text{C}$ -Datierungen des Gletschervorfelds in der Region Olten erlauben nun genauer als bisher, die Anzahl und Abfolge der Vorstösse sowie den Beginn des finalen Gletscherrückzugs zu fassen. Das Cluster der Funde lässt zwei Hauptaufschotterungsphasen erkennen. Die durch Gnägi et al. (2021) erstmals dokumentierte Aufschotterung um 44 ka wurde weiter differenziert. Für die jüngste Vergletscherung zwischen 26–19 ka weisen die Daten auf eine dreifache Aufschotterung und damit drei Vorstösse mit drei Rückzugsphasen hin, begleitet von cut and fill der Schotterrinnen. Die Analyse der Schotterebenen mit der Ausbildung der Terrassen sowie die Tiefenlage der jüngsten Funde unter der maximalen Aufschotterung lassen den Schluss zu, dass auch der Spätvorstoss des noch vereinigten Rhone-Aaregletschers um 20 ka nochmals die Endstandzone der beiden früheren Vorstösse erreichte und die maximale Aufschotterung auf diesen letzten Vorstoss zurückgeht. Hofmann et al. (2022) gehen aufgrund von CRE-Datierungen von Blöcken auf dem Steinhof (Gemeinde Aeschi, Kt. Solothurn) von einem Beginn des finalen Gletscherrückzugs von 23 ka aus (Redatierung der 24ka von Ivy-Ochs et al. 2004). Die vorliegenden  $^{14}\text{C}$ -Datierung legen nahe, dass es mehrere Rückzugsphasen gab. Das Zeitintervall zwischen der letzten Aufschotterung und den ältesten Funden auf den Rückzugsterrassen lassen den Beginn des finalen Rückzugs auf 19.9 ka ( $\pm 0.28$ ) – 19.3 ka ( $\pm 0.2$ ) eingrenzen.

Es wäre spannend, die Funde aus dem speziellen Ökoystem der Gletschervorfelder mit Funden anderer Archive in Beziehung zu setzen, um ein abgerundetes Bild der Fauna und Flora der letzten 30 000 Jahre Kaltzeit zu erhalten. Funde aus der Kastelhöhle belegen die Anwesenheit des modernen Menschen im Jura um 23 ka, also während dem in den angrenzenden Gebieten als Maximalausdehnung bezeichneten Vorstoss und weisen damit auf klimatische Verhältnisse hin, die eine menschliche Existenz ermöglichten. Einige Taxa wie der Höhlenlöwe, der Riesenhirsch und der Moschusochse sind bisher seltene Funde für die Schweiz. Obwohl die gefundenen Arten grundsätzlich charakteristisch sind für das Spätpleistozän wäre es interessant, sie artspezifisch mit dem gesamtschweizerischen Fundus in Beziehung

zu setzen. Für einzelne Taxa wie den Höhlenbären oder das Wollhaarmammut (Abbildung 7) gibt es bereits gesamtschweizerische Darstellungen, die mit den Funden von Olten eine Aktualisierung erfahren könnten.

## Dank

Wir danken allen Kiesgrubenbetreibern, ihren Mitarbeitern und weiteren Findern, die achtsam die hier präsentierten Funde meldeten, dokumentierten und an das Naturmuseum Olten weiterleiteten. Weiter danken wir für den jederzeit freundlich gewährten Zutritt zu den Kiesgruben und die Unterstützung bei der Dokumentation der Funde. Weiter dankt das Naturmuseum Olten dem Amt für Umwelt des Kantons Solothurn für die finanziellen Mittel, die ihm im Rahmen der Leistungsvereinbarung betreffend Erdgeschichte zur Verfügung gestellt werden. Vielen Dank auch an die Reviewer Dr. Hans Rudolf Graf und Prof. em. Dr. Heinz Veit für die sorgsame Durchsicht und die weiterführenden Kommentare.

## 7 Literatur

- Bitterli T., Jordi H.A., Gerber M.E., Gnägi C. & Graf H.R., 2011. Blatt 1108 Murgenthal. – Geol. Atlas Schweiz 1:25000, Erläuterungen 113.
- Becker D., Aubry D. & Detrey J., 2009: Les dolines du Pléistocène supérieur de la Combe de «Vâ Tche Tchâ» (Ajoie, Suisse): un piège à restes de mammifères et artefacts lithiques. *Quaternaire* 20, 123–137.
- Becker D., Oppliger J., Thew N., Scherler L., Aubry D. & Braillard, L., 2013. Climat et écologie en Ajoie durant la seconde partie du Pléniglaciaire moyen weichsélien : apport des remplissages des dolines de Courtedoux–Vâ Tche Tchâ (Jura, Suisse) (pp. 13–24). In Richard A., Schifferdecker F., Mazimann J.-P. & Bélet-Gondat C. (Eds). *Le peuplement de l'arc jurassien de la préhistoire au Moyen Âge. Deuxièmes Journées Archéologiques Frontalières de l'Arc jurassien. Acte des rencontres 2007. Annales Littéraires de l'Université de Franche-Comté et Cahier d'archéologie jurassienne*, Besançon-Porrentruy.
- Becker D., Dini M. & Scherler L., 2015: Rhinocéros laineux du Pléistocène supérieur d'Ajoie (Canton du Jura, Suisse): description anatomique et implications écologiques. *Revue de Paléobiologie* 34, 27–44.
- Bläsi H.-R., Gygi R., Gnägi C., Graf H. R., Jordan P., Laubscher H. P., Ledermann H., Herold T., Schlanke S., Burkhalter R. & Kälin D., 2015. Blatt 1107 Balsthal. *Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000*, Erläuterungen 139.
- Bläsi H.-R., Jordan P., Kälin D., Gnägi C., Burger H., Kiefer S., Tortoli F. & Burkhalter R., 2018. Blatt 1088 Hauenstein. – *Geologischer Atlas der Schweiz 1:25000*, Erläuterungen 158.
- Bucher S. & Flückiger P.F., 2005: Besser als ein Hecht – 19kg Elfenbein! Von Mammuts und anderen Eiszeitieren im Naturmuseum Olten. *Oltner Neujahrsblätter* 63, 82–85.
- Calvo E., Villanueva J., Grimalt J.O., Boelaert A. & Labeyrie L., 2001. New insights into the glacial latitudinal temperature gradients in the North Atlantic. Results from UK'37 sea surface temperatures and terrigenous inputs. *Earth and Planetary Science Letters* 188, 509–519.
- Eisenmann V., 1991: Les chevaux quaternaires européens (Mammalia, Perissodactyla). Taille, typologie, biostratigraphie et taxonomie. *Geobios* 24, 747–759.
- Felber P., 2016. Mammutstosszahn aus Grube geborgen. *Oltner Tagblatt* 26.10.2016.
- Florineth D. & Schlüchter C., 2000. Alpine Evidence for Atmospheric Circulation Patterns in Europe during the Last Glacial Maximum. *Quaternary Research* 54, 295–308.
- Flückiger P.F., 2014. Überraschungsfund eines Traxführers. *Oltner Tagblatt*, 17.12. 2014
- Flückiger P.F., 2015. Der Glücksfund des Felix Bobst : neuer Beleg eines Wollhaarmammuts im Naturmuseum Olten. *Oltner Neujahrsblätter* 73, 18–19.
- Gaar D., Graf H.R. & Preusser F., 2019. New chronological constraints on the timing of Late Pleistocene glacier advances in northern Switzerland. *Quaternary Science Journal* 68, 53–73.
- Gerber E., 1950. *Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000*. Erläuterungen Bl. Fraubrunnen, Wynigen, Hindelbank und Burgdorf. Kümmerly & Frey, Bern.
- Gnägi C., 2009. Hochgelegene Kristallin führende Lockergesteine am Bernischen Alpenrand – Inneralpine Transfluenzen des Rhonegletschers. *SVH Südwestdeutscher Verlag für Hochschulschriften*, Saarbrücken.
- Gnägi C., 2011a. Glazial übertiefte Talabschnitte zwischen Solothurn und Aargau. *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Solothurn* 41, 89–98.
- Gnägi C., 2011b. Eiszeit im Oberaargau. Neuinterpretation der «Langenthaler Schwankung» und des Findlingshorizonts – Stand der Forschung. *Jahrbuch des Oberaargaus* 54, 105–120.
- Gnägi C., Flückiger P., Szidat S., Veit H., 2021. Neue spätpleistozäne Säugerreste aus dem Raum Olten – stiess der eiszeitliche Rhonegletscher um 44 ka bis ins westliche Mittelland vor? *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Solothurn* 44, 53–57.
- Graf H.R., 2009. Stratigraphie von Mittel- und Spätpleistozän in der Nordschweiz. *Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz (N. F.)* 168. Landesgeologie, swisstopo, Wabern.
- Graf H.R. & Burkhalter R., 2016. Quaternary deposits: concept for a stratigraphic classification and nomenclature – an example from northern Switzerland. – *Swiss Journal of Geoscience* 109/2, 137–147.
- Haeberli W., 2010. Glaciological conditions in northern Switzerland during recent Ice Ages. *Arbeitsbericht NAB 10-18*. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Wettingen.
- Hajdas I., Bonani G., Furrer H., Mäder A., Schoch W., 2007. Radiocarbon chronology of the mammoth site at Niederweningen, Switzerland: Results from dating bones, teeth, wood, and peat. *Quaternary International* 164/165, 98–105.
- Hajdas I., Michczyński A., Bonani G., Wacker L., Furrer H., 2009. Dating bones near the limit of the Radiocarbon dating method: Study case mammoth from Niederweningen, ZH Switzerland. *Radiocarbon* 51, 675–680.
- 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. *Quat. Sci. Rev.* 106, 186–205.
- Hofmann F.M., Preusser F., Schimmelpfennig I., Léanni L. & Aster Team (Aumaître G., Keddadouche K. & Zaidi F.), 2022. Late Pleistocene glaciation history of the southern Black Forest, Germany:  $^{10}\text{Be}$  cosmic-ray exposure dating and equilibrium line altitude reconstructions in Sankt Wilhelmer Tal. *Journal of Quaternary Science* 37/4, 688–706.
- Ivy-Ochs S., Schäfer J., Kubik P.W., Synal H.-A. & Schlüchter C., 2004. Timing of deglaciation on the northern Alpine foreland (Switzerland). *Eclogae geologicae Helvetiae* 97, 47–55.
- Ivy-Ochs S., 2015: Glacier variations in the European Alps at the end of the last glaciation. *Cuadernos de Investigación Geográfica* 41/2, 295–315.
- Kahlke R.-D., 1999. The history of the origin, evolution and dispersal of the Late Pleistocene *Mammuthus-Coelodonta* faunal complex in Eurasia (large mammals). Fenske Companies, Rapid City.
- Kindler P., Guillevic M., Baumgartner M., Schwander J., Landais A. & Leuenberger M., 2014. Temperature reconstruction from 10 to 120 kyr b2k from the NGRIP ice core. *Climat of the Past* 10, 887–902.
- Lisiecki L. E. & Raymo M. E., 2005. A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic  $\text{D18O}$  records. *Paleoceanography* 20, 1–17.
- Luetscher M., Boch R., Sodemann H., Spötl C., Cheng H., Edwards R.L., Frisia S., Hof F. & Müller W., 2015. North Atlantic storm track changes during the Last Glacial Maximum recorded by Alpine speleothems. *Nature communications* 27. 2. 2015.
- Moseley G.E., Spötl C., Svensson A., Cheng H., Brandstätter S. & Edwards R.L., 2014. Multi-speleothem record reveals tightly coupled climate between central Europe and Greenland during Marine Isotope Stage 3. *Geology online* 15. 10. 2014.
- Moseley G. E., Spötl C., Brandstätter S., Erhardt T., Luetscher M., Edwards R. L., 2020. NALPS19: sub-orbital-scale climate variability recorded in northern Alpine speleothems during the last glacial period. *Climate of the Past* 16, 29–50.
- Preusser F., Graf H. R., Keller O., Krayss E. & Schlüchter C., 2011. Quaternary glaciation history of northern Switzerland. *Quaternary Science Journal* Volume 60, 2–3, 282–305.
- Puzachenko A.Y., Markova A.K., Kosintsev P.A., van Kolfschoten T., van der Plicht J., Kuznetsova T.V., Tikhonov A.N., Ponomarev D.V., Kuitens M. & Bachura O.P., 2017. The Eurasian mammoth distribution during the second half of the Late Pleistocene and the Holocene: Regional aspects. *Quaternary International* 445, 71–88.
- Rasmussen S.O., Bigler M., Blockley S.P., Blunier T., Buchardt S.L., Clausen H.B., Cvijanovic I., Dahl-Jensen D., Sigfus J. Johnsen S.J., Fischer H., Gkinis V., Guillevic M., Hoek W.Z., Lowe J.J., Joel B. Pedro J.B., Popp T., Seierstad I.K., Steffensen J.P., Svensson A.M., Vallenga P., Vinther B.M., Walker M.J.C., Wheatley J.J. & Winstrup M., 2014. A stratigraphic framework for abrupt climatic changes during the Last Glacial period based on three synchronized Greenland ice-core records: refining and extending the INTIMATE event stratigraphy. *Quaternary Science Reviews* 106, 14–28.
- Reber R. & Schlunegger F., 2016). Unravelling the moisture sources of the Alpine glaciers using tunnel valleys as constraints. *Terra Nova* 28, 202–211.
- Rey F., Gobet E., van Leeuwen J., Gilli A., van Raden U., Hafner A., Wey O., Rhiner J., Schmockler D., Zünd J. & Tinner W., 2017. Vegetational and agricultural dynamics at Burgäschisee (Swiss Plateau) recorded for 18,700 years by multi-proxy evidence from partly varved sediments. *Vegetation History and Archaeobotany*, 26/6, 571–586.
- Rey F., Gobet E., Schwörer C., Hafner A., Szidat S. & Tinner W., 2020. Climate impacts on vegetation and fire dynamics since the last deglaciation at Moossee (Switzerland). *Climate of the Past* 16, 1347–1367.
- Savoy J., Scherler L. & Becker D., 2013. Variabilité morphologique et biométrique des dents d'*Equus germanicus* des dolines pléistocènes d'Ajoie (Jura, Suisse). *Actes de la Société jurassienne d'Emulation*, Porrentruy 115, 17–36.
- Sedelmeier J., 2010. Die Jungpaläolithischen Funde aus der Mittleren Fundschicht der Kastelhöhle Nord im nordwest-schweizerischen Kaltbrunnental, Himmelried SO – Ein Nachweis für die Begehung der Schweiz durch Mensch und Tier kurz nach dem letzten Kältemaximum der letzten Eiszeit. *Jahrbuch der Archäologie Schweiz* 93, 7–34.
- Seguinot J., Ivy-Ochs S., Juvet G., Huss M., Funk M & Preusser F., 2018. Modelling last glacial cycle ice dynamics in the Alps – The Cryosphere 12, 3265–3285.
- Svensson A., Andersen K.K., Bigler M., Clausen H.B., Dahl-Jensen D., Davies S.M., Johnsen S.J., Muscheler R., Parrenin F., Rasmussen S.O., Röthlisberger R., Seierstad I., Steffensen J.P., Vinther B.M., 2008. A 60 000 year Greenland stratigraphic ice core chronology. *Climate of the Past* 4, 47–57.
- Wüthrich L., Morabito E.G., Zech J., Trauerstein M., Veit H., Gnägi C., Merchel S., Scharf A., Rugel G., Christl M. & Zech R., 2018.  $^{10}\text{Be}$  surface exposure dating of the last deglaciation in the Aare Valley, Switzerland. *Swiss Journal of Geosciences* 111, 295–303.

## 8 Anhang

Inventar der gefundenen Überreste grosser Säugetiere aus dem Spätpleistozän der Region Olten, die im Naturmuseum Olten konserviert werden.

### Im Inventar verwendete Abkürzungen

d Unterer Milchzahn; I/i Oberer/unterer Schneidezahn; P/p Oberer/unterer Prämolare; M/m Oberer/unterer Molare; Mc/Mt Metacarpale/Metatarsale (Mittelfussknochen)

Fundort	Name lat.	Name dt.	Anatomie	Vollständiges Exemplar	Inventar-nummer NMO
Boningen Kiesgrube	<i>Cervus elaphus</i> Linnaeus 1758	Rothirsch	Schädel		26761
Däniken Kiesgrube Hard	<i>Mammuthus primigenius</i> (Blumenbach 1799)	Wollhaarmammut	Stosszahn		26629
Dulliken Kiesgrube Hard	<i>Bison priscus</i> Bojanus 1827	Steppenwisent	Kieferhälfte links		26737
Dulliken Kiesgrube Hard	<i>Equus</i> sp.	Wildpferd	MtIII		26644
Dulliken Kiesgrube Hard	<i>Mammuthus primigenius</i> (Blumenbach 1799)	Wollhaarmammut	Stosszahn		26736
Fulenbach Kiesgrube	<i>Equus</i> cf. <i>germanicus</i>	Wildpferd	M1 oder M2 rechts	ja	23882
Fulenbach Kiesgrube	<i>Equus</i> sp.	Wildpferd	Halswirbel	ja	26754
Gretzenbach Griengrube	<i>Coelodonta antiquitatis</i> (Blumenbach 1799)	Wollhaarnashorn	P3 oder P4 links	ja	26643
Gretzenbach	<i>Equus</i> sp.	Wildpferd	Hüftknochen links		23898
Gretzenbach Kiesgrube	<i>Mammuthus primigenius</i> (Blumenbach 1799)	Wollhaarmammut	Stosszahn		26766
Gunzgen Kiesterasse	<i>Bison priscus</i> Bojanus 1827	Steppenwisent	m3 rechts	ja	23866
Gunzgen Kiesgrube	<i>Mammuthus primigenius</i> (Blumenbach 1799)	Wollhaarmammut	Stosszahn		26576
Gunzgen Kiesgrube	<i>Mammuthus primigenius</i> (Blumenbach 1799)	Wollhaarmammut	Stosszahn rechts		26637
Hägendorf Ziegelei Schibli	<i>Megaloceros giganteus</i> (Blumenbach 1799)	Riesenhirsch	Schädel mit Geweih		26631
Härkingen Kiesgrube Untere Allmend / Oberban	<i>Coelodonta antiquitatis</i> (Blumenbach 1799)	Wollhaarnashorn	Oberarmknochen		26638
Härkingen Kiesgrube Untere Allmend / Oberban	<i>Equus</i> cf. <i>germanicus</i>	Wildpferd	Radius rechts		26640
Härkingen	<i>Mammuthus primigenius</i> (Blumenbach 1799)	Wollhaarmammut	Stosszahn		26639
Härkingen Kiesgrube Untere Allmend / Oberban	<i>Equus</i> sp.	Wildpferd	Oberarmknochen		26765
Niedererlinsbach Kiesgrube Belser	<i>Bison priscus</i> Bojanus 1827	Steppenwisent	Schädel		26627
Niedererlinsbach Kiesgrube Belser	<i>Rangifer tarandus</i> (Linnaeus 1758)	Ren	Geweihstange rechts		23855
Niedergösgen	<i>Mammuthus primigenius</i> (Blumenbach 1799)	Wollhaarmammut	m2 oder m3 links		23909
Obergösgen	<i>Rangifer tarandus</i> (Linnaeus 1758)	Ren	McIII oder McIV links		23848
Olten Rötzmatt	<i>Bison priscus</i> Bojanus 1827	Steppenwisent	M3 rechts		26714

Fundort	Name lat.	Name dt.	Anatomie	Vollständiges Exemplar	Inventar-nummer NMO
Olten Rötzmatt	<i>Bison priscus</i> Bojanus 1827	Steppenwisent	m3 (?) rechts		26717
Olten Mühleloch	<i>Bos primigenius</i> Bojanus 1827	Auerochse	Oberarmknochen links		26755
Olten Rötzmatt	<i>Bos primigenius</i> Bojanus 1827	Auerochse	Radius links		26756
Olten Hammer	Bovidae indet.	Wildrind unbestimmt	Oberschenkel rechts		23862
Olten Hammer	Bovidae indet.	Wildrind unbestimmt	Schienbein links		23869
Olten Hammer	Bovidae indet.	Wildrind unbestimmt	Schienbeine links und rechts		23870
Olten Hammer	<i>Capra ibex</i> Linnaeus 1758	Alpensteinbock	McIII oder McIV rechts	ja	26752
Olten Hammer	<i>Cervus elaphus</i> Linnaeus 1758	Rothirsch	Oberarmknochen links		23876
Olten Hammer	<i>Cervus elaphus</i> Linnaeus 1758	Rothirsch	Geweih		26633
Olten Mühletäli	<i>Cervus elaphus</i> Linnaeus 1758	Rothirsch	MtIII rechts	ja	23873
Olten Hammer	<i>Coelodonta antiquitatis</i> (Blumenbach 1799)	Wollhaarnashorn	p4 links		26716
Olten	<i>Coelodonta antiquitatis</i> (Blumenbach 1799)	Wollhaarnashorn	m1 oder m2 rechts	ja	26715
Olten Rötzmatt	<i>Coelodonta antiquitatis</i> (Blumenbach 1799)	Wollhaarnashorn	Oberschenkel links		26725
Olten Rötzmatt	<i>Coelodonta antiquitatis</i> (Blumenbach 1799)	Wollhaarnashorn	m3 rechts	ja	26726
Olten Rötzmatt	<i>Coelodonta antiquitatis</i> (Blumenbach 1799)	Wollhaarnashorn	m3 rechts	ja	26727
Olten	<i>Equus cf. germanicus</i>	Wildpferd	m3 links	ja	26674-1
Olten	<i>Equus cf. germanicus</i>	Wildpferd	p3 links	ja	26674-2
Olten	<i>Equus cf. germanicus</i>	Wildpferd	M2 rechts	ja	26674-3
Olten	<i>Equus cf. germanicus</i>	Wildpferd	M3 rechts	ja	26674-4
Olten	<i>Equus cf. germanicus</i>	Wildpferd	i/I ?	ja	26674-5
Olten	<i>Equus cf. germanicus</i>	Wildpferd	i/I ?	ja	26674-6
Olten	<i>Equus cf. germanicus</i>	Wildpferd	i/I ?	ja	26674-7
Olten Hammer	<i>Equus cf. germanicus</i>	Wildpferd	M3 rechts	ja	23883
Olten Hammer	<i>Equus cf. germanicus</i>	Wildpferd	Oberschenkel links		23884
Olten Hammer	<i>Equus cf. germanicus</i>	Wildpferd	Schiebein rechts		23887
Olten Hammer	<i>Equus cf. germanicus</i>	Wildpferd	Fersenbein links		23892
Olten Hammer	<i>Equus cf. germanicus</i>	Wildpferd	MtIII links		23900
Olten Hammer	<i>Equus cf. germanicus</i>	Wildpferd	MtIII rechts		23901
Olten Hammer	<i>Equus cf. germanicus</i>	Wildpferd	Oberschenkel links		23902
Olten Hammer	<i>Equus cf. germanicus</i>	Wildpferd	MtIII links	ja	23903
Olten Hammer	<i>Equus cf. germanicus</i>	Wildpferd	Schienbein rechts		23904
Olten Hammer	<i>Equus cf. germanicus</i>	Wildpferd	Elle und Speiche links	ja (Elle)	23906
Olten Hammer	<i>Equus cf. germanicus</i>	Wildpferd	MtIII links	ja	23907
Olten Hammer	<i>Equus cf. germanicus</i>	Wildpferd	MtIII rechts	ja	26718



Fundort	Name lat.	Name dt.	Anatomie	Vollständiges Exemplar	Inventar- nummer NMO
Olten Hammer	<i>Equus cf. germanicus</i>	Wildpferd	MtIII links	ja	26721
Olten Hammer	<i>Equus cf. germanicus</i>	Wildpferd	P2 rechts		26758
Olten Hammer	<i>Equus cf. germanicus</i>	Wildpferd	M1 oder M2 rechts	ja	26759
Olten Rötzmatt	<i>Equus cf. germanicus</i>	Wildpferd	Schienbein links		26753
Olten Rötzmatt	<i>Equus cf. germanicus</i>	Wildpferd	Schulterblatt links		26719
Olten Hammer	<i>Equus cf. germanicus</i>	Wildpferd	M1 oder M2 links	ja	23837
Olten Hammer	<i>Equus cf. germanicus</i>	Wildpferd	Elle und Speiche rechts	ja	26720
Olten Hammer	<i>Equus cf. hemionus</i>	Wildpferd	Schienbein links		26722
Olten Hammer	<i>Equus cf. hemionus</i>	Wildpferd	MtIII rechts	ja	26757
Olten Hammer	<i>Equus sp.</i>	Wildpferd	Elle links		23889
Olten Hammer	<i>Equus sp.</i>	Wildpferd	unterer Backenzahn	ja	23890
Olten Hammer	<i>Equus sp.</i>	Wildpferd	Rippe		23897
Olten Hammer	<i>Equus sp.</i>	Wildpferd	McIII links		23899
Olten Rötzmatt	<i>Equus sp.</i>	Wildpferd	oberer Backenzahn	ja	23888
Olten Gheid	Mammalia indet.	Säugetier unbestimmt	Rippe	ja	23857
Olten Hammer	Mammalia indet.	Säugetier unbestimmt	Schienbein rechts		23856
Olten Hammer	Mammalia indet.	Säugetier unbestimmt	Elle links		23871
Olten	<i>Mammuthus primigenius</i> (Blumenbach 1799)	Wollhaarmammut	Stosszahn		23913
Olten Hammer	<i>Mammuthus primigenius</i> (Blumenbach 1799)	Wollhaarmammut	M2 oder M3 rechts		23908
Olten Hammer	<i>Mammuthus primigenius</i> (Blumenbach 1799)	Wollhaarmammut	Stosszahn		23915
Olten Hammer	<i>Mammuthus primigenius</i> (Blumenbach 1799)	Wollhaarmammut	Stosszahn		23918
Olten Hammer	<i>Mammuthus primigenius</i> (Blumenbach 1799)	Wollhaarmammut	Milchzahn d4 links		23921
Olten Hammer	<i>Mammuthus primigenius</i> (Blumenbach 1799)	Wollhaarmammut	M2 links	ja	26630
Olten Hardegg	<i>Mammuthus primigenius</i> (Blumenbach 1799)	Wollhaarmammut	Schädel mit beiden Stosszähnen, M2 oder M3 und Unter- kiefer mit m2 oder m3		26628
Olten Hammer	<i>Ovibos moschatus</i> (Zim- mermann 1780)	Moschusochse	Atlas	ja	26632
Olten Rötzmatt	<i>Panthera spelaea</i> (Gold- fuss 1810)	Höhlenlöwe	Elle links		26750
Olten Hammer	<i>Rangifer tarandus</i> (Linnaeus 1758)	Ren	Oberarmknochenfrag- ment links		23840
Olten Hammer	<i>Rangifer tarandus</i> (Linnaeus 1758)	Ren	Fersenbein links		23841
Olten Hammer	<i>Rangifer tarandus</i> (Linnaeus 1758)	Ren	MtIII oder MtIV		23842
Olten Hammer	<i>Rangifer tarandus</i> (Linnaeus 1758)	Ren	Geweihfragment		23844
Olten Hammer	<i>Rangifer tarandus</i> (Linnaeus 1758)	Ren	Geweihfragment		23845

Fundort	Name lat.	Name dt.	Anatomie	Vollständiges Exemplar	Inventar- nummer NMO
Olten Hammer	<i>Rangifer tarandus</i> (Linnaeus 1758)	Ren	Huftknochen links		23849
Olten Hammer	<i>Rangifer tarandus</i> (Linnaeus 1758)	Ren	Geweihfragment links		23850
Olten Hammer	<i>Rangifer tarandus</i> (Linnaeus 1758)	Ren	MtIII oder MtIV rechts		23851
Olten Hammer	<i>Rangifer tarandus</i> (Linnaeus 1758)	Ren	Oberarmknochen rechts		23852
Olten Hammer	<i>Rangifer tarandus</i> (Linnaeus 1758)	Ren	Geweihknochen rechts		23853
Olten Hammer	<i>Rangifer tarandus</i> (Linnaeus 1758)	Ren	MtIII oder MtIV links		23854
Olten Hammer	<i>Rangifer tarandus</i> (Linnaeus 1758)	Ren	Geweih		26634
Olten Hammer	<i>Rangifer tarandus</i> (Linnaeus 1758)	Ren	MtIII rechts		26751
Olten Hammer	<i>Rangifer tarandus</i> (Linnaeus 1758)	Ren	Kieferhälfte rechts		26760
Olten Hammer	<i>Rangifer tarandus</i> (Linnaeus 1758)	Ren	Schienbein links	ja	23843
Olten Unter Fustlig	<i>Rangifer tarandus</i> (Linnaeus 1758)	Ren	Geweih rechts		23847
Olten Hammer	<i>Sus</i> sp.	Wildschwein	Elle rechts		26652
Trimbach Rintel	<i>Equus</i> sp.	Wildpferd	p2 oder p3 rechts	ja	23885

