

**GLETSCHERGESCHICHTLICHE UNTERSUCHUNGEN ZUM
ÜBERGANG SPÄTGLAZIAL/POSTGLAZIAL IN NORDISLAND
ALS GRUNDLAGE PALÄOKLIMATISCHER REKONSTRUKTIONEN**

Maria WASTL, Johann STÖTTER, Clemens GEITNER, alle Innsbruck,
und Jörg-Friedhelm VENZKE, Bremen*

mit 7 Abb. und 1 Tab. im Text

INHALT

<i>Abstract</i>	165
<i>Zusammenfassung</i>	166
1 Untersuchungsgebiet	167
2 Bisheriger Kenntnisstand	168
3 Zielsetzung und methodischer Ansatz	172
4 Darstellung und Diskussion der Ergebnisse	174
5 Dank	185
6 Literaturverzeichnis	185

Abstract

Research into the history of glaciers: the transition from the late to the post-glacial period in northern Iceland as a basis for the reconstruction of palaeoclimatic conditions

In this paper an attempt is made to reconstruct the palaeoclimatic conditions prevailing in Iceland during the late Weichselian/early Holocene transition period by comparing the outlet glaciers of the ice sheet of southern and central Iceland with the local glaciers in central northern Iceland. It can be assumed that temperature variations were more or less the same in all of Iceland then, therefore the distribution of precipitation in this period of marked thermal instability can be deduced from the difference in extent between the South Icelandic ice sheet and the local glaciers in northern Iceland.

* Univ.-Ass. Dr. Maria WASTL, o.Univ.-Prof. Dr. Johann STÖTTER, Univ.-Ass. Dr. Clemens GEITNER, alle Institut für Geographie, Universität Innsbruck, A-6020 Innsbruck, Innrain 52; e-mail: maria.wastl@uibk.ac.at, hans.stoetter@uibk.ac.at, clemens.geitner@uibk.ac.at, <http://geowww.uibk.ac.at>; Prof. Dr. Jörg-Friedhelm VENZKE, Institut für Geographie, Universität Bremen, D-28334 Bremen, Postfach 330440; e-mail: jfvenzke@uni-bremen.de, <http://www.physiogeographie.uni-bremen.de/>

The reconstruction of the extent of the glaciers is based on mapping moraine remnants and ice-margin sediments of both the local glaciers on the Tröllaskagi and Flateyjarskagi peninsulas in northern Iceland and of the outlet glacier of the South Icelandic ice sheet in Eyjafjörður. A comparison of reconstructed equilibrium line altitude (ELA) depressions relative to the maximum glacier extent during the Little Ice Age is used to establish the temporal patterns of the local glacier advances based on classes of ELA depressions. For the late Weichselian/early Holocene transition, four stages in the extent of the local glaciers can be identified that are compared geomorphologically and stratigraphically with the corresponding extent of the outlet glacier in Eyjafjörður. Tephrochronology findings were used to create a basic age model.

During stage I the glaciers on Tröllaskagi and Flateyjarskagi showed ELA depressions of about 500 metres, at the same time the outlet glacier from the ice sheet of southern and central Iceland ended just north of Grenivík in the central part of Eyjafjörður (Grenivík I stage). Stage I was reached at about 10,300 BP or later (in this paper BP refers to uncalibrated radiocarbon years, cal BP to calibrated ages). Stage II was reached later than about 10,300 BP, and the ELA depressions of the local glaciers amounted to about 200 metres, while the Eyjafjörður outlet glacier ended just south of Grenivík (Grenivík II stage). The reconstructed ELA depressions for Preboreal advances of the local glaciers are less than 100 metres. Then the Eyjafjörður outlet glacier ended near Hólar, about 35 kilometres from the present coastline. Since about 9,200 BP the local glaciers in northern Iceland were never much larger, if at all, than their maximum extent during the Little Ice Age.

The limited extent of the local glaciers in northern Iceland during the younger Dryas in comparison with that of the outlet glacier of the ice sheet of southern and central Iceland is to be noted for the palaeoclimatic interpretation of the reconstructed glacier history: it might indicate that the current precipitation gradient between Iceland's south and north was even more marked in the late Weichselian period.

Zusammenfassung

Ziel der hier vorgestellten Untersuchungen war die Rekonstruktion der paläoklimatischen Verhältnisse in Island für den Zeitraum des Spätglazial/Postglazial Übergangs auf der Grundlage des Vergleichs des Gletscherverhaltens der Auslassgletscher des süd- und zentralisländischen Inlandeises sowie der nordisländischen Lokalvergletscherung. Unter der Annahme von großräumig mehr oder weniger gleich dimensionierten Temperaturschwankungen im nordatlantischen Raum ermöglicht der Vergleich des Verhaltensmusters des südisländischen Inlandeises und der Lokalgletscher in Nordisland insbesondere die Rekonstruktion der Niederschlagsverteilung in diesem Zeitraum starker thermischer Instabilität. Die gletschergeschichtlichen Rekonstruktionen basieren auf der Kartierung der Moränenreste und Eisrandsedimente sowohl der Lokalvergletscherung der nordisländischen Gebirge auf den Tröllaskagi und Flateyjarskagi Halbinseln wie des Auslassgletschers des Inlandeises im Eyjafjörður. Methodische Grundlage für die

räumliche und zeitliche Einordnung der glazialgeomorphologischen Befunde bildet die Rekonstruktion der Schneegrenzveränderungen der Lokalgletscher gegenüber der Maximalausdehnung während des Little Ice Age. Für den Zeitraum des Spätglazial/Postglazial Übergangs lassen sich damit vier unterschiedliche Ausdehnungen der nordisländischen Lokalvergletscherung rekonstruieren, die jeweils mit charakteristischen Schneegrenzdepressionen gegenüber dem Maximalstand während des Little Ice Age verbundenen waren. Aufgrund geomorphologischer und stratigraphischer Hinweise können diese Stände der Lokalgletscher mit der entsprechenden Größe des Auslassgletschers des süd- und zentralisländischen Inlandeises im Eyjafjörður verknüpft werden. Die absolute Datierung der gletschergeschichtlichen Rekonstruktionen basiert auf tephrochronologischen Befunden. Während einer in die Jüngere Dryas zu stellenden Hochstandsphase zeigten die Lokalgletscher in Nordisland Schneegrenzdepressionen von etwa 500 m. Zu dieser Zeit lag das Gletscherende des Auslassgletschers des Inlandeises nördlich von Grenivík im mittleren Eyjafjörður. Diese Phase hat ein Maximalalter von ca. 10300 BP. (Altersangaben mit BP bezeichnen in diesem Beitrag unkalibrierte Radiokarbonjahre vor heute, kalibrierte Alter werden mit cal BP angegeben.) Eine zweite Hochstandsphase nach ca. 10300 BP war mit Schneegrenzdepressionen der Lokalgletscher um 200 m verbunden. Der Gletscher im Eyjafjörður stirnte dabei südlich von Grenivík. Während des Präboreals betrug die Schneegrenzdepression von Vorstößen der Lokalgletscher weniger als 100 m. Der Auslassgletscher des Inlandeises endete zu dieser Zeit bei Hólar im inneren Eyjafjarðardalur. Seit ca. 9200 BP haben die Lokalgletscher in Nordisland ihre Maximalausdehnung während des Little Ice Age allenfalls geringfügig überschritten.

Für die paläoklimatische Interpretation der gletschergeschichtlichen Befunde kann die vergleichsweise geringe Ausdehnung der nordisländischen Lokalgletscher gegenüber dem Auslassgletscher des süd- und zentralisländischen Inlandeises in der Jüngeren Dryas festgehalten werden. Dies kann einen Hinweis darauf liefern, dass der heute zu beobachtende Niederschlagsgradient zwischen Süd- und Nordisland unter kaltzeitlichen Bedingungen noch verstärkt war.

1 Untersuchungsgebiet

Knapp südlich des Polarkreises gelegen bildet Island das größte Landökosystem im nördlichen Nordatlantik und damit auch die bedeutendste Quelle terrestrischer Proxydatenreihen für klimatische Veränderungen in diesem Raum. Wichtige atmosphärische und ozeanische Grenzen wie die Polarfront oder die südliche Verbreitungsgrenze des Treibeises im Nordatlantik schwanken in ihrer Lage um Island. Dieser Raum nimmt damit eine Schlüsselposition für das Verständnis des nordatlantischen atmosphärischen und ozeanischen Zirkulationssystems ein, das das Klima weiter Teile Europas maßgeblich steuert.

Das Klima Islands ist durch einen ausgeprägten Nord-Süd-Gegensatz der hygrischen Bedingungen gekennzeichnet. Dieser Gegensatz zwischen feucht-ozeanischen Verhältnissen im Süden und trockenen, eher kontinental geprägten Verhältnissen im Norden wird durch die unterschiedliche Anströmungsrichtung der Luftmassen als Folge der Lage der Polarfront gesteuert (vgl. EYÞÓRSSON & SIGTRYGGSSON 1971; M.Á. EINARSSON 1976, 1984). Die Unterschiede in der Niederschlagsverteilung spiegeln sich im Massenhaushalt und der daraus resultierenden Dimension der Gletscher wider. Während Süd- und Zentralisland durch ausgedehnte Eiskappen geprägt sind, tragen die auf den Halbinseln Tröllaskagi und Flateyjarskagi gelegenen Gebirge Nordislands (vgl. Abb. 1) nur relativ kleine Kar- und Talgletscher. Diese etwa 200 Gletscher mit Flächen von unter 1 km² bis wenigen km² reagieren innerhalb weniger Jahre auf Temperatur- und Niederschlagsänderungen (VENZKE 1985; CASELDINE & STÖTTER 1993; STÖTTER et al. 1999).

Der Zeitraum des Übergangs vom Spätglazial zum Postglazial ist mit seinen kurzfristigen extremen Klimaveränderungen von essenzieller Bedeutung für das Verständnis des Potenzials globaler Veränderungen im klimatischen System. Unter der Annahme von großräumig mehr oder weniger gleich dimensionierten Temperaturschwankungen im nordatlantischen Raum ermöglicht der Vergleich des Verhaltensmusters des südisländischen Inlandeises und der nordisländischen Lokalgletscher die Rekonstruktion der Niederschlagsverteilung in diesem Zeitraum starker thermischer Instabilität.

2 Bisheriger Kenntnisstand

Während das Abschmelzen des südisländischen Inlandeises im ausgehenden Spätglazial und beginnenden Postglazial lange Zeit im Mittelpunkt des Forschungsinteresses stand (z.B. KJARTANSSON 1939, 1943, 1958, 1964; ÞÓRARINSSON 1951; P. EINARSSON 1960, 1961, 1967, 1968, 1979; KALDAL 1978; VÍKINGSSON 1978; HJARTARSON et al. 1981; NORÐDAHL 1983, 1990; INGÓLFSSON 1985, 1987a, 1987b, 1988, 1991; PÉTURSSON 1986, 1991; MEYER & VENZKE 1987; NORÐDAHL & HJORT 1987, 1993; HJARTARSON & INGÓLFSSON 1988; NORÐDAHL & EINARSSON 1988; HJARTARSON 1989, 1991; KALDAL & VÍKINGSSON 1990; MORIWAKI 1990; BJÖRCK et al. 1992; NORÐDAHL & HAFLIDASON 1992; HJARTARSON 1993; SVEINBJÖRNSDÓTTIR et al. 1993; GEIRSDÓTTIR & EIRÍKSSON 1994; SÆMUNDSSON 1994, 1995; INGÓLFSSON et al., 1995; NORÐDAHL & ÁSBJÖRNSDÓTTIR 1995; GEIRSDÓTTIR et al. 1997; RUNDGREN et al. 1997; RICHARDSON 1989, 2000; GEIRSDÓTTIR et al. 2000; MAGNÚSDÓTTIR & NORÐDAHL 2000; INGÓLFSSON & NORÐDAHL 2001; NORÐDAHL & EINARSSON 2001), sind die Arbeiten und die resultierenden Kenntnisse über die Ausdehnung der nordisländischen Lokalvergletscherung zu dieser Zeit sehr begrenzt. Seit einigen Jahren werden die terrestrischen Befunde zum spätglazialen und frühholozänen Eisrückgang in Island durch die Ergebnisse geomorphologischer und stratigraphischer Untersuchungen aus dem Bereich des isländischen Schelfs ergänzt (z.B. EIRÍKSSON et al. 1997; SYVITSKI et al. 1999; ANDREWS et al. 2000a, 2000b; EIRÍKSSON et al. 2000; JENNINGS et al. 2000).

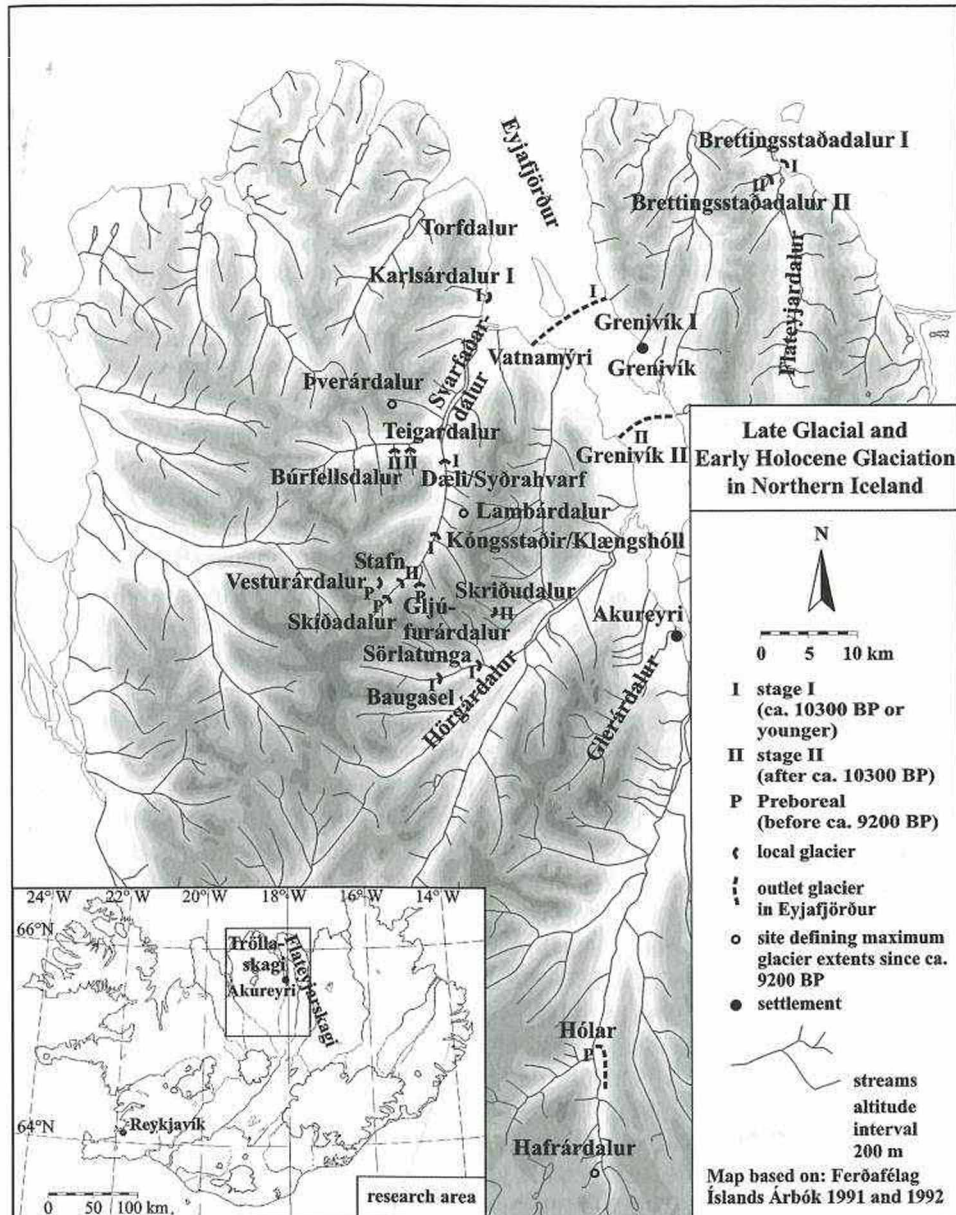


Abb. 1: Spätglaziale und frühholozäne Gletscherstände in Nordisland

In Nordisland postulierte P. EINARSSON (1967) für das Búði Stadium, das er als letzte Gletschervorstoßphase innerhalb des spätglazialen Eisrückgangs in die Jüngere Dryas stellte, eine Ausdehnung des Inlandeises bis in das innerste Eyjafjarðardalur für den ehemaligen Eyjafjarðarjökull sowie in den Bereich des Ljósavatnsskarð für den entsprechenden Auslassgletscher im Bárðardalur auf der Ostseite der Flateyjarskagi Halbinsel. Für diese Lokalitäten beschrieb er Endmoränen (P. EINARSSON 1967, 1968), eine Datierung dieser Formen liegt jedoch nicht vor. Die geomorphologische Situation im Bereich der Eisrandlage bei Hólar im inneren Eyjafjarðardalur wurde von STÖTTER (1993) differenzierter interpretiert, wobei er die Moräne gegen sie teilweise überdeckende Bergsturzablagerungen abgrenzte.

VÍKINGSSON (1978) untersuchte die Enteisungsgeschichte im südlichen Skagafjörður, westlich der Tröllaskagi Halbinsel. Dabei fand er keine Hinweise, dass das Abschmelzen des Inlandeises in diesem Bereich durch ein Stagnieren oder einen Wiedervorstoß unterbrochen worden war. Absolute Datierungen für das Eisfreiwerden fehlen. VÍKINGSSON (1978) beschrieb jedoch Eiskeilbildungen in den nach dem Abschmelzen des Eises im südlichen Skagafjörður abgelagerten fluvialen Sedimenten. Diese stellte er in die Kaltphase der Jüngeren Dryas und nahm daher an, dass das Gebiet im Alleröd eisfrei geworden war.

Weitere Untersuchungen zur Ausdehnung des isländischen Inlandeises im Bereich des Eyjafjörður wurden von NORÐDAHL (1983) und HAFLÍDASON (1983) durchgeführt. Aufgrund von Strandlinien in von den Eismassen im Eyjafjörður abgedämmten Eisstauseen im Fnjóskadalur auf der Flateyjarskagi Halbinsel wies NORÐDAHL (1983) zehn Vorstoß- und acht Rückschmelzphasen nach. Für die jüngsten vier Stauereignisse nahm er Alter zwischen 23900 BP und 12300 BP an, ohne dies jedoch auf Absolutdatierungen stützen zu können. Nach dem Fund der mit der Vedde Asche korrelierten Skógar Tephra in den Eisstauseesedimenten im Fnjóskadalur (NORÐDAHL 1982, 1983; NORÐDAHL & HAFLÍDASON 1990, 1992) und ein durch das radiokarbondatierte Basisalter eines Moors markiertes Mindestalter für das Eisfreiwerden im nördlichen Flateyjardalur (NORÐDAHL 1979) ordneten NORÐDAHL & HAFLÍDASON (1992) die drei jüngsten durch die Stausedimente im Fnjóskadalur dokumentierten Gletschervorstöße zwischen ca. 10600 BP und ca. 9650 BP ein. Aufgrund seismischer Untersuchungen des Meeresbodens rekonstruierte HAFLÍDASON (1983) im Eyjafjörður zehn bis zwölf Endmoränenstände, die er Wiedervorstoßphasen des zurückschmelzenden Inlandeises zuordnete. Angesichts des Fehlens von Datierungen sah er jedoch keine gesicherte Grundlage für eine Verknüpfung dieser Formen mit den terrestrischen Befunden in der Umgebung des Eyjafjörður. NORÐDAHL & PÉTURSSON (2000, im Druck) stellten einen Wiedervorstoß des Auslassgletschers im Eyjafjörður bis knapp innerhalb der Insel Hrísey im mittleren Teil des Fjords in die Jüngere Dryas und einen weiteren Wiedervorstoß, der ca. 50 km weiter südlich im inneren Eyjafjörður endete, in das frühe Präboreal. Die zeitliche Einordnung stützt sich dabei auf die von NORÐDAHL (1979, 1982, 1983) und NORÐDAHL & HAFLÍDASON (1990, 1992) beschriebenen Befunde.

Eine Reihe von Arbeiten beschäftigt sich mit der Ausdehnung der Lokalvergletscherung in Nordisland während des Übergangs vom Spätglazial zum Postglazial (z.B. THORODDSEN 1891/1892, 1905/1906; PORKELSSON 1922, 1924; STEINÞÓRSSON 1938; STEBBING 1963; HIARTARSON 1973; NORÐDAHL 1979, 1983, 1991; HALLGRÍMSSON

1982; HALLSDÓTTIR 1984; MÜLLER 1984; MÜLLER et al. 1984, 1986; VENZKE & MEYER 1986; HÄBERLE 1991, 1994; STÖTTER 1991). HJARTARSON (1973) beschrieb Moränen auf Tröllaskagi und an der Westküste von Flateyjarskagi und rekonstruierte daraus die Ausdehnung sowohl des Eises im Eyjafjörður wie der Gletscher in den umliegenden Tälern. Für die zeitliche Einordnung dieser Gletscherstände gab es keine absoluten Hinweise. Sie folgte dem von P. EINARSSON (1968) entwickelten Modell, das einen von zwei Wiedervorstößphasen in der Älteren Dryas (Álftanes Stadium, 12000 BP) und Jüngeren Dryas (Búði Stadium, 11000 BP) unterbrochenen Eisrückgang postulierte und für diese beiden Stände, die nur an wenigen Stellen geomorphologisch nachgewiesen und nicht absolut datiert waren, die gesamte Ausdehnung des Inlandeises angab.

HALLSDÓTTIR (1984) untersuchte die Enteisungsgeschichte des bei Akureyri in den Eyjafjörður mündenden Glerárdalur und beschrieb einen durch den Eyjafjarðarjökull abgedämmten Eisstausee im unteren Talabschnitt. Mangels unabhängiger Datierungen erfolgte die altersmäßige Interpretation der Formen auch hier in Anlehnung an die Vorstellungen von P. EINARSSON (1967, 1968, 1978).

MÜLLER (1984) wies aufgrund der Kartierung der Moränen im inneren Skíðadalur auf Tröllaskagi vier Stände außerhalb der Little Ice Age Maximalausdehnung der Gletscher aus. Basierend auf dem Vergleich der zugehörigen Schneegrenzdepressionen mit aus den Alpen bekannten Werten stellte er diese Gletscherstände ins Spätglazial, ohne jedoch eine Verbindung zum isländischen Spätglazial-Schema von P. EINARSSON (1967, 1968, 1978) herzustellen. MÜLLERs (1984) Kartierung wurde durch Arbeiten von MÜLLER et al. (1984, 1986) und KUGELMANN (1989) ergänzt und von STÖTTER (1991) teilweise neu interpretiert. Bereits KUGELMANN (1989) wies in diesem Zusammenhang auch darauf hin, dass die Übertragung spätglazialer Schneegrenzdepressionswerte aus den Alpen problematisch ist.

VENZKE & MEYER (1986) beschrieben weitere Moränenstände im Bereich des Svarfaðardalur und Skíðadalur und unterschieden drei Vorstoßphasen. Eine Gletscherausdehnung bis in den Bereich der aktuellen Mündung des Svarfaðardalur in den Eyjafjörður stellten sie in die Ältere Dryas, für Vorstöße bis knapp innerhalb der Konfluenz von Skíðadalur und Svarfaðardalur nahmen sie ein Mindestalter in der Jüngeren Dryas an, während die Gletscher im Präboreal in den hinteren beiden Haupttälern bzw. im Mündungsbereich der Seitentäler endeten. Von MEYER & VENZKE (1985) wurde für diesen Zeitabschnitt auch eine räumliche Beschränkung der Vergletscherung auf die Karbereiche (Klængshóll) diskutiert. Die zeitliche Einordnung dieser Stände basierte auch hier auf den Vorstellungen von P. EINARSSON (1967, 1978) und NORÐDAHL (1983).

Ein von NORÐDAHL (1979) in einem Moor innerhalb eines Endmoränenkranzes des Brettingsstaðadalsjökull im nördlichen Flateyjardalur gezogener Bohrkern ergab ein Basisdatum von 9650 ± 120 BP (Lu-1433). Den zugehörigen Gletschervorstoß stellte NORÐDAHL (1979, 1981, 1983) zunächst in die Jüngere Dryas, nach dem aufgrund des Funds der Skógar Tephra in den Eisstauseesedimenten im Fnjóskadalur revidierten Altersmodell ging er von einem Vorstoß am Ende der Jüngeren Dryas oder im frühen Präboreal aus (NORÐDAHL 1990; NORÐDAHL & HAFLÍDASON 1992).

Von HÄBERLE (1991, 1994) und STÖTTER (1991) durchgeführte glazialmorphologische und stratigraphische Untersuchungen im Gebiet des Eyjafjörður zeigten für die

Jüngere Dryas und das Präboreal ein deutlich unterschiedliches Verhaltensmuster des Auslassgletschers der süd- und zentralisländischen Inlandvereisung einerseits und der Lokalvergletscherung der nordisländischen Gebirge andererseits. Zeitgleich mit einer ausgedehnten Fernvergletscherung im Eyjafjörður hatte die lokale Vergletscherung auf Tröllaskagi und Flateyjarskagi eine vergleichsweise geringe Ausdehnung. Dabei ließ sich nachweisen, dass während der Jüngeren Dryas die Lokalgletscher in den großen Seitentälern des Eyjafjörður (z.B. Hörgárdalur, Svarfaðardalur) die Küste nicht erreichten, wie es von HJARTARSON (1973) und VENZKE & MEYER (1986) angenommen worden war und zuletzt auch von NORDDAHL & PÉTURSSON (2000, im Druck) aufrechterhalten wurde.

Aus diesem Kenntnisstand ergeben sich als wesentliche offene Fragen die absolute Datierung der aus den glazialgeomorphologischen Befunden rekonstruierten Gletscherausdehnungen sowie die Verknüpfung von Ständen der Lokalgletscher mit denen der Auslassgletscher des Inlandeises.

3 Zielsetzung und methodischer Ansatz

Ziel der hier vorgestellten Untersuchungen war die Rekonstruktion der paläoklimatischen Verhältnisse in Island für den Zeitraum des Spätglazial/Postglazial Übergangs auf der Grundlage des Vergleichs des Gletscherverhaltens der Auslassgletscher des süd- und zentralisländischen Inlandeises sowie der nordisländischen Lokalvergletscherung. Damit sollten hochauflösende terrestrische Paläoklimazeitreihen geschaffen werden, die als Referenz sowohl zu den klimageschichtlichen Erkenntnissen aus den grönländischen Eisbohrkernen wie zu den Befunden der marinen Paläoklimatologie im nördlichen Nordatlantik dienen können und so einen Beitrag zu einem besseren Verständnis der Veränderungen in der atmosphärischen und ozeanischen Zirkulation im zentralen Nordatlantik während des Übergangs vom Spätglazial zum Holozän liefern. Neben dem regionalen Aspekt einer Erweiterung der Kenntnisse zur isländischen Gletschergeschichte sind die Ergebnisse vor allem auch im Hinblick auf die Steuerfunktion dieses Raums für das klimatische Geschehen in Europa von Bedeutung.

Im Rahmen der Arbeiten wurde versucht, die glazialgeomorphologischen Befunde zur spätglazialen und frühholozänen Gletschergeschichte in Nordisland räumlich und zeitlich einzuordnen. Methodische Grundlage dafür bildete die Rekonstruktion der Schneegrenzveränderungen gegenüber der Maximalausdehnung der Gletscher während des Little Ice Age.

3.1 Glazialgeomorphologische Kartierung

Die gletschergeschichtlichen Rekonstruktionen basieren auf der Kartierung der Moränenreste und Eisrandsedimente sowohl der Lokalvergletscherung auf Tröllaskagi und Flateyjarskagi wie des Auslassgletschers des Inlandeises im Eyjafjörður (vgl. Abb. 1).

Für die Tröllaskagi Halbinsel erfolgte dies aufgrund der jüngsten flächendeckenden Luftbilder vom August 1994, für die Flateyjarskagi Halbinsel wurden aufgrund der günstigeren Schnee- und Bewölkungssituation nicht die jüngsten Aufnahmen von 1993 sondern Luftbilder vom August 1986 bzw. 1992 verwendet. Diese Kartierungen wurden im Rahmen der Geländearbeiten im Sommer 1999, 2000 und 2002 überprüft und ergänzt. Zusätzlich standen seit September 2000 etwa 2000 Schrägluftbilder zur Verfügung, die im Rahmen einer Befliegung aller vergletscherten Gebiete auf Tröllaskagi und Flateyjarskagi aufgenommen wurden. Da der Sommer 2000 in Nordisland extrem schneearm war, liefern diese Aufnahmen die beste derzeit verfügbare Grundlage für die Kartierung höher gelegener Gebiete und damit eine äußerst wertvolle Ergänzung der offiziellen Luftbilder für die Aufnahme der Glazialformen.

Auf Grundlage dieses Bildmaterials und ergänzender Geländeuntersuchungen konnte erstmals eine flächendeckende Aufnahme der glazialen Formen für die beiden Halbinseln Tröllaskagi und Flateyjarskagi durchgeführt werden. Dabei zeigte sich, dass große Teile der nordisländischen Gebirge, insbesondere auf Flateyjarskagi und im nördlichen und westlichen Tröllaskagi, aufgrund ihrer Gesteinsverhältnisse von extremer Schuttproduktion und entsprechend starker Überformung durch gravitative Prozesse aller Größenordnungen geprägt sind. Dies bedingt nicht nur das weitgehende Fehlen älterer glazialer Formen sondern verhindert in einigen Fällen sogar die Bestimmung der Maximalausdehnung der Gletscher während des Little Ice Age (vgl. Kap. 3.2). Die für die Rekonstruktion der spätglazialen und frühholozänen Gletschergeschichte aussagefähigen Teiluntersuchungsgebiete konzentrieren sich daher auf das zentrale und östliche Tröllaskagi (vgl. Abb. 1).

3.2 Rekonstruktion der früheren Gletscherflächen und der damit verbundenen Schneegrenzveränderungen

Für die Lokalgletscher wurden aus den kartierten Moränenresten die ehemaligen Gletscherflächen (vgl. z.B. KERSCHNER 1978) sowie über das Flächenverhältnis von Akkumulations- zu Ablationsgebiet die jeweiligen Schneegrenzhöhen bzw. Schneegrenzveränderungen gegenüber dem Bezugsniveau der Maximalausdehnung während des Little Ice Age (= 1850er Hochstand im Sinne von GROSS et al. 1976) rekonstruiert (vgl. KERSCHNER 1990). Entsprechend dem Vorgehen bei Untersuchungen zur spätglazialen Gletschergeschichte in den Alpen (vgl. z.B. KERSCHNER 1993) kann durch den räumlichen Vergleich der Werte der Schneegrenzdepression über Klassen gleicher Schneegrenzveränderung eine zeitliche Parallelisierung zwischen den Vorstößen der Lokalgletscher durchgeführt werden. Eine ausführlichere Behandlung der Grundlagen dieses methodischen Ansatzes liefern z.B. MEIERDING (1982), BRAITHWAITE (1984), FURBISH & ANDREWS (1984), KERSCHNER (1990), OHMURA et al. (1992), TORSNES et al. (1993), SELTZER (1994) und NESJE (1995). Eine Beschreibung der Schneegrenzdepressionsmethode und ihrer Anwendung in Nordisland findet sich bei HÄBERLE (1991, 1994) und STÖTTER (1991).

Für die räumlich-zeitliche Verknüpfung zwischen den rekonstruierten Ständen der Lokalgletscher und der Ausdehnung des Eises im Eyjafjörður wurden Moränen

und marine Erosionsformen sowie Eisstauseesedimente und Tephralagen als geomorphologische und stratigraphische Bindeglieder herangezogen. Letztere liefern auch wesentliche Zeitmarken für die absolute zeitliche Einordnung der gletschergeschichtlichen Befunde.

3.3 Zeitliche Einordnung der Befunde

Ein zweiter Schwerpunkt der durchgeführten Arbeiten lag auf der Datierung der rekonstruierten Ausdehnungen der Vergletscherung in Nordisland im ausgehenden Spät- und frühen Postglazial. Von besonderer Bedeutung erwies sich dabei das Teiluntersuchungsgebiet Brettingsstaðadalur auf Flateyjarskagi (vgl. Abb. 1). An diesem Standort wurde versucht, durch die Kombination von biostratigraphischen und tephrochronologischen Untersuchungen sowie insgesamt 18 Radiokarbondatierungen zu einer verbesserten absoluten zeitlichen Einordnung der gletschergeschichtlichen Befunde zu gelangen. Die Ergebnisse werden in Kapitel 4.2 dargestellt und diskutiert.

4 Darstellung und Diskussion der Ergebnisse

4.1 Gletschergeschichtliche Rekonstruktionen

Aus den glazialgeomorphologischen Kartierungen lassen sich für den Zeitraum des Spätglazial/Postglazial Übergangs vier unterschiedliche Ausdehnungen der Lokalvergletscherung der nordisländischen Gebirge rekonstruieren, die jeweils mit charakteristischen Schneegrenzdepressionen gegenüber dem Maximalstand während des Little Ice Age verbunden waren. Aufgrund geomorphologischer und stratigraphischer Hinweise können diese Stände der Lokalgletscher mit der entsprechenden Größe des Auslassgletschers des süd- und zentralisländischen Inlandeises im Eyjafjörður verknüpft werden. Die altersmäßige Einordnung der gletschergeschichtlichen Rekonstruktionen basiert auf tephrochronologischen Befunden (vgl. Kap. 4.2).

Während einer in die Jüngere Dryas zu stellenden Hochstandsphase zeigten die Lokalgletscher auf Tröllaskagi und Flateyjarskagi Schneegrenzdepressionen von etwa 500 m. Zu dieser Zeit lag das Gletscherende des Auslassgletschers des Inlandeises nördlich von Grenivík im mittleren Eyjafjörður (Grenivík I Stadium). Diese Phase hat ein Maximalalter von ca. 10300 BP. Eine zweite Hochstandsphase nach ca. 10300 BP war mit Schneegrenzdepressionen der Lokalgletscher um 200 m verbunden. Der Gletscher im Eyjafjörður stirnte dabei südlich von Grenivík (Grenivík II Stadium). Während des Präboreals betrug die Schneegrenzdepression von Vorstößen der Lokalgletscher weniger als 100 m. Der Auslassgletscher des Inlandeises endete zu dieser Zeit 35 km innerhalb der heutigen Küstenlinie bei Hólar im inneren Eyjafjarðardalur. Seit ca. 9200 BP haben die Lokalgletscher in Nordisland ihre Maximalausdehnung während des Little Ice Age allenfalls geringfügig überschritten.

Lokalgletscher in Nordisland	Gletscherende im Eyjafjörður	Datierung	Meeresspiegelhochstand
Stand I (Schneegrenzdepression ca. 500 m)	Grenivík I	Jüngere Dryas (\leq ca. 10300 BP)	
Stand II (Schneegrenzdepression ca. 200 m)	Grenivík II	Jüngere Dryas ($<$ ca. 10300 BP)	
			◀
Schneegrenzdepression $<$ 100 m	Hólar	Präboreal ($>$ ca. 9200 BP)	
\leq Little Ice Age Ausdehnung		post-Präboreal (\leq ca. 9200 BP)	

Tab. 1: Rekonstruierte Ausdehnung der Lokalgletscher in Nordisland und der Lage des Gletscherendes im Eyjafjörður mit zeitlicher Einordnung der Befunde (WASTL et al. 2003)

Die rekonstruierte Ausdehnung der Lokalvergletscherung in Nordisland und des Auslassgletschers im Eyjafjörður ist mit der aufgrund der bisher verfügbaren Datierungen möglichen zeitlichen Einordnung in Tabelle 1 zusammengefasst. Eine ausführliche Darstellung der diesen Ergebnissen zugrunde liegenden Untersuchungen und einen räumlichen Überblick über die Vergletscherung in Nordisland für die rekonstruierten spätglazialen und frühholozänen Stände (vgl. Abb. 1) geben WASTL et al. (2001).

Die Zusammenstellung in Tabelle 1 ist ein erster Schritt zur räumlich-zeitlichen Verknüpfung der bisherigen Ergebnisse zur spätglazialen und frühholozänen Gletschergeschichte in Nordisland. Die zeitliche Einordnung der Befunde beruht jedoch noch auf sehr wenigen absoluten Datierungen und bedarf weiterer Überprüfung und Differenzierung. Auch bei den glazialgeomorphologischen Rekonstruktionen gibt es Befunde, die sich nicht unmittelbar in das hier vorgestellte Schema einordnen lassen. So ist eine Reihe von spätglazialen-frühholozänen Vorstößen der nordisländischen Lokalgletscher mit Schneegrenzdepressionen zwischen 300 und 400 m verbunden (vgl. HÄBERLE 1991, 1994; STÖTTER 1991). Die in Tabelle 1 aufgeführten Zustände der Vergletscherung in Nordisland zeichnen ein grobes Bild der Enteisungsgeschichte. Das Abschmelzen der nordisländischen Lokalgletscher im ausgehenden Spätglazial und beginnenden Postglazial war aber von einer wesentlich größeren Zahl von Wiedervorstößen unterbrochen. Im Rahmen weiterführender Untersuchungen muss geklärt werden, inwieweit sich diese zeitlich parallelisieren und einordnen lassen. Bei der Ausscheidung von Klassen gleicher Schneegrenzveränderung sind dabei neben dem rekonstruktionsbedingten Unsicherheitsbereich der ermittelten Werte auch räumliche Gradienten innerhalb des Untersuchungsgebiets zu berücksichtigen, wie sie neuere Arbeiten für die Alpen aufzeigen (vgl. KERSCHNER et al. 2000).

4.2 Datierung

Das Teiluntersuchungsgebiet Brettingsstaðadalur auf Flateyjarskagi (vgl. Abb. 1) nimmt eine Schlüsselposition für die absolute Datierung der gletschergeschichtlichen Rekonstruktionen ein. Ein von NORÐDAHL (1979) in einem Moor innerhalb eines Endmoränenkranzes des Brettingsstaðalsjökull gezogener Bohrkern lieferte bis zum Beginn der hier vorgestellten Untersuchungen die einzige Absolutdatierung für die Rekonstruktion der spätglazialen und frühholozänen Gletschergeschichte in Nordisland

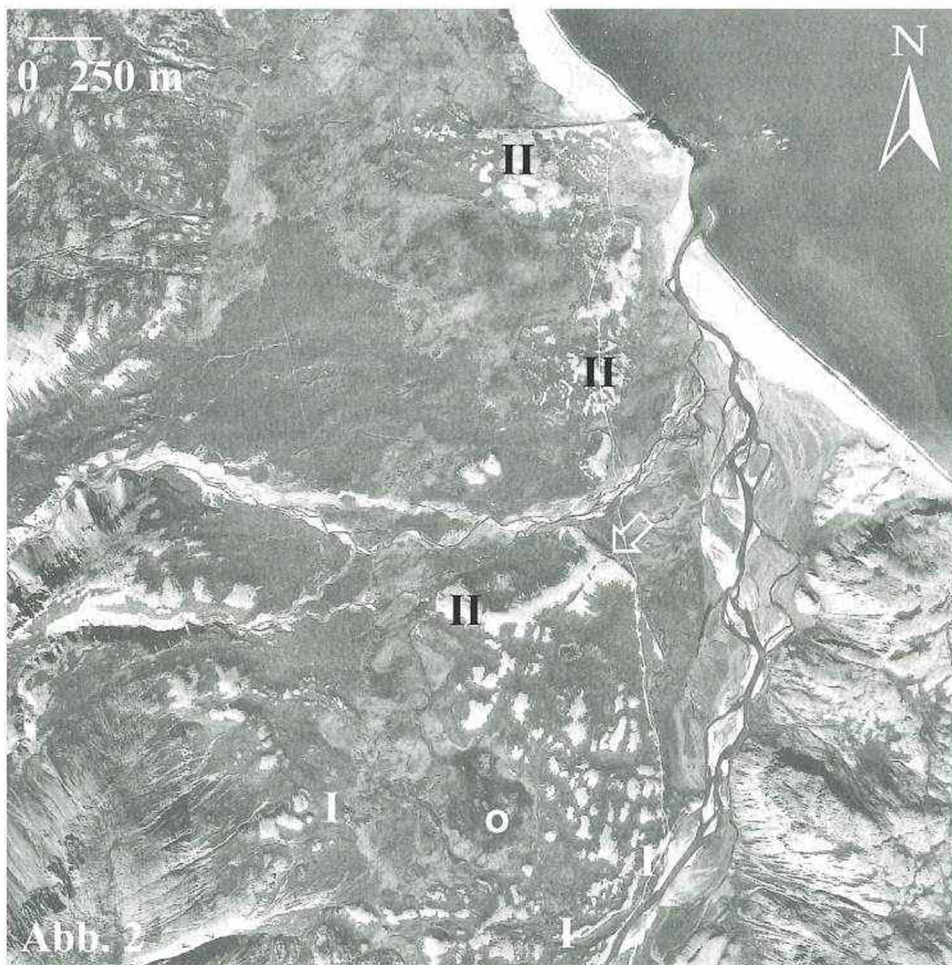


Abb. 2: Luftbildausschnitt vom Bereich der Mündung des Syðri- und Ytri-Brettingsstaðadalur in das Flateyjardalur (Landmælingar Íslands, J 7208, 3.8.1986). I und II markieren den Verlauf der Endmoränen der Brettingsstaðadalur I und Brettingsstaðadalur II Stände, o gibt die Position der Bohrungen an (vgl. Abb. 5). Der Pfeil zeigt die Spuren mariner Abrasion an den Endmoränen des Brettingsstaðadalur II Stands.

(vgl. Kap. 2). Dieses Alter steht jedoch im Widerspruch zu den stratigraphischen und tephrochronologischen Befunden aus den im Rahmen dieser Arbeiten durchgeführten Bohrungen an der selben Lokalität.

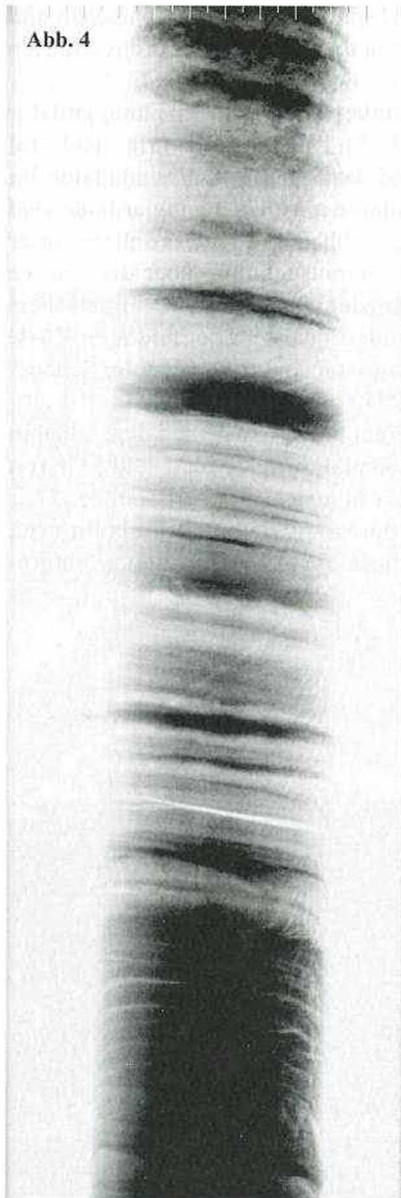
Das Brettingsstaðadalur ist ein orographisch linkes Seitental des Flateyjardalur unmittelbar an dessen Mündung ins Meer (vgl. Abb. 1). Das SW–NE verlaufende Tal ist etwa 7 km lang und zweigeteilt in das Syðri- und das Ytri-Brettingsstaðadalur. Im Bereich des Zusammenflusses des Brettingsstaðadalur mit dem Flateyjardalur sind Reste von zwei Endmoränenkränzen erkennbar (vgl. Abb. 2 und 3). Der äußere dieser Stände (Brettingsstaðadalur I) markiert eine Gletscherausdehnung über die heutige Küstenlinie hinaus. Die entsprechende Schneegrenzdepression des Lokalgletschers liegt bei etwa 430 m. Der innere Moränenkranz endet innerhalb der heutigen Küste und dokumentiert einen Gletscherhochstand (Brettingsstaðadalur II) mit einer Schneegrenzdepression von etwa 220 m (vgl. HÄBERLE 1991, 1994).

Eine Reihe von Bohrkernen (vgl. Abb. 5) aus einem Moor zwischen dem äußeren und dem inneren Endmoränenkranz im Brettingsstaðadalur (vgl. Abb. 2 und 3) liefert einen Anhaltspunkt für die zeitliche Einordnung der beiden Gletschervorstöße.

Dieses Moor (Langhólmstýri) wurde bereits von NORDDAHL (1979) erbohrt (vgl. Kap. 2). Für eine Diatomeengyttja über einer sandig-tonigen Basis erhielt er ein Radiokarbonalter von 9650 ± 120 BP (Lu-1433).



Abb. 3: Schrägluftbild vom Bereich der Mündung des Syðri- und Ytri-Brettingsstaðadalur in das Flateyjardalur. I und II markieren den Verlauf der Endmoränen der Brettingsstaðadalur I und Brettingsstaðadalur II Stände, o gibt die Position der Bohrungen an (vgl. Abb. 5). Der Pfeil zeigt die Spuren mariner Abrasion an den Endmoränen des Brettingsstaðadalur II Stands.



Im Rahmen der hier vorgestellten Untersuchungen konnten aus dem Moor zwischen den spätglazialen/frühholozänen Moränen des Brettingsstaðadalsjökull mehrere Bohrkerngeborgten werden. Durch den Einsatz eines verbesserten Bohrgeräts (statt den bisher benutzten Halbschalen-Probennahmekammern vom Tachnovski Typ wurde ein speziell für die Anforderungen in Island gebauter Kolbenbohrer mit 7 cm Innendurchmesser verwendet) steht im Vergleich zu den früheren Untersuchungen für den unteren Bereich dieser Sedimente wesentlich mehr und ungestörtes Probenmaterial zur Verfügung. So liegen die untersten 110 cm als monolithischer Kern vor, was eine Reihe möglicher Fehlerquellen für stratigraphische Aussagen und bei der Entnahme von Radiokarbonproben eliminiert. Von diesem Probenmaterial konnte am Klinikum der Universität Innsbruck hochauflösende Röntgenaufnahmen gemacht werden, die eine hervorragende Grundlage für die stratigraphische Beschreibung und insbesondere für die Identifikation von vulkanischen Aschelagen in den Sedimenten bilden (vgl. Abb. 4). Diese Bohrkernge zeigen die ca. 9200 BP abgelagerte Saksunarvatn Tephra (vgl. WASTL 2000) unter dem von NORÐDAHL (1979) datierten Horizont nach (vgl. Abb. 5). Unterhalb dieser über 30 cm mächtigen Tephra folgen Gyttjaablagerungen sowie graue Tone, Schluffe und Sande mit 19 weiteren Tephralagen. Zwölf Sedimentproben aus dem Abschnitt der Bohrkernge unterhalb der Saksunarvatn Tephra konnten radiokarbondatiert werden (AMS-Datierungen). Die Ergebnisse dieser Datierungen sind jedoch sehr inkonsistent (vgl. Abb. 5) und lassen keine Aussagen über

Abb. 4: Röntgenaufnahme des Bohrkerns Brettingsstaðadalur 2. Das Bild zeigt den Abschnitt des Kerns von 613.5 cm bis 648 cm (vgl. Abb. 5b). Die Tephren in den Gyttjaablagerungen sind als dunkle Lagen zu erkennen. Im unteren Bereich des Bilds liegt der Übergang zu den mineralischen Sedimenten an der Basis des Kerns

den Beginn der organischen Sedimentation und das Eisfreiwerden dieses Standorts zu. Trotz des Umfangs und der Qualität des durch die verbesserte Bohrtechnik und Probenaufbereitung für die Datierungen zur Verfügung stehenden Materials konnte auf diesem Weg keine Grundlage für eine zeitliche Einordnung der gletschergeschichtlichen Befunde geschaffen werden. Das dem Altersmodell von NORDDAHL (1979) zugrunde gelegte Radiokarbonalter steht jedoch im Widerspruch zu den hier vorgestellten tephrochronologischen Befunden.

Unabhängig von den Radiokarbonatierungen ergibt sich aus den tephrochronologischen Untersuchungen an den neuen Bohrkernen aus dem Brettingsstaðadalur, dass dieser Standort vor ca. 9600 BP eisfrei gewesen sein muss. Dies beruht auf dem Vergleich mit dem tephrochronologischen Referenzprofil aus dem Vatnamýri auf Tröllaskagi (vgl. Abb. 1 und 6), in dem für den Zeitraum vor ca. 9200 BP (markiert durch die Saksunarvatn Tephra) zehn Tephralagen identifiziert, geochemisch charakterisiert und datiert werden konnten (WASTL 2000). Die helle Aschelage unterhalb der Saksunarvatn Tephra im Bohrkern Brettingsstaðadalur 2 kann mit der basisnahen hellen Tephra im Referenzprofil Vatnamýri verknüpft werden (vgl. Abb. 5b und 6). Diese ist nach den bisherigen Untersuchungen einem Ausbruch der Askja in Ostisland zuzuordnen und konnte in dem Referenzprofil auf 9490 ± 80 BP (AA-23884) datiert werden (WASTL 2000). Dies wird als vorläufiges Mindestalter für das Eisfreiwerden dieses Beckens nach dem Brettingsstaðadalur I Gletscherhochstand verwendet. Die Radiokarbonalter der Tephren aus dem Referenzprofil (vgl. Abb. 6) zeigen aber auch die Grenzen der mit dieser Datierungsmethode erzielbaren zeitlichen Auflösung vor dem Hintergrund starker Schwankungen im atmosphärischen Radiokarbongehalt während des Präboreals. Chronohorizonten wie vulkanischen Aschelagen kommt daher für diesen Zeitabschnitt besondere Bedeutung für Aussagen über Vor-, Gleich- oder Nachzeitigkeit von Ereignissen zu.

Die Endmoräne des Brettingsstaðadalur II Stands zeigt Spuren mariner Abrasion. Der entsprechende Gletschervorstoß ist demnach älter als der letzte Meeresspiegelniveauhochstand in diesem Gebiet (vgl. Tab. 1).

Ergänzende Hinweise auf das Alter des Beginns der organischen Sedimentation an diesem Standort sowie die Umweltbedingungen in diesem Zeitraum lieferten biostratigraphische Untersuchungen an Material aus dem Bohrkern Brettingsstaðadalur (Abb. 5a). Dabei wurden sechs Proben aus dem unteren Bereich des Kerns (667-669 cm, 672-674 cm, 680-682 cm, 685-687 cm, 697-699 cm, 707-710 cm) pollenanalytisch untersucht (Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Klaus OEGGL, Institut für Botanik, Universität Innsbruck). Der Vergleich der Ergebnisse der pollenanalytischen Untersuchungen am Kern Brettingsstaðadalur mit den Befunden von RUNDGREN (1997), der die spätglaziale und frühholozäne Vegetationsentwicklung auf der westlich des Untersuchungsgebiets gelegenen Skagi Halbinsel beschrieb, stützt die Datierung des Beginns der organischen Ablagerungen ins Präboreal. Sehr geringe Pollenkonzentrationen in den basisnahen Proben weisen zudem auf ein durch starke Sedimentation von mineralischem Material geprägtes Milieu hin.

Die Ergebnisse der Untersuchungen im Brettingsstaðadalur zeigen, dass die absolute zeitliche Einordnung der spätglazialen und frühholozänen gletschergeschichtlichen Rekonstruktionen in Nordisland auf der Grundlage von Radiokarbonatierungen trotz

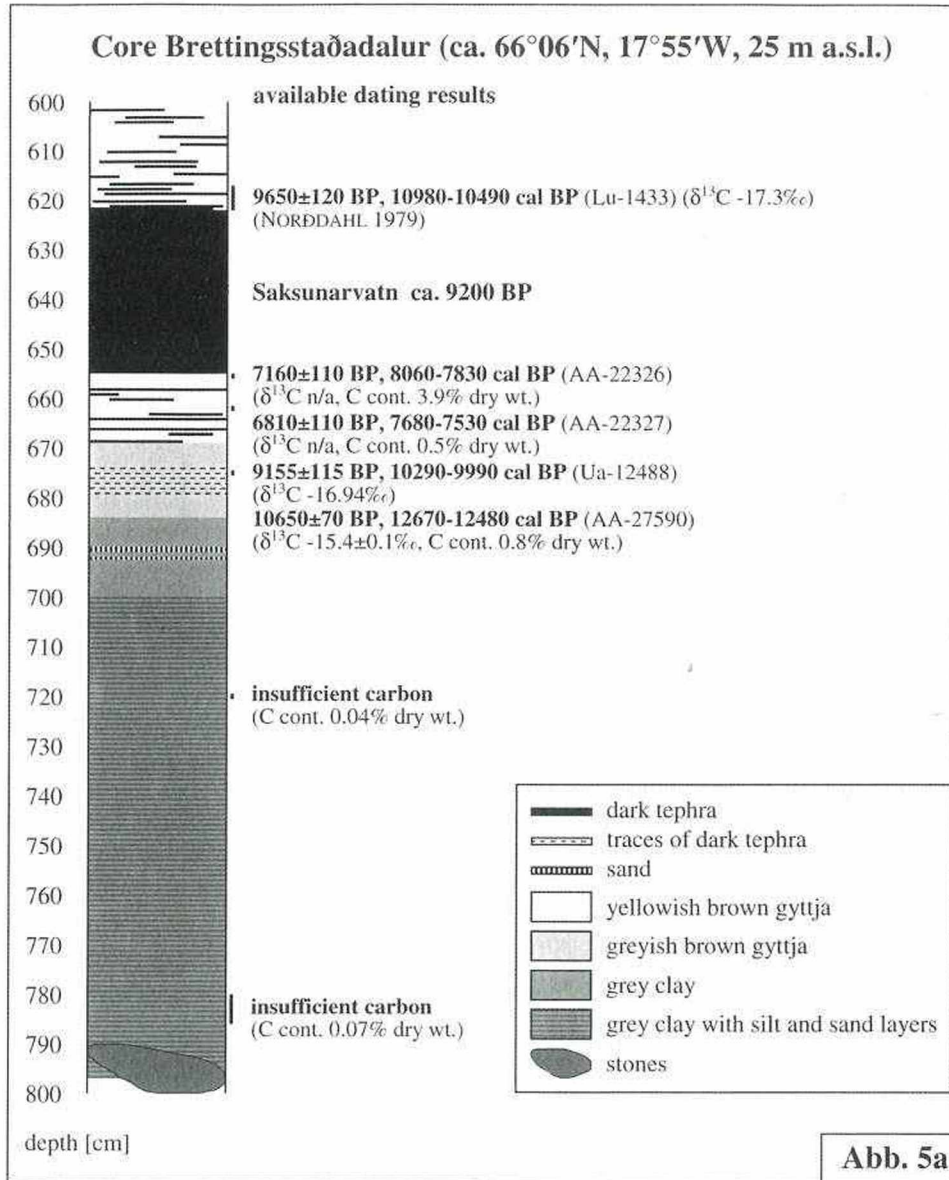


Abb. 5a: Bohrkern Brettingsstaðadalur (ca. 66°06'N, 17°55'W, 25 m ü.M.)

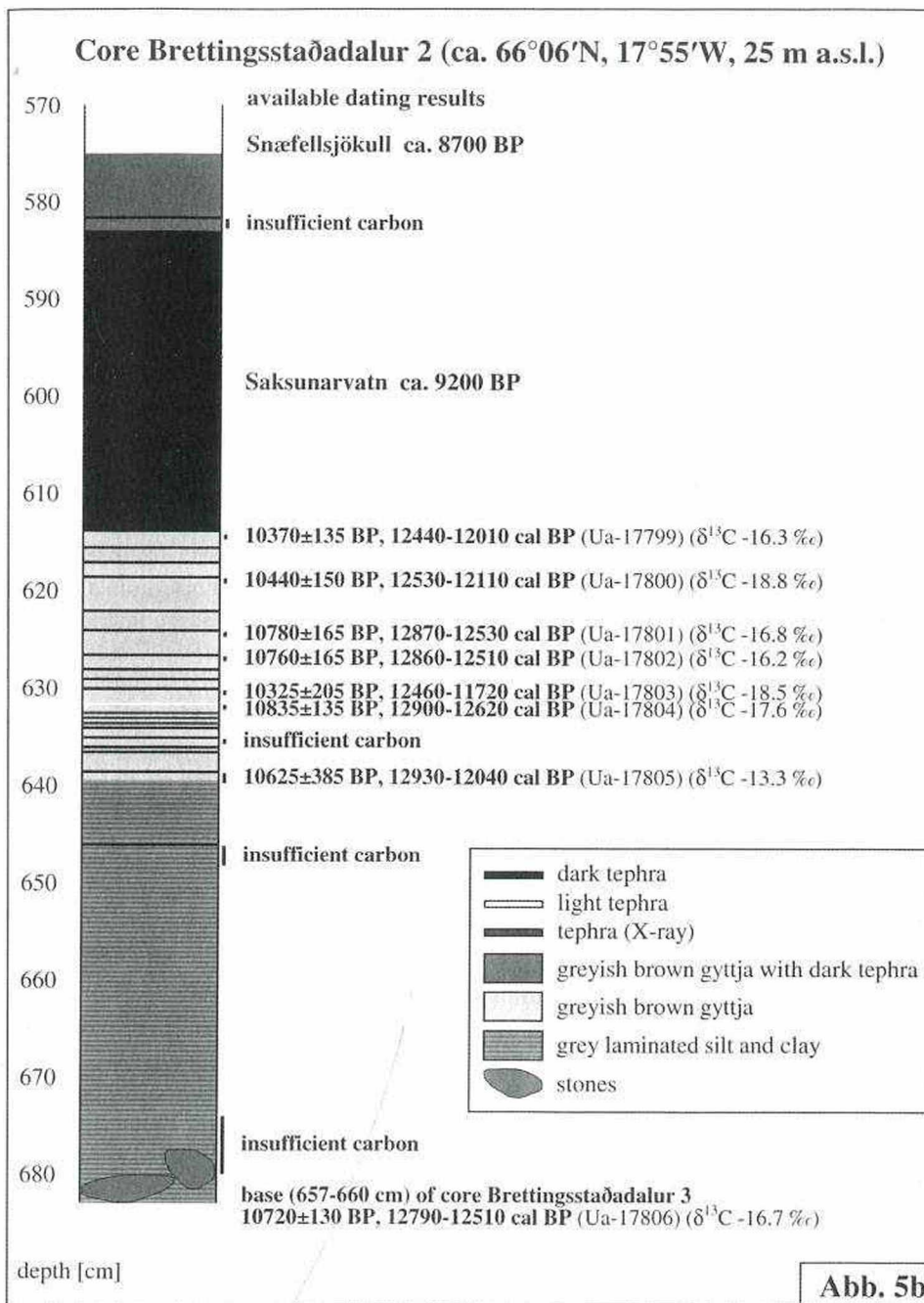


Abb. 5b: Bohrkern Brettingsstaðadalur 2 (ca. 66°06'N, 17°55'W, 25 m ü.M.)

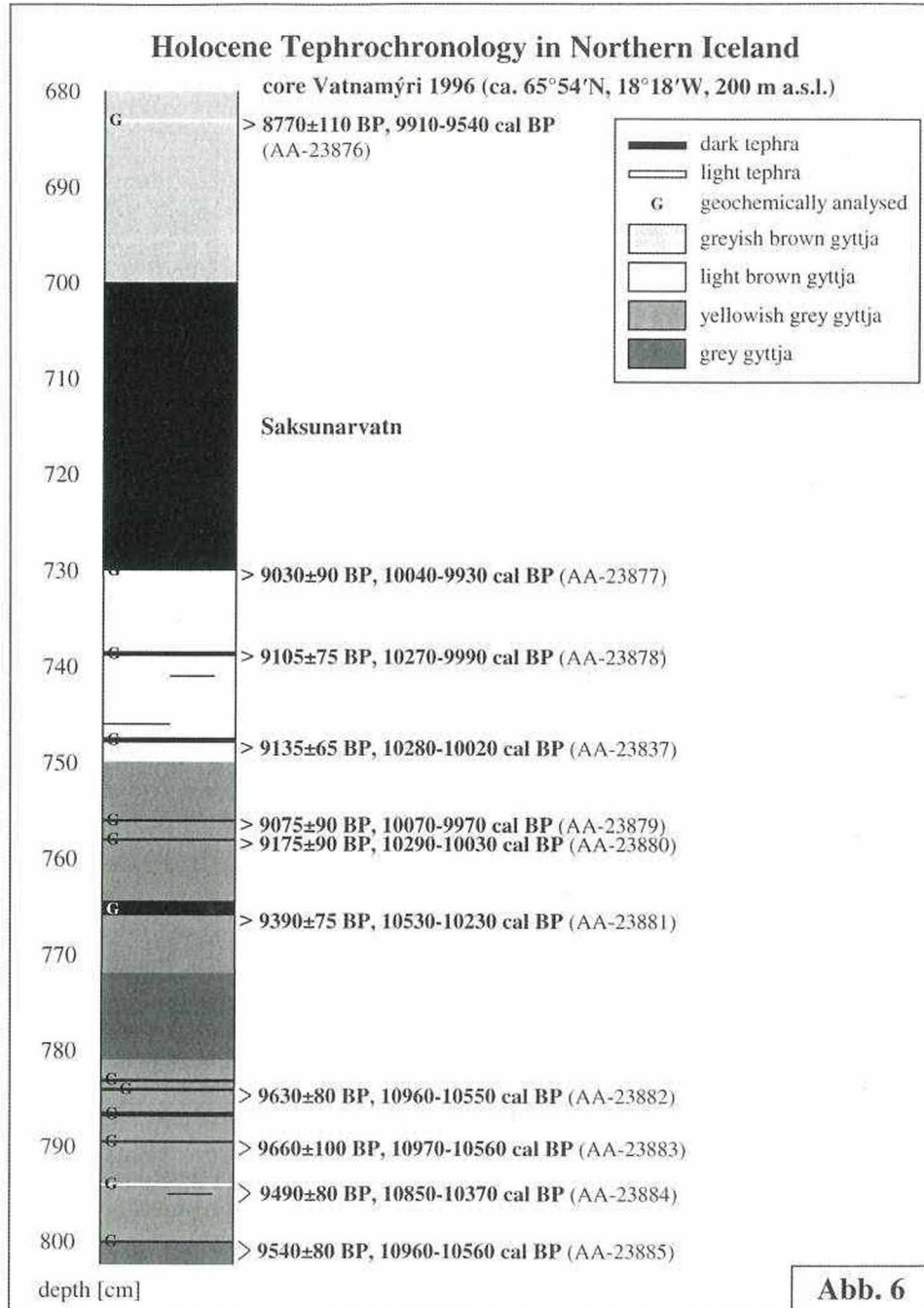


Abb. 6: Kenntnisstand zur präborealen Tephrochronologie in Nordisland (WASTL 2000)

der technischen und methodischen Verbesserungen bei der Gewinnung und Aufbereitung des Probenmaterials und des umfangreichen Einsatzes von AMS-Datierungen weiterhin sehr problematisch ist. Ähnliche Erfahrungen wurden auch im Rahmen gletschergeschichtlicher Untersuchungen in Nordisland für das Holozän gemacht und sind in WASTL (2000), WASTL et al. (2003) sowie WASTL & STÖTTER (im Druck) dokumentiert.

Die Datierungsproblematik zeigt auch Abbildung 7. Sie vergleicht die Radiokarbonalter von 20 Holz-, Torf- und Gytjapoben, die im Rahmen des Aufbaus einer nordisländischen Tephrochronologie unmittelbar unterhalb der Saksunarvatn Tephra entnommen wurden (vgl. WASTL 2000), mit den in der Literatur angegebenen Radiokarbonatierungen sowie Eisbohrkern- und Warvenaltern für diesen Chronohorizont. Selbst wenn die vier jüngsten Alter (AA-21484, AA-21454, AA-22326 und AA-22327) unberücksichtigt bleiben, die möglicherweise auf einen Laborfehler zurückzuführen sind, machen die Ergebnisse deutlich, dass die Radiokarbonatierungen, auch in ungestörten terrestrischen Profilen, mehrere hundert Jahre von den auf der Auszählung von Jahreslagen beruhenden Altern abweichen können. Vor diesem Hintergrund sind ausschließlich auf (einzelnen) Radiokarbonatierungen basierende gletschergeschichtliche Rekonstruktionen mit großer Vorsicht zu bewerten.

Die Datierung der spätglazialen und frühholozänen Gletschergeschichte in Nordisland beruht derzeit auf tephrochronologischen Zeitmarken. Der Tephrochronologie kommt aber auch für den Vergleich mit anderen landschafts- und klimageschichtlichen Proxydatenreihen im nordatlantischen Raum in diesem Zeitraum besondere Bedeutung zu. Dies gilt insbesondere angesichts der im Zusammenhang mit Veränderungen der nordatlantischen atmosphärischen und ozeanischen Zirkulation auftretenden räumlichen und zeitlichen Schwankungen der Reservoiralter (vgl. z.B. HAFLIDASON et al. 2000) und den damit verbundenen Unsicherheiten bei der absoluten zeitlichen Einordnung mariner Proxydaten aus dem Nordatlantik mittels Radiokarbonatierungen.

4.3 Paläoklimatische Interpretation der gletschergeschichtlichen Rekonstruktionen und Vergleich mit Befunden aus anderen Klimaarchiven im nördlichen Nordatlantik

Für die paläoklimatische Interpretation der gletschergeschichtlichen Befunde kann generell die vergleichsweise geringe Ausdehnung der nordisländischen Lokalgletscher in der Jüngeren Dryas festgehalten werden. Diese reichten in den großen Seitentälern des Eyjafjörður (Svarfaðardalur, Hörgárdalur, Glerárdalur) maximal bis in die mittleren Talabschnitte und stießen nur in steilen, küstennahen Tälern (Karlsárdalur, Brettingsstaðadalur, Torfdalur) über die heutige Küstenlinie hinaus vor, während der Auslassgletscher des süd- und zentralisländischen Inlandeises sich noch bis in den mittleren Eyjafjörður erstreckte (vgl. Abb. 1). Dies kann einen Hinweis darauf liefern, dass der heute zu beobachtende Niederschlagsgradient zwischen Süd- und Nordisland unter kaltzeitlichen Bedingungen noch verstärkt war.

Die hier vorgestellten gletschergeschichtlichen Rekonstruktionen ermöglichen erstmals Aussagen zu den Niederschlagsverhältnissen in Nordisland während der

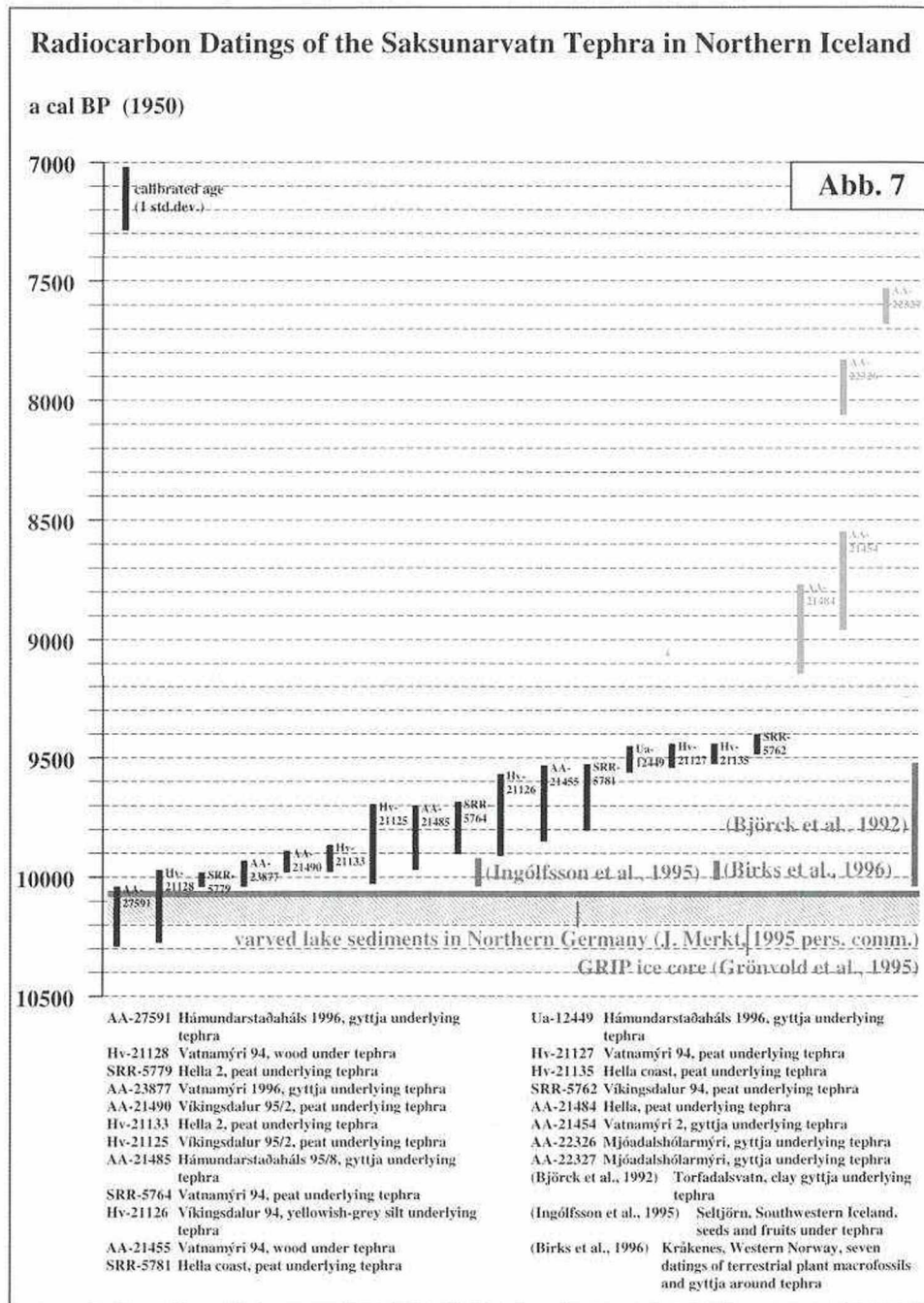


Abb. 7: Radiokarbondatierungen der Saksunarvatn Tephra in Nordisland (WASTL 2000)

Jüngerer Dryas. Diese stellen eine wertvolle Ergänzung zu den Ergebnissen neuerer Arbeiten zur spätglazialen und frühholozänen Vegetationsentwicklung in diesem Raum dar, die Hinweise für eine im Vergleich zu früheren Annahmen wesentlich artenreichere Flora während der Jüngerer Dryas finden (vgl. RUNDGREN 1997; INGÓLFSSON et al. 1999; RUNDGREN & INGÓLFSSON 1999). Sie sind aber insbesondere auch angesichts der differierenden Aussagen der aktuellen paläozeanischen Rekonstruktionen zur Eisbedeckung im Meeresgebiet nördlich von Island während der Jüngerer Dryas von Interesse (vgl. SARNTHEIN et al. 1995; EIRÍKSSON et al. 1998; ANDREWS & HELGADÓTTIR 1999; HELGADÓTTIR & ANDREWS 1999; JIANG et al. 1999; KRISTIÁNSDÓTTIR et al. 1999; SMITH et al. 1999).

5 Dank

Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft, dem Deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung sowie dem Österreichischen Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung, die durch ihre finanzielle Förderung die Untersuchungen zur spätglazialen und holozänen Gletschergeschichte in Nordisland ermöglicht haben. Besonderer Dank gilt auch der Carl Kühne KG und Icelandair für die Unterstützung der Geländeaufenthalte in Nordisland. Dem Icelandic National Research Council danken wir für die Genehmigung der Geländearbeiten in Island. Die Radiokarbondatierungen wurden durch das Radiocarbon Laboratory des Natural Environment Research Council in Glasgow, das ¹⁴C-Labor der Universität Uppsala sowie das ¹⁴C-Labor am Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung in Hannover durchgeführt, denen wir hiermit unseren Dank aussprechen. In diesem Zusammenhang danken wir insbesondere auch Professor Chris CASELDINE vom Department of Geography der University of Exeter für seine Zusammenarbeit. Herzlicher Dank geht an Lene ZACHARIASSEN und Óskar GUNNARSSON für ihre Gastfreundschaft im Skíðadalur.

6 Literaturverzeichnis

- ANDREWS J.T., HELGADÓTTIR G. (1999), Late Quaternary glacial and marine environments off North Iceland: Where was the LGM? In: The Geological Society of America Abstracts with Programs, 31/7, S. A-314.
- ANDREWS J.T., HÁRDARDÓTTIR J., HELGADÓTTIR G., JENNINGS A.E., GEIRSDÓTTIR Á., SVEINBJÓRNSDÓTTIR Á.E., SCHOOLFIELD S., KRISTIÁNSDÓTTIR G.B., SMITH L.M., THORS K., SYVITSKI J.P.M. (2000a), The N and W Iceland Shelf: insights into Last Glacial Maximum ice extent and deglaciation based on acoustic stratigraphy and basal radiocarbon AMS dates. In: Quaternary Science Reviews, 19, S. 619-631.

- ANDREWS J.T., HELGADÓTTIR G., HARÐARDÓTTIR J., JENNINGS A.E. (2000b), Studies of Late Quaternary marine sediment sequences around the W and N Iceland continental shelves: Deciphering land/ocean interactions and paleoceanography over the last 35,000 years. In: RUSSELL A.J., MARREN P.M. (Hrsg.), *Iceland 2000: modern processes and past environments* (= Keele Univ., Department of Geography Occasional Papers Series, 21), S. 8-9. Keele.
- BIRKS H.H., GULLIKSEN S., HAFLIDASON H., MANGERUD J., POSSNERT G. (1996), New radiocarbon dates for the Vedde Ash and the Saksunarvatn Ash from western Norway. In: *Quaternary Research*, 45, S. 119-127.
- BJÖRCK S., INGÓLFSSON Ó., HAFLIDASON H., HALLSDÓTTIR M., ANDERSON J.B. (1992), Lake Torfadalsvatn: a high resolution record of the North Atlantic ash zone I and the last glacial-interglacial environmental changes in Iceland. In: *Boreas*, 21, S. 15-22.
- BRAITHWAITE R.J. (1984), Can the mass balance of a glacier be estimated from its equilibrium-line altitude? In: *Journal of Glaciology*, 30, S. 364-368.
- CASELDINE C., STÖTTER J. (1993), 'Little Ice Age' glaciation of Tröllaskagi peninsula, northern Iceland: climatic implications for reconstructed equilibrium line altitudes (ELAs). In: *The Holocene*, 3/4, S. 357-366.
- EINARSSON M.Á. (1976), *Veðurfar á Íslandi*. Reykjavík, Íðunn. 150 S.
- EINARSSON M.Á. (1984), Climate of Iceland. In: VAN LOON H. (Hrsg.), *Climates of the oceans*, World survey of climatology 15, S. 673-697. Amsterdam, Elsevier Science Publishers.
- EINARSSON Þ. (1960), *Geologie von Helligheiði* (= Geologisches Inst. Univ. Köln (Hrsg.), Sonderveröff., 5). Köln. 55 S.
- EINARSSON Þ. (1961), *Pollenanalytische Untersuchungen zur spät- und postglazialen Klimageschichte Islands* (= Geolog. Inst. Univ. Köln (Hrsg.), Sonderveröff., 6). Köln. 62 S.
- EINARSSON Þ. (1967), *Pollen-analytical studies on the vegetation and climate history of Iceland in late- and postglacial times*. In: LÖVE A., LÖVE D. (Hrsg.), *North Atlantic biota and their history*, S. 355-365. Oxford, Pergamon Press.
- EINARSSON Þ. (1968), *Jarðfræði*. Saga bergs og lands. Reykjavík, Mál og menning. 355 S.
- EINARSSON Þ. (1978), *Jarðfræði*. Reykjavík, Mál og menning. 240 S.
- EINARSSON Þ. (1979), On the deglaciation of Iceland. Abstract, 13th Nordic Geological Winter Meeting, Norsk Geologisk Forening. In: *Geonytt*, 13, S. 18.
- EIRÍKSSON J., SÍMONARSON L.A., KNUDSEN K.L., KRISTENSEN P. (1997), Fluctuations of the Weichselian ice sheet in SW Iceland: a glaciomarine sequence from Suðurnes, Seltjarnarnes. In: *Quaternary Science Reviews*, 16, S. 221-240.
- EIRÍKSSON J., KNUDSEN K.L., HAFLIDASON H., JIANG H., HENRIKSEN P. (1998), Late Glacial and Holocene sedimentation history and biostratigraphy of the North Icelandic shelf at the boundary between the East Greenland and Irminger Currents. In: INSTITUTE OF ARCTIC AND ALPINE RESEARCH, UNIVERSITY OF COLORADO AT BOULDER (Hrsg.), 28th International Arctic Workshop, Arctic and Alpine Environments, Past and Present, Program with Abstracts, 1998, S. 45. Boulder.
- EIRÍKSSON J., KNUDSEN K.L., HAFLIDASON H., HENRIKSEN P. (2000), Late-glacial and Holocene palaeoceanography of the North Icelandic shelf. In: *Journal of Quaternary Science*, 15, S. 23-42.
- EYÞÓRSSON J., SIGTRYGGSSON H. (1971), The climate and weather of Iceland. In: BERTELSEN E., GUDMUNDSSON F., INGÓLFSSON A., JÓNASSON P.M., TUXEN S.L. (Hrsg.), *The zoology of Iceland*, vol. I, part 3. Copenhagen und Reykjavík, Ejnar Munksgaard. 62 S.

- FURBISH D.J., ANDREWS J.T. (1984), The use of hypsometry to indicate long-term stability and response of valley glaciers to changes in mass transfer. In: *Journal of Glaciology*, 30, S. 199-211.
- GEIRSDÓTTIR Á., EIRÍKSSON J. (1994), Sedimentary facies and environmental history of the Late-glacial glaciomarine Fossvogur sediments in Reykjavík, Iceland. In: *Boreas*, 23, S. 164-176.
- GEIRSDÓTTIR Á., HARÐARDÓTTIR J., EIRÍKSSON J. (1997), The depositional history of the Younger Dryas-Preboreal Búði moraines in south-central Iceland. In: *Arctic and Alpine Research*, 29/1, S. 13-23.
- GEIRSDÓTTIR Á., HARÐARDÓTTIR J., SVEINBJÖRNSDÓTTIR Á.E. (2000), Glacial extent and catastrophic meltwater events during the deglaciation of Southern Iceland. In: *Quaternary Science Reviews*, 19, S. 1749-1761.
- GRÖNVOLD K., ÓSKARSSON N., JOHNSEN S.J., CLAUSEN H.B., HAMMER C.U., BOND G., BARD E. (1995), Ash layers from Iceland in the Greenland GRIP ice core correlated with oceanic and land sediments. In: *Earth and Planetary Science Letters*, 135, S. 149-155.
- GROSS G., KERSCHNER H., PATZELT G. (1976), Methodische Untersuchungen über die Schneegrenze in alpinen Gletschergebieten. In: *Zeitschrift f. Gletscherkunde u. Glazialgeologie*, 12/2, S. 223-251.
- HÄBERLE T. (1991), Spät- und postglaziale Gletschergeschichte des Hörgárdalur-Gebietes, Tröllaskagi, Nordisland. Diss., Univ. Zürich. 191 S.
- HÄBERLE T. (1994), Glacial, Late Glacial and Holocene history of the Hörgárdalur area, Tröllaskagi, Northern Iceland. In: STÖTTER J., WILHELM F. (Hrsg.), *Environmental change in Iceland (= Münchener Geogr. Abh., B12)*, S. 133-145. München.
- HAFLIDASON H. (1983), The marine geology of Eyjafjörður, North Iceland: sedimentological, petrographical and stratigraphical studies. Unveröff. MPhil Arbeit, Univ. Edinburgh. 281 S.
- HAFLIDASON H., EIRÍKSSON J., van KREVELD S. (2000), The tephrochronology of Iceland and the North Atlantic region during the Middle and Late Quaternary: A review. In: *Journal of Quaternary Science*, 15/1, S. 3-22.
- HALLGRÍMSSON H. (1982), Vesturströnd Eyjafjarðar. Náttúrufar og minjar. Akureyri.
- HALLSDÓTTIR M. (1984), Um ísaldarlok á Glerárdal og í nágrenni Akureyrar (On the deglaciation in Glerárdalur and at Akureyri, North-Iceland) (= Náttúrugripasafnið í Akureyri (Hrsg.), fjölrit, nr. 12). Akureyri. 30 S.
- HELGAÐÓTTIR G., ANDREWS J.T. (1999), Late Quaternary shifts in sediments north of Iceland: foraminiferal data and stable oxygen isotope analyses. In: *The Geological Society of America Abstracts with Programs*, 31/7, S. A-314.
- HJARTARSON Á. (1973), Rof jarðlagastaflans milli Eyjafjarðar og Skagafjarðar og ísaldarmenjar við utanverðan Eyjafjörð. Verkfræði og raunvísindadeild Háskóla Íslands. Reykjavík. 39 S.
- HJARTARSON Á. (1989), The ages of the Fossvogur layers and the Álftanes end-moraine, SW-Iceland. In: *Jökull*, 39, S. 21-31.
- HJARTARSON Á. (1991), A revised model of Weichselian deglaciation in south and south west Iceland. In: MAIZELS J.K., CASELDINE C. (Hrsg.), *Environmental change in Iceland: past and present*, S. 67-77. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- HJARTARSON Á. (1993), Ísaldarlok í Reykjavík (English summary: The deglaciation of Reykjavík). In: *Náttúrufræðingurinn*, 62, S. 209-219.
- HJARTARSON Á., SIGURDSSON F., HAFSTAD P. (1981), Vatnabúskapur Austurlands III. Lokaskýrsla. (= Orkustofnun (Hrsg.), OS81006/VOD04). Reykjavík. 198 S.

- HJARTARSON Á., INGÓLFSSON Ó. (1988), Preboreal glaciation of Southern Iceland. In: *Jökull*, 38, S. 1-16.
- HJÁLMARSSON A.H., JÓHANNESSON H., BJÖRNSSON H., KRISTINSSON H., KRISTINSSON M. (1991), *Fjallendi Eyjafjarðar að vestanverðu II* (= Ferðafélag Íslands (Hrsg.), Árbók 1991). Reykjavík. 274 S.
- HRÓARSSON B. (1992), *Norðan byggða milli Eyjafjarðar og Skjálfanda* (= Ferðafélag Íslands (Hrsg.), Árbók 1992). Reykjavík. 273 S.
- INGÓLFSSON Ó. (1985), Late Weichselian glacial geology of the lower Borgarfjörður region, western Iceland: a preliminary report. In: *Arctic*, 38, S. 210-213.
- INGÓLFSSON Ó. (1987a), The Late Weichselian glacial geology of the Melabakkar-Ásbakkar coastal cliffs, Borgarfjörður, W-Iceland. In: *Jökull*, 37, S. 57-81.
- INGÓLFSSON Ó. (1987b), Investigation of the Late Weichselian glacial history of the lower Borgarfjörður region, western Iceland (= Lundqua Thesis, 19). Lund. 4 S. + 4 Anhänge.
- INGÓLFSSON Ó. (1988), Glacial history of the lower Borgarfjörður area, western Iceland. In: *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar*, 110, S. 293-309.
- INGÓLFSSON Ó. (1991), A review of the Late Weichselian and early Holocene glacial and environmental history of Iceland. In: MAIZELS J.K., CASELDINE C. (Hrsg.), *Environmental change in Iceland: past and present*, S. 13-29. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- INGÓLFSSON Ó., NORDDAHL H., HAFLIDASON H. (1995), Rapid isostatic rebound in southwestern Iceland at the end of the last glaciation. In: *Boreas*, 24, S. 245-259.
- INGÓLFSSON Ó., JÓNSDÓTTIR I., RUNDGREN M. (1999), Plant survival in Iceland during periods of glaciation? In: *The Geological Society of America Abstracts with Programs*, 31/7, S. A-314.
- INGÓLFSSON Ó., NORDDAHL H. (2001), High relative sea level during the Bølling interstadial in western Iceland: a reflection of ice-sheet collapse and extremely rapid glacial unloading. In: *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 33/2, S. 231-243.
- JENNINGS A.E., SYVITSKI J., GERSON L., GRÖNVOLD K., GEIRSDÓTTIR Á., HARÐARDÓTTIR J., ANDREWS J.T., HAGEN S. (2000), Chronology and paleoenvironments during the late Weichselian deglaciation of the southwest Iceland shelf. In: *Boreas*, 29, S. 167-183.
- JIANG H., SEIDENKRANTZ M.-S., KNUDSEN K.-L., EIRÍKSSON J., HAFLIDASON H. (1999), Reconstruction of summer sea surface temperature since 16,000 cal years BP on the North Icelandic shelf using diatom-based transfer function. In: *The Geological Society of America Abstracts with Programs*, 31/7, S. A-74.
- KALDAL I. (1978), The deglaciation of the area north and northeast of Hofsjökull, Central Iceland. In: *Jökull*, 28, S. 18-31.
- KALDAL I., VÍKINGSSON S. (1990), Early Holocene deglaciation in Central Iceland. In: *Jökull*, 40, S. 51-66.
- KERSCHNER H. (1978), Zur Rekonstruktion eines spätglazialen Gletscherstandes mit Hilfe eines rechnerisch ermittelten Zungenlängenprofils. In: *Zeitschrift f. Gletscherkunde u. Glazialgeologie*, 14, S. 119-123.
- KERSCHNER H. (1990), Methoden der Schneegrenzbestimmung. In: LIEDKE H. (Hrsg.), *Eiszeitforschung*, S. 299-311. Darmstadt, Wiss. Buchges.
- KERSCHNER H. (1993), Späteiszeitliche Gletscherstände im südlichen Karwendel bei Innsbruck, Tirol. In: *Innsbrucker Geogr. Studien*, 20, S. 47-55.
- KERSCHNER H., KASER G., SAILER R. (2000), Alpine Younger Dryas glaciers as paleo-precipitation gauges. In: *Annals of Glaciology*, 31, S. 80-84.
- KJARTANSSON G. (1939), Stadier i isens tilbagerkning fra det sydvestislandske lavland. Skuringmerker. En isdaemet sø. Marine dannelser. Postglacial tektonik. In: *Meddelelser fra Dansk Geologisk Forening*, 9/4, S. 426-458.

- KJARTANSSON G. (1943), Árneshingasaga. Árneshingafélagið (Hrsg.). Reykjavík. 268 S.
- KJARTANSSON G. (1958), Jarðmyndanir í Holtum og nágrenni (English summary: The geology of Holt in Rangárvallasýsla, S.W. Iceland) (= Atvinnudeild Háskólans (Hrsg.), rit landbúnaðardeildar, B-flokkur, nr. 11). Reykjavík. 22 S.
- KJARTANSSON G. (1964), Ísaldarlök og eldfjöll á Kili (English summary: The retreat of the last glacial ice-sheet and some volcanoes in the Kjölur area, central Iceland). In: Náttúrufræðingurinn, 34, S. 9-38.
- KRISTJÁNSDÓTTIR G.B., GEIRSDÓTTIR Á., ANDREWS J.T., JENNINGS A.E. (1999), Late Quaternary climatic and environmental changes on the North Iceland shelf – evidence from marine sediment cores. In: The Geological Society of America Abstracts with Programs, 31/7, S. A-315.
- KUGELMANN O. (1989), Gletschergeschichtliche Untersuchungen im Svarfaðardalur und Skíðadalur, Tröllaskagi, Nordisland. Unveröff. Dipl.Arbeit, Inst. f. Geogr., Univ. München. 137 S.
- MAGNÚSDÓTTIR B., NORDDAHL H. (2000), Aldur hvalbeins og efstu fjörumarka í Akrafjalli (English summary: Re-examination of the deglaciation history of the area around Akrafjall in South-western Iceland). In: Náttúrufræðingurinn, 69, S. 177-188.
- MEIERDING T.C. (1982), Late Pleistocene glacial equilibrium-line in the Colorado Front Range: a comparison of methods. In: Quaternary Research, 18, S. 289-310.
- MEYER H.-H., VENZKE J.-F. (1985), Der Klængshóll-Kargletscher in Nordisland. In: Natur u. Museum, 115/2, S. 29-46.
- MEYER H.-H., VENZKE J.-F. (1987), Deglaciation and sea-level changes in the vicinity of Blönduós, Northern Iceland, in Late Glacial and early Holocene times. In: Norden, 4, S. 47-64.
- MORIWAKI H. (1990), Late- and Postglacial shoreline displacement and glaciation in and around the Skagi peninsula, Northern Iceland. In: Geographical reports of Tokyo Metropolitan Univ., 25, S. 81-97.
- MÜLLER H.-N. (1984), Spätglaziale Gletscherschwankungen in den westlichen Schweizer Alpen (Simplon-Süd und Val de Nendaz, Wallis) und im nordisländischen Tröllaskagi-Gebirge (Skíðadalur). Näfels.
- MÜLLER H.-N., STÖTTER J., SCHUBERT A., BETZLER A. (1984), Glazial- und Periglazialuntersuchungen im Skíðadalur, Tröllaskagi, Nordisland. In: Polarforschung, 54/2, S. 95-109.
- MÜLLER H.-N., STÖTTER J., SCHUBERT A., BETZLER A. (1986), Glacial and periglacial investigations in Skíðadalur, Tröllaskagi, Northern Iceland. In: Polar Geography and Geology, 10/1, S. 1-18.
- NESJE A. (1995), Brelære. Oslo, Høyskole Forlaget. 124 S.
- NORDDAHL H. (1979), The last glaciation in Flateyjardalur central North Iceland, a preliminary report (= Lundqua Report, 18). Lund. 24 S.
- NORDDAHL H. (1981), A prediction of minimum age for the Weichselian maximum glaciation in North Iceland. In: Boreas, 10, S. 471-476.
- NORDDAHL H. (1982), Ljós vikurlög frá seinni hlúta síðasta jökulskeiðs í Fnjóskadal. In: ÞÓRARINSDÓTTIR H., ÓSKARSSON Ó.H., STEINÞÓRSSON S., EINARSSON Þ. (Hrsg.), Eldur er í norðri, S. 167-175. Reykjavík, Sögufélag.
- NORDDAHL H. (1983), Late Quaternary stratigraphy of Fnjóskadalur central North Iceland, a study of sediments, ice-lake strandlines, glacial isostasy and ice-free areas (= Lundqua Thesis, 12). Lund. 78 S.
- NORDDAHL H. (1990), Late Weichselian and Early Holocene deglaciation history of Iceland. In: Jökull, 40, S. 27-50.
- NORDDAHL H. (1991), A review of the glaciation maximum concept and the deglaciation of Eyjafjörður, North Iceland. In: MAIZELS J.K., CASELDINE C. (Hrsg.), Environmental change in Iceland: past and present, S. 31-47. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.

- NORDDAHL H., ÁSBJÖRNSDÓTTIR L. (1995), Ísaldarlok í Hvammsfiði. In: HRÓARSSON B., JÓNSSON D., JÓNSSON S.S. (Hrsg.), *Eyjar í Eldhafi*, S. 117-131. Reykjavík, Gott Mál.
- NORDDAHL H., EINARSSON Þ. (1988), Hörfun jökla og sjávarstöðubreytingar í ísaldarlok á Austfjörðum (English summary: Late Weichselian deglaciation and sea-level changes in East and Southeast Iceland). In: *Náttúrufræðingurinn*, 58, S. 59-80.
- NORDDAHL H., HAFLIDASON H. (1990), Skógar tefran, en sen glacial kronostratigrafisk marker på Nordisland. Abstract, 19th Nordic Geological Winter Meeting, Norsk Geologisk Forening. In: *Geonytt*, 17/1, S. 84.
- NORDDAHL H., HAFLIDASON H. (1992), The Skógar tephra, a Younger Dryas marker in North Iceland. In: *Boreas*, 21, S. 23-41.
- NORDDAHL H., HJORT C. (1987), Aldur jökulhörfunar í Vopnafirði. In: *Jarðfræðifélag Íslands* (Hrsg.), Abstract volume, S. 18-19. Reykjavík.
- NORDDAHL H., HJORT C. (1993), Lateglacial raised beaches and glacier recession in the Pistil-fjörður-Bakkaflóí area, northeast Iceland. In: *Jökull*, 43, S. 33-43.
- NORDDAHL H., PÉTURSSON H.G. (2000), Termination of the last glaciation in Eyjafjörður, Central North Iceland, – an example of rapid deterioration of an outlet glacier. In: RUSSELL A.J., MARREN P.M. (Hrsg.), *Iceland 2000: modern processes and past environments* (= Keele Univ., Depart. of Geogr. Occasional Papers Series, 21), S. 76. Keele.
- NORDDAHL H., PÉTURSSON H. (im Druck), Relative sea level change in Iceland: new aspects of the Weichselian deglaciation of Iceland. In: CASELDINE C., RUSSEL A., KNUDSEN Ó., HARBARDÓTTIR J. (Hrsg.), *Iceland – Modern Processes and Past Environments*. Amsterdam, Elsevier.
- NORDDAHL H., EINARSSON Þ. (2001), Concurrent changes of relative sea-level and glacier extent at the Weichselian-Holocene boundary in Berufjörður, Eastern Iceland. In: *Quaternary Science Reviews*, 20, S. 1607-1622.
- OHMURA A., KASSER P., FUNK M. (1992), Climate at the equilibrium line of glaciers. In: *Journal of Glaciology*, 38, S. 397-411.
- PÉTURSSON H.G. (1986), *Kvartærgeologiske undersøkelser på Vest-Melrakkaslétta, Nordøst-Island*. Diss., Univ. Tromsø. 157 S.
- PÉTURSSON H.G. (1991), The Weichselian glacial history of West Melrakkaslétta, Northeastern Iceland. In: MAIZELS J.K., CASELDINE C. (Hrsg.), *Environmental change in Iceland: past and present*, S. 49-65. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- RICHARDSON S.D. (1998), Deglaciation and shoreline displacement adjacent to a spreading ridge, N.E. Iceland. Unveröff. Diss., Royal Holloway, Univ. London. 408 S.
- RICHARDSON S.D. (2000), Late Quaternary deglaciation and relative sea-level change in northeast Iceland. In: RUSSELL A.J., MARREN P.M. (Hrsg.), *Iceland 2000: modern processes and past environments* (= Keele Univ., Depart. of Geogr. Occasional Papers Series, 21), S. 85-87. Keele.
- RUNDGREN M. (1997), Late Weichselian and early Holocene changes of vegetation, climate and sea level on the Skagi peninsula, northern Iceland (= Lundqua thesis, 40). Lund. 27 S. + 6 Anhänge.
- RUNDGREN M., INGÓLFSSON Ó., BJÖRCK S., JIANG H., HAFLIDASON H. (1997), Dynamic sea-level change during the last deglaciation of northern Iceland. In: *Boreas*, 26, S. 201-215.
- RUNDGREN M., INGÓLFSSON Ó. (1999), Plant survival in Iceland during periods of glaciation? In: *Journal of Biogeography*, 26, S. 387-396.
- SARNTHEIN M., JANSEN E., WEINELT M., ARNOLD M., DUPLESSY J.C., ERLLENKEUSER H., FLATØY A., JOHANNESSEN G., JOHANNESSEN T., JUNG S., KOÇ N., LABEYRIE L., MASLIN M., PFLAUMANN

- U., SCHULZ H. (1995), Variations in Atlantic surface ocean paleoceanography, 50°-80°N: A time-slice record of the last 30,000 years. In: *Paleoceanography*, 10/6, S. 1063-1094.
- SELTZER G.O. (1994), Climatic interpretation of alpine snowline variations on millennial time-scales. In: *Quaternary Research*, 41, S. 154-159.
- SMITH L.M., ANDREWS J.T., JENNINGS A.E., GRÖNVOLD K. (1999), Holocene paleoceanography of the southwest and north Iceland continental shelf. In: *The Geological Society of America Abstracts with Programs*, 31/7, S. A-314.
- STEBBING N. (1963), Edinburgh University. Expedition Iceland, 1963. The Royal Geographical Society (Hrsg.). London.
- STEINÞÓRSSON S. (1938), Eyjafjörður. Leiðir og lýsingar (= Ferðafélag Íslands (Hrsg.), Árbók 1938). Reykjavík.
- STÖTTER J. (1991), Geomorphologische und landschaftsgeschichtliche Untersuchungen im Svarfaðardalur-Skiðadalur, Tröllaskagi, N-Island (= Münchener Geogr. Abh., B9). 166 S.
- STÖTTER J. (1993), Die Phasen der Landschaftsgeschichte – das Beispiel Islands. In: *Innsbrucker Geogr. Studien*, 20, S. 83-100.
- STÖTTER J., WASTL M., CASELDINE C., HÄBERLE T. (1999), Holocene palaeoclimatic reconstruction in northern Iceland: approaches and results. In: *Quaternary Science Reviews*, 18, S. 457-474.
- SVEINBJÖRNSDÓTTIR Á.E., EIRÍKSSON J., GEIRSDÓTTIR Á., HEINEMEIER J., RUD N. (1993), The Fossvogur marine sediments in SW Iceland – confined to the Allerød/Younger Dryas transition by AMS ¹⁴C dating. In: *Boreas*, 22, S. 147-157.
- SYVITSKI J.P., JENNINGS A.E., ANDREWS J.T. (1999), High-resolution seismic evidence for multiple glaciation across the southwest Iceland Shelf. In: *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 31, S. 50-57.
- SÆMUNDSSON Þ. (1994), The deglaciation history of the Hofsaárdalur valley, Northeast Iceland. In: WARREN W.P., CROOT D. (Hrsg.), *Formation and deformation of glacial deposits*, S. 173-187. Rotterdam, A.A. Balkema Publishers.
- SÆMUNDSSON Þ. (1995), Deglaciation and shoreline displacement in Vopnafjörður, northeastern Iceland (= Lundqua Thesis, 33). Lund. 106 S.
- THORODDSEN Th. (1891/1892), Islands Jökler i Fortid og Nutid. In: *Geografisk Tidsskrift*, 11, S. 111-146.
- THORODDSEN Th. (1905/1906), Island, Grundriß der Geographie und Geologie (= PGM, Ergänzungshefte 152/153). Gotha, Justus Perthes. 358 S.
- TORSNES I., RYE N., NESJE A. (1993), Modern and Little Ice Age equilibrium-line altitudes on outlet valley glaciers from Jostedalbreen, western Norway: an evaluation of different approaches to their calculation. In: *Arctic and Alpine Research*, 25, S. 106-116.
- VENZKE J.-F. (1985), Überblick über die Gletscher Islands und deren Erforschung. In: *Island, Deutsch-Isländisches Jahrbuch*, 9, S. 83-96.
- VENZKE J.-F., MEYER H.-H. (1986), Remarks on the Late Glacial and early Holocene deglaciation of the Svarfaðardalur and Skiðadalur valley system, Tröllaskagi, Northern Iceland (= Bulletin Research Institute Neðri Ás, 45). Hveragerði. 29 S.
- VÍKINGSSON S. (1978), The deglaciation in the southern part of Skagafjörður district, Northern Iceland. In: *Jökull*, 28, S. 1-15.
- WASTL M. (2000), Reconstruction of Holocene palaeoclimatic conditions in Northern Iceland based on investigations of glacier and vegetation history. Diss., Univ. Innsbruck. 176 S.
- WASTL M., STÖTTER J., VENZKE J.-F. (2001), Gletschergeschichtliche Untersuchungen zum Übergang Spätglazial/Postglazial in Nordisland. In: *Norden*, 14, S. 127-144.

- WASTL M., STÖTTER J., VENZKE J.-F. (2003), Neue Beiträge zur spätglazialen und holozänen Gletschergeschichte in Nordisland. In: *Norden*, 15, S. 137-150.
- WASTL M., STÖTTER J. (im Druck), Holocene glacier history. In: CASELDINE C., RUSSEL A., KNUDSEN Ó., HARDARDÓTTIR J. (Hrsg.), *Iceland – Modern Processes and Past Environments*. Amsterdam, Elsevier.
- ÞORKELSSON Þ. (1922), Um ísaldingarmenjar og forn sjávarmál kringum Akureyri. In: *Andvari*, 47, S. 44-65.
- ÞORKELSSON Þ. (1924), Nokkar athugasendir um ísaldarmenjar og forn sjávarmörk. In: *Andvari*, 49, S. 185-200.
- ÞÓRARINSSON S. (1951), Laxárgljúfur and Laxárhraun, a tephrochronological study. In: *Geografiska Annaler*, 33, S. 1-88.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 2004

Band/Volume: [146](#)

Autor(en)/Author(s): Wastl Maria, Stötter Johann, Geitner Clemens, Venzke Jörg-Friedhelm

Artikel/Article: [Gletschergeschichtliche Untersuchungen zum Übergang Spätglazial/Postglazial in Nordisland als Grundlage paläoklimatischer Rekonstruktionen 165-192](#)