

LÖSLICHE HUMINSTOFFE ALS KLIMAZEUGE (EINE METHODISCHE STUDIE)

Im Andenken an meinen verstorbenen Mitarbeiter
und Freund Dr. Friedrich Hans UCIK

Adolf FRITZ, Klagenfurt*

mit 8 Abb. im Text

INHALT

<i>Summary</i>	315
<i>Zusammenfassung</i>	316
1 Vorwort	316
2 Lösliche Huminstoffe in tonig-schluffigen Sedimenten	317
3 Lösliche Huminstoffe – Ausdruck des Temperaturklimas	317
4 Das Pessimum der „Kleinen Eiszeit“	321
5 Methodisches Ergebnis	323
6 Literaturverzeichnis	324

Summary

Soluble humin substances as an indicator for former climatic conditions (a methodological study)

By means of two homogenous continuous profiles for a long period from the Eastern Alps (Carinthia) that go back to the climax of the last Ice Age a study was carried out as to whether soluble humin substances within argillaceous and silt sediments may serve as indicators for former climatic conditions. Extinction values of humin substances of 0.0x, measured with a wavelength of 570nm, are characteristic of colder periods that can occur as climate fluctuations during both periods of glaciation and stadia of glacier advance or retreat. On the other hand, values of 1.0 and more are typical for markedly warmer (interglacial) climate conditions. In order to be able to present the extremely low values as a curve the scale had to be especially adapted. The fluctuations in the amount of soluble humin substances clearly mirror the changes in the climate

* Univ.-Prof. Dr. Adolf FRITZ, A-9020 Klagenfurt, Koschatstraße 99; e-mail: a.fritz@utanet.at

Herrn Klaus ALLESCH sei für die Mithilfe bei der EDV-mäßigen Erstellung der Abbildungen herzlich gedankt.

conditions of the late ice age and the interglacial period. For the Seebach Valley, there is another set of extremely low values for the period of the peoples migration and the "Little Ice Age" after 9500 years of the post glacial, indicating that this period is in a phase of senescence already. The present warm period must not belie the fact that the global climate kept deteriorating during the past five millennia.

Zusammenfassung

Anhand von zwei homogenen, kontinuierlichen Langzeitprofilen aus den Ostalpen (Kärnten), die bis in das Pleniglazial zurückreichen, wird die Brauchbarkeit löslicher Huminstoffe in tonig-schluffigen Sedimenten als Klimazeuge untersucht und dargestellt. Huminstoff-Extinktionswerte von 0,0X, gemessen mit der Wellenlänge von 570 nm, verweisen auf besonders kaltzeitliche Temperaturverhältnisse, wie sie in glazialen und stadialen Klimaperioden auftreten. Messwerte von 1 und darüber dagegen sind typisch für ausgesprochen warmzeitliche (interglaziale) Klimaverhältnisse. Zur kurvenmäßigen Darstellung extrem geringer Huminstoffwerte müssen stark auflösende Skalierungen verwendet werden. Die Schwankungen der löslichen Huminstoffe lassen sowohl im glazialen als auch im interglazialen Abschnitt der Profile gute Übereinstimmung mit den Klimaverhältnissen des Spät- und Postglazials erkennen. Die im Postglazial des Seebachtales nach rund 9.500 Jahren zur Zeit der Völkerwanderung und der Kleinen Eiszeit neuerlich auftretenden extrem niedrigen Huminstoffwerte deuten darauf hin, dass sich das Postglazial bereits in einer weit fortgeschrittenen Phase des Alterungsprozesses befindet. Die gegenwärtige Warmphase sollte nicht darüber hinwegtäuschen, dass etwa ab dem fünften Jahrtausend v.H. die Tendenz des globalen Klimas sich verschlechterte.

1 Vorwort

Die vorliegende Studie beschäftigt sich mit der Frage, inwieweit lösliche Huminstoffe (Fulvosäure, Huminsäuren) in tonig-schluffigen Sedimenten kompetente paläoklimatologische Informationen enthalten. Der Autor hat im Rahmen pollenanalytischer Untersuchungen in den Hohen Tauern und in den Sörger Bergen bereits dazu Stellung genommen und auf die Bedeutung löslicher Huminstoffe als Klimazeuge aufmerksam gemacht (FRITZ & UČEK 2001, 2005). Die Veranlassung, sich neuerlich damit zu beschäftigen, entspringt der Überzeugung, dass die Bedeutung der Huminstoffe als Klimazeugen zu wenig beachtet wird, zumal selbst in der einschlägigen Literatur nichts davon zu finden ist. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Studie wird außerdem der postglaziale Abschnitt des Huminstoff-Diagramms aus dem Seebachtal mittels mehrerer Radiokarbonaten zeitkorrigiert dargestellt, um die Klimakompetenz der Huminstoffkurve im Vergleich mit Rekonstruktionen bodennaher nordhemisphärischer Mitteltemperaturen augenscheinlicher überprüfen zu können.

2 Lösliche Huminstoffe in tonig-schluffigen Sedimenten

Im Zuge pollenanalytischer Untersuchungen vorwiegend tonig-schluffiger Seesedimente im Seebachtal (Hohe Tauern) und im Dobramoor (Sörger Berge) wurde seitens des Autors die Beobachtung gemacht, dass mineralische Ablagerungen lösliche Huminstoffe enthalten, welche speziell in warmzeitlich sedimentierten Schichten erhebliche Mengen erreichen. Diese Beobachtung veranlasste den Autor parallel zu den Pollenuntersuchungen in den einzelnen Proben die Intensität der löslichen Huminstoffe bestimmen zu lassen. In einem zweiten Arbeitsgang wurde daher jeweils ein Gramm des Sediments in 20 ml 10%iger Kalilauge kurz erwärmt und die Kalilauge zur photometrischen Extinktionsmessung in geeignete Glasröhrchen abgefüllt (siehe FRITZ & UČIK 2001, Abb. 19-24). Die Extinktionsmessungen wurden bei einer Wellenlänge von 570 nm in der Lebensmitteluntersuchungsanstalt Kärnten, Dir. Dr. Peter WIEDNER, von Fr. Margot SUTSCHITSCH durchgeführt.

Huminstoffe entstehen vorwiegend aus pflanzlichem Material (Pflanzenstreu aus der Landvegetation, Wasserpflanzen, Pollenflug) durch temperaturabhängigen mikrobiellen Abbau der Biomasse im Rahmen der Humifizierung (SCHACHTSCHABEL et al. 2002, S. 67). Huminstoffe sind schwer wasserlöslich, haben eine hohe Verweilzeit im Boden, bilden durch Interaktionen mit Mineralien stabile Ton-Humus-Assoziate und sind dadurch gegen Mineralisierung weitestgehend stabilisiert (SCHACHTSCHABEL et al. 2002, S. 59). Das sind gute Voraussetzungen für eine dauerhafte, horizontgebundene Erhaltung der Huminstoffe.

Die Sedimentmengen, die zur Kalilaugebehandlung herangezogen wurden, dürften jeweils das Sediment mehrerer bis zahlreicher Jahresablagerungen umfassen. Es ist daher damit zu rechnen, dass die Extinktions-Messdaten eine gewisse (natürliche) Glättung aufweisen und so mit Gauß-Tiefpass gefilterten Messreihen der Temperatur gut vergleichbar sind.

3 Lösliche Huminstoffe – Ausdruck des Temperaturklimas

Für den Klimatologen sind vieljährige Messreihen („Lange Reihen“), die über viele Jahre hinweg möglichst lückenlos („Kontinuität“) von ein und derselben Lokalität („Homogenität“) vorliegen, von besonderer Bedeutung. Diesen Forderungen werden Huminstoff-Profile als Ausdruck des Temperaturklimas bei entsprechender Mächtigkeit der Sedimente in einer Weise gerecht, wie das bei anderen Proxydaten eher selten der Fall ist.

In dieser Studie werden zwei homogene, kontinuierliche Langzeitprofile löslicher Huminstoffe vorgelegt, die im Falle des Profils „Seebachtal“ (vgl. Abb. 1) eine Länge von 156,50 m und im Falle des Profils „Dobramoor“ (vgl. Abb. 2) eine Länge von 66 m besitzen. Die Zeiträume allerdings, welche die beiden Profile jeweils umfassen, sind sehr verschieden, etwa 17.000 Jahre in Abbildung 1 und etwa 35.000 Jahre in

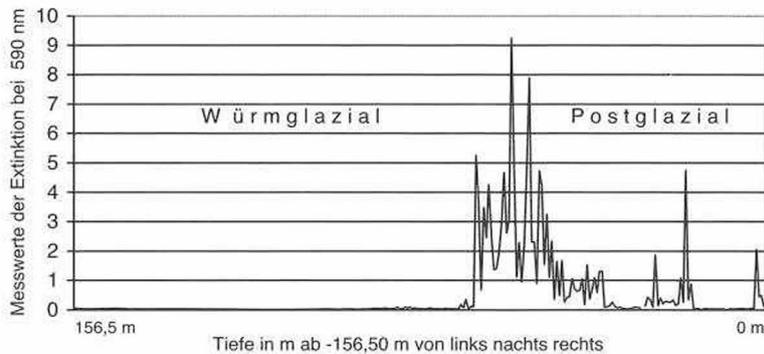


Abb. 1: Homogenes, kontinuierliches Langzeitprofil löslicher Huminstoffe, Seebachtal, 1.273 m SH (Hohe Tauern, Kärnten). Das Langzeitprofil umfasst das ausklingende Pleniglazial, Spätglazial und Postglazial

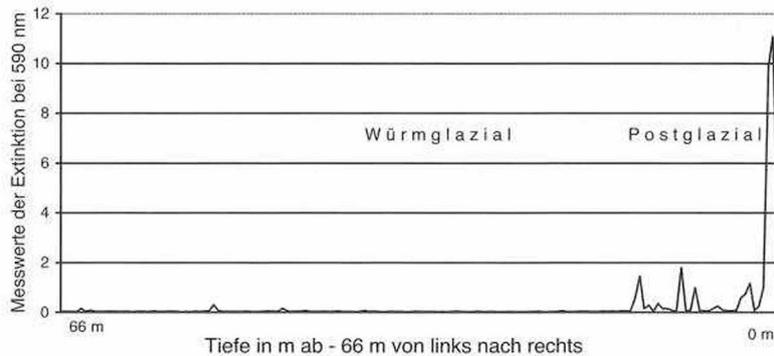


Abb. 2: Homogenes, kontinuierliches Langzeitprofil löslicher Huminstoffe, Dobramoor, 902 m SH (Sörger Berge, Kärnten). Das Langzeitprofil umfasst das Pleniglazial etwa ab 35.000 v.H., das Spätglazial und das Postglazial

Abbildung 2. Daraus ergibt sich naturgemäß eine stark unterschiedliche Auflösung der paläoklimatologischen Information, wodurch dem Profil aus dem Seebachtal eine besondere Stellung zukommt. Eine sehr wesentliche paläoklimatologische Information, welche aus beiden Langzeitprofilen in gleicher Weise zu entnehmen ist, besteht in den stark unterschiedlichen Huminstoffmengen, welche in den glazialen bzw. in den interglazialen Sedimenten überliefert sind. In den ausgesprochen kaltzeitlichen Ablagerungen des Würmglazials erreichen die Huminstoffmengen normalerweise nur Messwerte von 0,0X und überschreiten diese Werte in wenigen Fällen nur ganz knapp. Die warmzeitlich abgelagerten Sedimente hingegen enthalten Messwerte von 1 und darüber, wenn auch im Zuge auftretender Klimaverschlechterungen die Huminstoffwerte auf „kaltzeitliche“ Werte absinken können.

Die 60 m mächtigen postglazialen Sedimente im Seebachtal enthalten zahlreiche Holzreste, welche die Durchführung mehrerer radiometrischer Altersbestimmungen ermöglichten (FRITZ & UCIK 2001, S. 42). Die postglaziale Huminstoffkurve des Seebachtals kann daher zeitkorrigiert dargestellt und als „Schlüsselkurve“ zu weiteren

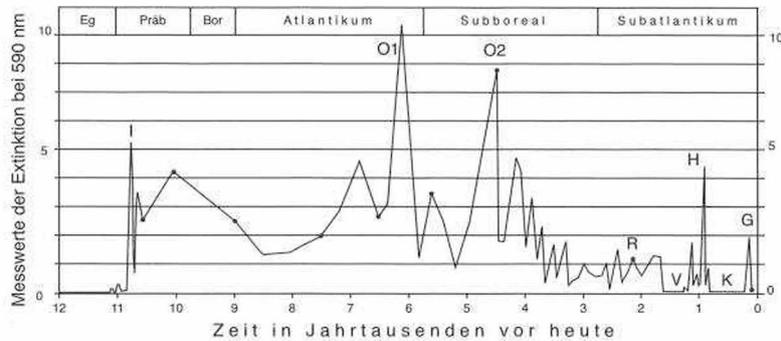


Abb. 3: Zeitkorrigiertes, homogenes kontinuierliches Langzeitprofil löslicher Huminstoffe, Seebachtal, 1.273 m SH (Hohe Tauern, Kärnten). Das Langzeitprofil umfasst die Egesen-Kaltzeit und das Postglazial

Die Abkürzungen bedeuten: I = Initiale Erwärmungsphase, O1, O2 = Optima des postglazialen Klimas, R = römerzeitliches Optimum, V = Pessimum der Völkerwanderungszeit, H = hochmittelalterliches Optimum, K = Pessimum der Kleinen Eiszeit, G = Gegenwart (20. Jh.). Die klimageschichtliche Gliederung des Postglazials orientiert sich an der Chronostratigraphie in LANG (1994, S. 88)

Huminstoffkurven verwendet werden (vgl. Abb. 3). Verwendet werden die kalibrierten Radiokarbonalter, um den zeitlichen Ablauf der Kalenderzeit anzugleichen. Das Postglazial beginnt daher in Abbildung 3 mit 11.100 v.H. und nicht entsprechend den konventionellen Radiokarbonaten um 10.000 v.H. Vergleicht man Abbildung 3 mit der Rekonstruktion der Variationen der bodennahen nordhemisphärischen Mitteltemperaturen in den letzten 10.000 Jahren (SCHÖNWIESE 1995, Abb. 25, S. 92), so ergeben sich weitgehende, wenn auch nicht gänzliche Übereinstimmungen. Insbesondere die Existenz einer sehr frühen, noch in das Práboreal fallenden kräftigen Erwärmungsphase im Seebachtal (wie übrigens auch im Dobramoor) fällt aus dem Rahmen der für Mitteleuropa üblichen Konzeption. Dieses Ausscheren der klimatischen Verhältnisse im Seebachtal und im Dobramoor bedeutet vermutlich mehr als nur eine lokale Besonderheit. Der südöstliche Alpenraum scheint in der Klimageschichte des ausgehenden Pleni- und des beginnenden Postglazials im Vergleich zum nördlichen Alpenraum klimatisch bevorzugt gewesen zu sein. Noch knapp vor dem Eishöchststand in Kärnten gab es hier subalpine Baumbestände, als sich in Norddeutschland nur mehr eine Strauchtundra ausbreitete und die Rückwanderung baumförmiger Gehölze nach dem Abschmelzen des Draugletschers noch vor der Zone Ia des Spätglazials erfolgte, wenn auch der Gehölzbestand im Zuge der spätglazialen Klimaverschlechterung gebietsweise neuerlich zurückgedrängt wurde (FRITZ & UČIK 2003, 2005).

Um den Verlauf der Huminstoffkurve im nur 2,60 m mächtigen Postglazial des Dobramoors (vgl. Abb. 4) in der Weise sichtbar zu machen, wie er sich in Abbildung 3 präsentiert, musste das Sediment in einem Probenabstand von nur 5 cm entnommen werden. Der Kurvenverlauf im Dobramoor bestätigt grundsätzlich das Ergebnis aus dem Seebachtal. Abweichungen bestehen unter anderem darin, dass die Huminstoffe im Dobramoor mit einer Ausnahme nicht jene Mengen erreichen wie im Seebachtal.

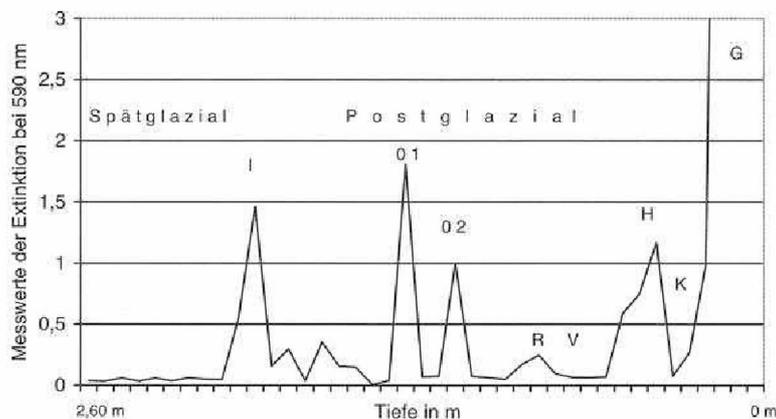


Abb. 4: Homogenes, kontinuierliches Langzeitprofil löslicher Huminstoffe aus dem Dobramoor, 902 m SH (Sörger Berge, Kärnten). Das Langzeitprofil umfasst die Egesen-Kaltzeit und das Postglazial

Die Abkürzungen bedeuten: I = Initiale Erwärmungsphase, O1, O2 = Optima des postglazialen Klimas, R = römerzeitliches Optimum, V = Pessimum der Völkerwanderungszeit, H = hochmittelalterliches Optimum, K = Pessimum der Kleinen Eiszeit, G = Gegenwart (20. Jh.)

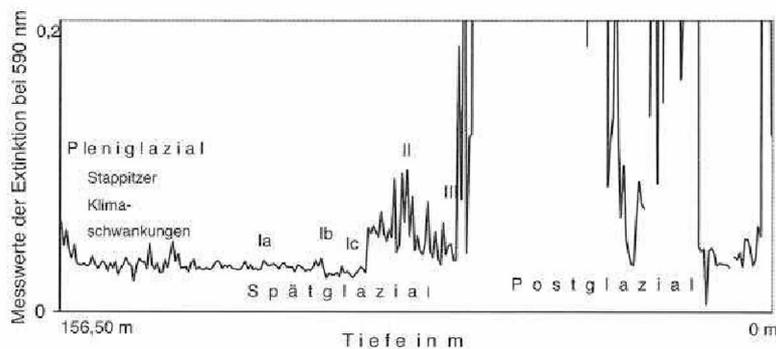


Abb. 5: Homogenes, kontinuierliches Langzeitprofil löslicher Huminstoffe aus dem Seebachtal, 1.273 m SH (Hohe Tauern, Kärnten) mit besonders stark auflösender Skalierung im Bereich des Würmglazials

Die Abkürzungen bedeuten: I a = älteste Tundrenzeit, I b = Bölling-Warmphase, I c = Daun-Kaltzeit, II = Alleröd-Warmphase, III = Egesen-Kaltzeit

Die extrem niedrigen Werte von 0,0X treten weiters häufiger auf und das klimatische Optimum der Römerzeit hebt sich klarer ab als im Seebachtal. Die niedrigeren Huminstoffwerte können vermutlich mit der lokalklimatischen Benachteiligung des Dobramoores gegenüber dem Seebachtal in Zusammenhang gebracht werden. Die Hohen Tauern bilden heute gegenüber den Sörger Bergen eine Art Wärmeinsel (Effekt der Massenerhebung und Kaltluftsee im Becken), und waren es vergleichsweise auch in erdgeschichtlicher Zeit.

Entsprechend der Skalierung in den Abbildungen 1 bis 4, wie sie für postglaziale Verhältnisse erforderlich ist, werden die Kurvenauschläge der Huminstoffe in den

ausgesprochen kaltzeitlichen Abschnitten der Huminstoff-Diagramme völlig unterdrückt. Durch die Verwendung fein-auflösender Skalierung wird es möglich, auch in diesen Profilbereichen bestehende Schwankungen sichtbar zu machen (vgl. Abb. 5 und 6). Im nachfolgenden Abschnitt wird Abbildung 6 etwas ausführlicher behandelt. Hier sei lediglich auf Abbildung 5 mit den Schwankungen des ausgehenden Pleniglazials („Stappitzer Klimaschwankungen“) sowie den Schwankungen des Spätglazials verwiesen. In der pollenanalytischen Auswertung des Bohrkerns treten die Pollenzone II (Alleröd-Interstadial) und die Pollenzone III (Egesen-Stadial) besonders deutlich in Erscheinung.

4 Das Pessimum der „Kleinen Eiszeit“

Unter „Kleine Eiszeit“ wird eine markante Verschlechterung des globalen Klimas während der letzten Jahrhunderte verstanden. Die zeitliche Abgrenzung scheint in Fachkreisen nicht auf völlige Einhelligkeit zu stoßen. So schreibt LAMB (1989, S. 233-234): *„Von einem anderen Standpunkt aus wäre es durchaus denkbar, die gesamte Periode von ca. 1420 oder sogar von 1190 an bis in das Jahr 1850 oder auch 1900 als den Zeitraum anzusehen, in dem die Kleine Eiszeit stattfand.“* SCHÖNWIESE (1995, S. 85) schränkt das Pessimum etwa auf die Zeit von etwa 1550 bis 1700 ein, eine Zeitabgrenzung, die im Sinne von RUDLOFF (1980, S. 129) als das „Zentrum“ der Kaltperiode bezeichnet wird, mit der Ergänzung, dass aus der Sicht der Gletscherhochstände das Ende der „Kleinen Eiszeit“ auch mit 1855 datiert werden kann.

Die Huminstoffkurve des Seebachtals grenzt dagegen die „Kleine Eiszeit“ markant von -14 m bis -2 m ab (vgl. Abb. 6). Mangels radiometrisch datierbaren Materials ist es allerdings nicht möglich, die Grenzen der alpinen „Kleine Eiszeit“ auch zeitlich exakt festzulegen. Doch fallen diese, wie nachfolgend gezeigt wird, jedenfalls in den Zeitrahmen von etwa 1500 bis 1900. Die Huminstoffmengen der „Kleinen Eiszeit“ liegen im Falle des Seebachtals – ähnlich wie im Spätglazial – ausnahmslos im extrem niedrigen Bereich von 0,0X (vgl. Abb. 6). Es darf angenommen werden, dass die Huminstoffkurve die Tendenz der Klimaentwicklung wiedergibt. Versuchen wir nun die „Klimakompetenz“ der Huminstoffe auch anhand von Temperaturreihen und mit Hilfe der Pollenanalyse zu beleuchten.

Seitens der Messdaten besteht allerdings die Schwierigkeit, dass jene Messreihen, die aus der näheren oder weiteren Umgebung der Hohen Tauern zum Vergleich herangezogen werden müssten, mit Ausnahme der Messreihe von Klagenfurt (BÖHM 1992), nicht bis in die „Kleine Eiszeit“ zurückreichen. Man ist daher darauf angewiesen, auch anderweitige einschlägige Rekonstruktionen des bodennahen Temperaturverlaufes in die Betrachtung mit einzubeziehen.

Die Einbindung der Huminstoffkurve in die lange Temperatur-Messreihe von Klagenfurt bzw. von Österreich (BÖHM 1992) ist durch ein Radiokarbondatum gesichert, welches für die Tiefe von -1,20/-1,25 m ein mögliches kalibriertes Alter zwischen 1804 und 1937 n.Chr. angibt (ETH – 23703). Da die datierte Tiefe bereits im

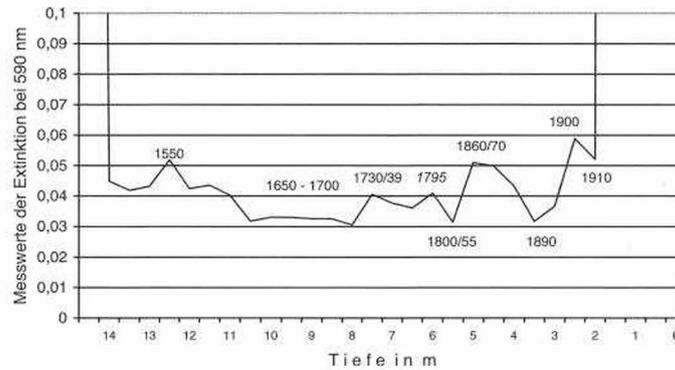


Abb. 6: Profilabschnitt der „Kleinen Eiszeit“ aus dem homogenen, kontinuierlichen Langzeitprofil löslicher Huminstoffe aus dem Seebachtal, 1273 m SH (Hohe Tauern, Kärnten)

warmzeitlichen Bereich des Profils liegt, kommt dafür wohl nur ein Alter in Frage, welches den Huminstoff-Gipfel bei -1,50 m dem beginnenden 20. Jahrhundert zuweist. Ausgehend von diesem Eckdatum der Klimaentwicklung wird versucht, die Gipfel- und Täler der Huminstoffkurve den Schwankungen der 20-jährig geglätteten, langen Messreihe von Klagenfurt (1813 bis 1990) bzw. von Österreich (1775 bis 1990) zu parallelisieren (vgl. Abb. 6), und zwar zurück bis 1795. Hinsichtlich der weiter zurückreichenden Klimaentwicklung sei auf SCHÖNWIESE (1995, S. 75-76), besonders aber auf LAMB (1989, Abb. 27 a, S. 98) verwiesen. Die Ähnlichkeit der Huminstoffkurve von -14 m bis -7,50 m mit dem geschätzten Verlauf der vorherrschenden Temperaturen in Mittelengland etwa seit 1450 bis 1700 (LAMB 1989, Abb. 27a, S. 98) ist erstaunlich und wohl mehr als ein Zufall, zumal dieser Bereich den klimatischen Tiefpunkt, das „Zentrum“ der „Kleinen Eiszeit“ von 1650 bis 1700, einschließt.

Wie es durchaus zu erwarten ist, haben die kühleren bzw. wärmeren Zeiten der „Kleinen Eiszeit“ auch in der Vegetation ihre Spuren hinterlassen und sind daher pollenanalytisch nachweisbar. Vor allem die Fichte – als der wesentliche Waldbaum im Seebachtal – reagierte in den Abkühlungsphasen mit deutlichen Rückgängen der Pollenproduktion, welche jeweils bei den Sedimenten des Bohrkernes in 9 m Tiefe (Zentrum der „Kleinen Eiszeit“) und in 5 m Tiefe (Abkühlungsphase von 1800 bis 1850) ihr Minimum erreichten (vgl. Abb. 7). Diese für die Waldentwicklung ungünstigen Perioden finden pollenanalytisch zusätzlich in der gleichzeitigen Zunahme des Gräserpollens (vgl. Abb. 8) als Ausdruck der Vegetationsauflockerung ihre Bestätigung. Diese zwei wesentlichen Abkühlungsphasen sind außerdem glazialgeologisch in den Hohen Tauern durch neuzeitliche Maximalstände der Pasterze dokumentiert (NICOLUSSI & PATZELT 2000, S. 1). Der markante Fichtenpollengipfel mit der Spitze bei -8 m (vgl. Abb. 7), welcher die beiden ungünstigen Klimaphasen trennt, ist demzufolge auf jene bedeutende Erwärmungsphase von 1730 bis 1739 zurückzuführen, welche für Mitteleuropa belegt ist (SCHÖNWIESE 1995, S. 75). Es liegt in der Natur der unterschiedlichen Parameter, dass sich Pollenkurve und Huminstoffkurve nicht unmittelbar decken, doch deren Aussagen sind zweifellos konform.

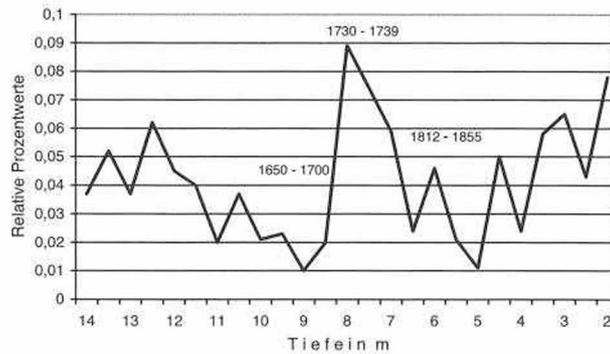


Abb. 7: Fichtenpollenkurve aus der „Kleinen Eiszeit“, Pollendiagramm „Stappitzer See“, 1.273 m SH (Seebachtal, Hohe Tauern)

Der kräftige Fichtenpollengipfel bei -8m /-7m kann auf die Erwärmungsphase in der ersten Hälfte des 19. Jhs. bezogen werden. Die beiden Tiefpunkte des Fichtenpollens bei -9 m und bei -5 m stehen im Zusammenhang mit den Kaltphasen der „Kleinen Eiszeit“ um 1650 bis 1700 und in der ersten Hälfte des 19. Jhs.

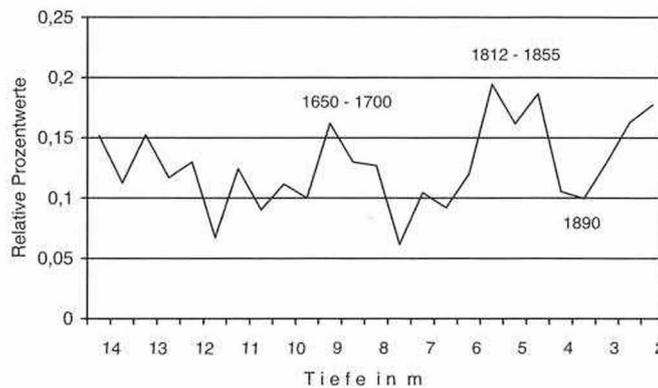


Abb. 8: Gräserpollenkurve aus der „Kleinen Eiszeit“, Pollendiagramm „Stappitzer See“, 1.273 m SH (Seebachtal, Hohe Tauern)

Die zweimalige Zunahme des Gräserpollens deutet auf Vegetationsauflockerungen im Zusammenhang mit den Kaltphase von 1650 bis 1700 („Zentrum“ der „Kleinen Eiszeit“) und der 1. Hälfte des 19. Jhs.

5 Methodisches Ergebnis

Die Huminstoff-Methode ermöglicht bei geeigneter Wahl der Sedimente die Erstellung homogener, kontinuierlicher Langzeitprofile, was vielfach anderen Proxydaten-Quellen verwehrt ist. Sie ermöglicht weiters aufgrund ihrer hohen Sensibilität selbst bei geringer Huminstoff-Überlieferung Einblick in das klimatische Geschehen und ergänzt so pollenanalytische Untersuchungen, wie umgekehrt die Pollenanalyse ihrerseits Befunde der Huminstoff-Untersuchung verifiziert. Wegen der weltweit star-

ken Aktivierung der Gletschertätigkeit etwa ab 5.000 v.H. wird dieser Zeitraum vor allem in der anglo-amerikanischen Literatur als „Neoglazial“ bezeichnet (LANG 1994, S. 339). Es ist genau jener Zeitraum, der sich auch im Postglazial des Seebachtals durch seinen rapiden Rückgang löslicher Huminstoffe deutlich abhebt. Die postglaziale Klimaentwicklung in den Hohen Tauern präsentiert daher mittels der Huminstoff-Methode wohl mehr als nur eine rein lokale Klimainformation.

Ohne auf die Frage eingehen zu wollen, welche Ursache hinter den Temperaturschwankungen der Kleinen Eiszeit steht, sei auf die überraschende Parallelität der Huminstoffkurve mit der Kurve 30-jährig geglätteter Sonnenfleckenrelativzahlen des Zeitraumes 1500 bis 1992 aufmerksam gemacht (SCHÖNWIESE 1995, Abb. 36, S. 124). Die Ähnlichkeit der beiden Kurven ist so groß, dass die Huminstoffkurve allein schon über die Variationen der Sonnenfleckenrelativzahlen datiert werden kann, ein Faktum, welches unmissverständlich auf ursächliche Beziehungen zwischen Sonnentätigkeit, Klima und Huminstoffüberlieferung hinweist. Man wird vielleicht ernsthaft überdenken müssen, ob neben den verschiedentlich angenommenen zyklischen Einflüssen solarer Tätigkeit auf das Klima auch sensiblere „untypische“ Einflüsse zum Tragen kommen.

7 Literaturverzeichnis

- BÖHM R. (1992), Lufttemperaturschwankungen in Österreich seit 1775 (= Österr. Beiträge z. Meteorologie u. Geophysik, 5). Wien, Zentralanstalt f. Meteorologie u. Geodynamik.
- FRITZ A., UCIK F.H. (2001), Klimageschichte der Hohen Tauern. Spätwürmezeitliche und postglaziale Klima- und Vegetationsentwicklung in den südlichen Hohen Tauern (Ostalpen, Kärnten). Ergebnis der Bohrungen am Stappitzer See bei Mallnitz (= Wiss. Mitt. aus d. Nationalpark Hohe Tauern, Sonderbd. 3).
- FRITZ A., UCIK F.H. (2003), Das Gailtal (Kärnten) – Ein ostalpines Gehölzrefugium seit dem Ende des Würm-Hochglazials: Pollendiagramm Görttschach. In: Mitt. d. Österr. Geogr. Ges., 145, S. 295-314.
- FRITZ A., UCIK F.H. (2005), Das würmezeitliche Dobramoor am Rand des Draugletschers (Kärnten – Ostalpen). Klima- und Vegetationsgeschichte seit dem späten Pleniglazial. In: Carinthia II, 195/115, S. 441-490.
- LAMB H.H. (1989), Klima und Kulturgeschichte. Reinbek bei Hamburg, Rowohlt Tb. Verlag.
- LANG S. (1994), Quartäre Vegetationsgeschichte Europas. Jena, Stuttgart, New York, Gustav Fischer Verlag.
- NICOLUSSI K., PATZELT G. (2000), Untersuchungen zur holozänen Gletscherentwicklung von Pasterze und Gepatschferner (Ostalpen). In: Zeitschrift f. Gletscherkunde u. Glazialgeologie, 36, S. 1-87.
- RUDLOFF H. (1980), Die Klimaentwicklung in den letzten Jahrhunderten im mitteleuropäischen Raume (mit einem Rückblick auf die postglaziale Periode). In: OESCHGER H., MESSERLI B., SVILAR M. (Hrsg.), Das Klima. Analysen und Modelle, Geschichte und Zukunft. Berlin, Heidelberg, New York, Springer-Verlag.
- SCHACHTSCHABEL P., BLUME H.-P., BRÜMMER G., HARTGE K.-H., SCHWERTMANN U. (2002), Lehrbuch der Bodenkunde, 15. Aufl. Spektrum Akad. Verlag.
- SCHÖNWIESE CHR. (1995), Klimaänderungen. Springer Verlag.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 2006

Band/Volume: [148](#)

Autor(en)/Author(s): Fritz Adolf

Artikel/Article: [Lösliche Huminstoffe als Klimazeuge \(eine methodische Studie\) 315-324](#)