

Ber. d. Reinh.-Tüxen-Ges. 28, 124-135. Hannover 2016

Vegetationsentwicklung und -wandel im süddeutschen Alpenvorland während des Würm

– Philipp Stojakowits¹, Michael Peters² & Arne Friedmann¹, ¹Augsburg, ²München –

Abstract

In the Würmian initially a triple change from Stadials to Interstadials is documented which is characterized by a transition from forest steppes and cold steppes in the cold phases to boreal coniferous forest in the warm phases. Concerning the Middle and the Upper Würmian a detailed chronology is still missing. The warmer phases of the Middle Würmian after the Dürnten-Interstadial are, based on the pollen content, similar to the Stadials of the Early Würmian. This change in the climax vegetation of the Middle Würmian-Interstadials compared to the Early Würmian-Interstadials is caused by the subsequent cooling. The data basis for the Upper Würmian is extremely low. A key aim are further macro analyses especially regarding the Middle Würmian.

Keywords: vegetation history, pollen analysis, macro-remains, Würmian.

Einleitung

Im süddeutschen Alpenvorland sind schon seit langer Zeit einige Schieferkohlevorkommen und untergeordnet auch Torfe pleistozänen Alters bekannt (z.B. PENCK & BRÜCKNER 1909), die aufgrund der Überlagerung mit Moränen- und/ oder Schottermaterial teils als letztinterglaziale Bildungen bzw. jünger oder älter eingestuft wurden. Die anfänglichen paläobotanischen Studien solcher vegetationsgeschichtlicher Archive sind jedoch auf reine Artnachweise ohne Einbettung in ein stratigraphisches Gerüst beschränkt (z.B. SCHUSTER 1909). Die erste belastbare, das Würm betreffende Pionierarbeit auf pollenstratigraphischer Basis geht auf REICH (1953) zurück. Bis dato ist eine beträchtliche Zahl an würmzeitlichen Pollenanalysen durchgeführt worden. Umfassende vegetationsgeschichtliche Untersuchungen jedoch, welche auch die Makrorestanalyse beinhalten und ein vollständigeres Abbild der damaligen Vegetation ergeben, sind ausgesprochen rar.

Stand der Forschung

Nur wenige Profile enthalten eine kontinuierliche Abfolge, die vom Riß-Würm-Interglazial ausgehend unterschiedlich lange Zeiträume des Würm umfasst (Abb. 1). Zu nennen sind Großweil mit Ohlstadt (REICH 1953), Pfefferbichl (REICH 1953, FILZER 1967), Wurzacher Becken (FILZER & GERMAN 1968, GERMAN et al. 1968, GRÜGER & SCHREINER 1993), Füramoos (FRENZEL 1978, MÜLLER 2001, MÜLLER et al. 2003), Samerberg (GRÜGER 1979a, b), Jammertal (MÜLLER 2000, 2001) und der schon auf österreichischer Seite liegende Mondsee (KLAUS 1987, DRESCHER-SCHNEIDER 2000). Das Profil Wildmoos (FRENZEL & PESCHKE 1972, FRENZEL 1978) weist zwar auch eine Pollenfolge letzte Warmzeit – Würm auf, allerdings mit größeren Hiaten. Württemberg betreffend deckt das Pollendiagramm vom Füramoos (MÜLLER et al. 2003) die größte Zeitspanne ab. Auf das Dürnten-

Interstadial folgen hier noch je drei weitere Stadiale und wärmere Intervalle. Auf bayerischer Seite reicht das Samerberg-Profil (GRÜGER 1979a, b) am weitesten in das Mittelwürm. Nach dem Dürnten folgen noch weitere kaltzeitliche Abschnitte. Im Mondsee-Profil reißt die Pollenüberlieferung während des Dürnten-Interstadials ab (DRESCHER-SCHNEIDER 2000). Aus der Erdinger Altmoränenlandschaft am Ortsrand von Hörlkofen wurde in jüngster Zeit ein Pollendiagramm mit einer Zeitscheibe von rund 50.000 Jahren innerhalb des Würm vorgestellt (STOJAKOWITS et al. 2015).

Desweiteren existiert eine Reihe von Analysen mit größtenteils unsicherer würmzeitlicher Stellung. Aus Oberschwaben wurden kurze Torfprofile bei Muttenweiler und Dürmentingen von GÖTTLICH (1960) analysiert. Fragmente des Würm sind vermutlich in den Bohrkernen Ur-Federsee 1 und 2 repräsentiert (GERMAN et al. 1965, 1967). Die Vorkommen von Maienberg und Waltere (GÖTTLICH & WERNER 1968) datieren sehr wahrscheinlich in das Würm, was auch schon FRENZEL (1973) bemerkte. Pollenanalysen interstadialer Schieferkohlen bei Wasserburg am Inn wurden von FRENZEL & JOCHIMSEN (1972) vorgelegt. PESCHKE (1983) untersuchte interstadiale Schieferkohlen früh- und mittelwürmzeitlichen Alters an den Lokalitäten Antdorf, Breinetsried, Höfen, Pömetsried und Schwaiganger. Ferner wurde von HÖFLE & MÜLLER (1983) ein Pollendiagramm mit einem interstadialen Abschnitt veröffentlicht. An der deutschen Grenze wurde von STARNBERGER et al. (2008, 2009) am österreichischen Salzachufer in Duttendorf ein hochglaziales Lößprofil mit insgesamt acht Proben palynologisch erfasst. Jüngst publizierten noch FIEBIG et al. (2014) ein Profil aus Neusillersdorf, das vermutlich in MIS3 datiert.

Besondere Erwähnung verdienen noch die an den Profilen Mondsee (OEGGL & UNTERFRAUNER 2000) und Samerberg (GRÜGER 1979b) durchgeführten und ausgesprochen wertvollen Makrorestanalysen. Ferner soll in diesem Kontext die am Rand der Fränkischen Alb gelegene Lokalität Mauern (BRANDE 1975) nicht unerwähnt bleiben.

Die nachfolgenden stratigraphischen Bezeichnungen Unteres Würm, Mittleres Würm und Hochwürm folgen CHALINE & JERZ (1984) und DOPPLER et al. (2011).

Vegetationsentwicklung im Unteren Würm

Der Kälterückschlag im ausgehenden Riß/Würm-Interglazial führt anfangs zu einer Auflichtung der Koniferen-Bestände und gipfelt schließlich in einer Verdrängung durch heliophytenreiche Formationen, der in Alpenrandnähe waldlosen Zeit des 1. Frühwürm-Stadials. Unter den Nichtbaumpollen am häufigsten sind in den meisten Profilen Poaceae und Cyperaceae nachgewiesen, gefolgt von der weitaus geringer repräsentierten Gattung *Artemisia*. Andere Vertreter offener Standorte wie Chenopodiaceae, *Helianthemum*, *Thalictrum* sowie *Botrychium* und *Selaginella selaginoides* treten in unterschiedlichen Anteilen hervor. Mosaikartig sind in die Steppenbiome in der Regel niederwüchsige Strauchbestände eingestreut, die aus Taxa wie *Betula nana*, *Ephedra*, *Hippophaë rhamnoides*, *Juniperus* und *Salix* zusammengesetzt sind. Jedoch sind an Gunstlagen auch lichte Wälder anzunehmen, was durch die Makrorestfunde vom Mondsee (OEGGL & UNTERFRAUNER 2000) angezeigt wird. Diese stammen anfangs von *Picea*, später von *Betula pubescens*, *B. pendula*, *Alnus incana*, *Pinus* und *Larix*. Am rund 100 m höher gelegenen Samerberg (GRÜGER 1979b) ist erst gegen Ende des Stadials wieder *Betula spec.* dokumentiert. Den Funden vom Mondsee zufolge sollten auch im alpenferneren Alpenvorland Süddeutschlands Bäume überdauert haben. Laut ZAGWIJN (1989) ist wahrscheinlich eine Waldsteppe verbreitet.

Das erste Frühwürm-Interstadial, das mit dem norddeutschen Brörup korreliert, setzt mit einer Ausbreitung von *Juniperus*, *Betula* sowie meist auch *Pinus* ein. Nachfolgend formieren

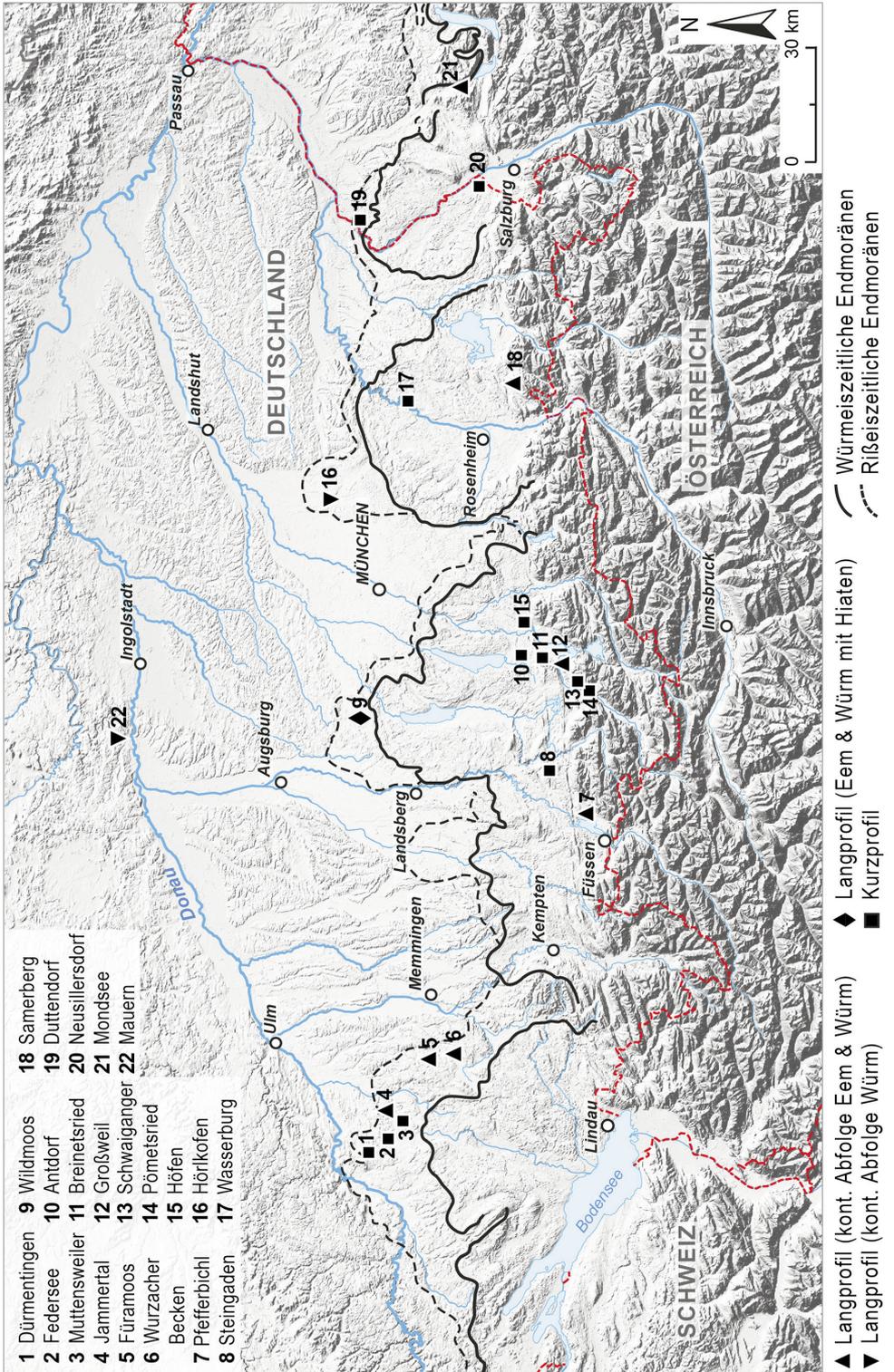


Abb. 1: Lage der vegetationsgeschichtlich untersuchten Lokalitäten.

borealen Nadelwäldern, tritt aber im nördlichen Alpenvorland zugunsten von *Pinus* zurück. Im Gegensatz zu Norddeutschland belegt die Präsenz thermophiler Gehölze wie *Carpinus*, *Quercus* und *Corylus* für die beiden großen Frühwürm-Warmphasen eine wärmere Ausprägung (BEHRE 1989). In der Spätphase des Interstadials kommt es zu einem Rückgang der Walddichte, was sich im Aufkommen von Heliophyten wie *Artemisia*, *Helianthemum*, *Thalictrum*, Chenopodiaceen, Brassicaceen und Poaceen äußert. Ferner treten Offenlandzeiger wie *Botrychium* und *Selaginella* im Pollenspektrum auf.

Zwei Taxa können im Kontext des Pollenspektrums vorbehaltlich als charakteristisch für die ersten beiden Frühwürm-Interstadiale gelten, nämlich *Bruckenthalia spiculifolia* und *Picea omorika*. Erstere Art ist bisher nur im Füramoos (MÜLLER et al. 2003) in den ersten beiden Frühwürm-Interstadialen mehrfach belegt und im Profil Hörlkofen (STOJAKOWITS et al. 2015) im zweiten Frühwürm-Interstadial sehr vereinzelt gefunden worden. Ferner ist *Bruckenthalia* in einem unveröffentlichten Pollendiagramm von Seibranz-Fischweiher (Maria Knipping, schriftl. Mitt. 2016) mehrfach bestimmt worden. Die wenigen Fundstellen sind auf mangelnde Kenntnis der Pollenmorphologie des Taxons bei älteren Arbeiten zurückzuführen. Gleiches mag für *Picea omorika* gelten bei oft zusätzlich erschwerten Bestimmungsbedingungen infolge gequetschter und zerrissener Pollenkörner. Nachweise des *Picea omorikoides*-Typs sind am Samerberg (GRÜGER 1979a, b) in den beiden ersten Frühwürm-Interstadialen, am Pfefferbichl (REICH 1953, FILZER 1967) und im Pollendiagramm Großweil (REICH 1953) im ersten Interstadial und im Profil Hörlkofen (STOJAKOWITS et al. 2015) im zweiten Frühwürm-Interstadial erbracht worden. Pollen- und teils auch makrorestanalytisch ist dieses Taxon schon im Riß/Würm-Interglazial detektiert worden, so in Zeifen (JUNG et al. 1972), Eurach (BEUG 1979) und am Samerberg (GRÜGER 1979a, b). Beide Taxa haben in den beiden großen Interstadialen der letzten Eiszeit ein großes Areal in Mitteleuropa und angrenzenden Gebieten besessen. So ist *Bruckenthalia* in Nordwestdeutschland z.B. im Brörup von Osterwanna sowohl pollen- als auch makrorestanalytisch in einem Bereich in großen Mengen nachgewiesen (BEHRE 1974), in Oerel ist die Art diskontinuierlich im Brörup und Odderade sowie einmalig im Glinde im Pollenspektrum repräsentiert (BEHRE & LADE 1986). Ebenso ist *Picea omorika* während der beiden großen Frühweichsel-Interstadialen in der norddeutschen Tiefebene verbreitet (z.B. BEHRE et al. 2005). Für das zweite Frühwürm-Interstadial kann in manchen Pollendiagrammen *Osmunda* als charakteristisch gelten. So ist das Taxon im Profil Mondsee (DRESCHER-SCHNEIDER 2000) mit Beginn der *Picea*-Ausbreitung kontinuierlich im niedrigen Prozentbereich im Pollenspektrum repräsentiert, im Füramoos (MÜLLER 2001, MÜLLER et al. 2003) ist sie ebenfalls kontinuierlich mit niedrigeren Anteilen vertreten. In den Diagrammen Hörlkofen (STOJAKOWITS et al. 2015) und dem inneralpin, östlich von Innsbruck gelegenen Unterangerberg (STARNBERGER et al. 2013) sind sogar bereichsweise über 30 % Anteil bezogen auf die Grundsumme zu verzeichnen. Welche Art wie vergesellschaftet war, ist fraglich.

Zusammenfassend sei festgehalten, dass im Unteren Würm ein zweimaliger Wechsel von Stadien und Interstadialen dokumentiert ist, welche durch den Wandel von Wald- und Kältesteppen in den Kaltphasen zu borealen Nadelwäldern mit thermophilen Gehölzen an Gunstandorten in den Warmphasen charakterisiert sind.

Vegetationsentwicklung im Mittleren Würm

Laut der Subkommission für Quartärstratigraphie (CHALINE & JERZ 1984) beginnt das Mittlere Würm mit dem dritten Stadal. In dieser Kaltphase ist gemäß dem pollenanalytischen Befund der Profile Jammertal (MÜLLER 2000), Füramoos (MÜLLER et al. 2003) und Hörlkofen (STOJAKOWITS et al. 2015) von einer flächenhaften Entwaldung auszugehen, was durch

die drastische Abnahme der Gehölzpollenwerte und gleichzeitigen Zunahme von Cyperaceen und heliophytischen Kältesteppelementen angezeigt wird. Pollenfunde thermophiler Gehölze wie z.B. von *Corylus* sind auf Umlagerungsvorgänge bedingt durch die Erosion älterer Ablagerungen zurückzuführen, wie es auch GRÜGER & SCHREINER (1993) für das Wurzaicher Becken konstatieren. Am Samerberg (GRÜGER 1979b) ähnelt das dritte Stadial sowohl pollenfloristisch als auch von der Makrorestflora her dem zweiten Stadial. In der Umgebung des Mondsees sind noch vereinzelt Bäume gewachsen, wie z.B. Baumbirken und Kiefern (OEGGL & UNTERFRAUNER 2000). Diesen Makrorestnachweisen zufolge sollten in klimatisch begünstigten Lagen noch lichte Waldhaine vorgekommen sein.

Das von WELTEN (1981, 1982) benannte Dürnten-Interstadial dürfte mit dem norddeutschen Oerel übereinstimmen (z.B. BEHRE in LITT et al. 2007). Aus Oerel liegen insgesamt sechs ¹⁴C-Datierungen mit konventionellen Altern zwischen 53.500 und 57.700 für diese Warmphase vor (BEHRE & VAN DER PFLICHT 1992). Aus der Lokalität Dürnten wurde von WELTEN (1982) aus Sedimenten direkt im Hangenden des gleichnamigen Interstadials ein konventionelles Radiokarbonalter mit 55.500 ± 550 Jahren vorgelegt. Das Dürnten wird bei vollständiger Pollenüberlieferung mit einer von *Betula*, *Hippophaë* und *Juniperus* geprägten Strauchphase eingeleitet. Die nachfolgende Ausbreitung von *Pinus* mit höheren Anteilen und *Picea* mit niedrigeren Anteilen im Westen und von *Picea* und *Pinus* mit umgekehrten Dominanzverhältnissen im Osten gipfelt in einer lichten Wiederbewaldung. Im Profil Hörlkofen (STOJAKOWITS et al. 2015) hingegen sind anfangs offene Kiefern-Birkenwälder, später lichte Kiefernwälder mit Lärche und wenig Fichte das Klimaxstadium. *Larix* ist im südlichen Alpenvorland generell den locker stehenden Nadelwaldformationen stark beigemischt. In Norddeutschland ist *Larix* im dritten Interstadial nicht mehr verbreitet (WAGNER et al. 2015).

Das Hereinbrechen des vierten Stadials führt zu einer Verdrängung der aufgekommenen Waldbestände und teilweiser Substitution durch heliophytenreiche Formationen. Die weitere Abfolge von Interstadialen und Stadialen ist unklar, da bisher nur wenige Pollenanalysen aus dem Mittelwürm existieren und folglich eine detaillierte Chronologie des Mittelwürms im südlichen Mitteleuropa inklusive der Schweiz (BURGA & PERRET 1998, DRESCHER-SCHNEIDER et al. 2007) noch aussteht. Die Vegetationsentwicklung ist zudem regional stark differenziert. Ein wichtiger modifizierend wirkender Faktor sind Gletschervorstöße. So ist z.B. aus dem Kemptener Becken im Bereich des Illergletschers eine vermutlich mittelwürmzeitliche Vergletscherung datiert worden (LINK & PREUSSER 2005), die bis auf 10 km an die hochglaziale Maximalausdehnung heranreichte. Es ist aber zu bemerken, dass der Illergletscher als kleineres Gletschersystem relativ sensibel auf Klimaschwankungen reagiert und somit im Vergleich zum beispielsweise wesentlich größeren Isar-Loisach-Vorlandgletscher viel rascher vorgestoßen wie auch abgeschmolzen ist. Im Periglazialraum sind erhebliche Erosions- und Akkumulationsvorgänge (u.a. Löß) zu verzeichnen. Die starke Morphodynamik schlägt sich in einigen Profilen in Gestalt umgelagerter Pollenkörner nieder.

Selbst in Norddeutschland und den Niederlanden mit einer Vielzahl von durchgeführten Pollenanalysen ist die weitere weichselzeitliche Abfolge noch sehr unsicher. So ist lediglich in stratigraphisch gesicherter Superposition über dem Oerel das Glinde-Interstadial nachgewiesen, das aufgrund der reinen Torfbildung noch ein eigenständiges Interstadial darstellt (vgl. BEHRE & LADE 1986, BEHRE in LITT et al. 2007). Die Existenz der in den Niederlanden ausgewiesenen Interstadiale, namentlich Moershoofd, Hengelo und Denekamp, ist fraglich, da pollenanalytisch teils nur undeutliche Signale fassbar sind und viele der Vorkommen wohl auf zeitweilig lokal bessere edaphische Bedingungen zurückzuführen sind (vgl. VANDENBERGHE 1985, VANDENBERGHE & VAN HUISSTEDEN 1989, BEHRE & VAN DER PFLICHT 1992, BEHRE in LITT et al. 2007). Da die Vegetation dieser pleniglazialen Interstadiale darüber hinaus stark dem pollenanalytisch rekonstruiertem Bild der Frühweichsel-Sta-

Pinus und *Picea* verschieden zusammengesetzte, boreale Nadelwaldformationen. Ein Klimarückschlag, das sogenannte Montaigu-Ereignis, führt zu einer Verringerung der *Picea*-Populationen und Zunahme der Offenlandanteile, aber auch zur Expansion von *Pinus*. Wie GRÜGER (1989, 1995) bemerkt, ist der pollenanalytische Niederschlag der Klimaoszillation in unmittelbarer Alpennähe am größten. So ist die Klimaverschlechterung in den Pollendiagrammen Großweil (REICH 1953), Pfefferbichl (FILZER 1967) und Samerberg (GRÜGER 1979a, b) deutlich repräsentiert. Mit der erneuten Klimabesserung wird *Picea* den bisherigen Untersuchungen zufolge in Bereichen über etwa 600 m ü. NN und zu den Alpen hin auch in tieferen Lagen zur vorherrschenden Baumart. Im nördlichen Alpenvorland erlangt *Pinus* größere Bedeutung. Zeitweise kann sich auch *Abies* an den meisten Lokalitäten schwach ausbreiten. An klimatischen Sonderstandorten kommen sogar thermophile Gehölze wie *Quercus* und *Carpinus* vor. Die Einwanderung thermophiler Laubmischwaldgehölze ist von Westen her erfolgt, da in den westlichen Lokalitäten deutlich höhere Anteile zu verzeichnen sind, wie am Füramoos mit einem Maximum von 16 %, im Gegensatz zum Samerberg mit einem maximalen Anteil von rund 2 % (MÜLLER & SANCHEZ-GOÑI 2007). Akzentuierend kommt das Ozeanitätsgefälle von West nach Ost hinzu. Ab der zweiten Hälfte des Interstadials ist *Larix* stärker am Aufbau der Wälder beteiligt.

Die Klimadepression des zweiten Stadials äußert sich alpenrandnah wieder in einer großflächigen Entwaldung. Mit abnehmender Höhenlage Richtung Norden ist eine graduell weniger starke Auflichtung der Wälder evident. WELTEN (1981) sieht im südlichen Alpenvorland zwischen 300 und 700 m ü. NN Waldgrenzverhältnisse verwirklicht. Im Vergleich zum ersten Stadial sind die v.a. im südlichen Alpenvorland verstärkt aufkommenden Kältesteppen deutlich reicher an *Artemisia*, woraus sich ein kontinentaleres Klima ableiten lässt (MÜLLER & SANCHEZ-GOÑI 2007). Strauchgehölze wie *Ephedra*, *Hippophaë rhamnoides*, *Juniperus* und *Salix* bilden erneut Bestände. Am Mondsee (OEGGL & UNTERFRAUNER 2000) sind in diesem Stadial wieder gewachsene Bäume durch Großrestfunde belegt, anfangs *Picea* mit *Pinus cembra* und *Larix* sowie später bei abgesunkener Waldgrenze *Betula* sect. *nanae*, auf die *Betula* sect. *albae*, *Pinus*, *Alnus viridis*, *Pinus cembra* und *Larix* folgen. Vom Samerberg (GRÜGER 1979b) liegen im unteren Teil Nachweise von *Picea* (umgelagert?), *Betula* spec. sowie *Betula humilis* vor, im oberen Teil treten bei deutlich erhöhter Funddichte *Pinus* (*mugo*), *Juniperus*, *Betula nana*, *Salix* spec. und *Salix retusa* hinzu.

Das 2. Frühwürm-Interstadial setzt üblicherweise mit einer Pionierwaldphase aus *Betula* und *Pinus* ein. Mit der fortschreitenden Erwärmung in diesem Interstadial breitet sich *Picea* aus. Es stocken je nach Standort verschieden zusammengesetzte Nadelwälder in der Landschaft. Mit *Pinus* und *Picea* vergesellschaftet ist auch *Larix* verbreitet gewesen. Vermutlich kam auch *Abies* vereinzelt vor. Am Mondsee (DRESCHER-SCHNEIDER 2000, OEGGL & UNTERFRAUNER 2000) ist dieses Taxon makrorestanalytisch bei zugleich sehr unregelmäßigen Pollenfunden belegt. Im Jammertal (MÜLLER 2000) weist *Abies* im jüngeren Teil kontinuierlich bis zu 2 % Anteil am Pollenspektrum auf. An Gunststandorten wuchsen noch thermophile Gehölze wie *Carpinus* und *Corylus*. Diese wärmebedürftigen Taxa gelangen schon in der Frühphase des Interstadials wieder in das süddeutsche Alpenvorland, was das Vorhandensein nicht allzu weit entfernter Refugialstandorte, wie z.B. Sulzberg-Baden (WELTEN 1981) in der Nordwestschweiz, während des vorangegangenen Stadials nahe legt. Die anspruchsvollen Gehölze erreichen schon im älteren Teil der Erwärmungsperiode Maximalverbreiterung, wonach dort das klimatische Optimum lokalisiert sein sollte (MÜLLER & SANCHEZ-GOÑI 2007). Dabei herrscht ein ähnlicher Gradient wie im ersten Interstadial vor. So liegt der Thermophilen-Höchstwert im Füramoos bei 20 % und am Samerberg bei 5 %. Ebenso ist wieder ein der zunehmenden Höhenlage folgender Nord-Süd-Gradient hinsichtlich der Koniferen-Dominanzverhältnisse ausgeprägt. Alpenrandnah dominiert *Picea* in den

diale ähnelt, sollte sensu CASPERS & FREUND (2001) besser von Intervallen gesprochen werden und der Begriff Interstadial nicht verwendet werden. Dies trifft auch auf die Vegetationszusammensetzung der auf das Dürnten folgenden Mittelwürm-Interstadiale im Vergleich mit den Frühwürm-Stadialen in Süddeutschland zu. Dieser Wandel im Vegetationsbild der Erwärmungsphasen ist in der prinzipiell fortschreitenden Abkühlung begründet.

Im Füramoos-Profil (MÜLLER et al. 2003) sind drei mittelwürmzeitliche Interstadiale bzw. Intervalle repräsentiert, wovon das erste gemäß Radiokarbondatierung in das Glinde-Interstadial verweist. Dem Pollenbefund nach herrscht dort eine offene Strauchsteppe mit *Betula nana*, niederwüchsigen *Juniperus*-Exemplaren und *Hippophaë rhamnoides* vor, wobei auch *Betula alba* nachgewiesen ist. Das zweite im Mittelwürm liegende Interstadial könnte der vorliegenden ¹⁴C-Datierung zufolge in das Moershoofd-Interstadial bei zugleich ähnlicher Vegetationsvergesellschaftung fallen. Kurz vor Abreißen des Profils ist ein weiteres Intervall angedeutet. MÜLLER et al. (2003) verzichten bewusst auf eine Korrelation mit den Interstadialen der niederländischen Klassifikation und nennen diese neutral nach der nächst gelegenen Ortschaft Bellamont 1 bis 3.

Gemäß zwei Radiokarbondatierungen ist im Pollendiagramm Breinetsried (PESCHKE 1983) ein Intervall repräsentiert, das in die Zeitscheibe des „Moershoofd-Interstadial“ der niederländischen Terminologie fällt. Es zeigt sich das Bild einer vorwiegend offenen Vegetation. Während der Optimalphase mit einem Baumpollenmaximum von 70 % ist an klimatisch begünstigten Standorten von lichten Waldinseln und aufgelockerten Wäldern auszugehen, wie sie in der heutigen Waldtundra anzutreffen sind. Die Bestände werden vorrangig von *Pinus* aufgebaut. *Picea* und *Betula* sind beigemischt. Die lokale Anwesenheit von *Picea* ist durch Holzgroßreste im stark gepressten Bruchwaldtorf belegt.

Im Wurzacher Becken (GRÜGER & SCHREINER 1993) ist ebenfalls eine weitere Erwärmungsphase denkbar, die sich in einer starken Zunahme der Pollenfrequenzen von *Picea* und untergeordnet auch *Pinus* äußert. Zugleich sind die *Betula*- und *Hippophaë*-Werte erhöht und *Larix*-Pollen tritt erneut auf. Demgegenüber steht eine Depression in den Kurven der Cyperaceen, Poaceen und von *Artemisia*. Eine Sukzession verschiedener Vegetationstypen hin zum Wald lässt sich aber nicht erkennen.

Im Profil Hörlkofen (STOJAKOWITS et al. 2015) sind auch Vegetationsveränderungen registriert, die auf drei weitere Erwärmungsphasen hinweisen. Zuerst ist ein *Pinus*-Gipfel ausgebildet bei gleichzeitig erniedrigten Werten verschiedener Nichtbaumpollentypen. Bemerkenswert sind die erneuten *Larix*-Funde. Insgesamt lässt sich hierin das Vorhandensein eines weiteren Interstadials vermuten. Nachfolgend ist im Hörlkofen-Diagramm wieder eine stadiale Phase abgebildet, die bei kontinuierlicher Pollenüberlieferung das 5. Stadial repräsentieren sollte. Die nächste Erwärmungsphase schlägt sich wiederum in einer kurzweiligen *Pinus*-Expansion und entsprechendem Rückgang von Heliophyten und auch Cyperaceen nieder. Ferner ist auch wieder *Larix* nachgewiesen. Darauf folgt ein Stadial. Kurz bevor der Torf in Lösslehm übergeht, zeichnet sich ein weiteres Interstadial ab, das laut Datierung in das Denekamp der niederländischen Terminologie weist. Im Pollendiagramm Mauern (BRANDE 1975) ist, belegt durch eine ¹⁴C-Datierung, ebenfalls ein Denekamp-Äquivalent repräsentiert.

Die bisherigen Analysen zeigen, dass in den beiden Erwärmungsphasen nach dem Dürnten-Interstadial noch eine schwache Ausbreitung von *Pinus*, *Betula* und z.T. auch *Picea* stattfindet. Allerdings formieren diese Taxa nur noch kleinere, locker stehende Waldinseln. Strauchbestände werden von *Juniperus*, *Hippophaë* und *Salix* sowie von strauchförmigen *Betula*-Exemplaren gebildet. Die offenen Verhältnisse zur Zeit dieser Interstadiale werden u.a. durch Funde von *Selaginella selaginoides* und *Botrychium* angezeigt.

Für die mittelwürmzeitlichen Stadiale ist von nahezu baumfreien Kältesteppen auszugehen, die z.B. hohe Anteile an *Artemisia*, Chenopodiaceae, *Ephedra*, *Thalictrum* und Poaceae aufweisen. Sicherlich sind Sträucher eingestreut. Die Kältesteppen sind edaphisch und regionalklimatisch verschieden zusammengesetzt (FRENZEL 1983) und je nach wechselnden Standortverhältnissen (Relief, Substrat, Kleinklima etc.) in ein kleinräumiges Vegetationsmosaik gegliedert. So sind in Geländedepressionen an Cyperaceen reiche Vernässungsflächen verbreitet. Im Gegensatz dazu stehen trockene Standorte auf Kuppen und Oberhängen.

Aufgrund seiner lithostratigraphischen Bedeutung für den Beginn des Oberen Würm darf der Bänderton von Baumkirchen (inneralpines Inntal) mit den darüber lagernden Vorstoßschottern nicht unerwähnt bleiben. In dem Bänderton wurden insbesondere von FLIRI (z.B. 1970, 1971) sowie von FLIRI et al. (1971, 1972) Hölzer von *Alnus viridis*, *Hippophaë rhamnoides*, *Juniperus*, *Pinus mugo* und *P. sylvestris* radiokarbondatiert. Noch vorhandenes Restmaterial konnte von SPÖTL et al. (2013) nachdatiert werden. Die Ergebnisse liegen zwischen 30.346 ± 204 und 31.351 ± 303 konventionellen ^{14}C -Altern (kalibriert 33.800 bis 35.900 cal. BP, 2-Sigma-Wahrscheinlichkeit), im Gegensatz zu den alten Radiokarbonaltern mit 28.300 bis 38.300 cal. BP. Anhand datierter Knochenfragmente der hangenden Vorstoßschotter konnte der Zeitraum für den Beginn des Hochglazials bzw. Oberen Würm nach lithologischen Kriterien (CHALINE & JERZ 1984) auf ca. 32.000 bis 33.000 cal. BP eingengt werden. Die am Bänderton von Baumkirchen durchgeführte Pollenanalyse (BORTENSCHLAGER & BORTENSCHLAGER 1978) weist auf eine an *Artemisia*, Chenopodiaceen und Gräsern reiche Kältestepp mit vereinzelt strauchigen Gehölzen wie *Pinus mugo*, *Betula nana*, *Hippophaë*, *Juniperus* und *Salix* hin.

Vegetationsentwicklung im Oberen Würm

Im Würm-Hochglazial ist gemäß den Untersuchungen von STARNBERGER et al. (2008, 2009) und von Peschke (unpubl. Kurzbericht für das Bayerische Geologische Landesamt) im nicht vergletscherten Bereich eine hochglaziale Lößsteppe ausgebildet, wie sie auch schon von FRENZEL (1964a, b) für Niederösterreich beschrieben wurde. Von Peschke häufig nachgewiesene Taxa sind *Artemisia*, Brassicaceae, Caryophyllaceae, Cyperaceae, *Helianthemum*, *Thalictrum* und Poaceae. LANG (1994) führt noch das häufige Vorkommen von Chenopodiaceen an. Die großflächige Ablagerung von Löß jenseits der großen Flusstäler und die Aufschotterung in den Tälern selbst erschweren neben dem extrem kalt-kontinentalen Klima den Pflanzenwuchs. An Gunststandorten sind Vorkommen einzelner niedrigwüchsiger Gehölze wie *Betula nana*, *Pinus mugo*, *Juniperus* und *Salix*-Arten wahrscheinlich, Bäume jedoch sind im Alpenvorland gänzlich verschwunden.

Nach dem Niedertauen der Gletschermassen im ausgehenden Späthochglazial erfolgt im beginnenden Spätwürm bzw. Spätglazial eine langsame Besiedlung der Rohbodenflächen durch erste Pionierpflanzen. So ist in der Ältesten Dryas eine baumlose Tundren-Vegetation mit lückenhaftem Bewuchs verbreitet. Das Bølling wird typischerweise durch eine Strauchphase mit *Betula nana*, *Hippophaë rhamnoides* und *Juniperus* eingeleitet. Daraufhin wandern Baumbirken ein und schließlich gelangt auch *Pinus sylvestris* wieder in das Gebiet. Der Nachweis der Älteren Dryas gestaltet sich in vielen Profilen problematisch. Im Allerød beherrschen lichte Kiefernwälder mit unterschiedlicher Beteiligung von *Betula* das Landschaftsbild. Gegen Ende dieses vegetationsgeschichtlichen Abschnitts ist in einigen Profilen eine Lage Laacher-See-Tuff detektiert worden, dessen Alter gemäß den Warvenzählungen im Meerfelder Maar 12.880 Jahre beträgt (BRAUER et al. 1999). Die Jüngere Dryas, der letzte Kälterückschlag vor dem Holozän, führt zu einer Waldauflichtung, die im nördlichen Alpenvorland nur von geringer Intensität ist, jedoch zum Alpenrand hin zusehends markanter wird. Der Ablauf der spät-

glazialen Vegetationsgeschichte im Alpenvorland ist aufgrund zahlreicher Untersuchungen relativ gut bekannt (z.B. BERTSCH 1961, SCHMEIDL 1971, BEUG 1976, MIELKE & MÜLLER 1981). Im alpenferneren Teil sind jedoch noch größere Lücken vorhanden.

Ausblick

Es sind auf württembergischer Seite einige Profile analysiert, aber nicht veröffentlicht (vgl. ELLWANGER et al. 1995). Weiter existieren im Rheingletschergebiet noch einige bekannte Vorkommen, die von geologischer Seite her das Würm umfassen sollten, aber noch nicht bearbeitet sind. Dies gilt sowohl für die Altmoränen- als auch die Jungmoränenlandschaft. Auf bayerischer Seite sind z.B. in größeren Tiefen des Haspelmoores oder auch im Dinkelscherbener Becken würmzeitliche Bildungen zu vermuten. Schließlich sind alpenrandnah noch nicht untersuchte Schieferkohlevorkommen zu nennen. Zukünftig wären Untersuchungen wünschenswert, die insbesondere die Mittelwürm-Chronologie weiter erhellen, sowohl makrorest- als auch pollenanalytisch!

Zusammenfassung

Im Würm ist anfangs ein dreimaliger Wechsel von Stadialen und Interstadialen dokumentiert, welcher durch den Wandel von Wald- und Kältesteppen in den Kaltphasen zu borealen Nadelwäldern in den Warmphasen charakterisiert ist. Für das Mittelwürm und das Hochwürm steht eine detaillierte Chronologie noch aus. Die Warmphasen des Mittelwürm nach dem Dürnten ähneln der pollenfloristischen Zusammensetzung nach eher den Frühwürm-Stadialen. Dieser Wandel in den Klimaxformationen der Mittelwürm-Interstadiale gegenüber den Frühwürm-Interstadialen ist durch die fortschreitende Abkühlung verursacht. Die Datengrundlage für das Hochwürm ist ausgesprochen gering. Ein zentrales Desiderat stellen weitere Makrorestanalysen, insbesondere das Mittelwürm betreffend, dar.

Literatur

- BEHRE, K.-E. (1974): Die Vegetation im Spätpleistozän von Osterwanna/Niedersachsen. – Geol. Jb. **A18**: 3-48. Hannover.
- BEHRE, K.-E. (1989): Biostratigraphy of the Last Glacial period in Europe. – Quaternary Science Reviews **8**: 25-44. Oxford.
- BEHRE, K.-E. & U. LADE (1986): Eine Folge von Eem und 4 Weichsel-Interstadialen in Oerel/ Niedersachsen und ihr Vegetationsablauf. – Eiszeitalter u. Gegenwart **36**: 11-36. Hannover.
- BEHRE, K.-E. & J. VAN DER PFLICHT (1992): Towards an absolute chronology for the last glacial period in Europe: radiocarbon dates from Oerel, northern Germany. – Veget. Hist. Archaeobot. **1**: 111-117. Berlin.
- BEHRE, K.-E., A. HÖLZER & G. LEMDAHL (2005): Botanical macro-remains and insects from the Eemian and Weichselian site of Oerel (northwest Germany) and their evidence for the history of climate. – Veget. Hist. Archaeobot. **14**: 31-53. Berlin.
- BERTSCH, A. (1961): Untersuchungen zur spätglazialen Vegetationsgeschichte Südwestdeutschlands. – Flora **151**: 243-280. Regensburg.
- BEUG, H.-J. (1976): Die spät- und frühpostglaziale Vegetationsgeschichte im Gebiet des ehemaligen Rosenheimer Sees (Oberbayern). – Botanische Jahrbücher für Systematik **95**: 373-400. Stuttgart.
- BEUG, H.-J. (1979): Vegetationsgeschichtlich-pollenanalytische Untersuchungen am Rib/Würm-Interglazial von Eurach am Starnberger See/Obb. – Geologica Bavarica **80**: 91-106. München.
- BORTENSCHLAGER, I. & S. BORTENSCHLAGER (1978): Pollenanalytische Untersuchungen am Bändernten von Baumkirchen. – Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie **14** (1): 95-103. Innsbruck.

- BRANDE, A. (1975): Vegetationsgeschichtliche und pollenstratigraphische Untersuchungen zum Paläolithikum von Mauern und Meilenhofen (Fränkische Alb). – *Quartär* **26**: 73-106. Bonn.
- BRAUER, A., C. ENDRES & J. NEGENDANK (1999): Lateglacial calendar year chronology based on annually laminated sediments from Lake Meerfelder Maar, Germany. – *Quaternary International* **61** (1): 17-25. Oxford.
- BURGA, C. & R., PERRET (1998): Vegetation und Klima der Schweiz seit dem jüngeren Eiszeitalter. 805 S. – Ott, Thun.
- CASPERS, G. & H. FREUND (2001): Vegetation and climate in the Early- and Pleni-Weichselian in northern central Europe. – *Journal of Quaternary Science* **16** (1): 31-48. Chichester.
- CHALINE, J. & H. JERZ (1984): Arbeitsergebnisse der Subkommission für Europäische Quartärstratigraphie – Stratotypen des Würm-Glazials (Berichte der SEQS 6). – *Eiszeitalter und Gegenwart* **34**: 185–206. Hannover.
- DOPPLER, G., E. KROEMER, K. RÖGNER, J. WALLNER, H. JERZ & W. GROTTENTHALER (2011): Quaternary Stratigraphy of Southern Bavaria. – *Eiszeitalter u. Gegenwart (Quaternary Science Journal)* **60** (2-3): 329-365. Hannover.
- DRESCHER-SCHNEIDER, R. (2000): Die Vegetations- und Klimaentwicklung im Riß/Würm-Interglazial und im Früh- und Mittelwürm in der Umgebung von Mondsee. Ergebnisse der pollenanalytischen Untersuchungen. – *Mitt. Komm. Quartärforsch.* **12**: 39-92. Wien.
- DRESCHER-SCHNEIDER, R., C. JACQUAT & W. SCHOCH (2007): Palaeobotanical investigations at the mammoth site of Niederweningen (Kanton Zürich), Switzerland. – *Quaternary International* **164-165**: 113-129. Oxford.
- ELLWANGER, D., E. BIBUS, W. BLUDAU, M. KÖSEL & J. MERKT (1995): XI. Baden-Württemberg. Alpenvorland: Oberschwaben, Bodensee und Hochrhein. – In: BENDA, L. (Hrsg.): *Das Quartär Deutschlands*. Berlin, Gebrüder Borntraeger, 255-295.
- FIEBIG, M., P. HERBST, R. DRESCHER-SCHNEIDER, C. LÜTHGENS, J. LOMAX & G. DOPPLER (2014): Some remarks about a new Last Glacial record from the western Salzach foreland glacier basin (Southern Germany). – *Quaternary International* **328-329**: 107-119. Oxford.
- FILZER, P. (1967): Das Interglazial Riß-Würm vom Pfefferbichl bei Buching im Allgäu. – *Vorzeit* **16** (1-4): 9-24. Singen.
- FILZER, P. & R. GERMAN (1968): Das Eem und die Würmeiszeit im Profil der wissenschaftlichen Kernbohrung Wurzacher Becken I (DFG) – *Heidelberger Geographische Arbeiten* **20**: 79-94.
- FLIRI, F. (1970): Neue entscheidende Radiokarbonaten zur alpinen Würmvereisung aus den Sedimenten der Inntalterrasse (Nordtirol). – *Zeitschrift für Geomorphologie N.F.* **14**: 520-521. Stuttgart.
- FLIRI, F. (1971): Beiträge zur Stratigraphie und Chronologie der Inntalterrasse im Raum von Innsbruck. – *Veröffentlichungen des Museums Ferdinandeum* **51**: 5–21. Innsbruck.
- FLIRI F., H. HILSCHER & V. Markgraf (1971): Weitere Untersuchungen zur Chronologie der alpinen Vereisung (Bänderton von Baumkirchen, Inntal, Nordtirol). – *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie* **7**: 5–24. Innsbruck.
- FLIRI F., H. FELBER & H. HILSCHER (1972): Weitere Ergebnisse der Forschung am Bänderton von Baumkirchen (Inntal, Tirol). – *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie* **8**: 203–213. Innsbruck.
- FRENZEL, B. (1964a): Zur Pollenanalyse von Lössen. – *Eiszeitalter u. Gegenwart* **15**: 5-39. Hannover.
- FRENZEL, B. (1964b): Über die offene Vegetation der letzten Eiszeit am Ostrande der Alpen. – *Verhandl. Zool.-Bot. Ges. Wien* **103/104**: 110-143. Wien.
- FRENZEL, B. (1973): State of Research on the Quaternary of the Federal Republic of Germany. 2. Some remarks on the Pleistocene Vegetation. – *Eiszeitalter u. Gegenwart* **23/24**: 281-292. Hannover.
- FRENZEL, B. (1978): Das Problem der Riß/Würm-Warmzeit im deutschen Alpenvorland. – In: FRENZEL, B. (Hrsg.): *Führer Exkurs. IGCP 73/1/24 „Quat. Glac. Northern Hemisphere“*. Stuttgart, 103-114.
- FRENZEL, B. (1983): Die Vegetationsgeschichte Süddeutschlands im Eiszeitalter. – In: MÜLLER-BECK, H. (Hrsg.): *Urgeschichte in Baden-Württemberg*. Stuttgart, Theiss, 91-166.
- FRENZEL, B. & M. JOCHIMSEN (1972): Die Schieferkohlen aus der Umgebung von Wasserburg/Inn. – In: FRENZEL, B. (Hrsg.): *Führer zu den Exkursionen der 16. wissenschaftlichen Tagung der Deutschen Quartärvereinigung*. Stuttgart, 73-75.

- FRENZEL, B. & P. PESCHKE (1972): Das Wildmoos am Nordrand des ehemaligen Ammerseeegletschers. – In: FRENZEL, B. (Hrsg.): Führer zu den Exkursionen der 16. wissenschaftlichen Tagung der Deutschen Quartärvereinigung. Stuttgart, 54-55.
- GERMAN, R., R. DEHM, W. ERNST, P. FILZER, W. KÄSS, G. MÜLLER & W. WITT (1965): Ergebnisse der wissenschaftlichen Kern-Bohrung Ur-Federsee 1. – Oberrhein. geol. Abh. **14**: 97-139. Karlsruhe.
- GERMAN, R., J. BORNEFF, K. BRUNNACKER, R. DEHM, P. FILZER, W. KÄSS, H. KUNTE, G. MÜLLER & W. WITT (1967): Ergebnisse der wissenschaftlichen Kern-Bohrung Ur-Federsee 2. – Oberrhein. geol. Abh. **16**: 45-110. Karlsruhe.
- GERMAN, R., P. FILZER, R. DEHM, H. FREUDE, W. JUNG & W. WITT (1968): Ergebnisse der wissenschaftlichen Kernbohrung Wurzacher Becken I (DFG) – Jh. Ver. vaterl. Naturkde. Württemberg **123**: 33-68. Stuttgart.
- GÖTTLICH, K. (1960): Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Moore in Oberschwaben. Teil I: Moore im Bereich der Altmoräne und der Äußeren Jungmoräne. – Jh. Ver. vaterl. Naturkde. Württemberg **115**: 93-174. Stuttgart.
- GÖTTLICH, K. & J. WERNER (1968): Zwei wahrscheinlich letztinterglaziale Torfvorkommen im Gebiet von Stockach-Meißkirch. – Eiszeitalter u. Gegenwart **19**: 175-182. Hannover.
- GRÜGER, E. (1979a): Die Seeablagerungen vom Samerberg/Obb. und ihre Stellung im Jungpleistozän. – Eiszeitalter u. Gegenwart **29**: 23-34. Hannover.
- GRÜGER, E. (1979b): Spätriß, Riß/Würm und Frühwürm am Samerberg in Oberbayern – ein vegetationsgeschichtlicher Beitrag zur Gliederung des Jungpleistozäns. – *Geologica Bavarica* **80**: 5-64. München.
- GRÜGER, E. (1989): Palynostratigraphy of the Last Interglacial/Glacial cycle in Germany. – *Quaternary International* **3/4**: 69-79. Oxford.
- GRÜGER, E. (1995): Correlation of Middle-European Late-Pleistocene pollen sequences of the Pfefferbichl and Zeifen types. – *Meded. Rijks Geol. Dienst* **52**: 97-104. Haarlem.
- GRÜGER, E. & A. SCHREINER (1993): Riß/Würm- und würmzeitliche Ablagerungen im Wurzacher Becken (Rheingletschergebiet). – *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.* **189**: 81-117. Stuttgart.
- HÖFLE, H.-C. & H. MÜLLER (1983): Interglaziale und interstadiale Stauseeablagerungen bei Steingaden im Ammergebirgsvorland. – *Geologica Bavarica* **84**: 147-152. München.
- JUNG, W., H.-J. BEUG & R. DEHM (1972): Das Riß/Würm-Interglazial von Zeifen, Landkreis Laufen a. d. Salzach. – *Bayerische Akademie der Wissenschaften, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse, Abhandlungen N.F.* **151**: 131 S., München.
- KLAUS, W. (1987): Das Mondsee Profil: R/W-Interglazial und vier Würm-Interstadiale in einer geschlossenen Schichtfolge. – *Mitt. Komm. Quartärforsch.* **7**: 3-18. Wien.
- LANG, G. (1994): Quartäre Vegetationsgeschichte Europas. 462 S. – Gustav Fischer, Stuttgart.
- LITT, T., K.-E. BEHRE, K.-D. MEYER, H.-J. STEPHAN & S. WANSA (2007): Stratigraphische Begriffe für das Quartär des norddeutschen Vereisungsgebietes. – *Eiszeitalter u. Gegenwart (Quaternary Science Journal)* **56** (1-2): 7-65. Hannover.
- LINK, A. & F. PREUSSER (2005): Hinweise auf eine Vergletscherung des Kemptener Beckens (Südwest-Bayern) im Mittleren Würm. – *Eiszeitalter u. Gegenwart* **55**: 64-87. Hannover.
- MIELKE, K. & H. MÜLLER (1981): Palynologie. – In: BENDER, F. (Hrsg.): *Angewandte Geowissenschaften*. Band 1. Stuttgart, Enke, 393-407.
- MÜLLER, U. (2000): A Late-Pleistocene pollen sequence from the Jammertal, south-western Germany with particular reference to location and altitude as factors determining Eemian forest composition. – *Veget. Hist. Archaeobot.* **9**: 125-131. Berlin.
- MÜLLER, U. (2001): Die Vegetations- und Klimaentwicklung im jüngeren Quartär anhand ausgewählter Profile aus dem südwestdeutschen Alpenvorland. – *Tübinger Geowiss. Arb., Reihe D* **07**: 118 S.
- MÜLLER, U., J. PROSS & E. BIBUS (2003): Vegetation response to rapid climate change in Central Europe during the past 140,000 yr based on evidence from the Füramoos pollen record. – *Quaternary Research* **59**: 235-245. Washington.
- MÜLLER, U. & M. SANCHEZ-GOÑI (2007): Vegetation dynamics in southern Germany during marine isotope stage 5 (~ 130 to 70 kyr ago). – In: SIROCKO, F., M. CLAASEN & M. SANCHEZ-GOÑI (Hrsg.): *The climate of past Interglacials. – Developments in Quaternary Sciences* **7**: 277-287. Amsterdam

- OEGGL, K. & H. UNTERFRAUNER (2000): Die Pflanzenreste des Riss/Würm-Interglazials und des Würmglazials von Mondsee – Mitt. Komm. Quartärforsch. **12**: 93-121. Wien.
- PENCK, A. & E. BRÜCKNER (1909): Die Alpen im Eiszeitalter. Band 1. Die Eiszeiten in den nördlichen Ostalpen. 393 S. – Tauchnitz, Leipzig.
- PESCHKE, P. (1983): Palynologische Untersuchungen interstadialer Schieferkohlen aus dem schwäbisch-oberbayerischen Alpenvorland. – *Geologica Bavarica* **84**: 69-99. München.
- REICH, H. (1953): Die Vegetationsentwicklung der Interglaziale von Großweil-Ohlstadt und Pfefferbichl im Bayerischen Alpenvorland. – *Flora* **140**: 386-443. Regensburg.
- SCHMEIDL, H. (1971): Ein Beitrag zur spätglazialen Vegetations- und Waldentwicklung im westlichen Salzachgletschergebiet. – *Eiszeitalter u. Gegenwart* **22**: 110-126. Hannover.
- SCHUSTER, J. (1909): Paläobotanische Untersuchungen aus Bayern. – *Ber. Bayer. Bot. Ges.* **12** (1): 44-62. München.
- SPÖTL, C., P. REIMER, R. STARNBERGER & R. REIMER (2013): A new radiocarbon chronology of Baumkirchen, stratotype for the onset of the Upper Würmian in the Alps. – *Journal of Quaternary Science* **28** (6): 552-558. Chichester.
- STARNBERGER, R., B. TERHORST, W. RÄHLE, R. PETICZKA & J.-N. HAAS (2008): Paläoökologische Untersuchungen in den quartären Sedimenten von Duttendorf (Oberösterreich). – *Quartär* **55**: 135-142. Bonn.
- STARNBERGER, R., B. TERHORST, W. RÄHLE, R. PETICZKA & J.-N. HAAS (2009): Palaeoecology of Quaternary periglacial environments during OIS-2 in the forefields of the Salzach Glacier (Upper Austria). – *Quaternary International* **198**: 51-61. Oxford.
- STARNBERGER, R., R. DRESCHER-SCHNEIDER, J. REITNER, H. RODNIGHT, P. REIMER & C. SPÖTL (2013): Late Pleistocene climate change and landscape dynamics in the Eastern Alps: the inner-alpine Unterangerberg record (Austria). – *Quaternary Science Reviews* **68**: 17-42. Oxford.
- STOJAKOWITS, P., M. PETERS & A. FRIEDMANN (2015): Ein neues Würmprofil aus Oberbayern. – Tagungsband 25. Jahrestreffen des Arbeitskreises Vegetationsgeschichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft in Benediktbeuren: 1. München.
- VANDENBERGHE, J. (1985): Paleoenvironment and stratigraphy during the last glacial in the Belgian-Dutch border region. – *Quaternary Research*, **24**: 23-38. Orlando.
- VANDENBERGHE, J. & VAN J. HUISSTEDEN (1989): The Weichselian stratigraphy of the Twente region, eastern Netherlands. – In: ROSE, J. & C. SCHLÜCHTER (Hrsg.): *Quaternary Type Sections: Imagination or Reality?* Rotterdam (Brookfield), Balkema, 93-99.
- WAGNER, S., T. LITT, M. SANCHEZ-GOÑI & R. PETIT (2015): History of *Larix decidua* Mill. (European larch) since 130 ka. – *Quaternary Science Reviews* **124**: 224-247. Oxford.
- WELTEN, M. (1981): Verdrängung und Vernichtung der anspruchsvollen Gehölze am Beginn der letzten Eiszeit und die Korrelation der Frühwürm-Interstadiale in Mittel- und Nordeuropa. – *Eiszeitalter u. Gegenwart* **31**: 187-202. Hannover.
- WELTEN, M. (1982): Pollenanalytische Untersuchungen im Jüngeren Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz. – Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz **156**: 210 S. Bern.
- ZAGWIJN, W. (1989): Vegetation and climate during warmer intervals in the Late Pleistocene in Western and Central Europe. – *Quaternary International* **3/4**: 57-67. Oxford.

Anschrift der Verfasser:

Dr. Philipp Stojakowits und Univ.-Prof. Dr. Arne Friedmann, Institut für Geographie, AG Biogeographie, Universität Augsburg, Alter Postweg 118, D-86135 Augsburg.

PD Dr. Michael Peters, Institut für Vor- und Frühgeschichtliche Archäologie und Provinzialrömische Archäologie, Ludwigs-Maximilians-Universität, Geschwister-Scholl-Platz 1, D-80539 München.

E-Mail: stojakowits@geo.uni-augsburg.de, friedmann@geo.uni-augsburg.de
Michael.Peters@vfpa.fak12.uni-muenchen.de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 2016

Band/Volume: [28](#)

Autor(en)/Author(s): Stojakowits Philipp, Peters Michael, Friedmann Arne

Artikel/Article: [Vegetationsentwicklung und -wandel im süddeutschen Alpenvorland während des Würm 124-135](#)