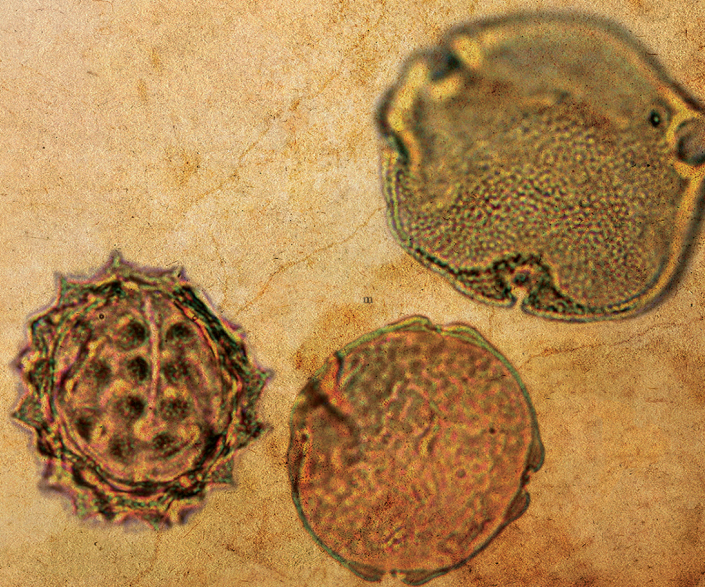


Steffen Scharrer

**Frühpleistozäne
Vegetationsentwicklung
im Südlichen Kaukasus**

Pollenanalytische Untersuchungen
an Seesedimenten im Vorotan-Becken
(Armenien)



**Frühpleistozäne Vegetationsentwicklung im Südlichen Kaukasus –
Pollenanalytische Untersuchungen an Seesedimenten im Vorotan-Becken
(Armenien)**

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
der Naturwissenschaften

vorgelegt beim Fachbereich Geowissenschaften
der Johann Wolfgang Goethe-Universität
in Frankfurt am Main

von
Steffen Scharrer
Hohbergstr. 2
63911 Klingenberg

Frankfurt, 2013

Vom Fachbereich Geowissenschaften der
Johann Wolfgang Goethe-Universität als Dissertation angenommen.

Dekan: Prof. Dr. Andreas Junge
Gutachter: Prof. Dr. Dr. h. c. Volker Mosbrugger
PD Dr. Angela Bruch

Datum der Disputation: 24. Juni 2013

Inhalt

Kurzfassung	1
Abstract	3
1. Einleitung	5
2. Der Südliche Kaukasus	9
2.1 Geologie und Geomorphologie	9
2.2 Klima	11
2.3 Vegetation	15
3. Das Vorotan-Becken	18
3.1 Geologie	19
3.2 Rezente Vegetation	20
3.3 Untersuchte Aufschlüsse	22
3.4 Stratigrafie	33
3.5 Bisherige paläobotanische Untersuchungen	37
4. Methoden	42
4.1 Profilaufnahme und Probennahme	42
4.2 Probenaufbereitung	42
4.3 Mikroskopie	43
4.4 Bestimmung	43
4.5 Auswertung	44
4.6 Statistik	46
5. Taxonomie und Systematik	48
5.1 Grundsätzliche Bemerkungen	48
5.2 Gymnospermae	49
5.3 Angiospermae	54
5.4 Übersicht über die beschriebenen Taxa	80
6. Paläovegetation im Vorotan-Becken	86
6.1 Begriffsklärung	86

6.2	Ökologische Einordnung wichtiger Taxa	87
6.3	Statistische Auswertung	124
6.4	Pollenprofile	130
6.5	Analyse der Holzkohlereste	137
6.6	Zusammenfassende Betrachtung der Paläovegetation	138
7.	Abhängigkeit der Vegetation im Vorotan-Becken vom globalen Klima	152
7.1	Beschreibung der Klimaphasen	152
7.2	Zusammenfassende Betrachtung der Klimaphasen	157
8.	Diskussion	159
8.1	Stratigrafie	159
8.2	Unterschiede innerhalb der untersuchten Profile	159
8.3	Vergleich von Pollenflora und Makroflora	161
8.4	Vegetationsentwicklung im Südlichen Kaukasus	162
8.5	Vergleich mit anderen Ergebnissen aus dem Südlichen Kaukasus	167
8.6	Vergleich mit Vegetationszyklen aus dem Mittelmeerraum	167
8.7	Die Bedeutung des Südlichen Kaukasus als Refugium	171
8.8	Die Bedeutung des Kaukasus bei der Ausbreitung des Menschen im Frühpleistozän	173
9.	Literatur	179
10.	Index	195
	Danksagung	203
	Lebenslauf	204
	Anhang	205

Kurzfassung

Die lakustrinen Sedimente im Vorotan-Becken (Armenien) wurden palynologisch untersucht. Aus den Ergebnissen konnte die Vegetationsgeschichte im Südlichen Kaukasus während des Frühpleistozäns teilweise rekonstruiert werden.

Bei den Sedimenten handelt es sich um diatomeenreiche Tone, Silte und Feinsande, in denen Pollen gut und pflanzliche Makroreste ausgezeichnet erhalten sind. Die Datierung ist durch die Kombination von Paläomagnetik und $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ -Methode eindeutig: Die Sedimente decken den Beginn der „mid Pleistocene transition“ (1110–960 ka) ab.

An zehn Aufschlüssen wurden insgesamt 506 Sedimentproben genommen und die darin enthaltenen Pollen untersucht. So konnten insgesamt 64 Taxa nachgewiesen werden. Sie wurden in Pollenprofilen zusammengefasst und ökologisch bewertet. Die erhobenen Daten wurden zudem einer Faktorenanalyse und einer Clusteranalyse unterzogen, deren Ergebnisse ebenfalls in die Pollenprofile eingingen.

Die Pollenprofile lassen deutlich regionale Vegetationszyklen während des Frühpleistozäns erkennen. Diese Zyklen werden ausführlich beschrieben und mit Ergebnissen anderer Autoren aus dem Mittelmeerraum verglichen. Auch ein Bezug zur rezenten Vegetation im Südlichen Kaukasus und den angrenzenden Gebieten wird hergestellt.

Die Paläovegetation im Südlichen Kaukasus ist demnach während des Frühpleistozäns geprägt von einem Vegetationsmosaik aus Grassteppe und offenen Wäldern. Je nach Klima lassen sich Einflüsse von angrenzenden Vegetationszonen erkennen: borealer Nadelwald der Höhenlagen des Kaukasus, thermophiler Laubwald der euxinischen und hyrkanischen Wälder sowie xerotherme Steppe des Nordiran.

Während der Interglaziale herrscht eine Waldsteppe aus thermophilem Laubwald (z. B. *Quercus*, *Carpinus*, *Ulmus*, *Zelkova*, *Tilia*) vor, in der bei starken Erwärmungsphasen die Grassteppe deutlich dominiert und die Wälder wohl an Nordhänge und in Uferbereiche zurückgedrängt werden. In den Glazialphasen finden sich zunehmend Koniferen in der Vegetation (z. B. *Tsuga*, *Abies*, *Picea*, *Pinus*) – bis hin zu einem nahezu geschlossenen Kiefernwald am Ende des ersten lang andauernden Glazials MIS 30.

Es zeigt sich, dass sich die einzelnen Klimazyklen in der Ausprägung der Vegetation signifikant unterscheiden. Hierbei spielt sowohl die Amplitude der Erwärmung als auch die Dauer der jeweiligen Phase eine Rolle.

Der Vergleich mit anderen Untersuchungen zeigt, dass die Vegetationszyklen im Südlichen Kaukasus teilweise deutlich anders verlaufen als im westlichen, zentralen und östlichen Mittelmeerraum. Entlang einer Ost-West-Achse ist hier ein „Vegetationsgradient“ zu erkennen.

Das hat Auswirkungen auf die Interpretation der Ausbreitung früher Menschen aus Afrika nach Eurasien. Es ist davon auszugehen, dass sich nicht jeder Vegetationszyklus des Frühpleistozäns gleichermaßen gut für ein Vordringen nach Eurasien eignete. Geeignete Bedingungen (offene Landschaft, Vegetationsmosaik, warmes Klima) herrschten im Südlichen

Kaukasus vor allem während stark ausgeprägter Interglaziale. Dagegen brachten lang anhaltende Glazialphasen wohl eher lebensfeindlichere Bedingungen für *Homo erectus*.

Weil in den südlichen Regionen Europas teilweise eine stark abweichende Vegetation während der unterschiedlichen Klimaphasen vorherrschte, ist es naheliegend, dass der Südliche Kaukasus für die frühen Menschen eine Rolle als Refugium spielte.

Deutlich zeichnen sich in den Ergebnissen Veränderungen in der Vegetation beim Übergang von den obliquitätsdominierten 41-ka-Klimazyklen zu den exzentrizitätsbestimmten 100-ka-Zyklen ab („mid Pleistocene transition“). Diese Veränderungen haben sich sicherlich auch auf die Population der Menschen ausgewirkt und größere Wanderbewegungen und/oder Anpassungen hervorgerufen. Möglicherweise haben in dieser drastischen Veränderung sogar kulturelle Entwicklungen ihren Anfang – zum Beispiel die Nutzbarmachung des Feuers.

Abstract

The lacustrine sediments in Vorotan Basin (Armenia) have been examined palynologically. The results were used to reconstruct the vegetation history in the Southern Caucasus during parts of the early Pleistocene.

The sediments consisted of diatomaceous clay, silt and fine sand, where pollen shows good and plant macrofossils show excellent preservation. Combination of palaeomagnetic and $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ -method delivers a reliable dating of the sediments: they are covering the beginning of mid Pleistocene transition (1110–960 ka).

At ten outcrops 506 sediment samples were taken for pollen examination. A total of 64 different pollen taxa have been determined. They were summarized in pollen profiles and underwent an ecological interpretation. In addition all data were analysed statistically in a factor analysis and a cluster analysis. Their results are also included in the pollen profiles.

The pollen profiles clearly show regional vegetation cycles during early Pleistocene. These cycles are described and compared with some results of other authors within the whole Mediterranean. Additionally relations to modern vegetation in the Southern Caucasus and adjacent areas are drawn.

Palaeovegetation in Southern Caucasus shows a mosaic of grass steppe with more or less open forests. According to climate there are influences of neighbouring vegetation zones: boreal conifer forest of the Caucasus heights, thermophile deciduous forest of the euxinian and hyrcanian regions, xerothermous steppe of northern Iran.

During interglacials an open forest with thermophile deciduous taxa (e.g. *Quercus*, *Carpinus*, *Ulmus*, *Zelkova*, *Tilia*) occurs. During pronounced warming grass steppe areas are dominating whereas forests are pushed back to northern slopes and riparian areas. In glacial phases conifers are becoming increasingly important (e.g. *Tsuga*, *Abies*, *Picea*, *Pinus*), finally leading to a closed pine forest at the end of the first long lasting glacial MIS 30.

It becomes clear that the climate cycles differ significantly in the character of the according vegetation. For that amplitude of warming as well as duration of the phase play the most important role.

The comparison with other investigations shows that vegetation cycles in Southern Caucasus are partly completely different to those in western, central and eastern Mediterranean. There is a „vegetation gradient“ along the east-west-axis.

These results have some consequences to the interpretation of early human dispersals out of Africa into Eurasia. It seems obvious that not every vegetation cycle is convenient for the expansion of human population. In Southern Caucasus there were suitable conditions (open landscape, vegetation mosaic, warm climate) at pronounced interglacial phases. On the contrary long lasting glacial phases brought more hostile conditions for *Homo erectus*.

As in southern regions of Europe the vegetation had been partly extremely different during certain climatic phases, it seems obvious that Southern Caucasus played an important part as a refuge for early humans.

Vegetation changes at the transition from obliquity induced 41 ka cycles to eccentricity induced 100 ka cycles (mid Pleistocene transition) are very clearly shown by the results. These changes surely influenced the human population at that time and may have caused migrations and/or adaptations. Possibly they even have caused the beginning of cultural development, such as the utilization of fire.

1. Einleitung

Der Südliche Kaukasus ist eine Schlüsselregion für die Ausbreitung der frühen Menschen aus Afrika heraus nach Eurasien und für eine Reihe von Tier- und Pflanzenarten, die hier während des Pleistozäns ein Refugium gefunden haben. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Vegetation und das Klima sowie deren Wandel im Südlichen Kaukasus im Frühpleistozän (ca. 1,4–0,9 Ma) zu rekonstruieren. Im Vorotan-Becken im Süden Armeniens haben sich während dieses Zeitraumes lakustrine Sedimente gebildet, die reich an Pflanzenfossilien sind: sowohl an fossilem Pollen als auch an Makrofossilien, wie Blättern und Früchten. Diese Sedimente wurden pollenanalytisch untersucht, die Ergebnisse interpretiert und diskutiert.

Kontinuierliche, nicht-marine Ablagerungen über so lange Zeiträume sind in Europa extrem selten (TZEDAKIS et al. 1997, 2006, PROSS et al. 2000, 2007). Lediglich aus Tenaghi Philippon (Griechenland) ist ein längeres terrestrisches Profil bekannt, das bis ins Frühpleistozän zurückreicht.

Bedeutung der Kaukasusregion

Die Kaukasusregion spielt in vielfacher Hinsicht eine besondere Rolle für die Flora und Fauna Eurasiens und ihre Geschichte:

- Sie ist die Nahtstelle zum afrikanischen Kontinent und spielte wahrscheinlich bei der Ausbreitung der Gattung *Homo* über Afrika hinaus eine Schlüsselrolle (ANTÓN & SWISHER 2004, LANGBROEK 2004, BAR-YOSEF & BELFER-COHEN 2001, s. Abb. 1). Die ältesten Menschenfunde außerhalb Afrikas sind 1,58–1,78 Ma alt (FERRING et al. 2011) und stammen aus Dmanisi in Südgeorgien, 254 km nordwestlich des hier untersuchten Gebietes (GABUNIA et al. 2000 a, GABUNIA et al. 2000 b, LORDKIPANIDZE et al. 2007). In der untersuchten Region lebte mit einiger Sicherheit *Homo erectus*, sodass die vorliegende Arbeit Aufschluss über die Beschaffenheit und Requisiten seines Lebensraumes geben kann – insbesondere über die Vegetation.
- Andererseits ist der Kaukasus nach MYERS (2000) heute einer von weltweit 25 Hotspots der Biodiversität. Rezent leben hier etwa 6 400 Pflanzenarten, von denen etwa 1 600 endemisch sind. Das entspricht einer Endemiten-Rate von 25 %. Unter diesen sind auch 17 Arten, deren Gattung im Kaukasus endemisch ist (KREVER et al. 2001, CONSERVATION INTERNATIONAL 2007, LAMOUREUX et al. 2006). CONSERVATION INTERNATIONAL (2007) fügt der Aufstellung von MYERS (2000) noch acht weitere Hotspots hinzu, von denen sich die Irano-anatolische Region südlich unmittelbar an das Untersuchungsgebiet anschließt (siehe Abb. 2).
- Der Kaukasus ist weltweit eine der wenigen Regionen, in denen gemäßigte Wälder seit dem Tertiär ohne Unterbrechung vorkommen und in der heute eine Vielzahl tertiärer Relikte lebt (DOLUKHANOV 1980, KIKVIDZE & OHSAWA 2001). Speziell die euxino-hyrkanischen Wälder entlang der Südküsten des Schwarzen und des Kaspischen Meeres beherbergen eine ganze Reihe arktotertiärer Relikte wie *Quercus castaneifolia*, *Parrotia persica*, *Gleditsia caspica*, *Acer cappadocicum*, *Acer velutinum*,

Crataegus microphylla, *Quercus macranthera*, *Zelkova carpinifolia*, *Pterocarya fraxinifolia* (AKHANI & SALIMIAN 2003, BROWICZ 1989, GABRIELIAN & KOVAR-EDER 2011). Auch die vorliegende Arbeit ist Beleg dafür, dass im Kaukasus zahlreiche Pflanzen bis ins Pleistozän überlebt haben, die im Tertiär ganz Eurasien besiedelt hatten und heute nur noch in Ostasien oder Nordamerika vorkommen.

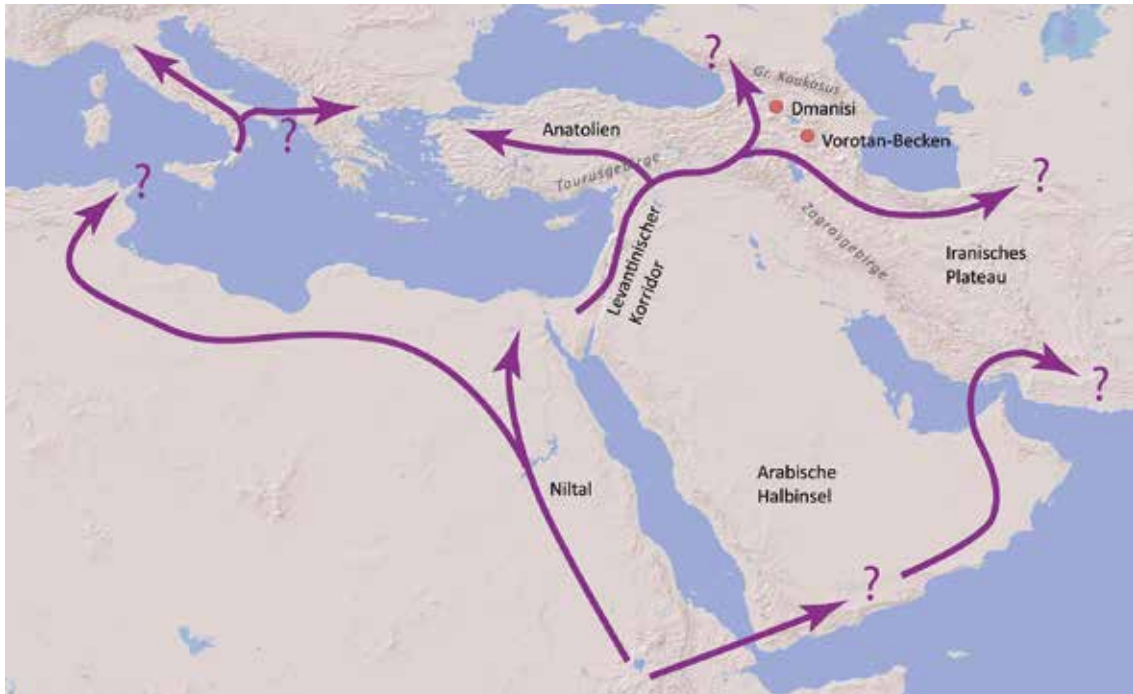


Abb. 1: Mögliche Ausbreitungsrouten der frühen Menschen (verändert nach BAR-YOSEF & BELFER-COHEN 2001). Die Kaukasusregion liegt an der Verzweigung dreier möglicher Routen.

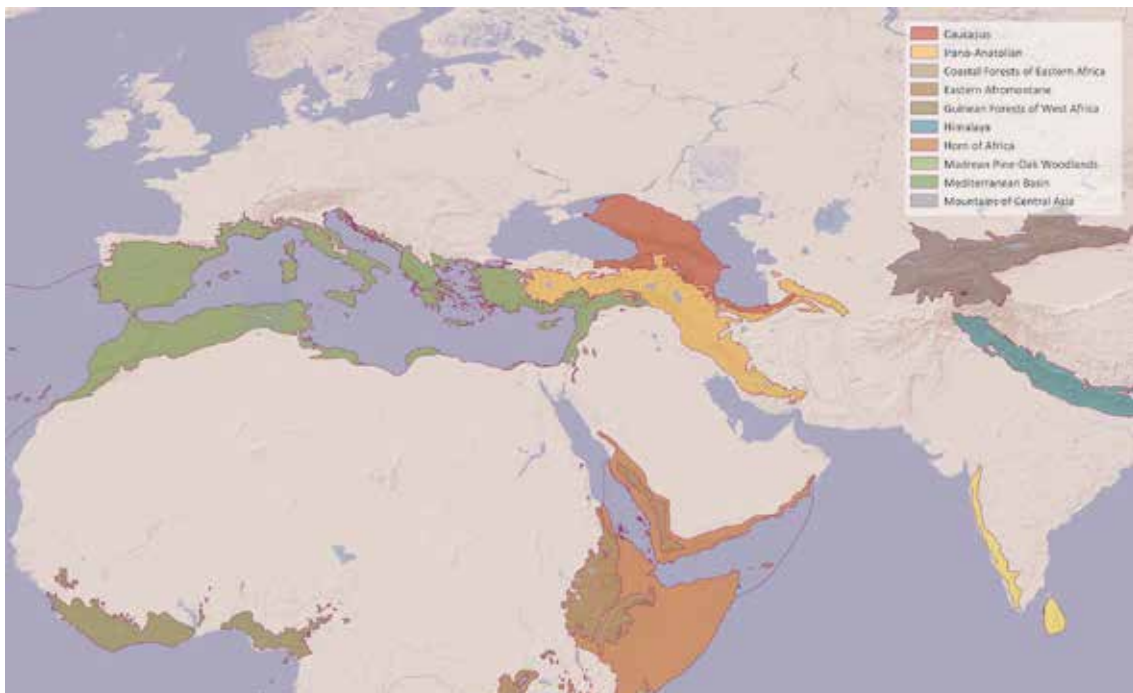


Abb. 2: Hotspots der Biodiversität in West-Eurasien und Nordafrika (verändert nach CONSERVATION INTERNATIONAL 2007)

Paläontologische Daten, wie sie hier erhoben werden, spielen auch im wissenschaftlichen Naturschutz eine immer größere Rolle (DIETL & FLESSA 2011). Sie liefern wichtige Informationen, um die ursprüngliche biotische Umwelt wichtiger Lebensräume zu rekonstruieren und geben Hinweise, welche Arten besonders anfällig für Veränderungen in ihrer Umwelt sind.

Beginn der „mid Pleistocene transition“

Nicht nur räumlich, sondern auch zeitlich spielen die im Arbeitsgebiet aufgeschlossenen Sedimente in der jüngeren Erdgeschichte eine besondere Rolle. Der von ihnen dokumentierte Zeitraum (1,4–0,9 Ma) markiert den Beginn der „mid Pleistocene transition“ (MPT).

Die Veränderung des Weltklimas im Pliozän und Pleistozän geschah und geschieht bis heute in Zyklen, die weitgehend von der orbitalen Konstellation der Erde im Verhältnis zur Sonne bestimmt werden („MILANKOVIĆ-Zyklen“). Hierbei dominierte im Pliozän und im frühen Pleistozän ein 41-ka-Zyklus, der im Wesentlichen durch die Obliquität der Erde, also Veränderungen in der Neigung der Erdachse, bestimmt wurde. In diesem Rhythmus lösten sich Glaziale und Interglaziale ab (siehe Abb. 3).

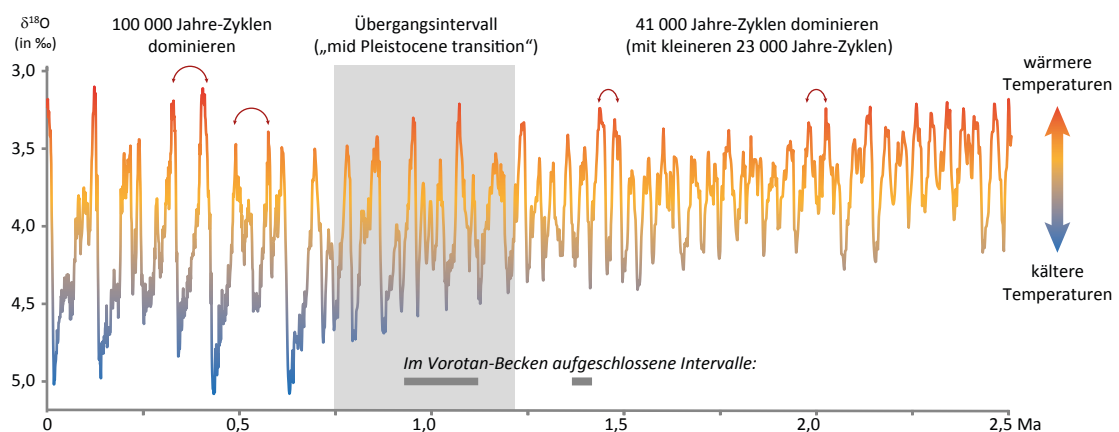


Abb. 3: Der untersuchte Zeitabschnitt markiert den Beginn des Übergangsintervalls vom 41-ka-Klimazyklus zum 100-ka-Zyklus (verändert nach RUDDIMAN 2008).

Vor etwa einer Million Jahren wurde diese Frequenz nach und nach von einem 100-ka-Zyklus überlagert, der bis heute dominant ist. Mit dieser „mid Pleistocene transition“ verstärkte sich die Abkühlungstendenz. HEAD et al. (2008) legen diese Übergangsphase in die Zeit von 1,2 Ma bis 0,5 Ma, ELDERFIELD et al. (2012) nennen die Zeit zwischen 1,25 und 0,7 Ma. Die untersuchten Sedimente dokumentieren also die Startphase der MPT. Ihre Untersuchung kann wertvolle Einblicke liefern, wie die Vegetation auf diese Klimaveränderungen reagiert hat.

In diesem Zeitraum fanden in der europäischen Vegetation große Umwälzungen statt. So verschwanden am Ende des Frühpleistozäns in Westeuropa ganze Gattungen, die zuvor landschaftsprägend waren (POSTIGO-MIJARRA et al. 2010, siehe auch Abb. 4). Beispiele sind

Cupressus, *Zelkova*, *Cathaya*, *Engelhardia*, *Liquidambar*, *Parrotia* und *Sciadopitys*. Viele dieser Gattungen wurden in der vorliegenden Untersuchung im Kaukasus nachgewiesen.

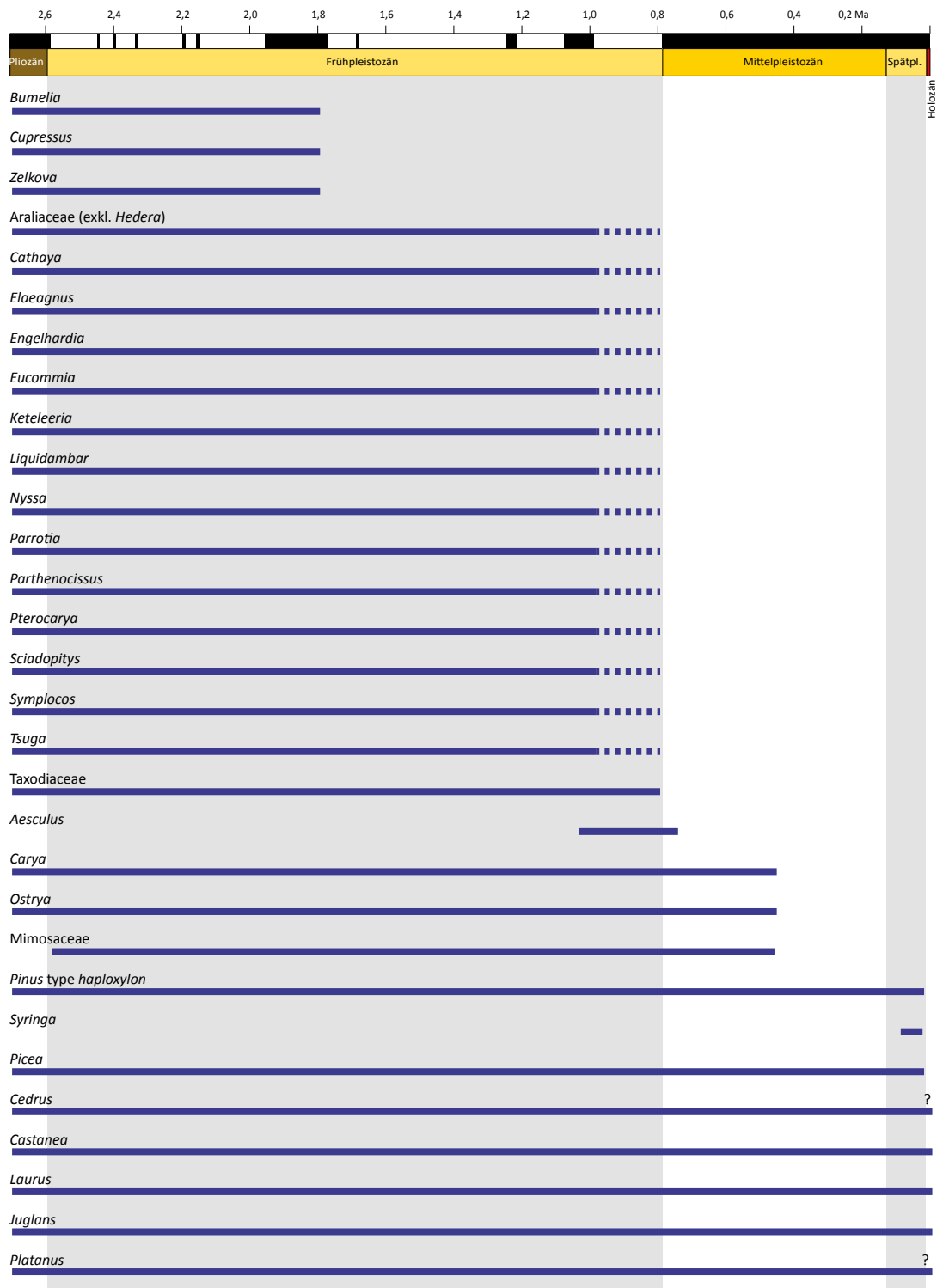


Abb. 4: Am Ende des Frühpleistozäns verschwanden beispielsweise auf der Iberischen Halbinsel viele zuvor landschaftsprägende Arten und Gattungen von Bäumen (verändert nach POSTIGO-MIJARRA et al. 2010).

2. Der Südliche Kaukasus

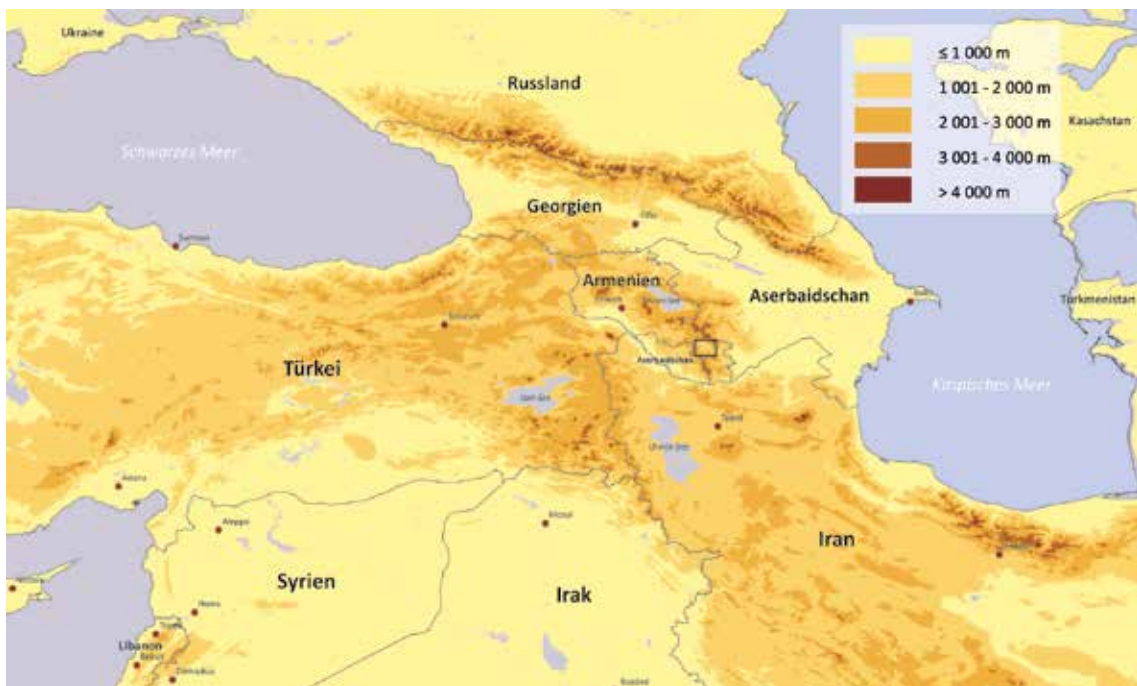


Abb. 5: Lage des Untersuchungsgebietes im Kaukasus

2.1 Geologie und Geomorphologie

Der Kaukasus ist Teil der alpidischen Gebirgskette. Die Arabische Kontinentalplatte schob sich nach Norden gegen die Eurasische Platte, schloss die Tethys und schob so den Kaukasus auf (GAMKRELIDZE 1986, ADAMIA et al. 2010, ROLLAND et al. 2011).

Dieser besteht, vereinfacht dargestellt, aus zwei parallel verlaufenden Gebirgszügen – dem Großen Kaukasus im Norden und dem Südlichen Kaukasus im Süden. Dazwischen liegt die Rion-Kura-Senke, die auch als Transkaukasus bezeichnet wird (vgl. Abb. 6).

Der Transkaukasus besteht vor allem aus oligozäner bis pleistozäner Molasse, die teilweise stark tektonisch verformt ist. Die unteren Molasseschichten sind vorwiegend marinen Ursprungs (ADAMIA et al. 2010).

Wie der große Kaukasus ist auch der Südliche Kaukasus von vulkanogenen Gesteinen geprägt. Dieser Vulkanismus begann im Spät-Miozän, lebte – nach einer inaktiveren Phase – im späten Pliozän wieder auf und dauerte bis ins Holozän an. MITCHELL & WESTAWAY (1999) datieren den Beginn des quartären Vulkanismus im Südlichen Kaukasus auf etwa 1,5 Ma.

Der Südliche Kaukasus setzt sich nach Westen im Pontischen Gebirge (Türkei) und nach Osten im Elbursgebirge (Iran) fort. Südlich davon geht, als weiterer Gebirgsgürtel, der Taurus im Westen (Türkei) in das Zagrosgebirge im Osten (Iran) über.

Bis heute finden im Kaukasus nennenswerte vertikale Bewegungen der Erdkruste statt (siehe Abb. 7). Die stärksten Hebungen erfolgen im westlichen Großen Kaukasus, aber auch

im Südlichen Kaukasus hebt sich die Kruste bis heute um 8–10 mm pro Jahr (PHILIP et al. 1989, MOSAR et al. 2010).

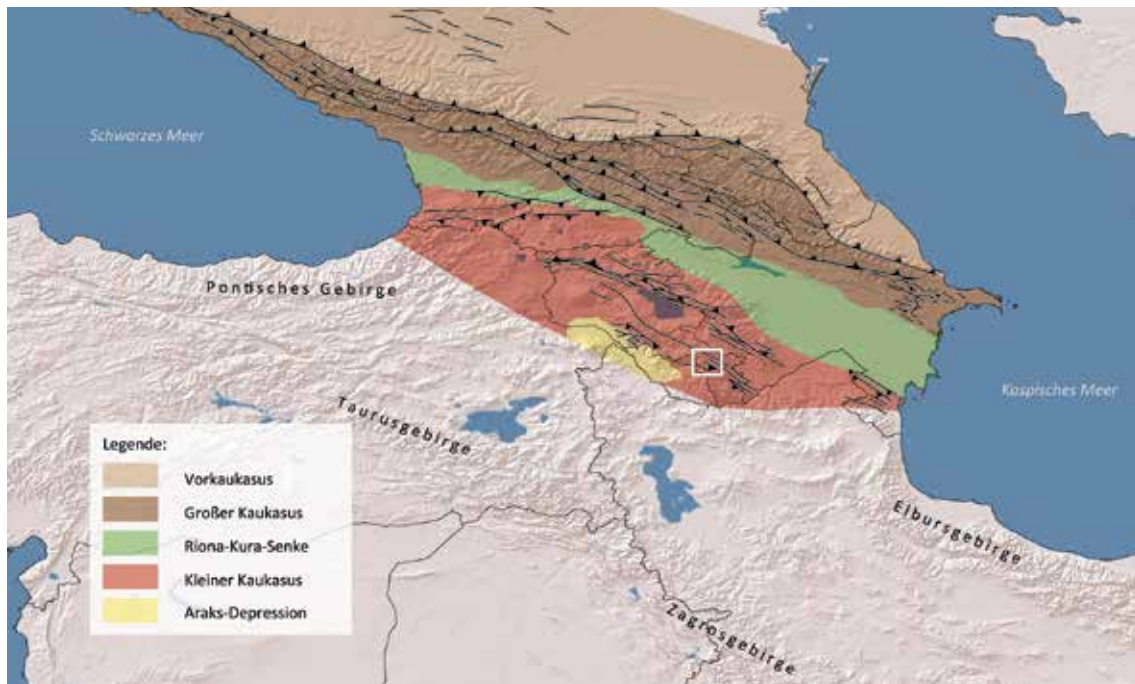


Abb. 6: Großräumige Tektonik und naturräumliche Gliederung des Kaukasus. PFAFFENGOLZ (1963) unterscheidet im Kaukasus sechs großtektonische Einheiten. GAMKRELIDZE (1986) folgt im Wesentlichen dieser Aufteilung. Das weiße Rechteck kennzeichnet das Vorotan-Becken.

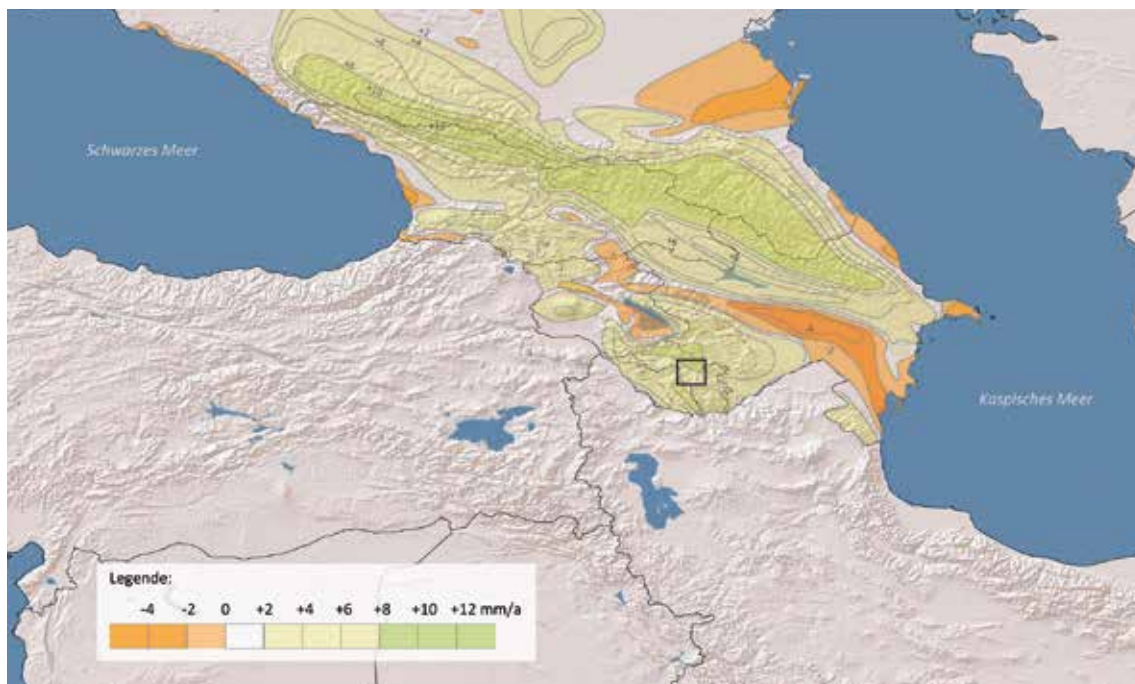


Abb. 7: Aktuelle vertikale Bewegung im Kaukasus nach PHILIP et al. (1989)

Das Schwarze Meer im Westen und das Kaspische Meer im Osten des Kaukasus sind Reste der Paratethys, die sich als Innerkontinentales Becken seit dem frühen Oligozän zwischen

Eurasien und dem alpidischen Orogen bildete und von der Tethys isoliert wurde. Schwarzes Meer und Kaspisches Meer waren nördlich des Großen Kaukasus miteinander verbunden (vgl. Abb. 8). Diese Verbindung existierte bis Ende des Pliozäns (OLTEANU & JIPA 2006, JIPA & OLARIU 2009, POPOV et al. 2006) und hatte wohl auch noch Bestand, als die Gattung *Homo* erstmals in Eurasien auftauchte (GABUNIA et al. 2000).

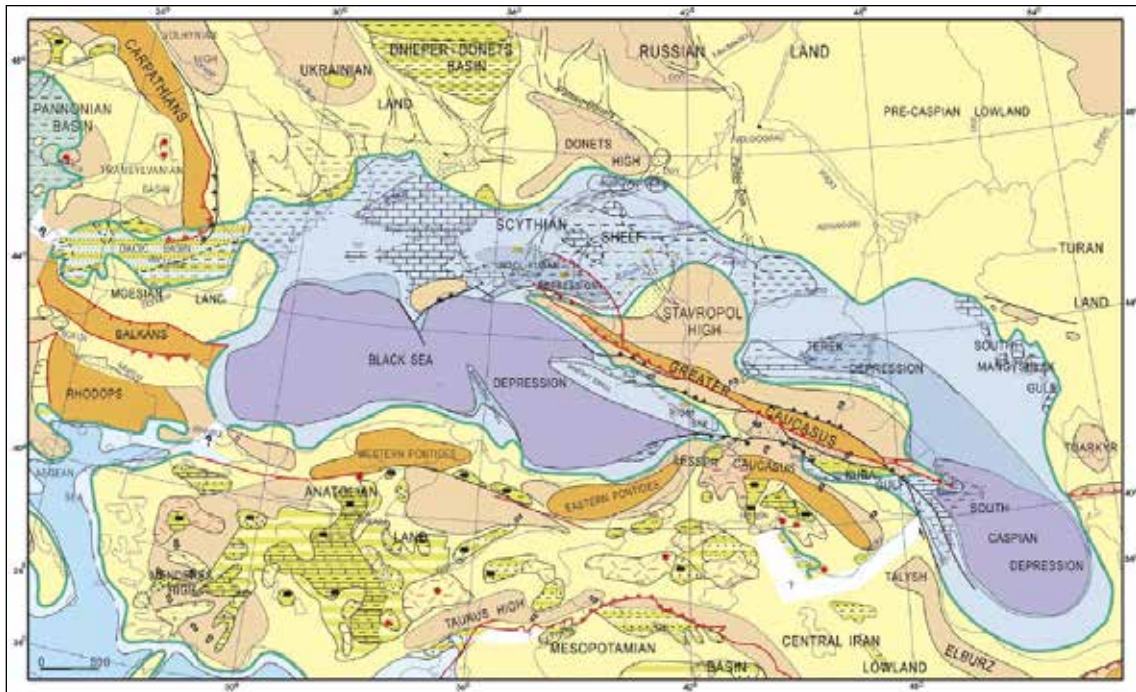


Abb. 8: Paläogeografie des Kaukasus bis zum Oberen Pliozän (aus Popov et al. 2006)

2.2 Klima

Der Süden Armeniens liegt heute an der Schnittstelle mehrerer Klimazonen. KOTTEK et al. (2006) weisen ein gemäßigtes, immerfeuchtes Klima mit warmen Sommern aus. Dieser Definition entsprechen auch die Werte für Niederschlag und Temperatur der Wetterstation in Sisian (Tab. 1). Es grenzen jedoch weitere, sehr unterschiedliche Klimazonen unmittelbar an: warm-gemäßigtes, immerfeuchtes Klima im Osten und Steppe im Süden (siehe Abb. 9).

Tab. 1: Durchschnittswerte der Wetterstation Sisian für Temperatur und Niederschlag zwischen 1996 und 2010 (www.weatherreports.com)

	Jahresmittelwert	Januar-Mittelwert	Juli-Mittelwert
Temperatur:	11,7 °C	- 2,2 °C	25,6 °C
Niederschlag:	236,2 mm	15,2 mm	7,6 mm

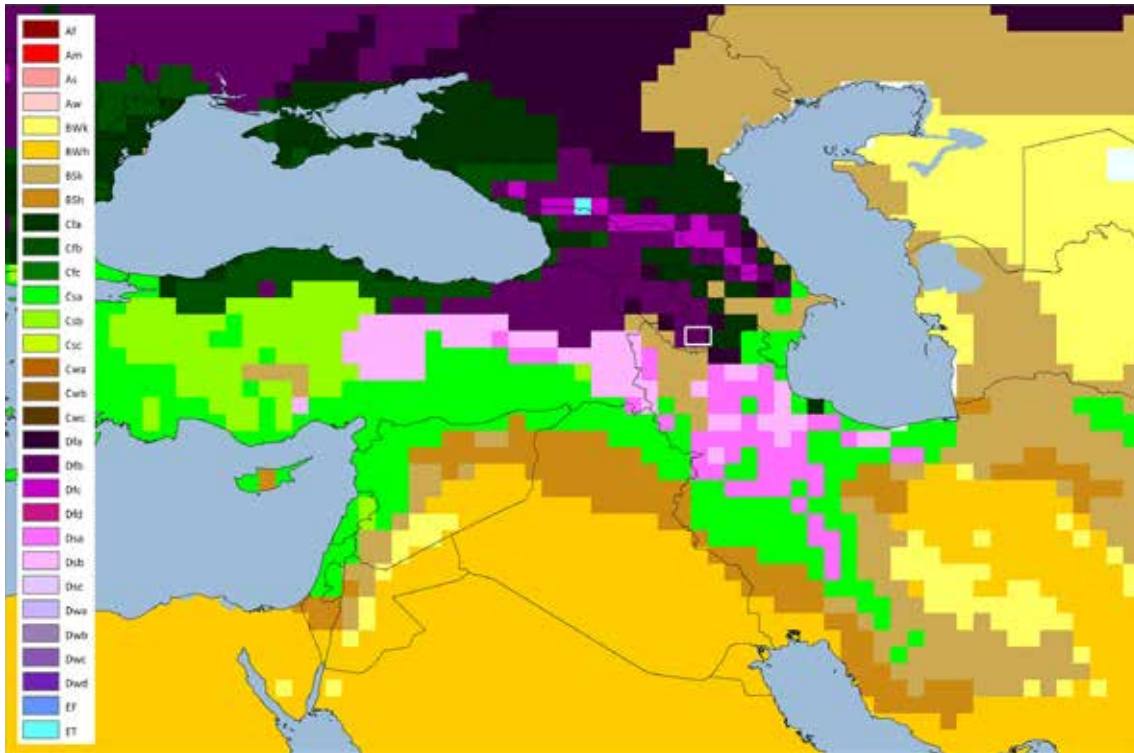


Abb. 9: Klimazonen im Kaukasus nach der Definition von KÖPPEN (nach KOTTEK et al. 2006):

A – Äquatoriales Klima	– $T_{\min} \geq +18^{\circ}\text{C}$
Af – Äquatorialer Regenwald, immerfeucht	– $P_{\min} \geq 60 \text{ mm}$
Am – Äquatoriales Monsunklima	– $P_{\text{ann}} \geq 25(100 - P_{\min})$
As – Äquatoriale Savanne mit trockenen Sommern	– $P_{\min} < 60 \text{ mm}$ im Sommer
Aw – Äquatoriale Savanne mit trockenen Wintern	– $P_{\min} < 60 \text{ mm}$ im Winter
B – Aride Klimate	– $P_{\min} < 10 P_{\text{th}}$
BS – Steppenklimate	– $P_{\text{ann}} > 5 P_{\text{th}}$
BW – Wüstenklimate	– $P_{\text{ann}} \leq 5 P_{\text{th}}$
C – Warm-gemäßigte Klimate	– $-3^{\circ}\text{C} < T_{\min} < +18^{\circ}\text{C}$
Cs – Warm-gemäßigt mit trockenen Sommern	– $P_{\text{smin}} < P_{\text{wmin}}, P_{\text{wmax}} > 3 P_{\text{smin}}$ und $P_{\text{smin}} < 40 \text{ mm}$
Cw – Warm-gemäßigt mit trockenen Wintern	– $P_{\text{wmin}} < P_{\text{smin}}$ und $P_{\text{smax}} > 10 P_{\text{wmin}}$
Cf – Warm-gemäßigt, immerfeucht	– weder Cs noch Cw
D – Gemäßigte Klimate	– $T_{\min} \leq -3^{\circ}\text{C}$
Ds – Gemäßigt mit trockenen Sommern	– $P_{\text{smin}} < P_{\text{wmin}}, P_{\text{wmax}} > 3 P_{\text{smin}}$ und $P_{\text{smin}} < 40 \text{ mm}$
Dw – Gemäßigt mit trockenen Wintern	– $P_{\text{wmin}} < P_{\text{smin}}$ und $P_{\text{smax}} > 10 P_{\text{wmin}}$
Df – Gemäßigt, immerfeucht	– weder Ds noch Dw
E – Polarklimate	– $T_{\max} < +10^{\circ}\text{C}$
ET – Tundraklimate	– $0^{\circ}\text{C} \leq T_{\max} < +10^{\circ}\text{C}$
EF – Permafrostklimate	– $T_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$

Bedeutung des dritten Buchstabens für aride (h, k) sowie für die gemäßigten Klimazonen (a–d):

h – Hitzesteppes / -wüste	– $T_{\text{ann}} \geq +18^{\circ}\text{C}$
k – Kältesteppes / -wüste	– $T_{\text{ann}} < +18^{\circ}\text{C}$
a – Heiße Sommer	– $T_{\text{max}} \geq +22^{\circ}\text{C}$
b – Warme Sommer	– nicht (a) und mindestens $4 T_{\text{mon}} \geq +10^{\circ}\text{C}$
c – Kühle Sommer und kalte Winter	– nicht (b) und $T_{\min} > -38^{\circ}\text{C}$
d – extrem kontinental	– wie (c), aber $T_{\min} \leq -38^{\circ}\text{C}$

Insgesamt sind die im Kaukasusgebiet vertretenen Klimazonen sehr divers. Steppenklimate, warm-gemäßigte und gemäßigte Bereiche wechseln sich mosaikartig ab. Das unterstreicht auch die Verteilung der Niederschläge: Im Sommer fällt in den Hochlagen des Kaukasus

am meisten Niederschlag, ganzjährig nur entlang schmaler Küstenstreifen südlich des Schwarzen und des Kaspischen Meeres. Im Süden Armeniens ist es dagegen ganzjährig relativ trocken (Abb. 10 und Abb. 11).

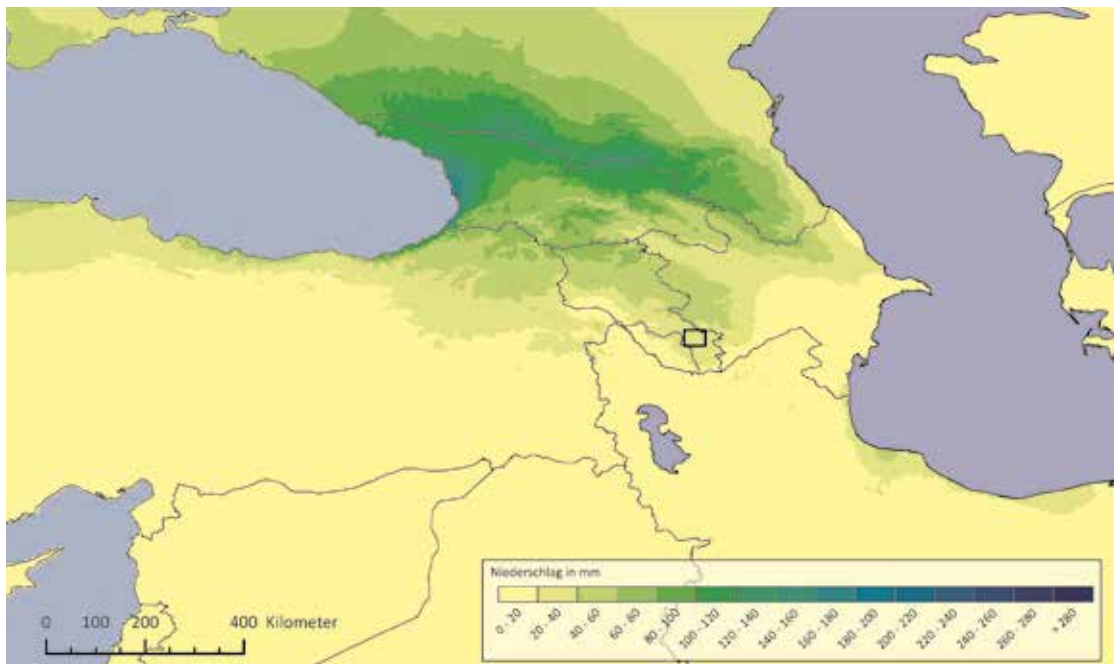


Abb. 10: Mittlerer Niederschlag im Monat Juli. Das schwarze Rechteck kennzeichnet die Lage des Untersuchungsgebietes.

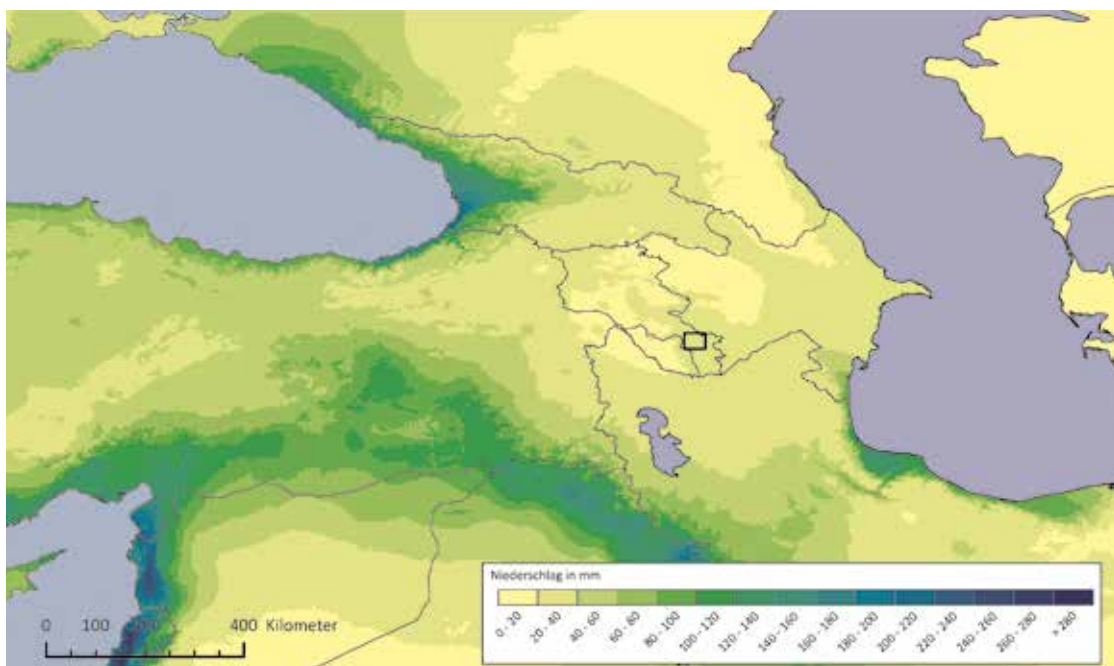


Abb. 11: Mittlerer Niederschlag im Monat Januar. Das schwarze Rechteck kennzeichnet die Lage des Untersuchungsgebietes.

Auch die mittleren Temperaturwerte zeigen ein sehr kleinräumiges Muster. Verglichen mit den umliegenden Gebieten ist es im Juli im Südlichen Kaukasus mit etwa 25°C relativ warm, während es im Januar mit Mitteltemperaturen um 2°C recht kalt ist.

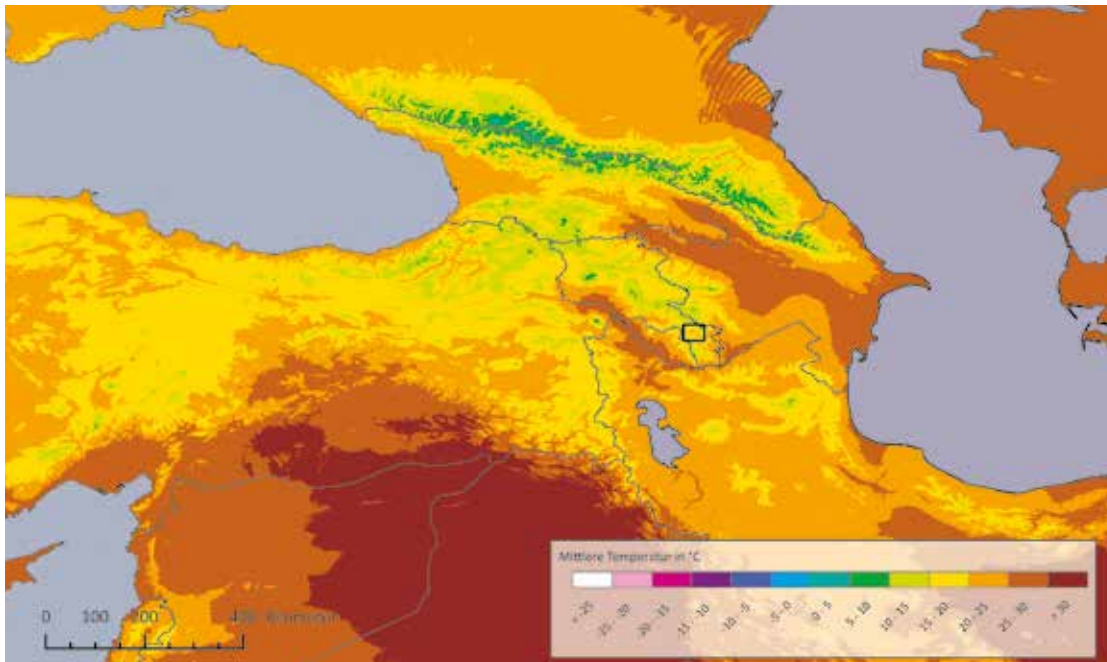


Abb. 12: Mittlere Temperatur im Monat Juli. Das schwarze Rechteck kennzeichnet die Lage des Untersuchungsgebietes.

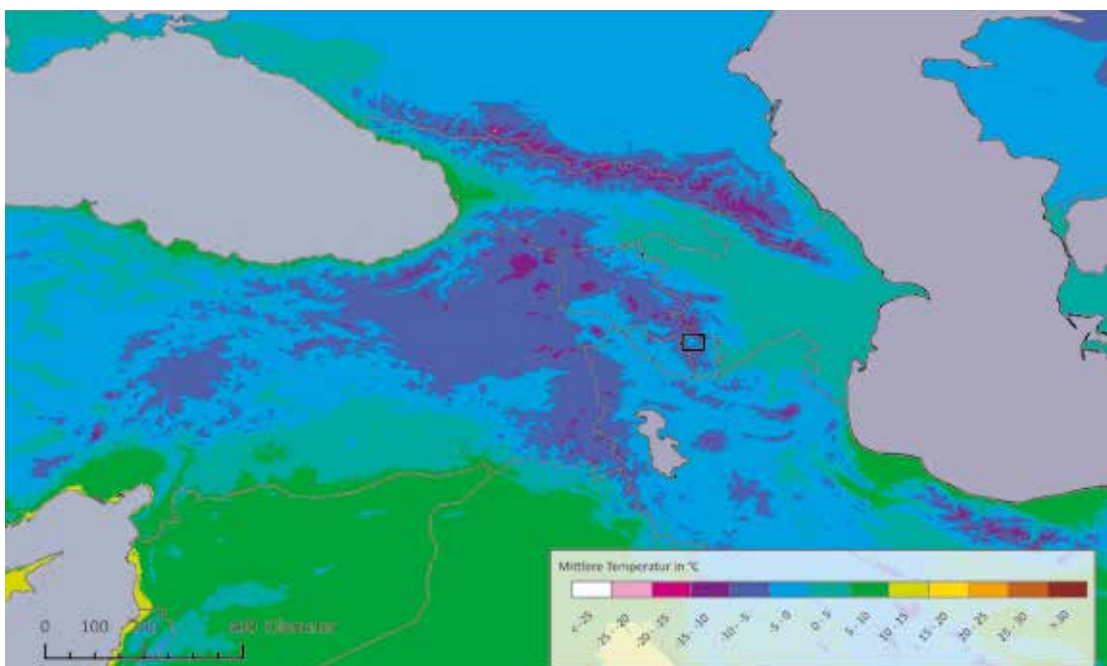


Abb. 13: Mittlere Temperatur im Monat Januar. Das schwarze Rechteck kennzeichnet die Lage des Untersuchungsgebietes.

2.3 Vegetation

Pflanzensoziologisch zählt der Südliche Kaukasus zur Eurosibirischen Region, die sich von Westeuropa über den gesamten Norden Eurasiens erstreckt. Innerhalb dieser Region liegt der Kaukasus in der Pontischen Provinz. Unmittelbar südlich grenzt die Irano-turanische Region an, die vor allem die kontinentalen Steppen Zentralasiens umfasst. Innerhalb dieser werden die Steppen Ostanatoliens und des Irans als Irano-anatolische Provinz aufgefasst (ZOHARY 1973).

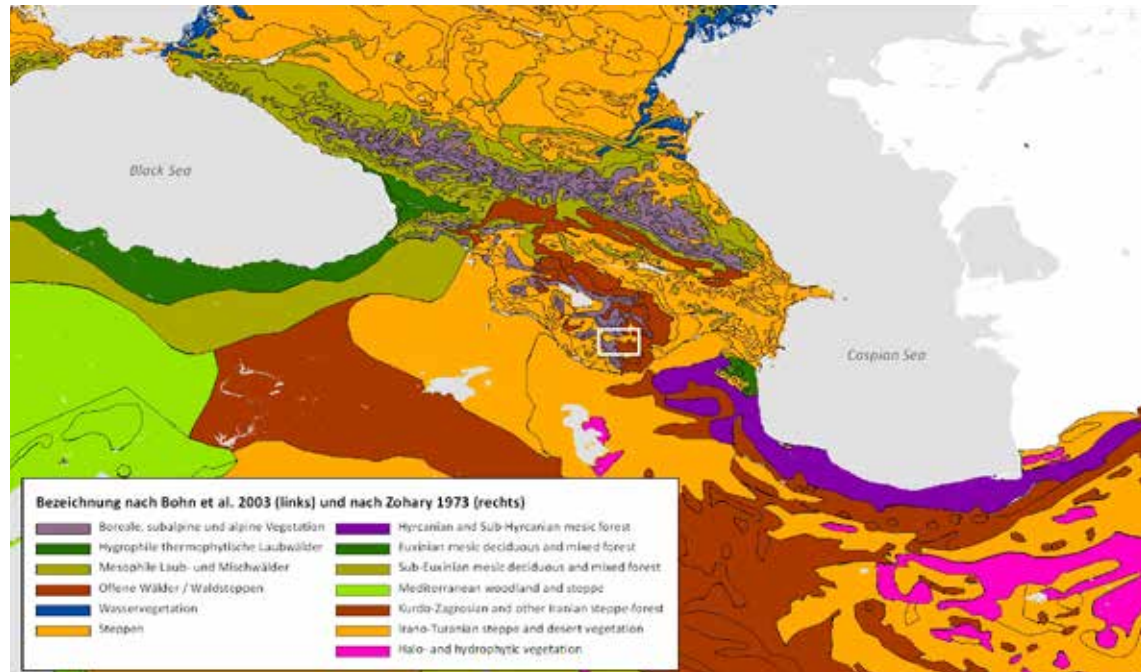


Abb. 14: Die rezente natürliche Vegetation im Kaukasusgebiet. Für die Länder des Nahen Ostens werden die Vegetationseinheiten nach ZOHARY (1973) angegeben, für Georgien, Armenien und Aserbaidschan die Gliederung nach BOHN et al. (2003). Die Farben sind bei vergleichbaren Vegetationseinheiten entsprechend angeglichen. Das weiße Rechteck kennzeichnet die Lage des Vоротan-Beckens.

An den Kaukasus grenzen im Westen und Osten zwei sehr charakteristische Waldgebiete mit warm-gemäßigtem, mehr oder weniger ganzjährig feuchtem Klima: die euxinischen Wälder am Südrand des Schwarzen Meeres, die von der Türkei bis nach Georgien reichen, und die hyrcanischen Wälder südlich des Kaspischen Meeres an den Hängen des Elbursgebirges im Iran mit kleinen Ausläufern nach Aserbaidschan.

Hier herrschen mesophile Wälder vor, deren Vegetation sich durch einen hohen Anteil an arktotertiären Relikten auszeichnet. Beispiele sind die Baumgattungen *Parrotia*, *Zelkova* und *Pterocarya*. Diese Wälder spielen für die Interpretation der Paläoflora im Südlichen Kaukasus eine große Rolle.

Dazwischen erstrecken sich im Iran und in der Türkei bis ins armenische Hochland verschiedene Formen von Steppenwäldern – offene Wälder mit Trockenheit tolerierenden Baumarten (z. B. *Amygdalus*, *Pistacia*, *Quercus*) und mehr oder weniger hohem Anteil an xerophilen Kräutern und Gräsern (ZOHARY 1973, BOHN et al. 2003).

Wegen des schroffen Reliefs und der großen Höhenunterschiede muss die Betrachtung der Vegetation im Kaukasus auch deren vertikale Zonierung berücksichtigen. GULISASHVILI et al. (1975) beschreiben für 14 Regionen solche Höhenzonierungen, von denen drei in Abb. 16 dargestellt sind. Sie ergeben ein Nordwest-Südost-gerichtetes Transsekt durch den Südlichen Kaukasus und stellen die Verbindung zwischen der Kolchis (die sich im Nordosten an die euxinischen Wälder anschließt) und den hyrkanischen Wäldern dar.

Während in den Gebieten am Schwarzen und am Kaspischen Meer ein gemäßigter Mischwald bereits auf Meereshöhe beginnt, dominiert im Südlichen Kaukasus bis zu einer Höhe von 1 000–1 500 m eine steppenartige Vegetation. Im Übergangsbereich zwischen Steppe und Wald wachsen hier ursprünglich lichte Trockenwälder, die auch als Waldsteppe bezeichnet werden. Diese offenen Wälder sind jedoch während der vergangenen Jahrhunderte großflächig abgeholzt worden. Wo die Landschaft nicht mehr landwirtschaftlich genutzt wird, hat sich hier eine sekundäre Grassteppe entwickelt (GULISASHVILI et al. 1975). Stellenweise finden sich noch kleinere Waldflächen, beispielsweise mit *Quercus macranthera* als Relikte der einstigen Wälder – so auch im Vorotan-Becken. Eine detailliertere Übersicht über die Vegetationszonen Armeniens gibt Abb. 15.

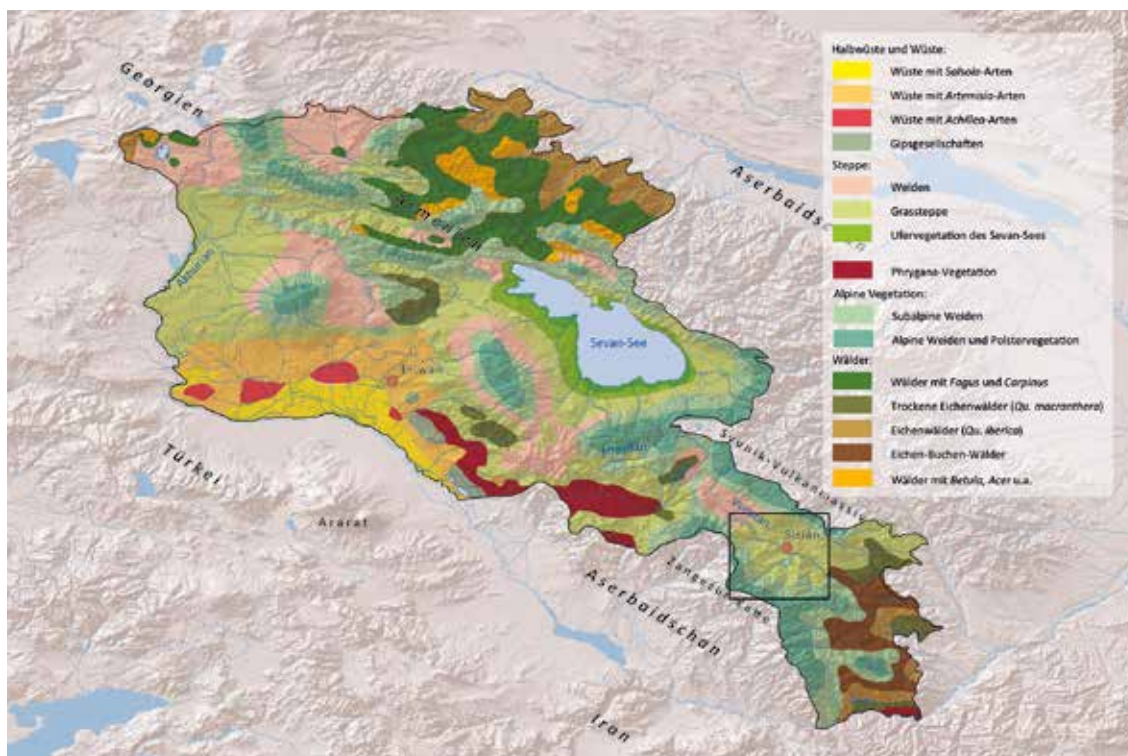


Abb. 15: Rezente Vegetationszonen in Armenien (Quelle: <http://www.nature-ic.am>)

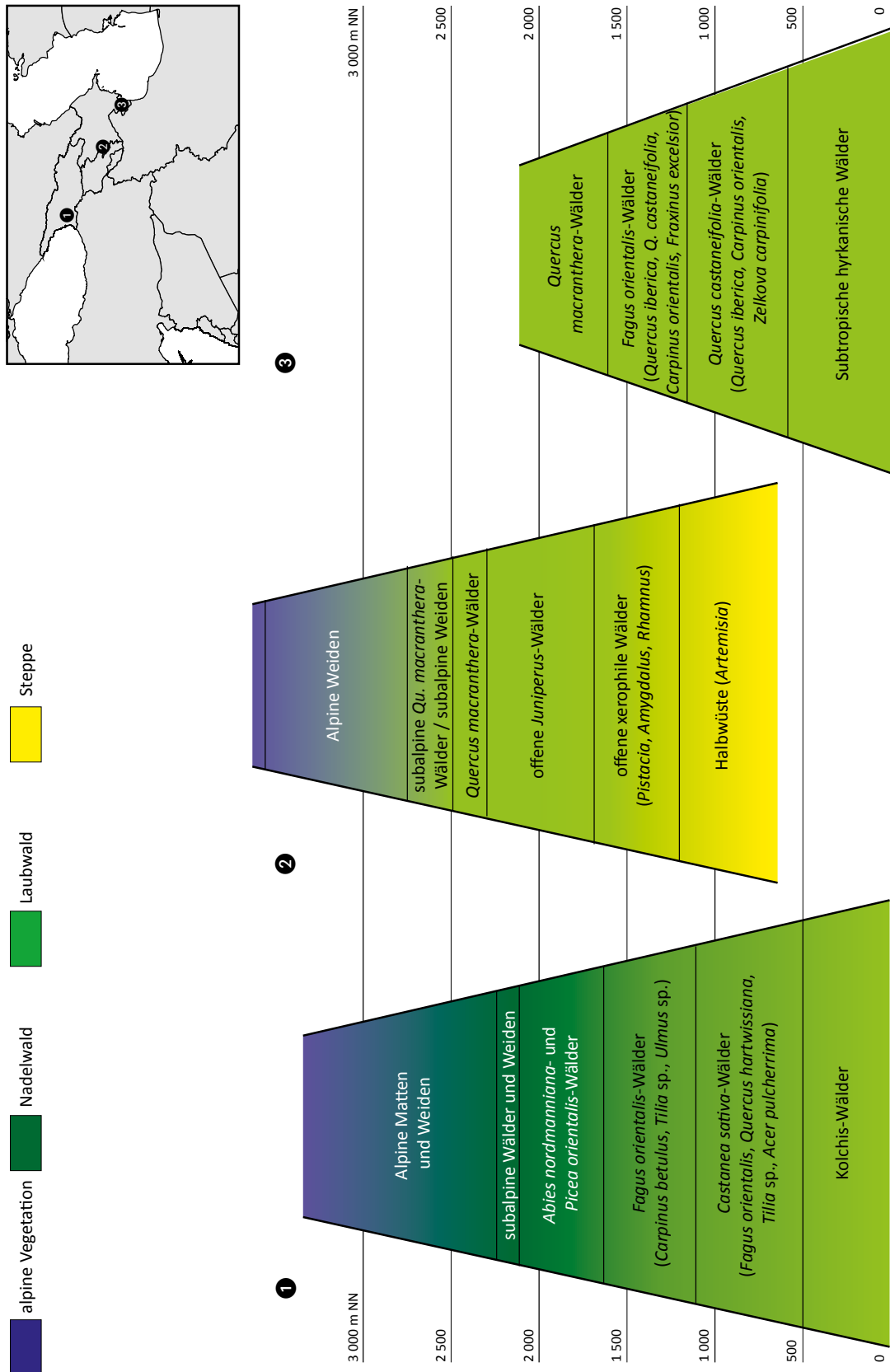


Abb. 16: Höhenverbreitung der Klimaxvegetation in einem Transsekt von den Kolchis-Wäldern an der Ostküste des Schwarzen Meeres über den Südlichen Kaukasus bis zu den hyrcanischen Wäldern an der Westküste des Kaspischen Meeres (verändert nach GULISASHVILI et al. 1975)

3. Das Vоротan-Becken

Die untersuchten Aufschlüsse liegen in der Umgebung der Stadt Sisian (39,520847° N, 46,032185° E, 1 585 m NN) in der Provinz Syunik im Süden Armeniens. Hier sind an verschiedenen Stellen frühpleistozäne lakustrine Sedimente aufgeschlüsselt. Es wurden lithologische Profile erstellt, Proben für paläomagnetische und radiometrische Datierung sowie zur palynologischen Untersuchung genommen. Diese sind Gegenstand der vorliegenden Arbeit.

Als Vоротan-Becken wird hier das durch die Sedimente eines Paläosees geprägte Becken um die Stadt Sisian innerhalb des Tals des Flusses Vоротan bezeichnet. Es ist heute geografisch in zwei Teile gegliedert, die durch ein von Lavaströmen verengtes Tal voneinander getrennt sind: einen nordwestlichen Teil um die Orte Sisian, Brnakot und Uyts sowie einen südöstlichen mit Shamb, Darbas und Ltsen. Ob diese Unterteilung auch zur Zeit der Entstehung der Seesedimente bestand oder es sich um ein zusammenhängendes Gewässer handelte, ist unklar.

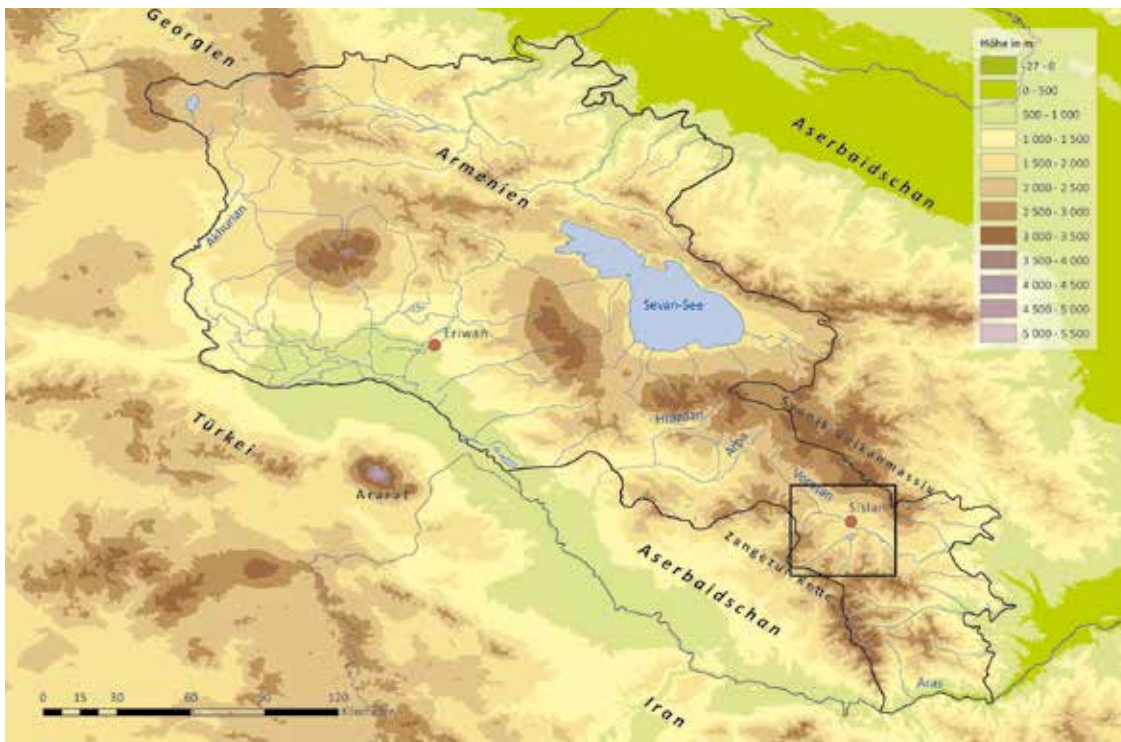


Abb. 17: Lage des Vоротan-Beckens (schwarzes Rechteck) in Armenien

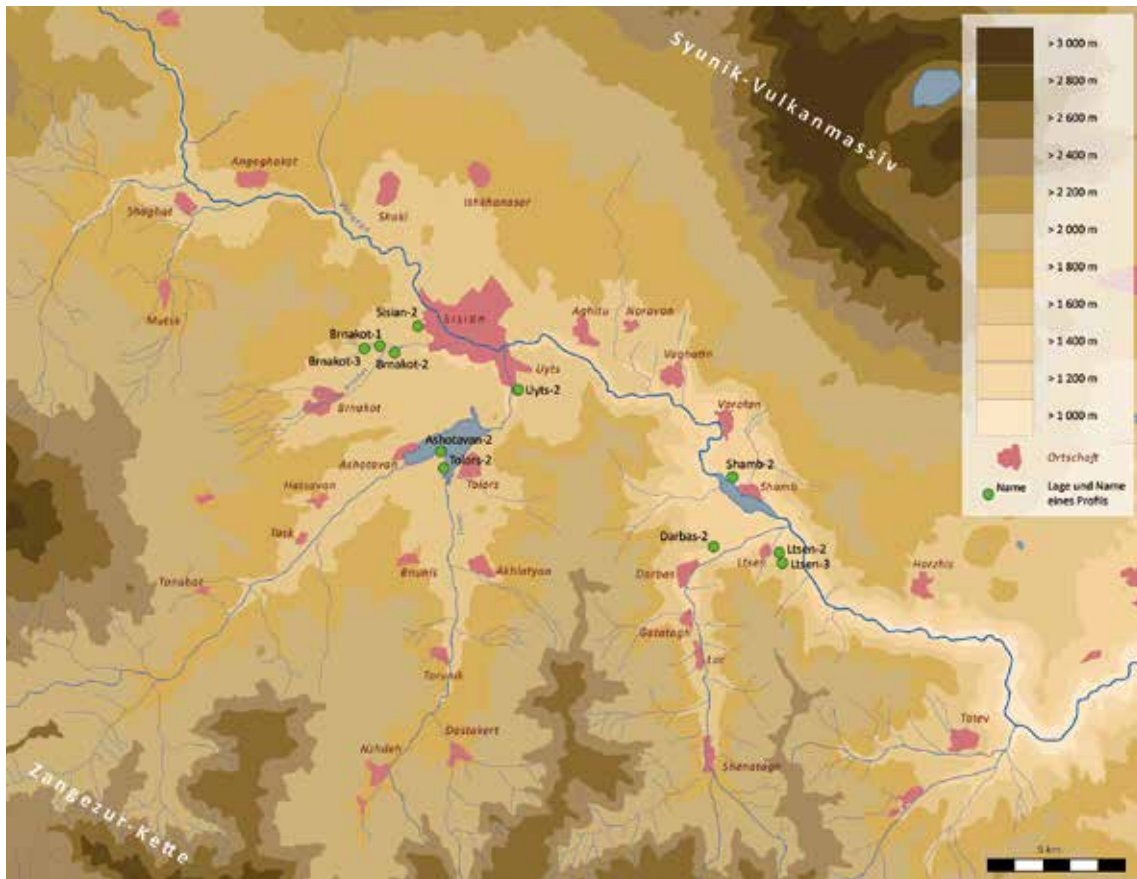


Abb. 18: Die Lage der untersuchten Aufschlüsse im Vorotan-Becken

3.1 Geologie

Das Vorotan-Becken liegt vollständig in der von PFAFFENGOLZ (1963) so bezeichneten „Armenischen Zone“ des Südlichen Kaukasus. Es ist durch quartäre Vulkane und dadurch entstandene ausgedehnte Lavafelder geprägt. Nordöstlich befindet sich das Syunik-Vulkanmassiv. Südwestlich erstreckt sich die Zangezur-Kette, die im Zuge der alpidischen Gebirgsbildung emporgehoben wurde. Die Zangezur-Kette besteht aus jurassischen und kreidezeitlichen Ablagerungen sowie paläogenen Magmatiten.

Das Vorotan-Tal wurde während des Quartärs – wie viele andere Täler – durch Lavaströme abgeriegelt, sodass sich dort fluviatile und lakustrine Ablagerungen mit eingelagerten tuffigen Sedimenten bildeten (PFAFFENGOLZ 1963). So sorgten die Lavaflüsse aus dem vulkanisch sehr aktiven Syunik-Massiv dafür, dass auch das Vorotan-Tal in eine Reihe lakustriner Becken aufgeteilt wurde.

Im Vorotan-Becken bildeten sich in der Folge diatomeenreiche lakustrine Ablagerungen, die tonigen bis feinsandigen Charakter haben. Diese Diatomite sind bis etwa 450 Meter mächtig (SAYADYAN 2006 b) und werden immer wieder von vulkanischen Tuffen und Aschelagen unterbrochen. Im Randbereich des Beckens, an kleineren Zuflüssen, finden sich auch fluviatile Schüttungen. Diese sind beispielsweise in den unteren Bereichen von Darbas-2 und Ltsen-3 aufgeschlossen.

Das Vorotan-Tal ist von einigen kleintektonischen Störungen durchzogen, die in nord-west – südöstliche Richtung streichen (PFAFFENGOLZ 1963, OLLIVIER et al. 2010). Diese sind zum Teil postsedimentär, sodass sie die Stratigrafie im Vorotan-Becken beeinflussen.

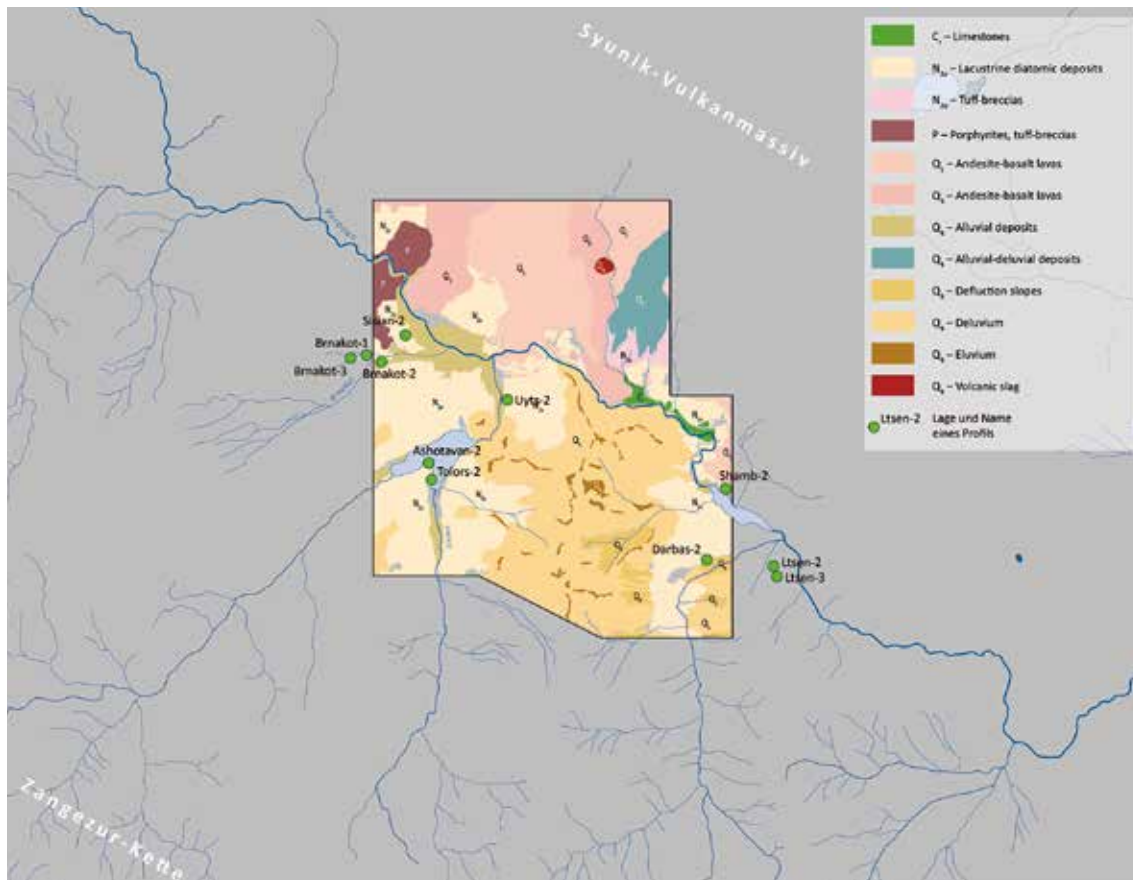


Abb. 19: Geologie des Vorotan-Beckens (verändert nach OLLIVIER et al. 2010)

MITCHELL & WESTAWAY (1999) nehmen für den Südlichen Kaukasus im Quartär eine Hebung von durchschnittlich ca. 0,3 mm/a an. Bei einem Alter der untersuchten Sedimente von 1,3 Ma bis 900 ka lag das Vorotan-Becken also zur Zeit der Ablagerung etwa 390–270 Meter niedriger als heute. Nach OLLIVIER et al. (2010) hat die Anhebung bereits im Miozän die Flüsse Vorotan und Arpa voneinander getrennt, die heute beide in den Aras fließen.

3.2 Rezente Vegetation

Im Vorotan-Tal herrscht eine steppenartige Vegetation vor (siehe Abb. 20). In den tiefer gelegenen Gebieten dominieren *Festuca*- und *Stipa*-Steppen mit *Festuca ovina*, *F. chalcophaea*, *Stipa capillata*, *Dactylis glomerata*, *Koeleria cristata*, *Alopecurus aequalis*, *Bromus squarrosus* und anderen. In den höher gelegenen Bereichen dominieren dagegen *Astragalus aureus* und *A. microcephalus* und in den subalpinen und alpinen Bereichen herrscht *Poa alpina* vor (MAGHAKYAN 1948).

An den Nordhängen des Vorotan-Tales und seiner Seitentäler sind Relikte von Wäldern erhalten – im engeren Untersuchungsgebiet vor allem um die Ortschaften Darbas und

Ltsen. Die vorherrschenden Baum- und Straucharten sind *Quercus macranthera*, *Carpinus betulus*, *Acer campestre*, *Acer ibericum*, *Pyrus caucasica*, *Ulmus minor*, *Salix caprea*, *Juniperus polycarpus*, *Juniperus oblonga*, *Crataegus caucasica*, *Cotoneaster integerrimus*, *Viburnum lantana* und *Lonicera caucasica* (MAGHAKYAN 1948).

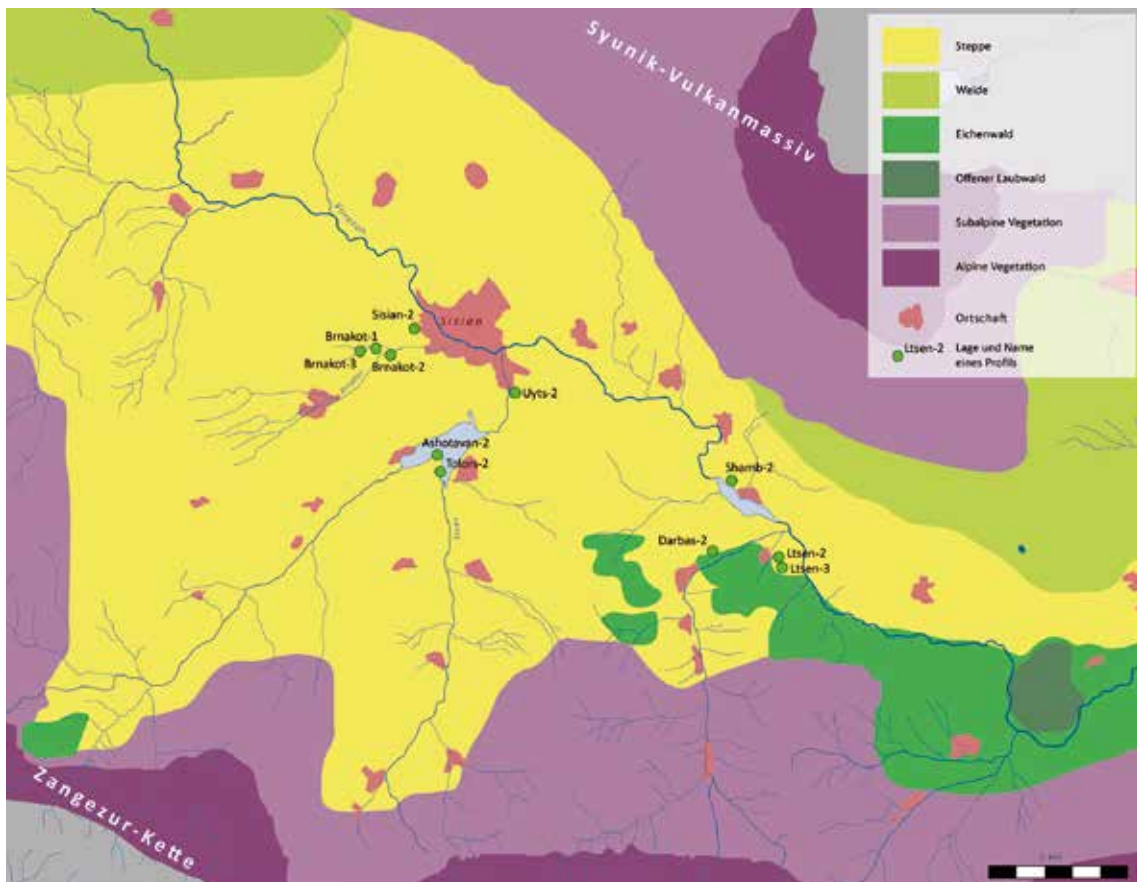


Abb. 20: Vegetationszonen im Vorotan-Becken (nach GABRIELIAN unveröff.)

3.3 Untersuchte Aufschlüsse

Der vorliegenden Arbeit gingen bereits Untersuchungen zur Makroflora durch IVAN GABRIELIAN voraus (GABRIELIAN & KOVAR-EDER 2011, OLLIVIER et al. 2010). Die Benennung seiner Fundstellen wurde hier übernommen. Im Einzelnen handelt es sich um folgende Aufschlüsse:

(1) Brnakot-1

Es handelt sich um einen Straßenaufschluss rechts der Straße von Sisian nach Brnakot (39,512259° N, 45,996563° E, 1 643 m NN). Hier sind etwa 8 Meter vorwiegend diatomeenreiche Sedimente aufgeschlossen. Im Hangschutt unterhalb des Profils wurden auch Makrofossilien von Pflanzen gefunden (GABRIELIAN pers. Mitt.), die sich jedoch nicht einzelnen Schichten zuordnen lassen.

Durch die charakteristische Abfolge von einer rötlichen und einer weißen, feinsandigen Schicht lässt sich die Verbindung mit dem lithologischen Profil des Aufschlusses Brnakot-3 herstellen, das sich nach oben anschließt.



Abb. 21: Brnakot-1 (alle Fotos stammen vom Autor, sofern nicht anders gekennzeichnet)

(2) **Brnakot-3**

Dieser Aufschluss befindet sich am Zusammenfluss zweier Seitentäler des Flüsschens Brnakot unmittelbar vor der Ortschaft Brnakot (39,511618° N, 45,988700° E, 1 670 m NN). Es sind weitere etwa 8 Meter vorwiegend diatomeenreiche Sedimente aufgeschlossen. Hier wurden bisher keine nennenswerten Makrofloren-Funde gemacht.

Brnakot-3 liegt 675 Meter westlich von Brnakot-1 und schließt sich lithologisch nach oben an dieses an. Die korrelierbaren Schichten liegen topografisch bei Brnakot-3 etwa 20 Meter über denen von Brnakot-1. Mögliche Ursache dafür ist das natürliche Auslaufen des ehemaligen Seebeckens nach Westen mit einer Neigung des Seebodens von 1,7° oder tektonische Störungen, die ein Absacken der Schichten in die Täler bewirkt haben.



Abb. 22: Brnakot-3

(3) Brnakot-2

Der etwa 14 Meter mächtige Aufschluss (39,509500° N, 45,999787° E, 1 636 m NN) mit vorwiegend massigen Diatomiten liegt an einem Prallhang des kleinen Flusses Brnakot, der etwa 2,5 km nordöstlich in den Vorotan mündet. Sein unterer Teil wird vom Fluss umspült und ist – je nach Wasserstand – mehr oder weniger zugänglich. Der mittlere Teil des Aufschlusses (ca. Profil-cm 350–800) ist wegen der Steilheit leider nicht zugänglich. Im unteren Bereich des Profils (Schichten 1–3) wurden reichhaltige Funde von Makrofloren-Resten gemacht.

Eine Korrelation mit den benachbarten Aufschlüssen Brnakot-1 (320 Meter nordnordöstlich gelegen) und Brnakot-3 (840 Meter westnordwestlich) lässt sich lithologisch nicht herstellen. Die 7 bzw. 33 Meter geringere topografische Höhe lässt vermuten, dass sich die aufgeschlossenen Schichten von Brnakot-2 unterhalb anschließen.



Abb. 23: Brnakot-2

(4) **Sisian-2**

Etwa 1 650 Meter nordöstlich von Brnakot-2 und -1 liegt dieser kleine Straßenaufschluss (39,521426° N, 46,040767° E, 1 606 m NN) mit etwa 8 Meter mächtigen diatomeenreichen Sedimenten und einer stark verfestigten Tuffschicht, die in ihrer Mächtigkeit zwischen 10 und 40 cm variiert. Aus dieser Schicht wurde eine Probe für die radiometrische Datierung genommen.



Abb. 24: Straßenaufschluss Sisian-2 mit der deutlich erkennbaren Tuffschicht, die zur Datierung herangezogen wurde

(5) **Ashotavan-2**

1974 wurde im Vorotan-Becken mit der Füllung des Tolors-Stausees begonnen (SARGSYAN 2009). Er dient der Stromerzeugung und staut den Fluss Sisian auf. Hangrutschungen legten vor wenigen Jahren an der nördlichen Flanke einer in den See hineinreichenden Landzunge diatomeenreiche Sedimente mit einer Mächtigkeit von 28 Metern frei (39,476305° N, 46,019782° E, 1 679 m NN). In den Schichten fanden sich kaum Makrofossilien.



Abb. 25: Der Aufschluss Ashotavan-2 entstand durch Hangrutschungen im Tolors-Stausee.

(6) Tolors-2

Auf der südöstlichen Seite der gleichen Landzunge, an der Ashotavan-2 liegt, entstand durch Erosion und Rutschungen der Aufschluss Tolors-2 (39,470420° N, 46,021670° E, 1 642 m NN). Hier treten, je nach Wasserspiegel des Stausees, 10–12 Meter diatomeenreiche Ablagerungen zutage.

Von einem stark verfestigten Tuff, der nur bei Niedrigwasser erreichbar ist, wurde eine Probe zur Datierung genommen. Die Schichten 8 und 16 enthalten Makrofossilien von Pflanzenresten.



Abb. 26: Tolors-2

(7) Uyts-2

Dieser Aufschluss (39,499999° N, 46,053302° E, 1 612 m NN) liegt etwa 1 700 Meter nordöstlich des Tolors-Reservoirs und zieht sich etwa 700 Meter am Prallhang des Flusses Sisian entlang. Über diese Strecke lassen sich diatomeenreiche Schichten mit einer Gesamtmächtigkeit von etwa 9 Metern verfolgen.

Hier wurden von GABRIELIAN umfangreiche Aufsammlungen von Pflanzenresten gemacht und auch fossile Knochen eines Hasen gefunden.

Im unteren Bereich des Profils wurde aus einer lockersandigen Schicht vulkanogenen Materials eine Probe zur radiometrischen Datierung genommen.



Abb.27: Uyts-2

(8) Darbas-2

Dieser Aufschluss liegt – wie die folgenden – im südöstlichen Teil des Beckens (39,446711° N, 46,134470°, 1 553 m NN) an einem steilen Hang an der Straße vom Vorotan-Tal nach Darbas.

Die Sedimente im unteren Teil des Aufschlusses – unterhalb des lithologischen Profils – sind Sande, Kiese und Gerölle fluviatilen Ursprungs. Es folgt ein Bereich mit häufig wechselnden sandigen, siltigen und tonigen Lagen, in die immer wieder vulkanische Aschen eingelagert sind. Schließlich ist der obere Teil geprägt von massigem, diatomeenreichem Siltstein.

Hier treten in einigen Schichten Makrofossilien von Pflanzenresten häufig auf. Im mittleren Bereich findet sich eine etwa 1 Meter mächtige Schicht eines Tuffits, der auch zur radio-metrischen Altersbestimmung herangezogen wurde.



Abb.28: Darbas-2

(9) Ltsen-2

Etwa 500 Meter südlich des Ortes Ltsen liegt dieser 4 Meter mächtige Aufschluss (39,447040° N, 46,162170° E, 1 537 m NN). Die Schichten fallen relativ stark ein und zeigen deutliche Störungen. Verbunden mit diesen tektonischen Einflüssen ist eine relativ starke Verwitterung, die auch an der durch oxidiertes Eisen rötlichen Färbung erkennbar ist. Während durch die starke Oxidation kaum Pollen in den palynologischen Proben nachgewiesen werden konnten, ist das Profil vor allem durch die schräg verlaufende, ca. 20–30 cm mächtige Tuffschicht wertvoll, die zur Altersbestimmung herangezogen wurde.



Abb. 29: Ltsen-2

(10) Ltsen-3

Der Aufschluss befindet sich 300 Meter südöstlich von Ltsen-2 (39,444610° N, 46,166300° E, 1 541 m NN). Der untere, nicht im lithologischen Profil enthaltene Teil besteht aus rötlichen Konglomeraten fluviatilen Ursprungs. An diese schließen sich diatomeenreiche, teilweise massig gebankte, vorwiegend siltige Ablagerungen an. Im oberen Bereich liegt eine weiße, wenig verfestigte Tuffschicht. Im mittleren Bereich wurden zahlreiche gut erhaltene Pflanzenreste gefunden.



Abb. 30: Ltsen-3






(11) Shamb-2

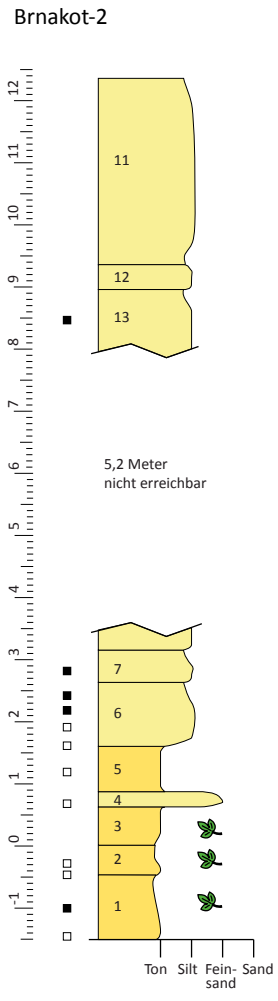
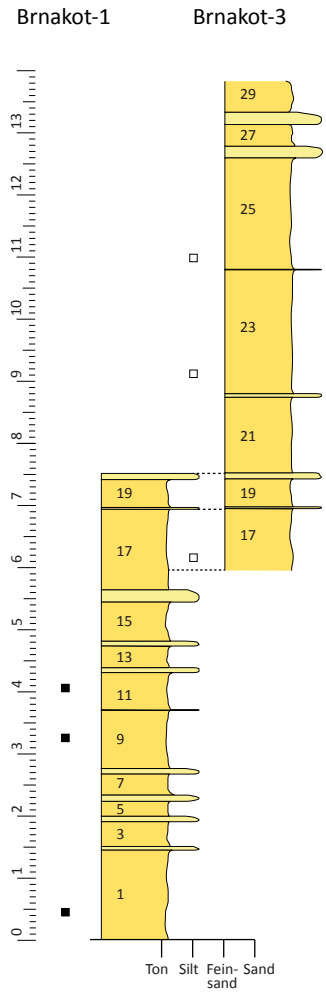
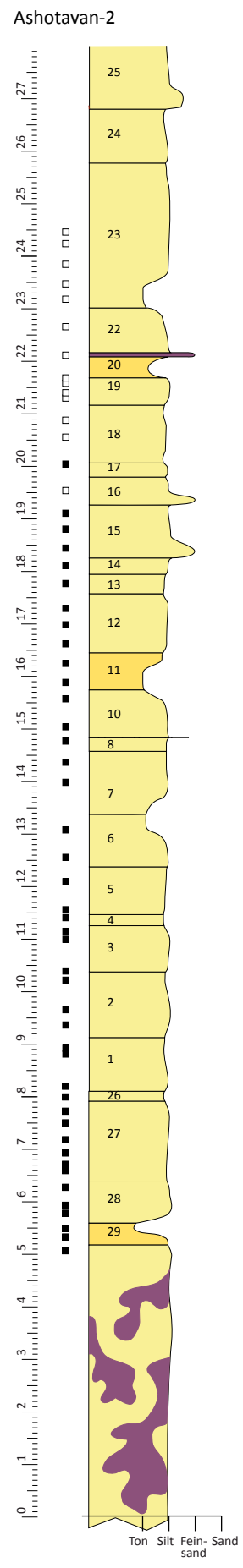
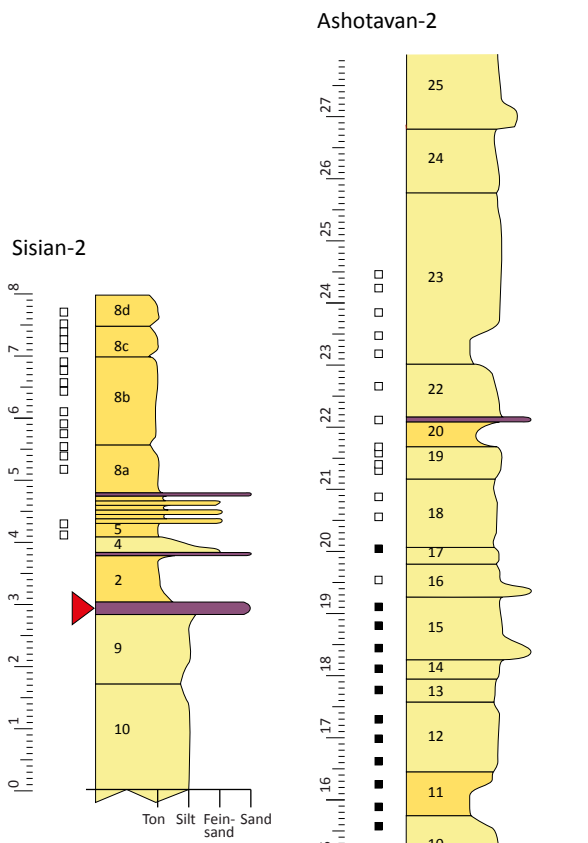
Der mit einer Profilhöhe von ca. 110 Meter mit Abstand größte Aufschluss des Vorotan-Beckens liegt unmittelbar am Shamb-Reservoir, einem künstlichen See, der durch Aufstauung des Vorotan zur Energiegewinnung entstanden ist (39,464822° N, 46,153491° E, 1355 m NN). Dieser Aufschluss ist unter anderem Gegenstand der Arbeit von JOANNIN et al. (2010) und wurde deshalb nicht mehr aufgenommen und beprobt. Um die Stratigrafie zu komplettieren, wurden teilweise Ergebnisse von JOANNIN et al. (2010) in die vorliegende Arbeit integriert.



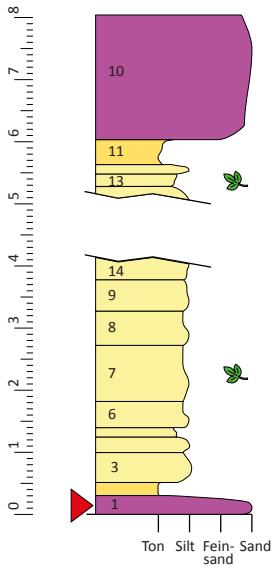
Abb. 31: Shamb-2

Abb. 32: (Folgeseiten) Lithologische Profile der untersuchten Aufschlüsse. Die Beschreibung der Schichten findet sich im Anhang.

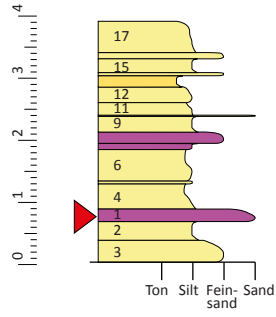
 Makrofloren-Fundorte
 Vulkanoklastische Schichten
 Ton
 Silt / Sand
 Probe für $^{39}\text{Ar} / ^{40}\text{Ar}$ -Datierung
 Proben für paläomagnetische Untersuchung:
 ■ Magnetfeld normal
 □ Magnetfeld revers
 Skalen in m



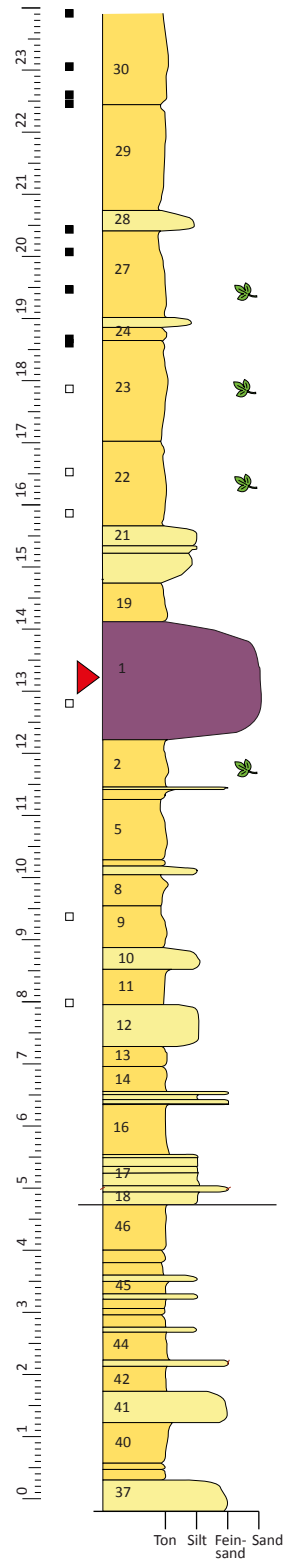
Ltsen-3



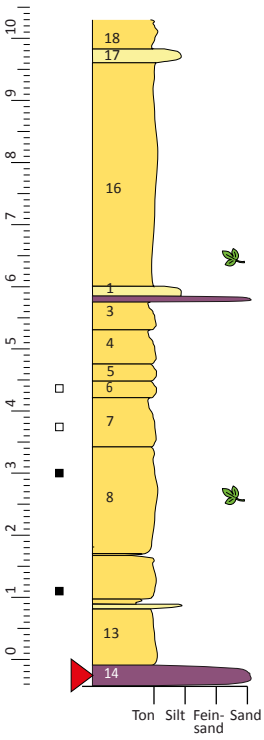
Ltsen-2



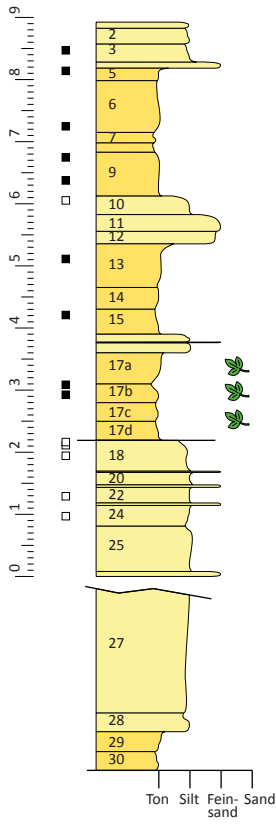
Darbas-2



Tolors-2



Uyts-2



3.4 Stratigrafie

Zur stratigrafischen Einordnung der untersuchten Profile des Vorotan-Beckens wurden vor allem Ergebnisse der magnetostratigrafischen Untersuchung (KIRSCHER 2009) und der $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ -Datierungen herangezogen. Die Kombination dieser beiden Methoden ermöglichte eine gute Datierung aller Profile.

Die beiden Profile Brnakot-1 und Brnakot-3 konnten auch lithologisch miteinander korreliert werden. In beiden Aufschlüssen folgen zwei sehr charakteristische Schichten direkt aufeinander und zeigen, dass sich Brnakot-3 stratigrafisch oben an Brnakot-1 anschließt. Eine Übersicht über die bestimmten Alter und mögliche Korrelationen gibt Abb. 33 auf Seite 36.

Zur Komplettierung der stratigrafischen Abfolge wird in Abb. 33 auch das Profil Shamb-2 dargestellt, das von JOANNIN et al. (2010) bearbeitet wurde. Hier ist mit etwa 110 Meter die längste Schichtfolge im Vorotan-Becken aufgeschlossen.

3.4.1 Radiometrische Datierung

Von geeignet erscheinenden Tuff-Sedimenten wurden von ANGELA BRUCH in den Jahren 2007 und 2009 Proben für eine radiometrische Datierung nach der $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ -Methode genommen. Diese wurde von KLAUDIA KUIPER durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tab. 2 dargestellt.

Tab. 2: Ergebnisse der $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ -Datierung von KUIPER (unpubliziert)

Probe:	Profil:	Profil-cm:	Alter:
drb 070726	Darbas-2	1 232–1 422	1,12 ± 0,03 Ma
sis 070728	Sisian-2	282–302	1,06 ± 0,04 Ma
lts 070801	Ltsen-2	65–85	1,33 ± 0,05 Ma
ash 070730	Ashotavan-2	oberhalb	≤ 1,36 ± 0,1 Ma
uyt 070725	Uyts-2	81–114	≤ 1,73 ± 0,12 Ma

Die Probe von Ashotavan stammt aus einer stark verwitterten Tuffschicht, etwa 200 Meter vom Aufschluss entfernt. Der Topografie nach zu urteilen, sollte sich diese Schicht stratigrafisch oberhalb des bearbeiteten Profils befinden. Das Ergebnis muss wegen der starken Verwitterung bezweifelt werden. Es lässt sich auch nicht mit den Ergebnissen der magnetostratigrafischen Untersuchung durch KIRSCHER (2009) in Einklang bringen (s. 3.4.2).

Auch das Ergebnis der Probe von Uyts-2 muss bezweifelt werden. Das verwendete Lockermaterial vulkanischen Ursprungs war ebenfalls stark verwittert. Auch hier widerspricht das bestimmte Alter den Ergebnissen von KIRSCHER (2009).

Die Proben von Darbas-2, Sisian-2 und Ltsen-2 lieferten dagegen ein hinreichend genaues Ergebnis. Danach ist Ltsen-2 das älteste untersuchte Profil, die Tuffe in Darbas-2 und Sisian-2 sind dagegen annähernd gleich alt und möglicherweise bei der gleichen Vulkan-eruption abgelagert worden.

Darüber hinaus liegen vom Profil Shamb-2 zwei weitere mit der gleichen Methode bestimmte Altersangaben vor. JOANNIN et al. (2010) geben eine Schicht mit $1,24 \pm 0,03$ Ma, eine weitere mit $1,16 \pm 0,02$ Ma an.

3.4.2 Magnetostratigrafie

Diese Untersuchungen erfolgten durch KIRSCHER (2009), der im Jahr 2007 insgesamt etwa 500 Proben an den Aufschlüssen Darbas-2, Sisian-2, Ashotavan-2, Uyts-2 und Brnakot-2 nahm. Zusätzlich analysierte er noch einzelne Proben aus Tolors-2, Brnakot-1 und -3, Ltsen-3 sowie Shamb-2. Das Ergebnis geht aus Abb. 32 und Abb. 33 hervor.

- In den Profilen Darbas-2, Brnakot-2 und Uyts-2 findet sich eine deutliche Feldumkehr von negativer zu normaler Polarität.
- Die Profile Ashotavan-2 und Tolors-2 zeigen eine Feldumkehr von normaler zu negativer Polarität. Diese Umkehr lässt sich übergreifend auch in den lithologisch korrelierbaren Profilen Brnakot-1 und -3 feststellen.
- Ausschließlich negative Polarität zeigen Sisian-2 und Ltsen-3. Sowohl JOANNIN et al. (2010) als auch KIRSCHER (2009) konnten im Profil Shamb-2, dessen Schichten insgesamt etwa 110 Meter mächtig sind, nur negative Polarität und keine eindeutige Feldumkehr feststellen.

Die beiden festgestellten Umkehr-Ereignisse interpretiert KIRSCHER (2009) als Beginn und Ende des Jaramillo-Subchrons innerhalb des Matuyama-Chrons. Diese Einschätzung ergibt sich aus der Kombination der Ergebnisse der $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ -Datierung und der Magnetostratigrafie.

3.4.3 Sedimentationsraten

Zur Bestimmung der Sedimentationsrate wurde zunächst anhand der Profile mit mindestens zwei entweder radiometrisch oder paläomagnetisch datierten Schichten die mögliche Bandbreite errechnet (Tab. 3). Diese Berechnung ist durch die methodisch bedingte Ungenauigkeit der Datierungen nicht sehr präzise und lieferte Sedimentationsraten zwischen 4,85 und 98,33 cm/ka.

Tab. 3: Berechnung der möglichen Sedimentationsraten nach den Altersbestimmungen der ³⁹Ar/⁴⁰Ar-Methode und der paläomagnetischen Analyse

Position:	Methode	Alter (ka)		Lage im Profil (cm)		Sedimentationsrate (cm/ka)		Profilhöhe ohne Vulkanoklastika (cm)	Profildauer (ka)	
		min.	max.	min.	max.	min.	max.		max.	min.
Darbas:										
Reversal PalMag	PalMag	1 070	1 070	1 810	1 868					
Oberkante Tuff	Ar/Ar	1 090	1 150	1 422	1 422					
Differenz:		20	80	388	446	4,85	22,30	2 324	479,2	104,2
Ashotavan:										
Reversal PalMag	PalMag	990	990	1 911	2 055					
unterste Probe	PalMag	–	1 070	192	192					
Differenz:		–	80	1 719	1 863	21,49	–	2 757	128,3	–
Sisian:										
Oberkante Profil	PalMag	1 070	1 070	793	793					
Oberkante Tuff	Ar/Ar	1 020	1 100	382	382					
Differenz:		(-50)	30	411	411	13,70	(-8,22)	763	55,7	(-92,8)
Shamb (nach JOANNIN et al. 2010):										
Tuff T7	Ar/Ar	1 140	1 180	8 250	8 250					
Tuff T5	Ar/Ar	1 210	1 270	5 300	5 300					
Differenz:		30	130	2 950	2 950	22,69	98,33	8 000	352,5	244,0

Deshalb wurde die Sedimentationsrate in einem weiteren Schritt durch Angleichung der Pollenkurven an die globale Klimakurve von LISIECKI & RAYMO (2005) präzisiert. Dadurch konnte die mittlere Sedimentationsrate der Profile sehr viel genauer abgeschätzt werden (Tab. 4). Die Werte liegen zwischen 20 und 40 cm/ka.

Tab. 4: Durchschnittliche Sedimentationsraten der Profile im Vorotan-Becken unter Berücksichtigung der biostratigrafischen Einordnung durch Angleichung der Pollenprofile an die Isotopenkurve von LISIECKI & RAYMO (2005)

Profil:	Sedimentationsrate:
Ashotavan-2	ca. 30 cm/ka
Brnakot-1	ca. 20 cm/ka
Brnakot-2	ca. 25 cm/ka
Brnakot-3	ca. 20 cm/ka
Darbas-2	ca. 24 cm/ka
Ltsen-2	nicht ermittelbar
Ltsen-3	ca. 30 cm/ka
Sisian-3	nicht ermittelbar
Tolors-2	ca. 30 cm/ka
Uyts-2	ca. 40 cm/ka

Diese Ergebnisse stimmen auch sehr gut mit den Annahmen von KIRSCHER (2009) überein, der nur anhand seiner paläomagnetischen Ergebnisse von einer mittleren Sedimentationsrate von 30 cm/ka ausgeht. JOANNIN et al. (2010) nehmen für das von ihnen untersuchte Profil Shamb-2 eine Sedimentationsrate von 38 cm/ka an.

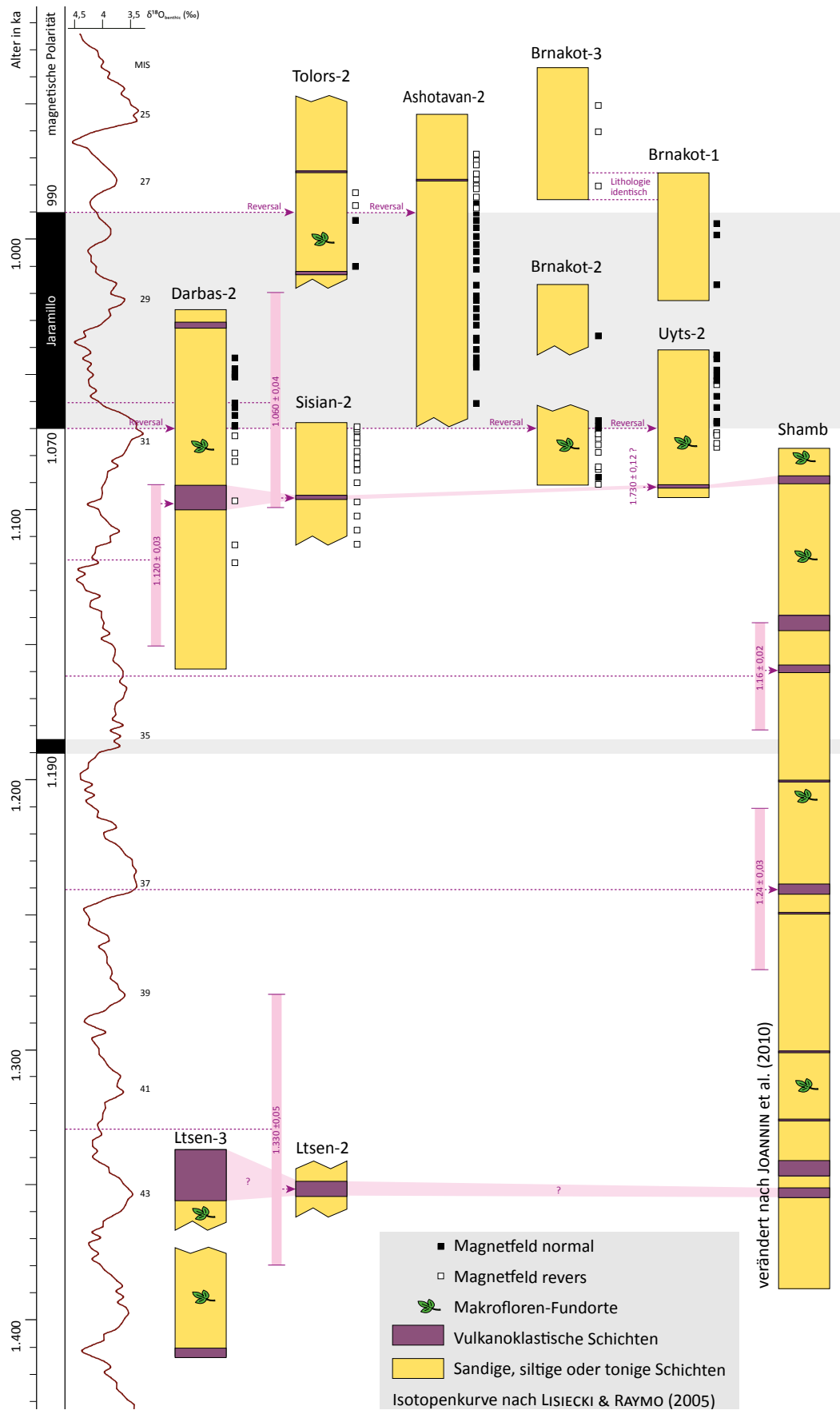


Abb. 33: Überblick über die Stratigrafie der untersuchten Aufschlüsse im Vorotan-Becken

3.5 Bisherige paläobotanische Untersuchungen

3.5.1 Makroflora

Die exzellente Erhaltung von fossilen Pflanzenresten in den diatomeenreichen Sedimenten des Vorotan-Beckens ist seit den 1930er Jahren bekannt. Die ersten Arbeiten zur Makroflora stammen von KRYSHTOFOVICH (1939) sowie von TAKHTAJAN & GABRIELIAN (1948), spätere von GOKHTUNI (1987).

Seit den 1990er Jahren bearbeitet IVAN GABRIELIAN die fossile Makroflora des Vorotan-Beckens. Er hat seitdem mehrere tausend Pflanzenfossilien gesammelt und bearbeitet. Die Ergebnisse sind Gegenstand zahlreicher Veröffentlichungen, zum Beispiel BRUCH & GABRIELIAN (2003), GABRIELIAN et al. (2004), GABRIELIAN & KOVAR-EDER (2011) und OLLIVIER et al. (2010).

Tab. 5 auf Seite 38 führt die in den untersuchten Aufschlüssen des Vorotan-Beckens einschließlich des Profils Shamb-2 nachgewiesenen Pflanzentaxa auf und gewichtet sie grob nach ihrer jeweiligen Häufigkeit. Dabei wurden nur die Spermatophyta berücksichtigt. Die Taxa wurden analog Kapitel 4 gegliedert und sortiert.

Etwa 80 % dieser Taxa kommen auch rezent in Armenien vor (GABRIELIAN pers. Mitt.). Die Vegetation unterscheidet sich also nicht grundsätzlich von der im Frühpleistozän.



Abb. 34: Beispiel eines Blattfossils von *Acer ibericum* aus dem Profil Shamb-2
(Foto: Ivan Gabrielyan)

Tab. 5: Übersicht über die von IVAN GABRIELIAN gefundenen Spermatophyta-Fossilien in den untersuchten Aufschlüssen und Shamb-2

○ – im Profil nachgewiesen (< 10 Einzelbelege)

● – im Profil häufig (>= 10 Einzelbelege)

■ – im Profil sehr häufig (>= 100 Einzelbelege)

Familie	Taxon	Ashotavan-2	Brnakot-1	Brnakot-2	Darbas-2	Lisen-2	Shamb-2	Sisian-2	Tolors-2	Uyts-2
Gymnospermae:										
Cupressaceae	<i>Juniperus excelsa</i>			○						○
Cupressaceae	<i>Juniperus polycarpus</i>	○	○	○	○		●			●
Pinaceae	Pinaceae sp.					○				
Angiospermae:										
<u>Alismatidae:</u>										
Potamogetonaceae	<i>Potamogeton</i>		●	●	○		●		○	●
Potamogetonaceae	<i>Potamogeton coloratus</i>									○
Potamogetonaceae	<i>Potamogeton compressus</i>			○	●		○			
Potamogetonaceae	<i>Potamogeton natans</i>					○				
Potamogetonaceae	<i>Potamogeton pectinatus</i>		○		○		○			
Potamogetonaceae	<i>Potamogeton perfoliatus</i>	○	●	○	○		○		○	●
<u>Arecidae:</u>										
Lemnaceae	<i>Lemna trisulca</i>			○	○					○
<u>Asteridae:</u>										
Asclepiadaceae	<i>Periploca graeca</i>								○	
Berberidaceae	<i>Berberis vulgaris</i>			○	○					
Betulaceae	<i>Alnus incana</i>			○			○			
Betulaceae	<i>Betula pendula</i>				○		○			
Betulaceae	<i>Betula pubescens</i>				●		○			
Caprifoliaceae	<i>Lonicera caucasica</i>						○			
Caprifoliaceae	<i>Lonicera iberica</i>						○			
Caprifoliaceae	<i>Lonicera</i> sp.			○			○			
Caprifoliaceae	<i>Viburnum</i>							○		
Caprifoliaceae	<i>Viburnum lantana</i>				○					
Oleaceae	<i>Fraxinus excelsior</i>				●					
Oleaceae	<i>Fraxinus oxycarpa</i>				○					
<u>Dilleniidae:</u>										
Ericaceae	<i>Rhododendron</i> sp.						○			
Salicaceae	<i>Populus alba</i>						●			
Salicaceae	<i>Populus canescens</i>						○			○
Salicaceae	<i>Populus gokhtuniae</i>				○		●		○	●
Salicaceae	<i>Populus nigra</i>	○			○		○			●
Salicaceae	<i>Populus</i> sp.			○			●		●	○
Salicaceae	<i>Populus tremula</i>						○			○
Salicaceae	<i>Salix aegyptiaca</i>						○			
Salicaceae	<i>Salix caprea</i>						○		○	●
Salicaceae	<i>Salix cinerea</i>	○								●
Salicaceae	<i>Salix pentandra</i>						○			
Salicaceae	<i>Salix pseudomedemii</i>		○	○	○					○

Familie	Taxon	Ashotavan-2	Brnakot-1	Brnakot-2	Darbas-2	Ltsen-2	Shamb-2	Sisian-2	Tolors-2	Uyts-2
Salicaceae	<i>Salix purpurea</i>					○				
Salicaceae	<i>Salix triandra</i>						○			○
Salicaceae	<i>Salix viminalis</i>				○					
Salicaceae	<i>Salix wilhelmsiana</i>				●		○			○
Salicaceae	<i>Salix alba</i>		○	○	○		●			●
Salicaceae	<i>Salix excelsa</i>				○		○		○	●
Tiliaceae	<i>Tilia begoniifolia</i>				●		○			
Junciflorae:										
Cyperaceae	<i>Carex</i> sp.				○		○			
Poaceae	<i>Phragmites australis</i>					○	○		○	○
Poaceae	<i>Phragmites</i> sp.				○		○			
Magnoliidae:										
Ceratophyllaceae	<i>Ceratophyllum demersum</i>		○	○	●		●			
Ceratophyllaceae	<i>Ceratophyllum</i> sp.	●	●	○	○	○	●	○	●	●
Rosidae:										
Fagaceae	<i>Quercus castaneifolia</i>			○			○			
Fagaceae	<i>Quercus cerris</i>		○							○
Fagaceae	<i>Quercus iberica</i>		○				○			○
Fagaceae	<i>Quercus infectoria</i>						○			
Fagaceae	<i>Quercus macranthera</i>						○			
Fagaceae	<i>Quercus</i> sp.		●	●	●	○	■		○	●
Ulmaceae	<i>Celtis caucasica</i>			○						
Ulmaceae	<i>Ulmus glabra</i>				○		○			○
Ulmaceae	<i>Ulmus minor</i>				●		●			●
Aceraceae	<i>Acer hyrcanum</i>			○	○	○	●			
Aceraceae	<i>Acer laetum</i>				○	○	○			
Aceraceae	<i>Acer opalus</i>						○			
Aceraceae	<i>Acer platanoides</i>				○		●			
Aceraceae	<i>Acer praeibericum</i> sp. nov.						○			
Aceraceae	<i>Acer pseudoplatanus</i>						○			
Aceraceae	<i>Acer sosnowskyi</i>						○			
Anacardiaceae	<i>Cotinus coggygria</i>			○	●		○			
Anacardiaceae	<i>Pistacia</i>				○					
Apiaceae	<i>Heracleum sosnowskyi</i>						○			
Apiaceae	<i>Heracleum</i> sp.				○		○			
Apiaceae	<i>Pastinaca pimpineifolia</i>						○			
Elaeagnaceae	<i>Hippophae rhamnoides</i>		○							○
Fabaceae	<i>Trifolium trichocephalum</i>									○
Grossulariaceae	<i>Ribes</i> sp.	○		○			○		○	○
Haloragaceae	<i>Myriophyllum spicatum</i>		●				●			○
Rhamnaceae	<i>Paliurus spina-christi</i>						○			
Rosaceae	<i>Cotoneaster</i> sp.				○					
Rosaceae	<i>Crataegus</i> sp.						○			
Rosaceae	<i>Geum rivale</i>								○	

Familie	Taxon	Ashotavan-2	Brnakot-1	Brnakot-2	Darbas-2	Ltsen-2	Shamb-2	Sisian-2	Tolors-2	Uyts-2
Rosaceae	<i>Malus orientalis</i>						○			○
Rosaceae	<i>Prunus</i> sp.			○			○			
Rosaceae	<i>Punica granatum</i>			○						
Rosaceae	<i>Pyrus</i> sp.						○			
Rosaceae	<i>Rosa</i> sp.			○			○			○
Rosaceae	Rosaceae gen. sp.						○			
Rosaceae	<i>Sorbus armeniaca</i>						○			
Rosaceae	<i>Sorbus</i> sp.						○		○	
Rosaceae	<i>Spiraea crenata</i>				○					
Rosaceae	<i>Spiraea hypericifolia</i>	○	○		○		●			●
Anzahl Taxa:		7	14	23	36	8	61	2	13	32

3.5.2 Palynologie

An Ergebnissen palynologischer Untersuchungen, die dieser Arbeit vorausgingen und das Untersuchungsgebiet betreffen, existieren nur die Arbeiten von SAYADYAN (1983, 2006 a, b) und JOANNIN et al. (2010).

SAYADYAN (2006 b) beschreibt Vegetationszonen aus Bohrkernen aus der Shamb-Talsperre, unmittelbar am Fuß der aufgeschlossenen Sedimente von Shamb-2. Er datiert zwei Basaltschichten auf ca. 3,0 und 2,5 Ma und nennt die lakustrine Schicht dazwischen „Sisian-Formation“. Innerhalb dieser führt er in chronologischer Reihenfolge sechs Vegetationseinheiten auf – leider ohne Taxalisten oder gar Pollenprofile:

- „turf-gramineous steppe“,
- „coniferous–broadleaved forests“,
- „Chenopodiaceae-*Artemisia*-Gramineae steppes“,
- „broadleaved forests“,
- „*Artemisia*–Chenopodiaceae steppes“,
- „broad- and narrow-leaved forests“.

Von einem anderen Bohrkern beschreibt SAYADYAN (2006 b) die „Gorisa-Formation“, die nach seiner Datierung eher mit den aufgeschlossenen lakustrinen Sedimenten des Vorotan-Beckens übereinstimmen. Er nennt als unteres Alter 1,5 Ma, das mit der K/Ar-Methode bestimmt worden sei. Diese Formation ist unterteilt in mehrere Unterformationen, von denen er für die oberste, die bis 150 m mächtigen „Tatev lacustrine beds“, chronologisch drei Pollenzonen aufführt:

- PZ-1: *Quercus*, *Alnus*, *Betula*, Poaceae, Malvaceae,
- PZ-2: Asteraceae, Chenopodiaceae, *Artemisia*,
- PZ-3: *Quercus*, *Corylus*, *Ulmus*, *Carpinus*, *Betula*.

JOANNIN et al. (2010) befassen sich mit dem Profil Shamb-2 und beschreiben zwei grundsätzlich unterschiedliche Pollenzonen: Zone A besteht vor allem aus Kräutern und Steppenpflanzen wie *Artemisia* und *Ephedra* mit wenigen Baumpollen. Dagegen dominieren in Zone B mesotherme Baumarten, wie *Ulmus* und *Quercus*.

Das von JOANNIN et al. (2010) untersuchte Profil wurde in der vorliegenden Arbeit auch bei der Rekonstruktion der Stratigrafie des Vоротan-Beckens berücksichtigt. Es deckt von allen Aufschlüssen den größten Zeitraum ab, allerdings beinhaltet es keine einzige paläomagnetische Umkehrung und der Zeitraum des Jaramillo-Subchrons fehlt darin. Die Probendichte von JOANNIN et al. (2010) ist für gesicherte Aussagen über die Klima- und Vegetationsentwicklung unzureichend: Es liegen bei einer Profilhöhe von 115 Metern nur 29 Proben vor, die Pollen enthalten.

4. Methoden

4.1 Profilaufnahme und Probennahme

Von zehn Aufschlüssen im Vorotan-Becken wurden lithologische Profile erstellt. Als Proben für die palynologische Untersuchung dienten jeweils 100–200 g Sediment, das in beschrifteten, verschließbaren Plastikbeuteln gesammelt wurde.

Grundsätzlich betragen die Probenabstände 30–60 cm. Von den Profilen Uyts und Darbas wurden zusätzlich Teilabschnitte hochauflösend beprobt. Hierfür wurden kontinuierlich alle 5–10 cm Proben genommen. Insgesamt wurden 506 Proben zur palynologischen Untersuchung genommen und aufbereitet. Ihre Aufteilung auf die einzelnen Aufschlüsse ergibt sich aus Tab. 6.

Tab. 6: Anzahl der Proben für die palynologische Untersuchung

Profil:	Anzahl:
Ashotavan-2	51 Proben
Brnakot-1	17 Proben
Brnakot-2	15 Proben
Brnakot-3	10 Proben
Darbas-2	205 Proben
Ltsen-2	6 Proben
Ltsen-3	15 Proben
Sisian-3	19 Proben
Tolors-2	26 Proben
Uyts-2	142 Proben

4.2 Probenaufbereitung

Die Probenaufbereitung für die palynologische Untersuchung erfolgte in Anlehnung an die bei TRAVERSE (2007) beschriebenen Aufbereitungsverfahren. Allerdings legten eigene Testreihen nahe, das Verfahren vor allem bei der chemischen Aufbereitung etwas abzuwandeln.

Zur Aufbereitung wurde die Probe mechanisch zerkleinert, gewogen und in einer flusssäurefesten PE-Flasche (1 Liter) mit 1–3 Lycopodium-Tabletten versetzt. Die Anzahl der darin enthaltenen Sporen diente später als Referenzwert und wurde bei der palynologischen Auszählung mitgezählt.

Da die Proben keine Karbonate enthielten, konnte auf eine Behandlung mit HCl verzichtet werden. Das Probenmaterial wurde mit etwa 200 ml Flusssäure (Konzentration: 30 %) versetzt. Nach zwei bis drei Tagen wurden die Flaschen mit destilliertem Wasser aufgefüllt und die Suspension sedimentieren lassen. Am Folgetag wurde die Flüssigkeit abdekantiert und, falls notwendig, ein zweites Mal mit Flusssäure behandelt.

Nach weiteren zwei bis drei Tagen wurde erneut mit Wasser aufgefüllt und nach dem Absetzen am Folgetag dekantiert. Es hat sich herausgestellt, dass eine Beseitigung von weiterem anorganischem Material, wie Aluminiumfluoriden ($\text{AlF}_6\text{-3Me}^{+3}$), nicht erforderlich ist und auf die sonst übliche Behandlung mit Kalilauge (KOH) und heißer

konzentrierter Salzsäure (HCl) verzichtet werden kann. Nachdem die Flasche erneut mit ca. 1 l destilliertem Wasser aufgefüllt worden war, wurde die Suspension durch ein Sieb mit 6 µm Maschenweite gesiebt, um kleinere Partikel zu entfernen.

Das Filtrat wurde mit Zinkchlorid (ZnCl₂, Dichte: 2,0 g/cm³) in Reagenzgläser gespült und etwa 10 Minuten lang bei 7 000 Umdrehungen/Minute zentrifugiert. So setzte sich Material mit hoher Dichte – vor allem Reste von Diatomeen – am Boden des Glases ab und das gereinigte Probenmaterial sammelte sich oben im Glas.

Das gereinigte Probenmaterial wurde in Glyceringelatine auf Objektträger aufgebracht und versiegelt. Von jeder Probe wurden so 2 Präparate hergestellt.

Von den 506 Proben enthielten 248 Proben Pollen und wurden ausgewertet.

4.3 Mikroskopie

Für die Mikroskopie stand ein binokulares Mikroskop der Firma Novex zur Verfügung. Digitale Fotografien der gezählten Palynomorphen wurden mit einer Kamera der Firma Bresser und der Software „Motic Images Plus 2.0“ erstellt.

Die Präparate wurden in einer 400-fachen Vergrößerung gezählt. Dabei wurde jedes Präparat in 18 Linien in einem Abstand von jeweils 1 mm durchgesehen. Zur Bestimmung einzelner Palynomorphen (vorwiegend interessierten die Pollen, da aber auch Farnsporen gezählt wurden, wird hier und im Folgenden von Palynomorphen gesprochen) und für die Fotos wurde häufig auch eine 600-fache und eine 1 000-fache Vergrößerung mit Öl-immersion herangezogen.

Beschädigte Pollenkörner wurden dann gezählt, wenn mehr als 50 Prozent des Pollenkorns noch vorhanden waren. So konnte ausgeschlossen werden, dass ein Pollenkorn doppelt erfasst wurde.

Um möglichst viele Taxa zu erfassen, wurden je Probe möglichst 300 Pollen (ohne andere Palynomorphe) ausgezählt. Zur besseren statistischen Auswertbarkeit wurde stets ungefähr die gleiche Anzahl gezählt, auch wenn eine Probe sehr viel mehr Pollen enthielt. Leider konnte nicht bei allen Proben die Zahl von 300 Pollenkörnern erreicht werden.

Neben den Pollen wurden in den beiden kontinuierlich beprobten Abschnitten des Profils Darbas-2 auch mikroskopisch kleine Holzkohlereste gezählt. Sie heben sich durch eine starke Schwärzung und eine Homogenisierung der Zellen von anderen Palynomorphen ab (UHL et al. 2004).

4.4 Bestimmung

Besonders wertvoll für die Bestimmung der Pollen waren die Arbeiten von BEUG (2004), CHESTER & RAINE (2001), STUHLIK (2001) sowie REILLE (1992, 1995, 1998). Daneben wurde für einzelne Gruppen eine Reihe weiterer Arbeiten anderer Autoren herangezogen. Im taxonomischen Teil ist jeweils die maßgeblich verwendete Literatur bei den einzelnen Taxa aufgeführt.

Als „unbestimmbar“ wurden Palynomorphe dann gewertet, wenn sie nach BERGLUND (1986) so korrodiert, degradiert, mechanisch beschädigt oder von anderem Material eingeschlossen waren, dass sie nicht eindeutig zugeordnet werden konnten.

4.5 Auswertung

4.5.1 Pollen-Datenbank

Zur Erfassung und Verwaltung der Zählzahlen wurde auf Basis von Microsoft Access 2007 eine eigene Datenbank entwickelt. In dieser wurden die Proben mit allen wichtigen Daten erfasst, wie Profilzugehörigkeit, Lage im Profil und Masse. Für die unterschiedlichen Palynomorphen wurde eine Tabelle mit den wichtigsten Merkmalen, einem Foto und der endgültigen oder vorläufigen Zuordnung zu einem Taxon angelegt. Die Zählzahlen zu jeder Probe wurden direkt in die Datenbank eingegeben.

Die Datenbank bildete die Schnittstelle für die Erstellung der Pollenprofile mit der Software C2 und die statistischen Auswertungen mit SPSS. In der Zukunft ermöglicht die Datenbank die Übernahme der Nachweise in die ROAD-Datenbank des ROCEEH-Projektes (ROCEEH: The Role of Culture in Early Expansions of Humans; www.roceeh.net) der Heidelberger Akademie der Wissenschaften.

Einen Überblick über die Basistabellen dieser Datenbank gibt Abb. 35. Neben den in dieser Arbeit erhobenen palynologischen Ergebnissen wurden auch Daten zur Makroflora, die GABRIELIAN erhoben hat, in die Datenbank importiert und stratigrafisch zugeordnet. So können relativ einfach Bezüge zwischen Makro- und Mikroflora hergestellt werden.

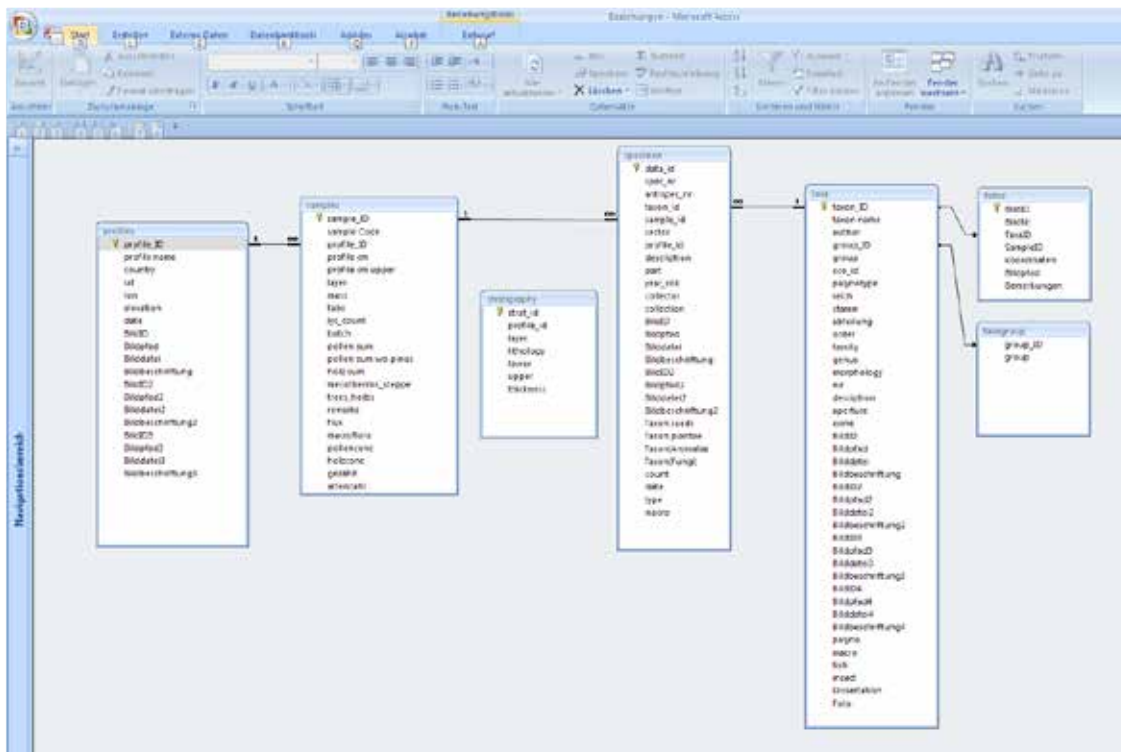


Abb. 35: Struktur der Access-Datenbank, die zur Erfassung der Aufschlüsse, Proben und der Zählzahlen verwendet wurde

4.5.2 Pollendiagramme

Für die Erstellung der Pollendiagramme wurde die Software C2 von STEPHEN JUGGINS verwendet (www.staff.ncl.ac.uk/staff/stephen.juggins). Hierzu wurde in der unter 4.5.1 beschriebenen Datenbank eine Abfrage angelegt, die direkt in C2 importiert werden konnte und die erforderlichen Daten bereits im korrekten Format enthielt. Anschließend wurden die Diagramme mit Adobe Illustrator (Version CS6) grafisch aufbereitet.

Es wurde zunächst für jedes Profil ein eigenes Pollendiagramm erstellt, das alle Taxagruppen enthält (siehe Anhang C). Um die Pollendiagramme übersichtlicher und besser interpretierbar zu machen, wurden sie danach auf wenige, aussagekräftige Taxa reduziert. Dabei flossen die Ergebnisse der Faktorenanalyse ein.

Die Zonierung des Profils in unterschiedliche Pollenzonen erfolgte nach den Ergebnissen der Clusteranalyse (siehe 4.6.2). Zusammenfassend wird das methodische Vorgehen bei der Auswertung und Interpretation der Daten in Abb. 36 dargestellt.

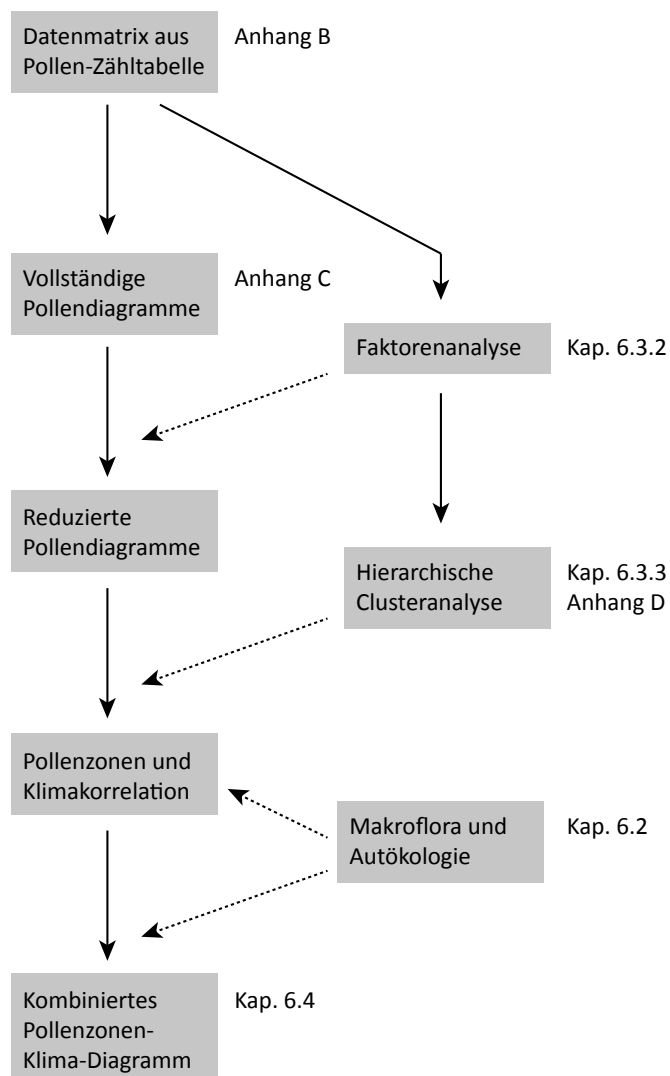


Abb. 36: Schematische Darstellung des methodischen Vorgehens bei der Dateninterpretation. Die durchgezogenen Pfeile entsprechen dem zeitlichen Ablauf, die gestrichelten Pfeile zeigen, wo Teilergebnisse in die Interpretation eingeflossen sind.

4.5.3 Verbreitungskarten

Die Verbreitungskarten in Kap. 6 wurden mit der Software ESRI ArcMap Version 10 erstellt und mit Adobe Illustrator grafisch aufbereitet.

4.6 Statistik

Die Art der Datenerhebung liefert als vorläufiges Ergebnis eine multivariate Datenmatrix, wie in Tab. 7 schematisch dargestellt. Senkrecht sind die gemäß der stratigrafischen Lage angeordneten Proben als „Fälle“ aufgetragen (1 bis n), nach rechts die Pollentaxa als „Variablen“ (1 bis t). Die Matrixeinträge (p_{nt}) enthalten den Prozentsatz des jeweiligen Taxons in der entsprechenden Probe, wobei 100 % allen gezählten und bestimmten Pollenkörnern der Probe entsprechen, sodass gilt:

$$p_{n1} + p_{n2} + \dots + p_{nt} = 100 \%$$

Tab. 7: Schematische Darstellung der Datenmatrix für die multivariate Statistik

	Taxon:						
Probe:	1	2	3	4	5	...	t
1	p_{11}	p_{12}	p_{13}	p_{14}	p_{15}	...	p_{1t}
2	p_{21}	p_{22}	p_{23}	p_{24}	p_{25}	...	p_{2t}
3	p_{31}	p_{32}	p_{33}	p_{34}	p_{35}	...	p_{3t}
...
n	p_{n1}	p_{n2}	p_{n3}	p_{n4}	p_{n5}	...	p_{nt}

Durch die große Zahl an Einzelpollen und Proben ist diese Matrix statistischen Methoden gut zugänglich und es sind hinreichend signifikante Ergebnisse zu erwarten. Deshalb kamen, ergänzend zur traditionellen Auswertung und Interpretation der Pollenprofile, auch Methoden der multivariaten Statistik zum Einsatz – die Faktorenanalyse und die Clusteranalyse. Hierfür wurde die Software IBM SPSS Statistics 19.0.0 genutzt.

4.6.1 Faktorenanalyse

Die Faktorenanalyse erlaubt es, große Datensätze mit vielen Variablen zu wenigen Variablengruppen zu ordnen. Sie ist damit ein Verfahren zur Datenreduzierung. So werden Zusammenhänge zwischen Variablen überschaubar gemacht und sind einer Interpretation besser zugänglich.

Ein Faktor entspricht einer Gruppe von Variablen, die stark miteinander korrelieren. Je nach ihrer Korrelation passt eine einzelne Variable besser oder schlechter zu einem Faktor. Dieser entspricht dabei etwa einer Regressionsgeraden durch eine Variablengruppe. Ergebnis der Faktorenanalyse sind wenige, voneinander unabhängige Faktoren. Im Gegensatz zu den Variablen innerhalb eines Faktors korrelieren die Faktoren untereinander nicht.

Der sich aus der Faktorenanalyse ergebende Scorewert der einzelnen Faktoren beschreibt den Einfluss, den der jeweilige Faktor hat. Die Faktorladung drückt aus, wie die einzelnen Variablen zum Wert des jeweiligen Faktors beitragen. Eine Faktorladung von 1 zeigt dabei

an, dass die Variable mit dem Faktor identisch ist, die Ladung 0 bedeutet, dass die Variable mit dem Faktor überhaupt nicht korreliert, negative Werte zeigen eine negative Korrelation.

Während die Faktorenanalyse im Q-Modus Beziehungen zwischen einzelnen Fällen (Proben) darstellt, beschreibt der R-Modus Korrelationen zwischen den Variablen (Taxa). Letzterer kommt in der vorliegenden Arbeit zum Einsatz. Mit dieser Analyse soll ermittelt werden, welche Taxa (Variablen) die Unterschiede zwischen den Proben (Fällen) am besten beschreiben.

Weil die Proben der einzelnen Profile in engem räumlichem und zeitlichem Zusammenhang stehen, wurde die Faktorenanalyse auf die Gesamtheit der Proben angewendet.

4.6.2 Clusteranalyse

Auch die Clusteranalyse ist ein statistisches Verfahren, das angewendet wird, um in multivariaten Datenmatrizes Gruppen von Fällen zu finden, die sich in der Ausprägung einzelner Variablen ähneln. Bei Pollendaten wie dem vorliegenden Datensatz steht dabei die Einteilung der Proben in relativ homogene Gruppen üblicherweise im Vordergrund (BERGLUND 1986).

Während also die Faktorenanalyse im R-Modus auf die Variablen (Taxa) angewendet wird, um ihren Beitrag zur Beschreibung der Unterschiede zwischen den Proben zu bewerten, dient die Clusteranalyse im Q-Modus dazu, homogene Gruppen in den Proben direkt anzuzeigen. Ergebnis der Clusteranalyse ist ein Dendrogramm, das die Ähnlichkeiten der einzelnen Proben grafisch darstellt. Wichtig ist, dass im Ergebnis jede Probe genau einer Gruppe – einem Cluster – zugeordnet ist.

Um eine möglichst hohe und einheitliche Fallzahl zu erreichen und die sich ergebenden Cluster in unterschiedlichen Profilen vergleichen zu können, wurde auch die Clusteranalyse auf die Gesamtheit aller Proben angewendet.

Für die Hierarchische Clusteranalyse wurde das Verfahren „Linkage zwischen den Gruppen“ verwendet. Es konstruiert für je zwei Cluster alle Variablenpaare und bestimmt von diesen die Distanz. Die Distanz zwischen den Clustern errechnet sich dann aus dem arithmetischen Mittel aller auftretenden Distanzen. Als Maß für die Distanz wurde die quadrierte Euklidische Distanz verwendet.

Die Hierarchische Clusteranalyse liefert ein sehr differenziertes Ergebnis und die Information, wie viele Cluster sinnvollerweise gebildet werden sollten. In einem weiteren Schritt wurde eine Clusterzentrenanalyse vorgenommen. Hier wurde die Anzahl der Clusterzentren definiert. Aus dem Ergebnis der Clusterzentrenanalyse kann auch abgeleitet werden, welche Bedeutung die einzelnen Taxa für jedes einzelne Cluster haben (BACHER et al. 2010).

5. Taxonomie und Systematik

5.1 Grundsätzliche Bemerkungen

Die Nomenklatur der Palynomorphen wird vor allem in der Paläopalynologie keineswegs einheitlich gehandhabt. Während für das Tertiär meist das deskriptiv-morphologische System von POTONIÉ & KREMP (1954) angewendet wird, versuchen die meisten Quartär-Palynologen, einen Bezug zur rezent-botanischen Systematik herzustellen (z. B. BEUG 2004).

Beide Vorgehensweisen haben ihre Berechtigung: Die rein deskriptive Benennung verweigert sich einer Interpretation der Palynomorphen im Hinblick auf ihren möglichen Produzenten. Eine Zuordnung zu einem botanischen Taxon findet so erst in einem separaten Schritt statt. Auch Änderungen der Zuordnung sind später noch möglich, ohne dass es durch den Namen zu Missverständnissen kommt.

Die Benennung der Palynomorphen nach botanischen Taxa dagegen schließt bereits eine Interpretation ein (JOOSTEN & DE KLERK 2002). Auch bei vorsichtiger Handhabung, zum Beispiel der Verwendung von Pollentypen und Pollengruppen, können Fehlinterpretationen nicht ausgeschlossen werden, da immer nur der jeweils aktuelle Kenntnisstand bei der Zuordnung möglicher Sporen- oder Pollenquellen bei der Benennung berücksichtigt werden kann.

Ist dagegen eine Zuordnung zu den botanischen Taxa mit hoher Wahrscheinlichkeit möglich, dann ist eine Benennung der Palynomorphen danach aussagekräftiger als die rein deskriptive Vorgehensweise. Eine Verwendung der beschriebenen Typen für Vegetations- und Klimarekonstruktionen ist leichter möglich und schon beim Betrachten der Pollendiagramme bekommt der Leser eine Vorstellung von der vorherrschenden Vegetation und deren Wandel.

Aus diesem Grunde wird in der vorliegenden Arbeit versucht, bei der Benennung der Palynomorphen der botanischen Systematik zu folgen. Um die Bestimmung transparent zu machen, werden die gefundenen Palynomorphen nachfolgend mit den zur Unterscheidung wichtigen Merkmalen beschrieben und abgebildet.

Die Benennung folgt hier im Wesentlichen den Vorschlägen von BIRKS (1973) und BEUG (2004): Es wird jeweils das Taxon oder die Taxa angegeben, zu denen die Zugehörigkeit sicher erscheint. Gibt es innerhalb einer taxonomischen Einheit mehrere Formen offensichtlich unterschiedlicher Pollen, die aber nicht sicher einem Untertaxon zugeordnet werden können, werden sie als „Formen“ unterschieden.

Kommen für ein Pollenkorn mehrere ähnliche Taxa infrage, wird die Bezeichnung eines besonders wichtigen oder häufigen dieser Taxa verwendet und mit der Endung „-Typ“ versehen.

Folgende Beispiele sollen die verwendeten nomenklatorischen Regeln verdeutlichen:

- Ein Pollenkorn, das als „*Quercus*“ bezeichnet wird, gehört sicher zur Gattung *Quercus*, eine weitere Zuordnung zu einer untergeordneten Einheit erfolgte nicht.
- Die Bezeichnung „Iridaceae / Liliaceae“ weist auf die Zugehörigkeit zu einer der beiden Familien hin.
- „*Senecio*-Typ“ drückt eine Ähnlichkeit mit Pollen der Gattung *Senecio* aus, ohne dass eine Aussage zur tatsächlichen Gattungszugehörigkeit getroffen wird. Der Pollen-„Typ“ bezeichnet also eine morphologische Ähnlichkeit (sensu BEUG 2004) und nicht zwingend eine Verwandtschaft. Innerhalb einer solchen Ähnlichkeitsgruppe kann es aber durchaus mehrere Typen geben, wenn beide Typen einer Gattung ähneln, aber dennoch deutlich voneinander unterscheidbar sind – so zum Beispiel *Senecio*-Typ 1 und *Senecio*-Typ 2.
- Die Pollen von *Abies* Form 1 und *Abies* Form 2 gehören beide sicher zur Gattung *Abies*, sind aber deutlich unterschiedlich und stammen wahrscheinlich von verschiedenen Arten, die jedoch nicht genauer bestimmbar sind.

Für die Auswertungen in der vorliegenden Arbeit wurden viele der im Folgenden beschriebenen Pollenformen zu übergeordneten taxonomischen Einheiten zusammengefasst. Diese sind jeweils als „Taxon“ bei den einzelnen Formen vermerkt und bilden die Basis für alle nachfolgenden Auswertungen und Analysen. Im Folgenden werden insgesamt 96 verschiedene Pollenformen beschrieben, die zu 64 Taxa zusammengefasst wurden.

Die Terminologie für die Beschreibung der Pollenkörner richtet sich im Wesentlichen nach BEUG (2004). Die botanische Systematik und die Zuordnung zu Pflanzenordnungen folgt JUDD (2008).

5.2 Gymnospermae

Coniferales:

(1) *Pinus* Form 1

(Tafel 1, Bild 1)

Größe: 70–90 µm, Zentralkörper ca. 60–70 µm lang

Charakteristische Merkmale: vesikulat; Zentralkörper dünnwandig; Luftsäcke halbkugelig, nicht sehr deutlich vom Zentralkörper abgesetzt

Botanische Zuordnung: Eine Zuordnung innerhalb der Gattung wird nicht vorgenommen.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004) und STUHLIK (2002); entspricht *Pityosporites alatus* in KRUTZSCH (1971)

Taxon: *Pinus*

(2) *Pinus* Form 2

(Tafel 1, Bild 2)

Größe: ca. 50 µm, Zentralkörper ca. 30–35 µm lang

Charakteristische Merkmale: vesikulat

Abgrenzung: von *Pinus* Form 1 lediglich durch die deutlich geringere Größe unterschieden

Botanische Zuordnung: Eine Zuordnung innerhalb der Gattung wird nicht vorgenommen.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004) und STUCHLIK (2002); entspricht *Pityosporites microalatus* in KRUTZSCH (1971)

Taxon: *Pinus*

(3) *Abies* Form 1

(Tafel 1, Bild 3)

Größe: ca. 70–80 µm, Zentralkörper ca. 50 µm lang

Charakteristische Merkmale: vesikulat; Zentralkörper fast kreisrund und groß

Abgrenzung: Die Exine ist proximal deutlich verdickt (Unterscheidung von *Pinus*-Formen), bildet allerdings keinen Kamm aus (Unterscheidung von *Abies* Form 2).

Botanische Zuordnung: Eine Zuordnung innerhalb der Gattung wird nicht vorgenommen.

Abies nordmanniana (Kaukasustanne) ist heute im äußersten Nordosten der Türkei verbreitet und kommt als Herkunft der *Abies*-Pollen infrage (ZOHARY 1973).

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004) und STUCHLIK (2002); in SHATILOVA & MCHEDLISHVILI (1980) unter *Abies nordmanniana* aufgeführt

Taxon: *Abies*

(4) *Abies* Form 2

(Tafel 1, Bild 4)

Größe: ca. 70–80 µm, Zentralkörper ca. 50 µm lang

Charakteristische Merkmale: vesikulat; wie *Abies* Form 1, aber Exine proximal mit deutlichem Kamm

Botanische Zuordnung: nach STUCHLIK (2002) ähnlich den Pollen von *Abies alba*

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004) und STUCHLIK (2002); entspricht *Abiespollenites absolutus* nach STUCHLIK (2002)

Taxon: *Abies*

(5) *Abies* Form 3

(Tafel 2, Bild 1)

Größe: ca. 70 µm

Charakteristische Merkmale: vesikulat; ähnlich *Abies* Form 2

Abgrenzung: Anders als *Abies* Form 2 bildet die Exine proximal einen deutlichen Kamm und die Sacci sind wesentlich kleiner. Auch von *Abies* Form 1 deutlich durch zierlicheren Habitus und kleinere Sacci unterschieden.

Botanische Zuordnung: Eine Zuordnung innerhalb der Gattung wird nicht vorgenommen.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004) und STUCHLIK (2002); entspricht *Abiespollenites cedroides* in STUCHLIK (2002)

Taxon: *Abies*

(6) *Abies* Form 4

(Tafel 2, Bild 2)

Größe: ca. 70 µm

Charakteristische Merkmale: vesikulat; Zentralkörper länglich, ca. 35–40 µm lang

Abgrenzung: kleiner und kompakter als *Abies* Formen 1 und 2; Exine des Zentralkörpers leicht verdickt; Luftsäcke scharf abgesetzt, deutlich mehr als halbkugelig (Unterscheidung von *Pinus* Formen 1 und 2)

Botanische Zuordnung: Eine Zuordnung innerhalb der Gattung wird nicht vorgenommen.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004) und STUCHLIK (2002)

Taxon: *Abies*

(7) *Picea*

(Tafel 2, Bild 3)

Größe: ca. 70–80 µm

Charakteristische Merkmale: vesikulat; Zentralkörper lang gestreckt und kompakt, Luftsäcke nicht deutlich vom Zentralkörper getrennt, weniger als halbkugelig. Die Exine ist glatt und leicht undulierend.

Abgrenzung: durch Größe und fehlende Abgrenzung der Sacci von den anderen bisaccaten Pollentypen unterscheidbar

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004) und STUCHLIK (2002)

Taxon: *Picea*

(8) *Sciadopitys*

(Tafel 3, Bild 1)

Größe: 70 µm

Charakteristische Merkmale: vesikulat; sphäroidischer Pollen; sehr ähnlich dem von KRUTZSCH (1971) beschriebenen *Sciadopityspollenites tuberculatus*, aber etwas größer

Botanische Zuordnung: gehört wohl zur Gattung *Sciadopitys*, die zu den Taxodiaceae zählt und rezent nur noch in Ostasien vorkommt; möglicherweise der einzigen rezenten Art *Sciadopitys verticillata* zugehörig

Bemerkungen: bestimmt nach STUCHLIK (2002); in SHATILOVA (1984) als *Sciadopitys verticillatiformis* aus dem Pliozän Georgiens genannt

Taxon: *Sciadopitys*

(9) *Tsuga* Form 1

(Tafel 3, Bild 2)

Größe: ca. 50 µm

Charakteristische Merkmale: vesikulat; oblates Pollenkorn mit äquatorial ringförmig verlaufendem, faltigem Luftsack. Dieser bildet einen 5–10 µm breiten Kragen. Keine Echini erkennbar und somit zu den „unbestachelten Arten“ (KRUTZSCH 1971) zählend

Botanische Zuordnung: Zuordnung zu einer rezenten *Tsuga*-Art nach KRUTZSCH (1971) nicht möglich; SHATILOVA & MCHEDLISHVILI (1980) führen diese Form unter *Tsuga patens* auf – ein Synonym zu *Tsuga chinensis*, die rezent fast ausschließlich in China vorkommt.

Bemerkungen: bestimmt nach STUCHLIK (2002)

Taxon: *Tsuga*

(10) *Tsuga* Form 2

(Tafel 3, Bild 3)

Größe: ca. 100 µm lang und 75 µm breit

Charakteristische Merkmale: vesikulat

Abgrenzung: größer als *Tsuga* Form 1 und mit deutlichen Echini; Luftsack ca. 10 µm breit

Botanische Zuordnung: KRUTZSCH (1971) nennt *Tsuga diversifolia* und *T. sieboldi* als mögliche Produzenten, die rezent nur noch in Japan beheimatet sind.

Bemerkungen: bestimmt nach STUCHLIK (2002); entspricht *Zonalapollenites spinulosus* aus KRUTZSCH (1971)

Taxon: *Tsuga*

(11) *Tsuga* Form 3

(Tafel 4, Bild 1)

Größe: ca. 90 µm lang und 45 µm breit

Charakteristische Merkmale: vesikulat

Abgrenzung: größer als *Tsuga* Form 1 und etwas kleiner als *Tsuga* Form 2; viele und deutliche Echini; Kragen zwar vorhanden, aber nicht sehr ausgeprägt

Botanische Zuordnung: ähnelt *Zonalapollenites neogenicus* bei KRUTZSCH (1971), die Zuordnung zu einer rezenten Art ist nach KRUTZSCH (1971) jedoch nicht möglich

Bemerkungen: bestimmt nach STUCHLIK (2002)

Taxon: *Tsuga*

(12) *Tsuga* Form 4

(Tafel 4, Bild 2)

Größe: ca. 40 µm

Charakteristische Merkmale: vesikulat; oblates Pollenkorn mit äquatorial ringförmig verlaufendem, faltigem Luftsack; 5–10 µm breiter Kragen; keine Echini erkennbar, möglicherweise aber vorhanden; zählt zu der Sammel-„Art“ *Zonalapollenites igniculus* aus KRUTZSCH (1971), die alle „unbestachelten“ *Zonalapollenites* umfasst, die kleiner als 50 µm sind

Abgrenzung: Die Form lässt sich durch die geringe Größe und den ausgeprägten „Kragen“ gut von den anderen *Tsuga*-Formen unterscheiden.

Botanische Zuordnung: Eine Zuordnung zu einer rezenten *Tsuga*-Art ist nach KRUTZSCH (1971) nicht möglich.

Bemerkungen: bestimmt nach STUCHLIK (2002)

Taxon: *Tsuga*

(13) *Podocarpus*

(Tafel 4, Bild 3)

Größe: ca. 65 µm, Zentralkörper ca. 25 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: vesikulat; Zentralkörper klein und rund, Luftsäcke deutlich vom Zentralkörper abgesetzt und viel größer als dieser; Exine ca. 1,5–2 µm dick und scabrat

Abgrenzung: Charakteristisch für *Podocarpus* ist nach STUCHLIK (2002) die alveolate Infrastruktur der Sacci-Exine mit offenen Alveolen und abgerissenen Muri.

Botanische Zuordnung: Zugehörigkeit zur Gattung *Podocarpus* ist sehr wahrscheinlich. Eine Artzugehörigkeit kann nicht ermittelt werden.

Bemerkungen: bestimmt nach STUCHLIK (2002). Auch SHATILOVA (1984) führt die Gattung aus dem Pliozän Georgiens auf. In der vorliegenden Untersuchung wurden nur

drei einzelne Pollenkörner in drei Proben des Profils Ashotavan-2 nachgewiesen.

Taxon: *Podocarpus*

(14) *Cedrus*

(Tafel 4, Bild 4)

Größe: Zentralkörper ca. 50 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: vesikulat; Luftsäcke halbkugelig und kaum vom Zentralkörper abgesetzt; Exine des Zentralkörpers dorsal ca. 4–8 µm dick, mit deutlich welliger Außenseite, an der Ansatzstelle der Luftsäcke noch stärker verdickt (nach BEUG 2004 wichtiges Merkmal); Exine zwischen den Sacci fein rugulat

Botanische Zuordnung: Gattung *Cedrus*; vermutlich von der rezenten kleinasiatischen Art *Cedrus libani* stammend

Bemerkungen: Gattung bestimmt nach STUCHLIK (2002). Dessen Form *Cedripites libaniformis* ist der vorliegenden durchaus ähnlich, auch wenn eine konkrete Zuordnung nicht erfolgt. Auch SHATILOVA (1984) führt die Gattung mit den drei Formen *Cedrus sauerae*, *Cedrus* aff. *libani* und *Cedrus deodara* aus dem Pliozän Georgiens auf. In den untersuchten Proben tritt die Gattung relativ selten, aber in mehreren Profilen auf.

Taxon: *Cedrus*

Gnetophytes:

(15) *Ephedra distachya*-Typ

(Tafel 4, Bild 5)

Größe: ca. 50 µm

Charakteristische Merkmale: polyplikat; 4 bis maximal 6 Pseudocolpi; Zickzack-Linie zwischen den Pseudocolpi, bei vielen Exemplaren jedoch nicht deutlich erkennbar

Botanische Zuordnung: BEUG (2004) nennt für diesen Pollentyp als mögliche Produzenten *Ephedra distachya* und *Ephedra major*. Möglicherweise kommen auch noch andere *Ephedra*-Arten infrage. VAN ZEIST & WOLDRING (1978) führen außerdem *Ephedra intermedia* und *Ephedra pachyclada* für diesen Pollentyp an.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004)

Taxon: *Ephedra*

(16) *Ephedra fragilis*-Typ

(Tafel 4, Bild 6)

Größe: ca. 60 µm

Charakteristische Merkmale: polyplikat; 11–17 Pseudocolpi; keine Zickzack-Linie dazwischen

Abgrenzung: durch die höhere Zahl der Pseudocolpi eindeutig vom *Ephedra distachya*-Typ unterscheidbar

Botanische Zuordnung: BEUG (2004) nennt für diesen Pollentyp als mögliche Produzenten *Ephedra altissima*, *E. aphylla*, *E. fragilis*, *E. foeminaea* und *E. strobilacea*. Möglicherweise kommen auch noch andere *Ephedra*-Arten infrage.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004). Dieser Pollentyp wurde nur selten in den Profilen Ashotavan-2, Darbas-2 und Sisian-3 gefunden.

Taxon: *Ephedra*

5.3 Angiospermae

Alismatales:

(1) *Alisma*-Typ

(Tafel 4, Bild 7)

Größe: ca. 20 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: periporat, verrukat; mit undeutlichen Pori und kaum erkennbarem Anulus

Abgrenzung: durch die Anzahl und Anordnung der Pori von *Pistacia* unterscheidbar

Botanische Zuordnung: BEUG (2004) nennt die Gattungen *Alisma* und *Baldellia* für diesen Typ.

Bemerkungen: bestimmt nach CHESTER & RAINE (2001)

Taxon: *Alisma*

(2) *Potamogeton*

(Tafel 4, Bild 8)

Größe: ca. 30 µm

Charakteristische Merkmale: inaperturat, retikulat, sphäroidisch

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004) und CHESTER & RAINE (2001)

Taxon: *Potamogeton*

Asparagales:

(3) *Cephalanthera*-Typ

Größe: ca. 35 µm

Charakteristische Merkmale: inaperturat, scabrat; sphäroidisches Pollenkorn mit stumpfen Skulpturelementen auf der Exine, die manchmal rissig erscheint

Abgrenzung: durch die Exinenstruktur von *Potamogeton* unterscheidbar

Botanische Zuordnung: unklar, ob noch weitere Gattungen der Orchidaceae infrage kommen

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004) und CHESTER & RAINE (2001). Es wurde nur ein einzelnes Pollenkorn im Profil Darbas-2 gefunden.

Taxon: *Cephalanthera*

(4) *Iridaceae* / *Liliaceae*

(Tafel 4, Bild 9)

Größe: ca. 40 µm lang und 25 µm breit

Charakteristische Merkmale: monocolpat, retikulat

Botanische Zuordnung: Es kommen Vertreter beider Familien für diesen Pollentyp infrage.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004) und CHESTER & RAINE (2001)

Taxon: *Iridaceae* / *Liliaceae*

Poales:

(5) *Typha*

(Tafel 4, Bild 10)

Größe: ca. 40–60 µm

Charakteristische Merkmale: Tetrade aus vier monoporaten Einzelpollenkörnern, die in einer Ebene angeordnet sind, oder (bei *Typha angustifolia*) einzelne monoporate Pollenkörner; scabrat

Abgrenzung: Verwechslungsmöglichkeiten gibt es nur bei Einzelpollenkörnern, die sich aber durch die retikulante Exine von den Poaceae unterscheiden.

Botanische Zuordnung: Weil es sich bei Einzelpollenkörnern auch um Artefakte von ursprünglichen Tetraden handeln könnte, wird auf eine Abgrenzung von *Typha angustifolia* verzichtet.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004)

Taxon: *Typha*

(6) Poaceae

(Tafel 5, Bild 1)

Größe: ca. 30–50 µm

Charakteristische Merkmale: monoporat, psilat

Abgrenzung: eindeutig durch das Vorhandensein einer einzigen Pore von allen anderen Pollentypen unterscheidbar; von Einzelpollenkörnern von *Typha* durch die psilate Exine unterscheidbar

Botanische Zuordnung: Aus dieser Familie werden nur Pollenkörner abgetrennt, die eindeutig *Phragmites* zuzuordnen sind.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004)

Taxon: Poaceae

(7) *Phragmites*

(Tafel 5, Bild 2)

Größe: ca. 25 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: monoporat, psilat

Abgrenzung: kleiner als die meisten Poaceae-Pollen, mit einem Porusdurchmesser von ca. 5 µm

Botanische Zuordnung: Pollen gehören wohl zu *Phragmites australis*, die auch in der Makroflora der Profile vertreten ist (OLLIVIER et al. 2010).

Bemerkungen: bestimmt nach CHESTER & RAINE (2001). Die Form wurde nur dann von den Poaceae abgetrennt, wenn die Merkmale deutlich zu erkennen waren.

Taxon: Poaceae

(8) Cyperaceae

(Tafel 5, Bild 3)

Größe: stark schwankend; ca. 30–50 µm lang und 20–35 µm breit

Charakteristische Merkmale: heteropolarer Pollen mit Lacunae

Botanische Zuordnung: Eine Differenzierung innerhalb der Familie wurde nicht vorgenommen.

Bemerkungen: bestimmt nach CHESTER & RAINE (2001) und BEUG (2004).

Taxon: Cyperaceae

Ranunculales:

(9) *Aconitum*-Gruppe Form 1

(Tafel 5, Bild 4)

Größe: ca. 25 µm lang und 20 µm breit

Charakteristische Merkmale: tricolpat, psilat bis scabrat; deutliche Columellaschicht, Exine an den Polfeldern kappenförmig verdickt

Abgrenzung: deutlich kleiner und kompakter als die Formen 2 und 3

Botanische Zuordnung: In der *Aconitum*-Gruppe sind die Gattungen *Aconitum*, *Aquilegia*, *Consolida* und *Delphinium* subsumiert.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004)

Taxon: Ranunculaceae

(10) *Aconitum*-Gruppe Form 2

(Tafel 5, Bild 5)

Größe: ca. 50 µm lang und 20 µm breit

Charakteristische Merkmale: tricolpat, psilat bis scabrat; deutliche Columellaschicht, Exine an den Polfeldern kappenförmig verdickt

Abgrenzung: durch die lang gestreckte Form und die Größe deutlich von den Formen 1 und 3 unterscheidbar

Botanische Zuordnung: siehe *Aconitum*-Gruppe Form 1

Bemerkungen: siehe *Aconitum*-Gruppe Form 1

Taxon: Ranunculaceae

(11) *Aconitum*-Gruppe Form 3

(Tafel 5, Bild 6)

Größe: ca. 40 µm lang und 25 µm breit

Charakteristische Merkmale: tricolpat, psilat bis scabrat; deutliche Columellaschicht, Exine an den Polfeldern kappenförmig verdickt

Abgrenzung: größer als die Form 1, kürzer und kompakter als die Form 2 der *Aconitum*-Gruppe

Botanische Zuordnung: siehe *Aconitum*-Gruppe Form 1

Bemerkungen: siehe *Aconitum*-Gruppe Form 1

Taxon: Ranunculaceae

(12) *Ranunculus acris*-Typ Form 1

(Tafel 5, Bild 7)

Größe: ca. 20–25 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: tricolpat, scabrat; mit deutlichen Skulpturelementen

Abgrenzung: von *Quercus* durch die zerstreuteren Skulpturelemente unterscheidbar

Botanische Zuordnung: BEUG (2004) nennt für diesen Typ die Gattungen *Anemone*, *Callianthemum*, *Ceratocephala*, *Clematis*, *Myosurus*, *Pulsatilla* und *Ranunculus* (ohne *R. arvensis* und *R. parviflorus*)

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004)

Taxon: Ranunculaceae

(13) *Ranunculus acris*-Typ Form 2

(Tafel 5, Bild 8)

Größe: ca. 35 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: tricolpat, scabrat; mit deutlichen Skulpturelementen

Abgrenzung: von *Ranunculus acris*-Typ Form 1 nur durch die Größe unterschieden. Der Größenunterschied ist jedoch so groß, dass die Zuordnung zu einer eigenen Form gerechtfertigt erscheint.

Botanische Zuordnung: siehe *Ranunculus acris*-Typ Form 1

Bemerkungen: siehe *Ranunculus acris*-Typ Form 1

Taxon: Ranunculaceae

(14) *Ranunculus acris*-Typ Form 3

(Tafel 5, Bild 9)

Größe: 40 µm lang und ca. 30 µm breit

Charakteristische Merkmale: tricolpat, scabrat; mit deutlichen Skulpturelementen

Abgrenzung: von *Ranunculus acris*-Typ Formen 1 und 2 durch die deutlich größeren und weiter auseinanderstehenden Skulpturelemente unterschieden

Botanische Zuordnung: siehe *Ranunculus acris*-Typ Form 1

Bemerkungen: siehe *Ranunculus acris*-Typ Form 1

Taxon: Ranunculaceae

(15) Ranunculaceae

(Tafel 5, Bild 10)

Größe: ca. 40 µm lang

Charakteristische Merkmale: tricolpat, scabrat

Botanische Zuordnung: anhand der Merkmale in die Familie Ranunculaceae eingeordnet. Eine weitere Bestimmung wurde nicht vorgenommen, da der Pollen so in keiner der verwendeten Quellen zu finden ist.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004) und CHESTER & RAINE (2001)

Taxon: Ranunculaceae

(16) *Thalictrum*

(Tafel 5, Bild 11)

Größe: ca. 20 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: periporat, scabrat; mit 2–3 µm großen, leicht eingesenkten Pori

Abgrenzung: vor allem durch die eingesenkten Pori von anderen Formen unterscheidbar

Botanische Zuordnung: Da sowohl BEUG (2004) als auch CLARKE et al. (1991) keine Trennung in einzelne Arten oder Untergruppen innerhalb der Gattung vornehmen, scheint

die Gattung hinsichtlich der Pollenmorphologie relativ einheitlich zu sein. ZOHARY (1973) nennt *Thalictrum simplex* und *T. minus* rezent als Vertreter der irano-turanischen Steppe.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004)

Taxon: Ranunculaceae

(17) *Bongardia*

(Tafel 5, Bild 12)

Größe: ca. 50 µm lang und 30 µm breit

Charakteristische Merkmale: tricolpat, retikulat

Botanische Zuordnung: Nach ALI & QUAISER (1987) handelt es sich um eine monotypische Gattung, die mit der Art *Bongardia chrysogonum* vom östlichen Mittelmeerraum bis Westpakistan vertreten ist.

Bemerkungen: bestimmt nach VAN ZEIST & BOTTEMA (1977). Der Pollen wurde nur ein einziges Mal im Profil Darbas-2 gefunden.

Taxon: *Bongardia*

Proteales:

(18) *Platanus orientalis*

(Tafel 5, Bild 13)

Größe: ca. 25 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: tricolpat, retikulat

Abgrenzung: ähnlich *Parrotia persica*, aber von diesem durch die Größe unterscheidbar

Botanische Zuordnung: *Platanus orientalis* kommt rezent vor allem im östlichen Mittelmeerraum vor.

Bemerkungen: bestimmt nach CHESTER & RAINE (2001)

Taxon: *Platanus orientalis*

Caryophyllales:

(19) Caryophyllaceae

(Tafel 5, Bild 14)

Größe: ca. 30–40 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: periporat, verrukat; mit Operculum und Anulus. Exine relativ dickwandig

Abgrenzung: durch das Operculum und die dicke Exine von anderen periporaten Pollen unterschieden

Botanische Zuordnung: Innerhalb der Familie Caryophyllaceae wurde keine weitere Unterscheidung vorgenommen. GABRIELIAN (pers. Mitt.) nennt aus dieser Familie nur *Silene* sp. als Bestandteil der Makroflora.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004)

Taxon: Caryophyllaceae

(20) *Chenopodium*-Typ

(Tafel 5, Bild 15)

Größe: ca. 20 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: periporat, psilat; 60–80 Pori, ca. 1,5 µm im Durchmesser; Porusabstand etwa 4 µm

Abgrenzung: unterscheidet sich vom *Beta vulgaris*-Typ deutlich durch die Zahl und Größe der Pori

Botanische Zuordnung: Nach BEUG (2004) zeigen allein die mitteleuropäischen Arten der Chenopodiaceae eine so große Variationsbreite, dass er eine genaue Bestimmung für schwierig hält. Deshalb unterbleibt eine definitive Zuordnung zur Gattung für diesen Typ. Infrage kommen neben *Chenopodium* zum Beispiel *Salsola*, *Spinacia*, *Camphorosma*, *Atriplex* und *Kochia*, sicherlich aber noch weitere Gattungen. *Salsola* ist die einzige Gattung der Chenopodiaceae, die auch in der Makroflora von GABRIELIAN (pers. Mitt.) vorkommt.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004).

Taxon: Chenopodiaceae

(21) *Beta vulgaris*-Typ

(Tafel 5, Bild 16)

Größe: ca. 16 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: periporat, psilat; 30–40 Pori, ca. 2–2,5 µm Porusdurchmesser; Porusabstand etwa 3,5–4 µm

Abgrenzung: unterscheidet sich vom *Chenopodium*-Typ deutlich durch die Zahl und Größe der Pori

Botanische Zuordnung: Nach den Abbildungen in BEUG (2004) kommen *Beta vulgaris* und *Corispermum* sp. infrage – sicherlich aber noch weitere Taxa.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004)

Taxon: Chenopodiaceae

(22) *Chenopodiaceae*

(Tafel 5, Bild 17)

Größe: 20–30 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: periporat, psilat. Hier werden alle Pollenformen der Chenopodiaceae eingeordnet, die nicht eindeutig dem *Chenopodium*-Typ oder dem *Beta vulgaris*-Typ zugeordnet werden können. Die Variabilität ist hierbei sehr groß.

Botanische Zuordnung: Nach BEUG (2004) ist die Variationsbreite innerhalb der Chenopodiaceae sehr groß, sodass insbesondere bei fossilen Pollen eine genauere Zuordnung schwierig ist.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004)

Taxon: Chenopodiaceae

(23) *Polygonum bistorta*-Typ

(Tafel 6, Bild 1)

Größe: ca. 30 µm breit und 37 µm lang

Charakteristische Merkmale: periporat, retikulat; Columellae nur polar deutlich erkennbar, Pori undeutlich, Exine polar doppelt so dick wie äquatorial

Botanische Zuordnung: BEUG (2004) führt nur die Gattung *Bistorta* auf, die eng mit *Polygonum* verwandt ist.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004). Dieser Pollentyp wurde einmal im Profil Tolors-2 gefunden.

Taxon: Polygonaceae

(24) *Polygonum*-Typ

(Tafel 6, Bild 2)

Größe: ca. 35 µm

Charakteristische Merkmale: periporat, retikulat; sphäroidischer Pollen mit grob retikulater Exine

Botanische Zuordnung: erfolgt nur zur Gattung

Bemerkungen: bestimmt nach Abbildung in SHU et. al. (2008) und CHESTER & RAINE (2001)

Taxon: Polygonaceae

(25) *Polygonum aviculare*-Typ

(Tafel 6, Bild 3)

Größe: ca. 20 µm breit und 40 µm lang

Charakteristische Merkmale: tricolporat, psilat; Seitenränder fast parallel, dadurch charakteristischerweise leicht tonnenförmig erscheinend

Botanische Zuordnung: BEUG (2004) führt die Arten *Polygonum arenarium*, *P. aviculare*, *P. bellardii* und *P. maritimum* auf.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004)

Taxon: Polygonaceae

(26) *Rumex*

(Tafel 6, Bild 4)

Größe: ca. 25–30 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: tricolporat, retikulat; sphäroidischer Pollen mit fein retikulater Exine

Botanische Zuordnung: Eine Zuordnung zu bestimmten *Rumex*-Arten wird nicht vorgenommen. OLLIVIER et al. (2010) nennen *Rumex obtusifolius* als Bestandteil der Makroflora, der in Eurasien rezent weit verbreitet ist und mesophile Habitate bevorzugt.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004)

Taxon: Polygonaceae

(27) *Plumbaginaceae*

(Tafel 6, Bild 5)

Größe: ca. 50–60 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: tricolpat, retikulat; große Pollen, mit einem Dimorphismus in groß- und kleinretikulater Formen

Botanische Zuordnung: Es kommen die Gattungen *Armeria* und *Limonium* infrage, die nicht weiter unterschieden werden. ZOHARY (1973) führt für die von ihm bearbeitete Region nur *Limonium*-Arten auf, die alle Halophyten sind und die auch von der Größe der Pollen eher infrage kommen als *Armeria* sp. (BEUG 2004).

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004)

Taxon: Plumbaginaceae

Santalales:

(28) *Viscum*

(Tafel 6, Bild 6)

Größe: ca. 25–30 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: tricolpat, clavat.

Abgrenzung: Clavae stehen nicht auf einem Retikulum, wie bei *Ilex* oder *Geranium*.

Botanische Zuordnung: Infrage kommen wohl *Viscum album* und *V. cruciatum*. Letztere ist in Südeuropa, Nordafrika und Südasien verbreitet.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004)

Taxon: *Viscum*

Saxifragales:

(29) *Saxifraga*-Typ

(Tafel 6, Bild 7)

Größe: ca. 40 µm lang und 20 µm breit

Charakteristische Merkmale: tricolporat, rugulat; kleine Polarfelder und lange Colpi mit stark vorspringenden Rändern

Botanische Zuordnung: Die genaue Zuordnung zur Gattung *Saxifraga* oder gar einer Art konnte nicht vorgenommen werden.

Bemerkungen: bestimmt nach REILLE (1998)

Taxon: *Saxifraga*

(30) *Myriophyllum*

(Tafel 6, Bild 8)

Größe: ca. 50–70 µm Durchmesser

Charakteristische Merkmale: stephanoporat, psilat; großer Pollen mit charakteristisch verdicktem Anulus

Botanische Zuordnung: OLLIVIER et al. (2010) nennen *Myriophyllum spicatum* als Bestandteil der Makroflora.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004). Es wurde nur ein schlecht erhaltenes Pollenkorn dieser Gattung gefunden.

Taxon: *Myriophyllum*

(31) *Liquidambar*

(Tafel 6, Bild 9)

Größe: ca. 35 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: periporat, retikulat; mit ca. 1,5 µm großen Brochi und 15–20 Pori; Porusdurchmesser etwas größer als 5 µm und innerhalb eines Pollenkorns leicht variierend

Abgrenzung: Die Pollenform wird durch die oben genannte Merkmalskombination von anderen Formen abgegrenzt. Alle Formen der Chenopodiaceae haben kleinere Pori.

Botanische Zuordnung: Der Pollen stammt wohl von *Liquidambar orientalis*, der rezent die einzige Art ist, die in der Region vorkommt – im Süden der Türkei. Nach ZOHARY (1973) handelt es sich um ein euxinisches Florenelement.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004).

Taxon: *Liquidambar*

(32) *Parrotia persica*

(Tafel 6, Bild 10)

Größe: ca. 36–50 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: tricolpat, retikulat; Pollen wenig formstabil; Columellae schwer erkennbar

Abgrenzung: Der Pollen erinnert an *Quercus*, lässt sich jedoch durch die retikuläre Oberfläche und die Größe unterscheiden.

Botanische Zuordnung: *Parrotia persica* kommt rezent in den hyrkanischen Wäldern im Norden Irans vor.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004). Die Form konnte nur in zwei Proben von Darbas-2 und Tolors-2 gefunden werden. Da die Pollen im fossilen Material nicht immer gut erhalten sind, konnten sie möglicherweise nicht immer korrekt zugeordnet werden.

Taxon: *Parrotia persica*

Vitales:

(33) *Vitis*

(Tafel 6, Bild 11)

Größe: ca. 22 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: tricolporat, undeutlich retikulat

Abgrenzung: durch die konkaven Intercolpien von ähnlichen Formen abgrenzbar

Botanische Zuordnung: Eine Zuordnung zu einer Art erfolgte nicht. Möglicherweise kommt *Vitis sylvestris* infrage, die sowohl in den hyrkanischen Wäldern als auch in Südost-Anatolien rezent vorkommt (ZOHARY 1973).

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004)

Taxon: *Vitis*

Geraniales:

(34) *Geranium*

(Tafel 6, Bild 12)

Größe: sehr variabel, ca. 55–80 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: tricolpat, retikulat-clavat; Clavae auf einem Retikulum angeordnet

Abgrenzung: unterscheidet sich von dem ebenfalls clavaten *Ilex* durch die Größe

Botanische Zuordnung: nur bis zur Gattung

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004) und STAFFORD & BLACKMORE (1991) – nur bis zur Gattung

Taxon: *Geranium*

Malpighiales:

(35) *Linum catharticum*-Typ

(Tafel 6, Bild 13)

Größe: ca. 35 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: tricolpat, clavate; große Pollenkörner mit charakteristischen Skulpturelementen

Abgrenzung: vom *Linum alpinum*-Typ durch die Größe leicht unterscheidbar

Botanische Zuordnung: BEUG (2004) nennt *L. catharticum* und *L. trigynum* als mögliche Pollenproduzenten, die beide auch rezent im Kaukasus vorkommen.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004)

Taxon: *Linum*

(36) *Linum alpinum*-Typ

(Tafel 6, Bild 14)

Größe: ca. 60 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: tricolpat, clavate; große Pollenkörner mit charakteristischen Skulpturelementen

Abgrenzung: vom *Linum catharticum*-Typ durch die Größe leicht unterscheidbar

Botanische Zuordnung: BEUG (2004) nennt acht verschiedene Arten als mögliche Pollenproduzenten.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004)

Taxon: *Linum*

(37) *Salix*

(Tafel 7, Bild 1)

Größe: ca. 20 µm breit und 25 µm lang

Charakteristische Merkmale: tricolpat, retikulat; mit grob netzartigem Retikulum

Botanische Zuordnung: Eine weitere Bestimmung innerhalb der Gattung wurde nicht vorgenommen. OLLIVIER et al. (2010) nennen aus der fossilen Makroflora *Salix aegyptiaca*, *S. alba*, *S. caprea*, *S. excelsa*, *S. pentandra* und *S. wilhelmsiana*.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004)

Taxon: *Salix*

Fabales:

(38) *Trifolium repens*-Typ

(Tafel 7, Bild 2)

Größe: ca. 30 µm lang und 20 µm breit

Charakteristische Merkmale: tricolpat, retikulat; prolater Pollen mit undeutlichem Retikulum

Botanische Zuordnung: BEUG (2004) nennt als Vertreter des Typs neben *Trifolium repens* noch zahlreiche andere *Trifolium*- sowie drei *Trigonella*-Arten.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004)

Taxon: Fabaceae

Rosales:

(39) *Ulmus*

(Tafel 7, Bild 3)

Größe: ca. 35–40 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: stephanoporat, rugulat; meist 5 Pori in einer Ebene angeordnet; Anulus verdickt; Exine auch um die Pori skulpturiert

Abgrenzung: *Ulmus* und *Zelkova* lassen sich aufgrund der rugulaten Exine deutlich von anderen Formen abgrenzen. Der Anulus ist bei *Ulmus* weniger deutlich verdickt als bei *Zelkova* und ebenfalls skulpturiert. Die Pori sind rund, während sie bei *Zelkova* eher elliptisch sind (KVAVADZE & CONNOR 2005, NAKAGAWA et al. 1998).

Botanische Zuordnung: Die Pollen wurden innerhalb der Gattung nicht differenziert. In der Makroflora wurden *Ulmus glabra* und *U. minor* nachgewiesen (OLLIVIER et al. 2010).

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004), KVAVADZE & CONNOR (2005) und NAKAGAWA et al. (1998). Aufgrund der schwierigen Unterscheidung von *Zelkova* wurden beide Gattungen in den Pollenprofilen nicht getrennt.

Taxon: *Ulmus* / *Zelkova*

(40) *Zelkova*

(Tafel 7, Bild 4)

Größe: ca. 35–40 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: stephanoporat, rugulat; meist 4 Pori in einer Ebene angeordnet; Anulus verdickt; Exine im Bereich um die Pori glatt

Abgrenzung: *Ulmus* und *Zelkova* lassen sich aufgrund der rugulaten Exine deutlich von anderen Formen abgrenzen. Der Anulus ist deutlicher verdickt als bei *Ulmus* und die Exine in diesem Bereich nicht skulpturiert. Die Pori sind eher elliptisch (KVAVADZE & CONNOR 2005, NAKAGAWA et al. 1998).

Botanische Zuordnung: Die Pollen stammen wohl von *Zelkova carpinifolia*, die auch Bestandteil der Makroflora ist (OLLIVIER et al. 2010) und rezent im Kaukasus vorkommt.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004), KVAVADZE & CONNOR (2005) und NAKAGAWA et al. (1998). Aufgrund der schwierigen Unterscheidung von *Ulmus* wurden beide Gattungen in den Pollenprofilen nicht getrennt.

Taxon: *Ulmus* / *Zelkova*

(41) *Celtis*

(Tafel 7, Bild 5)

Größe: ca. 30 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: stephanoporat, psilat; meist 4 Pori, mit deutlichem Anulus; Exine leicht scabrat ohne Skulpturelemente, aber mit erkennbarer Columellaschicht

Abgrenzung: von *Carpinus* durch den Anulus und die Columellaschicht unterscheidbar

Botanische Zuordnung: Eine Zuordnung zu bestimmten *Celtis*-Arten wird nicht vorgenommen. OLLIVIER et al. (2010) beschreiben *Celtis caucasica* als Bestandteil der frühpleistozänen Wälder des Vorotan-Beckens.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004). Die Form wurde nur einmal im Profil Ashotavan-2 gefunden.

Taxon: *Celtis*

Curcubitales:

(42) *Datisca*

(Tafel 7, Bild 6)

Größe: ca. 15–18 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: tricolpat, scabrat; heteropolarer Pollen

Abgrenzung: Die Größe und die Heteropolarität grenzen diesen Pollentyp eindeutig ab.

Botanische Zuordnung: Die Gattung ist rezent in Südosteuropa, Westasien und Nordamerika mit der Art *Datisca cannabina* vertreten und besiedelt ausschließlich aride Gebiete (ALI & QUASER 1987).

Bemerkungen: bestimmt nach VAN ZEIST & BOTTEMA (1977). In den untersuchten Proben hafteten in der Regel mehrere Pollenkörner dieses Typs aneinander (siehe Foto).

Taxon: *Datisca*

Fagales:

(43) *Quercus coccifera*-Typ

(Tafel 7, Bild 7)

Größe: ca. 25–30 µm

Charakteristische Merkmale: tricolpat, scabrat; sphäroidischer bis schwach prolater Pollen

Botanische Zuordnung: BEUG (2004) beschreibt diesen Typ als *Quercus ilex*-Typ und nennt als mögliche Produzenten nur *Qu. ilex* und *Qu. coccifera*. Diese Pollenform ist wahrscheinlich immergrünen Arten zuzuordnen. Nach der Abbildung in SHATILOVA & MCHEDLISHVILI (1980) kommt wohl auch *Qu. castaneifolia* infrage. Diese Art ist Teil der Makroflora in den untersuchten Profilen (OLLIVIER et al. 2010) und kommt rezent in den hyrkanischen Wäldern im Norden Irans vor.

Bemerkungen: bestimmt nach CHESTER & RAINE (2001)

Taxon: *Quercus*

(44) *Quercus frainetto*-Typ

(Tafel 7, Bild 8)

Größe: ca. 30–35 µm

Charakteristische Merkmale: tricolpat, scabrat; fast sphäroidischer Pollen; Exine mit regelmäßig verteilten „körnigen“ Skulpturelementen

Abgrenzung: vom *Quercus coccifera*-Typ eindeutig unterscheidbar durch die Größe und die „körnige“ Oberfläche der Exine; Umriss stärker sphäroidisch

Botanische Zuordnung: CHESTER & RAINE (2001) nennen *Qu. robur* und *Qu. frainetto*, BEUG (2004) darüber hinaus *Qu. petraea*, *Qu. palustris*, *Qu. rubra* und *Qu. macrolepis*.

SHATILOVA & MCHEDLISHVILI (1980) führen diese Pollen unter *Qu. pontica* auf. Diese Art kommt im Kaukasus und der Türkei vor, von Abchasien bis Trabzon am Schwarzen Meer. Sie lebt in 1 200–2 300 m Höhe (GABRIELIAN pers. Mitt.).

Bemerkungen: bestimmt nach CHESTER & RAINE (2001); entspricht wohl dem von BEUG (2004) beschriebenen *Quercus robur-pubescens*-Typ

Taxon: *Quercus*

(45) *Juglans*

(Tafel 7, Bild 10)

Größe: ca. 30–40 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: periporat, psilat; 8–23 Pori (Bos & PUNT 1991), davon meist 4–6 Pori mehr oder weniger in einer Ebene angeordnet, zusätzlich Pori auf einem der Polarfelder; Umrandung der Pori kaum verdickt

Abgrenzung: durch die Heteropolarität und das Vorspringen der Exine um die Pori deutlich von allen anderen Formen unterscheidbar

Botanische Zuordnung: Aufgrund der rezenten Verbreitung der *Juglans*-Arten kommt wohl nur *Juglans regia* infrage.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004)

Taxon: *Juglans*

(46) *Pterocarya*

(Tafel 7, Bild 11)

Größe: ca. 30–40 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: stephanoporat, psilat; 3–8 Pori, die isopolar angeordnet sind; Exine sehr dünn, deshalb oft faltig erscheinend (Bos & PUNT 1991)

Abgrenzung: durch die Isopolarität von *Juglans* deutlich unterschieden. Verwechslungsmöglichkeiten bestehen mit *Carpinus*, der jedoch meist weniger Pori hat. *Ulmus* und *Zelkova* können durch die rugulate Exine abgegrenzt werden.

Botanische Zuordnung: Aufgrund der rezenten Verbreitung im Kaukasus ist wohl *Pterocarya fraxinifolia* als Pollenlieferant am wahrscheinlichsten.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004) und Bos & PUNT (1991)

Taxon: *Pterocarya*

(47) *Platycarya*

(Tafel 7, Bild 12)

Größe: ca. 25 µm im äquatorialen Durchmesser

Charakteristische Merkmale: triporat, psilat; Umriss des Pollenkorns dreieckig. Die Exine erscheint im Lichtmikroskop dicht und fein gekörnt. Auf jedem Polarfeld gibt es zwei Pseudocolpi, die aber an fossilem Material undeutlich sein können.

Abgrenzung: Durch die dreieckige Form, die Exinenstruktur und die Pseudocolpi unterscheidet sich die Form von anderen Pollentypen.

Botanische Zuordnung: Rezent kommt *Platycarya strobilacea* in China und Ostasien vor.

Bemerkungen: bestimmt nach STUHLIK (2009). Es wurden nur wenige Pollenkörner in den Profilen Darbas-2 und Tolors-2 gefunden.

Taxon: *Platycarya*

(48) *Carya*

(Tafel 7, Bild 13)

Größe: ca. 20–35 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: triporat, psilat

Abgrenzung: Pori sind in der Äquatorialzone angeordnet, aber leicht zu einer Seite hin verschoben (para-isopolar). Dadurch unterscheidet sich *Carya* von allen anderen Formen.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004) und BOS & PUNT (1991). *Carya* wurde nur in zwei Proben des Profils Ltsen-3 gefunden, welches das älteste ist.

Taxon: *Carya*

(49) *Carpinus betulus*

(Tafel 7, Bild 14)

Größe: ca. 35 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: stephanoporat, psilat; meist 4–5 Pori in einer Ebene angeordnet

Abgrenzung: Porusränder weniger stark verdickt als bei *Ulmus*, kleines Vestibulum; Exine psilat. Die Abgrenzung von *Carpinus orientalis* erfolgte durch die Anzahl der Pori und den meist größeren Durchmesser (SUC 1980, zit. in LEROY & ROIROT 1996).

Botanische Zuordnung: Die Pollen stammen mit hoher Wahrscheinlichkeit von *Carpinus betulus*, der auch Bestandteil der Makroflora ist (OLLIVIER et al. 2010). Weitere Anmerkungen siehe unter *C. orientalis*.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004)

Taxon: *Carpinus*

(50) *Carpinus orientalis*

(Tafel 7, Bild 15)

Größe: ca. 25–30 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: stephanoporat, psilat; meist 3 Pori in einer Ebene angeordnet

Abgrenzung: Zur Abgrenzung von *Carpinus betulus* wurden die geringere Anzahl der Pori und der kleinere Durchmesser herangezogen (SUC 1980, zit. in LEROY & ROIROT 1996).

Botanische Zuordnung: Die Pollen stammen mit hoher Wahrscheinlichkeit von *Carpinus orientalis*. Auch wenn es möglicherweise einen kleinen Überlappungsbereich mit *C. betulus* gibt, erscheint die Unterscheidung auf Artniveau hier wegen der unterschiedlichen ökologischen Ansprüche beider Arten sinnvoll. Von *C. orientalis* wurden zwar bisher keine Makrofossilien gefunden (OLLIVIER et al. 2010), jedoch ist die Art fester Bestandteil der irano-turanischen Pflanzengesellschaften (ZOHARY 1973) und kommt auch rezent in der Region vor.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004)

Taxon: *Carpinus*

(51) *Betula*

(Tafel 7, Bild 16)

Größe: ca. 18–22 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: triporat, psilat; mit deutlich aufgesetzten Vestibula

Abgrenzung: durch die Trennung von Endexine und Ektexine im Bereich der Vestibula von anderen triporaten Pollen unterscheidbar

Botanische Zuordnung: Eine Unterteilung der Gattung erfolgte nicht.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004)

Taxon: *Betula*

(52) *Alnus*

(Tafel 7, Bild 17)

Größe: ca. 25–30 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: stephanoporat, psilat; 4 oder 5 Pori in einer Ebene angeordnet und durch „Bögen“ miteinander verbunden

Botanische Zuordnung: Von *Alnus incana* wurden Makrofossilien gefunden (OLLIVIER et al. 2010). Eine Zuordnung zu einer bestimmten Art erfolgt jedoch nicht.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004). Insgesamt wurden nur drei Pollenkörner dieses Typs in den Profilen Darbas-2, Sisian-3 und Uyts-2 gefunden.

Taxon: *Alnus*

(53) **Urticaceae / Moraceae**

(Tafel 7, Bild 18)

Größe: ca. 20 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: triporat, psilat; kleine Pollenkörner – manchmal auch mit 2 oder 4 Pori

Botanische Zuordnung: Die Gruppe ist schwer bestimmbar und eine weitergehende Aufteilung unterbleibt deshalb. Nach der Größe kommen die Gattungen *Urtica* und *Parietaria* infrage, die Pollenkörner von *Morus* sind dagegen meist größer.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004) und CHESTER & RAINE (2001)

Taxon: Urticaceae / Moraceae

(54) *Sanguisorba minor*-Typ

(Tafel 8, Bild 1)

Größe: ca. 35–45 µm

Charakteristische Merkmale: tricolporat, scabrat; spitz zulaufende Colpi mit deutlichen Opercula; Colpi beiderseits der Opercula in charakteristischer Weise aufgewölbt

Botanische Zuordnung: BEUG (2004) benennt die Arten *Sanguisorba minor* und *Sarcopoterium spinosum* als Produzenten. Letztere hat ihren rezenten Verbreitungsschwerpunkt im östlichen Mittelmeerraum.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004)

Taxon: *Sanguisorba minor*

Mytales:

(55) *Circaea*

Größe: ca. 35–40 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: triporat, psilat; Pollen mit deutlich aufgesetzten, halbkugeligen Vestibula

Abgrenzung: durch Größe und Form – vor allem die auffälligen Vestibula – eindeutig abgrenzbar

Botanische Zuordnung: BEUG (2004) behandelt *Circaea alpina*, *C. lutetiana* und *C. x intermedia*. ZOHARY (1973) listet *C. lutetiana* als charakteristisch für den Unterwuchs in humiden hyrkanischen Wäldern auf.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004). Der Pollen wurde nur ein einziges Mal im Profil Darbas-2 gefunden.

Taxon: Onagraceae

(56) *Ludwigia palustris*-Typ

(Tafel 8, Bild 2)

Größe: ca. 45 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: triporat, psilat; großer Pollen mit großen Vestibula und dadurch dreieckiger Grundform

Botanische Zuordnung: Die Gattung *Ludwigia* ist vorwiegend in Westeuropa und Nordamerika verbreitet – so auch *L. palustris*, die als einzige Art von BEUG (2004) und CHESTER & RAINE (2001) behandelt wird. Deshalb kommen möglicherweise auch andere Arten in Betracht, zum Beispiel die nach ALI & QUAISER (1987) einzige bis nach Pakistan vorkommende Art *L. perennis*. Generell handelt es sich um Sumpf- oder Marschpflanzen.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004) und CHESTER & RAINE (2001)

Taxon: Onagraceae

Brassicales:

(57) Brassicaceae

(Tafel 8, Bild 3)

Größe: große Variationsbreite, von ca. 20 µm bis 35 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: tricolpat, retikulat; mit kleinem Polarfeld und annähernd sphäroidischer Form

Abgrenzung: Hierzu zählen alle Pollen mit der oben genannten Merkmalskombination, die nach BEUG (2004) die Familie Brassicaceae kennzeichnen.

Botanische Zuordnung: Innerhalb der Familie wurde nicht weiter unterschieden, da sehr viele Pollenformen – insbesondere in fossilem Material – schwer unterscheidbar sind.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004)

Taxon: Brassicaceae

Malvales:

(58) *Tilia*

(Tafel 8, Bild 4)

Größe: ca. 40 µm im äquatorialen Durchmesser

Charakteristische Merkmale: tricolporat, retikulat; Pollen oblat und in Polaransicht kreisförmig; durch die taschenförmig eingesenkten Aperturen dreieckig erscheinend

Botanische Zuordnung: OLLIVIER et al. (2010) nennen als Bestandteil der fossilen

Makroflora *Tilia begoniiflora*. Eine Zuordnung zu dieser oder einer anderen Art wurde nicht vorgenommen.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004). Nach ZOHARY (1973) kommen *Tilia cordata* und *T. rubra* sowohl in den euxinischen als auch den hyrkanischen Wäldern vor.

Taxon: *Tilia*

(59) *Malva sylvestris*-Typ

(Tafel 8, Bild 5)

Größe: ca. 60–70 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: periporat, echinat; großer Pollen mit etwa 100 Pori mit einem Durchmesser von ca. 3 µm und einem Porusabstand von ca. 10 µm

Abgrenzung: durch fehlende Strukturelemente außer den Echini sowie die oben genannten Maße von *Alcea* abgrenzbar

Botanische Zuordnung: Es kommen sicher eine ganze Reihe von Arten aus der großen Gattung *Malva* infrage, sodass der Pollen sehr unspezifisch ist.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004) und CHESTER & RAINE (2001). Die Form wurde lediglich einmal im Profil Brnakot-1 nachgewiesen.

Taxon: Malvaceae

(60) *Alcea*

(Tafel 8, Bild 6)

Größe: ca. 100 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: periporat, echinat; großer Pollen mit etwa 150–200 Pori mit einem Durchmesser von ca. 1,5–2 µm und einem Porusabstand von ca. 6–7 µm

Abgrenzung: Neben den Echini treten auch noch Baculae als Skulpturelemente auf. Dadurch und durch die oben genannten Maße ist die Form vom *Malva sylvestris*-Typ zu unterscheiden.

Botanische Zuordnung: Die Gattung umfasst nach ALI & QUAISER (1987) etwa 60 Arten mit einem Verbreitungsschwerpunkt im östlichen Mittelmeerraum.

Bemerkungen: bestimmt nach CHESTER & RAINE (2001). Die Art wurde nur dreimal in den Profilen Darbas-2 und Ashotavan-2 gefunden.

Taxon: Malvaceae

Sapindales:

(61) *Acer*

(Tafel 8, Bild 7)

Größe: ca. 25–30 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: tricolpat, striat

Abgrenzung: durch diese Merkmalskombination eindeutig zuordenbar

Botanische Zuordnung: GABRIELIAN hat in den untersuchten Aufschlüssen Makrofossilien mehrerer *Acer*-Arten nachgewiesen, namentlich *A. ibericum*, *A. velutinum*, *A. cappadocicum*, *A. platanoides*, *A. hyrcanum*, *A. heldreichii trautvetteri*, *A. campestrinum*, *A. subcampestre*, *A. sosnowskyi* und *A. opalus obtusatum* (GABRIELIAN & KOVAR-EDER 2011).

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004). Insgesamt wurden nur vier schlecht erhaltene Pollenkörner von *Acer* in den Profilen Darbas-2, Ltsen-3, Brnakot-2 und Uyts-2 gefunden. Verglichen mit den häufigen Funden von fossilen *Acer*-Blättern scheint die Gattung in der Palynoflora deutlich unterrepräsentiert zu sein.

Taxon: *Acer*

(62) *Pistacia*

(Tafel 8, Bild 8)

Größe: ca. 25–35 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: periporat, mikroretikulat; sphäroidischer Pollen mit 4 oder 5 Pori, die häufig undeutlich sind

Botanische Zuordnung: Eine Bestimmung innerhalb der Gattung wurde nicht vorgenommen.

Bemerkungen: bestimmt nach CHESTER & RAINE (2001)

Taxon: *Pistacia*

Ericales:

(63) *Ericaceae*

(Tafel 8, Bild 9)

Größe: ca. 25 µm

Charakteristische Merkmale: kompakte Pollentetrade

Abgrenzung: durch die geringe Größe und die tetraedrisch angeordneten Einzelpollenkörner von *Typha* unterscheidbar

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004); nur ein einzelnes Pollenkorn aus dem Profil Ashotavan-2

Taxon: *Ericaceae*

(64) *Polemonium*

(Tafel 8, Bild 10)

Größe: 50–55 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: periporat, striat; mit undeutlichen Pori

Abgrenzung: durch die striate Exine, die Größe und die Pori deutlich von allen anderen Formen unterscheidbar

Botanische Zuordnung: Nach STUCHLIK (1967) kommen alle *Polemonium*-Arten bis auf *P. confertum* und *P. foliossimum* für diesen Pollentyp grundsätzlich infrage. Die Abbildung in BEUG (2004) von *P. boreale* kommt dem vorliegenden Pollen am nächsten. Diese rezent ausschließlich boreal verbreitete Art kommt jedoch wohl nicht in Betracht.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004)

Taxon: *Polemonium*

Solanales:

(65) *Convolvulus*-Typ

(Tafel 9, Bild 1)

Größe: ca. 30–35 µm lang und 25–28 µm breit

Charakteristische Merkmale: tricolpat, psilat; mit am Polarfeld verdickter Exine, die dort etwa 3 µm dick ist

Botanische Zuordnung: Die Zugehörigkeit zur Gattung ist nicht sicher, da der Pollen so in keiner der verwendeten Quellen zu finden ist.

Bemerkungen: bestimmt nach CHESTER & RAINE (2001). Es wurde lediglich ein Pollenkorn im Profil Darbas-2 gefunden.

Taxon: *Convolvulus*

Lamiales:

(66) Plantaginaceae

(Tafel 9, Bild 2)

Größe: ca. 20 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: periporat, verrukat; kleine Pollenkörner mit wenigen Pori – nach BEUG (2004) maximal 17

Abgrenzung: durch die verrukate Exine von allen anderen periporaten Pollenformen unterscheidbar

Botanische Zuordnung: Innerhalb der Familie wurde nicht weiter unterschieden. Die gefundenen Pollen gleichen jedoch auffällig solchen von *Plantago lanceolata* in BEUG (2004).

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004) und CHESTER & RAINE (2001)

Taxon: Plantaginaceae

(67) *Marrubium*

(Tafel 9, Bild 3)

Größe: ca. 25 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: tricolpat, retikulat; sphäroidischer Pollen mit doppelter Columellaschicht und 2,5 µm dicker Exine

Botanische Zuordnung: Die Gattung mit etwa 30 Arten kommt schwerpunktmäßig in Europa und Südwestasien vor. Nach ZOHARY (1973) sind viele Arten ursprünglich iranoturische Florenelemente.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004)

Taxon: Lamiaceae

(68) *Prunella*

(Tafel 9, Bild 4)

Größe: ca. 45 µm lang und 35 µm breit

Charakteristische Merkmale: stephanocolpat, retikulat; großer Pollen mit 6 Colpi

Abgrenzung: einziger vorliegender Pollen mit 6 Colpi

Botanische Zuordnung: Es handelt sich um eine kleine, eurasisch verbreitete Gattung (ALI & QUAISSER 1987), innerhalb der nicht weiter unterschieden wird.

Bemerkungen: bestimmt nach REILLE (1998). Es wurde lediglich ein einziges Pollenkorn im Profil Darbas-2 gefunden.

Taxon: Lamiaceae

Aquifoliales:

(69) *Ilex*

(Tafel 9, Bild 5)

Größe: ca. 30 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: tricolpat, clavat

Abgrenzung: von *Geranium* durch die Größe unterscheidbar, bei *Viscum* stehen die Clavae nicht auf einem Retikulum

Botanische Zuordnung: Ob es sich um *Ilex aquifolium* handelt, nach dem die Form bestimmt wurde, oder eine andere Art ist, unklar. Nach einer Abbildung in SHATILOVA & MCHEDLISHVILI (1980) kommt beispielsweise auch *Ilex colchica* infrage, der nur im Kaukasus vorkommt.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004) und CHESTER & RAINE (2001)

Taxon: *Ilex*

Apiales:

(70) *Turgenia*-Typ

(Tafel 9, Bild 6)

Größe: ca. 25 µm breit und 50 µm lang

Charakteristische Merkmale: tricolporat, psilat; äußere Kontur äquatorial deutlich konvex und wellig, innere stark konkav

Botanische Zuordnung: Die Zuordnung zu *Turgenia latifolia* ist fraglich, weil diese nach BEUG (2004) deutlich größere Pollenkörner hervorbringt. Infrage käme noch *Tordylium apulum*, deren Pollenkörner jedoch deutlich kleiner sind.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004) und REILLE (1998)

Taxon: Apiaceae

(71) *Apiaceae* Form 1

(Tafel 9, Bild 7)

Größe: ca. 15–20 µm breit und 35–40 µm lang

Charakteristische Merkmale: tricolporat, psilat; äußere Ränder äquatorial fast parallel

Abgrenzung: durch Form und Größe eindeutig von anderen Pollenformen unterscheidbar

Botanische Zuordnung: Eine genauere Bestimmung als zur Familie erfolgte nicht.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004)

Taxon: Apiaceae

(72) *Bupleurum*-Typ

Größe: ca. 25 µm lang

Charakteristische Merkmale: tricolporat, psilat; äußere Ränder äquatorial asymmetrisch rhomboidisch, infolge der vorgezogenen Porusregion

Abgrenzung: durch die Form von anderen Apiaceae abgegrenzt

Botanische Zuordnung: Zu dieser Form zählen nach BEUG (2004) auch Pollenkörner der Gattungen *Grafia* und *Molopospermum*.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004)

Taxon: Apiaceae

(73) *Hedera*-Typ

Größe: ca. 20 µm breit und 40–45 µm lang

Charakteristische Merkmale: Tricolporat, retikulat; großer Pollen mit deutlicher Columellaschicht

Botanische Zuordnung: Der Pollen ähnelt *Parthenocissus* in SHATILOVA & MCHEDLISHVILI (1980). Diese kleine Gattung mit ca. 15 Arten ist rezent vor allem im gemäßigten Asien und Nordamerika verbreitet (ALI & QUAISER 1987).

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004) und SHATILOVA & MCHEDLISHVILI (1980)

Taxon: *Hedera*

Dipsacales:

(74) *Dipsacus fullonum*-Typ

(Tafel 9, Bild 8)

Größe: ca. 65 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: triporat, scabrat-echinat; großer Pollen mit sehr kurzen Colpi. Exine mit deutlicher, 3–4 µm dicker Columellaschicht und breitem Halo um die Colpi

Abgrenzung: vom *Knautia arvensis*-Typ vor allem durch den Halo (columellafreie Zone) um die Apertur zu unterscheiden

Botanische Zuordnung: CLARKE & JONES (1981) nennen für diesen Typ *Dipsacus fullonum*, *D. laciniatus*, *D. pilosus*, *D. sativus* und *D. strigosus*, haben in ihrer Arbeit jedoch nur die nordwesteuropäische Pollenflora berücksichtigt, sodass auch weitere Arten infrage kommen könnten.

Bemerkungen: bestimmt nach CLARKE & JONES (1981)

Taxon: Dipsacaceae

(75) *Knautia arvensis*-Typ

(Tafel 9, Bild 9)

Größe: ca. 65 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: triporat, scabrat-echinat; sehr ähnlich dem *Dipsacus fullonum*-Typ

Abgrenzung: vom *Dipsacus fullonum*-Typ vor allem durch den fehlenden Halo (columellafreie Zone) um die Apertur zu unterscheiden

Botanische Zuordnung: CLARKE & JONES (1981) nennen für diesen Typ *Knautia arvensis* und *K. dipsacifolia*. Auch über die von den Autoren ausschließlich bearbeitete nordwesteuropäische Pollenflora hinaus kommen wohl keine anderen Arten infrage.

Bemerkungen: bestimmt nach CLARKE & JONES (1981)

Taxon: Dipsacaceae

(76) *Valeriana saxatilis*-Typ

(Tafel 9, Bild 10)

Größe: ca. 30 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: triporat, scabrat; mit kleinen eingestreuten Echini

Abgrenzung: durch einfache Columellaschicht und scabrate Exine von den Asteroideae abgegrenzt

Botanische Zuordnung: BEUG (2004) nennt für diesen Typ *Valeriana saxatilis* und *V. salinca*, bildet den Pollen allerdings nicht ab.

Bemerkungen: bestimmt nach REILLE (1998)

Taxon: *Valeriana*

(77) *Valeriana officinalis*-Typ

(Tafel 9, Bild 11)

Größe: ca. 50 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: triporat, scabrat; mit zerstreuten, kleinen Echini

Abgrenzung: durch Exinenstruktur und Größe deutlich vom *Valeriana saxatilis*-Typ unterscheidbar

Botanische Zuordnung: CLARKE & JONES (1977) nennen für diesen Typ *Valeriana officinalis* ssp. *collina*, *V. officinalis* ssp. *officinalis*, *V. officinalis* ssp. *sambucifolia*, *V. pyrenaica* und *V. tuberosa*, beschreiben jedoch nur die nordwesteuropäische Pollenflora.

Bemerkungen: bestimmt nach CHESTER & RAINE (2001) sowie CLARKE & JONES (1977)

Taxon: *Valeriana*

(78) *Viburnum*

(Tafel 9, Bild 12)

Größe: ca. 22–25 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: tricolporat, retikulat; sphäroidischer Pollen. Exine mit einreihiger Columellaschicht

Botanische Zuordnung: Eine Zuordnung zu bestimmten *Viburnum*-Arten wird nicht vorgenommen. OLLIVIER et al. (2010) nennen *Viburnum lantana* als ein Hauptbestandteil rezenter Wälder im Vоротan-Becken.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004)

Taxon: *Viburnum*

Asterales:

(79) *Artemisia*

(Tafel 10, Bild 1)

Größe: 20–30 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: tricolpat, scabrat. Wichtigstes Merkmal ist der Aufbau des Tektums aus einer stärker und einer schwächer lichtbrechenden Schicht (BEUG 2004).

Abgrenzung: durch oben genanntes Merkmal von anderen Pollenkörnern deutlich unterscheidbar. Eine weitere Unterscheidung innerhalb dieses Typs ist problematisch (SUBALLY & QUÉTZEL 2002) und erfolgte nicht.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004)

Taxon: *Artemisia*

(80) *Centaurea scabiosa*-Typ

(Tafel 10, Bild 2)

Größe: ca. 35 µm breit und 50 µm lang

Charakteristische Merkmale: tricolpat, echinat; Umriss äquatorial rhomboidisch; Exine verdickt – an den Polen stärker als äquatorial

Abgrenzung: durch die unterschiedliche Verdickung der Exine von anderen *Centaurea*-Formen abgegrenzt

Botanische Zuordnung: *Centaurea scabiosa* hat ihren Verbreitungsschwerpunkt in Westeuropa, kommt jedoch auch in Armenien vor. Pollen dieses Typs bringen nach BEUG (2004) auch *C. dichroantha* und *C. rupestris* hervor.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004)

Taxon: Asteraceae

(81) *Centaurea jacea*-Typ

(Tafel 10, Bild 3)

Größe: ca. 30 µm breit und 35–40 µm lang

Charakteristische Merkmale: tricolpat, echinat; Umriss oval

Abgrenzung: durch die Größe, die nicht verdickte Exine und die Echini vom *Centaurea scabiosa*-Typ unterschieden

Botanische Zuordnung: BEUG (2004) ordnet diesem Pollentyp etwa ein Dutzend weitere Arten zu, sodass er sehr unspezifisch zu sein scheint.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004)

Taxon: Asteraceae

(82) *Centaurea solstitialis*-Typ

(Tafel 10, Bild 4)

Größe: ca. 25 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: tricolpat, echinat

Abgrenzung: Die Form ist in BEUG (2004) nicht aufgeführt und unterscheidet sich deutlich in Form und Skulptur von allen anderen *Centaurea*-Pollen.

Botanische Zuordnung: Es ist unklar, ob diesem Typ noch weitere Arten zugeordnet werden können.

Bemerkungen: bestimmt nach VAN ZEIST & BOTTEMA (1977)

Taxon: Asteraceae

(83) *Centaurea triumfettii*-Typ

(Tafel 10, Bild 5)

Größe: ca. 45 µm lang und 30 µm breit

Charakteristische Merkmale: tricolpat, scabrat; elliptischer Pollen mit schwach scabrater Exine; deutliche, zweigeteilte Columellaschicht

Abgrenzung: unterscheidet sich von allen anderen *Centaurea*-Pollen durch die Exinenstruktur

Botanische Zuordnung: Die Form ähnelt dem *C. montana*-Typ von BEUG (2004), ist aber etwas kleiner.

Bemerkungen: bestimmt nach REILLE (1998)

Taxon: Asteraceae

(84) *Cousinia*

(Tafel 10, Bild 6)

Größe: ca. 40–45 µm lang, 25–30 µm breit

Charakteristische Merkmale: tricolpat, psilat; anhand der deutlichen Margo aus lockerer gestellten Columellae unverwechselbar

Botanische Zuordnung: Nach SCHTEPA (1976) und KUPRIANOVA & TSCHERNEVA (1982 zit. nach MEHREGAN 2008) kommt für die gefundenen Pollen nur die Untergattung *Cousinia* subgen. *Cousinia* infrage, die allerdings mehrere Dutzend Arten beinhaltet.

Bemerkungen: bestimmt nach VAN ZEIST & BOTTEMA (1977). Die Gattung *Cousinia* ist rezent in Zentral- und Südwestasien verbreitet (MEHREGAN 2008).

Taxon: Asteraceae

(85) Cichorioideae

(Tafel 10, Bild 7)

Größe: ca. 30 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: fenestrat, echinat

Botanische Zuordnung: Unterfamilie Cichorioideae. Innerhalb der Unterfamilie werden keine Formen unterschieden.

Bemerkungen: Die trennenden Merkmale sind bei den fossilen Pollen häufig nicht sichtbar.

Taxon: Asteraceae

(86) *Bidens tripartita*-Typ

(Tafel 10, Bild 8)

Größe: ca. 20 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: tricolpat, echinat; schmale lange Echini

Abgrenzung: anhand der Form der Echini von allen anderen aufgeführten Formen unterschieden

Botanische Zuordnung: PUNT & HOEN (2009) nennen für diesen Typ *Arnica montana*, *Bidens cernua*, *B. connata*, *B. frondosa*, *B. radiata*, *B. tripartita*, *Galinsoga ciliata*, *G. parviflora*, *Pulicaria dysenterica* und *P. vulgaris*, haben in ihrer Arbeit jedoch nur die nordwesteuropäischen Pollen bearbeitet, sodass unter Umständen noch mehr Arten infrage kommen.

Bemerkungen: bestimmt nach PUNT & HOEN (2009)

Taxon: Asteraceae

(87) *Carthamus*-Typ

Größe: 40–50 µm lang

Charakteristische Merkmale: tricolpat, echinat; Echini deutlich und durch Grate miteinander verbunden; Colpi relativ kurz

Abgrenzung: ähnlich *Centaurea jacea*-Typ, aber Exine kammartig

Botanische Zuordnung: BEUG (2004) nennt *Carthamus lanatus*, *C. tinctorius* und *Leuzea rhapsantica* als mögliche Pollenproduzenten. Alle drei sind ursprünglich vor allem im Mittelmeerraum beheimatet.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004). PUNT & HOEN (2009) zählen diesen Typ zu ihrem *Leuzea conifera*-Typ.

Taxon: Asteraceae

(88) *Xanthium*-Typ

(Tafel 10, Bild 9)

Größe: ca. 20 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: tricolpat, echinat; kleiner, mikroechinater Pollen; Echini und Aperturen häufig nicht oder schwer sichtbar

Abgrenzung: kann mit periporaten Pollen der Chenopodiaceae verwechselt werden, hat aber eine dickere Exine und mehr „Pseudopori“

Botanische Zuordnung: BEUG (2004) führt bei seinem *Xanthium spinosum*-Typ *Xanthium spinosum* und *Ambrosia artemisiifolia* auf. PUNT & HOEN (2009) nennen diesen Typ *Xanthium strumarium*-Typ, schließen *Ambrosia* dafür aus und nennen stattdessen neben *X. strumarium* noch *X. orientale* und *X. echinatum*.

Bemerkungen: bestimmt nach PUNT & HOEN (2009)

Taxon: Asteraceae

(89) *Matricaria*-Typ

(Tafel 10, Bild 10)

Größe: ca. 25–30 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: tricolpat, echinat; kompakter, sphäroidischer Pollen mit deutlichen Echini, die auf einer breiten Basis stehen

Abgrenzung: durch die dicke innere Columellaschicht mit teilweise verzweigten Columellae deutlich von anderen Formen unterscheidbar

Botanische Zuordnung: BEUG (2004) führt die Gattungen *Achillea*, *Anthemis*, *Chrysanthemum*, *Cotula*, *Leucanthemopsis*, *Matricaria*, *Tanacetum* und *Tripleurospermum* auf.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004). PUNT & HOEN (2009) beschreiben einen identischen Typ als *Anthemis arvensis*-Typ und wundern sich über die Benennung BEUGS nach der deutlich selteneren Gattung *Matricaria*.

Taxon: Asteraceae

(90) *Saussurea*-Typ

(Tafel 10, Bild 11)

Größe: ca. 45–50 µm lang

Charakteristische Merkmale: tricolpat, echinat; dicke Exine mit zum Teil distal verzweigten Columellae; Außenrand mit kurzen, sehr stumpfen Echini

Abgrenzung: durch die Größe und Form der Echini vom *Matricaria*-Typ unterscheidbar. Columellae länger als bei den anderen großen Asteroideae-Pollen

Botanische Zuordnung: BEUG (2004) nennt die Gattungen *Arctium*, *Carlina*, *Jurinea*, *Onopordon*, *Saussurea*, *Serratula* und *Xeranthemum*.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004). PUNT & HOEN (2009) gliedern diesen Typ weiter auf. Dem wird hier jedoch nicht gefolgt.

Taxon: Asteraceae

(91) *Senecio*-Typ Form 1

(Tafel 10, Bild 12)

Größe: ca. 30–35 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: tricolpat, echinat; kompakter Pollen mit deutlichen, spitzen Echini mit breiter Basis

Abgrenzung: etwas größer als der *Matricaria*-Typ und keine so deutliche Columellaschicht

Botanische Zuordnung: BEUG (2004) nennt eine ganze Reihe von Gattungen, sodass dieser Typ relativ unspezifisch ist. Aufgrund der Unterschiede innerhalb des Typs wurden auch in der vorliegenden Arbeit drei Formen unterschieden. Die Form 1 entspricht etwa der Abbildung des Pollens von *Adenostyles* bei PUNT & HOEN (2009) und unterscheidet sich deutlich von dem dort beschriebenen *Senecio vulgaris*-Typ.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004). PUNT & HOEN (2009) teilen Formen dieses Typs weiter auf. Deren Aufteilung ist nicht identisch mit der hier vorgenommenen in die Formen 1 bis 3.

Taxon: Asteraceae

(92) *Senecio*-Typ Form 2

(Tafel 10, Bild 13)

Größe: ca. 25 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: tricolpat, echinat

Abgrenzung: Echini etwas kürzer als bei Form 1, etwa 2–4 µm lang und basal ebenso breit, wirken daher weniger spitz; Colpi oft etwas deutlicher erkennbar; Habitus eher „brombeerartig“; innere Columellaschicht fehlt oder nur klein unter den Echini ausgebildet – anders als beim *Matricaria*-Typ

Botanische Zuordnung: Der Typ ist am ehesten mit Pollen der rezenten Gattung *Gnaphalium* vergleichbar (BEUG 2004). Siehe auch Anmerkungen zu *Senecio*-Typ Form 1.

Bemerkungen: wie *Senecio*-Typ Form 1

Taxon: Asteraceae

(93) *Senecio*-Typ Form 3

(Tafel 10, Bild 14)

Größe: ca. 25 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: tricolpat, echinat

Abgrenzung: ähnlich Form 1, allerdings Echini etwas enger stehend und Pollenkorn deutlich kleiner; Colpi deutlicher erkennbar als bei den Formen 1 und 2; durch die fehlende oder kaum erkennbare innere Columellaschicht vom ansonsten sehr ähnlichen *Matricaria*-Typ unterscheidbar

Botanische Zuordnung: Diese Form könnte mit dem *Senecio vulgaris*-Typ von PUNT & HOEN (2009) identisch sein und ähnelt am ehesten den dort und bei BEUG (2004) abgebildeten Pollen der Gattung *Senecio*.

Bemerkungen: wie *Senecio*-Typ Form 1

Taxon: Asteraceae

(94) **Asteroideae**

Größe: unterschiedlich

Charakteristische Merkmale: tricolpat, echinat. Hier werden alle nicht weiter bestimmbaren Pollenkörner zusammengefasst, deren Zugehörigkeit zur Unterfamilie Asteroideae wegen der echinaten Exine und anderer Merkmale außer Zweifel steht.

Botanische Zuordnung: Die Zuordnung erfolgt nur zur Unterfamilie Asteroideae.

Bemerkungen: bestimmt nach BEUG (2004)

Taxon: Asteraceae

(95) ***Crupina***

(Tafel 10, Bild 15)

Größe: ca. 30 µm im Durchmesser

Charakteristische Merkmale: tricolpat, echinat; Habitus brombeerartig; Exine mit deutlich abgesetzten, stumpfen Echini, basal ca. 2 µm breit und ebenso lang

Abgrenzung: vor allem durch die stumpf-konische Form der Echini von den anderen Formen der Asteroideae abgegrenzt

Botanische Zuordnung: BEUG (2004), REILLE (1998) und PUNT & HOEN (2009) führen nur *Crupina vulgaris* auf. Infrage kommt jedoch wohl auch *C. cupinastrum*. Beide kommen im Kaukasus rezent vor.

Bemerkungen: Die gefundenen Pollen ähneln am deutlichsten der Abbildung in REILLE (1998), nach der die Bestimmung erfolgte.

Taxon: Asteraceae

5.4 Übersicht über die beschriebenen Taxa

Tab. 8 zeigt eine Übersicht der nachgewiesenen Pollentaxa und ihre systematische Zuordnung sowie das jeweilige Vorkommen in den untersuchten Aufschlüssen.

Tab. 8: Übersicht über die gefundenen Pollen in den untersuchten Aufschlüssen. Die fett gedruckten Taxabezeichnungen sind die in den Auswertungen verwendeten.

- – bis zu 10 Pollenkörner
- – bis zu 100 Pollenkörner
- – bis zu 1 000 Pollenkörner
- – mehr als 1 000 Pollenkörner

Taxon	Ashotavan-2	Bmakot-1	Bmakot-2	Bmakot-3	Darbas-2	Ltsen-3	Sisian-2	Tolors-2	Uyts-2
Gymnospermae:									
Coniferales:									
<i>Pinus</i>									
<i>Pinus</i> Form 1	■	■	■	■	■	■	●	■	■
<i>Pinus</i> Form 2	●				■		○		
<i>Abies</i>									
<i>Abies</i> Form 1	●	○	○	○	●			○	○

Taxon	Ashotavan-2	Brnakot-1	Brnakot-2	Brnakot-3	Darbas-2	Lisen-3	Sisian-2	Tolors-2	Uyts-2
<i>Abies</i> Form 2	●			○	●	○	○	○	
<i>Abies</i> Form 3	●				○			○	
<i>Abies</i> Form 4	●						○		
<i>Picea</i>									
<i>Picea</i>	●	●	○	●	■	●		●	○
<i>Sciadopitys</i>									
<i>Sciadopitys</i>	●	●		○	○	○	○	○	
<i>Tsuga</i>									
<i>Tsuga</i> Form 1	●	●	○	●	●	○	○	●	●
<i>Tsuga</i> Form 2	○			●	○	○		○	
<i>Tsuga</i> Form 3	●				●				
<i>Tsuga</i> Form 4	○	○							
<i>Podocarpus</i>									
<i>Podocarpus</i>	○								
<i>Cedrus</i>									
<i>Cedrus</i>		○			○	○		○	
Gnetophytes									
<i>Ephedra</i>									
<i>Ephedra distachya</i> -Typ	■	●	●	■	■	●	■	●	■
<i>Ephedra fragilis</i> -Typ	○				○		○		
Angiospermae:									
Alismatales									
<i>Alisma</i>									
<i>Alisma</i> -Typ	●	○		○	●	○	○		
<i>Potamogeton</i>									
<i>Potamogeton</i>				○	○				
Asparagales									
<i>Cephalanthera</i>									
<i>Cephalanthera</i> -Typ					○				
Iridaceae / Liliaceae									
Iridaceae / Liliaceae	○				●	○	○		
Poales									
<i>Typha</i>									
<i>Typha</i>	●	○	○	○	●	○	○	●	○
Poaceae									
Poaceae	■	■	■	●	■	■	■	■	■
<i>Phragmites</i>					●	○			
Cyperaceae									
Cyperaceae	■	○	●	○	■	●	●		○
Ranunculales									
Ranunculaceae									
<i>Aconitum</i> -Gruppe Form 1	○								
<i>Aconitum</i> -Gruppe Form 2	○								
<i>Aconitum</i> -Gruppe Form 3		○							
<i>Ranunculus acris</i> -Typ Form 1	●				●		●		

Taxon	Ashotavan-2	Brnakot-1	Brnakot-2	Brnakot-3	Darbas-2	Lisen-3	Sisian-2	Tolors-2	Uyts-2
<i>Ranunculus acris</i> -Typ Form 2	●				○		○		
<i>Ranunculus acris</i> -Typ Form 3		○							
Ranunculaceae		○	●	○	■	●		○	■
<i>Thalictrum</i>	○	○			●	○	○	○	
Bongardia									
<i>Bongardia</i>					○				
Proteales									
<i>Platanus orientalis</i>									
<i>Platanus orientalis</i>					○			○	
Caryophyllales									
Caryophyllaceae									
Caryophyllaceae	○	○	○	○	●	●	○	○	●
Chenopodiaceae									
<i>Chenopodium</i> -Typ		○							
<i>Beta vulgaris</i> -Typ		○		○					
Chenopodiaceae	■	●	●	●	■	■	■	●	■
Polygonaceae									
<i>Polygonum bistorta</i> -Typ								○	
<i>Polygonum</i> -Typ	○	○			●	○	●	○	
<i>Polygonum aviculare</i> -Typ	○	○			○			○	
<i>Rumex</i>	●				●				
Plumbaginaceae									
Plumbaginaceae	●	●	●	●	■	●	●	○	●
Santanales									
<i>Viscum</i>									
<i>Viscum</i>	○	○			○				
Saxifragales									
<i>Saxifraga</i>									
<i>Saxifraga</i> -Typ	○						○		
<i>Myriophyllum</i>									
<i>Myriophyllum</i>				○					
<i>Liquidambar</i>									
<i>Liquidambar</i>					○				
<i>Parrotia persica</i>									
<i>Parrotia persica</i>					○			○	
Vitales									
<i>Vitis</i>									
<i>Vitis</i>	○								
Geraniales									
<i>Geranium</i>									
<i>Geranium</i>	○	○			○	○			
Malpighiales									
<i>Linum</i>									
<i>Linum alpinum</i> -Typ	○								
<i>Linum catharticum</i> -Typ	○			○	●			○	

Taxon	Ashotavan-2	Brnakot-1	Brnakot-2	Brnakot-3	Darbas-2	Lusen-3	Sisian-2	Tolors-2	Uyys-2
Salix									
<i>Salix</i>	●	○	●	○	●	○	●	○	
Fabales									
Fabaceae									
<i>Trifolium repens</i> -Typ								○	
Rosales									
Ulmus / Zelkova									
<i>Ulmus / Zelkova</i>	○	○	■	○	■	●		●	■
Celtis									
<i>Celtis</i>	○								
Curcubitales									
Datisca									
<i>Datisca</i>	●	○			●	●	●	●	
Fagales									
Quercus									
<i>Quercus coccifera</i> -Typ	●	●		●	■	●	●	■	
<i>Quercus frainetto</i> -Typ	●	●	■	○	■	■	○	●	■
Juglans									
<i>Juglans</i>	●	●	■	○	■	●	●	●	■
Pterocarya									
<i>Pterocarya</i>					○	○		○	
Platycarya									
<i>Platycarya</i>					○			○	
Carya									
<i>Carya</i>						○			
Carpinus									
<i>Carpinus betulus</i>	●	●	■	○	■	●	○	■	■
<i>Carpinus orientalis</i>		○			■	○		●	
Betula									
<i>Betula</i>	○		●	○	○	○	○	○	■
Alnus									
<i>Alnus</i>					○		○		○
Urticaceae / Moraceae									
Urticaceae / Moraceae		○		○	○			●	
Sanguisorba minor									
<i>Sanguisorba minor</i> -Typ					○				○
Myrtales									
Onagraceae									
<i>Circaea</i>					○				
<i>Ludwigia palustris</i> -Typ	○			○	○	○		○	○
Brassicales									
Brassicaceae									
Brassicaceae	●	○	●	●	■	○	●	●	●
Tilia									
<i>Tilia</i>	○	○	●	○	●	○		●	■

Taxon	Ashotavan-2	Brnakot-1	Brnakot-2	Brnakot-3	Darbas-2	Lusen-3	Sisian-2	Tolors-2	Uyts-2
Malvaceae									
<i>Malva sylvestris</i> -Typ		○							
<i>Alcea</i>	○				○				
Sapindales									
Acer									
<i>Acer</i>			○		○	○			○
Pistacia									
<i>Pistacia</i>					○			●	
Ericales									
Ericaceae									
Ericaceae	○								
Polemonium									
<i>Polemonium</i>	●				○	○			
Solanales									
Convolvulus									
<i>Convolvulus</i> -Typ								○	
Lamiales									
Plantaginaceae									
Plantaginaceae					○			○	
Lamiaceae									
<i>Marrubium</i>					○				
<i>Prunella</i>					○				
Aquifoliales									
Ilex									
<i>Ilex</i>		○			○				○
Apiales									
Apiaceae									
<i>Turgenia</i> -Typ		○							
Apiaceae Form 1			○		○	○	○	○	●
<i>Bupleurum</i> -Typ		○			●	○		○	
Hedera									
<i>Hedera</i> -Typ	○				○				
Dipsacales									
Dipsacaceae									
<i>Dipsacus fullonum</i> -Typ	○	○			○	○		○	
<i>Knautia arvensis</i> -Typ	○	○	○	○	●	○	○	●	●
Valeriana									
<i>Valeriana saxatilis</i> -Typ	○								
<i>Valeriana officinalis</i> -Typ						○			
Viburnum									
<i>Viburnum</i>					○		○		
Asterales									
Artemisia									
<i>Artemisia</i>	●	●	●	○	■	●	●	●	■
Asteraceae									

Taxon	Ashotavan-2	Brnakot-1	Brnakot-2	Brnakot-3	Darbas-2	Lisen-3	Sisian-2	Tolors-2	Uyts-2
<i>Centaurea scabiosa</i> -Typ					○				
<i>Centaurea jacea</i> -Typ	●	○			●	○	○	○	
<i>Centaurea solstitialis</i> -Typ	○			○	●		○		
<i>Centaurea triumfettii</i> -Typ	○	○	●	○	●	○	○		●
<i>Cousinia</i>	■	●		●	■	●	●	●	
Cichorioideae	■	■	●	■	■	●	●	●	■
<i>Bidens tripartita</i> -Typ	○				○		○	○	
<i>Carthamus</i> -Typ	○		●		○	○	○		●
<i>Xanthium</i> -Typ	○			○	●		○	○	
<i>Matricaria</i> -Typ	■	●	●	○	■	●	■	●	●
<i>Saussurea</i> -Typ		○		○	○				
<i>Senecio</i> -Typ Form 1	●	○	○	●	■	●	●	●	●
<i>Senecio</i> -Typ Form 2	●	●		●	●	○	●	●	
<i>Senecio</i> -Typ Form 3		○			○				
Asteroideae		●	●	●	■	●		●	■
<i>Crupina</i>	○				○	○	○		

6. Paläovegetation im Vоротan-Becken

Ausgehend von der pollenanalytischen Analyse sollen nachfolgend die Vegetation im Untersuchungsgebiet im Frühpleistozän zwischen etwa 1,4 und 0,9 Ma beschrieben und Rückschlüsse auf das Klima gezogen werden.

Dafür steht zunächst die Autökologie einiger wichtiger Arten und Gattungen, die in den Pollenproben nachgewiesen wurden, im Mittelpunkt. Daraus ergeben sich Hinweise für die Interpretation der Pollenprofile.

Anschließend werden die Ergebnisse der statistischen Auswertung der Pollendaten dargestellt und bewertet. Dies beinhaltet eine Häufigkeitsanalyse, eine Faktorenanalyse und eine Hierarchische Clusteranalyse.

Sowohl die ökologischen Betrachtungen als auch die statistischen Ergebnisse fließen in synoptische Pollendiagramme ein, anhand derer die Vegetation und das Klima der einzelnen Profile erörtert werden.

Danach werden die Ergebnisse der einzelnen Profile zusammengetragen und übergreifend dargestellt. Daraus ergeben sich für alle abgedeckten Zeitabschnitte konkrete Aussagen über die jeweilige Vegetation und die Klimaentwicklung.

6.1 Begriffsklärung

Im Zusammenhang mit Vegetationseinheiten werden viele Begriffe in der Literatur nicht einheitlich verwendet. Gerade bei der Beschreibung der Paläovegetation ist aber eine präzise Verwendung von Termini unerlässlich. In der vorliegenden Arbeit geht es häufig um das Verhältnis von Taxa offener Landschaften, zum Beispiel Steppen, und von Wäldern zueinander. Hier tauchen in der Literatur die Begriffe „Waldsteppe“, „Offenwald“, „Steppenwald“ oder im Englischen „steppe-forest“, „open woodland“ und weitere auf.

Waldsteppe wird in der vorliegenden Arbeit als Begriff für ein großräumiges Mosaik aus Waldbeständen und Steppenflächen verwendet. Beide existieren gleichwertig und prinzipiell voneinander unabhängig in horizontalem Nebeneinander (WENDELBERGER 1989, WALTER & BRECKLE 1999). Die Waldsteppe ist im Kaukasus eine zonale Klimaxgesellschaft, die sich aufgrund der vorherrschenden Klimaverhältnisse einstellt. Dadurch unterscheidet sie sich von edaphischen Waldsteinen anderer Regionen, bei denen die Steppe innerhalb von Wäldern nur auf xerothermen Sonderstandorten ausgebildet ist – etwa auf anstehendem Fels oder bewegtem Sand.

Steppenwälder bezeichnen dagegen eine einheitliche Pflanzengesellschaft mit einer vertikalen Zonierung von Wald- und Steppenelementen, also Bäumen und Kräutern (WENDELBERGER 1989). Auch ZOHARY (1973) verwendet den Begriff „steppe-forest“ analog, wenn beispielsweise von den offenen *Quercus-Juniperus*-Wäldern die Rede ist. Er verweist jedoch darauf, dass die Bäume oft so sehr zerstreut sind, dass der Begriff „Wald“ häufig irreführend sei.

Der Begriff „**offener Wald**“ wird in der vorliegenden Arbeit immer dann benutzt, wenn nicht zwischen Waldsteppe und Steppenwald unterschieden wird.

6.2 Ökologische Einordnung wichtiger Taxa

In Tab. 9 auf Seite 89 sind die nachgewiesenen Taxa nach ihren ökologischen Ansprüchen, den präferierten Klimazonen und morphologisch-physiologischen Anpassungen eingeordnet. Folgende Kriterien werden dabei berücksichtigt:

Nr.:	Bezeichnung:	ggf. Anmerkung:
Klimapräferenz (nach KOTTEK et al. 2006):		
1	tropisch	MAT > 24 °C
1.1	tropisch / subtropisch	
1.2	tropisch – warm gemäßigt	
2	subtropisch	MAT 20 – 24 °C
2.1	subtropisch / warm gemäßigt	
2.2	subtropisch – kühl gemäßigt	
2.3	subtropisch – kalt gemäßigt	
3	warm gemäßigt	MAT 14 – 20 °C
3.1	warm gemäßigt / Trockenzeit	MAT 14 – 20 °C
3.2	warm gemäßigt / durchgehend feucht	MAT 14 – 20 °C
3.3	warm – kühl gemäßigt	
3.4	warm – kalt gemäßigt	
4	kühl gemäßigt	MAT 10 – 14 °C
4.1	kühl – kalt gemäßigt	
5	kalt gemäßigt / boreal	MAT < 10 °C
6	unspezifisch	
7	unbekannt	
„immergrün“ / „laubabwerfend“		
1	immergrün	
2	regengrün	
3	sommergrün	
4	immergrün oder laubabwerfend (beides möglich)	
5	nicht anwendbar / unbekannt	
Wuchsform:		
1	Baum	
1.1	Baum / Strauch	
1.2	Baum / Strauch / Kraut	
2	Strauch	
2.1	Strauch / Kraut	
3	Kraut	
3.0	einjähriges Kraut	
3.1	mehnjähriges Kraut	
3.2	Segge	
3.3	schilfartig	
4	Wasserpflanze	
5	Kletterpflanze	
Habitatpräferenz:		
1	keine / zonal	

Nr.:	Bezeichnung:	ggf. Anmerkung:
2	Wasser	
2.1	stehendes Wasser	
2.2	fließendes Wasser	
2.3	marin	
3	Feuchtgebiet	
3.1	Sumpf	
3.2	Ufer	
3.3	Feuchtwiese	
4	unspezifisch	
5	trocken	
5.1	Küste	
5.2	Felssubstrat	
Wasserhaushalt:		
1	mesophytisch	
2	xerophytisch	
3	hygrophytisch	
4	aquatisch	
5	variabel	
6	unbekannt	
„Plant Functional Type“ nach PRENTICE et al. (1996)		
bec	Boreal evergreen conifer	
bs	Boreal summer green	
ctc	Cool temperate conifer	
ctc1	Intermediate temperate conifer	
ec	Eurythermic conifer	
ts	Temperate summer green	
ts1	Cool-temperate summer green	
ts2	Warm-temperate summer green	
wte	Warm-temperate broad-leaved evergreen	
wte1	Cool-temperate broad-leaved evergreen	
wte2	Warm-temperate sclerophyll shrub	
sf	Steppe forb	
df	Desert forb	
aa	Arctic-alpine dwarf shrub	
g	Grass	
s	Sedge	
h	Heath	

Zusätzlich zu den ökologischen Einschätzungen sind in der letzten Spalte auch mögliche Nutzungen durch frühe Menschen aufgeführt. Dabei werden sowohl potenzielle Nutzungen als Heil- oder Arzneipflanze (A) als auch als Nahrungspflanze (N) berücksichtigt. Folgende Quellen wurden genutzt:

¹: DOERSCHEL (2012)

²: Plants For A Future: A resource and information centre for edible and otherwise useful plants – <http://pfaf.org>

³: ALI & QUASER (1987)

Tab. 9: Ökologische Bewertung der nachgewiesenen Taxa

Taxon	Klimapräferenz	immergrün / laubabwerfend	Wuchsform	Habitatpräferenz	Wasserhaushalt	PFT nach PRENTICE et al. (1996)	euxinischer/ hyrkanischer Ursprung	Ressource für <i>Homo erectus</i>
Gymnospermae:								
Coniferales:								
<i>Pinus</i>	4.1	1	1	-	-	ec		A ¹ , N
<i>Pinus</i> Form 1								
<i>Pinus</i> Form 2								
<i>Abies</i>	4	1	1	-	-	bec	e	A ² , N ²
<i>Abies</i> Form 1								
<i>Abies</i> Form 2								
<i>Abies</i> Form 3								
<i>Abies</i> Form 4								
<i>Picea</i>	4.1	1	1	-	-	bec	e	N ²
<i>Picea</i>								
<i>Sciadopitys</i>	3.2	1	1	-	-	ctc1	h	- ²
<i>Sciadopitys</i>								
<i>Tsuga</i>	3.2	1	1	-	-	ctc1		A ¹ , N ¹
<i>Tsuga</i> Form 1								
<i>Tsuga</i> Form 2								
<i>Tsuga</i> Form 3								
<i>Tsuga</i> Form 4								
<i>Podocarpus</i>	1.2	1	1.1	-	-	ec		N ²
<i>Podocarpus</i>								
<i>Cedrus</i>	3	1	1	-	-	ctc1		A ² , N ²
<i>Cedrus</i>								
Gnetophytes								
<i>Ephedra</i>	2.1	5	2	5	2	sf-df		A ² , N ²
<i>Ephedra distachya</i> -Typ								
<i>Ephedra fragilis</i> -Typ								
Angiospermae:								
Alismatales								
<i>Alisma</i>	3.3	5	4	3	4	-		A ² , N ²
<i>Alisma</i> -Typ								
<i>Potamogeton</i>	3.3	5	4	2.1	4	-		N ²
<i>Potamogeton</i>								
Asparagales								
<i>Cephalanthera</i>	3.3	5	3.0	4	1	-		?
<i>Cephalanthera</i> -Typ								
Iridaceae / Liliaceae	6	5	3.0	4	5	-		A ² , N ²
Iridaceae / Liliaceae								
Poales								
<i>Typha</i>	6	5	3.3	3.2	3	s		A ¹ , N ¹
<i>Typha</i>								
Poaceae								
Poaceae	6	5	3	4	5	g		N ²

Taxon	Klimapräferenz	immergrün/ laubabwerfend	Wuchsform	Habitatpräferenz	Wasserhaushalt	PFT nach PRENTICE et al. (1996)	euxinischer/ hyrkanischer Ursprung	Ressource für <i>Homo erectus</i>
<i>Phragmites</i>	6	5	3.3	3	3	s		N ¹ , A ²
Cyperaceae	6	5	3.2	3	3	s		?
Cyperaceae								
Ranunculales								
Ranunculaceae								
<i>Aconitum</i> -Gruppe Form 1	4.1	5	3.0	4	1	-		A ²
<i>Aconitum</i> -Gruppe Form 2	4.1	5	3.0	4	1	-		A ²
<i>Aconitum</i> -Gruppe Form 3	4.1	5	3.0	4	1	-		A ²
<i>Ranunculus acris</i> -Typ Form 1	4.1	5	3.0	4	5	-		A ²
<i>Ranunculus acris</i> -Typ Form 2	4.1	5	3.0	4	5	-		A ²
<i>Ranunculus acris</i> -Typ Form 3	4.1	5	3.0	4	5	-		A ²
Ranunculaceae	6	5	2.1	4	5	-		A ²
<i>Thalictrum</i>	6	5	3.0	4	5	-		A ²
Bongardia								
<i>Bongardia</i>	2.1	5	3.0	5.2	2	-		N ³
Proteales								
<i>Platanus orientalis</i>	2.1	3	1	4	1	ts2		A ²
<i>Platanus orientalis</i>								
Caryophyllales								
Caryophyllaceae	6	5	3	4	5			?
Caryophyllaceae								
Chenopodiaceae	6	5	3.0	5	2	sf		
<i>Chenopodium</i> -Typ								A ² , N ²
<i>Beta vulgaris</i> -Typ								A ² , N ²
Chenopodiaceae								A ² , N ²
Polygonaceae	6	5	3	4	5			A ² , N ²
<i>Polygonum bistorta</i> -Typ								
<i>Polygonum</i> -Typ								
<i>Polygonum aviculare</i> -Typ								
<i>Rumex</i>								
Plumbaginaceae	3.3	5	3.0	5	2	sf		A ² , N ²
Plumbaginaceae								
Santanales								
<i>Viscum</i>	3.3	1	2	4	5			A ² , N ²
<i>Viscum</i>								
Saxifragales								
<i>Saxifraga</i>	3.3	5	3.0	4	5			N ²
<i>Saxifraga</i> -Typ								
<i>Myriophyllum</i>	3.3	5	4	2	4			N ²
<i>Myriophyllum</i>								
<i>Liquidambar</i>	2	3	1	4	5	ts2	e	A ² , N ²
<i>Liquidambar</i>								
<i>Parrotia persica</i>	3	3	1	4	5	ts2	h	?
<i>Parrotia persica</i>								

Taxon	Klimapräferenz	immergrün/ laubabwerfend	Wuchsform	Habitatpräferenz	Wasserhaushalt	PFT nach PRENTICE et al. (1996)	euxinischer/ hyrkanischer Ursprung	Ressource für <i>Homo erectus</i>
Vitales								
<i>Vitis</i>	3	3	5	5	1	ts2		N
<i>Vitis</i>								
Geraniales								
<i>Geranium</i>	3.3	5	3.0	4	5			A ² , N ²
<i>Geranium</i>								
Malpighiales								
<i>Linum</i>	2.2	5	2.1	4	5	sf		A ² , N ²
<i>Linum alpinum</i> -Typ								
<i>Linum catharticum</i> -Typ								
<i>Salix</i>	6	3	1.1	4	5	bs/ts		A ¹ , N ¹
<i>Salix</i>								
Fabales								
Fabaceae								
<i>Trifolium repens</i> -Typ	3.3	5	3.0	4	5			A ² , N ²
Rosales								
<i>Ulmus / Zelkova</i>	3.3	3	1	4	5	ts1		A ¹ , N ¹
<i>Ulmus / Zelkova</i>								
<i>Celtis</i>	3	3	1	4	5	ts2		N ²
<i>Celtis</i>								
Curcubitales								
<i>Datisca</i>	3.1	5	2	5	2	sf		- ²
<i>Datisca</i>								
Fagales								
<i>Quercus</i>						wte/ts		A ¹ , N ¹
<i>Quercus coccifera</i> -Typ	2.1	1	1	5	1	wte		
<i>Quercus frainetto</i> -Typ	3.3	3	1	4	5	ts		
<i>Juglans</i>	3.3	3	1	4	5	ts2		A ¹ , N ¹
<i>Juglans</i>								
<i>Pterocarya</i>	3	3	1	4	5	ts2	h	A ¹ , N ¹
<i>Pterocarya</i>								
<i>Platycarya</i>	3	3	1	4	5	ts2		N ²
<i>Platycarya</i>								
<i>Carya</i>	3	3	1	4	5	ts2		A ¹ , N ¹
<i>Carya</i>								
<i>Carpinus</i>						ts1		A ¹
<i>Carpinus betulus</i>	3.3	3	1	4	5			
<i>Carpinus orientalis</i>	3	3	1	4	5			
<i>Betula</i>	3.3	3	1	4	5	bs		A ² , N ²
<i>Betula</i>								
<i>Alnus</i>	3.3	3	1	4	5	bs		A ¹
<i>Alnus</i>								
Urticaceae / Moraceae	3.4	5	1.2	4	5	-		A ¹ , N ¹
Urticaceae / Moraceae								

Taxon	Klimapräferenz	immergrün/ laubabwerfend	Wuchsform	Habitatpräferenz	Wasserhaushalt	PFT nach PRENTICE et al. (1996)	euxinischer/ hyrkanischer Ursprung	Ressource für <i>Homo erectus</i>
<i>Sanguisorba minor</i>	3.3	5	3.0	4	5			A ² , N ²
<i>Sanguisorba minor</i> -Typ								
Myrtales								
Onagraceae								
<i>Circaea</i>	3.3	5	3.0	4	5			A ²
<i>Ludwigia palustris</i> -Typ	3	5	3.0	3	3			A ²
Brassicales								
Brassicaceae	3.3	5	3	4	5			A ¹ , N ¹
Brassicaceae								
<i>Tilia</i>	3.3	3	1	4	5	ts1	e/h	A ¹ , N ¹
<i>Tilia</i>								
Malvaceae	3.3	5	3	4	5			A ² , N ²
<i>Malva sylvestris</i> -Typ								
<i>Alcea</i>								
Sapindales								
Acer	3.3	3	1	4	5	ts		N ¹
<i>Acer</i>								
Pistacia	3.1	3	1	4	5	wte2		A ¹ , N ¹
<i>Pistacia</i>								
Ericales								
Ericaceae	2.3	1	1.1	5	2	h		?
Ericaceae								
Polemonium	3.3	5	3	3	3			A ²
<i>Polemonium</i>								
Solanales								
Convolvulus	3.3	5	3	4	5			A ²
<i>Convolvulus</i> -Typ								
Lamiales								
Plantaginaceae	3.3	5	3.0	4	5	sf		A ² , N ²
Plantaginaceae								
Lamiaceae	3.3	5	3	4	5			
<i>Marrubium</i>								A ² , N ²
<i>Prunella</i>								A ² , N ²
Aquifoliales								
Ilex	3	5	2	4	5	wte1	e/h	A ² , N ²
<i>Ilex</i>								
Apiales								
Apiaceae	3.3	5	3	4	5			A ¹ , N ¹
<i>Turgenia</i> -Typ								
Apiaceae Form 1								
<i>Bupleurum</i> -Typ								
Hedera	2.3	1	5	4	5	wte1		A
<i>Hedera</i> -Typ								

Taxon	Klimapräferenz	immergrün/ laubabwerfend	Wuchsform	Habitatpräferenz	Wasserhaushalt	PFT nach PRENTICE et al. (1996)	euxinischer/ hykanischer Ursprung	Ressource für <i>Homo erectus</i>
Dipsacales								
Dipsacaceae	3.3	5	3.0	4	5	sf		
<i>Dipsacus fullonum</i> -Typ								A ²
<i>Knautia arvensis</i> -Typ								A ²
Valeriana	3.3	5	3.0	4	5			A, N
<i>Valeriana saxatilis</i> -Typ								
<i>Valeriana officinalis</i> -Typ								
Viburnum	2.2	3	2	4	5	ts2		A ² , N ²
<i>Viburnum</i>								
Asterales								
Artemisia	2.3	5	3	5	2	sf		A ² , N ²
<i>Artemisia</i>								
Asteraceae								
<i>Centaurea scabiosa</i> -Typ	3.3	5	3	4	5			A ² , N ²
<i>Centaurea jacea</i> -Typ	3.3	5	3	4	5			A ² , N ²
<i>Centaurea solstitialis</i> -Typ	3.3	5	3	4	5			A ² , N ²
<i>Centaurea triumfettii</i> -Typ	3.3	5	3	4	5			A ² , N ²
<i>Cousinia</i>	3	5	3	5	2	sf		N ²
Cichorioideae	2.3	5	3	4	5			A ² , N ²
<i>Bidens tripartita</i> -Typ	2.3	5	3	4	5			A ² , N ²
<i>Carthamus</i> -Typ	3.3	5	3	5	2			A ² , N ²
<i>Xanthium</i> -Typ	2.3	5	3	4	5			A ² , N ²
<i>Matricaria</i> -Typ	2.3	5	3	4	5			A ² , N ²
<i>Saussurea</i> -Typ	2.3	5	3	4	5			A ² , N ²
<i>Senecio</i> -Typ Form 1	2.3	5	3	4	5			A ² , N ²
<i>Senecio</i> -Typ Form 2	2.3	5	3	4	5			A ² , N ²
<i>Senecio</i> -Typ Form 3	2.3	5	3	4	5			A ² , N ²
Asteroideae	2.3	5	3	4	5			A ² , N ²
<i>Crupina</i>	2.3	5	3	4	5			?

Zur vereinfachten ökologischen Bewertung von Pollenprofilen hat sich in der Literatur auch die Systematik nach SUC (1984) durchgesetzt, wie sie zum Beispiel von JIMÉNEZ-MORENO (2006), JIMÉNEZ-MORENO et al. (2010), SABATO et al. (2005) und JOANNIN et al. (2010) verwendet wird.

Dieser Praxis wird hier nicht gefolgt, da die verwendeten Gruppen nicht einheitlich ökologische Ansprüche, sondern teils klimatische Kriterien (z. B. „Mesothermic elements“), taxonomische Einheiten („Cathaya“ und „Cupressaceae“) und Wuchsformen („Herbs and shrubs“) beschreiben. Die Gruppe „Mediterranean xerophytes“ beschreibt gar sowohl eine geografische Verbreitung als auch eine physiologische Anpassung.

Nachfolgend sollen die ökologischen Ansprüche sowie die rezente Verbreitung einiger wichtiger Gattungen und Arten etwas eingehender beschrieben werden. Sie sind entweder

für die ökologische Bewertung wichtig oder vegetationsgeschichtlich von Interesse. Vor allem die häufig vegetationsprägenden Bäume spielen hierbei eine besondere Rolle.

6.2.1 *Pinus*

Pinus-Pollen ist in der Regel in Pollenproben deutlich überrepräsentiert (VAN ZEIST & BOTTEMA 2008, JOANNIN et al. 2008, LISITSYNA et al. 2011). Durch den Transport dieser bisaccaten Pollenkörner über lange Strecken ist ihr Nachweis kein gesicherter Beweis für das Vorkommen von Kiefern in der unmittelbaren Umgebung. Erst ab einem bestimmten Anteil von *Pinus*-Pollen in einer Pollenprobe kann davon ausgegangen werden, dass die Gattung auch tatsächlich vor Ort vorkommt. Die Schwellenwerte, die in der Literatur hierfür angegeben werden, variieren zwischen 5 und 55 % (LISITSYNA et al. 2011). LISITSYNA et al. (2011) empfehlen einen Schwellenwert von 10 %.

In den bearbeiteten Pollenprofilen ist das Vorkommen von *Pinus*-Pollen keineswegs nur als Ferntransport zu interpretieren. Vor allem der sehr deutliche Anstieg im oberen Bereich des Profils Darbas-2 lässt sich dadurch nicht erklären. Hierfür muss in jedem Fall eine einschneidende Vegetationsveränderung in Betracht gezogen werden. Als Ursache kommt die rasche Abkühlung nach MIS 31 infrage (vgl. 6.4.1 auf Seite 131).

Pinus sylvestris ist die vorherrschende Art in Klimaxwäldern borealer Regionen Nordeuropas. Allerdings kommen im Kaukasus auch *Pinus brutia* und *Pinus nigra* als Pollenquelle in Betracht, die vollkommen andere klimatische Verhältnisse anzeigen:

Pinus brutia ist rezent die dominante Koniferenart der Wälder in Libanon und Syrien (ZOHARY 1973). Sie bevorzugt sehr winterfeuchte Gebiete mit Jahresniederschlägen zwischen 400 und 1 500 mm, warmen Sommern (27–36°C) und warmen bis kalten Wintern (-4–9°C). Dabei besiedelt *P. brutia* vor allem Südhänge mit hoher Insolation, während Stellen mit hohem Niederschlag oder Nebel gemieden werden. Rezent wächst die Art beispielsweise zusammen mit *Cupressus sempervirens*, *Juniperus* sp. und *Quercus calliprinos* (FRANKIS 1999).

Pinus nigra ist Hauptbestandteil der Klimaxvegetation subhumider bis semiarider Trockenwälder Inneranatoliens in Höhen zwischen 1 000 und 1 500 m (ATALAY & EFE 2010).

Da die wohl auch im Frühpleistozän häufigste Art, *P. sylvestris*, in den euxinischen Wäldern in der Türkei rezent in Höhen von 1 500–2 000 m vorkommt (ÇOLAK & ROTHERHAM 2007), wird ein Anstieg des Anteils an *Pinus*-Pollen als Absenkung der Baumgrenze und damit Abkühlung gedeutet. Am deutlichsten wird dies im oberen Bereich des Profils Darbas-2.

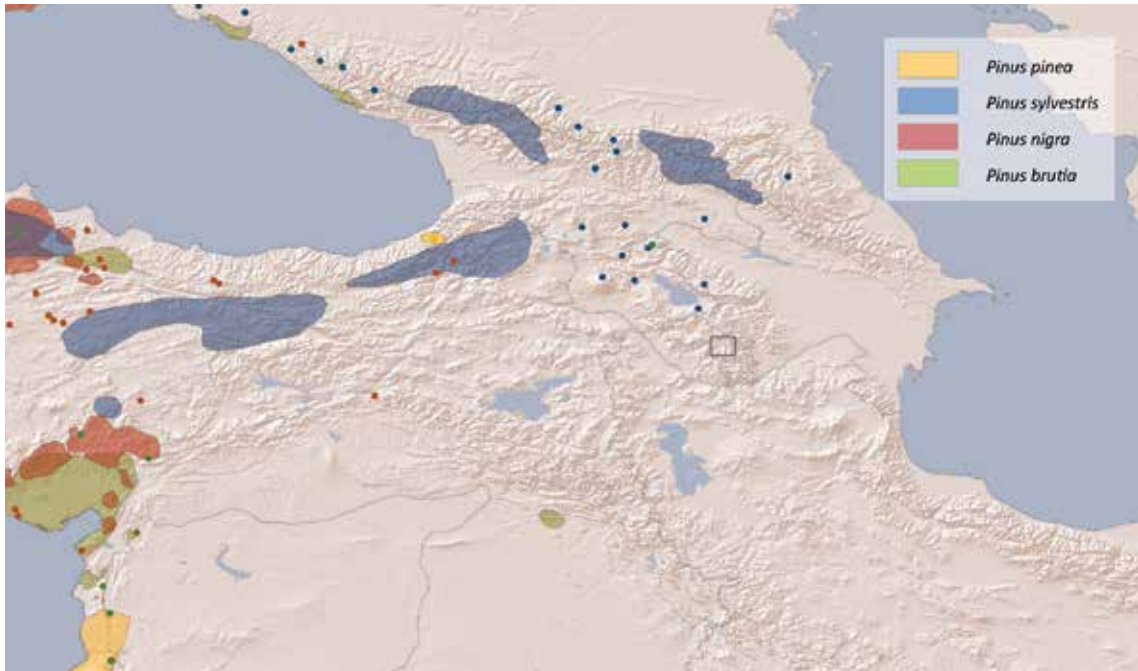


Abb. 37: Rezente Verbreitung der Gattung *Pinus* im Kaukasus (Quelle: www.euforgen.org)

6.2.2 *Picea*

Picea-Pollen ist in allen untersuchten Profilen vertreten, tritt jedoch niemals häufig auf. Der maximale Anteil an der Pollensumme beträgt 10,4% (Darbas-2, Profil-cm 1 667). Meistens liegt der Anteil jedoch deutlich unter 3%. Die Schwelle, ab der *Picea* als Teil der lokalen Vegetation angesehen wird, ist deutlich niedriger als bei *Pinus*, da die Pollenkörner eine wesentlich höhere Sinkgeschwindigkeit haben und somit selten über große Entfernungen verfrachtet werden (LISITSYNA et al. 2011). Die Autoren empfehlen einen Schwellenwert von 1%.

Die rezenten Vertreter der Gattung gelten als Bewohner eines gemäßigten bis kalt-gemäßigten Klimas und benötigen das ganze Jahr über Feuchtigkeit (BERTINI & MARTINETTO 2008, FUSCO 2007). Während der Glazialphasen im Pliozän und frühen Pleistozän breitete sich *Picea* im westlichen Mittelmeerraum aus (BERTINI 2010, FUSCO 2007, RAVAZZI & ROSSIGNOL-STRICK 1995). Ein Ansteigen der Konzentration von *Picea*-Pollen in den untersuchten Profilen spricht für eine Senkung der Baumgrenze und damit für eine Abkühlung unter nicht allzu ariden Bedingungen.

ZOHARY (1973) listet *Picea* sp. als vor allem in den euxinischen Gebieten vorkommend auf. Ein Ansteigen der Pollenzahlen könnte somit auch für einen stärkeren euxinischen Einfluss auf die Vegetation im Kaukasus schließen lassen. *Picea orientalis* kommt wohl am wahrscheinlichsten als Produzent für den in den untersuchten Proben gefundenen Pollen dieser Gattung infrage (ZOHARY 1973). Sie dominiert die Wälder im Osten des euxinischen Waldgürtels in Höhen zwischen 1 200 und 1 500 m (ATALAY & EFE 2010, BROWICZ 1989) und kommt bis in den Westen Georgiens vor (siehe Abb. 39).



Abb. 38: *Picea orientalis* (im Palmengarten Frankfurt)

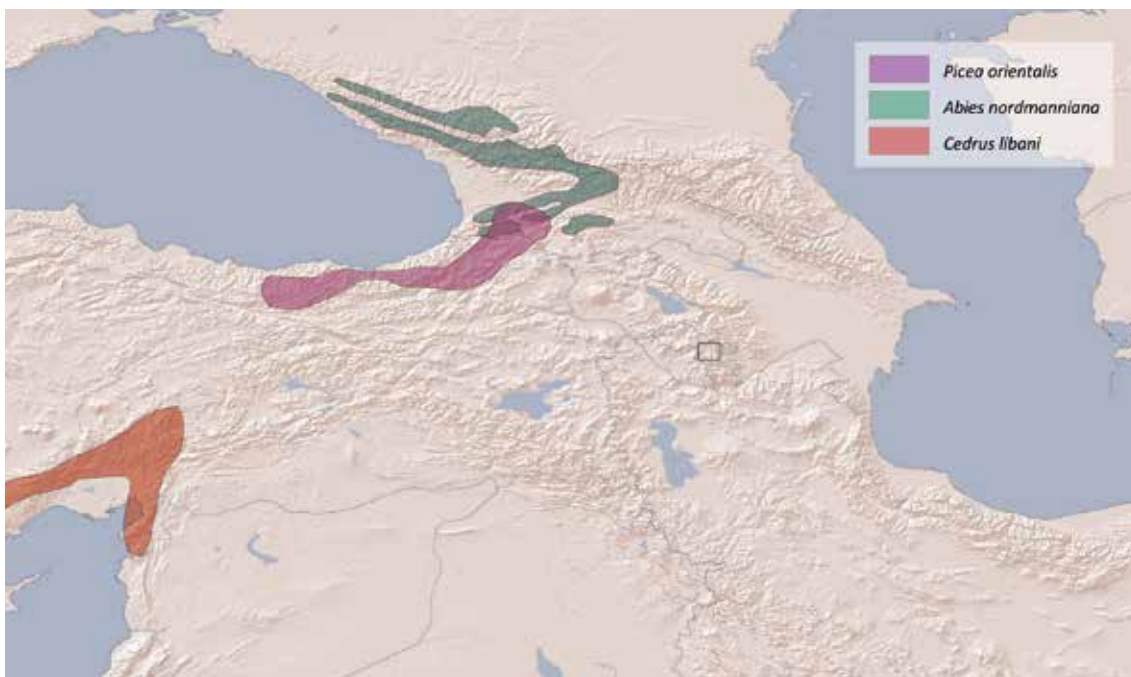


Abb. 39: Rezente Verbreitung von *Picea orientalis*, *Abies nordmanniana* und *Cedrus libani* (kombiniert nach DAVIS et al. 1965–1985, SOKOLOV et al. 1986 und TURNA 2004)

6.2.3 *Abies*

Abies-Pollen tritt in den Profilen mit wesentlich geringerer Stetigkeit auf als *Pinus* und *Picea*. Lediglich in Ashotavan-2 kommt diese Gattung in nahezu jeder Probe vor, allerdings mit niedrigen Anteilen von meist unter 2 % der Pollensumme. Für HUNTLEY & BIRKS (1983) ist bereits die Anwesenheit von *Abies*-Pollen ausreichend, um daraus auf ein regionales Vorkommen zu schließen, ab einem Anteil von 2 % schließen sie auf die lokale Anwesenheit von *Abies*.

Die Kaukasustanne *Abies nordmanniana* ist rezent im Osten der euxinischen Wälder in der Türkei verbreitet (ATALAY & EFE 2010, BROWICZ 1989, ZOHARY 1973) und kommt somit als Herkunft der *Abies*-Pollen infrage (siehe Abb. 39).

Wie *Picea* wird *Abies* den mikrothermen Florenelementen zugerechnet (BERTINI & MARTINETTO 2008), wächst rezent in borealen Wäldern und benötigt ganzjährig Feuchtigkeit. *Abies* ist jedoch deutlich weniger kälterestistent als *Picea* (ELLENBERG 1986). Rezent kommen nach einer Untersuchung von MICHALET et al. (2002) *Picea*-dominierte Pflanzengesellschaften in den Alpen 200 m höher vor als *Abies*-dominierte. Nach ELLENBERG (1986) bildet *Abies alba* in ihrer vertikalen Verbreitung in den Alpen einen Übergang von *Fagus sylvatica* zu *Picea abies*. Die Angaben zur vertikalen Verbreitung wichtiger Baumarten in der Osttürkei von ÇOLAK & ROTHERHAM 2007 sind in Abb. 40 grafisch dargestellt.

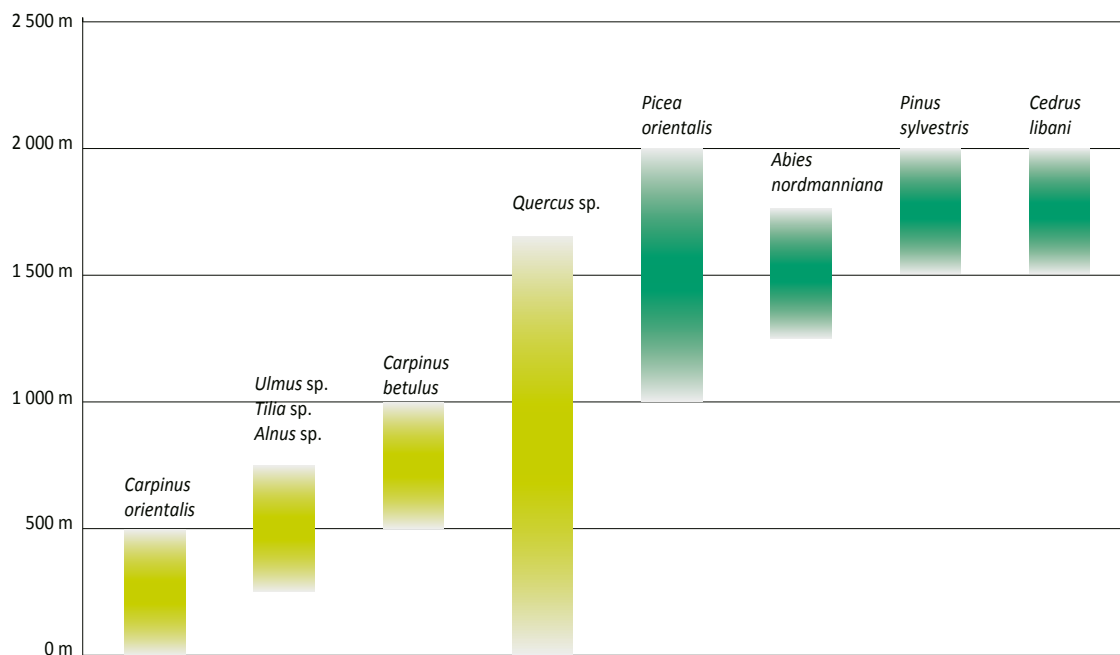


Abb. 40: Höhenzonierung von in den Pollenproben nachgewiesenen Gehölzen im Osten der Türkei (verändert nach ÇOLAK & ROTHERHAM 2007). Für *Cedrus libani* wurden Angaben aus der Zentraltürkei verwendet.

6.2.4 *Tsuga*

Tsuga ist eine mikro- bis mesotherme Konifere, die rezent disjunkt in Ostasien und Nordamerika verbreitet ist und in mittleren Höhenstufen vorkommt. In Europa ist die Gattung

seit dem Mittelpleistozän ausgestorben. Zuletzt tritt *Tsuga*-Pollen in Mitteleuropa während des MIS 23 vor ca. 900 ka auf (ZAGWIJN & DE JONG 1984, zit. nach RAVAZZI et al. 2005), in Südeuropa ist sie bis ca. 750 ka nachgewiesen (FOLLIERI 2010, TZEDAKIS et al. 2006, RAVAZZI et al. 2005, BERTINI 2000).

Die Vertreter der Gattung benötigen viel Feuchtigkeit – nach FUSCO (2007) einen Jahresniederschlag von 1 000–3 000 mm. FUSCO (2007) interpretiert *Tsuga* als Vertreter der submontanen Höhenstufe, unterhalb von *Picea*. In seinen Profilen von Lamone (Italien) geht ein Ansteigen des *Tsuga*-Anteils immer erhöhten *Picea*-Anteilen voraus.

Diese Beobachtung findet in den bearbeiteten Pollenprofilen Bestätigung. Besonders deutlich wird dies in den Profilen Ashotavan-2 und Darbas-2, wobei im Profil Darbas-2 *Picea* und *Tsuga* nahezu parallel verlaufen. Auch quantitativ ist der Anteil der beiden Gattungen in den Proben ähnlich.



Abb. 41: *Tsuga canadensis* (im Palmengarten Frankfurt)

6.2.5 *Cedrus*

Cedrus-Pollen wurde lediglich in fünf Proben des Profils Darbas-2 sowie in je einer Probe der Profile Ltsen-3, Tolors-2 und Brnakot-1 gefunden. Die Pollen traten immer nur vereinzelt auf. Die Anteile liegen bei unter 1 %, außer in der Probe in Tolors-2 (Profil-cm 504, Anteil: 4 %).

Rezent leben weltweit vier Arten der Gattung *Cedrus*. Sie zeigen ein sehr disjunktes Verbreitungsbild, das sich vom südlichen Himalaja über den östlichen Mittelmeerraum bis Nordafrika erstreckt (FARJÓN 2008, QUIAO et al. 2007). Das weist darauf hin, dass die

Arten hohe Ansprüche an Temperatur und Feuchtigkeit haben, sodass sie während der Glazialzeiten im Pleistozän immer wieder stark zurückgedrängt wurden und sich während der Interglaziale nur bedingt wieder ausbreiten konnten. Während *Cedrus* im Früh- und Mittelpleistozän im gesamten Mittelmeerraum heimisch war (POSTIGO-MIJARRA et al. 2010, TZEDAKIS et al. 2006), ist die Gattung dort heute auf Nordafrika, den Nahen Osten und die Türkei beschränkt. *Cedrus libani* kommt heute in der Türkei, Zypern, Syrien und dem Libanon in Höhen von 900 – 1 900 m vor.

Im Gegensatz zum westlichen Mittelmeerraum, wo *Cedrus* während des Plio- und Pleistozäns ein Vertreter der Interglaziale zu sein scheint (BERTINI 2010), tritt die Gattung im östlichen Mittelmeergebiet während der Glaziale auf (BERTINI 2010, SUBALLY et al. 1999). Im Profil Darbas-2 bestätigt sich diese Beobachtung. *Cedrus* kommt ausschließlich während der Abkühlungsphase im unteren Bereich des Profils vor. Im oberen Bereich fehlt die Gattung dagegen völlig. Möglicherweise war hier die Abkühlung zu massiv. Und auch im Profil Tolors-2 tritt *Cedrus* während einer „kühleren“ Phase auf.



Abb. 42: *Cedrus libani* (im Palmengarten Frankfurt)

6.2.6 *Sciadopitys*

Ähnlich wie *Tsuga* kommt auch *Sciadopitys* rezent weder im Untersuchungsgebiet noch in der näheren Umgebung vor. Die Gattung wurde in Europa im Frühpleistozän in Norditalien letztmalig nachgewiesen (FUSCO 2007). Die Familie Sciadopityaceae ist heute mit der einzigen Art *S. verticillata* in Japan endemisch (FARJÓN 2008). Hier besiedelt sie mittlere Höhenstufen mit Jahresniederschlägen von über 4 000 mm/a (FUSCO 2007). Das

legt die Vermutung nahe, dass *Sciadopitys* auch im Kaukasus gewisse Mindestanforderungen an die Feuchtigkeit hatte.

In den bearbeiteten Pollenprofilen kommt *Sciadopitys* sehr regelmäßig, aber jeweils nur mit wenigen Pollenkörnern vor. Der maximale Anteil beträgt 3,15 %, zumeist liegt er jedoch unter 1 %. Wie bei *Tsuga* wurden die meisten *Sciadopitys*-Pollen im Profil Ashotavan-2 gefunden.

6.2.7 *Podocarpus*

Podocarpus ist heute vor allem in den Tropen verbreitet und beispielsweise ein bedeutender Teil der afromontanen Vegetation (DUPONT et al. 2000, NEUMANN et al. 2008).

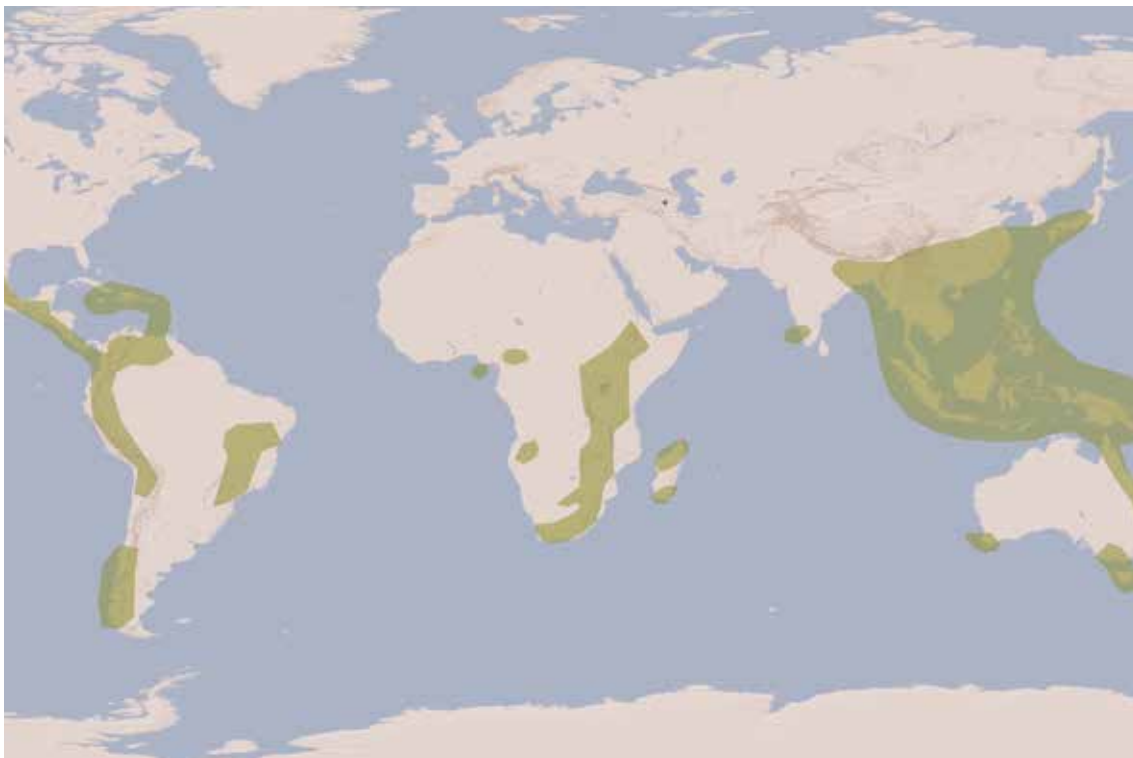


Abb. 43: Rezente Verbreitung der Gattung *Podocarpus* nach ZHILIN (1980)

Podocarpus-Pollen wird regelmäßig bis zum Spätpliozän in Georgien nachgewiesen und war damals wohl auch Bestandteil der Vegetation im Kaukasus (z. B. SHATILOVA 1986, THOMPSON & FLEMING 1996, MAMEDOV 1990). Ab dem Frühpleistozän gibt es keine Belege mehr dafür.

Da aus dem Untersuchungsgebiet nur wenige Pollenkörner in insgesamt drei Proben gefunden wurden und die bisaccaten Pollen durch die enorm großen Luftsäcke über sehr weite Strecken transportiert werden (DUPONT et al. 2000), ist davon auszugehen, dass die Gattung kein Bestandteil der Vegetation des Südlichen Kaukasus im Frühpleistozän war.



Abb. 44: *Podocarpus alpinus* (im Palmengarten Frankfurt)

6.2.8 *Zelkova*

Die Gattung besteht rezent aus vier Arten, von denen zwei in Ostasien und zwei – *Z. carpinifolia* und *Z. abelicea* – im Nahen Osten und im Kaukasus vorkommen. Während *Z. abelicea* endemisch auf Kreta lebt, kommt *Z. carpinifolia* nach ZOHARY (1973) sowohl in der euxinischen als auch in der hyrkanischen Region vor. Sie wächst dort von Meeresspiegelhöhe bis in 1 000 m Höhe (ZOHARY 1973).

Ähnlich wie *Parrotia* und *Liquidambar* ist *Zelkova* ein tertiäres Relikt, das im Frühpleistozän in Mittel- und Westeuropa ausgestorben ist, sich jedoch in Italien bis ins letzte Interglazial hielt (FOLLIERI et al. 1986).

Nach QUÉZEL & MÉDAIL (2003, zit. nach JOANNIN et al. 2007) ist *Zelkova* ein Vertreter der riparischen Vegetation des nordöstlichen Mittelmeerraumes. Die Gattung hat hohe Ansprüche an Wärme und Feuchtigkeit und benötigt ganzjährig Niederschläge. JOANNIN et al. (2007) bilden eine Pollensumme aus *Zelkova* und *Liquidambar* und zeigen, dass diese während der Interglaziale (MIS 41 und 43) in Süditalien höhere Werte annimmt. Auch in holozänen Ablagerungen Georgiens ist *Zelkova* stets mit einer thermophilen Begleitflora nachgewiesen, zum Beispiel *Castanea*, *Quercus* und *Pterocarya* (KVAVADZE & CONNOR 2005). An den rezenten Standorten in Georgien liegen die durchschnittlichen Januartemperaturen zwischen 0,5 und 4,4 °C, die Julitemperaturen zwischen 23,5 und 23,7 °C und der mittlere Jahresniederschlag zwischen 900 und 1 400 mm (KVAVADZE & CONNOR 2005).

Rezent kommt *Zelkova carpinifolia* außer in Georgien auch in den hyrkanischen Wäldern Irans vor – unter anderem gemeinsam mit *Quercus*, *Carpinus*, *Pterocarya*, *Parrotia*, *Ulmus*, *Fraxinus*, *Acer* und *Juglans* (ZOHARY 1973).

Die Pollen sind im Vergleich zur tatsächlichen Vegetation in Westgeorgien stark unterrepräsentiert (STUHLIK & KVAVADZE 1993, DJAMALI et al. 2009 a). Wegen der teilweise schwierigen Unterscheidung wurden *Zelkova*-Pollen in der vorliegenden Arbeit grundsätzlich nicht von *Ulmus*-Pollen unterschieden. Da bei *Ulmus* jedoch 5-porige und bei *Zelkova* 4-porige Pollenkörner überwiegen, kann nach BEUG (2004) ein erhöhter Anteil 4-poriger Pollen für die Anwesenheit von *Zelkova* sprechen. In den Profilen Ltsen-3 und Tolors-2 wurden die *Ulmus-Zelkova*-Pollen nach ihrer Porezahl unterschieden. Das Ergebnis (Abb. 40) legt nahe, dass im deutlich älteren Profil Ltsen-3 der Anteil an *Zelkova* höher war.

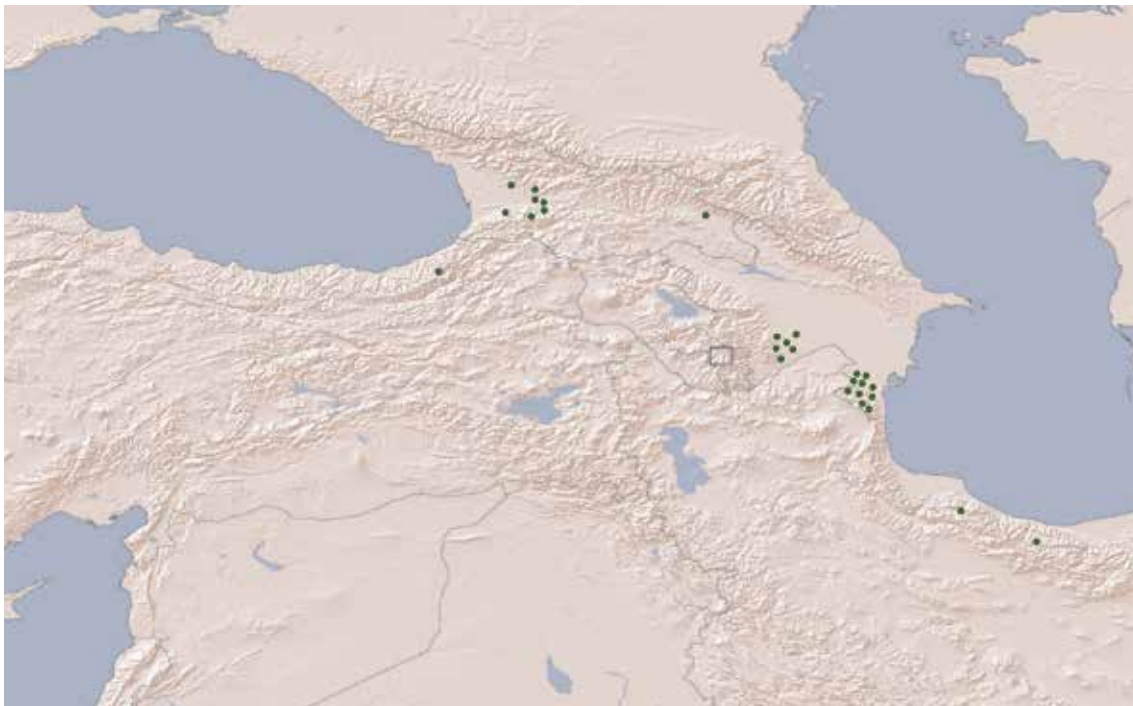


Abb. 45: Rezente Verbreitung von *Zelkova carpinifolia* (nach SOKOLOV et al. 1977, DJAMALI et al. 2009 a, ATALAY & EFE 2010 und eigenen Nachweisen)

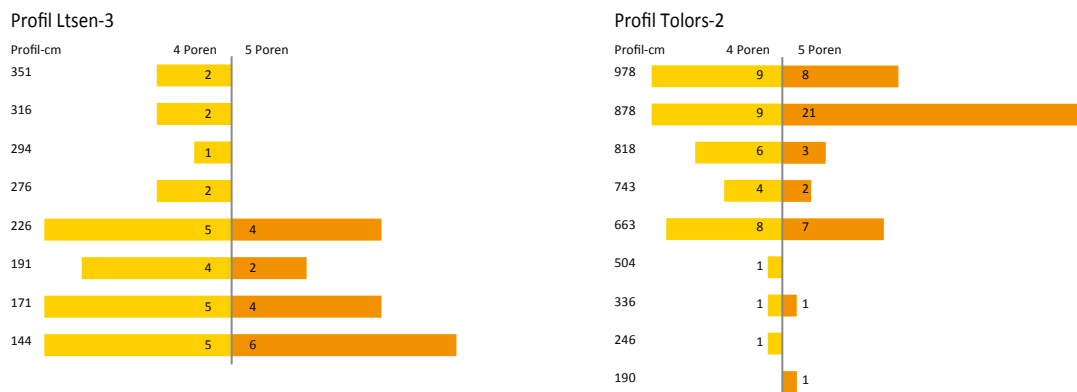


Abb. 46: Verteilung 4-poriger und 5-poriger Pollenkörner von *Ulmus/Zelkova* in den Profilen Ltsen-3 und Tolors-2

6.2.9 *Ulmus*

Die Gattung *Ulmus* ist in der Makroflora des Vorotan-Beckens mit den Arten *Ulmus minor* und *Ulmus glabra* vertreten, wobei letztere etwas seltener vorkommt. *Ulmus minor* ist in Mitteleuropa eine Art der Flussauen, spielt jedoch auch in submediterranen und süd-östlichen Trockenlandschaften eine Rolle (ELLENBERG 1986). ELLENBERG (1986) beschreibt sie als Art der mesophilen Laubwälder des Querc-Fagetea. *Ulmus glabra* kommt in Mitteleuropa in mesophilen „ahorn- und eschenreichen Mischwäldern“ (ELLENBERG 1986) vor – dort vor allem in Hangfußwäldern entlang von Bächen. Außerdem ist sie eine Art der Hartholzaue. Auch VAN ZEIST & BOTTEMA (2008) zählen *Ulmus* zur Flussufervegetation.

Nach COMBOURIEU-NEBOUT (1987, zit. in JOANNIN et al. 2007) ist *Ulmus*, ebenso wie *Zelkova*, während des Pliozäns in Italien charakteristisch für die Vegetation der Interglaziale. Sicherlich zeugt die Anwesenheit der Gattung von einer gewissen Feuchtigkeit. So hält ZOHARY (1982) sie in Israel rezent für ein Relikt aus feuchteren Zeitabschnitten.

Ökologisch sind *Ulmus* und *Zelkova* also recht ähnlich, sodass die gemeinsame Einordnung dieser Gattungen in den Pollendiagrammen und der statistischen Auswertung gerechtfertigt erscheint.

Die Ergebnisse von YU et al. (2004) aus China legen nahe, dass *Ulmus*-Pollen nicht sehr weit transportiert wird und der Pollen damit sehr sicher auf die lokale Anwesenheit der Pflanze schließen lässt. Gleiches gilt sicherlich auch für *Zelkova*.

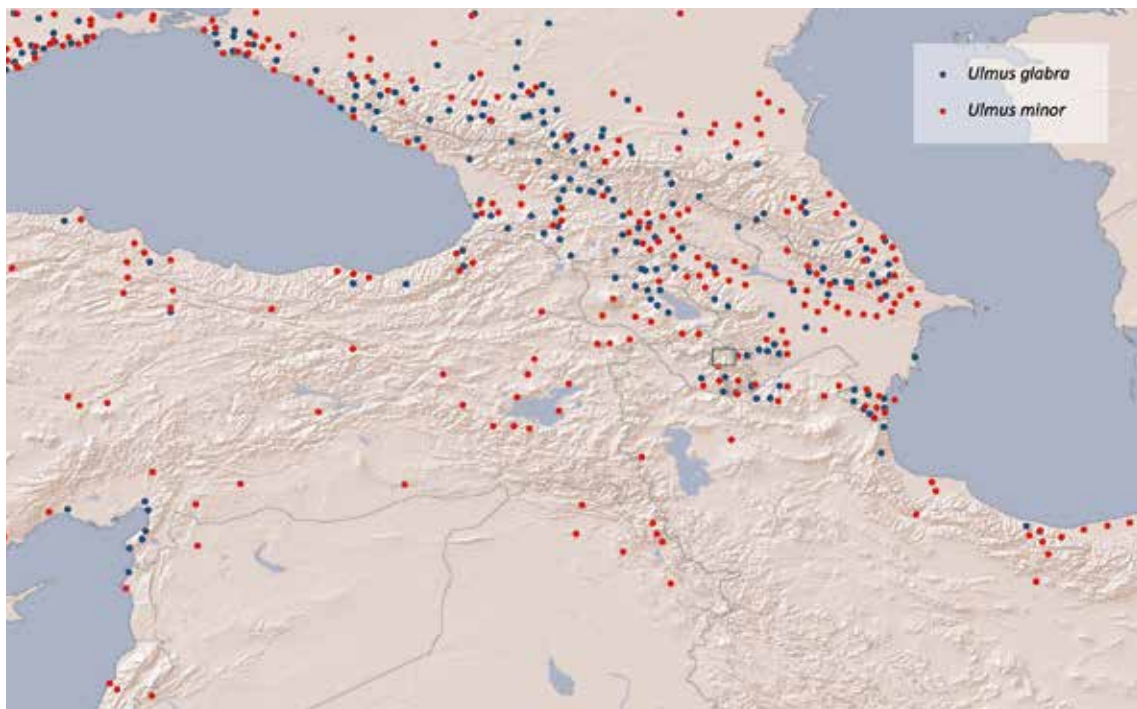


Abb. 47: Rezente Verbreitung von *Ulmus glabra* und *Ulmus minor* (nach SOKOLOV et al. 1977)

6.2.10 *Carya*

Carya kommt rezent nur noch in Nordamerika und Nordostasien vor (MAI 1981, DUPÉRON 1988). Die Gattung zeigt somit ein sehr ähnliches Verbreitungsbild wie *Tsuga*. Wie diese war *Carya* bis ins Frühpleistozän in Europa verbreitet. Die Gattung taucht zum Beispiel in den Pollenprofilen von Tenaghi Philippon (TZEDAKIS et al. 2006) und Lamone (FUSCO 2007) auf, hier sogar dominant. Noch im Spätpleistozän kommt *Carya* im Nordosten Indiens vor (BHATTACHARYA & CHANDA 1992).

Im Frühpleistozän gilt *Carya* – wie auch *Pterocarya* – in Mittel- und Südeuropa als Vertreter warm-gemäßigter Wälder (RAVAZZI et al. 2005, ZAGWIJN 1975). Hier verschwindet *Carya* im Mittelpleistozän (RAVAZZI et al. 2005, POSTIGO-MIJARRA et al. 2007). In Italien ist sie während des Pliozäns eine charakteristische Gattung der Warmphasen (COMBOURIEU-NEBOUT 1987, BERTINI 2010) und ist in Süditalien noch bis ca. 400 ka nachgewiesen, während sie in Mittel- und Norditalien während des Jaramillo-Subchrons (1,07–0,99 Ma) verschwindet (BERTINI 2010).

In den ausgewerteten Proben kommt *Carya* lediglich mit sieben Pollenkörnern in zwei Proben des ältesten Profils Ltsen-3 vor. Das legt nahe, dass die Gattung auch im Kaukasus bereits im Frühpleistozän auf dem Rückzug war.



Abb. 48: *Carya tomentosa* (im Palmengarten Frankfurt)



Abb. 49: Weltweite rezente Verbreitung der Gattung *Carya* nach ZHILIN (1980)

6.2.11 *Platycarya*

Die Gattung *Platycarya* ist rezent nur mit der Art *P. strobilacea* in Ostasien – in China, Japan, Korea und Vietnam – heimisch (DUPÉRON 1988) und wächst dort in Mischwäldern an Berghängen in Höhenlagen von 400 bis 1 400 m (LU et al. 1999). Sie hat damit ein sehr ähnliches Verbreitungsbild wie *Sciadopitys*.

Im Mittleren Pliozän ist *Platycarya* noch in Südpolen nachgewiesen (STUCHLIK & SHATILOVA 1987). Der bisher letzte Nachweis aus dem Kaukasus – und wohl aus ganz Europa – stammt aus dem späten Pliozän Westgeorgiens (SHATILOVA 1984, 1986). Somit handelt es sich bei den Nachweisen aus dem Untersuchungsgebiet um die jüngsten im Kaukasus.

Weil die Verbreitung der Gattung in Ostasien große Übereinstimmungen mit der von *Carya* aufweist, dürfte auch *Platycarya* ein Anzeiger für warme Perioden im Frühpleistozän sein. JIMÉNEZ-MORENO et al. (2010) zählen beide Gattungen zur Gruppe der „mega-mesothermischen“ Florenelemente. Außerdem hat *Platycarya* hohe Ansprüche an die ganzjährige Feuchtigkeit (JIMÉNEZ-MORENO et al. 2010). SHATILOVA (1984, 1986) nennt sie aus Georgien gemeinsam mit *Carya*, *Liquidambar*, *Engelhardia*, *Eucommia*, *Alangium*, *Magnolia* und anderen vorwiegend subtropischen Gattungen.

YU et al. (2004) gehen nach Untersuchungen in China davon aus, dass *Platycarya* wegen der geringen Pollenproduktion in Pollenproben eher unterrepräsentiert ist. In den Proben aus dem Vоротan-Becken fanden sich insgesamt neun Pollenkörner von *Platycarya* – sieben im Profil Tolors-2, zwei im Profil Darbas-2. Im Profil Darbas-2 tritt die Gattung mit nur zwei Pollenkörnern während des Temperaturmaximums bei MIS 31 auf. Im Profil Tolors-2

finden sich insgesamt sieben Pollenkörner während des Interglazials MIS 27 und der davor liegenden schwachen Warmphase zwischen MIS 29 und 27.

6.2.12 *Pterocarya*

Pterocarya fraxinifolia ist charakteristisch für die hyrkanisch-euxinische Region. Sie zählt zu den thermophilen und hydrophilen Baumarten und wächst vor allem an Flussufern (AKHANI & SALIMIAN 2003). Im Iran bevorzugt sie die nördlichen Abflüsse aus den Elbursbergen zum Kaspischen Meer, wo sie bis in Höhen von etwa 1 200 m vorkommt (ZOHARY 1973). Hier betragen der jährliche Niederschlag um 1 400 mm und die Jahresmitteltemperatur 14,7 °C. Aus dem Osten des Verbreitungsgebietes berichten AKHANI & SALIMIAN (2003) von 618 mm Jahresniederschlag und 17,7 °C Jahresmitteltemperatur. In Georgien kommt sie nur im milden Klima mit relativ warmen Wintern und einem Jahresniederschlag von etwa 700 mm vor (STUCHLIK & KVAVADZE 1998).

Im Frühpleistozän war die Gattung jedoch auch in Westeuropa verbreitet, zum Beispiel in Italien (RAVAZZI et al. 2005), wo sie bis etwa 700 ka nachgewiesen ist (BERTINI 2010).

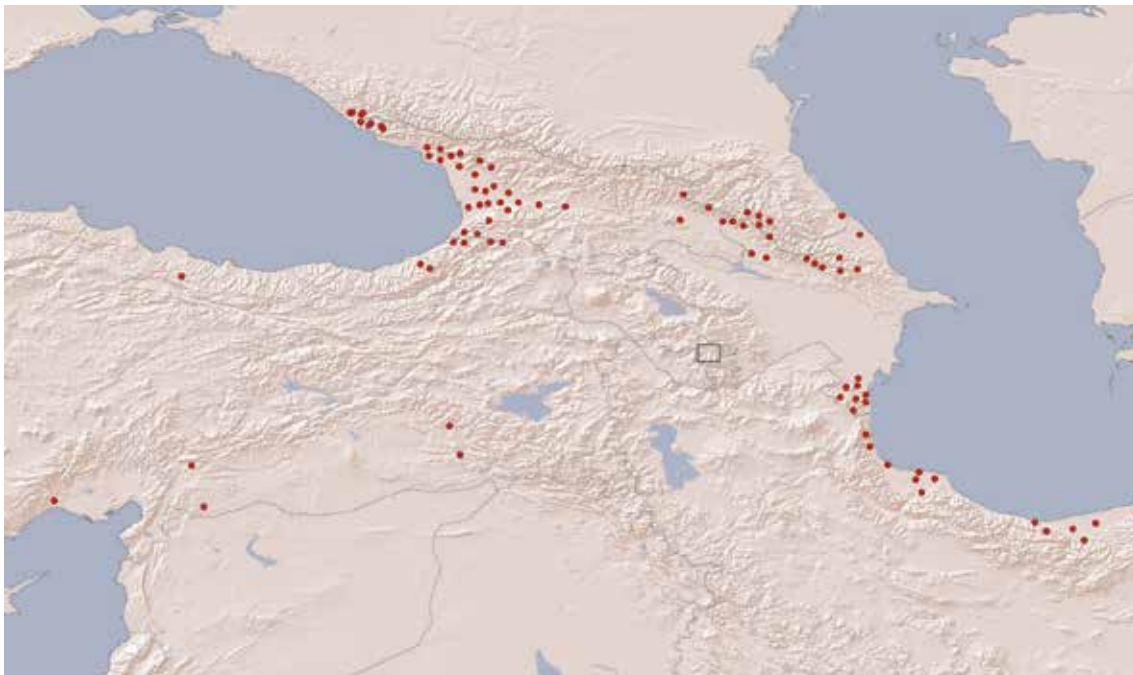


Abb. 50: Rezente Verbreitung von *Pterocarya fraxinifolia* (kombiniert nach STUCHLIK & KVAVADZE 1998 und AKHANI & SALIMIAN 2003)

Ähnlich wie *Carya* gilt *Pterocarya* als Vertreterin eines warm-gemäßigten bis subtropischen Klimas (RAVAZZI et al. 2005, ZOHARY 1973).

In den bearbeiteten Proben wurden nur sechs Pollenkörner in den Profilen Darbas-2 (ein PK), Tolors-2 (zwei PK) und Ltsen-3 (drei PK) gefunden.

6.2.13 *Carpinus*

Carpinus ist im Nahen Osten durch *C. betulus* und *C. orientalis* vertreten. Beide kommen nach ZOHARY (1973) sowohl in der euxinischen als auch in der hyrkanischen Region vor.

C. betulus wächst beispielsweise in den feucht-gemäßigten Mischwäldern der Kolchis im Westen Georgiens (CONNOR et al. 2007). In den hyrkanischen Wäldern ist *C. betulus* sehr verbreitet und häufig bis dominant (ZOHARY 1973). Sie hat höhere Ansprüche an die Feuchtigkeit als *C. orientalis*.

C. orientalis ist trockenheitsresistenter (ELLENBERG 1986, ZOHARY 1973), nirgends so dominant wie die Schwesterart und kommt eher in Randbereichen vor – zum Beispiel als Begleiter von *Quercus macranthera* und *Q. iberica* und in Trockenwäldern (ZOHARY 1973). Die Art ist häufig ein Vertreter von offenen Pflanzengesellschaften und ihr rezentes Verbreitungsgebiet erstreckt sich dementsprechend auch weiter nach Süden, bis in den Norden Syriens.

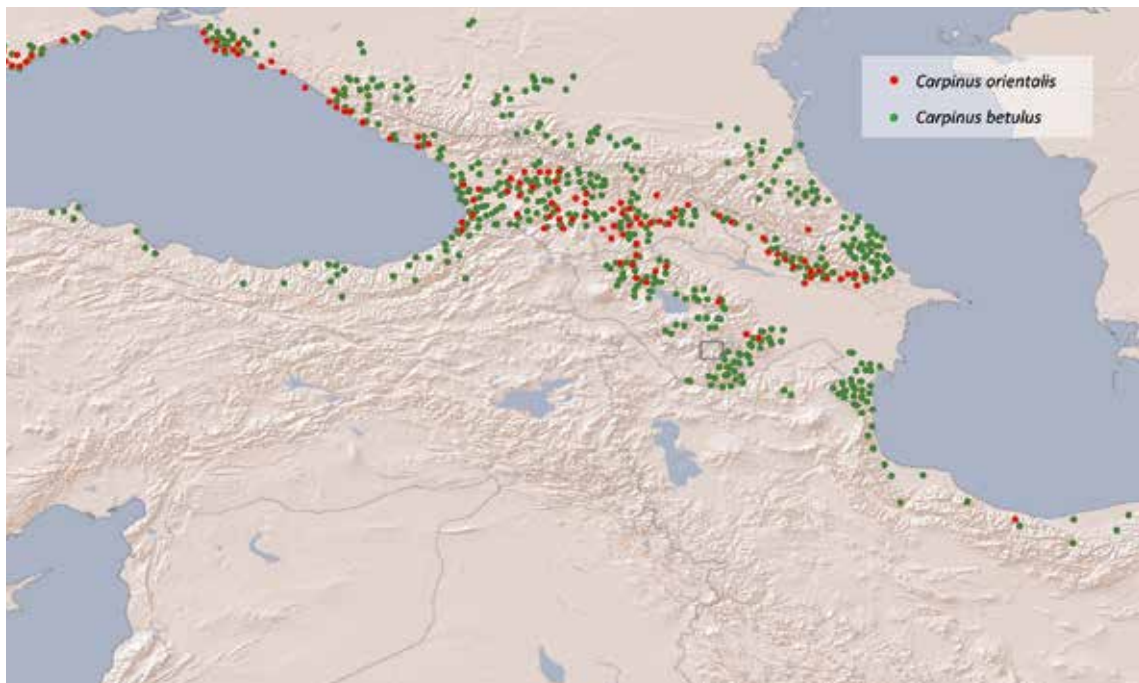


Abb. 51: Rezente Verbreitung von *Carpinus betulus* (grüne Punkte) und *Carpinus orientalis* (rote Punkte). Auch im Elburs kommen beide Arten vor, *C. betulus* teilweise sogar dominant (ZOHARY 1973).

In den untersuchten Pollenprofilen ist die Gattung *Carpinus* sehr regelmäßig vertreten, obwohl ihre Pollen eher unterrepräsentiert sind (LEROY & ROIROT 1996). Die Pollen der beiden Arten wurden in den Pollenprofilen und den statistischen Auswertungen nicht unterschieden. Abb. 52 zeigt jedoch den Anteil an *Carpinus orientalis* in den Profilen Darbas-2 und Tolors-2. Vor allem im Profil Darbas-2 werden in einigen Bereichen recht hohe *C. orientalis*-Anteile von zum Teil über 50% erreicht. In diesen Phasen ist jeweils auch ein erhöhter Anteil von Poaceae und Asteraceae zu verzeichnen, was für eine relativ offene Vegetation spricht.

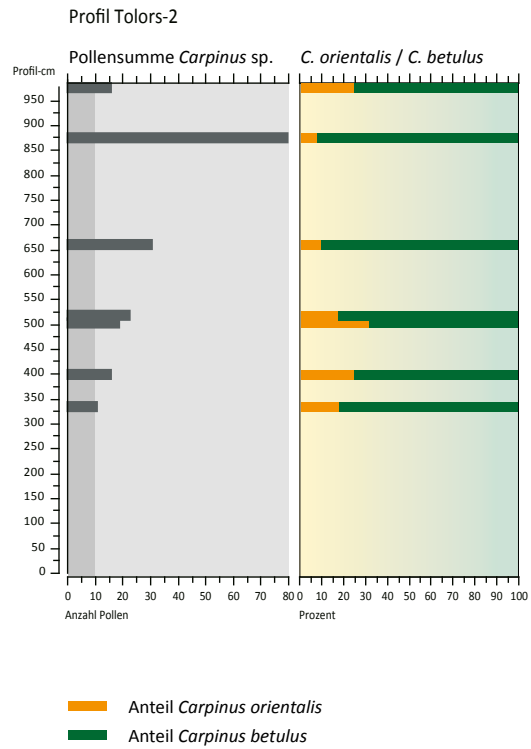
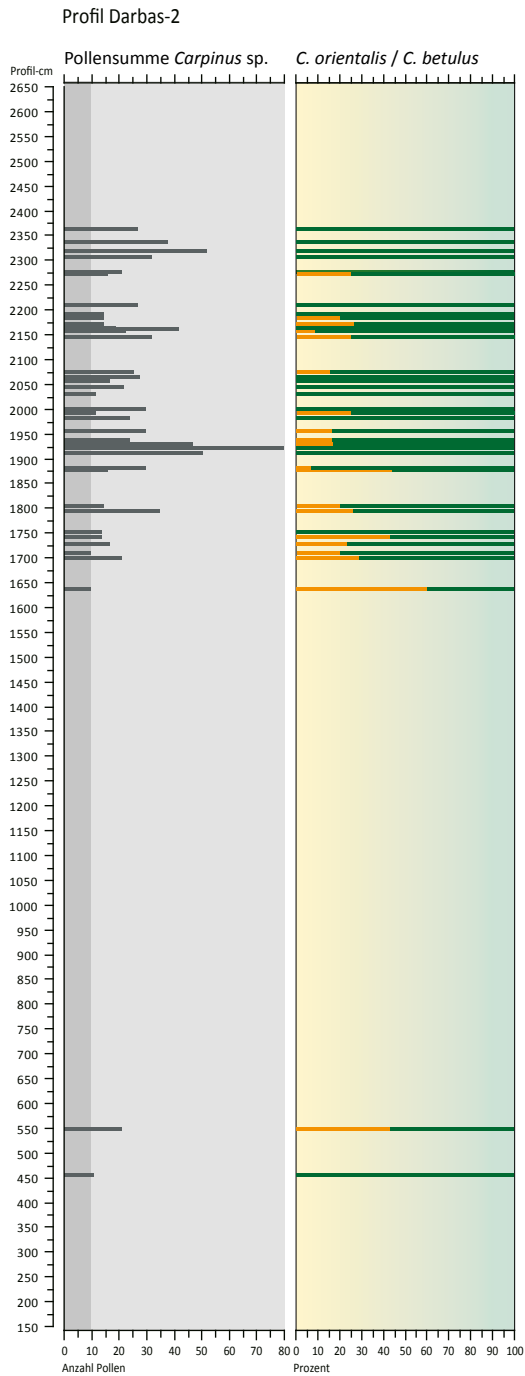


Abb. 52: Anteil von *Carpinus orientalis* in den Profilen Darbas-2 und Tolors-2 (grüne Balken). Der graue Balken zeigt die Pollensumme von *C. orientalis* und *C. betulus* zusammen. Es wurden nur Proben dargestellt, in denen mindestens zehn *Carpinus*-Pollen gezählt wurden.

6.2.14 *Quercus*

Quercus ist rezent die größte Gattung der Fagaceae. Ihre Arten sind in fast allen gemäßigten Wäldern auf der Nordhalbkugel der Erde verbreitet – häufig als dominante Baumart (LIU et al. 2007). Im hyrkanischen Raum kommen lediglich die beiden Arten *Qu. castaneifolia* und *Qu. macranthera* vor (ZOHARY 1973), während in der euxinischen Subregion und im östlichen Mittelmeerraum eine Vielzahl von Arten lebt (z. B. *Qu. cerris*, *Qu. libani*, *Qu. brantii*, *Qu. pubescens*, *Qu. boissieri*). Dabei ist *Qu. castaneifolia* auf den hyrkanischen Raum beschränkt, während *Qu. macranthera* auch im euxinischen Raum verbreitet ist (AKHANI & SALIMIAN 2003).

Im Pleistozän des Vorotan-Beckens sind nach Makrofossilien bisher folgende Arten nachgewiesen: *Qu. boissieri*, *Qu. castaneifolia*, *Qu. cerris*, *Qu. iberica* und *Qu. macranthera* (OLLIVIER et al. 2010). Von diesen fehlen in der rezenten Vegetation des Untersuchungsgebietes nur *Qu. cerris* und *Qu. castaneifolia* (JOANNIN et al. 2010). Dieses Verbreitungsbild entspricht der geografischen Lage des Vorotan-Beckens zwischen der hyrkanischen und der euxinischen Region. Das Fehlen der beiden Arten in der Rezentflora untermauert zudem die These, dass im Frühpleistozän die beiden Regionen über den Südlichen Kaukasus zeitweise verbunden waren. Weitere Erkenntnisse könnte die bevorstehende, umfangreiche taxonomische Überarbeitung der *Quercus*-Funde im Vorotan-Becken durch GABRIELIAN erbringen.

Quercus-Pollen zeigt in der Regel sehr genau die Verbreitung der Pflanze an (YU et al. 2004, DJAMALI et al. 2009 b), sodass die Anwesenheit des Pollens wohl nicht oder nur vereinzelt auf Ferntransport zurückzuführen ist.

Die Vielfalt der ökologischen Ansprüche innerhalb dieser Gattung erschwert auch die Zuordnung der Paläovegetation zu bestimmten Klimaverhältnissen. Denn eine eindeutige Unterscheidung innerhalb der Gattung in den Pollenproben aus dem Untersuchungsgebiet ist lichtmikroskopisch nicht möglich.

Ausgehend von den rezent vorkommenden Arten weist das Auftreten von hohen Anteilen an *Quercus*-Pollen jedoch auf ein nicht zu trockenes, warm-gemäßigtes Klima hin. Natürlich lässt sich auch ein gewisser Grad an Bewaldung daraus ableiten, jedoch muss dies kein geschlossener Wald gewesen sein. Die rezenten *Quercus*-Vorkommen im Vorotan-Becken legen eher nahe, dass es sich dabei um Offenwälder handelte.



Abb. 53: *Quercus macranthera* im Elbursgebirge am Kaspischen Meer im Iran

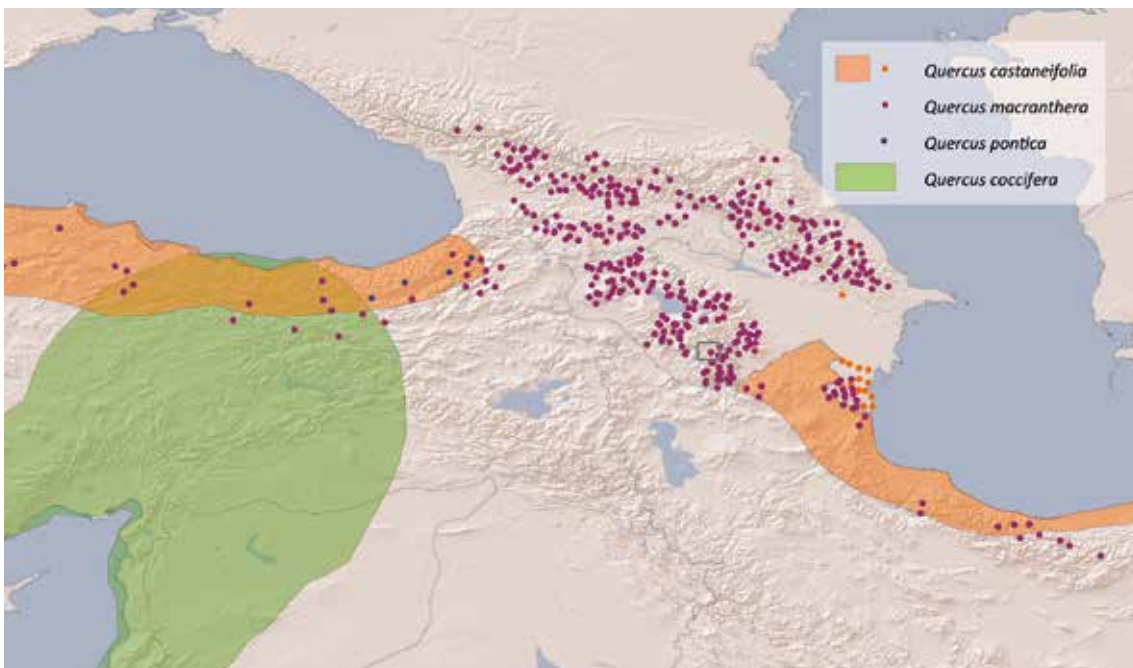


Abb. 54: Verbreitung wichtiger *Quercus*-Arten im Südlichen Kaukasus (nach ZOHARY 1973, SOKOLOV et al. 1977, KUTBAY et al. 2009)

Abb. 55: *Parrotia persica*

Parrotia persica gehört zu den tertiären Relikten und wächst rezent nur noch in den hykanischen Wäldern an den Nordhängen des Elburs im Iran (SEFIDI et al. 2011, ZOHARY 1973, AKHANI & SALIMIAN 2003) und in Aserbaidtschan nördlich bis zum Alsan-Tal (BINKA et al. 2003).

Die Art ist vor allem in Tieflandwäldern vertreten und kommt dort teilweise dominant vor. Typische Begleitbäume im Nordiran sind *Quercus castaneifolia*, *Zelkova carpinifolia* und *Buxus* sp. (Zohary 1973) sowie *Acer cappadocicum*, *A. velutinum*, *Ulmus glabra* und *Fagus orientalis* (SEFIDI et al. 2011).

Der durchschnittliche jährliche Niederschlag im Zentrum des Verbreitungsgebietes beträgt 1 200–1 300 mm. Das Jahresmittel der Temperatur beträgt im Tiefland am Kaspischen Meer 14–15 °C (BINKA et al. 2003). Die Art ist also ein eindeutiger Hinweis auf relativ feuchtes und warm-gemäßigtes Klima.



Abb. 56: Rezente Verbreitung von *Parrotia persica* nach SEFIDI et al. 2011, BINKA et al. 2003, ZOHARY 1973 und eigenen Nachweisen

Parrotia persica war bis ins Mittelpleistozän ein charakteristischer Vertreter mesothermer Wälder in Europa (z. B. BERTINI & MARTINETTO 2008, BERTINI 2010, FUSCO 2007, TZEDAKIS et al. 2006, LEROY & ROIRON 1996). Die Art wurde in Seesedimenten in Polen bis ins Interglazial MIS 9 nachgewiesen (BINKA et al. 2003).

Parrotia kommt in den vorliegenden Proben nur zweimal im Profil Darbas-2 vor. Ein Grund dafür ist sicherlich, dass *Parrotia*-Pollen normalerweise stark unterrepräsentiert ist (LEROY & ROIRON 1996, DJAMALI et al. 2009 a). Allerdings taucht *Parrotia* auch in der Makroflora von GABRIELIAN nicht auf, Blätter und Früchte von *Acer* sind dagegen sehr

häufig vertreten (GABRIELIAN & KOVAR-EDER 2011). Das spricht dafür, dass *Parrotia* im Vоротan-Becken wohl doch vergleichsweise selten war.

Im Profil Darbas-2 zeigt das Auftreten von *Parrotia persica* relativ feuchte und warme Bedingungen mit geringen Schwankungen in der Aridität an.



Abb. 57: *Parrotia persica* im Elbursgebirge am Kaspischen Meer im Iran

6.2.15 *Liquidambar*

Auch bei der Gattung *Liquidambar* handelt es sich um ein Relikt. Wie *Parrotia* kam die Art noch im Früh- und Mittelpleistozän auch in Mittel- und Westeuropa vor. Anders als diese ist *Liquidambar orientalis* heute jedoch nicht in den hyrkanischen Wäldern verbreitet, sondern kommt in Südanatolien, Caria und Lykien vor (siehe Abb. 58). Die Art benötigt warme Standorte mit milderem Wintern (ZOHARY 1973).

Sieben weitere Arten der Gattung kommen in Nordamerika und Ostasien vor. Damit weist sie ein ähnliches Verbreitungsmuster auf wie *Pterocarya*. Deren rezente Vorkommen im Kaukasus und den angrenzenden Gebieten sind als Relikte anzusehen. Auch Gattungen wie *Tsuga*, *Carya* und *Sciadopitys* hielten sich hier wohl besonders lange und kommen heute nur noch in Nordamerika und Ostasien vor, *Sciadopitys* sogar nur in Japan.

QUÉZEL & MÉDAIL (2003, zit. nach JOANNIN et al. 2007) zählen *Liquidambar* gemeinsam mit *Zelkova* zur riparischen Vegetation des nordöstlichen Mittelmeerraumes, die ganzjährig Niederschläge benötigt, besonders im Sommer. JOANNIN et al. (2007) zeigen, dass die beiden Gattungen gemeinsam während der Interglaziale (MIS 41 und 43) mit deutlich höheren Anteilen vertreten sind als in Kaltphasen.

In den bearbeiteten Proben wurde *Liquidambar* nur einmal im unteren Bereich des Profils Darbas-2 nachgewiesen, was für warme und feuchte klimatische Bedingungen spricht. Wie *Parrotia* ist auch *Liquidambar* in der Makroflora des Vorotan-Beckens nicht vertreten, sodass die Gattung wohl kein nennenswerter Bestandteil der Vegetation war.



Abb. 58: Rezente Verbreitung von *Liquidambar orientalis* (nach Davis 1965–1985)



Abb. 59: *Liquidambar styraciflua* (im Palmengarten Frankfurt)

6.2.16 *Juglans*

Die Gattung *Juglans* ist in Europa nur mit *Juglans regia* vertreten. Sie wächst unter natürlichen Bedingungen in mesophilen Misch- oder Laubwäldern auf dem Balkan, in der Türkei, südlich des Kaspischen Meeres, im Kaukasus und in Zentralasien (ZOHARY & HOPF 2000).

Hier kommt sie in semi-humiden bis semi-ariden Habitaten vor, aber nie in den typischen euxinischen sommergrünen Wäldern (ZOHARY 1973, CARRIÓN & SANCHEZ-GÓMEZ 1992). *Juglans*-Pollen sprechen deshalb für etwas aridere Bedingungen.

Pollen von *Juglans* findet sich in allen bearbeiteten Profilen aus dem Vоротan-Becken. Sein Anteil geht stark mit dem von *Quercus* und *Carpinus* einher. Im oberen Bereich des Profils Darbas-2 steigt er jedoch bei nahezu völligem Verschwinden von *Quercus* und *Carpinus* sogar an – gemeinsam mit dem von *Ulmus/Zelkova*.

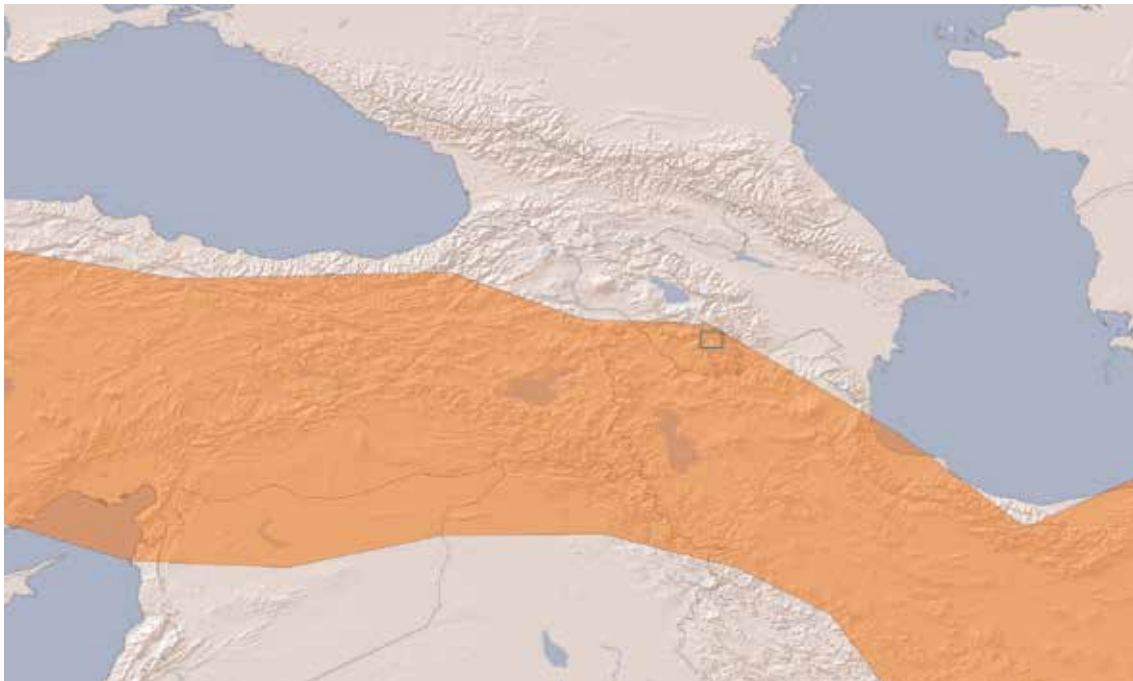


Abb. 60: Rezente Verbreitung von *Juglans regia* (nach JALAS & SUOMINEN 1972–1999)

6.2.17 *Celtis*

Die Gattung *Celtis* ist rezent weltweit mit etwa 60 Arten in den sommergrünen Wäldern der Nordhemisphäre sowie in Südafrika verbreitet. Während in Westeuropa und dem Mittelmeerraum *C. australis* vorherrscht, wächst *C. caucasica* im Kaukasus, Irak, Iran, Afghanistan, Zentralasien, Pakistan, Indien und Nepal (ALI & QUAISER 1987).

In den untersuchten Proben wurde lediglich ein Pollenkorn im unteren Bereich des Profils Ashotavan-2 gefunden. Allerdings taucht die Gattung mit der Art *Celtis caucasica* auch in den Makrofossilien von Brnakot-2 auf, sodass sie mit Sicherheit vor Ort wuchs.

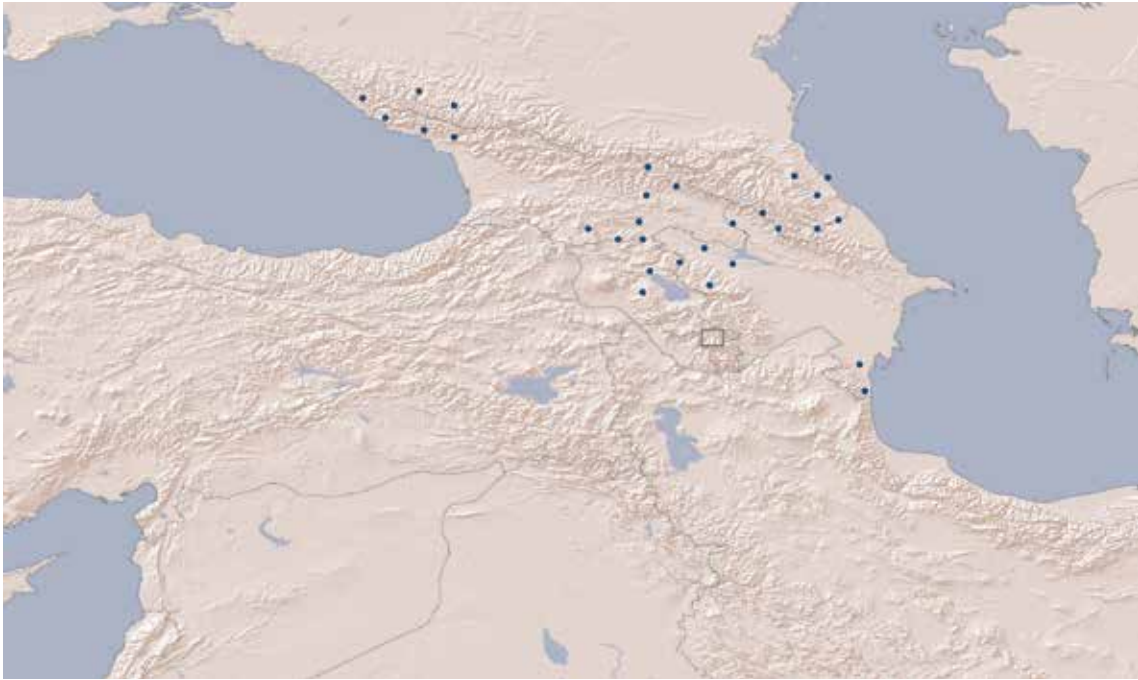


Abb. 61: Rezente Verbreitung von *Celtis caucasica* (nach SOKOLOV et al. 1977)

6.2.18 *Pistacia*

Pistacia-Pollen sind in Pollenproben meist stark unterrepräsentiert (DIAZ FERNANDEZ 1994, VAN ZEIST & BOTTEMA 2008). Untersuchungen von BARUCH (1986) in Palästina ergaben, dass nur *P. palaestina* nennenswert in Pollenproben auftaucht, während *P. atlantica* und *P. lentiscus* deutlich unterrepräsentiert sind.

In den untersuchten Proben taucht *Pistacia* in zwei Proben des Profils Darbas-2 und in neun Proben von Tolors-2 auf – jeweils in geringer Menge mit maximal vier Pollenkörnern.

Als Pollenlieferanten kommen vor allem die Arten *P. khinjuk* und *P. atlantica* infrage. Letztere ist heute ein fester Bestandteil der irano-turanischen Steppenwälder und je nach Ausprägung mit typischen Steppenvertretern, wie *Artemisia* oder *Cousinia*, oder mit Gehölzen, wie *Amygdalus* oder *Quercus*, vergesellschaftet (ZOHARY 1973, VAN ZEIST & BOTTEMA 2008).

Das Auftreten von *Pistacia* in den Pollenprofilen wird daher als Anzeiger für den Einfluss der Steppenwald-Vegetation angesehen.

6.2.19 *Platanus orientalis*

Diese einzige Art ihrer Gattung in Eurasien ist heute im östlichen Mittelmeerraum und in der irano-turanischen Region verbreitet und kam bis ins Spätpleistozän auch im westlichen Mittelmeergebiet vor (POSTIGO-MIJARRA et al. 2010).

Platanus orientalis ist eine hydrophile Art, die vor allem in Auwäldern vorkommt und das ganze Jahr über viel Feuchtigkeit benötigt.

In den Proben aus dem Vorotan-Becken tritt die Art gehäuft in den Profilen Uyts-2 und Brnakot-2 auf. Vermutlich war sie Teil der Ufervegetation des Sees oder eines seiner Zuflüsse. Für die Interpretation des Klimas und der regionalen Vegetation ist sie nur bedingt geeignet.



Abb. 62: Rezente Verbreitung von *Platanus orientalis* (nach SOKOLOV et al. 1977)

6.2.20 *Ilex*

Stechpalmen sind rezent weltweit verbreitet und haben einen Schwerpunkt in den Tropen und Subtropen. In Westeuropa und im Mittelmeergebiet kommt nur *Ilex aquifolium* vor. *Ilex colchica* hat seinen Verbreitungsschwerpunkt in der euxinischen Region, während *Ilex spinigera* in den hyrkanischen Wäldern endemisch ist (BROWICZ 1989, siehe Abb. 63). Beide Arten sind Vertreter der warm-gemäßigten Laubwälder.

In den Pollenproben aus dem Vorotan-Becken ist *Ilex* sehr selten und wurde nur in drei Proben mit insgesamt vier Pollenkörnern in den Profilen Darbas-2, Brnakot-1 und Uyts-2 gefunden. Das Auftreten der Gattung kann als Indikator für den Einfluss der Vegetation der mesophilen Wälder angesehen werden.

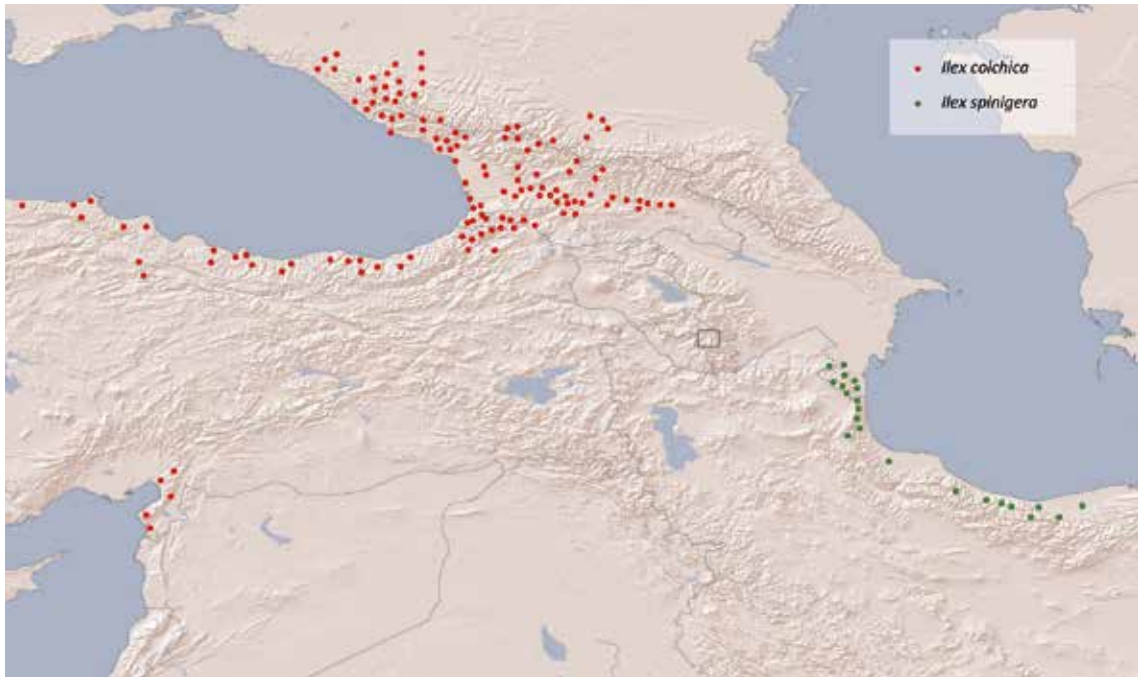


Abb. 63: Rezente Verbreitung von *Ilex colchica* (rot) und *Ilex spinigera* (grün) nach BROWICZ (1989)

6.2.21 *Alnus*

Erlen sind mit etwa 35 Arten vorwiegend in den gemäßigten Zonen der Nordhalbkugel verbreitet. Auf den Kaukasus und den Nordiran beschränkt ist *A. subcordata*. Die meisten Arten der Gattung gelten als Vertreter der riparischen Vegetation, die entlang von Fluss- und Bachläufen wachsen.

Alnus-Pollen wurde in den Profilen Uyts-2, Sisian-2 und Darbas-2 nachgewiesen, allerdings stets nur als einzelne Pollenkörner.

6.2.22 *Acer*

Die sehr reichhaltigen Funde von Blättern und Früchten der Gattung *Acer* im Vorotan-Becken werden von GABRIELIAN & KOVAR-EDER (2011) ausführlich dargestellt. Die Autoren weisen im Frühpleistozän zehn Arten nach. Die häufigsten sind *A. ibericum* und *A. cappadocicum*. Mehrere Arten sind charakteristisch für die euxinische und hyrkanische Region oder hier sogar endemisch (GABRIELIAN & KOVAR-EDER 2011, BROWICZ 1989). In der gesamten euxinisch-hyrkanischen Region kommen heute nur noch acht *Acer*-Arten vor (GABRIELIAN & KOVAR-EDER 2011).

Während *Acer* die fossile Makroflora der Diatomite im Vorotan-Becken dominiert, ist sein Anteil in den Pollenproben nahezu verschwindend gering: Es wurden lediglich in vier Proben der Profile Darbas-2, Brnakot-2, Ltsen-3 und Uyts-2 jeweils ein Pollenkorn gefunden. Für die Interpretation von Klima oder Vegetation können *Acer*-Pollen also nicht herangezogen werden.

6.2.23 *Artemisia*

Die Gattung *Artemisia* beinhaltet ca. 390 Arten (BREMER & HUMPHRIES 1993, zit. in ALI & QUAISER 1987) und hat ihren Verbreitungsschwerpunkt in den gemäßigten Zonen auf der Nordhalbkugel der Erde. Da die *Artemisia*-Arten überwiegend anemophil sind, sind sie in Pollenproben meist gut vertreten.

Vor allem in Asien ist die Gattung in Pakistan für die Steppen der ariden und semi-ariden Gebiete charakteristisch (ALI & QUAISER 1987, LIU et al. 2008). Auch in den irano-turanischen Steppen sind Vertreter der Gattung *Artemisia* die Charakterarten der prägenden Pflanzengesellschaften. ZOHARY (1973) beschreibt hier drei Klassen von Artemisietea: *Artemisietea herbae-albae mesopotamica*, *Artemisietea fragrantis* und *Artemisietea herbae-albae iranica* – mit jeweils mehreren Assoziationen. Weil diese Pflanzengesellschaften auch Einflüsse auf das Vorotan-Becken haben könnten, werden sie im folgenden kurz beschrieben. Dabei sind insbesondere typische Begleitarten von Interesse, die in den ausgewerteten Proben gefunden wurden.

Die ***Artemisietea herbae-albae mesopotamica***-Gesellschaften sind vor allem von Chamaephyten geprägt – sehr oft von *Artemisia herba-alba*. Sie kommen im Südwesten des irano-turanischen Gebietes mit einem typischen Mittelmeer-Klima vor – mit heißen und trockenen Sommern und Niederschlägen in Herbst und Winter von 150 bis 250 mm (ZOHARY 1973).

Die sehr artenreiche ***Artemisietea fragrantis*** ist vor allem in Inneranatolien landschaftsprägend, kommt aber bis in den Nordwesten Irans vor und ist mit der Assoziation *Artemisietalia fragrantis armeno-turcica* auch in Nordostanatolien und dem Süden Armeniens vertreten. Sie repräsentiert eine Steppe mit Chamaephyten und Hemikryptophyten und steht für ein etwas humideres Klima als die vorher beschriebene Klasse. Gräser spielen hier eine untergeordnete Rolle. ZOHARY (1973) führt für diese Pflanzengesellschaft Übergänge zur Waldsteppe auf, sofern größere Baumgruppen enthalten sind.

Die Gesellschaften der Klasse ***Artemisietea herbae-albae iranica*** sind sehr formenreich und bestimmen heute den überwiegenden Teil der Vegetation der iranischen Steppen. Die meisten sind von *Artemisia herba-alba* dominiert. Durch Trockenheit, Salinität und die vorherrschende Beschaffenheit der Böden sind sie vergleichsweise artenarm.

Obwohl sie die Charakterarten vieler Steppen stellt, hat die Gattung *Artemisia* eine breite ökologische Valenz und kommt sowohl an extrem heißen und trockenen Standorten (z. B. *Artemisia judaica*) als auch an humiden und sehr kalten Standorten (z. B. *Artemisia alba*) vor. Ihre Indikatoreignung für bestimmte Klimaverhältnisse ist deshalb begrenzt – insbesondere weil sich der Pollen nicht bis zur Art bestimmen lässt (SUBALLY & QUÉTZEL 2002).

Möglicherweise eignen sich jedoch die charakteristischen Begleitarten in den von ZOHARY (1973) aufgeführten *Artemisia*-Steppengesellschaften besser, um Aussagen über die vorherrschende Vegetation und das Klima abzuleiten. Deshalb sind in Tab. 10 alle dort

genannten Begleitarten aufgelistet, die möglicherweise Lieferanten von Pollen oder Makroresten im Vоротan-Becken sind. Die weitaus größte Übereinstimmung ergibt sich daraus mit den Begleitarten der *Artemisietalia fragrantis armeno-turcica*: 26 Arten lassen sich potenziell mit den Fossilfunden in Einklang bringen.

Tab. 10: Typische Begleitarten der Artemisietea-Gesellschaften nach ZOHARY (1973) und die möglicherweise entsprechenden fossilen Taxa aus der Pollenflora und der Makroflora des Vоротan-Beckens

Begleitart (nach ZOHARY 1973)	Pollenflora	Makroflora
Artemisietea herbae-albae mesopotamica:		
<i>Salsola vermiculata</i>	<i>Chenopodium</i> -Typ	<i>Salsola</i> sp.
<i>Cousinia stenocephala</i>	<i>Cousinia</i>	
<i>Centaurea damascena</i>	<i>Centaurea</i> -Typen	
Artemisietalia fragrantis armeno-turcica:		
<i>Centaurea carduiiformis</i>	<i>Centaurea</i> -Typen	
<i>Achillea vermicularis</i>	<i>Matricaria</i> -Typ	
<i>Achillea setosa</i>	<i>Matricaria</i> -Typ	
<i>Marrubium parviflorum</i>	<i>Marrubium</i>	
<i>Marrubium condensatum</i>	<i>Marrubium</i>	
<i>Marrubium globosum</i>	<i>Marrubium</i>	
<i>Rosa pimpinellifolia</i>		<i>Rosa</i> sp.
<i>Rosa canina</i>		<i>Rosa</i> sp.
<i>Rosa hemisphaerica</i>		<i>Rosa</i> sp.
<i>Dianthus crinitus</i>	Caryophyllaceae	
<i>Silene dichotoma</i>	Caryophyllaceae	
<i>Silene spergulifolia</i>	Caryophyllaceae	
<i>Silene dichotoma</i>	Caryophyllaceae	
<i>Silene conica</i>	Caryophyllaceae	
<i>Silene alba</i>	Caryophyllaceae	
<i>Silene supina</i>	Caryophyllaceae	
<i>Silene longipetala</i>	Caryophyllaceae	
<i>Linum arguta</i>	<i>Linum</i> -Typen	
<i>Ranunculus illyricus</i>	Ranunculaceae	
<i>Thalictrum simplex</i>	<i>Thalictrum</i>	
<i>Thalictrum minus</i>	<i>Thalictrum</i>	
<i>Trifolium hybridum</i>	<i>Trifolium repens</i> -Typ	
<i>Stipa barbata</i>	Poaceae	
<i>Rumex acetosella</i>	<i>Rumex</i>	
<i>Rumex acetosa</i>	<i>Rumex</i>	
<i>Polygonum cognatum</i>	<i>Polygonum</i> -Typen	
Artemisietea herbae-albae iranica:		
<i>Stipa hobenackeriana</i>	Poaceae	
<i>Stipagrostis plumosa</i>	Poaceae	
<i>Convolvulus</i> sp.	<i>Convolvulus</i> -Typ	
<i>Dianthus tabrisianus</i>	Caryophyllaceae	
<i>Dianthus crinitus</i>	Caryophyllaceae	
<i>Salsola incanescens</i>	<i>Chenopodium</i> -Typ	<i>Salsola</i> sp.
<i>Ephedra intermedia</i>	<i>Ephedra</i> -Typen	
<i>Ephedra strobilaceae</i>	<i>Ephedra fragilis</i> -Typ	
<i>Cousinia</i> sp.	<i>Cousinia</i>	

Ungeachtet der breiten ökologischen Valenz verbinden die meisten Autoren für die Klimarekonstruktion im Plio-/Pleistozän hohe Anteile an *Artemisia*-Pollen mit Glazialphasen (z. B. SUC 1984, BERTINI 2010, TZEDAKIS et al. 2006, COMBOURIEU-NEBOUT & VERGNAUD-GRAZZINI 1991). Dass dies vor allem im östlichen Mittelmeerraum nicht immer der Fall ist, beweisen SUBALLY & QUÉTZEL (2002): Auf der Insel Zakynthos fielen die *Artemisia*-Maxima mit den Maxima der $\delta^{18}\text{O}$ -Kurve, also den Warmphasen, zusammen. Betrachtet man sich die rezente Verbreitung der *Artemisia*-Steppen, beispielsweise im Mittleren Osten (ZOHARY 1973), so überrascht dieses Ergebnis nicht, da es sich durchgehend um sommerwarme bis heiße Steppen und Halbwüsten handelt.

Dies unterstreicht, dass eine isolierte Betrachtung der *Artemisia*-Anteile sich nicht als Indikator für eine bestimmte Vegetation oder vorherrschende Klimabedingungen eignet. Allenfalls bei Berücksichtigung der Begleitflora kann man hier zu validen Aussagen kommen. LIU et al. (2008) weisen auch darauf hin, dass hohe Anteile an *Artemisia*-Pollen nicht unbedingt auf eine *Artemisia*-dominierte Steppe hindeuten, sondern auch unter real sehr geringen Anteilen der Gattung in der Vegetation auftreten können.

Obwohl *Artemisia* systematisch zu den Asteraceae gehört, wird die Gattung, aufgrund ihrer Anemophilie und der ökologischen Bedeutung, in den weiteren Auswertungen und den Pollenprofilen separat aufgeführt.

6.2.24 Chenopodiaceae

Die Familie Chenopodiaceae (Gänsefußgewächse) wird nach molekularbiologischen Ergebnissen eigentlich zur Familie der Amaranthaceae (Fuchsschwanzgewächse) gerechnet (KADEREIT et al. 2010), in vielen Publikationen wird sie jedoch weiterhin als eigenständige Familie geführt.

Es handelt sich um vorwiegend anemophile ein- oder mehrjährige Kräuter und Halbsträucher. Ähnlich wie *Artemisia* sind auch viele Vertreter der Chenopodiaceae typisch für die ariden und semi-ariden Gebiete Eurasiens, wobei sich der Anteil der Chenopodiaceae erhöht, sobald die Salinität der Böden zunimmt (LIU et al. 2008).

Während *Artemisia*-Pollen vor allem in der Steppenvegetation erhöht sind, zeigen hohe Anteile an Chenopodiaceae-Pollen eher wüstenartige oder saline Bedingungen an (EL-MOSLIMANY 1990, LIU et al. 2008). Treten sie in Steppen erhöht auf, so spricht das für eine azonale, hypersaline Vegetation, wie sie beispielsweise an Fluss- oder Seeufern auftritt (LIU et al. 2008). Solche Bedingungen sind auch für das Ufer des Sees im Vorotan-Becken anzunehmen. Die Autoren stellen wegen des Vorkommens in der azonalen halophilen Vegetation auch den häufig verwendeten A/C-Index (*Artemisia*/Chenopodiaceae) infrage.

Chenopodiaceae-Pollen sind in Pollenproben tendenziell überrepräsentiert. So haben LIU et al. (2008) bei einem Vergleich von Pollenproben und tatsächlicher Vegetationsdecke nachgewiesen, dass schon bei einer Vegetationsbedeckung von mehr als 20 % Chenopodiaceae deren Pollenanteil auf mehr als 90 % ansteigt.

6.2.25 Poaceae

Gräser sind die dominierenden Pflanzen subtropischer Savannen und der Steppen der gemäßigten Zone. Sie vertragen kalte Winter und auch heiße Sommer. In der offenen Vegetation des Nahen Ostens ist Sommerfeuchtigkeit jedoch der begrenzende Faktor für das Wachstum von Gräsern. In den Halbwüsten setzen sich daher zunehmend Chenopodiaceae und *Artemisia* durch (EL-MOSLIMANY 1990).

Die eurasiatischen Steppen sind von der Gattung *Stipa* dominiert. Möglicherweise stammen auch die Gräserpollen in den ausgewerteten Proben überwiegend von dieser Gattung.



Abb. 64: Rezente Verbreitung der Sippengruppe *Stipa ser. Capillatae* (nach STRASBURGER et al. 1998)

Poaceae-Pollen ist in Pollenproben eher geringer vertreten als es der tatsächlichen Vegetationsbedeckung entspricht (LIU et al. 2008, WRIGHT et al. 1967). Auch gegenüber Chenopodiaceae und *Artemisia* sind Poaceae-Pollen eher unterrepräsentiert (COUR et al. 1999). Wo Poaceae-Pollen in den Proben dominierten, kann deshalb davon ausgegangen werden, dass eine ausgeprägte Grassteppe die Vegetation im Vorotan-Becken beherrschte. Werte von mehr als 40 % werden vor allem über das gesamte Profil Ltsen-3, im unteren Bereich von Darbas-2 und während des MIS 31 sowie im unteren Bereich von Tolors-2 erreicht.

6.2.26 Ephedra

Ephedra ist, neben *Gnetum* und *Welwitschia*, eine von nur drei Gattungen der sehr ursprünglichen Ordnung Gnetales. Sie ist eine von wenigen Gymnospermen-Gattungen, die extrem an aride Bedingungen angepasst sind und vorwiegend Steppen und Wüsten besiedeln. *Ephedra* umfasst etwa 60 Arten (JUDD 2008). Da die meisten anemophil sind, sind

Ephedra-Pollen häufig in Proben aus ariden Gebieten vertreten. Das zeigt auch die rezente Verbreitung der Gattung (siehe Abb. 65).

Ephedra distachya ist rezent in Asien und in Südeuropa verbreitet und besiedelt vor allem Grassteppen, steinige oder sandige Böden bis 900 m NN (WU & RAVEN 2001). *Ephedra major* ist (mit Unterarten) vom Balkan bis nach Pakistan verbreitet (ALI & QAISER 1987). Während *Ephedra major* charakteristischer Bestandteil der Vegetation Anatoliens und des Irans ist, sind sowohl *Ephedra intermedia* und *Ephedra pachyclada* vor allem in den Wüstensteppen Zentralirans häufig (ZOHARY 1973). COUR et al. (1999) verwenden einen *Artemisia*/*Ephedra*-Index alternativ zum *Artemisia*/Chenopodiaceae-Index als Proxy für die Feuchtigkeit. In den spätpleistozänen Profilen vom Urmia-See (Iran) scheint ein Ansteigen des *Ephedra*-Anteils in Pollenproben regelmäßig einer Zunahme der Bewaldung vorauszu-gehen (DJAMALI et al. 2008). CONNOR & KVAVADZE (2008) führen *Ephedra* in Georgien als Bestandteil spätglazialer Steppen zu Beginn des Holozäns auf.

In den untersuchten Pollenprofilen tritt *Ephedra* ebenfalls vorwiegend in kühleren Phasen auf, ist allerdings kein Indikator für ausgeprägte Glaziale und fehlt beispielsweise in dem ausgeprägten Glazial MIS 30 nahezu völlig.



Abb. 65: Rezente Verbreitung der Gattung *Ephedra* im westlichen Eurasien und in Nordafrika (nach CAVENEY et al. 2001)

6.2.27 *Cousinia*

Unter den Asteraceae ist *Cousinia* eine besonders interessante Gattung: Ihre Pollen wurden teilweise häufig gefunden, sind sicher zuzuordnen und ihre Vertreter haben relativ einheitliche ökologische Anforderungen. Sie zeigen aride Bedingungen an (DJAMALI et al. 2009 b).

Cousinia ist rezent auf Südwest- und Zentralasien beschränkt, sodass der Südliche Kaukasus am Rande ihres Verbreitungsgebietes liegt (MEHREGAN 2008, siehe Abb. 66). Wie keine andere Gattung charakterisiert sie das irano-turanische Florengebiet (RECHINGER 1953). Die Gattung fehlt deshalb in den meisten europäischen palynologischen Untersuchungen.

Cousinia ist unter anderem charakteristisch für die zwergstrauchreiche Vegetation im irano-turanischen Raum bei Jahresniederschlägen von 250–180 mm mit stark ausgeprägter Sommerdürre und Winterkälte (FREY & LÖSCH 2010, DJAMALI et al. 2009 b). Die Gattung beinhaltet zahlreiche endemische Arten (RECHINGER 1953). So sind 18 der 20 im Iran rezent vorkommenden alpinen *Cousinia*-Arten Endemiten – also 90 % (NOROOZI et al. 2008).

Aufgrund der Besonderheiten wird *Cousinia* – wie auch die Gattung *Artemisia* – in der statistischen Auswertung nicht gemeinsam mit den übrigen Asteraceae behandelt, sondern geht als eigenes Taxon in die Analyse ein.

Wie bei *Ephedra* ist der Anteil von *Cousinia*-Pollen im Spätpleistozän während der Glazialphasen im Nordwesten Irans höher als während der Interglaziale (DJAMALI et al. 2012). Das bestätigt sich in den hier untersuchten Profilen: *Cousinia* ist vor allem während der Glaziale häufiger vertreten und dabei sogar noch strenger an diese gebunden als *Ephedra*.

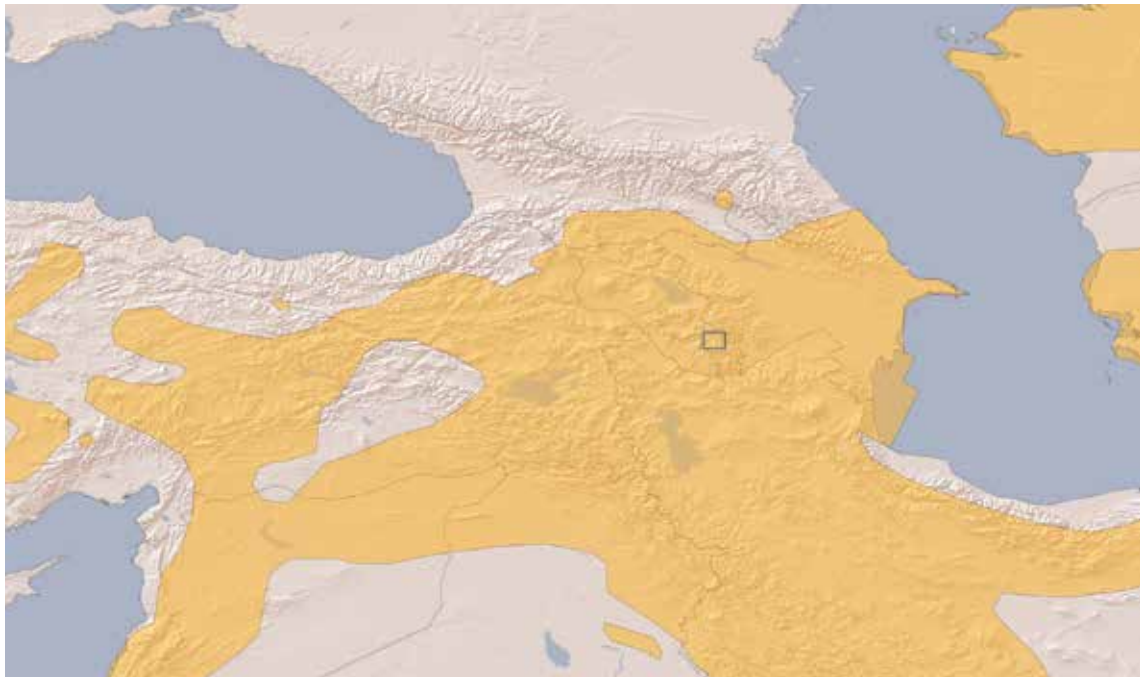


Abb. 66: Rezente Verbreitung der Gattung *Cousinia* (nach KNAPP 1987 und LÓPEZ-VINYALLONGA 2009)

6.3 Statistische Auswertung

Bei der statistischen Auswertung der erhobenen Daten stand die Nutzbarkeit der Ergebnisse für die Interpretation der Vegetation im Vordergrund. Hierfür wurden zunächst einige deskriptive Kennzahlen für die nachgewiesenen Taxa erhoben. Dabei wurden unterschiedliche Pollenformen, die einem gemeinsamen übergeordneten Taxon zugeordnet werden konnten, zusammengefasst, sodass sich die Zahl der in die statistische Auswertung eingehenden Taxa auf 64 reduziert (entsprechend Tab. 9 auf Seite 89).

6.3.1 Häufigkeitsanalyse

Um die Verwertbarkeit eines Taxons für die Interpretation der Vegetationsentwicklung einzuschätzen, ist es wichtig zu wissen, wie häufig es in den untersuchten Proben vorkommt und wie sich diese Vorkommen statistisch verteilen. Die Ergebnisse der deskriptiven Statistik sind in Tab. 11 dargestellt.

Tab. 11: Statistische Kennzahlen der nachgewiesenen Taxa

	anwesend	Stetigkeit	fehlend	Mittelwert	Std.abw.	Varianz	Kurtosis	Spannweite	Minimum	Maximum
Gymnospermae										
<i>Pinus</i>	241	97,2%	7	28,56	30,53	932,28	-0,22	99,24	0,31	99,55
<i>Abies</i>	67	27,0%	181	1,35	2,07	4,29	13,44	12,09	0,10	12,20
<i>Picea</i>	101	40,7%	147	0,97	1,22	1,48	36,14	10,30	0,10	10,40
<i>Sciadopitys</i>	41	16,5%	207	0,72	0,60	0,36	6,23	2,91	0,25	3,16
<i>Tsuga</i>	93	37,5%	155	1,36	1,89	3,56	34,19	15,33	0,11	15,44
<i>Podocarpus</i>	3	1,2%	245	1,04	1,21	1,47		2,11	0,33	2,44
<i>Cedrus</i>	8	3,2%	240	0,90	1,39	1,93	7,50	4,07	0,23	4,30
<i>Ephedra</i>	131	52,8%	117	5,06	7,43	55,22	8,41	44,54	0,09	44,64
Angiospermae										
<i>Alisma</i>	38	15,3%	210	1,48	1,65	2,72	7,21	8,15	0,19	8,33
<i>Potamogeton</i>	2	0,8%	246	0,40	0,09	0,01		0,13	0,33	0,47
<i>Cephalanthera</i> -Typ	1	0,4%	247	1,15				0,00	1,15	1,15
Liliaceae / Iridaceae	15	6,0%	233	0,46	0,34	0,11	10,28	1,33	0,25	1,58
<i>Typha</i>	49	19,8%	199	1,07	1,20	1,43	7,41	6,18	0,14	6,32
Poaceae	234	94,4%	14	24,14	24,22	586,84	-0,03	99,81	0,19	100,00
Cyperaceae	80	32,3%	168	3,19	6,35	40,30	40,66	49,86	0,14	50,00
Ranunculaceae	124	50,0%	124	2,32	4,61	21,25	23,82	31,68	0,14	31,82
<i>Bongardia</i>	1	0,4%	247	0,33				0,00	0,33	0,33
<i>Platanus orientalis</i>	17	6,9%	231	0,78	0,67	0,45	2,38	2,44	0,11	2,55
Caryophyllaceae	78	31,5%	170	0,83	0,88	0,77	12,29	5,28	0,13	5,41
Chenopodiaceae	204	82,3%	44	10,44	14,67	215,10	7,00	83,82	0,09	83,91
Polygonaceae	41	16,5%	207	1,62	1,73	2,99	4,90	8,02	0,20	8,22
Plumbaginaceae	73	29,4%	175	1,05	0,98	0,96	2,37	4,02	0,09	4,11
<i>Viscum</i>	3	1,2%	245	0,43	0,25	0,06		0,45	0,27	0,72
<i>Saxifraga</i>	3	1,2%	245	0,47	0,20	0,04		0,36	0,34	0,70
<i>Myriophyllum</i>	1	0,4%	247	0,63				0,00	0,63	0,63
<i>Liquidambar</i>	1	0,4%	247	0,63				0,00	0,63	0,63

	anwesend	Stetigkeit	fehlend	Mittelwert	Std. abw.	Varianz	Kurtosis	Spannweite	Minimum	Maximum
<i>Parrotia persica</i>	2	0,8%	246	0,92	0,39	0,15		0,55	0,64	1,19
<i>Vitis</i>	2	0,8%	246	0,91	0,80	0,64		1,13	0,35	1,48
<i>Geranium</i>	7	2,8%	241	0,50	0,56	0,31	6,92	1,51	0,25	1,75
<i>Linum</i>	19	7,7%	229	0,59	0,64	0,40	11,13	2,72	0,22	2,94
<i>Salix</i>	55	22,2%	193	1,33	1,56	2,43	11,23	7,84	0,26	8,10
Fabaceae	1	0,4%	247	0,34				0,00	0,34	0,34
<i>Ulmus / Zelkova</i>	84	33,9%	164	4,37	6,96	48,38	12,08	39,96	0,14	40,10
<i>Celtis</i>	1	0,4%	247	0,36				0,00	0,36	0,36
<i>Datisca</i>	34	13,7%	214	2,46	2,29	5,25	3,51	10,17	0,25	10,42
<i>Quercus</i>	200	80,6%	48	13,00	17,13	293,61	1,68	69,95	0,15	70,10
<i>Juglans</i>	122	49,2%	126	2,36	3,69	13,58	40,71	33,06	0,14	33,20
<i>Pterocarya</i>	4	1,6%	244	1,37	1,58	2,49	3,38	3,42	0,29	3,70
<i>Platycarya</i>	7	2,8%	241	1,21	1,30	1,68	-0,57	3,02	0,31	3,33
<i>Carya</i>	2	0,8%	246	1,11	0,70	0,49		0,99	0,62	1,61
<i>Carpinus</i>	155	62,5%	93	7,44	8,43	71,12	1,75	38,08	0,25	38,33
<i>Betula</i>	47	19,0%	201	1,23	1,41	1,99	5,64	6,72	0,09	6,82
<i>Alnus</i>	3	1,2%	245	0,27	0,11	0,01		0,19	0,15	0,34
Urticaceae / Moraceae	10	4,0%	238	1,10	1,48	2,18	8,51	4,93	0,25	5,18
<i>Sanguisorba minor</i>	3	1,2%	245	0,21	0,10	0,01		0,20	0,11	0,31
Onagraceae	11	4,4%	237	0,66	0,68	0,46	2,44	1,94	0,28	2,22
Brassicaceae	107	43,1%	141	1,24	1,20	1,44	7,95	7,53	0,16	7,69
<i>Tilia</i>	52	21,0%	196	2,21	3,60	12,95	32,53	24,78	0,22	25,00
Malvaceae	4	1,6%	244	0,36	0,11	0,01	3,52	0,23	0,29	0,53
<i>Acer</i>	4	1,6%	244	0,25	0,02	0,00	-0,64	0,04	0,23	0,27
<i>Pistacia</i>	11	4,4%	237	2,82	2,14	4,58	4,34	7,82	0,52	8,33
Ericaceae	1	0,4%	247	0,53				0,00	0,53	0,53
<i>Polemonium</i>	9	3,6%	239	0,80	0,92	0,84	4,96	2,74	0,29	3,03
<i>Convolvulus</i>	1	0,4%	247	0,34				0,00	0,34	0,34
Plantaginaceae	4	1,6%	244	2,02	1,46	2,13	3,24	3,19	0,98	4,17
Lamiaceae	2	0,8%	246	0,28	0,07	0,00		0,10	0,23	0,33
<i>Ilex</i>	3	1,2%	245	0,31	0,01	0,00		0,02	0,30	0,32
Apiaceae	37	14,9%	211	0,70	0,51	0,26	2,35	2,35	0,11	2,46
<i>Hedera</i> -Typ	3	1,2%	245	0,66	0,32	0,10		0,64	0,35	0,99
Dipsacaceae	42	16,9%	206	0,65	0,81	0,65	18,91	4,73	0,15	4,88
<i>Valeriana</i>	3	1,2%	245	0,30	0,02	0,00		0,05	0,28	0,32
<i>Viburnum</i>	2	0,8%	246	0,54	0,28	0,08		0,39	0,34	0,73
<i>Artemisia</i>	169	68,1%	79	4,75	7,53	56,76	15,48	57,60	0,09	57,69
Asteraceae	204	82,3%	44	11,77	12,98	168,44	5,25	83,87	0,14	84,01
<i>Cousinia</i>	81	32,7%	167	1,92	1,79	3,21	14,39	12,27	0,23	12,50

6.3.2 Faktorenanalyse

Die Faktorenanalyse sollte Anhaltspunkte liefern, welche Taxa für die Unterscheidung der Proben und damit der Vegetation in unterschiedlichen Bereichen der Profile am wichtigsten sind.

Um ein hinreichend signifikantes Ergebnis zu erzielen, gingen in die Faktorenanalyse nur Proben mit einer Pollensumme von mindestens 100 ein ($n = 201$). Außerdem wurden nur Taxa berücksichtigt, die in mindestens 5 % aller Proben (> 12) nachgewiesen wurden.

Ergebnis ist die sogenannte Rotierte Komponentenmatrix. Es ergeben sich fünf Faktoren, welche die Unterschiede in den Proben am besten erklären. Insgesamt erklären die fünf Faktoren 41,245 % der Varianz der Ausgangswerte. Das ist ein vergleichsweise niedriger Wert. Allerdings macht die Zusammensetzung der Faktoren auch ökologisch im Hinblick auf die von den Variablen repräsentierte vorherrschende Vegetation Sinn, sodass die Analyse nicht verworfen wurde.

Faktor 1 wird beschrieben durch die Baumarten *Ulmus/Zelkova*, *Juglans*, *Carpinus*, *Quercus* und *Tilia*. Sie sprechen für das Vorherrschen mesophilen Laubwaldes mit hohen Ansprüchen an Feuchtigkeit und Temperatur. Die Gesamtvarianz erklärt sich zu 13,582 % aus diesem Faktor.

Faktor 2 setzt sich aus *Ephedra*, *Abies*, *Cousinia*, *Sciadopitys*, *Salix*, *Typha*, *Tsuga* und *Datisca* zusammen. Er erklärt die Gesamtvarianz zu 10,954 %. Die ökologische Interpretation ist hier schwierig. *Ephedra*, *Cousinia*, *Salix* und *Datisca* sprechen für eine offene Vegetation. *Ephedra*, *Cousinia* und *Datisca* legen ein trockenes Klima nahe. *Salix* könnte aus der Ufervegetation des Sees stammen, sicher ist dies wohl bei *Typha*.

In **Faktor 3** sind Plumbaginaceae, Poaceae, Asteraceae, *Cousinia*, Caryophyllaceae und *Linum* enthalten. Der Faktor beschreibt eine offene Vegetation, ähnlich einer Grassteppe. Alle Variablen sprechen für mäßig bis sehr trockene Bedingungen. Der Faktor erklärt 8,407 % der Gesamtvarianz.

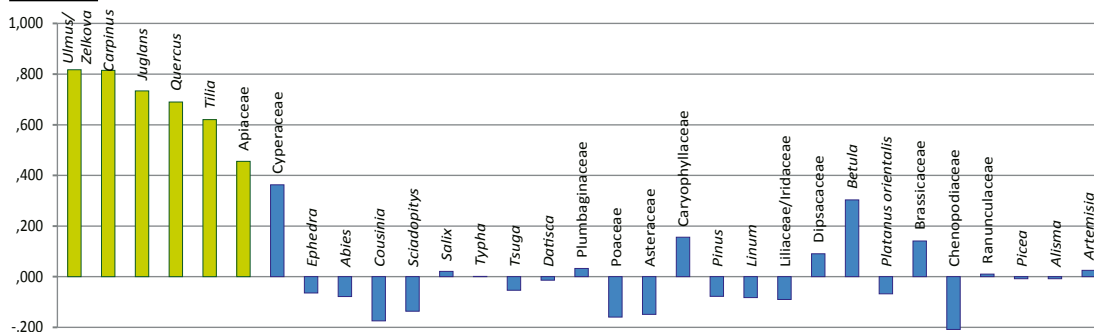
Faktor 4 umfasst *Betula*, *Platanus orientalis*, Brassicaceae, *Tilia*, *Quercus*, Ranunculaceae und Chenopodiaceae. Sie zeigen eine mehr oder weniger geschlossene Vegetation mit Wald an. Vor allem *Tilia* und *Quercus* sprechen für einen wärmeliebenden, nicht allzu feuchten Laubwald. Chenopodiaceae könnten aus der ufernahen psammophilen Vegetation stammen. Die Gesamtvarianz wird durch diesen Faktor zu 6,184 % erklärt.

In **Faktor 5** sind *Artemisia* und *Alisma* vereinigt. Die entsprechende Vegetation ist charakteristisch für eine Trockensteppe. Vor allem das Vorherrschen von *Artemisia* spricht für trockene Bedingungen. Der Faktor erklärt 5,687 % der Varianz.

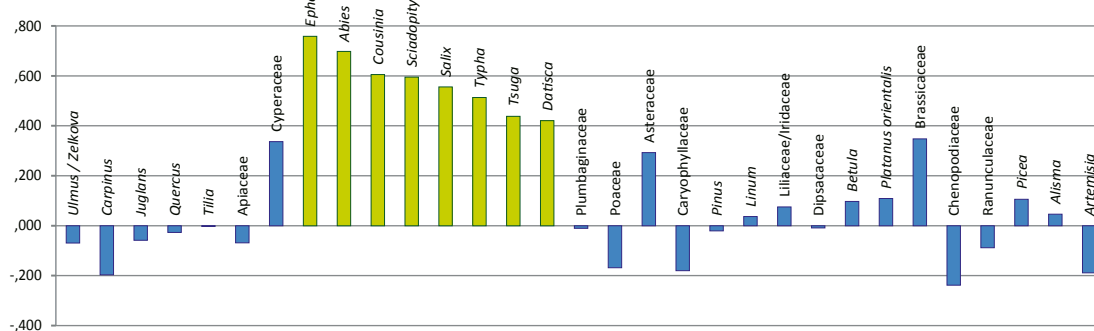
Für jede Probe wurden die Scorewerte für die fünf Faktoren berechnet. Die Scorewerte aus der Faktorenanalyse wurden als Kriterium für die Definition der Pollenzonen in den Pollendiagrammen herangezogen. Es stellte sich jedoch heraus, dass sie alleine die Zonierung nicht ausreichend erklären können.

Abb. 67: (Folgeseite) Übersicht über die Faktorladungen innerhalb der einzelnen Faktoren. Die mit rot hervorgehobenen Variablen werden zur Definition des Faktors herangezogen. Als Kriterium wurde eine Mindestladung von 0,4 definiert.

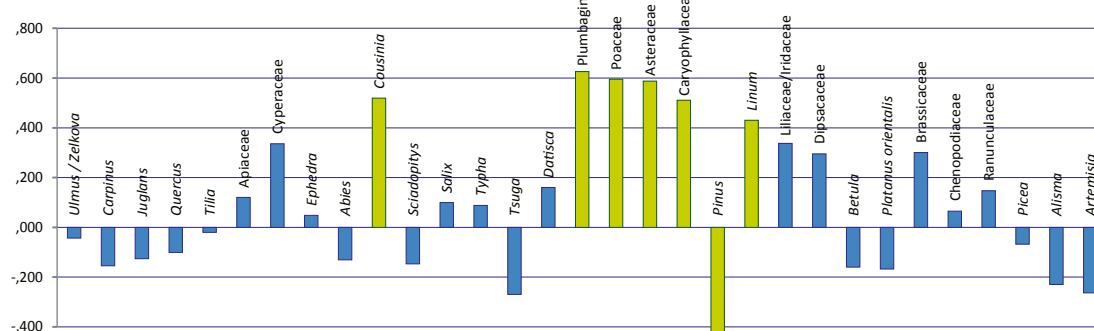
Faktor 1



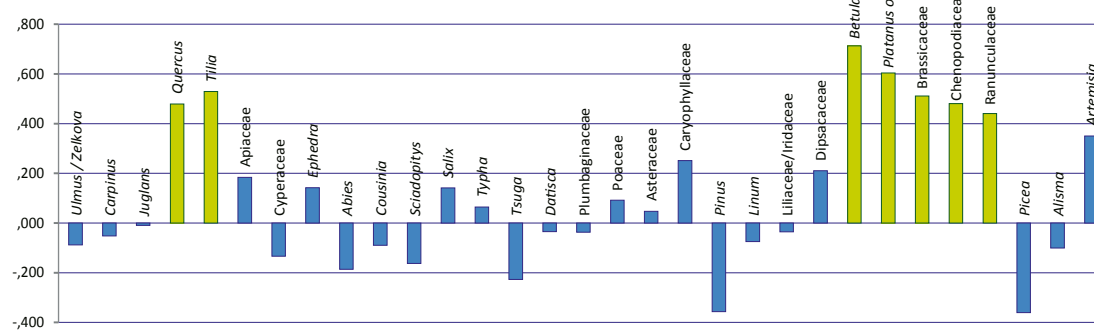
Faktor 2



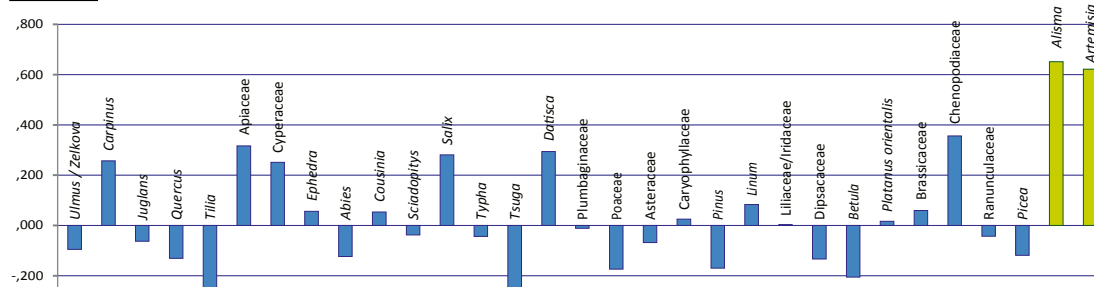
Faktor 3



Faktor 4



Faktor 5



6.3.3 Clusteranalyse

Zusätzlich zur Faktorenanalyse wurde eine Hierarchische Clusteranalyse nach dem Q-Modus durchgeführt, um Ähnlichkeitsmuster zwischen den einzelnen Proben zu erhalten.

Um die statistische Signifikanz zu erhöhen, gingen in die Clusteranalyse ebenfalls nur Proben ein, von denen mindestens 100 Pollenkörner gezählt wurden ($n = 201$). Anders als bei der Faktorenanalyse wurden hier jedoch alle gefundenen Taxa berücksichtigt.

Die Clusteranalyse wurde für alle Proben gemeinsam durchgeführt, um profilübergreifende Cluster zu erhalten. Ergebnis ist das in Anhang D abgebildete Dendrogramm. Entsprechend der Zuordnung zu den gefundenen Clustern wurden die Proben in den Pollenprofilen markiert und auf dieser Basis einer Pollenzone zugewiesen.

Anschließend an die Hierarchische Clusteranalyse wurde eine Clusterzentrenanalyse mit zehn Clustern vorgenommen, um deren Anzahl überschaubar zu halten. Aus dem Ergebnis (Tab. 12) geht auch hervor, welche Bedeutung die einzelnen Taxa für die Bildung der jeweiligen Cluster haben.

Tab. 12: Clusterzentren der endgültigen Lösung. Nicht bewertete Taxa sind nicht berücksichtigt.

Cluster:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Pinus</i>	40	156	612	28	31	12	349	27	49	72
<i>Picea</i>	1	2	1	1	1	0	2	1	0	0
<i>Abies</i>	1	2	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Tsuga</i>	2	4	1	1	1	0	2	1	0	1
<i>Sciadopitys</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Quercus</i>	412	12	4	22	7	36	4	10	228	655
<i>Salix</i>	2	1	0	1	2	1	0	0	1	0
<i>Pistacia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Carpinus</i>	63	6	7	18	3	14	5	5	30	64
<i>Betula</i>	9	0	0	1	0	1	0	0	6	7
<i>Platanus orientalis</i>	2	0	0	0	0	3	0	0	0	1
<i>Juglans</i>	13	4	1	5	1	2	1	1	16	26
<i>Tilia</i>	9	0	0	1	0	0	0	1	7	15
<i>Ulmus / Zelkova</i>	38	6	3	7	1	0	4	2	24	64
Poaceae	29	27	3	27	96	38	6	235	32	53
<i>Ephedra</i>	11	16	0	7	14	6	1	4	8	7
<i>Typha</i>	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0
Cyperaceae	16	2	0	3	5	1	0	0	0	0
<i>Artemisia</i>	12	3	4	14	2	25	1	4	14	5
Asteraceae	40	38	1	13	66	13	4	22	18	14
Chenopodiaceae	14	7	4	19	28	190	2	13	32	5
Caryophyllaceae	2	0	0	0	1	1	0	1	1	2
Brassicaceae	5	1	0	1	3	1	0	1	4	3
Apiaceae	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Alisma</i>	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Dipsacaceae	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0

Cluster:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Plumbaginaceae	2	0	0	0	2	0	0	2	1	1
Polygonaceae	0	0	0	1	2	0	1	0	0	0
Ranunculaceae	5	1	0	4	3	2	0	3	7	7
<i>Sanguisorba minor</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Datisca</i>	0	1	1	1	2	0	0	1	0	0
Plantaginaceae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Tab. 13: Distanz zwischen den Clusterzentren

Cluster	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		422,080	707,302	395,209	418,284	422,606	518,817	457,945	190,696	249,700
2	422,080		458,303	132,869	146,855	237,090	197,798	245,470	245,665	654,575
3	707,302	458,303		585,261	591,991	630,356	263,051	629,670	608,138	851,264
4	395,209	132,869	585,261		91,914	172,661	323,344	209,415	208,763	639,203
5	418,284	146,855	591,991	91,914		185,486	336,883	147,058	239,312	659,253
6	422,606	237,090	630,356	172,661	185,486		389,210	267,349	253,922	654,550
7	518,817	197,798	263,051	323,344	336,883	389,210		395,430	378,587	714,430
8	457,945	245,470	629,670	209,415	147,058	267,349	395,430		301,381	677,312
9	190,696	245,665	608,138	208,763	239,312	253,922	378,587	301,381		432,014
10	249,700	654,575	851,264	639,203	659,253	654,550	714,430	677,312	432,014	

Die einzelnen Cluster und ihr Auftreten in den Pollenprofilen lassen sich folgendermaßen beschreiben:

Cluster 1:

Hoher Anteil an Laubbäumen. Tritt nur im unteren Teil des Profils Brnakot-2 zusammenhängend auf und kennzeichnet hier warme und relativ feuchte Verhältnisse.

Cluster 2:

Hoher *Pinus*- und Asteraceae-Anteil, weitgehendes Fehlen von Laubbäumen, Anwesenheit anderer Gymnospermae. Tritt im oberen Bereich von Ashotavan-2 sowie in Brnakot-1 und -3 zusammenhängend auf und markiert hier jeweils schwach ausgeprägte Interglaziale oder Glazialphasen.

Cluster 3:

Stärkste Dominanz von *Pinus*, weitgehendes Fehlen von Laubbäumen, Gräsern und Kräutern. Tritt ausschließlich im oberen Bereich des Profils Darbas-2 stark hervor und kennzeichnet hier den Höhepunkt des relativ lange dauernden Glazials MIS 30.

Cluster 4:

Sehr unspezifisches Cluster ohne starke Dominanz bestimmter Taxa. Kennzeichnet in Ashotavan-2, Darbas-2, Uyts-2 und Brnakot-2 eindeutig die Vegetation am oder um das Temperaturmaximum der Interglaziale.

Cluster 5:

Hoher Anteil an Asteraceae. Markiert in den Profilen Tolors-2, Sisian-2, Ashotavan-2 und

Darbas-2 jeweils Abkühlungsphasen vor dem Erreichen des Temperaturminimums. Lediglich im unteren Teil des Profils Darbas-2 tritt dieses Cluster während einer Erwärmung auf.

Cluster 6:

Hoher Prozentsatz von *Quercus* bei weitgehendem Fehlen anderer Laubbäume; Zunahme von Chenopodiaceae. Tritt lediglich im Profil Darbas-2 bei der Erwärmung vor MIS 31 stärker in Erscheinung.

Cluster 7:

Sehr hoher Anteil von *Pinus* bei gleichzeitiger Anwesenheit von *Ulmus/Zelkova*. Tritt im Profil Darbas-2 zu Beginn des Glazials MIS 30 auf. Wechselt sich in den Profilen Brnakot-1 und -3 mit Cluster 2 ab und markiert hier jeweils kurze Kältephasen.

Cluster 8:

Stärkste Dominanz von Poaceae. Kennzeichnet im Profil Darbas-2 jeweils die Temperaturmaxima der Interglaziale MIS 31 und 33 sowie in Tolors-2 die Warmphase zwischen MIS 29 und 27.

Cluster 9:

Quercus und Chenopodiaceae treten hervor, bei mittleren Anteilen von *Artemisia* und Poaceae. Tritt im Profil Uyts-2 vor allem während der Abkühlungsphase nach MIS 31, aber auch während der Erwärmung davor, auf. Im Profil Brnakot-2 ist Cluster 9 auf die Erwärmung vor MIS 31 beschränkt.

Cluster 10:

Stärkste Dominanz von *Quercus*, mittlere Anteile von *Pinus* und *Ulmus/Zelkova*. Tritt in keinem der untersuchten Profile zusammenhängend und dominant auf.

6.4 Pollenprofile

Aus den Ergebnissen der statistischen Auswertungen, den Erkenntnissen zur Stratigrafie und Daten zur Makroflora wurde für jeden untersuchten Aufschluss ein synoptisches Pollenprofil erstellt. Diese unterscheiden sich von den rein deskriptiven Pollenprofilen im Anhang C durch Informationen, die bereits eine Interpretation beinhalten.

Informationen zur Pollensumme und zum *Artemisia/Chenopodiaceae*-Index finden sich dagegen nur in Anhang C. Die Angaben zum Pollenflux können der Zähltable in Anhang B entnommen werden.

Bei den in diesem Kapitel abgebildeten Profilen ist in der linken Spalte die Lithologie vereinfacht dargestellt. Die Pollenflora enthält nur die Taxa, die in der Faktorenanalyse eine hohe Faktorladung aufweisen oder aufgrund ihrer Ökologie für die Einschätzung der Vegetation relevant sind. Integriert in die Pollenprofile sind relevante Informationen zu Makrofloren-Funden von IVAN GABRIELYAN. Liegen für eine Schicht Makrofossilien vor, die weiter bestimmt werden konnten als der entsprechende Pollen, wird die Taxonbezeichnung der Makroflora ergänzend im Pollenprofil angegeben.

Auf der rechten Seite sind die Ergebnisse der paläomagnetischen Untersuchung von KIRSCHER (2009) dargestellt. Daneben findet sich die $\delta^{18}\text{O}$ -Kurve von LISIECKI & RAYMO (2005) mit Angaben zu den Marinen Isotopenstadien (MIS) und am rechten Rand die Zeitskala.

Die Einordnungen der Proben in der Hierarchischen Clusteranalyse sind als farbige Quadrate links dargestellt. Folgen dabei zwei oder mehr gleiche Cluster unmittelbar aufeinander, wird dieser Bereich als Clusterzone definiert, mit der entsprechenden Farbe über das gesamte Profil hinweg hinterlegt und mit der $\delta^{18}\text{O}$ -Kurve rechts korreliert.









Lithologie:	Flora:	Paläomagnetik:
 Ton / Silt	 Schicht mit Makrofloren-Funden	 Probe mit normalem Magnetfeld
 Sand	 Pollenkurve (dunkel) und Kurve mit 10-facher Überhöhung (hell)	 Probe mit umgekehrtem Magnetfeld
 Tuff	 Cluster aus der Clusteranalyse	

Abb. 68: Legende für die in diesem Kapitel abgebildeten Pollenprofile

6.4.1 Darbas-2

Das Profil Darbas-2 (Abb. 70 auf Seite 140) ist von besonderem Interesse, weil es sich über zwei Interglaziale (MIS 31 und MIS 33) erstreckt und einen Vergleich zwischen diesen zulässt (siehe auch Kap. 7). Anhand der magnetischen Umkehrung ist das Profil zudem sehr gut datierbar.

Die Lithologie des Profils zeigt stark wechselnde Korngrößen unterhalb eines mächtigen Tuffs und überwiegend massige, gleichmäßig siltige Schichtpakete im oberen Teil. Dementsprechend wechselt auch die Sedimentationsrate. Sie wurde abgeschätzt, indem das Profil biostratigrafisch an die $\delta^{18}\text{O}$ -Kurve – und damit an die Zeitskala – angepasst wurde. Für den unteren Bereich ergibt sich eine mittlere Sedimentationsrate von 25 cm/ka, für den oberen Bereich etwa 13 cm/ka.

In der oberen Hälfte – oberhalb des Tuffs – zeigt das Pollenprofil sehr deutliche Vegetationsveränderungen. Dies deckt sich gut mit der stark ausgeprägten Klimaveränderung um MIS 31. Gemessen an der $\delta^{18}\text{O}$ -Kurve von LISIECKI & RAYMO (2005) war dieses eines der wärmsten Interglaziale des Frühpleistozäns. Eine Auswertung der $\delta^{18}\text{O}$ -Daten ergab, dass die darauf folgende Abkühlung eine der rapidesten während dieses Zeitraumes war. Nur unmittelbar nach MIS 57 (1,63 Ma) nahm die Steigung dieser Kurve einen noch negativeren Wert an – hier jedoch mit einer deutlich geringeren Amplitude, wie aus Abb. 69 zu entnehmen ist.

Während des Temperaturanstiegs zu MIS 31 herrscht eine weitgehend offene Vegetation mit einer zunehmenden Dominanz von Chenopodiaceae, einem mittleren Anteil an Gräsern und mesophilen Gehölzen. Mit Erreichen des Temperaturmaximums im Interglazial nehmen Chenopodiaceae deutlich ab und werden von den Poaceae in ihrer

Dominanz abgelöst. Die Anteile der anderen Taxa ändern sich kaum. *Ulmus/Zelkova* und später *Tilia* und *Salix* treten in Erscheinung. Die anschließende abrupte Abkühlung zeigt sich im Pollendiagramm durch ein Ansteigen der Asteraceae sowie der Gehölze *Quercus* und *Carpinus*. Die Dominanz der Gräser endet abrupt. Nach Erreichen des niedrigen Temperaturniveaus im Glazial bestimmen plötzlich Koniferen die Vegetation (*Pinus*, *Picea*, *Tsuga*). Mesophile Baumarten sind nach wie vor anwesend. Der Anteil von *Ulmus/Zelkova* nimmt sogar deutlich zu.

Weniger auffällig und schwieriger zu interpretieren sind die Veränderungen im unteren Teil des Profils: Hier herrscht eine mehr oder weniger gleichmäßig hohe Konzentration von Poaceae-Pollen vor. Das spricht für das durchgehende Vorhandensein von Grassteppe während dieser Zeit. Während des Glazials (MIS 34) und der schwach ausgeprägten Erwärmungsphase danach liegt der Anteil der Gräser in den Pollenproben um 60 %, Chenopodiaceae und *Artemisia* fehlen weitgehend. Das Temperaturoptimum des Inter-glazials MIS 33 zeichnet sich durch einen weiteren Anstieg der Graspollen auf 80–100 % aus. Im Anschluss daran nehmen *Artemisia* und mesophile Gehölze leicht zu, insgesamt sind die Vegetationsänderungen allerdings eher gering. Das gilt auch für das Temperaturminimum bei MIS 34.

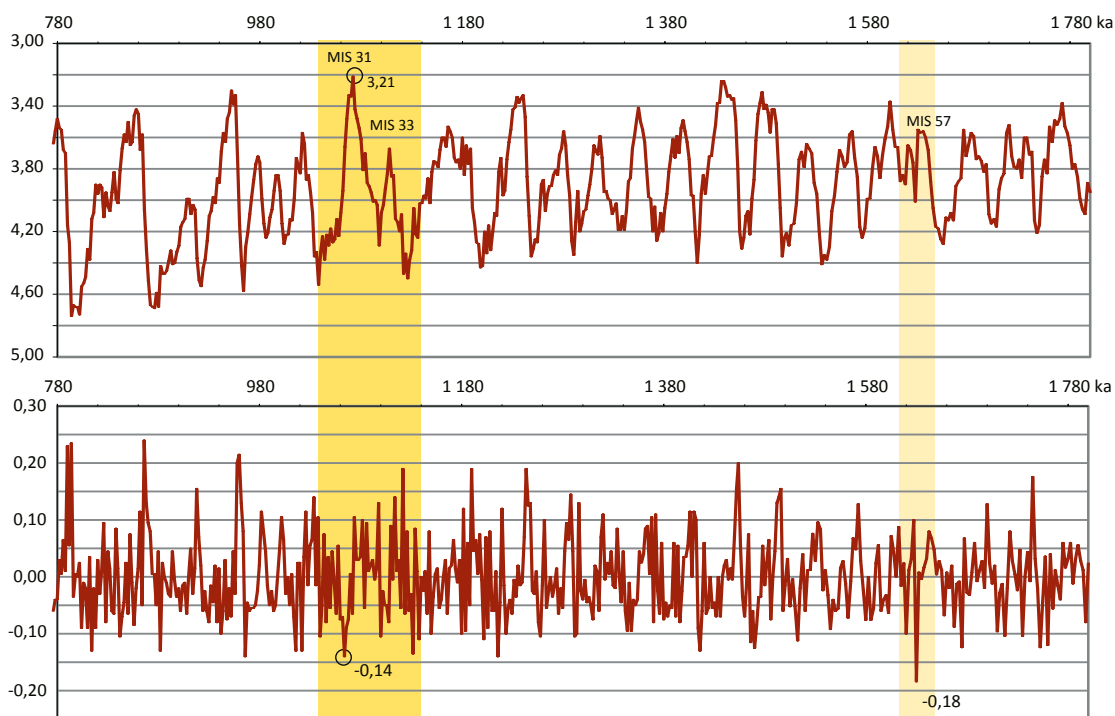


Abb. 69: MIS 31 weist von allen Interglazialen des Frühpleistozäns mit 3,21 ‰ den niedrigsten δ¹⁸O-Wert auf (obere Kurve). Die untere Kurve zeigt die Werte für die Steigung der δ¹⁸O-Kurve. Je niedriger dieser Wert, umso stärker ist die Geschwindigkeit der Abkühlung. Nur nach MIS 57 (hellgelber Bereich) ist dieser Wert noch niedriger als nach MIS 31. Die dunkler gelb hinterlegte Fläche markiert die vom Profil Darbas-2 abgedeckte Zeitspanne.

Die zyklische Entwicklung der Vegetation verläuft also im oberen und unteren Bereich des Profils sehr unterschiedlich: Während um MIS 31 ein deutlicher Wechsel zwischen offenen Wäldern, Grassteppe und Koniferenwäldern zu beobachten ist, herrscht um MIS 33

durchgehend Offenlandschaft mit Grassteppe vor. Auffällig ist, dass *Cedrus* ausschließlich während der Abkühlungsphase nach MIS 33 auftritt.

Es gibt jedoch auch Parallelen zwischen den Zyklen: In der Abkühlungsphase treten *Salix*, *Tilia* und – etwas später – Koniferen in Erscheinung und der Grasanteil während des Temperaturmaximums ist erhöht.

6.4.2 Ashotavan-2

Auch das Profil Ashotavan-2 (Abb. 71 auf Seite 142) lässt sich anhand der magnetischen Umkehrung im oberen Bereich eindeutig datieren. Die Umkehrung entspricht dem Ende des Jaramillo-Subchrons. Die Lithologie ist geprägt vom Wechsel aus massigen Silten, eher sandigen Lagen vulkanischen Ursprungs und tonigen Schichten.

Da im unteren Bereich im Pollenprofil keine Übereinstimmung mit dem oberen Teil des Profils Darbas-2 erkennbar ist, ist davon auszugehen, dass sich die Ablagerungen Ashotavan-2 – möglicherweise mit einer kleinen Unterbrechung – oben an die von Darbas-2 anschließen. Ist das der Fall, errechnet sich daraus für Ashotavan-2 eine mittlere Sedimentationsrate von ca. 30 cm/ka.

Das Pollenprofil lässt keine zyklischen Vegetationsveränderungen erkennen. Insgesamt zeichnet es sich durch eine hohe Diversität an Gymnospermen aus. *Picea*, *Abies*, *Tsuga* und *Sciadopitys* sind durchgehend vertreten. Das gleiche gilt für *Pinus*, dessen Anteil keine so großen Veränderungen aufweist wie im Profil Darbas-2.

Im unteren Bereich lässt sich das schwach ausgebildete Interglazial MIS 29 an der Zunahme von *Ephedra* und *Datisca* identifizieren, die für eine etwas offenere Vegetation sprechen.

Der obere Bereich des Profils, ab etwa 16 m, zeigt eine weitere Zunahme des Anteils an Koniferen, während Vertreter von offenen Landschaften, vor allem Poaceae und *Ephedra*, etwas zurückgehen. Insgesamt spricht der hohe Anteil von Kräutern in dem Profil für eine offene Bewaldung.

Während des gesamten Zeitraumes herrschen feuchte Bedingungen mit gemäßigter Temperatur vor. Dass die Schwankungen so gering sind, lässt sich anhand der $\delta^{18}\text{O}$ -Kurve gut erklären.

6.4.3 Brnakot-2

Das Profil Brnakot-2 (Abb. 72 auf Seite 144) zeichnet sich ebenfalls durch eine paläomagnetische Umkehrung aus und lässt sich auf den Beginn des Jaramillo-Subchrons datieren. Es fällt deshalb mit dem oberen Teil von Darbas-2 zusammen. Die Lithologie von Brnakot-2 ist geprägt von dick gebankten, massigen, diatomeenreichen Silten, die im unteren Bereich etwas toniger werden. Es gibt kaum sandige oder vulkanogene Sedimente. Somit weist auch die Lithologie Ähnlichkeiten mit dem entsprechenden Abschnitt in Darbas-2 auf. Für die Sedimentationsrate wird ein mittlerer Wert von 25 cm/ka angenommen.

Das Pollenprofil weist durchgehend auf bewaldete Vegetation hin: *Quercus*, *Carpinus*, *Juglans* und *Ulmus/Zelkova* sind die vorherrschenden Gehölze, *Tilia* tritt etwas seltener, aber sehr regelmäßig in Erscheinung. Nadelbäume spielen eine untergeordnete Rolle. Der *Pinus*-Anteil lässt sich mit Ferntransport erklären, *Picea*, *Tsuga* und *Abies* sind sehr selten, *Cedrus* fehlt komplett.

Eine Zyklizität wie in Darbas-2 ist nicht erkennbar. Die Vegetation lässt sich vielmehr in zwei Abschnitte unterteilen:

Im unteren Bereich des Profils – bis etwa Profil-cm 100 – dominiert unter den Gehölzen *Quercus* etwas deutlicher. Hier ist der Anteil der eher trockenheitsliebenden Taxa *Ephedra*, *Artemisia*, Chenopodiaceae und Plumbaginaceae deutlich höher. Auch Gräser sind hier häufiger. Das spricht für einen eher xerophilen Trockenwald. Die Anwesenheit von *Salix* und *Betula* deutet außerdem auf eine eher offene Bewaldung hin.

Der obere Bereich zeigt dagegen ein ausgewogeneres Verhältnis der mesophilen Laubbäume. Zunächst steigt der Anteil von *Carpinus* und *Juglans* an, etwas später der von *Ulmus/Zelkova*. Sämtliche Kräuter und auch Poaceae spielen hier eine sehr untergeordnete Rolle.

6.4.4 Brnakot-1 und Brnakot-3

Diese beiden Profile (Abb. 72 auf Seite 144) werden zusammen behandelt, weil sie sowohl lithologisch als auch von der Pollenflora ein Kontinuum bilden. Während der untere Teil (Brnakot-1) viele sandige und vulkanogene Schichten aufweist, sind die diatomeenreichen Silte im oberen Teil (Brnakot-3) etwas massiger und seltener unterbrochen.

Die Vegetationsentwicklung ist durch deutlich erkennbare, recht regelmäßige Schwankungen gekennzeichnet. Diese sind schon an den Ergebnissen der Clusteranalyse gut erkennbar: Die Cluster 2 und 7 wechseln sich mehrfach ab.

Der untere Bereich bis etwa Profil-cm 400 (Cluster 2) zeichnet sich durch hohe Anteile von *Quercus*, Poaceae und Chenopodiaceae aus. Das spricht für warme und relativ trockene Bedingungen.

Es folgt eine Phase (Cluster 7) mit starker Dominanz von *Pinus*, die sich außerdem durch das erstmalige Auftreten von *Picea*, *Tsuga* und *Abies* auszeichnet. Vor allem die Chenopodiaceae, aber auch die anderen Kräuter, nehmen dagegen abrupt ab. Dies wird als Abkühlung mit Zunahme der Feuchtigkeit interpretiert.

In der anschließenden Periode (Cluster 2) treten dagegen die Kräuter und Gräser wieder stärker in Erscheinung. Allerdings bleiben die Anteile von *Quercus* und Chenopodiaceae niedrig. Dagegen sind jetzt *Ephedra* und Asteraceae häufiger. Das könnte auf eine Erwärmung zurückzuführen sein, allerdings unter Beibehaltung von relativ feuchten Bedingungen. Dafür spricht auch, dass im Verlauf dieser Periode die Anteile der eher wärme liebenden Gattungen *Abies* und *Tsuga* leicht zunehmen, während der *Picea*-Anteil etwas zurückgeht.

Vergleicht man diese Vegetationsentwicklung mit der $\delta^{18}\text{O}$ -Kurve, so fällt auf, dass die Vegetationsschwankungen sehr gut mit dem Undulieren der Kurve zwischen den Inter-glazialen MIS 29 und 25 übereinstimmen. Während dieser Zeit variiert der $\delta^{18}\text{O}$ -Wert nur sehr moderat. Das darin enthaltene Interglazial MIS 27 lässt sich im Pollendiagramm am Anstieg der Anteile von Poaceae, Asteraceae und Plumbaginaceae erkennen. Die daran anschließende Abkühlung ist an einem Peak der *Pinus*-Kurve erkennbar. Das erstmalige Auftreten von *Tilia* und der starke Anstieg des Anteils der Chenopodiaceae in der obersten Probe des Profils könnte auf den Beginn der starken Erwärmung zu MIS 25 hinweisen.

Unter diesen Annahmen deckt das Pollenprofil einen Zeitraum von 60 ka ab, was einer mittleren Sedimentationsrate von 20 cm/ka entspricht.

6.4.5 Tolors-2

Das Profil Tolors-2 (Abb. 73 auf Seite 146) liegt in unmittelbarer Nachbarschaft von Ashotavan-2 und zeigt eine ähnliche Lithologie. Es ist geprägt von massigen Siltbänken, die vor allem im unteren Bereich auch tonig erscheinen. Innerhalb des Profils wurde die gleiche paläomagnetische Umkehrung nachgewiesen wie in Ashotavan-2. Wegen der räumlichen Nähe wird die gleiche Sedimentationsrate von ca. 30 cm/ka angenommen.

Auch das Pollenprofil weist große Ähnlichkeiten auf, sodass die beiden Profile sehr gut zur Deckung gebracht werden können. Bereits die Ergebnisse der Clusteranalyse weisen darauf hin: Die Cluster 4, 5 und 8 dominieren in beiden Profilen.

Die Vegetation bestand durchgehend aus mehr oder weniger offenem Wald mit einem hohen Anteil an Nadelhölzern. Die Feuchtigkeit war vergleichsweise hoch, die Temperaturen gemäßigt.

6.4.6 Sisian-2

Die Ablagerungen dieses Aufschlusses (Abb. 73 auf Seite 146) sind massige diatomeenreiche Silte, die von einer Tuffschicht und in der Mitte von einer auffälligen Wechsellage aus sandigen und tonigen Schichten unterbrochen sind. Die Einordnung erfolgte über die $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ -Datierung der Tuffschicht. Für die Abschätzung der Sedimentationsrate gibt es kaum Anhaltspunkte, da nur ein kleiner Zeitabschnitt durch die Pollen dokumentiert ist, sodass keine Korrelation mit der Klimakurve erfolgen kann.

Das Pollenprofil besteht leider nur aus wenigen Proben, die aber alle eindeutig Cluster 5 zugeordnet werden können. Dieses Cluster markiert in allen anderen Profilen, in denen es auftritt, eindeutig eine Abkühlungsphase. Diese Tendenz geht im Pollenprofil aus einer Abnahme von *Quercus*, Poaceae und *Datisca* bei gleichzeitiger Zunahme von *Tsuga* und Asteraceae hervor.

Insgesamt herrscht ein offener Wald vor. Xerophile Taxa fehlen weitgehend, während Anzeiger von Feuchtigkeit, wie *Tsuga* oder Asteraceae, vorhanden sind. Die vertretenen Taxa weisen deshalb auf ein relativ feuchtes und gemäßigtes Klima hin.

Anhand der Datierung in Verbindung mit der Abkühlungstendenz lässt sich das Profil Sisian-2 mit der Abkühlung nach dem schwach ausgeprägten Interglazial MIS 33 in Einklang bringen.

6.4.7 Uyts-2

Das Profil Uyts-2 (Abb. 74 auf Seite 148) zeigt im unteren Bereich eine paläomagnetische Umkehrung, die den Beginn des Jaramillo-Subchrons markiert. Die Schichten von weniger mächtigen diatomeenreichen Siltbänken sind – vor allem im unteren Teil – häufig von sandigen Lagen unterbrochen.

Das Pollenprofil zeigt deutliche Parallelen zum Profil Brnakot-2, welches das gleiche Alter aufweist. Das geht schon aus der Clusteranalyse hervor, die für beide Profile eine Dominanz der Cluster 4 und 9 zeigt. Das Temperaturmaximum des Interglazials MIS 31 ist auch im Profil Uyts-2 nur durch einen leichten Anstieg des Grasanteils zu erkennen. Auffällig ist, dass die Schicht 17, in der die meisten Makrofossilien gefunden wurden, genau in diesem Bereich liegt.

Die untere Hälfte des Pollenprofils zeichnet sich durch noch etwas höhere Anteile an Poaceae, Chenopodiaceae und Asteraceae aus. Allerdings sind die mesophilen Bäume der Gattungen *Quercus*, *Carpinus*, *Juglans*, *Ulmus/Zelkova* und *Tilia* stets präsent. Dies spricht für einen relativ offenen Laubwald. Das nahezu völlige Fehlen von *Picea* und die stetige Anwesenheit von *Tilia* sprechen für relativ warme Temperaturen.

In der oberen Hälfte treten dann *Tsuga* und vereinzelt *Picea* auf. Die Anteile der Laubbäume nehmen zu – vor allem der von *Betula*, während der von *Tilia* unverändert bleibt. Zudem nehmen die Anteile aller Kräuter in diesem Teil des Profils ab. Das spricht für etwas kühlere Bedingungen und eine Zunahme der Bewaldung.

Ähnlich wie bei Brnakot-2 gibt es jedoch auch in Uyts-2 keine Anzeichen für die starke Abkühlung nach MIS 31, wie sie im Profil Darbas-2 erkennbar ist. Möglich ist, dass diese erst später einsetzt und durch das Profil Uyts-2 nicht abgebildet wird. Das lässt sich erklären, wenn für Uyts-2 eine Sedimentationsrate von 40 cm/ka angenommen wird. Diese erscheint durch die vielen sandigen Schichten auch plausibel.

6.4.8 Ltsen-3

Bei Ltsen-3 (Abb. 74 auf Seite 148) handelt es sich um das älteste untersuchte Profil. Die Datierung ist schwierig, da die paläomagnetische Untersuchung ein durchgehend inverses Magnetfeld zeigt und noch keine radiometrische Altersbestimmung des Tuffs vorliegt. Allerdings lässt die topografische Nähe zum Aufschluss Ltsen-2 (von dem keine verwertbaren Pollenproben vorliegen) vermuten, dass die Tuffe der beiden Profile übereinstimmen, sodass die Einordnung über den datierten Tuff aus Ltsen-2 erfolgen kann. Ltsen-3 ist geprägt von massigen Siltbänken, die reich an Makrofossilien sind. Es wird von einer mittleren Sedimentationsrate von ca. 30 cm/ka ausgegangen.

Das Pollenprofil zeigt eine relativ gleichmäßige Entwicklung von offenem Wald hin zu einer Grassteppe. Im unteren Bereich dominiert zunächst *Pinus*, danach eine diverse mesophile Laubbaum-Vegetation – vor allem aus *Quercus*, *Carpinus*, *Juglans* und *Ulmus/Zelkova*. Auch *Tilia*, *Pterocarya* und *Carya* kommen hier vor. *Carya* tritt in zwei Proben ausschließlich im Profil Ltsen-3 auf.

Während die Anteile aller Gehölze mehr oder weniger stetig abnehmen, dominieren Gräser zunehmend die Vegetation. Im oberen Bereich herrscht dann eine offene Grassteppe vor. Das lässt sich durch eine kontinuierliche Erwärmung erklären. Dafür spricht auch die Abfolge im Auftreten von *Picea*, *Abies* und *Cedrus* im unteren und mittleren Abschnitt. Die kontinuierliche Präsenz der Koniferen *Picea* und *Tsuga* sowie der hohe Anteil an Asteraceae legen nahe, dass das Klima während der gesamten Zeitspanne nicht allzu trocken war.

Das Pollenprofil lässt darauf schließen, dass die von Ltsen-3 dokumentierte Vegetation die Erwärmungsphase einschließlich des Temperaturmaximums eines Interglazials abbildet, das sich durch verhältnismäßig hohe Feuchtigkeit auszeichnet. Hierfür kommen MIS 43 und 45 infrage.

6.5 Analyse der Holzkohlereste

Mit den Ergebnissen aus der Zählung der Holzkohlereste wurde ein möglicher Zusammenhang zwischen Vegetationsbränden und Vegetationsbedeckung oder Klima untersucht (SCOTT 2010). Entscheidend für eine brauchbare Analyse ist, dass die Proben unterbrechungsfrei aufeinander folgen. Das ist in zwei Abschnitten des Profils Darbas-2 der Fall.

Es wurde statistisch untersucht, ob sich die Holzkohleanteile in den Proben mit dem Vorherrschen einer bestimmten Vegetation korrelieren lassen. Eine einigermaßen signifikante positive Korrelation ergibt sich mit Brassicaceae, *Tsuga* und *Quercus*, eine negative dagegen mit *Carpinus* und *Juglans*. Die Ergebnisse sind in Tab. 14 detailliert dargestellt.

Tab. 14: Korrelation der Holzkohlereste mit den Taxa in den untersuchten Abschnitten des Profils Darbas-2. Es wurden nur Taxa berücksichtigt, die in mindestens 10 Proben vorkamen ($N \geq 10$).

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (1-seitig) signifikant.

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (1-seitig) signifikant.

	Korrelation nach PEARSON	Signifikanz (1-seitig)	N
<i>Pinus</i>	-0,095	0,188	88
<i>Picea</i>	-0,143	0,192	39
<i>Abies</i>	-0,344	0,105	15
<i>Tsuga</i>	0,393 *	0,029	24
<i>Quercus</i>	0,209 *	0,035	76
<i>Salix</i>	-0,467	0,087	10
<i>Carpinus</i>	-0,200 *	0,048	70
<i>Juglans</i>	-0,282 *	0,035	42
<i>Ulmus / Zelkova</i>	-0,243	0,106	28
Poaceae	0,143	0,100	82
<i>Ephedra</i>	0,025	0,459	19
Cyperaceae	0,016	0,470	24
<i>Artemisia</i>	-0,162	0,096	66

	Korrelation nach PEARSON	Signifikanz (1-seitig)	N
Asteraceae	0,161	0,116	57
<i>Cousinia</i>	0,175	0,243	18
Chenopodiaceae	0,053	0,321	80
Caryophyllaceae	0,019	0,465	23
Brassicaceae	0,542 **	0,003	24
Plumbaginaceae	-0,260	0,116	23

Die Taxa mit einer PEARSON-Korrelation von mehr als 0,1 oder weniger als -0,1 (in Tab. 14 fett gedruckt) sind in Abb. 75 auf Seite 150 in einem separaten Pollenprofil gemeinsam mit dem Holzkohleanteil (Stücke pro Gramm Probenmaterial) dargestellt. Ferner sind darin der Pollenflux (zählbare Pollenkörner pro Gramm Probenmaterial) und die gezählte Pollensumme aufgeführt.

Sowohl aus der statistischen Auswertung als auch aus dem Pollendiagramm lassen sich keine eindeutigen Abhängigkeiten zwischen Art der Vegetation und Vegetationsbränden ableiten. Die leicht positive Korrelation mit Poaceae-Pollen könnte möglicherweise auf vermehrte Steppenbrände hinweisen, ist aber nicht signifikant. Auch mit der $\delta^{18}\text{O}$ -Kurve ergibt sich keine sichere Übereinstimmung. Allerdings fällt auf, dass die Holzkohle-Konzentration während der Interglaziale MIS 31 und MIS 33 stets höhere Werte annimmt. Das könnte auf Vegetationsbrände während starker Hitzephasen hinweisen.

6.6 Zusammenfassende Betrachtung der Paläovegetation

Die Vegetation im Vоротan-Becken im Frühpleistozän (1410–940 ka) ist geprägt von mehr oder weniger offenen Wäldern. Baumfreie Steppe tritt während des gesamten Zeitraumes nicht auf. Eine nahezu geschlossene Bewaldung kann allenfalls am Ende der lang anhaltenden Abkühlung angenommen werden, wo der *Pinus*-Anteil bei nahezu 100% liegt.

Die Ausprägung und der Anteil dieser Offenwälder ist jedoch sehr unterschiedlich und deutlichen Zyklen unterworfen, die sich gut mit der $\delta^{18}\text{O}$ -Kurve von LISIECKI & RAYMO (2005) korrelieren lassen. Diese Abhängigkeit von Klima und Vegetation wird detailliert in Kapitel 7 beschrieben.

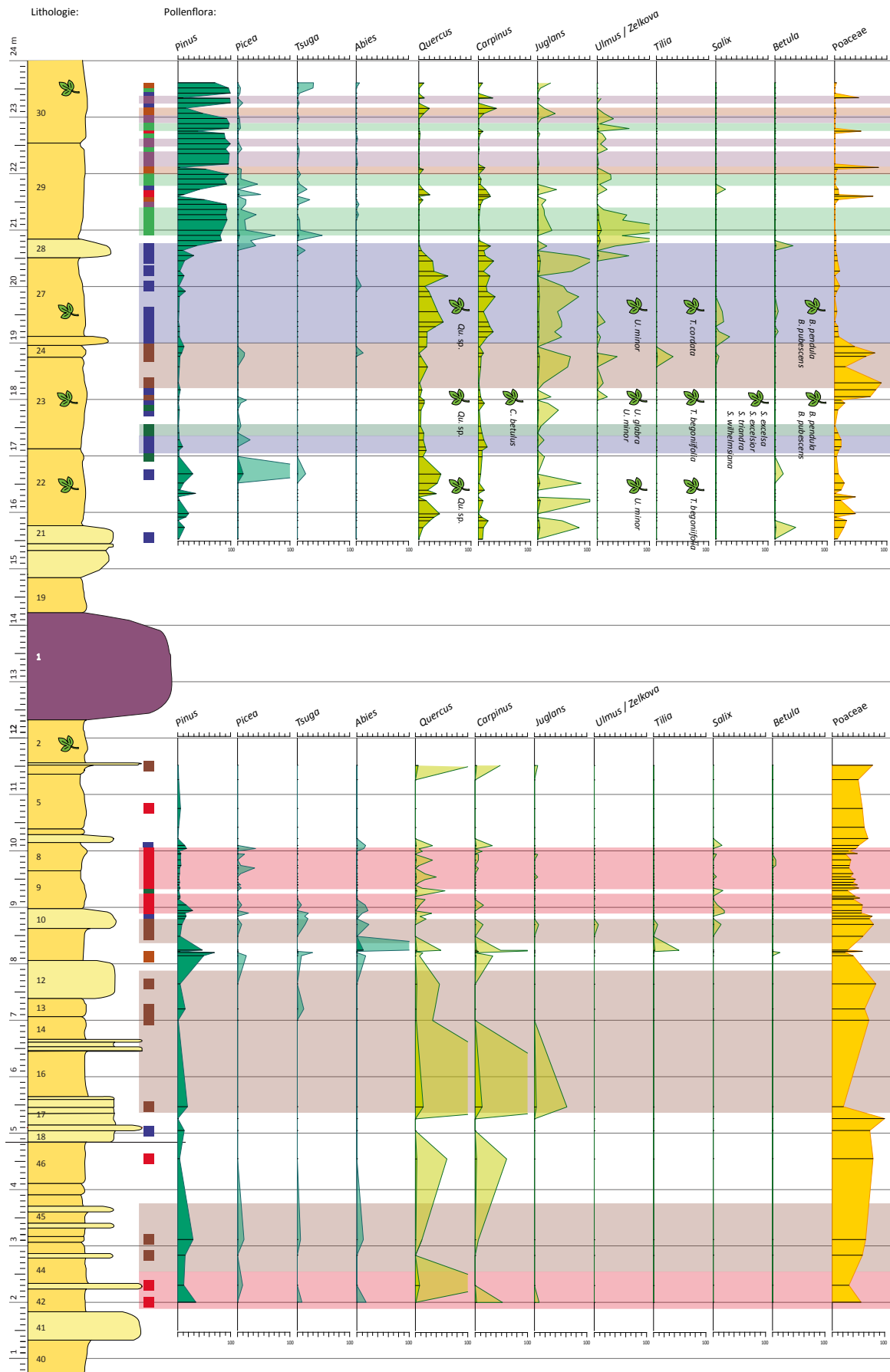
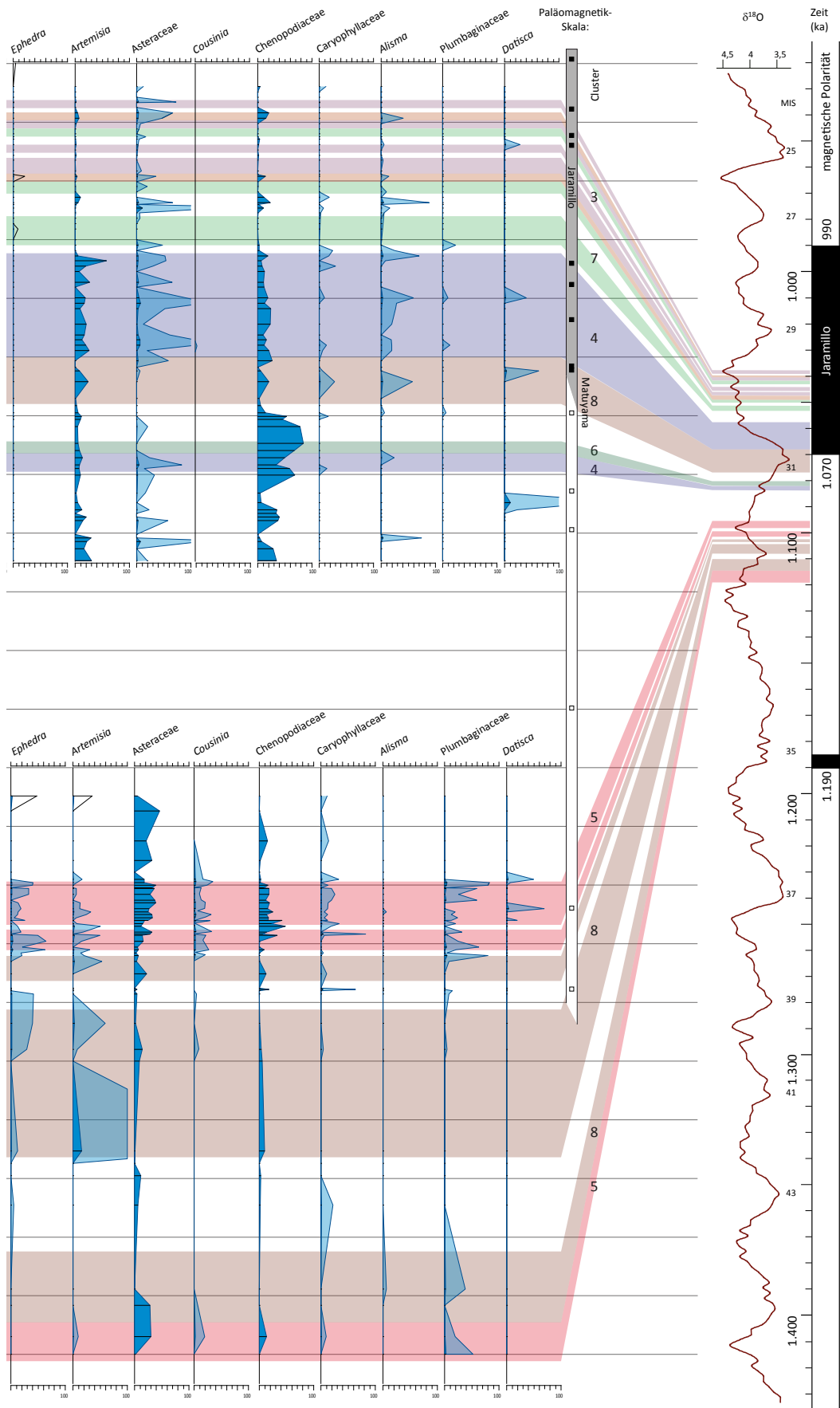


Abb. 70: Pollenprofil Darbas-2 (Erläuterungen im Text, Legende siehe Abb. 68 auf Seite 131)



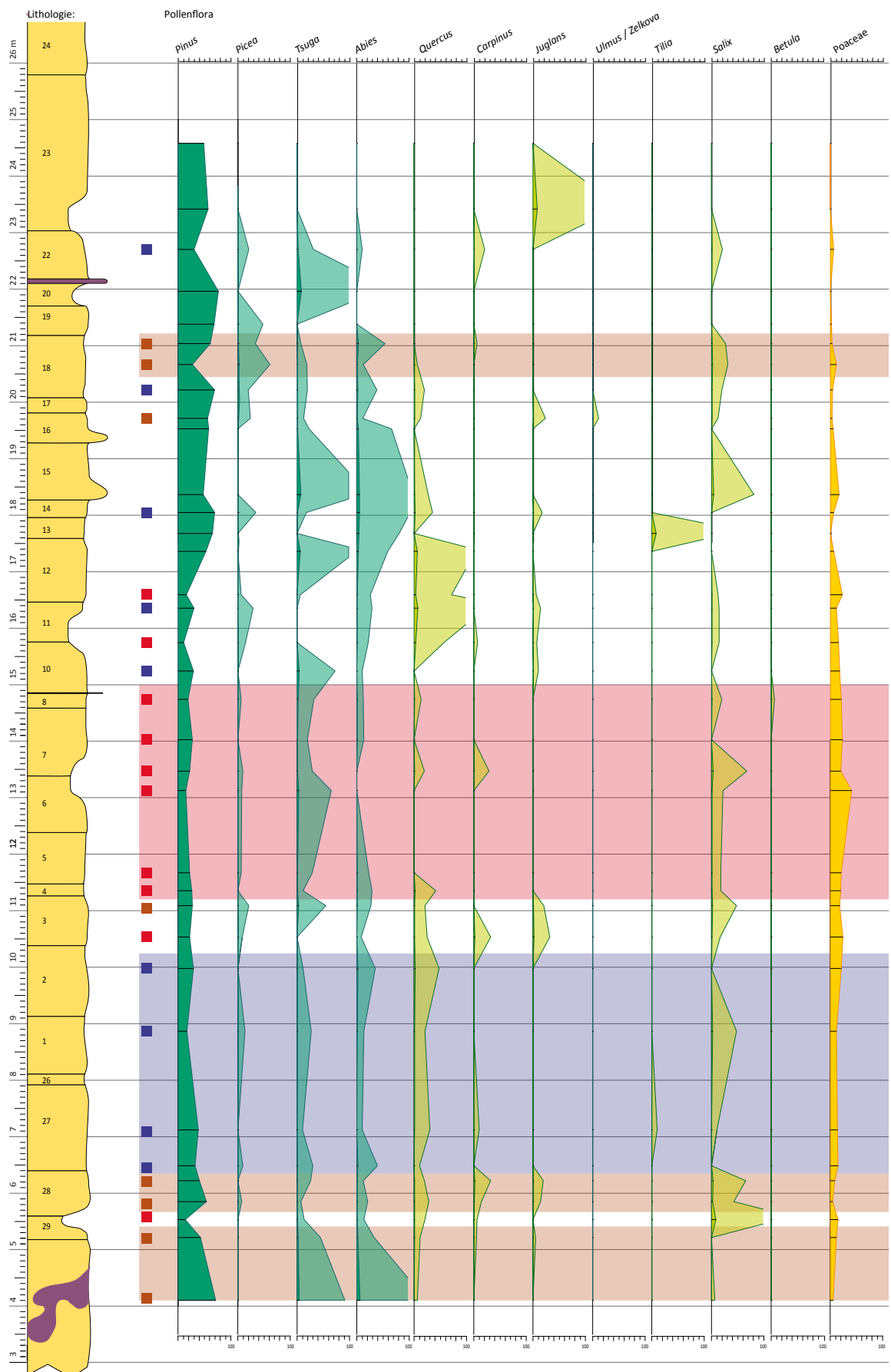
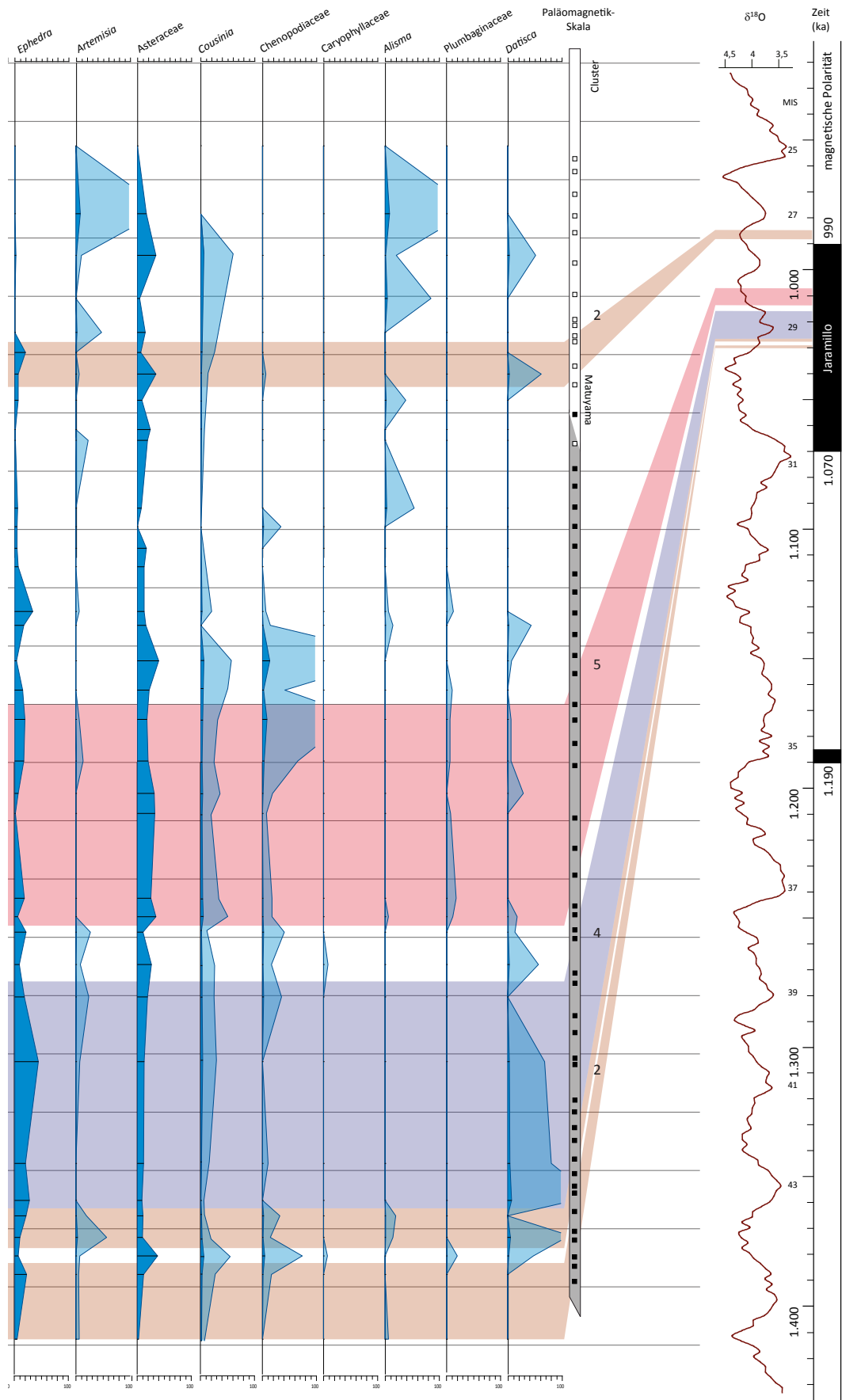


Abb. 71: Pollenprofil Ashotavan-2 (Erläuterungen im Text, Legende siehe Abb. 68 auf Seite 131)



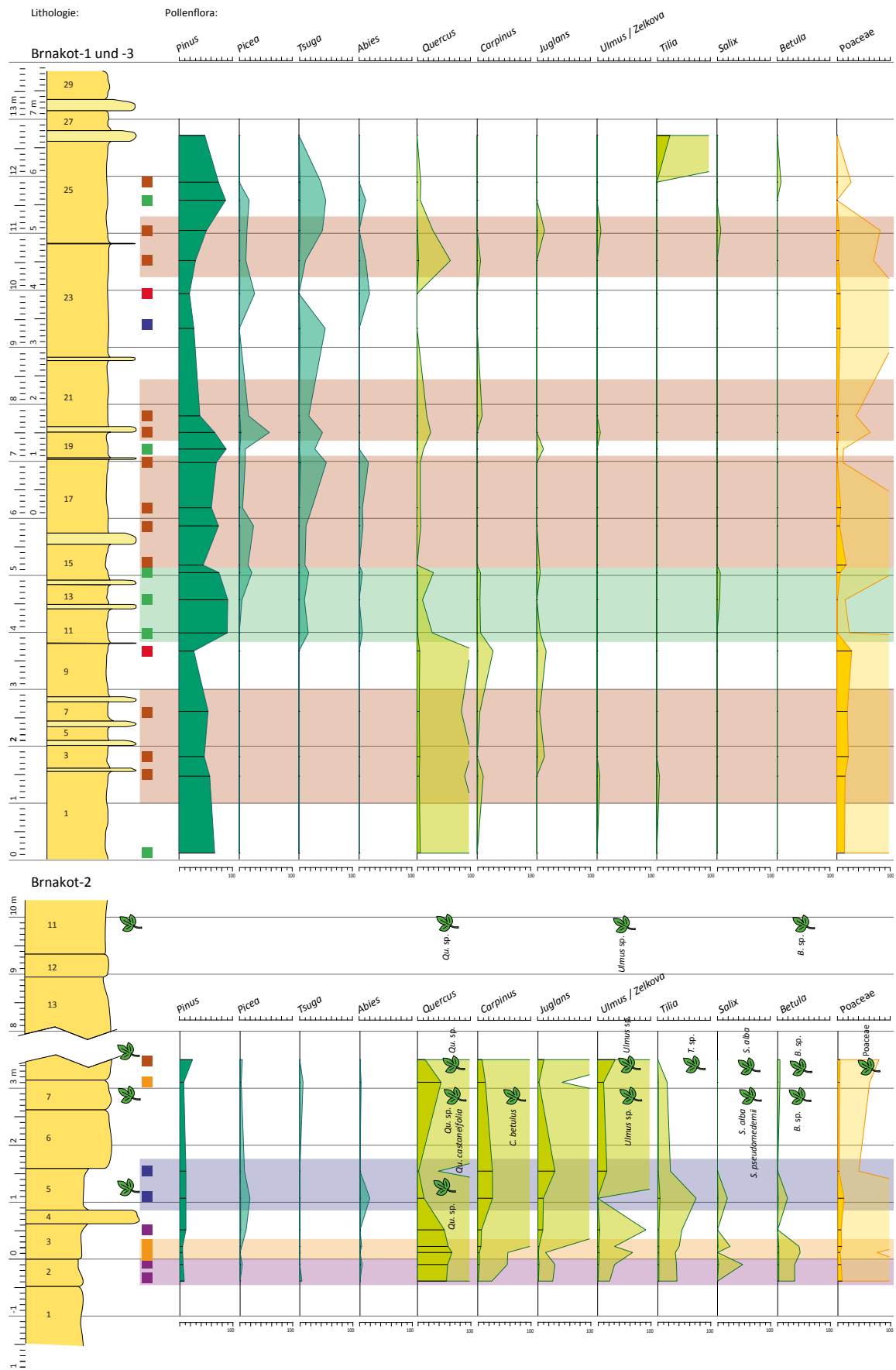
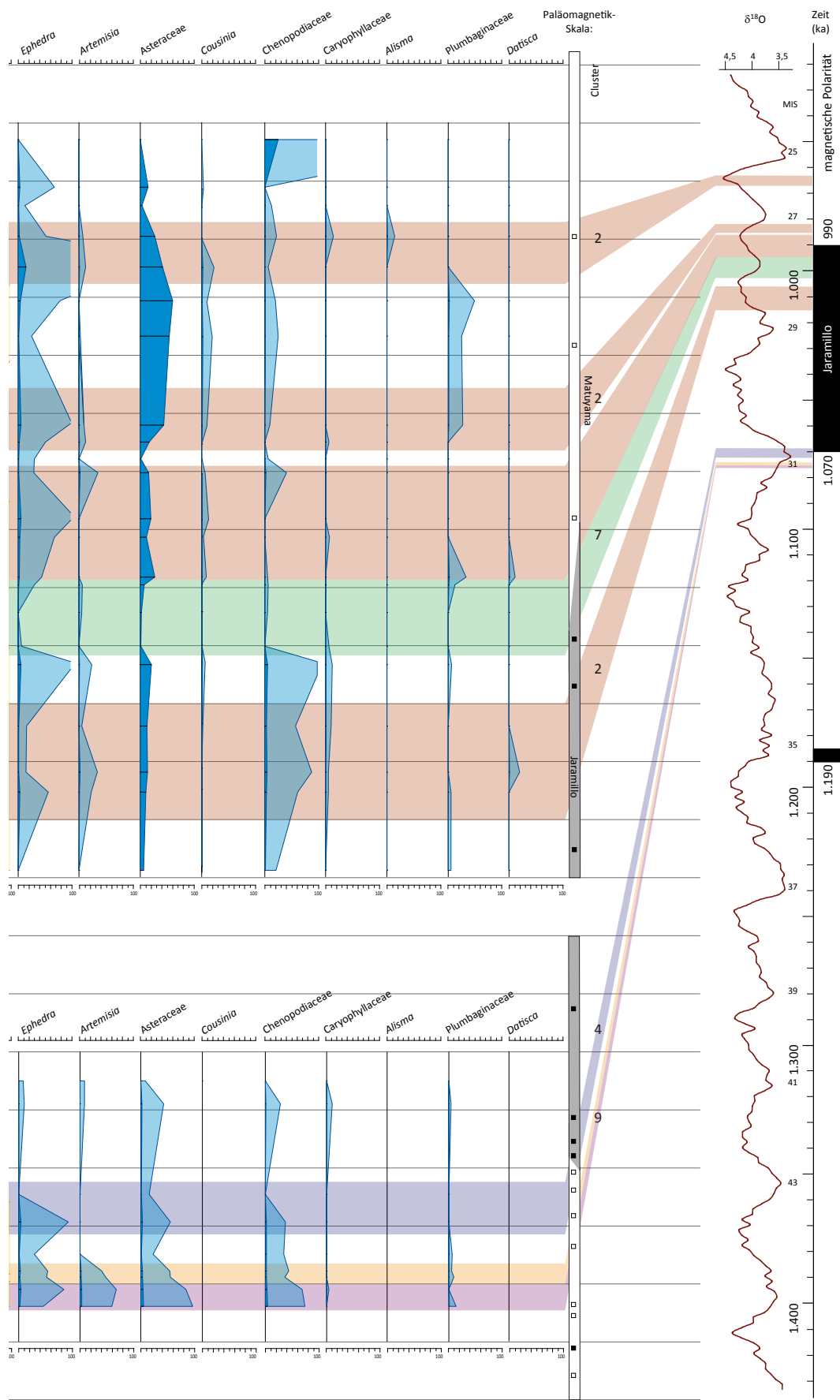


Abb. 72: Pollenprofile Brnakot-1, -2 und -3 (Erläuterungen im Text, Legende siehe Abb. 68 auf Seite 131)



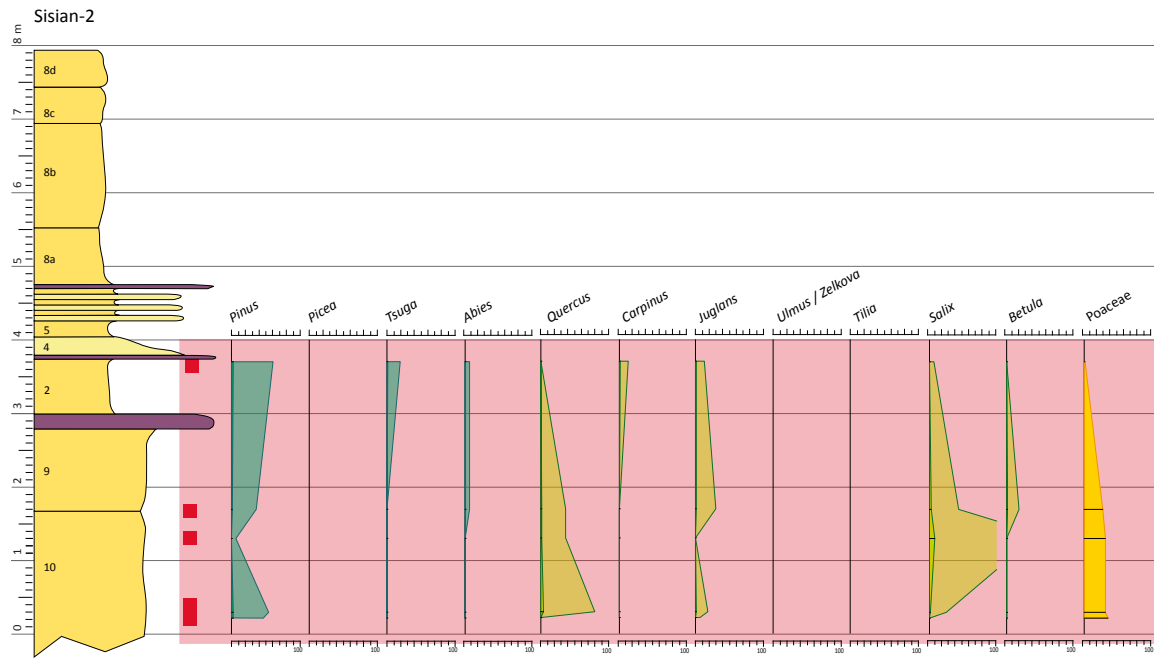
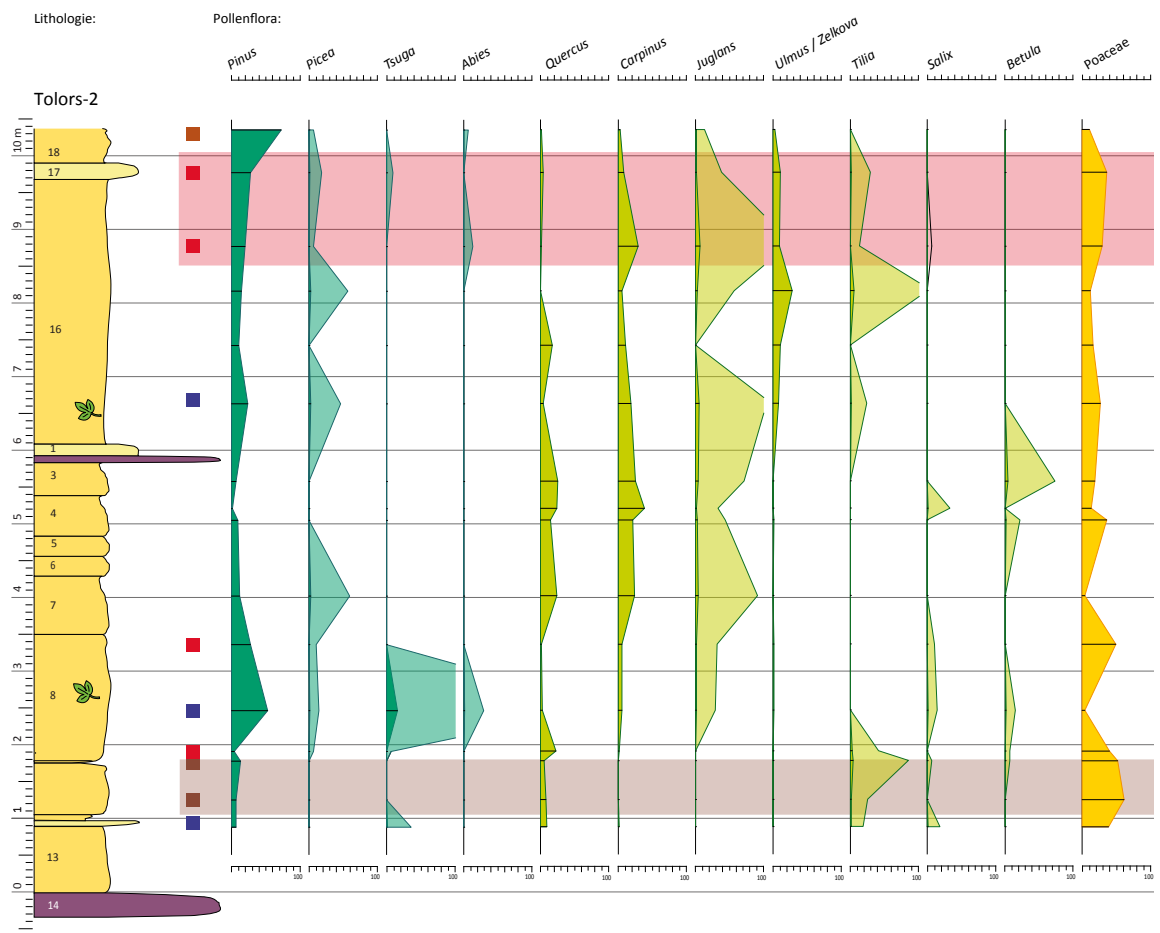
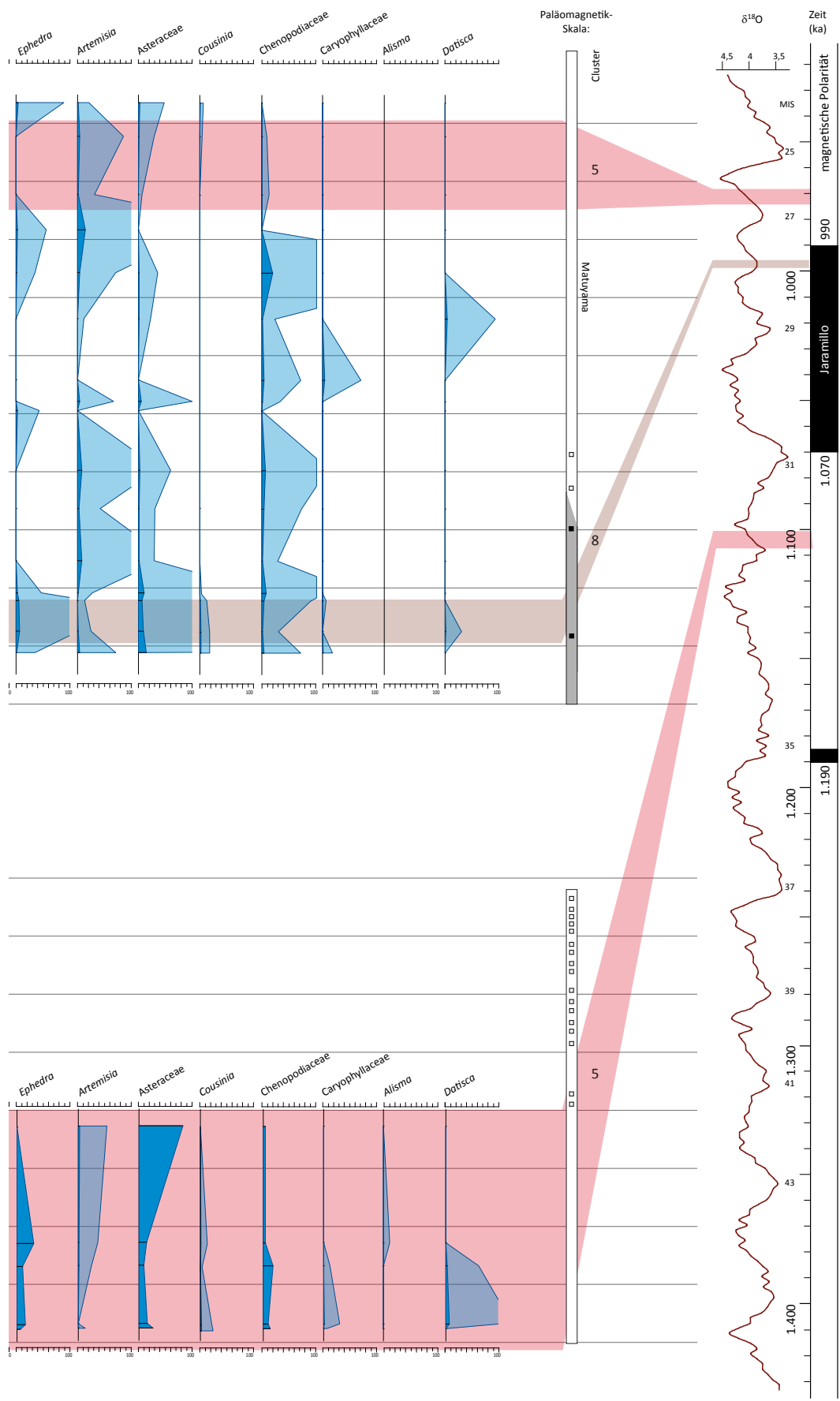


Abb. 73: Pollenprofile Tolors-2 und Sisian-2 (Erläuterungen im Text, Legende siehe Abb. 68 auf Seite 131)



Lithologie:

Pollenflora:

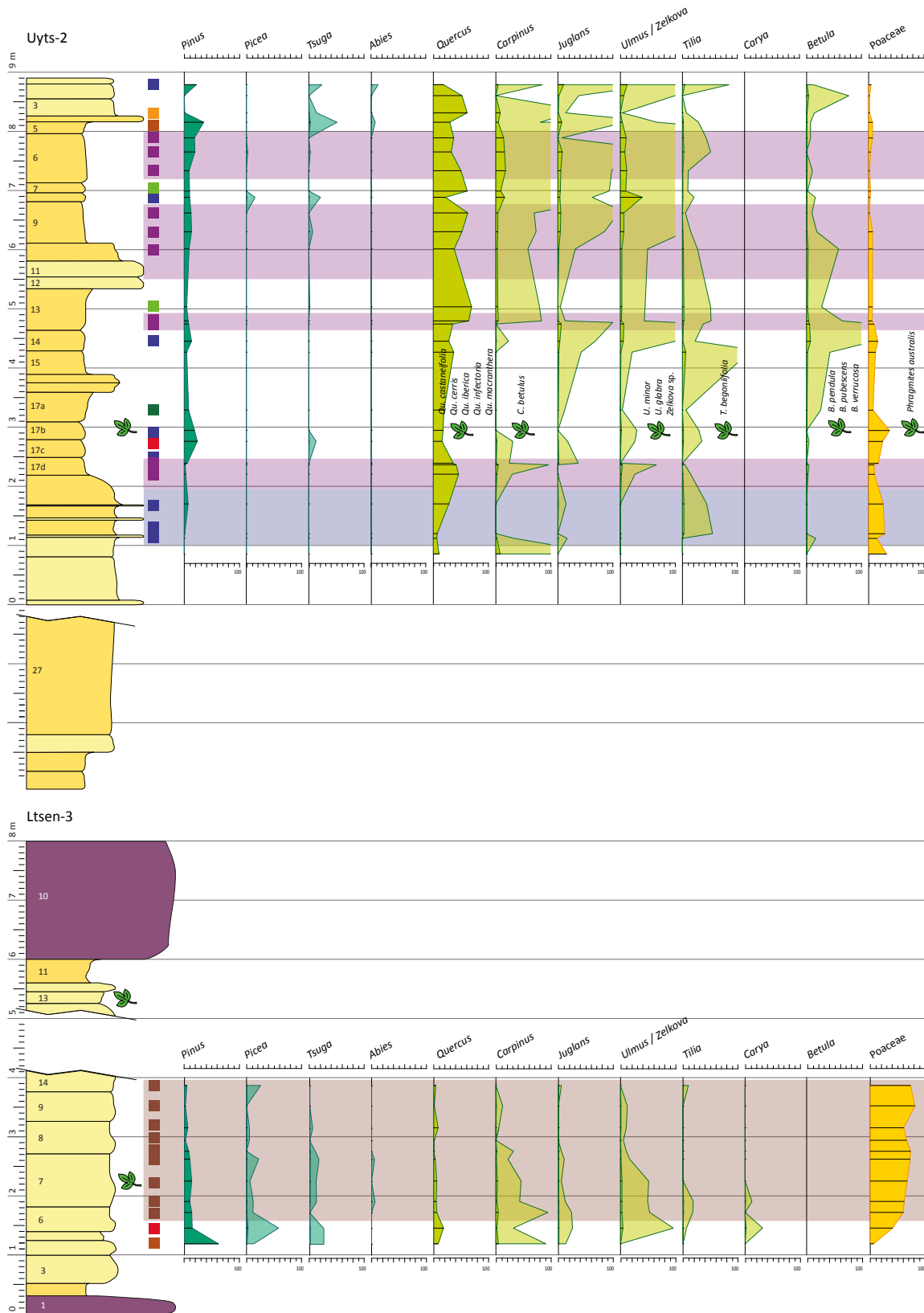
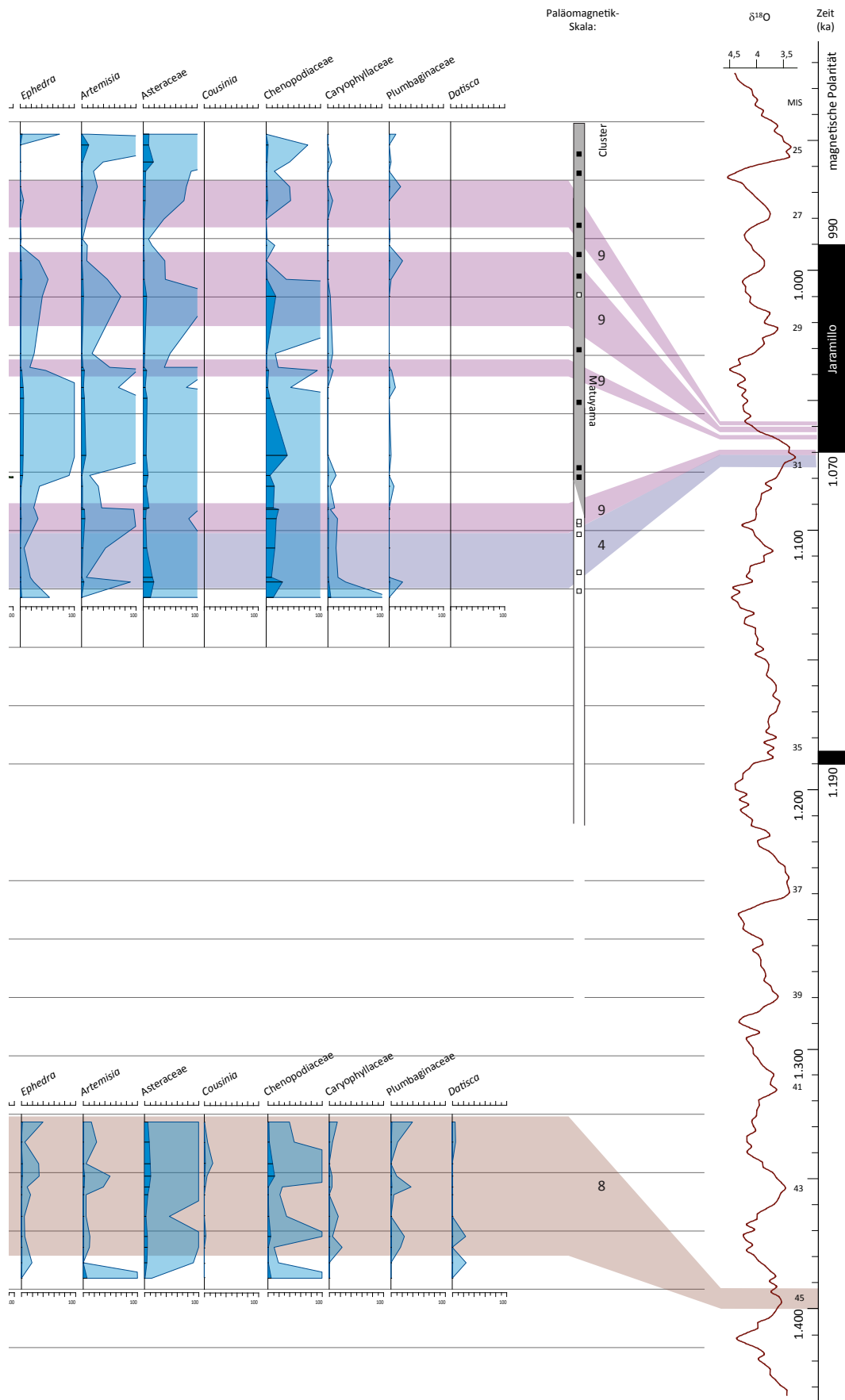


Abb. 74: Pollenprofile Uyts-2 und Ltsen-3 (Erläuterungen im Text, Legende siehe Abb. 68 auf Seite 131)



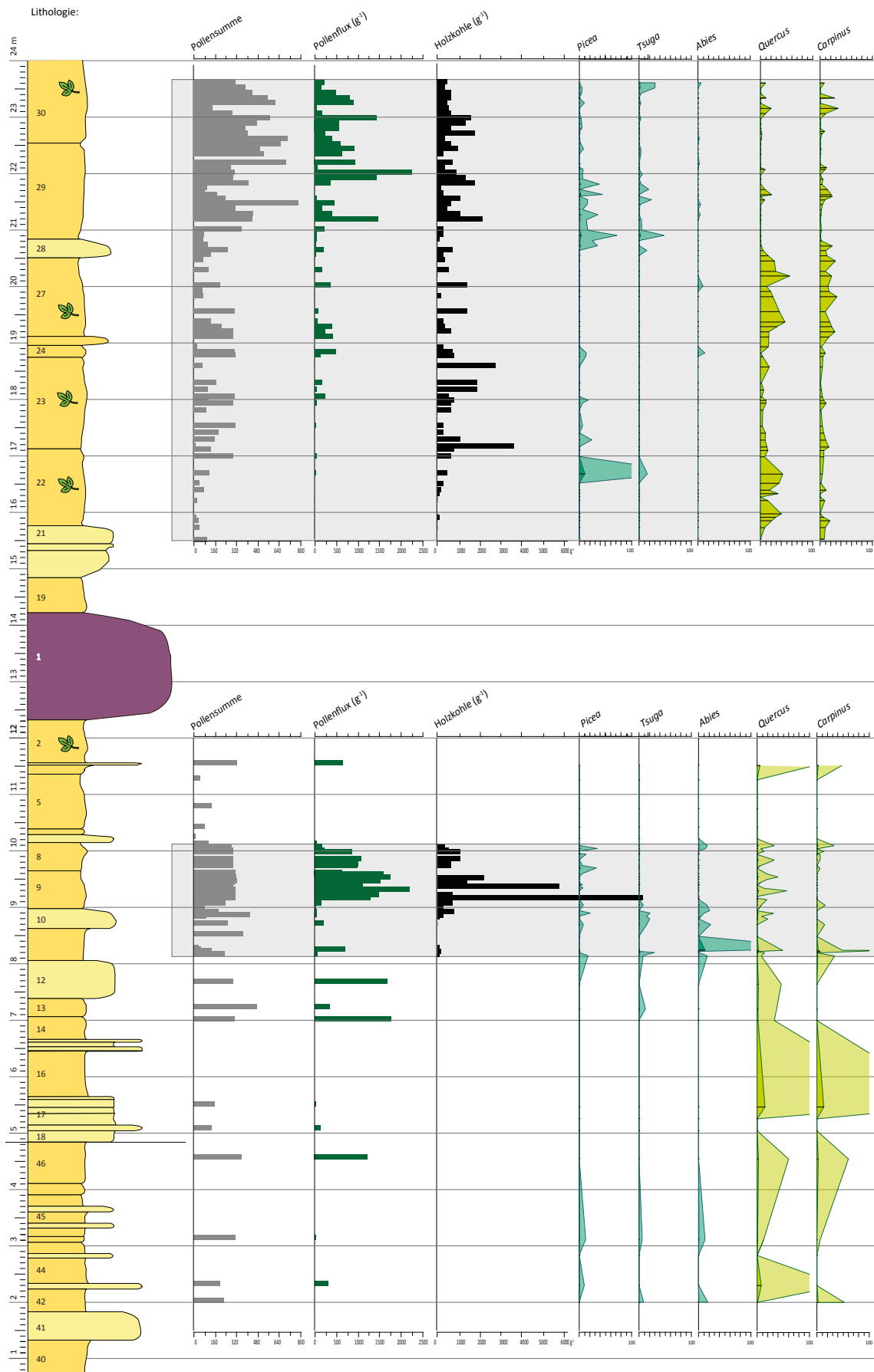
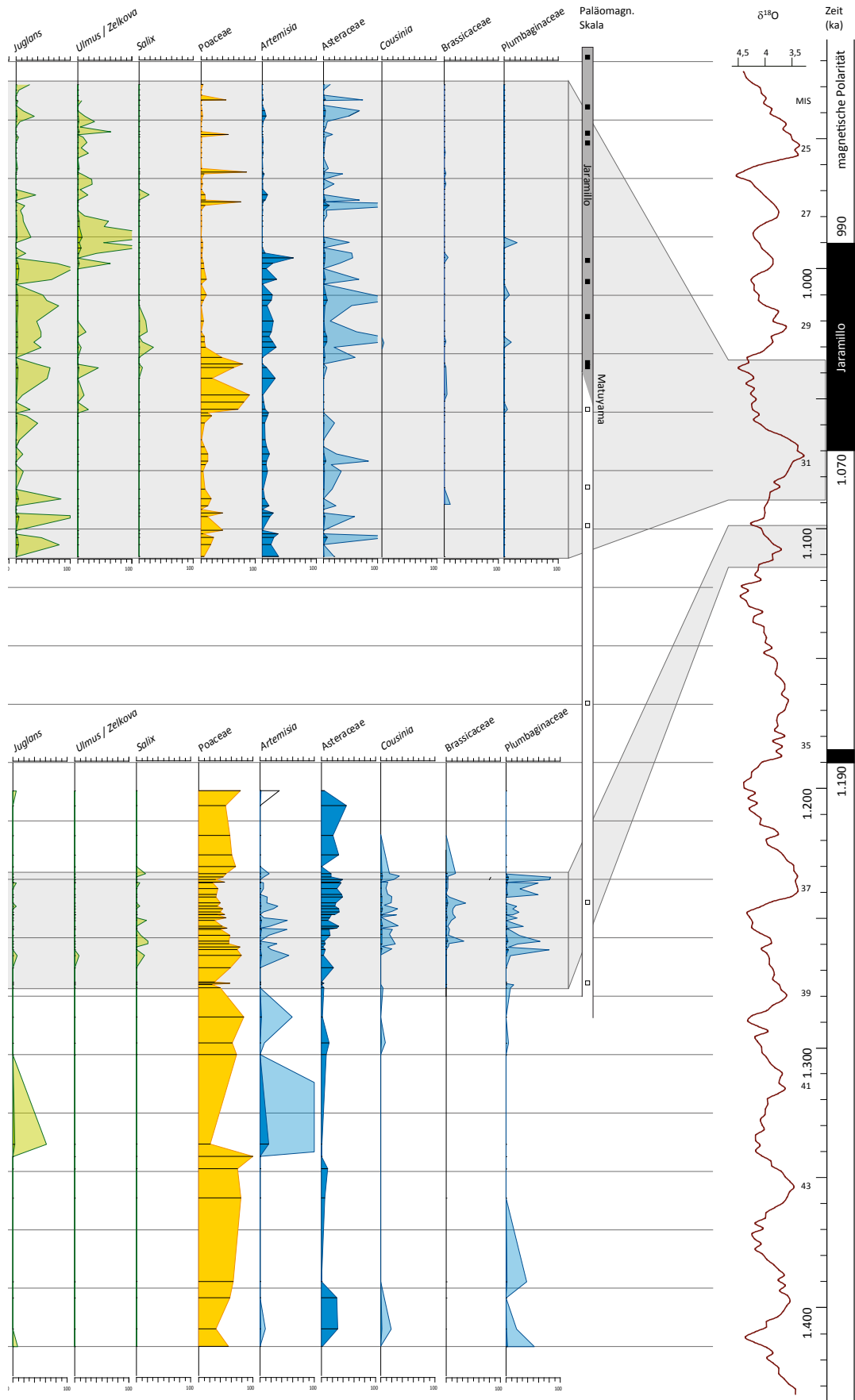


Abb. 75: Pollenprofil von Darbas-2 mit Darstellung der Holzkohleanteile in den Abschnitten mit kontinuierlicher Beprobung (grau hinterlegte Bereiche)



7. Abhängigkeit der Vegetation im Vorotan-Becken vom globalen Klima

Ausgehend von den Ergebnissen der Vegetationsanalyse in Kapitel 6 und der Temperaturkurve von LISIECKI & RAYMO (2005) wird in diesem Kapitel die Vegetation im Vorotan-Becken zu den verschiedenen Klimaphasen in chronologischer Reihenfolge beschrieben.

Es werden dabei nur die zwölf Phasen berücksichtigt, für die eindeutig interpretierbare Pollendaten vorliegen und deren stratigrafische Zuordnung gesichert erscheint. Das von JOANNIN et al. (2010) bearbeitete Profil Shamb-2 wird dabei nicht berücksichtigt, da zu wenig Pollendaten vorliegen. Abb. 76 zeigt die dokumentierten Klimaphasen und die Pollenprofile, die dafür herangezogen werden.

7.1 Beschreibung der Klimaphasen

7.1.1 MIS 45 (oder MIS 43)

Dieses Interglazial wird vom Profil Ltsen-3 repräsentiert. Die stratigrafische Einordnung des Profils weist eine geringe Unsicherheit auf. Die Clusteranalyse zeigt für die Warmphase sehr eindeutig Cluster 8 – ebenso wie bei den sehr ausgeprägten Interglazialen MIS 31 und 33.

Es herrscht ein hoher Anteil von Poaceae und anderen Kräutern vor. Gleichzeitig sind nahezu alle in der vorliegenden Arbeit nachgewiesenen Gehölze vertreten – darunter auch *Cedrus* und *Carya*. Die Landschaft glich wohl einem Mosaik aus artenreichen Mischwäldern und offenen Flächen mit steppenartiger Vegetation. Das Klima war relativ warm und feucht.

7.1.2 MIS 33

Dieses Interglazial weist eine ähnliche Zusammensetzung der Pollenflora wie MIS 31 auf, das im Abschnitt 7.1.5 etwas ausführlicher beschrieben ist: Der Anteil an Gräserpollen liegt bei 80–100 %. Wie während MIS 31 treten wärmeliebende Gehölze (*Ulmus/Zelkova*) auf. Der *Artemisia/Chenopodiaceae* (A/C)-Index ist deutlich erhöht (siehe Anhang C). Allerdings ist MIS 33 deutlich weniger ausgeprägt und der Übergang zu sich anschließenden Vegetationszonen ist weniger abrupt.

Die Vegetation war relativ offen und von Grassteppe dominiert. Mesophile Wälder wuchsen vermutlich nur an Nordhängen und in Uferbereichen. Es herrschte warmes, trockenes Klima.

7.1.3 Abkühlung nach MIS 33

Diese erste dokumentierte Abkühlung zeigt sich im Profil Sisian-2. Alle statistisch auswertbaren Proben werden in der Hierarchischen Clusteranalyse dem Cluster 5 zugewiesen, das auch in anderen Profilen Abkühlungsphasen markiert.

Mit zunehmender Abkühlung nehmen die Arten der offenen Waldsteppen ab – also Laubbäume und Poaceae. Dagegen nehmen die Koniferen *Tsuga* und *Abies* sowie Asteraceae zu. Das spricht dafür, dass das Klima nicht nur kühler, sondern auch feuchter wird.

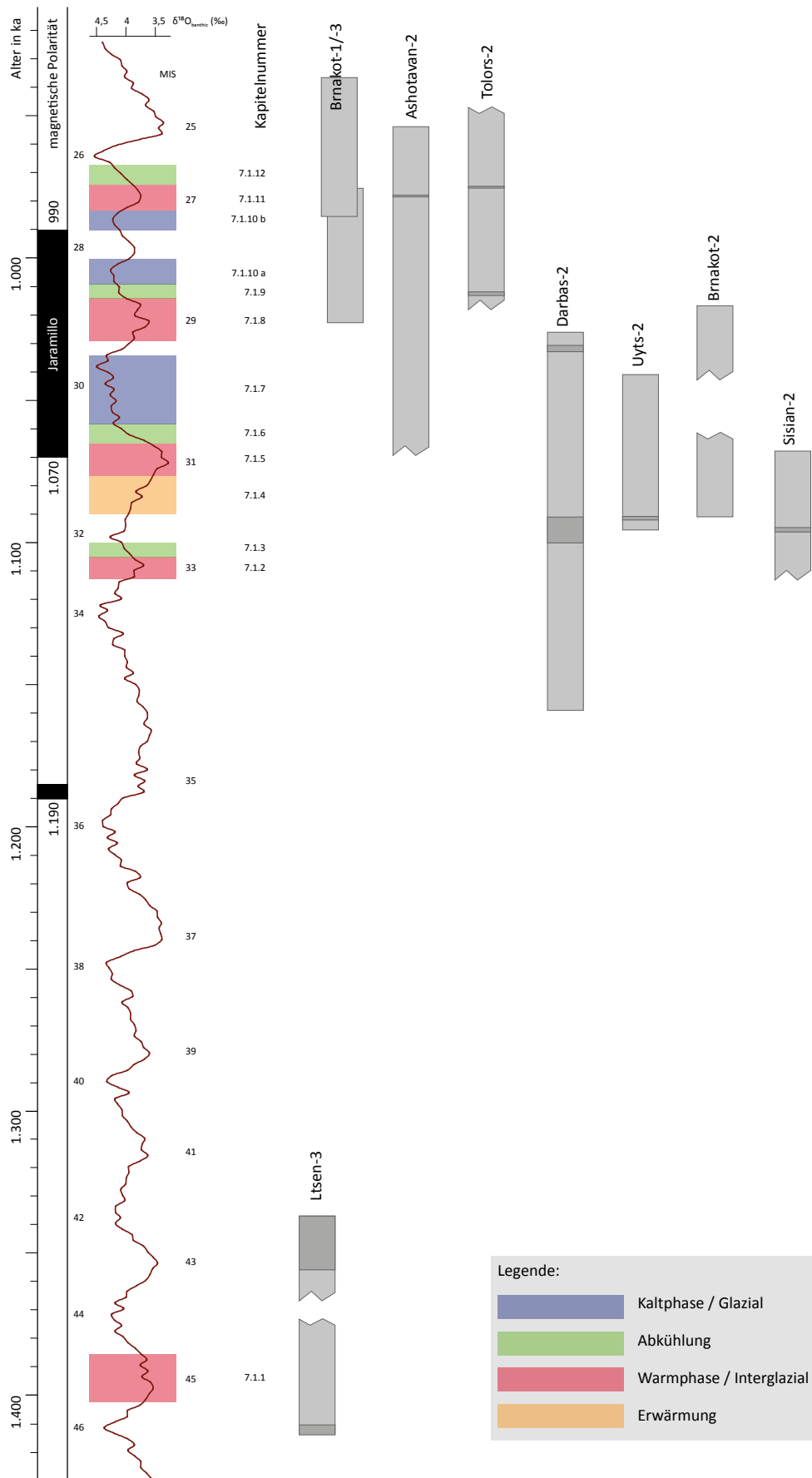


Abb.76: Übersicht über die beschriebenen Klimaphasen und die relevanten Pollenprofile

7.1.4 Erwärmung vor MIS 31

Die einzige eindeutig interpretierbare und lückenlos dokumentierte Erwärmungsphase ist die vor MIS 31, die im Profil Darbas-2 hochauflösend beprobt wurde. Die Clusteranalyse zeigt für diesen Abschnitt einen wiederkehrenden Wechsel der Cluster 4 und 6.

Die Vegetation ist zu dieser Zeit geprägt von offenen Laubwäldern mit *Quercus*, *Carpinus* und *Juglans*. Auch *Picea* und *Tsuga* sind mit geringen Anteilen vertreten, *Ulmus/Zelkova* und *Tilia* fehlen dagegen. Die Krautschicht war wohl recht vielfältig und bestand aus Poaceae, *Artemisia* und Chenopodiaceae, ohne deutliche Dominanz eines Bestandteils. Der A/C-Index sinkt während der Erwärmung kontinuierlich ab. Chenopodiaceae nehmen zunächst zu und dann mit Ausprägung der Grassteppe vor Erreichen des Temperaturmaximums von MIS 31 abrupt ab.

7.1.5 MIS 31

Dieses Interglazial ist – gemessen an der $\delta^{18}\text{O}$ -Kurve von LISIECKI & RAYMO (2005) – eines der wärmsten im gesamten Frühpleistozän. Durch das Profil Darbas-2 ist es hochauflösend beprobt, es wird aber auch von Brnakot-2 und Uyts-2 abgedeckt. Die Datierung ist durch die paläomagnetische Umkehrung zu Beginn des Jaramillo-Subchrons gesichert. Die Hierarchische Clusteranalyse weist den entsprechenden Proben im Profil Darbas-2 eindeutig das Cluster 8 zu, in Brnakot-2 und Uyts-2 das Cluster 4. Wegen der größeren Anzahl und Dichte der Proben wird vor allem Darbas-2 zur Interpretation herangezogen.

Kennzeichnend ist die starke Dominanz von Gräsern sowie das weitgehende Fehlen von Asteraceae. Das spricht für warmes und trockenes Klima. Dies bestätigt auch der während dieser Phase rapide ansteigende A/C-Index. Diese typischen Steppenarten treten jedoch zu Gunsten der Poaceae etwas zurück. Auch *Quercus* und *Carpinus* sind zwar vorhanden, aber weniger häufig als in vorangehenden und nachfolgenden Perioden. Der etwas geringere prozentuale Anteil dieser Gattungen lässt sich jedoch mit der vergleichsweise hohen Pollenproduktivität der Poaceae erklären.

Auffällig ist das Auftreten von *Tilia* und *Ulmus/Zelkova* während dieser Phase, die eigentlich für feuchteres Klima sprechen. Dies lässt sich durch das Vordringen der thermophilen riparischen Vegetation im Vorotan-Tal erklären.

Die Vegetation im Vorotan-Becken war während dieses Interglazials offen. Es herrschte eine Grassteppe mit eingestreuten offenen Steppenwäldern vor, ähnlich wie heute im Vorotan-Becken. In engen Tälern hielt sich eine Ufervegetation aus wärmeliebenden Arten. Diese tritt in den Profilen Uyts-2 und Brnakot-2 etwas stärker in den Vordergrund als im Profil Darbas-2 (vgl. Kap. 8.2 auf Seite 159).

7.1.6 Abkühlung nach MIS 31

Hierbei handelt es sich nicht nur um die stärkste Abkühlung im untersuchten Zeitraum, sondern um wohl eine der abruptesten im gesamten Frühpleistozän (siehe 6.4.1 auf Seite 131). Sie ist in den Profilen Uyts-2 und Darbas-2 vertreten. In letzterem wurde die Phase

hochauflösend beprobt und ist somit am besten interpretierbar. Die Clusteranalyse weist bei Darbas-2 für diese Abkühlung durchgehend das Cluster 4 aus, bei Uyts-2 – mit Unterbrechungen – Cluster 9.

Die Anteile der Laubbäume *Quercus*, *Carpinus* und *Juglans* sind durchgehend auf hohem Niveau. Koniferen fehlen weitgehend und tauchen erst kurz vor Erreichen des Temperaturminimums bei MIS 30 auf. Auch der *Pinus*-Anteil ist sehr gering und liegt meist unter 20%. Die Krautschicht ist mit vielen Taxa vertreten, mit vergleichsweise hohen Anteilen an *Artemisia*, Chenopodiaceae und vor allem Asteraceae, während die Gräser nach MIS 31 sehr deutlich von Werten um 80% auf unter 20% zurückgehen. Der A/C-Index nimmt während der Abkühlung stetig auf hohem Niveau zu.

Die Vegetation besteht aus offenen Laubwaldsteppen, die reich an Asteraceae sind. Erst kurz vor Ende der Abkühlung führt das Absinken der Waldgrenze zum Auftreten von Koniferen.

7.1.7 MIS 30

MIS 30 ist mit einer ungefähren Dauer von 25 ka die erste lange Kaltzeit im Pleistozän. Sie steht am Beginn der „mid Pleistocene transition“ und ist damit von besonderer Bedeutung. Ihr geht eine der abruptesten Abkühlungen des Frühpleistozäns voraus (vgl. Kap. 6.4.1 auf Seite 131).

Das Profil Darbas-2 zeigt diese Kaltzeit in seinem obersten Bereich. Es kann nicht genau beurteilt werden, ob sie komplett abgebildet ist, oder ob sie sich über das Profil hinaus fortsetzt.

Die Clusteranalyse zeigt für diesen Abschnitt kein einheitliches Bild. Zu Beginn dominiert Cluster 7, das sich durch einen sehr hohen *Pinus*-Anteil und das Vorkommen von *Ulmus/Zelkova* auszeichnet. Im oberen Bereich taucht dann immer öfter auch Cluster 3 auf, das die stärkste Dominanz von *Pinus* repräsentiert und ein nahezu völliges Fehlen anderer Baumarten anzeigt. Unterbrochen wird das Glazial immer wieder von kurzen Phasen mit Cluster 2, bei dem Laubbäume wie *Quercus* oder *Carpinus* kurzzeitig höhere Anteile aufweisen und die Dominanz von *Pinus* etwas zurückgeht.

Während MIS 30 herrschte überwiegend kühles und feuchtes Klima. Dafür spricht der hohe Anteil von *Pinus* sowie das fast vollständige Fehlen xerothermer Elemente wie etwa *Tilia*, *Ephedra*, *Artemisia*, Chenopodiaceae und Plumbaginaceae.

Die starke Dominanz von *Pinus*-Pollen weist auf ein Eindringen der Waldkiefer (*Pinus sylvestris*) von Norden hin. Der Rückgang der Anteile anderer Baumarten (*Picea*, *Tsuga*, *Abies*, *Ulmus/Zelkova*) könnte darauf zurückzuführen sein, dass diese im Verlauf des langen Glazials durch die Kiefern immer stärker verdrängt wurden. Die klimatischen Ursachen für den Vegetationswechsel könnten somit von ökologischen Faktoren verstärkt worden sein.

7.1.8 MIS 29

Anders als MIS 31 und 33 tritt diese Warmphase im Pollenprofil (Ashotavan-2) nicht sehr deutlich hervor. Auch in der Hierarchischen Clusteranalyse wird sie nicht Cluster 8, sondern Cluster 4 zugewiesen.

Carpinus, *Juglans* und *Ulmus/Zelkova* fehlen weitgehend. Dagegen tritt *Quercus*-Pollen etwas in den Vordergrund und auch *Tilia* kommt vor. Unter den Kräutern und Sträuchern fällt vor allem der deutlich erhöhte Anteil von *Ephedra* und *Datisca* auf. *Artemisia*, Asteraceae und Poaceae zeigen keine auffälligen Veränderungen während dieser Phase. Die Koniferen *Abies*, *Picea*, *Tsuga* und *Sciadopitys* weisen zwar im Vergleich zu den angrenzenden Phasen reduzierte Anteile auf, sind aber – wie im gesamten Profil Ashotavan-2 – durchgehend vorhanden. Diese Diversität der Gymnospermae zeigt sich auch innerhalb der Gattungen *Tsuga* und *Abies*. Es finden sich jeweils mehrere Pollenformen, die jedoch nicht eindeutig zugeordnet werden können.

Die Vegetation dieser Phase unterscheidet sich nur gering von den nachfolgenden, kühleren Abschnitten. Im Vorotan-Becken herrschte eine koniferenreiche Bewaldung mit höheren Ansprüchen an die Feuchtigkeitsverhältnisse.

7.1.9 Abkühlung nach MIS 29

Diese Phase ist im Profil Ashotavan-2 dokumentiert und wird von der Clusteranalyse sehr eindeutig als Cluster 5 ausgewiesen.

Unter den Bäumen überwiegen die Koniferen, die Anteile von *Pinus* sind jedoch noch niedrig. *Quercus* und *Carpinus* sind wenig vertreten, *Juglans*, *Ulmus/Zelkova* und *Tilia* fehlen völlig. Poaceae, *Ephedra*, *Artemisia*, Asteraceae und Chenopodiaceae sind gleichmäßig vertreten, ohne eine eindeutige Dominanz. Der A/C-Index ist gleichmäßig hoch. Die Vegetation wird als eine kühle und relativ feuchte koniferenreiche Waldsteppe interpretiert.

7.1.10 MIS 28

Dieses Glazial ist eigentlich zweigeteilt mit einer kurzen Warmzeit dazwischen, die nicht als Marines Isotopenstadium ausgewiesen ist (LISIECKI & RAYMO 2005). Diese Phasen unterscheiden sich schon in der Clusteranalyse deutlich: Die Glaziale werden durch Cluster 2, die Zwischenwarmzeit wird durch Cluster 7 repräsentiert.

Der untere Abschnitt ist noch durch offene Mischwälder mit *Tsuga*, *Abies*, *Picea*, *Quercus* und *Carpinus* geprägt. Der mäßig hohe Anteil an *Pinus* könnte auch auf Ferntransport zurückzuführen sein, zeigt aber, dass die Nadelwaldgrenze nicht mehr allzu weit entfernt liegt. Nach der kurzen Zwischenwarmzeit werden die Laubbäume komplett durch Nadelwald ersetzt. Der *Pinus*-Anteil steigt ebenfalls an, spricht aber nicht für geschlossene Kiefernwälder.

7.1.11 MIS 27

Diese Warmphase ist in den Profilen Ashotavan-2, Tolors-2 und Brnakot-3 nur schwach ausgeprägt. Sie zeigt sich in einer vorübergehenden Abnahme des Anteils an *Pinus*-Pollen und einer leichten Zunahme von Poaceae.

Das Vorotan-Becken war zu dieser Zeit bewaldet. Koniferen dominierten, obwohl auch *Quercus* in den Wäldern vertreten war. Die offenen Bereiche breiteten sich etwas aus, was an erhöhten Anteilen von *Artemisia*, Asteraceae, *Cousinia* und Chenopodiaceae zu erkennen ist. Eine Grassteppe bildete sich jedoch nicht aus.

7.1.12 Abkühlung nach MIS 27

Diese Abkühlung findet sich in den oberen Bereichen der Profile Tolors-2 und Brnakot-3. In Ersterem weist die Clusteranalyse Cluster 5, in Letzterem die Cluster 5 und 2 aus. Die Vegetation entspricht im Wesentlichen der, die bei der vorherigen Abkühlungsphase zu MIS 29 geherrscht hat. Generell sind die Vegetationsschwankungen in diesem Zeitabschnitt relativ gering, wie schon in Kap. 6.4.2 auf Seite 133 erwähnt und begründet.

7.2 **Zusammenfassende Betrachtung der Klimaphasen**

Aus der Beschreibung der einzelnen Phasen lassen sich für das Frühpleistozän im Südlichen Kaukasus einige allgemeingültige Aussagen über die Abhängigkeit von Vegetation und Klima treffen.

Während der **Glaziale** treten vor allem Nadelbäume (*Picea*, *Tsuga*, *Abies*, *Sciadopitys*) stärker in Erscheinung. Von den Kräutern sind vor allem Asteraceae regelmäßig während der Glaziale vertreten. Nur während des lang andauernden Glazials MIS 30 setzt sich mit zunehmender Dauer *Pinus* immer stärker durch, was schließlich zu einem nahezu geschlossenen Kiefernwald führt.

In **Erwärmungsphasen** herrschen offene Mischwälder mit *Quercus*, *Carpinus*, *Juglans*, *Picea* und *Tsuga* vor. Besonders thermophile Laubbäume (*Ulmus/Zelkova*, *Tilia*) fehlen noch weitgehend. Die Krautschicht ist während dieser Phasen sehr divers (Poaceae, *Artemisia*, Chenopodiaceae) und ohne deutliche Dominanz.

Die **Interglaziale** sind geprägt von einem Mosaik aus offenen Wäldern mit wärmeliebenden Laubbäumen (*Quercus*, *Carpinus*, *Juglans*, *Ulmus/Zelkova*, *Tilia*). In manchen Interglazialen (MIS 31 und MIS 33) kam es zudem zur Ausbildung einer Grassteppe. Die Befunde um MIS 31 legen die Vermutung nahe, dass dies vor allem in besonders stark ausgeprägten Warmphasen der Fall war. Dass sich diese Grassteppe nicht in allen Profilen gleichmäßig zeigt, deutet darauf hin, dass es sich um eine Waldsteppe handelt, also ein Mosaik aus Grassteppe und Laubwaldinseln (vgl. 6.1 auf Seite 86).

Während der **Abkühlungsphasen** nehmen die Laubbäume der offenen Wälder sowie die Gräser wieder ab. Zunehmend begünstigt das kühlere und feuchtere Klima dagegen Koniferen (*Tsuga*, *Abies*) und Asteraceae.

Trotz dieser Gemeinsamkeiten ist die Ausprägung der einzelnen Phasen sehr unterschiedlich. So unterscheidet sich beispielsweise das Interglazial MIS 31 deutlich von anderen Interglazialen und auch die Ausbildung von Nadelwäldern während der Glazialphasen verläuft nicht einheitlich.

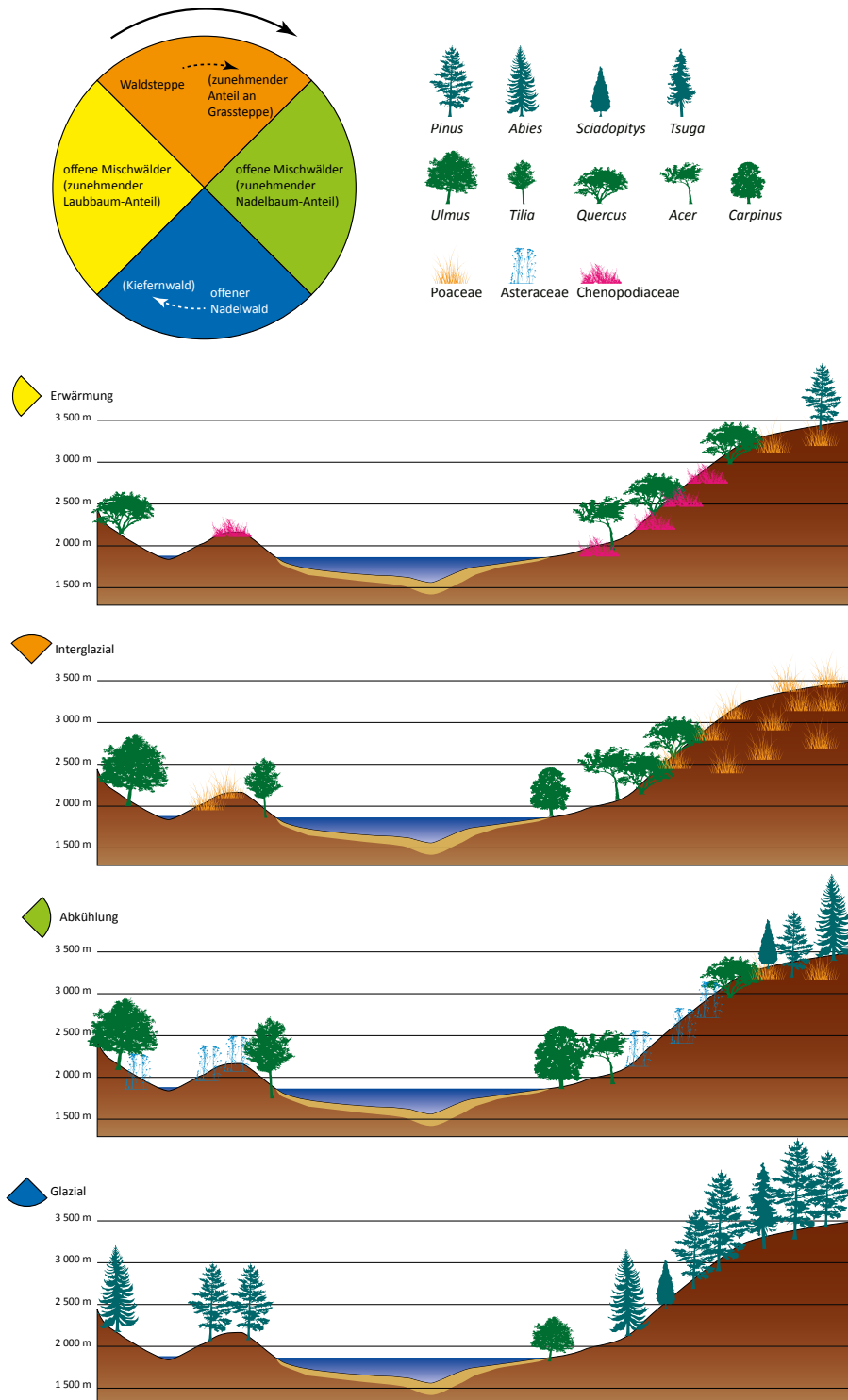


Abb. 77: Schematischer Klima- und Vegetationszyklus während des Frühpleistozäns im Südlichen Kaukasus. Die Anzahl und Größe der Symbole ist rein schematisch und entspricht nicht den Pollenanteilen. Es wurden nur exemplarisch einige repräsentative Taxa ausgewählt.

8. Diskussion

8.1 Stratigrafie

Gerade bei der Beurteilung von Vegetationszyklen kommt einer genauen und sicheren Datierung der Sedimente eine große Bedeutung zu. Durch die Kombination der Ergebnisse der radiometrischen Datierung und der Magnetostratigrafie ist die zeitliche Einordnung der untersuchten Profile sehr valide. Demnach sind sie dem Frühpleistozän zuzuordnen und decken die Zeitspanne von ca. 1410–940 ka ab (vgl. Abb. 33 auf Seite 36 und Abb. 76 auf Seite 153). Eine gewisse Unsicherheit besteht lediglich bei der Einordnung des Profils Ltsen-3, da hier keine magnetische Umkehrung enthalten ist und die $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ -Datierung eine erhebliche Toleranz aufweist. Dabei handelt es sich um das älteste Profil (zwischen ca. 1300 und 1400 ka) im Vоротan-Becken. Alle anderen untersuchten Profile repräsentieren die Zeitspanne um das Jaramillo-Subchron.

Diese stratigrafische Einschätzung deckt sich mit den Ergebnissen von JOANNIN et al. (2010), die das Profil Shamb ins Matuyama-Chron unmittelbar unterhalb des Jaramillo-Subchrons einordnen. Sie widerspricht den Angaben von SAYADIAN et al. (1983), die die Ablagerungen von Shamb ins Pliozän stellen.

Die vorliegenden Ergebnisse repräsentieren somit in nahezu idealer Weise den Beginn der „mid Pleistocene transition“. Diese Periode ist für die Veränderungen im globalen Klima von obliquitätsinduzierten Zyklen hin zu exzentrizitätsbestimmten Zyklen mit langen Glazialen und kurzen Interglazialen von entscheidender Bedeutung.

Die Aufschlüsse im Vоротan-Becken sind damit bisher die einzigen terrestrischen Ablagerungen in Südosteuropa und Westasien, die für diesen Zeitraum hochauflösende Daten zur Vegetationsentwicklung liefern.

8.2 Unterschiede innerhalb der untersuchten Profile

Bei der Analyse der Ergebnisse fällt auf, dass die aufeinanderfolgenden Vegetationszyklen im Vоротan-Becken keineswegs identisch ablaufen. Am deutlichsten wird dies beim Vergleich der Profile Darbas-2 und Ashotavan-2.

Während sich im Profil Darbas-2 MIS 31 und 30 sehr deutlich anhand der Vegetation ablesen lassen und sehr ausgeprägte Unterschiede zeigen, sind die Schwankungen im Profil Ashotavan-2, das den nachfolgenden Wechsel von Interglazial MIS 29 und 28 beinhaltet, kaum erkennbar. Dies lässt sich anhand der Amplitude der $\delta^{18}\text{O}$ -Kurve sehr gut erklären: Im von Ashotavan-2 abgedeckten Zeitraum gibt es kein Interglazial, das sich besonders hervorhebt – wie etwa MIS 31. Die $\delta^{18}\text{O}$ -Schwankungen sind entsprechend moderat (siehe Abb. 78). So reicht die Temperatur in MIS 29 offenbar nicht aus, um die Entwicklung wärmeliebender Laubwälder und die Ausbildung einer Grassteppe zu begünstigen. Die Feuchtigkeit war stets hoch genug, dass Nadelwälder durchgehend existieren konnten.

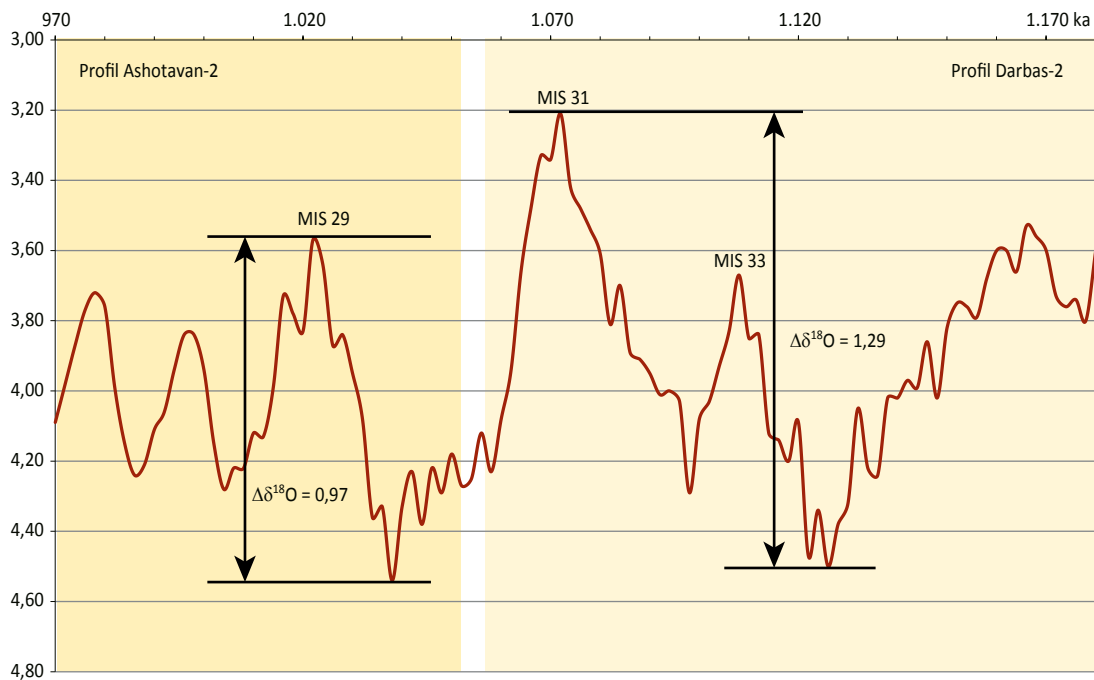


Abb. 78: Die Schwankung des $\delta^{18}\text{O}$ -Wertes von LISIECKI & RAYMO (2005) ist innerhalb des Profiles Ashotavan-2 deutlich geringer als im Profil Darbas-2. Die geringere Amplitude führte dazu, dass in Ashotavan-2 keine deutlichen Zyklen in der Vegetationsentwicklung ausgeprägt sind.

Schwieriger sind die Unterschiede der Vegetation während identischer Klimaphasen zwischen einzelnen Profilen zu interpretieren. So wird das Interglazial MIS 31 von den Profilen Darbas-2, Uyts-2 und Brnakot-2 abgebildet. Allerdings unterscheidet sich die Pollenflora während dieses Zeitraumes: Während in Darbas-2 Gräser dominieren und Bäume deutlich zurücktreten, herrschen in Brnakot-2 und Uyts-2 zu diesem Zeitpunkt mesophile Gehölze vor. Während also Darbas-2 die Ausbildung einer Waldsteppe mit hohem Grasanteil nahelegt, sprechen Uyts-2 und Brnakot-2 eher für ein Dominieren von thermophilem Laubwald.

Ursache könnten mikroklimatische Unterschiede in der Vegetation sein. Die Waldsteppe zeichnet sich ja gerade dadurch aus, dass in einer steppenartigen Landschaft zerstreut Waldinseln existieren (WENDELBERGER 1989, WALTER & BRECKLE 1999, siehe 6.1 auf Seite 86). Möglicherweise repräsentieren die Pollen in Uyts-2 und Brnakot-2 verstärkt solche Inseln. Insbesondere der relativ hohe Anteil von *Ulmus/Zelkova* in Brnakot-2 und Uyts-2 könnte dafür sprechen, dass die riparische Vegetation des Seeufers und der Zuflüsse hier stärker abgebildet ist als in Darbas-2.

Unter Umständen kommt zusätzlich auch die unterschiedliche Taphonomie innerhalb des Vorotan-Beckens als Erklärung in Betracht, zum Beispiel durch unterschiedliche Strömungsverhältnisse.

8.3 Vergleich von Pollenflora und Makroflora

Es ist ein sehr seltener Umstand, dass in Sedimenten des Frühpleistozäns sowohl die Pollen als auch Makroreste der Paläovegetation gut erhalten sind. Im Vоротan-Becken ist das der Fall. Es bietet sich somit für einen Vergleich von Makro- und Mikroflora geradezu an.

Von den 64 Taxa aus der Pollenanalyse kommen 16 Pflanzentaxa auch in der Auflistung von IVAN GABRIELYAN (Tab. 5 auf Seite 38) vor. Das entspricht einem Anteil von 25 %. Auffällig ist, dass 11 davon, also knapp 69 %, Bäume oder Sträucher sind.

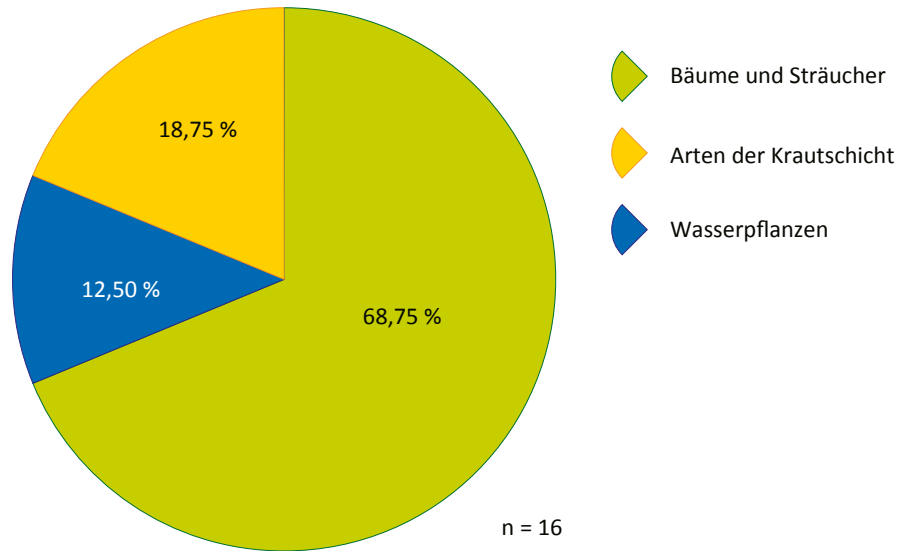


Abb. 79: Verteilung der Pollentaxa, die auch als Makrofossilien nachgewiesen wurden, auf die jeweilige Wuchsform

Diese Verteilung legt nahe, dass beim Vergleich von Pollenflora und Makroflora die Taphonomie eine entscheidende Rolle spielt. Laubabwerfende Bäume sind durch ihr Laub deutlich besser als Makrofossilien erhalten als Arten der Krautschicht. Auch Wasserpflanzen sind deutlich überrepräsentiert: Alle zwei anhand von Pollen nachgewiesenen Taxa sind auch in der Makroflora vertreten. Dagegen lassen sich anhand der Makroflora kaum valide Aussagen über die Zusammensetzung der Krautschicht treffen.

Zudem spielt die unterschiedliche Pollenproduktivität der einzelnen Taxa eine Rolle. Im Vоротan-Becken zeigt sich dies vor allem bei der Gattung *Acer*, die in der Makroflora stark, in den Pollenproben jedoch kaum vertreten ist.

Dennoch liefern die Ergebnisse aus der Analyse der Makrofossilien gerade in Kombination mit den palynologischen Ergebnissen wichtige Informationen. Sie lassen sich in der Regel bis zu einer niedrigeren taxonomischen Ebene bestimmen und geben so wichtige Hinweise darauf, um welche Arten es sich bei den Pollenlieferanten möglicherweise gehandelt hat. Als Beispiel sei die Gattung *Quercus* angeführt, die palynologisch nur bis zur Gattung bestimmt wurde, von der jedoch Makrofossilien zu fünf verschiedenen Arten vorliegen: *Qu. castaneifolia*, *Qu. cerris*, *Qu. iberica*, *Qu. infectoria* und *Qu. macranthera*.

Deshalb wurden die Ergebnisse von GABRIELIAN auch in die Pollendiagramme integriert, sofern sie einzelnen lithologischen Schichten zuordenbar sind und das jeweilige Taxon in den Pollenproben vertreten ist.

8.4 Vegetationsentwicklung im Südlichen Kaukasus

Die in Kap. 7.2 auf Seite 157 beschriebenen zyklischen Veränderungen der Vegetation im Südlichen Kaukasus im Frühpleistozän lassen sich auf den Einfluss von vier Vegetationseinheiten zurückführen, die auch rezent in der Kaukasusregion eine große Rolle spielen. Ihre räumliche Veränderung mit dem Klima bestimmt die zyklische Entwicklung der Vegetation im Frühpleistozän.

Diese vier Vegetationseinheiten sind:

- Offene Wälder, als Steppenwald oder Waldsteppe (vgl. 6.1 auf Seite 86), wobei *Quercus* wohl die dominante Rolle spielt,
- Trockensteppen, die weitgehend baumfrei sind,
- mesophile Wälder, wie sie rezent durch hyrkanische und euxinische Wälder repräsentiert werden,
- koniferenreiche, boreale Wälder, wie sie die Hochlagen des Großen Kaukasus dominieren.

8.4.1 Offene Wälder

Steppenwälder (vgl. Kap. 2.3) sind noch heute an einigen Hängen – vor allem an Nordhängen – im Vorotan-Tal vorhanden (Abb. 80), wenn auch recht spärlich. Es handelt sich um locker stehende Bestände von *Quercus* sp., *Juniperus* sp., *Pistacia* sp. und *Amygdalus* sp.

Es ist davon auszugehen, dass solche offenen Wälder im Vorotan-Becken zumindest während der Interglaziale stets zu finden waren und sich mit baumlosen Grassteppen räumlich abwechselten. Diese entwickeln sich dort, wo die Niederschläge zu gering für das Aufkommen von Bäumen sind, aber für das Wachstum von Gräsern ausreichen (WALTER & BRECKLE 1999). Im Pollenprofil wird die Ausbreitung von Flächen mit Grassteppe am Anteil der Poaceae deutlich.

Offene Wälder zeigen sich im Pollenprofil durch einen geringen Anteil von *Quercus*- und *Artemisia*-Pollen und einen erhöhten Anteil von Poaceae, Asteraceae, Chenopodiaceae, Apiaceae und Brassicaceae (VAN ZEIST & BOTTEMA 2008). Eine vergleichbare Zusammensetzung findet sich beispielsweise im unteren Bereich des Profils Darbas-2. Ob es sich dabei um Steppenwälder oder Waldsteppen handelt, kann anhand der Pollen alleine nicht beurteilt werden.



Abb. 80: Rezenter Offenwald im Vorotan-Tal

8.4.2 Trockensteppe

Typische Trockensteppen sind in der Umgebung des Vorotan-Beckens rezent nicht ausgebildet. Allerdings kommen sie in den südlich angrenzenden Gebieten des Irans vor (Abb. 81). Es liegt daher die Vermutung nahe, dass sich während sehr warmer, trockener Klimaphasen dieser Vegetationstyp auch nach Norden ausbreitete.

Die iranischen Trockensteppen sind durch eine baumfreie Vegetation aus Kräutern und Zwergsträuchern gekennzeichnet. Charakteristische Taxa, die dieser Vegetation im Pollenprofil entsprechen, könnten beispielsweise *Artemisia* sp., *Astragalus* sp., *Ephedra* sp. sowie Arten der Chenopodiaceae und Caryophyllaceae sein. Poaceae fehlen diesem Vegetationstyp jedoch fast völlig, da diese höhere Ansprüche an die Feuchtigkeit stellen.

In den Pollenprofilen gibt es allerdings keine Anzeichen für Phasen, die sowohl baumfrei als auch arm an Gräsern waren. Im Vorotan-Becken waren Trockensteppen deshalb allenfalls an Sonderstandorten vorhanden.



Abb. 81: Baumlose Trockensteppe in der Region um Tabriz im Nordwesten Irans

8.4.3 Mesophile Wälder

Die euxinische Vegetation erstreckt sich rezent entlang der türkischen Schwarzmeerküste an den Hängen des Pontischen Gebirges bis in die Kolchiswälder Westgeorgiens. Die hyrkanischen Wälder liegen an der Nordflanke des Elbursgebirges an der Südküste des Kaspischen Meeres im Iran. Dazwischen liegen die türkischen, armenischen und iranischen Hochsteppen, denen auch das Untersuchungsgebiet zuzurechnen ist (siehe Abb. 14 auf Seite 15).

ZOHARY (1973) beschreibt die euxinischen und hyrkanischen Wälder mit ihrer typischen Artenzusammensetzung ausführlich. Aus dem Vorhandensein jeweils charakteristischer Gattungen in der Paläoflora lässt sich schließen, dass das Vоротan-Becken im Frühpleistozän zumindest zeitweise von beiden Gebieten beeinflusst war und die beiden Subprovinzen möglicherweise miteinander verbunden waren. Beispiele für Arten aus diesen Wäldern sind *Zelkova* sp., *Pterocarya* sp. und *Parrotia persica*, die heute noch für die hyrkanischen Wälder Irans charakteristisch sind. Auch *Liquidambar* kann wohl dazugerechnet werden, obwohl die Gattung heute dort ausgestorben ist.

In Tab. 9 auf Seite 89 ist die Zuordnung der einzelnen Taxa aufgelistet, soweit sie möglich ist. Diese Einschätzung basiert im Wesentlichen auf ZOHARY (1973). Allerdings wird die exakte Zuordnung dadurch erschwert, dass die Bestimmung der Pollen bis zur Art selten möglich ist, die unterschiedlichen Pflanzengesellschaften jedoch meist auf Artniveau charakterisiert sind. Deshalb liefert die Darstellung der jeweiligen Anteile in den Pollendiagrammen leider kein aussagefähiges Ergebnis. Vielversprechender wäre eine Beurteilung

der Makroflora. Da man hierbei jedoch nur eine punktuelle Aussage über einige wenige Schichten mit Makrofossilien treffen könnte, wurde diese in der vorliegenden Arbeit nicht vorgenommen.

Der geringe Anteil an eindeutig zuordenbaren Pollen und das gleichzeitige Vorhandensein von Offenlands-Taxa lassen jedoch den Schluss zu, dass die Vegetation im Vorotan-Becken zu keinem Zeitpunkt einem geschlossenen mesophilen Wald glich, wie er für die euxinische und hyrkanische Region heute charakteristisch ist (Abb. 82). Wahrscheinlicher ist, dass die entsprechenden Florenelemente zu bestimmten Zeiten Teil der Ufervegetation in den Flusstälern waren. Gerade die Gattungen *Ulmus*, *Zelkova* und *Pterocarya* sprechen für eine riparische Vegetation.



Abb. 82: Aspekt eines hyrkanischen Waldes im Norden Irans mit *Quercus macranthera*, *Buxus* sp., *Zelkova* sp. und *Parrotia persica* als häufige Baumarten

8.4.4 Boreale Nadelwälder

Solche Wälder fehlen heute im Südlichen Kaukasus weitgehend. Sie finden sich rezent nur im nördlichen und westlichen Kaukasus in Höhen ab ca. 1 500 m (GULISASHVILI et al. 1975). Charakteristische Arten sind *Abies nordmanniana*, *Picea orientalis* und *Pinus sylvestris*. Letztere führen GULISASHVILI et al. (1975) unter dem Synonym *Pinus sosnowskyi*. Die borealen Nadelwälder im frühen Pleistozän waren jedoch deutlich artenreicher: Die Gattungen *Tsuga* und *Sciadopitys* waren zusätzlich vertreten – *Tsuga* vermutlich mit mehreren Arten.

In den Pollenprofilen zeigten sich diese Wälder durch eine Dominanz von Koniferenpollen. Am deutlichsten findet sich eine vergleichbare Vegetation im oberen Teil des Profils Darbas-2.

8.4.5 Regionale Vegetationsverschiebungen während eines Klimazyklus

Der Einfluss dieser Vegetationstypen auf die Vegetation im Vorotan-Becken ist in Abb. 83 dargestellt. Bei dieser Rekonstruktion wird von einem stark ausgeprägten Interglazial-Glazial-Wechsel ausgegangen, wie ihn beispielsweise MIS 31 und 30 darstellen.

Während der Erwärmungsphasen (1) breitete sich die Steppe aus den südlich angrenzenden Gebieten weiter nach Norden aus. Die borealen Wälder zogen sich dagegen in die höheren Lagen zurück. Dafür rückten die mesophilen Wälder des euxinischen und hyrkanischen Raumes weiter in den Südlichen Kaukasus vor.

Im Interglazial (2) erreichten Steppen und Mischwälder ihr maximales Verbreitungsgebiet. Beide zeigen sich aber im Vorotan-Becken immer nur mit einzelnen Taxa und sind niemals dominant. Die borealen Wälder existierten dagegen nur in den höchsten Lagen.

Zu Zeiten der Abkühlung (3) waren die borealen Wälder – vor allem Nadelwälder – wieder auf dem Vormarsch, Steppen und Mischwälder dagegen auf dem Rückzug.

Den Höhepunkt erreichte diese Entwicklung während der Glazialphasen (4): Während lang andauernder und intensiver Glazialen (wie MIS 30) reichten geschlossene boreale Nadelwälder – vermutlich vor allem mit *Pinus sylvestris* – bis in die mittleren Lagen des Südlichen Kaukasus. Die Steppenvegetation zog sich auf die kontinentalen iranischen Ebenen zurück und die euxinischen und hyrkanischen Wälder beschränkten sich auf den Südrand des Schwarzen und des Kaspischen Meeres.

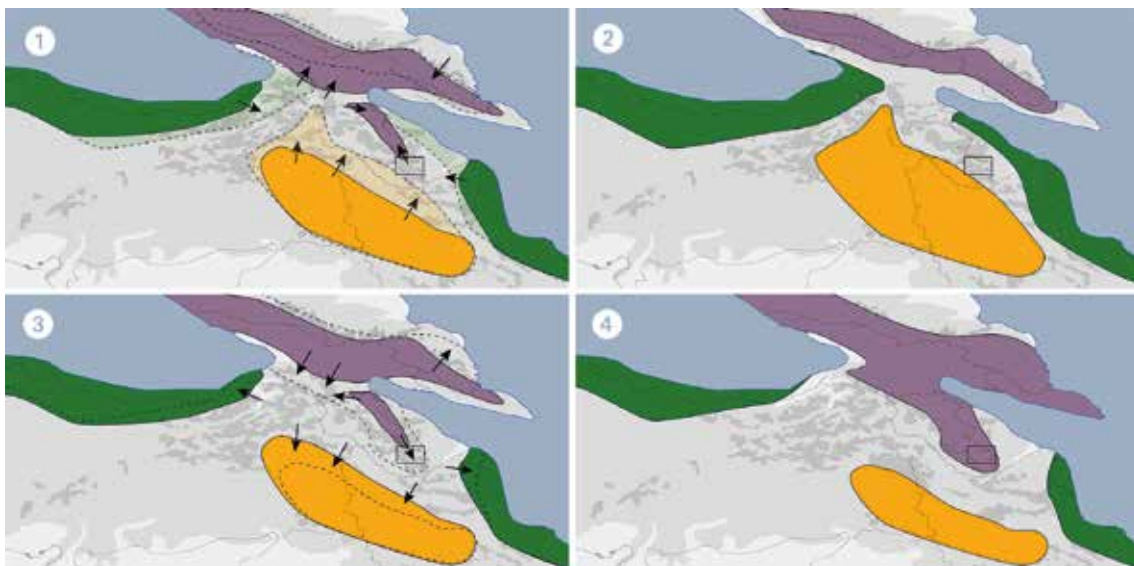


Abb. 83: Mögliche Verschiebung der Vegetationseinheiten während eines typisch ausgebildeten Interglazial-Glazial-Zyklus. Grün: mesophiler Wald, orange: Trockensteppe, violett: borealer Wald; Steppenwald wird als Grundtyp der Vegetation betrachtet und ist nicht farblich dargestellt (weitere Erläuterungen im Text).

8.5 Vergleich mit anderen Ergebnissen aus dem Südlichen Kaukasus

Die vorliegenden Ergebnisse aus dem Südlichen Kaukasus zeigen, dass sich während der Interglaziale ein warm-gemäßigter Laubwald ausbreitete und sich – bei zunehmender Trockenheit – ein offener Wald mit hohen Anteilen an Gräsern ausbilden konnte. Während der Glaziale drang borealer Wald nach Süden und in tiefere Lagen vor, der mit zunehmender Dauer der Kältephase immer stärker von *Pinus* dominiert wurde.

Zum Vergleich können nur die Ergebnisse von JOANNIN et al. (2010) herangezogen werden. Andere Untersuchungen aus der Region betreffen einen anderen Zeitraum. So untersuchten zum Beispiel BOTTEMA (1986) und DJAMALI et al. (2008) das Spätpleistozän des Urmiassees in Nordiran, SHATILOVA (1984, 1986) das Pliozän Westgeorgiens.

Die vorliegenden Ergebnisse widersprechen denen von JOANNIN et al. (2010). Deren Aussage, dass die Glaziale unbewaldet waren, kann nicht bestätigt werden. Während aller in der vorliegenden Arbeit untersuchten Glaziale war das Vorotan-Becken bewaldet, wenn auch in unterschiedlicher Intensität. Das Ende des lang anhaltenden Glazials MIS 30 ist gar durch einen geschlossenen Kiefernwald gekennzeichnet (mit *Pinus*-Anteilen von nahezu 100 %).

Die Ursache dieser Widersprüche ist wohl in der geringen Probendichte in dem von JOANNIN et al. (2010) bearbeiteten Profil Shamb zu suchen. Der am dichtesten beprobte Abschnitt (Pollenassamblages A1 und B1) beinhaltet gerade einmal zwölf Proben und erstreckt sich über einen Zeitraum von 60 ka. Dadurch ist die Korrelation von Pollendiagramm und Isotopenkurve sehr zweifelhaft. Aus den beiden $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ -Datierungen ergeben sich Unsicherheiten von 40 ka und 60 ka – also so lange wie oder länger als ein Klimazyklus.

Möglich ist natürlich auch, dass sich die Klimazyklen, die vom Profil Shamb-2 abgedeckt werden, derart deutlich von den in der vorliegenden Arbeit beschriebenen unterscheiden. Dies erscheint jedoch wenig wahrscheinlich.

8.6 Vergleich mit Vegetationszyklen aus dem Mittelmeerraum

Zur Interpretation der Ergebnisse aus dem Vorotan-Becken bietet sich ein Vergleich mit gleichaltrigen Profilen aus dem Mittelmeerraum an. Eine Übersicht über die zum Vergleich herangezogenen Ergebnisse gibt Abb. 84.



Abb. 84: Vergleichsprofile aus dem gleichen Zeitraum im Mittelmeerraum. Die Nummerierung entspricht der im Text, die Zahlen in Klammern geben das ungefähre Alter der Profile in Ma an.

8.6.1 Westlicher Mittelmeerraum

(1) LEROY (2008) untersuchte ein lakustrines Profil in Bòbila-Ordís (Nordost-Spanien, 42° 08' N, 2° 43' E, 173 m NN). Es ist anhand des Cobb-Mountain-Subchrons (ca. 1,2 Ma) eindeutig datierbar. Das Profil reicht etwa von MIS 37 bis MIS 32. Damit überlappt der obere Teil mit dem unteren Teil von Darbas-2. LEROY beschreibt dort einen vollständigen Glazial-Interglazial-Zyklus, bei dem die Glaziale geprägt sind von gemischten Nadelwäldern, dominiert von *Pinus* (Anteile um 80 %). Auch *Quercus* ist mit Anteilen um 20 % regelmäßig vertreten. Die Anteile von „non-arboreal“ Pollen (NAP) gehen während der Glaziale stark zurück. Die Interglaziale sind dagegen von Laubbäumen dominiert – vor allem *Quercus*, *Carpinus*, *Carya*, *Ulmus/Zelkova* und *Pterocarya*. Während einer Übergangsphase ist auch eine Waldsteppe mit höherem Anteil an Poaceae beschrieben.

Insgesamt gibt es viele Ähnlichkeiten mit der Vegetationsentwicklung im Südlichen Kaukasus: Die Vegetation während der von LEROY (2008) beschriebenen Glazialphasen ähnelt stark der des Glazials MIS 30 im oberen Teil von Darbas. Der Anteil von *Pinus* ist ähnlich hoch, auch *Tsuga* und *Picea* treten auf, die Gräser und Kräuter treten stark zurück. Allerdings herrscht in Bòbila-Ordís über die Glaziale hinweg ein gleichbleibend hoher Anteil an *Quercus* vor, während die Gattung im Kaukasus in den Glazialen deutlich abnimmt.

Auch die Interglaziale ähneln sich in beiden Regionen durch die Dominanz der Laubgehölze. Lediglich innerhalb der Gattungen gibt es leichte Verschiebungen: So ist *Carya* in Spanien relativ häufig vertreten, während die Gattung im Vorotan-Becken nur punktuell auftritt. Während eines Interglazials zeigt sich in Bòbila-Ordís sogar eine Öffnung des

Waldes zu einer Waldsteppe mit höheren Poaceae-Anteilen, die von der Autorin als Übergangsphase gedeutet wird. Möglicherweise entspricht diese Phase auch dem Temperaturmaximum eines Interglazials, wie es im Profil Darbas-2 während des MIS 31 auftritt.

8.6.2 Zentraler Mittelmeerraum / Südeuropa

(2) Im Becken von Montalbano Jonico in Süditalien (40° 17' N, 16° 34' E) sind rein marine Sedimente aufgeschlossen. JOANNIN et al. (2008) dokumentieren die Vegetationsentwicklung von MIS 23 bis 37, die etwa den obersten zwei Dritteln der im Vorotan-Becken beprobten Profile entspricht und sich somit hervorragend zum Vergleich eignet. Da hier MIS 30 und 31 gut dokumentiert sind, bietet sich ein Vergleich mit dem Profil Darbas-2 an.

Während des Glazials MIS 30 dominieren in Süditalien Steppentaxa die Vegetation: *Artemisia* und Chenopodiaceae mit jeweils um 20 %, *Ephedra* mit etwa 10 %. Poaceae sind mit etwa 5–10 % vertreten. Koniferen sind stets präsent, aber nie dominant. Auch *Quercus* ist mit ca. 10 % Anteil vertreten. Die Interglazialphasen, also auch MIS 31, zeichnen sich vor allem durch einen Anstieg der Anteile an *Quercus*-Pollen auf um 30 % aus. Auch andere mesophile Laubbäume sind etwas häufiger, zum Beispiel *Corylus*, *Pterocarya* und *Carya*. Außerdem treten in den Interglazialen regelmäßig wärmeliebende Gehölzarten auf, wie *Buxus* und *Liquidambar*. Poaceae und Asteraceae steigen in einigen Phasen der Interglaziale etwas deutlicher an, insgesamt sind deren Anteile aber ähnlich wie in den Glazialen. Zu vergleichbaren Ergebnissen kommt auch COMBOURIEU-NEBOUT (1993), die ein Profil in Süditalien aus dem oberen Pliozän untersuchte.

Die Vegetation verändert sich somit vor allem in den Glazialzeiten deutlich anders als im Südlichen Kaukasus: Offenbar reicht die Feuchtigkeit nicht aus, um artenreiche Koniferenwälder auszubilden. Stattdessen entwickelt sich hier eine Trockensteppe. Die Interglaziale verlaufen dagegen mit der Erhöhung des Anteils an Laubgehölzen recht ähnlich. Allerdings bleibt die Bildung einer grasreichen Waldsteppe hier offenbar aus.

(3) Das Profil Tenaghi Philippon (TZEDAKIS et al. 2006, PROSS et al. 2007, VAN DER WIEL & WIJMSTRA 1987) (41° 10' N, 24° 20' E, 40 m NN) reicht 1,35 Ma zurück und deckt somit die komplette Zeitspanne ab, die im Vorotan-Becken aufgeschlossen ist. TZEDAKIS et al. (2006) stellten während der frühpleistozänen Glazialphasen MIS 42, 40 und 38 extrem hohe NAP-Anteile von mehr als 90 % fest, von denen *Artemisia* und Chenopodiaceae alleine mehr als 80 % ausmachen. Während der Interglaziale nehmen die Laubbäume deutlich zu – neben *Quercus* vor allem *Alnus*, *Castanea*, *Celtis* und *Ulmus/Zelkova*. Mit ihnen auch die Nadelbäume – vor allem *Pinus*, aber auch *Tsuga*, *Abies*, *Picea* und *Cedrus*. Die Autoren setzen deshalb AP-(arboreal Pollen)-Maxima mit Interglazialen gleich, AP-Minima mit Glazialen. Der Anteil der Poaceae ist dabei gleichmäßig hoch (VAN DER WIEL & WIJMSTRA 1987).

Hier scheint die Ausprägung der Trockensteppe während der Glaziale noch deutlicher als in Süditalien und damit der Unterschied zum Südlichen Kaukasus noch größer zu sein. Die Ausbildung eines artenreichen Mischwaldes während der Warmphasen spricht für ein

humideres Klima, denn eine grasreiche Wärmesteppe wie im Südlichen Kaukasus oder ein xerothermophiler Eichen-Kiefernwald wie in Nordost-Spanien bildet sich nicht.

(4) Auch Pollenprofile aus Sapropelen im östlichen Mittelmeer (36° 15 ,250' N, 17° 44,340' E, 3 643 m Wassertiefe) zeigen hohe Anteile an *Quercus*-Pollen während der Interglaziale und hohe *Artemisia*-Anteile in den Glazialen (ROSSIGNOL-STRICK & PATERNE 1999).

8.6.3 Südöstlicher Mittelmeerraum

(5) Im südöstlichen Mittelmeerraum, im Süden der levantinischen Küste, liegen die Ergebnisse zweier Bohrungen aus dem Hula-Becken (33° 04' N, 35° 39' E) und dem Toten-See-Becken (30° 45' N, 35° 15' E) vor, die vom Holozän bis 3,6 Ma zurückreichen (HOROWITZ 1989, VAN ZEIST & BOTTEMA 2008).

Hier sind die Unterschiede zwischen Glazialen und Interglazialen deutlich geringer als im übrigen Mittelmeerraum. Es findet sich durchgehend Steppenvegetation, die von mehr oder weniger ausgedehnten Baumbeständen durchzogen ist. Dabei gehen Glazialphasen mit einem etwas höheren Anteil an „arborescens“ einher, während dieser in den Interglazialen etwas zurückgeht. *Quercus* und *Pistacia* sind vegetationsbestimmend, während der Anteil an *Cedrus*-Pollen vor allem in den Glazialen durch die Absenkung der Höhenzonierung zunimmt (VAN ZEIST & BOTTEMA 2008). *Pinus*-Pollen ist zwar in geringen Anteilen vorhanden, die Gattung wird von den Autoren jedoch als allochthon angesehen. Die Steppenvegetation besteht vorwiegend aus Gräsern, in trockeneren Phasen nehmen die Anteile an *Chenopodiaceae* und *Artemisia* etwas zu. Diese Perioden lassen sich aber nicht eindeutig bestimmten Klimaphasen zuordnen.

8.6.4 Zusammenfassung

Sowohl Glaziale als auch Interglaziale verlaufen an der Nordküste des zentralen Mittelmeeres deutlich anders als im westlichen Mittelmeer und im Kaukasus: Während der Glaziale herrscht nördlich des zentralen Mittelmeeres eine nahezu baumfreie Trockensteppe (TZEDAKIS et al. 2006), während sowohl der Norden der Iberischen Halbinsel als auch der Kaukasus durch artenreiche Nadelwälder geprägt sind und durch relativ niedrige NAP-Anteile auffallen. In den Interglazialphasen entwickeln sich im zentralen Mittelmeerraum offene, xerothermophile Eichen-Kiefernwälder mit hohem Grasanteil. Dagegen dominieren im Westen und Osten mehr oder weniger offene Wälder mit Laubbäumen, die teilweise in besonders ausgeprägten Warmphasen einer offeneren Grassteppe mit wenigen Waldinseln weichen.

Nach BOTTEMA (1995) ist es nicht ungewöhnlich, dass Pollenprofile aus dem östlichen Mittelmeerraum unterschiedliche Signale zeigen und gerade die Entwicklung von Wald oder Steppe als Reaktion auf Veränderungen der Feuchtigkeit von Region zu Region unterschiedlich verläuft. So konnte er die Jüngere Dryas in Steppengebieten kaum nachweisen, während sie sich in bewaldeten Gebieten der Türkei deutlich zeigte. Auch TZEDAKIS et al.

(2006) weisen darauf hin, dass die Feuchtigkeit für die Ausbildung von Wald in manchen Gebieten ausgereicht haben könnte.

ALMOGI-LABIN (2011) betont, dass während der Glaziale am Nordrand des Mittelmeeres Baumpollen-Minima auftreten, während die Anteile in der südlichen Levante deutlich höher sind. Dagegen sind die Anteile an Baumpollen in den Gebieten nördlich des Mittelmeeres während der Interglaziale deutlich höher als südlich des Mittelmeeres. Er führt dies auf eine positive Feuchtigkeitsbilanz am Nordrand des Mittelmeeres zurück.

Erwähnenswert ist, dass das Auftreten von *Pinus*-Pollen im Kaukasus und in Nord-Spanien völlig andere Klimaverhältnisse anzeigt als im zentralen Mittelmeerraum. Während die *Pinus*-Anteile im Kaukasus vor allem während lang anhaltender Glaziale stark ansteigen, treten sie in Griechenland gemeinsam mit *Quercus* während der Interglaziale auf. Dabei handelt es sich vermutlich um unterschiedliche Kiefernarten. Im Kaukasus sind die hohen *Pinus*-Anteile vermutlich auf *Pinus sylvestris* zurückzuführen (vgl. 6.2.1 auf Seite 94), die bei Abkühlung von Norden her einwandert. Im zentralen Mittelmeerraum kommen wohl eher trockenheitsresistentere Arten infrage. Im Norden der Iberischen Halbinsel erscheint aufgrund der rezenten Verbreitung *Pinus halepensis* am wahrscheinlichsten. Diese Art bildet rezent häufig Mischbestände mit Eichen, was auch die Tatsache erklären könnte, dass im Profil von Bõbila-Ordis immer hohe *Quercus*-Anteile vorhanden sind.

8.7 Die Bedeutung des Südlichen Kaukasus als Refugium

Das Artenspektrum im Frühpleistozän des Vorotan-Beckens zeigt, dass der Südliche Kaukasus zumindest bis zu dem untersuchten Zeitraum ein Refugium für Pflanzengattungen war. Tab. 15 führt die in den Pollenproben nachgewiesenen Arten und Gattungen auf, die in Europa ganz oder nahezu ausgestorben sind. Drei davon kommen noch heute im Südlichen Kaukasus oder angrenzenden Gebieten vor.

Tab. 15: Liste der Arten und Gattungen, die im Kaukasus oder angrenzenden Gebieten ausgestorben sind (–) oder Reliktvorkommen haben (o)

Taxon	bevorzugter Lebensraum	Status
<i>Tsuga</i> sp.	montane Wälder	–
<i>Sciadopitys</i> sp.	montane Wälder	–
<i>Zelkova</i> sp.	mesophile Wälder	o
<i>Pterocarya</i> sp.	mesophile Wälder	o
<i>Parrotia persica</i>	mesophile Wälder	o
<i>Carya</i> sp.	mesophile Wälder	–

Abb. 85 zeigt, wie lange einige rezent in Europa ganz oder nahezu ausgestorbene Gattungen auf der Iberischen Halbinsel, in Italien und im Südlichen Kaukasus vertreten waren. Zumindest *Zelkova* und *Platycarya* existierten demnach im Südlichen Kaukasus deutlich länger.

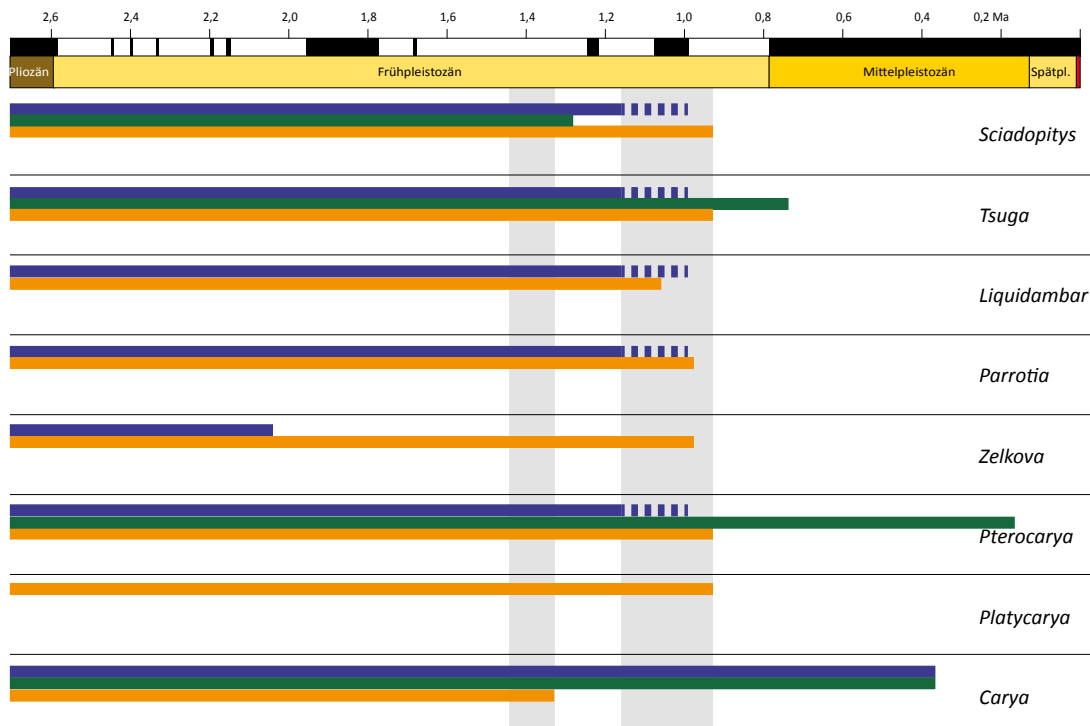


Abb. 85: Nachweise von heute in Mittel- und Westeuropa ausgestorbenen Baumgattungen (blaue Balken: Vorkommen auf der Iberischen Halbinsel nach POSTIGO-MIJARRA et al. 2010, grüne Balken: Vorkommen in Italien nach BERTINI et al. 2010 a, orangefarbener Balken: eigene Nachweise im Votadin-Becken, graue Schattierung: im Votadin-Becken aufgeschlossener Zeitraum)

Die klassische Erklärung für die Bedeutung des Kaukasus als eiszeitliches Refugium im Pleistozän ist, dass während in West- und Mitteleuropa die alpidische Gebirgskette und in Südeuropa das Mittelmeer Barrieren für eine kontinuierliche Ausbreitung der Vegetation darstellen, die Vegetation im Kaukasus im Süden kontinuierlich in die iranischen Steppen sowie in den euxinischen und den hyrkanischen Wald übergeht (HUNTLEY 1993, SVENNING 2003). Hier konnten während der Glaziale kälteempfindliche Arten in tiefere Lagen wie die Kolchiswälder Westgeorgiens oder angrenzende Gebiete ausweichen und die höheren Lagen des Kaukasus während der Erwärmungsphasen rasch wieder besiedeln.

Dabei wird in der Literatur meist der Schwerpunkt auf die Glazial-Refugien gelegt (HUNTLEY 1993). Aber kälteliebende Arten sind auch während der Interglaziale auf Rückzugsgebiete angewiesen (BENNETT & PROVAN 2008). Solche potenzielle Interglazial-Refugien sind beispielsweise die Hochlagen des Großen Kaukasus, des Pontischen Gebirges und des Elbursgebirges.

SVENNING (2003) führt aufgrund von autökologischen Vergleichen der betroffenen Arten als Grund für die Aussterbeereignisse im Plio- und Pleistozän die mangelnde Kältetoleranz der in Europa ausgestorbenen Baumarten an. Der Vergleich der Klimazyklen im Frühpleistozän (Kap. 8.6) legt jedoch die Hypothese nahe, dass nicht die geringe Temperatur, sondern die Aridität die Hauptursache für Aussterbeereignisse während der Glaziale im Frühpleistozän war. Denn die Feuchtigkeitsverhältnisse bestimmen den unterschiedlichen Verlauf der Glazialphasen im zentralen Mittelmeergebiet und im Südlichen Kaukasus. So

führte die höhere Aridität beispielsweise in Tenaghi Philippon zur Ausbildung von nahezu baumfreien Steppen (TZEDAKIS et al. 2006), während im humideren Klima des Südlichen Kaukasus Wälder fortbestehen konnten.

Wenn man die Entwicklung der Vegetation im ersten lang andauernden Glazial MIS 30 im Südlichen Kaukasus betrachtet (siehe 7.1.7 auf Seite 155), liegt zudem die Vermutung nahe, dass weniger die Intensität als vielmehr die Dauer der Glaziale eine Schlüsselrolle für Aussterbeereignisse und dadurch bedingte Vegetationsveränderungen spielt. Denn im Verlauf von MIS 30 zeigt sich erstmals ein massives Ansteigen der *Pinus*-Anteile auf Werte bis zu 100%. Neben der von SVENNING (2003) als relevant angesehenen autökologischen Präferenzen könnte auch die interspezifische Konkurrenz eine Verdrängung von Arten durch die Kiefernwälder bewirkt haben. Dafür spricht, dass gerade die ausgestorbenen Gattungen *Tsuga* und *Sciadopitys* regelmäßig gemeinsam mit *Pinus* auftreten, im oberen Bereich des Profils Darbas-2 mit extrem hohen *Pinus*-Anteilen jedoch fehlen.

8.8 Die Bedeutung des Kaukasus bei der Ausbreitung des Menschen im Frühpleistozän

Zeitpunkt und Route der ersten Ausbreitung der Gattung *Homo* aus Afrika nach Asien und Europa ist seit Jahren Gegenstand lebhafter Diskussionen. Der erste gesicherte Fossilnachweis von *Homo* außerhalb Afrikas stammt aus Dmanisi in Georgien und wird auf 1,58–1,78 Ma datiert (FERRING et al. 2011). Über den taxonomischen Status der Funde herrscht noch Unklarheit, da die Fossilien sowohl plesiomorphe Merkmale als auch Synapomorphien mit *Homo erectus* aufweisen (LORDKIPANIDZE et al. 2007 b, PALOMBO in Druck). In der vorliegenden Arbeit wird dem Vorschlag von LORDKIPANIDZE et al. (2007 b) gefolgt, die Fossilien *Homo erectus* zuzurechnen. Dmanisi liegt im Südlichen Kaukasus, nur 254 km nordwestlich des Vоротan-Beckens.

8.8.1 Vergleichbarkeit der Paläovegetation von Dmanisi und des Vоротan-Beckens

Leider fehlt in Dmanisi ein brauchbares Pollenprofil (GABUNIA et al. 2000 a), weshalb den Ergebnissen aus dem Vоротan-Becken eine besondere Bedeutung für die Umweltrekonstruktion zukommt, auch wenn die ersten Ablagerungen etwa 180–380 ka jünger sind als die Funde in Dmanisi. Es gibt eine Reihe von Versuchen, die Umwelt von *Homo erectus* bei Dmanisi zu rekonstruieren: KVAVADZE & VEKUA (1993) untersuchten Pollen und Sporen von Koproolithen an der Fundstelle, GABUNIA et al. (2000 a) die Säugetierfauna, MESSEGER et al. (2010) die Phytolithen.

Alle Untersuchungen kommen zu dem Ergebnis, dass die Umgebung Dmanisis im Frühpleistozän ein Mosaik aus sehr unterschiedlichen Lebensräumen war. Es war sowohl trockene Steppe als auch mesophiler Wald vertreten. Die Pollen aus den Koproolithen lassen auch auf alpine Vegetation schließen.

Die von KVAVADZE & VEKUA (1993) beschriebenen Pollentaxa aus zwei Koproolithen zeigen ein hohes Maß an Übereinstimmung mit denen des Vоротan-Beckens. 22 der 27 in den Koproolithen nachgewiesenen Spermatophyta sind auch Bestandteil der Pollenflora im

Vorotan-Becken. Bei den Baumarten fällt jedoch auf, dass *Quercus* dort komplett fehlt, dafür aber *Fagus* und *Castanea* auftreten.

Abb. 86 zeigt die Zusammensetzung der Paläovegetation im Vorotan-Becken nach „plant functional types“ (nach PRENTICE et al. 1996). Dabei wurde nur die Pollenflora berücksichtigt. Es ergibt sich ein ähnliches Bild wie bei den oben zitierten Untersuchungen in Dmanisi: Auch im Vorotan-Becken ist die Zusammensetzung der Vegetation sehr divers. Pflanzen offener Landschaften waren ebenso vertreten wie Nadelbäume borealer Vegetationszonen und mesophile Laubbäume. Das zeigt auch die Übersicht über ökologische Ansprüche, Verbreitungstypen und Wuchsformen in Tab. 9 auf Seite 89.

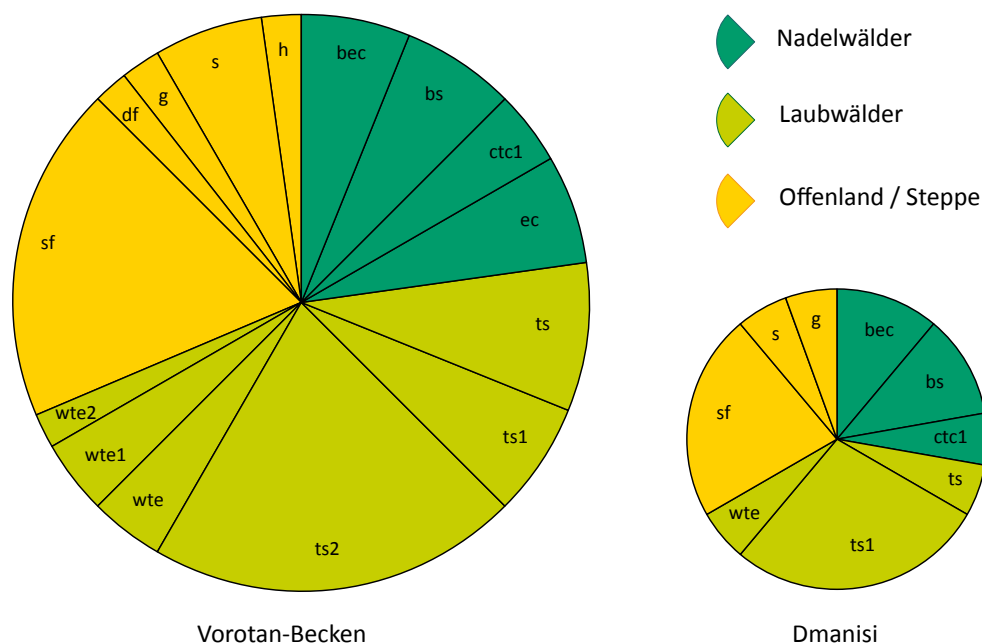


Abb. 86: Anteile der unterschiedlichen „plant functional types“ an den im Vorotan-Becken und in Dmanisi (KVAVADZE & VEKUA 1993) nachgewiesenen Pollentaxa. Das kleine Diagramm für Dmanisi soll die deutlich geringere Datenbasis (27 Taxa) symbolisieren. Zur Erklärung der Abkürzungen siehe Erläuterungen zu Tab. 9 auf Seite 89.

Diese Übereinstimmungen in der Zusammensetzung der unterschiedlichen Vegetationselemente legen nahe, dass die Befunde aus dem Vorotan-Becken gut geeignet sind, um die Umwelt des frühen Menschen im Südlichen Kaukasus zu rekonstruieren. Ähnliche Umweltbedingungen hat *Homo erectus* wohl auch in Dmanisi vorgefunden.

Im Folgenden soll untersucht werden, was sich aus den Ergebnissen über die Umwelt von *Homo erectus* im Südlichen Kaukasus ableiten lässt. Die Vegetation wird dabei einerseits als Lebensraum, andererseits als mögliche Nahrungsquelle betrachtet.

8.8.2 Die Vegetation im Vorotan-Becken als Lebensraum für *Homo erectus*

Als Voraussetzung für das Vorkommen von Menschen im Frühpleistozän wird in der Literatur häufig das Vorhandensein offener Landschaft genannt, wie sie auch im Ursprungsareal in Ostafrika vorherrschte (z. B. DENNELL 2003, LEROY et al. 2011). Allerdings be-

stehen auch Zweifel, ob *Homo erectus* wirklich ausschließlich auf offene Steppen angewiesen war: So besiedelten Vertreter der Gattung *Homo* vor ca. 2 Ma in Nordostafrika ein breites Spektrum an Lebensräumen, das von offenen Steppen bis zu riparischen Wäldern reicht (PLUMMER et al. 2009, SAHNOUNI et al. 2011). Ein solches Mosaik repräsentiert auch die Vegetation des Vоротan-Beckens.

Für eine breitere ökologische Valenz spricht auch, dass die anatomischen Merkmale der Dmanisi-Fossilien auf einen archaischeren Menschen hinweisen, der möglicherweise noch stärker an bewaldete Lebensräume angepasst war (LORDKIPANIDZE et al. 2007 a, b, RIGHTMIRE et al. 2009, PALOMBO in Druck). Mehrere Untersuchungen belegen, dass die Menschen im Frühpleistozän ein Mosaik aus unterschiedlichen Habitattypen benötigen (FINLAYSON et al. 2011, DENNELL et al. 2011). Der levantinische Korridor, über den vermutlich die Besiedlung des Kaukasus erfolgte, bestand im Frühpleistozän aus einem solchen Mosaik von Steppen, Wäldern und riparischer Vegetation (HOROWITZ 1989, VAN ZEIST & BOTTEMA 2008).

Einer Diskussion bedürfen in diesem Zusammenhang die Annahmen von LEROY et al. (2011). Sie betonen die Abhängigkeit der frühen Menschen von offenen Landschaften und leiten aus der Literatur ab, dass während des obliquitätsinduzierten Klimawechsels im Frühpleistozän Lebensraum für Menschen ausschließlich während der Übergangsphasen vom Glazial zum Interglazial vorhanden war. Während der Glaziale sei die Landschaft zwar offen, aber das Klima zu kalt gewesen, während der Interglaziale sei die Bewaldung dagegen zu dicht gewesen, sodass hier jeweils keine Besiedelung möglich gewesen sei.

Diese Annahmen werden durch die vorliegenden Ergebnisse zumindest für den Südlichen Kaukasus widerlegt. Die Pollenprofile zeigen eindeutig, dass die Vegetation während der Interglaziale nicht aus geschlossenen Wäldern bestand (vgl. Kap. 7). Vielmehr stellte sich genau das Mosaik aus unterschiedlichen Habitattypen ein, das für die Hominidenfunde in Dmanisi (GABUNIA et al. 2000 a, KVAVADZE & VEKUA 1993, MESSENGER et al. 2010) und auch für andere Hominidenfundstellen angenommen wird (FINLAYSON et al. 2011, DENNELL et al. 2011).

LEROY et al. (2010) folgern zudem, dass die Möglichkeit für die Menschen, sich auszuweiten, während aller 42 orbitalen Zyklen des Frühpleistozäns genau je ein Mal vorhanden war.

Alleine der Vergleich der beiden Klimazyklen um MIS 31 und MIS 29 und der jeweils vorherrschenden Vegetation widerlegt diese deterministische These (vgl. Kap. 8.2 und Abb. 78 auf Seite 160) und zeigt, dass sich keineswegs während jedes orbitalen Zyklus die gleiche Vegetation einstellte. Während Vegetationsveränderungen im sehr warmen MIS 31 eindeutig im Pollendiagramm (z. B. Darbas-2) erkennbar sind, verändert sich die Vegetation im darauf folgenden, deutlich schwächeren MIS 29 kaum. Aber auch der Vergleich anderer Klimazyklen zeigt, dass es deutliche Unterschiede gibt und eine einfache Kausalität zwischen dem Verlauf der Isotopenkurve und der Ausbildung einer bestimmten Vegetation nicht vorhanden ist. Diese Erkenntnis gilt sicherlich auch über den Südlichen Kaukasus hinaus.

8.8.3 Bedeutung des Südlichen Kaukasus als Refugium für den Menschen

Als wahrscheinlichste Route der Besiedelung Europas durch Menschen gilt der levantinische Korridor – über die Levante, den Kaukasus, die Westtürkei und den Balkan. Dabei nehmen die Levante und vor allem der Kaukasus als mögliche glaziale Refugien eine Schlüsselstellung ein (DENNELL et al. 2011, ANTÓN & SWISHER 2004).

Was sagen die Ergebnisse aus dem Vоротan-Becken über die Eignung der Region als Refugium aus? Sollte die These von LEROY et al. (2011) für angrenzende Teile Südeuropas Gültigkeit haben und zumindest die meisten Interglaziale dort wegen einer geschlossenen Walddecke für Menschen unbewohnbar gewesen sein, so hat der Südliche Kaukasus während dieser Phasen möglicherweise als Interglazial-Refugium gedient.

Eine geschlossene Bewaldung gab es im Südlichen Kaukasus wohl nur am Ende besonders lang andauernder, ausgeprägter Glaziale (wie MIS 30). Dadurch – und wegen des kälteren Klimas – dürften diese Phasen für Menschen wohl am lebensfeindlichsten gewesen sein. Die kürzeren Glazialphasen, die im Frühpleistozän vorherrschten (siehe Abb. 68 auf Seite 131), könnten dagegen für eine Besiedelung durch Menschen geeignet gewesen sein. Aus den Pollenproben der Glazialphasen lässt sich zumindest nicht auf eine ausgeprägte Kältesteppe im Südlichen Kaukasus schließen, wie dies für Gebiete Südeuropas belegt ist (TZEDAKIS et al. 2006, ROSSIGNOL-STRICK & PATERNE 1999).

Ob der Südliche Kaukasus deshalb auch als Glazialrefugium für *Homo erectus* infrage kommt, lässt sich nicht abschließend beurteilen. Möglicherweise zog sich die Population zumindest während länger andauernden Kaltzeiten auf die levantinische Küstenregion zurück. Palynologische Studien zeigen, dass hier die Vegetationszyklen offenbar weniger deutlich ausgeprägt waren (ALMOGI-LABIN 2011).

8.8.4 Mögliche lokale Umweltrequisiten im Vоротan-Becken

Wie in 8.8.1 und 8.8.2 dargelegt, war die Vegetation im Vоротan-Becken grundsätzlich für eine Besiedelung durch Menschen im Frühpleistozän geeignet. Diese Analyse berücksichtigt jedoch nur die Vegetationstypen. Aber welche Ressourcen fanden die Menschen vor Ort im Vоротan-Becken vor? Auch auf diese Frage liefern die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit einige Hinweise.

Die Struktur der Landschaft im Vоротan-Becken mit einem See, mehreren Zuflüssen, riparischer Vegetation, Waldinseln und offenen Flächen entspricht dem, was die meisten Autoren als Lebensraum von *Homo erectus* annehmen (z. B. FINLAYSON et al. 2011, DENNELL et al. 2011).

Der Paläosee selbst war für *Homo erectus* allerdings wohl nur von beschränktem Nutzen. Darin entwickelte sich eine artenarme Diatomeenflora mit hoher Individuendichte. Alle Arten zählen zum *Cyclotella castracanei*-Komplex (CREMER et al. 2006). Diese geringe Diatomeendiversität und das fast vollständige Fehlen von Fossilien von Seefischen, lakustrinen Insekten und Wassermollusken legen nahe, dass die Verhältnisse im Wasserkörper des Sees eher lebensfeindlich waren. Ein mögliches Analogon beschreiben beispiels-

weise LINDQVIST & LEE (2009) und führen dies auf meromiktische Strömungsverhältnisse, einen durch Vulkanismus sehr niedrigen pH-Wert und anoxische Bedingungen im Hypolimnion zurück. Das könnte auch im Paläosee des Vorotan-Beckens der Fall gewesen sein.

Fossilien von *Salmo trutta* weisen darauf hin, dass vermutlich in den Zuflüssen – dem Vorotan und kleineren Bächen – Forellen gelebt haben. Sie stellten eine wertvolle potenzielle Nahrungsquelle für Menschen dar, auch wenn sie als Wanderfische nicht ganzjährig zur Verfügung standen.

Unter den nachgewiesenen Pollentaxa deuten einige auf das lokale Vorkommen von Pflanzen hin, die von *Homo erectus* potenziell genutzt wurden. Sie sind in Tab. 9 auf Seite 89 gekennzeichnet. Abb. 87 gibt eine Übersicht über die möglichen Nutzungsarten von Pflanzen im Vorotan-Becken. Insgesamt sind demnach 91,3 % der beurteilten Taxa potenziell nutzbar.

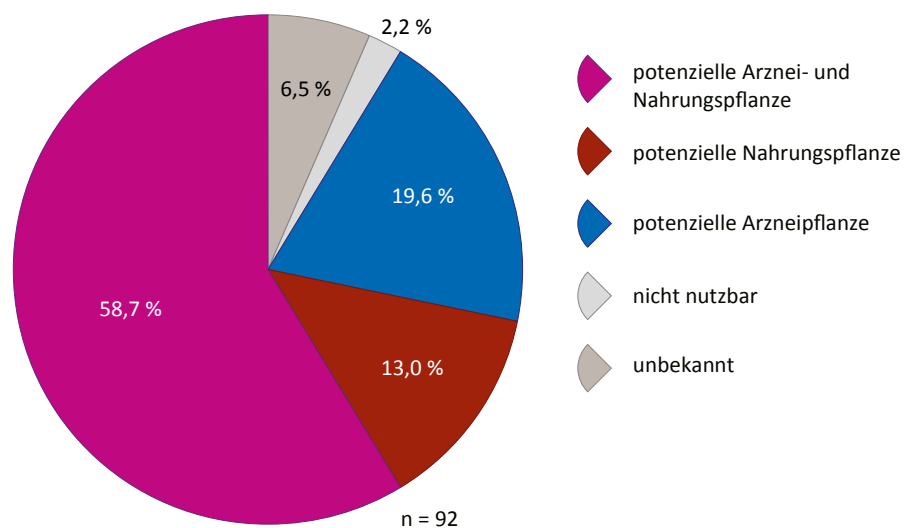


Abb. 87: Anteile der potenziell durch Menschen nutzbaren Pflanzentaxa. Die Gesamtzahl weicht von den nachgewiesenen Taxa ab, weil teilweise unterschiedliche taxonomische Ebenen beurteilt wurden (siehe Tab. 9 auf Seite 89).

Allerdings ergibt sich eine gewisse Unschärfe dadurch, dass die Bestimmung der Pollen größtenteils nur bis Familien- oder Gattungsniveau möglich war. Innerhalb einer Pflanzenfamilie ist es recht wahrscheinlich, dass es zumindest einzelne nutzbare Arten gibt. Als Beispiele sei hier nur die Familie Chenopodiaceae genannt: Innerhalb dieser gibt es eine Reihe von Arten, die auch heute als Nutzpflanzen für den Menschen eine große Rolle spielen – zum Beispiel der Spinat (*Spinacia oleracea*) oder verschiedene kultivierte Formen der Rübe (*Beta vulgaris*). Die Samen einiger *Amaranthus*-Arten und von *Chenopodium quinoa* werden in manchen Kulturen ähnlich wie Getreide verwendet. Möglicherweise spielten Arten der Chenopodiaceae auch schon für die frühen Menschen im Kaukasus eine Rolle. Dennoch lässt das Vorkommen der Familie Chenopodiaceae nicht unbedingt auf eine Nutzung durch Menschen schließen, da sie auch viele nicht nutzbare Arten beinhaltet.

Konkretere Hinweise auf eine mögliche Nutzung gibt dagegen beispielsweise der Nachweis der Gattung *Bongardia*, die im Vоротan-Becken ausschließlich als Pollen gefunden wurde (siehe Seite 58): Nach ALI & QUAISER (1987) werden noch heute von den Menschen in Belutschistan in Zeiten der Not die Knollen der Pflanze gekocht oder roh gegessen.

Genauere Ergebnisse als die Pollendaten liefert jedoch eine Untersuchung der Makrofossilien, wie sie DOERSCHEL (2012) vorgenommen hat. Sie wertete 110 Pflanzentaxa aus dem georgischen Tiefland aus und fand 53 medizinisch nutzbare und 49 essbare Taxa.

8.8.5 Zusammenfassung der Bedeutung für den frühen Menschen

Sowohl die großräumige, mosaikartige Vegetation des Südlichen Kaukasus als auch die Verhältnisse im Vоротan-Becken selbst eigneten sich für eine Besiedlung durch die frühen Menschen. Mit hoher Wahrscheinlichkeit kann für das 254 km entfernt gelegene Dmanisi, die früheste Fundstelle von *Homo-erectus*-Fossilien außerhalb Afrikas, eine ähnliche Klima- und Vegetationsentwicklung angenommen werden.

Weil im zentralen Südeuropa die Bedingungen zumindest während der Glazialphasen deutlich schlechter waren, könnte der Südliche Kaukasus während dieser Zeiten als Refugium gedient haben.

Lediglich während lang anhaltender Glaziale, die im Zuge der „mid Pleistocene transition“ immer häufiger wurden, verschlechterten sich möglicherweise die Lebensbedingungen. Die Umstellung von einem obliquitätsinduzierten 41-ka-Zyklus auf einen exzentrizitätsinduzierten 100-ka-Zyklus während der „mid Pleistocene transition“ (MPT) war deshalb für die Existenz von *Homo erectus* in der Region ein kritischer Zeitpunkt. Möglicherweise war die MPT der Auslöser für kulturelle Anpassungen, die ein Überleben ermöglichten. Möglicherweise war die MPT sogar der Auslöser für kulturelle Entwicklungen – zum Beispiel die Nutzbarmachung des Feuers.

9. Literatur

- ADAMIA, S., V. ALANIA, A. CHABUKIANI, G. CHICHUA, O. ENUKIDZE & N. SADRADZE (2010). Evolution of the Late Cenozoic basins of Georgia (SW Caucasus): a review. S. 239–259. *In*: SOSSON, M., N. KAYMAKCI, R. A. STEPHENSON, F. BERGERAT & V. STAROSTENKO (Hg.). *Sedimentary Basin Tectonics from the Black Sea and Caucasus to the Arabian Platform*. – The Geological Society, Special Publication 340, London.
- AKHANI, H. & M. SALIMIAN (2003). An extant disjunct stand of *Pterocarya fraxinifolia* (Juglandaceae) in the central Zagros Mountains, W Iran. – *Willdenowia – Annals of the Botanic Garden and Botanical Museum Berlin-Dahlem* **33** (1): 113–120.
- ALI, S. I. & M. KAISER (1987). *Flora of Pakistan*. <http://www.efloras.org> (online since 2001); zuletzt abgerufen am 1.8.2012
- ALMOGI-LABIN, A. (2011). The paleoclimate of the Eastern Mediterranean during the transition from early to mid Pleistocene (900 to 700 ka) based on marine and non-marine records: An integrated overview. – *Journal of Human Evolution* **60** (4): 428–436.
- ANTÓN, S. C. & C. C. SWISHER (2004). Early Dispersals of Homo from Africa. – *Annual Review of Anthropology* **33** (1): 271–296.
- ATALAY, I. & R. EFE (2010). Structural and distributional evaluation of forest ecosystems in Turkey. – *Journal of Environmental Biology* **31**: 61–70.
- BACHER, J., A. PÖGE & K. WENZIG (2010). *Clusteranalyse – Anwendungsorientierte Einführung in Klassifikationsverfahren*. 538 S. – Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH.
- BARUCH, U. (1986). The Late Holocene Vegetational History of Lake Kinneret (Sea of Galilee), Israel. – *Paléorient* **12**: 37–48.
- BAR-YOSEF, O. & A. BELFER-COHEN (2001). From Africa to Eurasia – early dispersals. – *Quaternary International* **75** (1): 19–28.
- BENNETT, K. D. & J. PROVAN (2008). What do we mean by “refugia”? – *Quaternary Science Reviews* **27** (27/28): 2449–2455.
- BERGLUND, B. E. (1986). *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. 869 S. – The Blackburn Press, Caldwell, New Jersey.
- BERTINI, A. (2000). Pollen record from Colle Curti and Cesi: Early and Middle Pleistocene mammal sites in the Umbro-Marchean Apennine Mountains (central Italy). – *Journal of Quaternary Science* **15** (8): 825–840.
- BERTINI, A. (2010). Pliocene to Pleistocene palynoflora and vegetation in Italy: State of the art. – *Quaternary International* **225** (1): 5–24.

- BERTINI, A., N. CIARANFI, M. MARINO & M. R. PALOMBO (2010). Proposal for Pliocene and Pleistocene land–sea correlation in the Italian area. – *Quaternary International* **219** (1/2): 95–108.
- BERTINI, A. & E. MARTINETTO (2008). Messinian to Zanclean vegetation and climate of Northern and Central Italy. – *Bollettino della Società Paleontologica Italiana* **47** (2): 105–122.
- BEUG, H.-J. (2004). Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete. 542 S. – Friedrich Pfeil, München.
- BHATTACHARYA, K. & S. CHANDA (1992). Late Quaternary vegetational history of Upper Assam, India. – *Review of Palaeobotany and Palynology* **72** (3–4): 325–333.
- BINKA, K., J. NITYCHORUK & J. DZIERZEK (2003). *Parrotia persica* C.A.M. (Persian witch hazel, Persian ironwood) in the Mazovian (Holsteinian) Interglacial of Poland. – *Grana* **42** (4): 227–233.
- BIRKS, H. J. B. (1973). Past and Present Vegetation on the Isle of Skye: A Palaeoecological Study. – Cambridge University Press, Cambridge.
- BOHN, U., G. GOLLUB, C. HETTWER, Z. NEUHÄUSLOVÁ, T. RAUS, H. SCHLÜTER & H. WEBER (2003). Karte der natürlichen Vegetation Europas, Maßstab 1 : 2.500.000. Münster.
- BOS, J. A. A. & W. PUNT (1991). Juglandaceae. – *Review of Palaeobotany and Palynology* **69** (1–3): 79–95.
- BOTTEMA, S. (1995). The Younger Dryas in the Eastern Mediterranean. – *Quaternary Science Reviews* **14** (9): 883–891.
- BREMER, K. & C. J. HUMPHRIES (1993). Generic Monograph of the Asteraceae-Anthemideae. – *Bulletin of the Natural History Museum of London. Botany series* **23** (2): 71–177.
- BROWICZ, K. (1989). Chorology of the Euxinian and Hyrcanian element in the woody flora of Asia. – *Plant Systematics and Evolution* **162** (1–4): 305–314.
- BRUCH, A. & I. GABRIELIAN (2003). Quantitative data of the Neogene Climatic Development in Armenia and Nakhichevan. – *Acta Universitatis Carolinae Geologica* **46** (4): 41–48.
- CARRIÓN, J. S. & P. SÁNCHEZ-GÓMEZ (1992). Palynological data in support of the survival of walnut (*Juglans regia* L.) in the western Mediterranean area during last glacial times. – *Journal of Biogeography* **19** (6): 623–630.
- CAVENEY, S., D. A. CHARLET, H. FREITAG, M. MAIER-STOLTE & A. N. STARRATT (2001). New observations on the secondary chemistry of world Ephedra (Ephedraceae). S. 1199–1208.

- CHESTER, P. I. & J. I. RAINE (2001). Pollen and spore keys for Quaternary deposits in the northern Pindos Mountains, Greece. – *Grana* **40** (6): 299–387.
- CLARKE, G. C. S. & M. R. JONES (1977). Valerianaceae. – Review of Palaeobotany and Palynology **24** (5): 155–179.
- CLARKE, G. C. S. & M. R. JONES (1981). Dipsacaceae. – Review of Palaeobotany and Palynology **33** (1): 1–25.
- CLARKE, G. C. S., W. PUNT & P. P. HOEN (1991). Ranunculaceae. – Review of Palaeobotany and Palynology **69** (1–3): 117–271.
- ÇOLAK, A. H. & I. D. ROTHERHAM (2007). Classification of Turkish Forests by Altitudinal Zones to Improve Silvicultural Practice: A Case-Study of Turkish High Mountain Forests. – *International Forestry Review* **9** (2): 641–652.
- COMBOURIEU-NEBOUT, N. (1987). Les premiers cycles glaciaire – interglaciaire en région méditerranéenne d'après l'analyse palynologique de la série plio-pléistocène de Crotonne (Italie méridionale). 158 S. – PhD. Montpellier.
- COMBOURIEU-NEBOUT, N. (1993). Vegetation Response to Upper Pliocene Glacial/Interglacial Cyclicity in the Central Mediterranean. – *Quaternary Research* **40** (2): 228–236.
- COMBOURIEU-NEBOUT, N. & C. VERGNAUD-GRAZZINI (1991). Late Pliocene Northern Hemisphere glaciations: The continental and marine responses in the central Mediterranean. – *Quaternary Science Reviews* **10** (4): 319–334.
- CONNOR, S. E. & E. KVAVADZE (2008). Modelling late Quaternary changes in plant distribution, vegetation and climate using pollen data from Georgia, Caucasus. – *Journal of Biogeography* **36** (3): 529–545.
- CONNOR, S. E., I. THOMAS & E. V. KVAVADZE (2007). A 5600-yr history of changing vegetation, sea levels and human impacts from the Black Sea coast of Georgia. – *The Holocene* **17** (1): 25–36.
- CONSERVATION INTERNATIONAL (2007). http://www.conservation.org/where/priority_areas/hotspots/europe_central_asia/Caucasus/Pages/default.aspx. abgerufen am 1.8.2012
- COUR, P., Z. ZHENG, D. DUZER, M. CALLEJA & Z. YAO (1999). Vegetational and climatic significance of modern pollen rain in northwestern Tibet. – Review of Palaeobotany and Palynology **104** (3–4): 183–204.
- CREMER, H., V. D. VIJVER & A. BRUCH (2006). The *Cyclotella castracanei* – group (Bacillariophyceae) in Pleistocene diatomites from southeastern Armenia. The 3rd Joint Meeting of the Palynology and Silicofossil groups of The Micropalaeontological Society. Utrecht.
- DAVIS, P. H. (Hg.) (1965-1985). Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Edinburgh University Press, Edinburgh.

- DENNELL, R. (2003). Dispersal and colonisation, long and short chronologies: how continuous is the Early Pleistocene record for hominids outside East Africa? – *Journal of Human Evolution* **45** (6): 421–440.
- DENNELL, R. W., M. MARTINÓN-TORRES & J. M. BERMÚDEZ DE CASTRO (2011). Hominin variability, climatic instability and population demography in Middle Pleistocene Europe. – *Quaternary Science Reviews* **30** (11/12): 1511–1524.
- DÍAZ FERNÁNDEZ, P. M. (1994). Relations between modern pollen rain and mediterranean vegetation in Sierra Madrona (Spain). – *Review of Palaeobotany and Palynology* **82** (1–2): 113–125.
- DIETL, G. P. & K. W. FLESSA (2011). Conservation paleobiology: putting the dead to work. – *Trends in Ecology and Evolution* **26** (1): 30–37.
- DJAMALI, M., A. BAUMEL, S. BREWER, S. T. JACKSON, J. W. KADEREIT, S. LÓPEZ-VINYALLONGA, I. MEHREGAN, E. SHABANIAN & A. SIMAKOVA (2012). Ecological implications of *Cousinia* Cass. (Asteraceae) persistence through the last two glacial – interglacial cycles in the continental Middle East for the Irano-Turanian flora. – *Review of Palaeobotany and Palynology* **172**: 10–20.
- DJAMALI, M., J. L. DE BEAULIEU, P. CAMPAGNE, V. ANDRIEU-PONEL, P. PONEL, S. A. G. LEROY & H. AKHANI (2009 a). Modern pollen rain – vegetation relationships along a forest – steppe transect in the Golestan National Park, NE Iran. – *Review of Palaeobotany and Palynology* **153** (3–4): 272–281.
- DJAMALI, M., J.-L. DE BEAULIEU, N. MILLER, V. ANDRIEU-PONEL, P. PONEL, R. LAK, N. SADEDDIN, H. AKHANI & H. FAZELI (2009 b). Vegetation history of the SE section of the Zagros Mountains during the last five millennia; a pollen record from the Maharlou Lake, Fars Province, Iran. – *Vegetation History and Archaeobotany* **18** (2): 123–136.
- DJAMALI, M., J.-L. DE BEAULIEU, M. SHAH-HOSSEINI, V. ANDRIEU-PONEL, P. PONEL, A. AMINI, H. AKHANI, S. A. G. LEROY, L. STEVENS, H. LAHIJANI & S. BREWER (2008). A late Pleistocene long pollen record from Lake Urmia, NW Iran. – *Quaternary Research* **69** (3): 413–420.
- DOERSCHEL, D. (2012). Klima und Vegetation des Kaukasus im Frühpleistozän – Rekonstruktion der Umwelt der ersten Menschen außerhalb Afrikas. 68 S. – Diplomarbeit. Johannes Gutenberg Universität, Mainz.
- DOLUKHANOV, A. G. (1980). The Colchic Understorey (Russisch). – Publishing House “Metsniereba”, Tbilisi.
- DUPÉRON, J. (1988). Les bois fossiles de juglandaceae: Inventaire et révision. – *Review of Palaeobotany and Palynology* **53** (3–4): 251–281.

- DUPONT, L. M., S. JAHNS, F. MARRET & S. NING (2000). Vegetation change in equatorial West Africa: time-slices for the last 150 ka. – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **155** (1–2): 95–122.
- ELDERFIELD, H., P. FERRETTI, M. GREAVES, S. CROWHURST, I. N. MCCAVE, D. HODELL & A. M. PIOTROWSKI (2012). Evolution of Ocean Temperature and Ice Volume Through the Mid-Pleistocene Climate Transition. – *Science* **337** (6095): 704–709.
- ELLENBERG, H. (1986). *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer Sicht*. 989 S. – Ulmer, Stuttgart.
- EL-MOSLIMANY, A. P. (1990). Ecological significance of common nonarboreal pollen: examples from drylands of the Middle East. – *Review of Palaeobotany and Palynology* **64** (1–4): 343–350.
- FARJON, A. (2008). *A Natural History of Conifers*. 304 S. – Timber Press, Portland.
- FERRING, R., O. OMS, J. AGUSTÁ, F. BERNA, M. NIORADZE, T. SHELIA, M. TAPPEN, A. VEKUA, D. ZHVANIA & D. LORDKIPANIDZE (2011). Earliest human occupations at Dmanisi (Georgian Caucasus) dated to 1.85 - 1.78 Ma. – *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America* **108** (26): 10432–10436.
- FINLAYSON, C., J. CARRIÓN, K. BROWN, G. FINLAYSON, A. SÁNCHEZ-MARCO, D. FA, J. RODRÍGUEZ-VIDAL, S. FERNÁNDEZ, E. FIERRO, M. BERNAL-GÓMEZ & F. GILES-PACHECO (2011). The Homo habitat niche: using the avian fossil record to depict ecological characteristics of Palaeolithic Eurasian hominins. – *Quaternary Science Reviews* **30** (11/12): 1525–1532.
- FOLLIERI, M. (2010). Conifer extinction in Quaternary Italian records. – *Quaternary International* **225** (1): 37–43.
- FOLLIERI, M., D. MAGRI & L. SADORI (1986). Late Pleistocene *Zelkova* Extinction in Central Italy. – *New Phytologist* **103** (1): 269–273.
- FRANKIS, M. (1999). *Pinus brutia*. – *Curtis's Botanical Magazine* **16** (3): 173–184.
- FREY, W. & R. LÖSCH (2010). *Geobotanik*. 616 S. – Spektrum Akademischer Verlag.
- FUSCO, F. (2007). Vegetation response to early Pleistocene climatic cycles in the Lamone valley (Northern Apennines, Italy). – *Review of Palaeobotany and Palynology* **145** (1–2): 1–23.
- GABRIELIAN, I. & J. KOVAR-EDER (2011). The genus *Acer* from the lower/middle Pleistocene Sisian Formation, Syunik region, South Armenia. – *Review of Palaeobotany and Palynology* **165** (3–4): 111–134.
- GABRIELIAN, I., P. ROIRON, B. GASPARYAN, K. SHATENIE, S. NAHAPETYAN, V. OLLIVIER, A. BRUCH, S. PIPOYAN & M. MARJANYAN (2004). The Palaeoenvironment of the Vorotan river basin (Republic Armenia) at Pliocene-Pleistocene (on materials of Shamb

- Subgroup localities of flora and fauna). Internat. scientific conference. Archaeology, Ethnology and Folklore studies of Caucasus. Tbilisi.
- GABUNIA, L., A. VEKUA & D. LORDKIPANIDZE (2000 a). The environmental contexts of early human occupation of Georgia (Transcaucasia). – *Journal of Human Evolution* **38** (6): 785–802.
- GABUNIA, L., A. VEKUA, D. LORDKIPANIDZE, C. C. SWISHER, R. FERRING, A. JUSTUS, M. NIORADZE, M. TVALCHRELIDZE, S. C. ANTÓN, G. BOSINSKI, O. JÖRIS, M.-A.-D. LUMLEY, G. MAJSURADZE & A. MOUSKHELISHVILI (2000 b). Earliest Pleistocene Hominid Cranial Remains from Dmanisi, Republic of Georgia: Taxonomy, Geological Setting, and Age. – *Science* **288**: 1019–1025.
- GAMKRELIDZE, I. P. (1986). Geodynamic evolution of the Caucasus and adjacent areas in Alpine time. – *Tectonophysics* **127** (3–4): 261–277.
- GOKHTUNI, N. G. (1987). The new data on Sisianian fossil flora (Armenia). – *Botanicheskiy zhurnal* (Botanical magazine) **40** (5): 500–503.
- GULISASHVILI, V. Z., L. B. MAHATADZE & L. I. PRILIPKO (1975). Vegetation of the Caucasus Mountains. 227 S. – Nauka Publishing House, Moskau.
- HEAD, M. J., B. PILLANS & S. A. FARQUHAR (2008). The Early-Middle Pleistocene Transition: characterization and proposed guide for the defining boundary. – *Episodes* **31** (2): 255–259.
- HOROWITZ, A. (1989). Continuous pollen diagrams for the last 3.5 m.y. from Israel: Vegetation, climate and correlation with the oxygen isotope record. – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **72**: 63–78.
- HUNTLEY, B. & H. J. B. BIRKS (1983). *An Atlas of Past and Present Pollen Maps for Europe 0 – 13 000 Years ago*. – Cambridge University Press, Cambridge.
- HUNTLEY, B. (1993). Species-Richness in North-Temperate Zone Forests. *Journal of Biogeography* **20** (2): 163–180.
- JALAS, J. & J. SUOMINEN (Hg.) (1972-1999). *Atlas Florae Europaeae. Distribution of Vascular Plants in Europe*. The Committee for Mapping the Flora of Europe & Societas Biologica Fennica Vanamo, Helsinki.
- JIMÉNEZ-MORENO, G. (2006). Progressive substitution of a subtropical forest for a temperate one during the middle Miocene climate cooling in Central Europe according to palynological data from cores Tengelic-2 and Hidas-53 (Pannonian Basin, Hungary). – *Review of Palaeobotany and Palynology* **142** (1–2): 1–14.
- JIMÉNEZ-MORENO, G., S. FAUQUETTE & J.-P. SUC (2010). Miocene to Pliocene vegetation reconstruction and climate estimates in the Iberian Peninsula from pollen data. – *Review of Palaeobotany and Palynology* **162** (3): 403–415.

- JIPA, D. & C. OLARIU (2009). Dacian Basin – Depositional Architecture and Sedimentary History of a Paratethys Sea. – *Geo-Eco-Marina. Special Publication* **3**: 1–264.
- JOANNIN, S., N. CIARANFI & S. STEFANELLI (2008). Vegetation changes during the late Early Pleistocene at Montalbano Jonico (Province of Matera, southern Italy) based on pollen analysis. – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **270** (1–2): 92–101.
- JOANNIN, S., J.-J. CORNÉE, P. MÜNCH, M. FORNARI, I. VASILIEV, W. KRIJGSMAN, S. NAHAPETYAN, I. GABRIELIAN, V. OLLIVIER, P. ROIRON & C. CHATAIGNER (2010). Early Pleistocene climate cycles in continental deposits of the Lesser Caucasus of Armenia inferred from palynology, magnetostratigraphy, and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating. – *Earth and Planetary Science Letters* **291** (1–4): 149–158.
- JOANNIN, S., F. QUILLÉVÉRÉ, J.-P. SUC, C. LÉCUYER & F. MARTINEAU (2007). Early Pleistocene climate changes in the central Mediterranean region as inferred from integrated pollen and planktonic foraminiferal stable isotope analyses. – *Quaternary Research* **67** (2): 264–274.
- JOOSTEN, H. & P. DE KLERK (2002). What's in a name? – Some thoughts on pollen classification, identification, and nomenclature in Quaternary palynology. – *Review of Palaeobotany and Palynology* **122** (1–2): 29–45.
- JUDD, W. S. (2008). *Plant systematics : a phylogenetic approach*. 611 S. – Sinauer Associates Inc., Sunderland, Massachusetts.
- KADEREIT, G., E. V. MAVRODIEV, E. H. ZACHARIAS & A. P. SUKHORUKOV (2010). Molecular phylogeny of Atripliceae (Chenopodioideae, Chenopodiaceae): Implications for systematics, biogeography, flower and fruit evolution, and the origin of C_4 Photosynthesis. – *American Journal of Botany* **97** (10): 1664–1687.
- KIKVIDZE, Z. & M. OHSAWA (2001). Richness of Colchic vegetation: comparison between refugia of south-western and East Asia. – *BMC Ecology* **1** (6): 1–10.
- KIRSCHER, U. (2009). *High Resolution Magnetostratigraphy and Rockmagnetic Studies of Pleistocene Lake Sediments from Armenia*. 110 S. – Diplomarbeit. Ludwig-Maximilians-Universität, München.
- KNAPP, H. D. (1987). On the distribution of the genus *Cousinia* (Compositae). – *Plant Systematics and Evolution* **155** (1): 15–25.
- KOTTEK, M., J. GRIESER, C. BECK, B. RUDOLF & F. RUBEL (2006). World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. – *Meteorologische Zeitschrift* **15** (3): 259–263.
- KREVER, V., N. ZAZANASHVILI, H. JUNGIUS, L. WILLIAMS & D. PETELIN (Hg.) (2001). *Biodiversity of the Caucasus Ecoregion: An Analysis of Biodiversity and Current Threats and Initial Investment Portfolio*. WWF, Gland.

- KRUTZSCH, W. (1971). Atlas der mittel- und jungtertiären dispersen Sporen- und Pollen- sowie der Mikroplanktonformen des nördlichen Mitteleuropas: Coniferenpollen. – Deutscher Verlag der Wissenschaften.
- KRYSHTOFOVICH, A. N. (1939). Contribution to the history of vegetation of the North Dvina River Basin and the Transcaucasia. – *Botanicheskiy zhurnal (Botanisches Journal)* **24** (5–6): 369–377.
- KUPRIANOVA, L. A. & O. V. TSCHERNEVA (1982). Pollen morphology and ultrastructure of palynoderma in the species of the genus *Cousinia* (Asteraceae) in relation to the systematics of the genus. – *Botanicheskiy zhurnal (Botanisches Journal)* **67**: 581–589.
- KUTBAY, H. G., N. MEREV, T. OK & T. B. OZBUCAK (2009). Some Ecological Traits and Relationships of these Traits with Wood Anatomy in *Quercus pontica* C. Koch. – *Pakistan Journal of Botany* **41** (5): 2445–2454.
- KVAVADZE, E. V. & S. E. CONNOR (2005). *Zelkova carpinifolia* (Pallas) K. Koch in Holocene sediments of Georgia – an indicator of climatic optima. – *Review of Palaeobotany and Palynology* **133** (1–2): 69–89.
- KVAVADZE, E. V. & A. VEKUA (1993). Vegetation and Climate of the Dmanisi Man Period (East Georgia) from Palynological Data. – *Acta Palaeobotanica* **33** (2): 343–355.
- LAMOREUX, J. F., J. C. MORRISON, T. H. RICKETTS, D. M. OLSON, E. DINERSTEIN, M. W. MCKNIGHT & H. H. SHUGART (2006). Global tests of biodiversity concordance and the importance of endemism. – *Nature* **440** (7081): 212–214.
- LANGBROEK, M. (2004). ‘Out of Africa’: an investigation into the earliest occupation of the Old World. 128 S. – Archaeopress, Oxford.
- LEROY, S. (2008). Vegetation cycles in a disturbed sequence around the Cobb-Mountain subchron in Catalonia (Spain). – *Journal of Paleolimnology* **40** (3): 851–868.
- LEROY, S. A. G., K. ARPE & U. MIKOLAJEWICZ (2011). Vegetation context and climatic limits of the Early Pleistocene hominin dispersal in Europe. – *Quaternary Science Reviews* **30** (11–12): 1448–1463.
- LEROY, S. A. G. & P. ROIRON (1996). Latest Pliocene pollen and leaf floras from Bernasso palaeolake (Escandorgue Massif, Hérault, France). – *Review of Palaeobotany and Palynology* **94** (3–4): 295–328.
- LINDQVIST, J. K. & D. E. LEE (2009). High-frequency paleoclimate signals from Foulden Maar, Waipiata Volcanic Field, southern New Zealand: An Early Miocene varved lacustrine diatomite deposit. – *Sedimentary Geology* **222** (1–2): 98–110.
- LISIECKI, L. E. & M. E. RAYMO (2005). A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}\text{O}$ records. – *Paleoceanography* **20**: 1–17.

- LISITSYNA, O. V., T. GIESECKE & S. HICKS (2011). Exploring pollen percentage threshold values as an indication for the regional presence of major European trees. – Review of Palaeobotany and Palynology **166** (3–4): 311–324.
- LIU, H., F. WEI, K. LIU, J. ZHU & H. WANG (2008). Determinants of pollen dispersal in the East Asian steppe at different spatial scales. – Review of Palaeobotany and Palynology **149** (3–4): 219–228.
- LIU, Y.-S., R. ZETTER, D. K. FERGUSON & B. A. R. MOHR (2007). Discriminating fossil evergreen and deciduous *Quercus* pollen: A case study from the Miocene of eastern China. – Review of Palaeobotany and Palynology **145** (3–4): 289–303.
- LÓPEZ-VINYALLONGA, S., I. MEHREGAN, N. GARCIA-JACAS, O. TSCHERNEVA, A. SUSANNA & J. W. KADEREIT (2009). Phylogeny and evolution of the *Arctium-Cousinia* complex (Compositae, Cardueae-Carduinae). – Taxon **58** (1): 153–171.
- LORDKIPANIDZE, D., T. JASHASHVILI, A. VEKUA, M. S. PONCE DE LEON, C. P. E. ZOLLIKOFER, G. P. RIGHTMIRE, H. PONTZER, R. FERRING, O. OMS, M. TAPPEN, M. BUKHSIANIDZE, J. AGUSTI, R. KAHLKE, G. KILADZE, B. MARTINEZ-NAVARRO, A. MOUSKHELISHVILI, M. NIORADZE & L. ROOK (2007 a). Postcranial evidence from early *Homo* from Dmanisi, Georgia. – Nature **449** (7160): 305–310.
- LORDKIPANIDZE, D., A. VEKUA, P. G. RIGHTMIRE & A. MARGVELASHVILI (2007 b). Hominid Fossils from Dmanisi and Their Place Among the Early Hominids. – Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences **175** (1): 104–111.
- LU, A., D. E. STONE & L. J. GRAUKE (Hg.) (1999). Juglandaceae. Science Press & Missouri Botanical Garden Press, Beijing, St. Louis.
- MAGHAKYAN, A. K. (1948). The remains of forests in Sisian region of Armenian SSR. – Information of Academy of Sciences of Armenian SSR. National Sciences **1** (1): 3–19.
- MAI, D. H. (1981). Der Formenkreis der Vietnam-Nuß (*Carya poilanei* (Chev.) Leroy) in Europa. – Feddes Repertorium **92** (5–6): 339–385.
- MAMEDOV, A. V. (1990). The paleogeography of the Trans-Caucasus Region during the Pliocene climatic optimum. S. 28–31. Pliocene Climates of the Northern Hemisphere – Joint US/USSR Workshop on Pliocene Paleoclimates. U.S. Geological Survey, Moskau.
- MEHREGAN, I. (2008). Systematics, Phylogeny and Biogeography of *Cousinia* (Asteraceae). 156 S. – Dissertation. Johannes Gutenberg-Universität, Mainz.
- MESSAGE, E., D. LORDKIPANIDZE, C. DELHON & C. R. FERRING (2010). Palaeoecological implications of the Lower Pleistocene phytolith record from the Dmanisi Site (Georgia). – Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology **288** (1–4): 1–13.

- MICHALET, R., C. ROLLAND, D. JOUD, D. GAFTA & R. M. CALLAWAY (2002). Associations between Canopy and Understory Species Increase along a Rainshadow Gradient in the Alps: Habitat Heterogeneity or Facilitation? – *Plant Ecology* **165** (2): 145–160.
- MITCHELL, J. & R. WESTAWAY (1999). Chronology of Neogene and Quaternary uplift and magmatism in the Caucasus: constraints from K–Ar dating of volcanism in Armenia. – *Tectonophysics* **304** (3): 157–186.
- MOSAR, J., T. KANGARLI, M. BOCHUD, U. A. GLASMACHER, A. RAST, M.-F. BRUNET & M. SOSSON (2010). Cenozoic–Recent tectonics and uplift in the Greater Caucasus: a perspective from Azerbaijan. S. 261–280. *In*: SOSSON, M., N. KAYMAKCI, R. A. STEPHENSON, F. BERGERAT & V. STAROSTENKO (Hg.). *Sedimentary Basin Tectonics from the Black Sea and Caucasus to the Arabian Platform*. – The Geological Society, Special Publications, London.
- MYERS, N., R. A. MITTERMEIER, C. G. MITTERMEIER, G. A. B. DA FONSECA & J. KENT (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. – *Nature* **403** (6772): 853–858.
- NAKAGAWA, T., G. GARFÌ, M. REILLE & R. VERLAQUE (1998). Pollen morphology of *Zelkova sicula* (Ulmaceae), a recently discovered relic species of the European Tertiary flora: description, chromosomal relevance, and palaeobotanical significance. – *Review of Palaeobotany and Palynology* **100** (1–2): 27–37.
- NEUMANN, F. H., J. C. STAGER, L. SCOTT, H. J. T. VENTER & C. WEYHENMEYER (2008). Holocene vegetation and climate records from Lake Sibaya, KwaZulu-Natal (South Africa). – *Review of Palaeobotany and Palynology* **152** (3–4): 113–128.
- NOROOZI, J., H. AKHANI & S.-W. BRECKLE (2008). Biodiversity and phytogeography of the alpine flora of Iran. – *Biodiversity and Conservation* **17** (3): 493–521.
- OLLIVIER, V., S. NAHAPETYAN, P. ROIRON, I. GABRIELIAN, B. GASPARYAN, C. CHATAIGNER, S. JOANNIN, J.-J. CORNÉE, H. GUILLOU, S. SCAILLET, P. MUNCH & W. KRIJGSMAN (2010). Quaternary volcano-lacustrine patterns and palaeobotanical data in southern Armenia. – *Quaternary International* **223–224**: 312–326.
- OLTEANU, R. & D. C. JIPA (2006). Dacian Basin Environmental Evolution During Upper Neogene within the Paratethys Domain. – *Geo-Eco-Marina* **2006** (12): 91–105.
- PALOMBO, M. R. (in Druck). What about causal mechanisms promoting early hominin dispersal in Eurasia? A research agenda for answering a hotly debated question. – *Quaternary International*.
- PEAFFENGOLZ, K. N. (1963). *Geologischer Abriss des Kaukasus*. 351 S. – Akademie-Verlag, Berlin.
- PHILIP, H., A. CISTERNAS, A. GVISHIANI & A. GORSHKOV (1989). The Caucasus: an actual example of the initial stages of continental collision. – *Tectonophysics* **161** (1–2): 1–21.

- PLUMMER, T. W., P. W. DITCHFIELD, L. C. BISHOP, J. D. KINGSTON, J. V. FERRARO, D. R. BRAUN, F. HERTEL & R. POTTS (2009). Oldest Evidence of Toolmaking Hominins in a Grassland-Dominated Ecosystem. – *PLoS ONE* **4** (9): 71–99.
- POPOV, S. V., I. G. SHCHERBA, L. B. ILYINA, L. A. NEVESSKAYA, N. P. PARAMONOVA, S. O. KHONDKARIAN & I. MAGYAR (2006). Late Miocene to Pliocene palaeogeography of the Paratethys and its relation to the Mediterranean. – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **238** (1–4): 91–106.
- POSTIGO-MIJARRA, J. M., F. BURJACHS, F. GÓMEZ MANZANEQUE & C. MORLA (2007). A palaeoecological interpretation of the lower–middle Pleistocene Cal Guardiola site (Terrassa, Barcelona, NE Spain) from the comparative study of wood and pollen samples. – *Review of Palaeobotany and Palynology* **146** (1–4): 247–264.
- POSTIGO-MIJARRA, J. M., C. MORLA, E. BARRÓN, C. MORALES-MOLINO & S. GARCÍA (2010). Patterns of extinction and persistence of Arctotertiary flora in Iberia during the Quaternary. – *Review of Palaeobotany and Palynology* **162** (3): 416–426.
- POTONIÉ, R. & G. KREMP (1954). Die Gattungen der paläozoischen Spora dispersa und ihre Stratigraphie. – *Geologisches Jahrbuch* **69**: 111–194.
- PRENTICE, I. C., J. GUIOT, B. HUNTLEY, D. JOLLY & R. CHEDDADI (1996). Reconstructing biomes from palaeoecological data: a general method and its application to European pollen data at 0 and 6 ka. – *Climate Dynamics* **12** (3): 185–194.
- PROSS, J., S. KLOTZ & V. MOSBRUGGER (2000). Reconstructing palaeotemperatures for the Early and Middle Pleistocene using the mutual climatic range method based on plant fossils. – *Quaternary Science Reviews* **19** (17–18): 1785–1799.
- PROSS, J., P. C. TZEDAKIS, G. SCHMIEDL, K. CHRISTANIS, H. HOOGHIEMSTRA, U. C. MÜLLER, U. KOTTHOFF, S. KALAITZIDIS & A. MILNER (2007). Tenaghi Philippon (Greece) Revisited: Drilling a Continuous Lower-Latitude Terrestrial Climate Archive of the Last 250,000 Years. – *Scientific Drilling* **5**: 44–46.
- PUNT, W. & P. P. HOEN (2009). The Northwest European Pollen Flora, 70: Asteraceae – Asteroideae. – *Review of Palaeobotany and Palynology* **157** (1–2): 22–183.
- QIAO, C.-Y., J.-H. RAN, Y. LI & X.-Q. WANG (2007). Phylogeny and Biogeography of *Cedrus* (Pinaceae) Inferred from Sequences of Seven Paternal Chloroplast and Maternal Mitochondrial DNA Regions. – *Annals of Botany* **100** (3): 573–580.
- QUÉZEL, P. & F. MÉDAIL (2003). *Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. 570 S. – Elsevier, Paris.
- RAVAZZI, C., R. PINI, M. BREDI, E. MARTINETTO, G. MUTTONI, S. CHIESA, F. CONFORTINI & R. EGLI (2005). The lacustrine deposits of Fornaci di Ranica (late Early Pleistocene, Italian Pre-Alps): stratigraphy, palaeoenvironment and geological evolution. – *Quaternary International* **131** (1): 35–58.

- RAVAZZI, C. & M. ROSSIGNOL-STRICK (1995). Vegetation change in a climatic cycle of Early Pleistocene age in the Leffe Basin (Northern Italy). – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **117** (1–2): 105–122.
- RECHINGER, K. H. (1953). *Cousinia*-Studien. – *Plant Systematics and Evolution* **100** (3): 437–477.
- REILLE, M. (1992). Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord. 520 S. – Laboratoire de Botanique historique et Palynologie, Marseille.
- REILLE, M. (1995). Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord, Supplément 1. 327 S. – Laboratoire de Botanique historique et Palynologie, Marseille.
- REILLE, M. (1998). Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord, Supplément 2. 521 S. – Laboratoire de Botanique historique et Palynologie, Marseille.
- RIGHTMIRE, G. P., D. LORDKIPANIDZE, F. E. GRINE, J. G. FLEAGLE & R. E. LEAKEY (2009). Comparisons of Early Pleistocene Skulls from East Africa and the Georgian Caucasus: Evidence Bearing on the Origin and Systematics of Genus *Homo*. S. 39–48. *In*: GRINE, F. E., J. G. FLEAGLE & R. E. LEAKEY (Hg.). *The First Humans – Origin and Early Evolution of the Genus Homo*. – Springer Netherlands, Dordrecht.
- ROLLAND, Y., M. SOSSON, S. ADAMIA & N. SADRADZE (2011). Prolonged Variscan to Alpine history of an active Eurasian margin (Georgia, Armenia) revealed by $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating. – *Gondwana Research* **20** (4): 798–815.
- ROSSIGNOL-STRICK, M. & M. PATERNE (1999). A synthetic pollen record of the eastern Mediterranean sapropels of the last 1 Ma: implications for the time-scale and formation of sapropels. – *Marine Geology* **153** (1–4): 221–237.
- RUDDIMAN, W. F. (2008). *Earth's Climate: Past and Future*. 388 S. – W. H. Freeman, New York.
- SABATO, L., A. BERTINI, F. MASINI, A. ALBIANELLI, G. NAPOLEONE & P. PIERI (2005). The lower and middle Pleistocene geological record of the San Lorenzo lacustrine succession in the Sant'Arcangelo Basin (Southern Apennines, Italy). – *Quaternary International* **131** (1): 59–69.
- SAHNOUNI, M., J. VAN DER MADE & M. EVERETT (2011). Ecological background to Plio-Pleistocene hominin occupation in North Africa: the vertebrate faunas from Ain Boucherit, Ain Hanech and El-Kherba, and paleosol stable-carbon-isotope studies from El-Kherba, Algeria. – *Quaternary Science Reviews* **30** (11/12): 1303–1317.
- SARGSYAN, L. S. (2009). Reservoir-Triggered Seismicity in Armenian Large Dams. – *Journal of Seismology and Earthquake Engineering* **11** (3): 153–157.
- SAYADYAN, Y. V. (2006 a). Regional stratigraphic scheme and paleogeographic events of the late Miocene, Pliocene and Quaternary in Armenia. – *Doklady Earth Sciences* **407** (2): 198–201.

- SAYADYAN, Y. V. (2006 b). Upper Miocene, Pliocene, and Quaternary stratigraphic reference sections of large intermontane depressions in Armenia. – *Doklady Earth Sciences* **407** (2): 217–219.
- SAYADYAN, Y. V., Z. V. ALESHINSKAYA, L. G. PIRUMOVA & N. O. RYBAKOVA (1983). On the age, interrelations and conditions of the formation of Pliocene continental deposits of the Syunik plateau, *Problems of Geology of Quarternary Period of Armenia*. – Publishing House of the Academy of Sciences of Armenian SSR: 45–59.
- SCHTEPA, I. S. (1976). Palynological investigation of the species of section *Eriocousinia* genus *Cousinia* Cass. (Compositae). S. 31–33. *In: USSR, A. O. S. O. T., (Hg.). 4th International Palynological Conference. Publishing Office Nauka, Moskau, Leningrad.*
- SCOTT, A. C. (2010). Charcoal recognition, taphonomy and uses in palaeoenvironmental analysis. – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **291** (1–2): 11–39.
- SEFIDI, K., M. R. MARVIE MOHADJER, V. ETEMAD & C. A. COPENHEAVER (2011). Stand characteristics and distribution of a relict population of Persian ironwood (*Parrotia persica* C. A. Meyer) in northern Iran. – *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* **206** (5): 418–422.
- SHATILOVA, I. (1984). Late Pliocene Vegetation of Western Georgia. 57 S. – Metsniereba Publishing House, Tiflis.
- SHATILOVA, I. (1986). The palynological base of stratigraphical subdivision of late cainozoic deposits of the Western Transcaucasus. – *Review of Palaeobotany and Palynology* **48** (4): 409–414.
- SHATILOVA, I. & N. MCHEDLISHVILI (1980). Palynological complexes of the Tschaudian deposits of Western Georgia and their geochronological significance (Russisch). 96 S. – Metsniereba Publ. House, Tbilisi.
- SHU, J.-W., W.-M. WANG, E. B. LEOPOLD, J.-S. WANG & D.-S. YIN (2008). Pollen stratigraphy of coal-bearing deposits in the Neogene Jidong Basin, Heilongjiang Province, NE China: New insights on palaeoenvironment and age. – *Review of Palaeobotany and Palynology* **148** (2–4): 163–183.
- SOKOLOV, S., O. SVJASEVA & V. KUBLI (1977). Ranges of trees and shrubs of the USSR, Band 1. – Nauka, Leningrad.
- SOKOLOV, S., O. SVJASEVA & V. KUBLI (1980). Ranges of trees and shrubs of the USSR, Band 2. – Nauka, Leningrad.
- SOKOLOV, S., O. SVJASEVA & V. KUBLI (1986). Ranges of trees and shrubs of the USSR, Band 3. – Nauka, Leningrad.
- STAFFORD, P. J. & S. BLACKMORE (1991). Geraniaceae. – *Review of Palaeobotany and Palynology* **69** (1–3): 49–78.

- STRASBURGER, E., P. SITTE & H. ZIEGLER (1998). Lehrbuch der Botanik. – G. Fischer, Heidelberg.
- STUCHLIK, L. (1967). Pollen morphology and taxonomy of the family polemoniaceae. – Review of Palaeobotany and Palynology **4** (1–4): 325–333.
- STUCHLIK, L. (2001). Atlas of pollen and spores of the Polish Neogene. Volume 1 – W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Krakau.
- STUCHLIK, L. (2002). Atlas of pollen and spores of the Polish Neogene. Volume 2 - Gymnosperms. 237 S. – W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Krakau.
- STUCHLIK, L. (2009). Atlas of pollen and spores of the Polish Neogene. Volume 3 – W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Krakau.
- STUCHLIK, L. & E. KVAVADZE (1993). Spore-pollen spectra of surface samples from *Zelkova* forests in the Babaneuri Reservation (East Georgia). – Acta Palaeobotanica **33** (2): 357–364.
- STUCHLIK, L. & E. KVAVADZE (1998). Subfossil pollen spectra of flood-plain forest of *Pterocarya pterocarpa* in the Alazani Valley (East Georgia). – Acta Palaeobotanica **38** (1): 217–222.
- STUCHLIK, L. & I. SHATILOVA (1987). Palynological Study Of Neogene Deposits Of Southern Poland and Western Georgia. – Acta Palaeobotanica **27** (2): 21–52.
- SUBALLY, D., G. BILODEAU, C. HILLAIRE-MARCEL, E. TAMRAT, S. FERRY & E. DEBARD (1999). Cyclic climatic records during the Olduvai subchron (Uppermost Pliocene) on Zakynthos Island (Ionian Sea). – Geobios **32** (6): 793–803.
- SUBALLY, D. & P. QUÉZEL (2002). Glacial or interglacial: *Artemisia*, a plant indicator with dual responses. – Review of Palaeobotany and Palynology **120** (1–2): 123–130.
- SUC, J. P. (1980). Contribution à la connaissance du Pliocène et du Pléistocène inférieur des régions méditerranéennes d'Europe occidentale par l'analyse palynologique des dépôts du Languedoc-Roussillon (Sud de la France) et de la Catalogne (N. E. de l'Espagne). 198 S. – Thesis. Montpellier.
- SUC, J. P. (1984). Origin and evolution of the Mediterranean vegetation and climate in Europe. – Nature **307** (5950): 429–432.
- SVENNING, J.-C. (2003). Deterministic Plio-Pleistocene extinctions in the European cool-temperate tree flora. – Ecology Letters **6** (7): 646–653.
- TAKHTAJAN, A. L. & A. H. GABRIELIAN (1948). The Experience of Stratigraphic correlation of Volcanic units and freshwater formation of Pliocene and Lower Pleistocene of Small Caucasus. – Dokladi Akademiy Nauk Armianskoy SSR (The Reports of Acad. of Sc. of Arm. SSR) **8** (5): 211–216.

- THOMPSON, R. S. & R. F. FLEMING (1996). Middle Pliocene vegetation: reconstructions, paleoclimatic inferences, and boundary conditions for climate modeling. – *Marine Micropaleontology* **27** (1–4): 27–49.
- TRAVERSE, A. (2007). *Paleopalynology*. 600 S. – Unwin Hyman, Boston.
- TURNA, I. (2004). Variation of morphological characters of Oriental spruce (*Picea orientalis*) in Turkey. – *Biologia* **59** (4): 519–526.
- TZEDAKIS, P. C., V. ANDRIEU, J. L. DE BEAULIEU, S. CROWHURST, M. FOLLIERI, H. HOOGHIEMSTRA, D. MAGRI, M. REILLE, L. SADORI, N. J. SHACKLETON & T. A. WIJMSTRA (1997). Comparison of terrestrial and marine records of changing climate of the last 500,000 years. – *Earth and Planetary Science Letters* **150** (1–2): 171–176.
- TZEDAKIS, P. C., H. HOOGHIEMSTRA & H. PÄLIKE (2006). The last 1.35 million years at Tenaghi Philippon: revised chronostratigraphy and long-term vegetation trends. – *Quaternary Science Reviews* **25** (23–24): 3416–3430.
- UHL, D., S. LAUSBERG, R. NOLL & K. R. G. STAPF (2004). Wildfires in the Late Palaeozoic of Central Europe – an overview of the Rotliegend (Upper Carboniferous–Lower Permian) of the Saar-Nahe Basin (SW-Germany). – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **207** (1–2): 23–35.
- VAN DER WIEL, A. M. & T. A. WIJMSTRA (1987). Palynology of the 112.8–197.8 m interval of the core Tenaghi Philippon III, Middle Pleistocene of Macedonia. – *Review of Palaeobotany and Palynology* **52** (2–3): 89–117.
- VAN ZEIST, W. & S. BOTTEMA (1977). Palynological investigations in Western Iran. – *Palaeohistoria Bussum* **19**: 19–85
- VAN ZEIST, W. & S. BOTTEMA (2008). A palynological study of the Acheulian site of Gesher Benot Ya'aqov, Israel. – *Vegetation History and Archaeobotany* **18** (2): 105–121.
- VAN ZEIST, W. & H. WOLDRING (1978). A postglacial pollen diagram from Lake Van in east Anatolia. – *Review of Palaeobotany and Palynology* **26** (1–4): 249–276.
- WALTER, H. & S.-W. BRECKLE (1999). *Vegetation und Klimazonen*. 544 S. – Ulmer, Stuttgart.
- WENDELBERGER, G. (1989). Zur Klärung des Waldsteppen-Begriffes. – *Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft Österreich* **126**: 185–195.
- WRIGHT, H. E., JR., J. H. MCANDREWS & W. V. ZEIST (1967). Modern Pollen Rain in Western Iran, and Its Relation to Plant Geography and Quaternary Vegetational History. – *Journal of Ecology* **55** (2): 415–443.
- WU, Z. & P. H. RAVEN (Hg.) (2001). *Cycadaceae through Fagaceae*. Science Press & Missouri Botanical Garden Press, Beijing, St. Louis.

- YU, G., X. KE, B. XUE & J. NI (2004). The relationships between the surface arboreal pollen and the plants of the vegetation in China. – *Review of Palaeobotany and Palynology* **129** (4): 187–198.
- ZAGWIJN, W. H. (1975). Variation in climate as shown by pollen analysis, especially in the Lower Pleistocene of Europe. – *Geological Journal* **6** (special issue): 137–152.
- ZAGWIJN, W. H. & J. DE JONG (1984). Die Interglaziale von Bavel und Leerdam und ihre stratigraphische Stellung im niederländischen Früh-Pleistozän. – *Mededelingen Rijks Geologische Dienst* **37**: 155–159.
- ZHILIN, S. G. (1980). The Order Juglandales. S. 329–342. *In*: TAKHTADZHAN, A. L. (Hg.). *Zhizn' rasteniy* (Life of Plants). – Izdatel'stvo "Prosveschenie", Moskau.
- ZOHARY, M. (1973). *Geobotanical foundations of the Middle East*. 739 S. – G. Fischer, Stuttgart.
- ZOHARY, M. (1982). *Vegetation of Israel and adjacent areas*. 166 S. – L. Reichert, Wiesbaden.
- ZOHARY, M. & M. HOPF (2000). *Domestication of plants in the Old World: The Origin and Spread of Cultivated Plants in West Asia, Europe, and the Nile Valley*. 316 S. – Oxford University Press, Oxford.

Weitere Quellen:

- <http://www.nature-ic.am/biodiv/eng/maps/index-4.html> – zuletzt abgerufen am 1.8.2012
- <http://www.weatherreports.com> – zuletzt abgerufen am 1.8.2012
- <http://www.staff.ncl.ac.uk/staff/stephen.juggins> – zuletzt abgerufen am 1.8.2012
- <http://pfaf.org> – zuletzt abgerufen am 1.8.2012

10. Index

A

- Abies* , 49, 50, 51, 80, 81, 89, 96, 97, 125, 127, 129, 134, 135, 136, 138, 1, 152, 3, 155, 156, 157
Abies alba 50, 97
Abies nordmanniana 50, 96, 97, 165
Acer 5, 21, 37, 39, 70, 71, 84, 92, 102, 112, 118, 126
Acer campestre 21
Acer campestrianum 70
Acer cappadocicum 5, 70, 112, 118
Acer heldreichii trautvetteri 70
Acer hyrcanum 39, 70
Acer ibericum 21, 37, 70, 118
Acer laetum 39
Acer opalus 39
Acer opalus obtusatum 70
Acer platanoides 39, 70
Acer praeibericum 39
Acer pseudoplatanus 39
Acer sosnowskyi 39, 70
Acer subcampestre 70
Acer velutinum 5, 70, 112
Achillea 78, 120
Achillea setosa 120
Achillea vermicularis 120
Aconitum 56, 81, 90
Adenostyles 79
Alangium 106
Alcea 70, 84, 92
Alisma 54, 81, 89, 125, 127, 129
Alnus 38, 40, 68, 83, 91, 118, 126, 169
Alnus incana 38, 68
Alnus subcordata 118
Alopecurus 20
Alopecurus aequalis 20
Amaranthus 177
Ambrosia 78
Ambrosia artemisiifolia 78
Amygdalus 15, 116, 162
Anemone 57
Anthemis 78
Anthemis arvensis 78
Aquilegia 56
Arctium 78
Armeria 60
Arnica 77
Arnica montana 77
Artemisia 40, 41, 75, 76, 84, 93, 116, 119, 121, 122, 123, 124, 126, 127, 129, 131, 133, 135, 139, 152, 154, 155, 156, 157, 162, 163, 169, 170
Artemisia alba 119
Artemisia herba-alba 119
Artemisia judaica 119
Astragalus 20
Astragalus aureus 20
Astragalus microcephalus 20

B

- Baldellia* 54
Berberis 38
Berberis vulgaris 38
Beta 59, 82, 90, 177
Beta vulgaris 59, 82, 90, 177
Betula 38, 40, 67, 68, 83, 91, 126, 127, 129, 135, 137

Betula pendula 38
Betula pubescens 38
Bidens 77, 85, 93
Bidens cernua 77
Bidens connata 77
Bidens frondosa 77
Bidens radiata 77
Bidens tripartita 77, 85, 93
Bistorta 60
Bongardia 58, 82, 90, 125
Bongardia chrysogonum 58
Bromus 20
Bromus squarrosus 20
Bupleurum 73, 84, 92
Buxus 112, 165, 169

C

Callianthemum 57
Carex 39
Carlina 78
Carpinus , 21, 40, 64, 66, 67, 83, 91, 102, 107, 108, 109, 115, 126, 127, 129, 133, 135, 137, 138, 1, 3, 154, 155, 156, 157
Carpinus betulus 21, 67, 83, 91, 107, 108
Carpinus orientalis 67, 83, 91, 107, 108, 109
Carthamus 77, 78, 85, 93
Carthamus tinctorius 78
Carya 67, 83, 91, 104, 105, 106, 107, 113, 126, 138, 152, 168, 169, 171
Cathaya 8, 93
Cedrus 53, 81, 89, 96, 97, 98, 99, 125, 134, 135, 138, 152, 169, 170
Cedrus libani 53, 96, 97, 99
Celtis 39, 64, 65, 83, 91, 115, 116, 126, 169
Celtis australis 115
Celtis caucasica 39, 65, 115, 116
Centaurea 76, 77, 85, 93, 120
Centaurea carduiiformis 120
Centaurea damascena 120
Centaurea dichroantha 76
Centaurea montana 77
Centaurea rupestris 76
Centaurea scabiosa 76, 85, 93
Centaurea solstitialis 76, 85, 93
Centaurea triumfetii 76, 85, 93
Cephalanthera 54, 81, 89, 125
Ceratocephala 57
Ceratophyllum 39
Ceratophyllum demersum 39
Chenopodium 59, 82, 90, 120, 177
Chenopodium quinoa 177
Chrysanthemum 78
Circaea 69
Circaea alpina 69
Circaea lutetiana 69
Circaea x intermedia 69
Clematis 57
Consolida 56
Convolvulus 72, 84, 92, 120, 126
Corispermum 59
Corylus 40, 169
Cotinus 39
Cotinus coggygria 39
Cotoneaster 21, 39
Cotoneaster integerrimus 21
Cotula 78
Cousinia 77, 85, 93, 116, 120, 123, 124, 126, 127, 139

Cousinia stenocephala 120
Crataegus 6, 21, 39
Crataegus caucasica 21
Crataegus microphylla 6
Crupina 80
Crupina cupinastrum 80
Crupina vulgaris 80
Cupressus 8, 94

D

Dactylis 20
Dactylis glomerata 20
Datisca 65, 83, 91, 126, 127, 130, 134, 136, 156
Datisca cannabina 65
Delphinium 56
Dianthus 120
Dianthus crinitus 120
Dianthus tabrisianus 120
Dipsacus 74, 84, 93
Dipsacus fullonum 74, 84, 93
Dipsacus laciniatus 74
Dipsacus pilosus 74
Dipsacus sativus 74
Dipsacus strigosus 74

E

Engelhardia 8, 106
Ephedra 41, 53, 54, 81, 89, 120, 122, 123, 124, 125, 127, 129, 134, 135, 139, 155, 156, 163, 168, 169
Ephedra altissima 53
Ephedra aphylla 53
Ephedra distachya 53, 81, 89
Ephedra foeminaea 53
Ephedra fragilis 53, 81, 89, 120
Ephedra intermedia 53, 120, 123
Ephedra major 53, 123
Ephedra pachyclada 53, 123
Ephedra strobilacea 53, 66, 106
Ephedra strobilaceae 120
Eucommia 106

F

Fagus orientalis 112
Festuca 20
Festuca chalcophaea 20
Festuca ovina 20
Fraxinus 38
Fraxinus excelsior 38
Fraxinus oxycarpa 38

G

Galinsoga 77
Galinsoga ciliata 77
Galinsoga parviflora 77
Geranium 61, 62, 63, 73, 82, 91, 125
Geum 39
Geum rivale 39
Gleditsia 5
Gleditsia caspica 5
Gnaphalium 79
Grafia 74

H

Hedera 74, 84, 92, 126
Heracleum 39
Heracleum sosnowskyi 39
Hippophae 39
Hippophae rhamnoides 39

I

Ilex 61, 62, 73, 84, 92, 117, 118, 126
Ilex aquifolium 73, 117
Ilex colchica 73, 117, 118
Ilex spinigera 117

J

Juglans 66, 83, 91, 102, 115, 126, 127, 129, 135, 137, 138, 154, 155, 156, 157
Juglans regia 66, 83, 91, 102, 115, 126, 127, 129, 135, 137, 138, 154, 155, 156, 157
Juniperus 21, 38
Juniperus excelsa 38
Juniperus oblonga 21
Juniperus polycarpus 21, 38
Jurinea 78

K

Knautia 74, 84, 93
Knautia arvensis 74, 84, 93
Koeleria 20
Koeleria cristata 20

L

Lemna 38
Lemna trisulca 38
Leucanthemopsis 78
Leuzea 78
Leuzea conifera 78
Leuzea rhapontica 78
Limonium 60
Linum 63, 82, 91, 120, 125, 127
Linum alpinum 63, 82, 91
Linum arguta 120
Linum catharticum 63, 82, 91
Linum trigynum 63
Liquidambar 8, 61, 62, 82, 90, 101, 106, 113, 114, 125, 164, 169
Liquidambar orientalis 62, 113, 114
Lonicera 21, 38
Lonicera caucasica 21, 38
Lonicera iberica 21, 38
Ludwigia 69, 83, 92
Ludwigia palustris 69, 83, 92
Ludwigia perennis 69

M

Magnolia 106
Malus 40
Malus orientalis 40
Malva 70, 84, 92
Malva sylvestris 70, 84, 92
Marrubium 72, 84, 92, 120
Marrubium condensatum 120
Marrubium globosum 120
Marrubium parviflorum 120
Matricaria 78, 79, 85, 93, 120

Molopospermum 74
Myosurus 57
Myriophyllum 39, 61, 82, 90, 125
Myriophyllum spicatum 39, 61

O

Onopordon 78

P

Paliurus 39
Paliurus spina-christi 39
Parietaria 68
Parrotia 5, 8, 15, 58, 62, 82, 90, 101, 102, 112, 113, 114, 125, 164, 165, 171
Parrotia persica 5, 58, 62, 82, 90, 112, 113, 125, 164, 165, 171
Parthenocissus 74
Pastinaca 39
Pastinaca pimpineifolia 39
Periploca 38
Periploca graeca 38
Phragmites 39, 55, 81, 90
Phragmites australis 39, 55
Picea , 51, 81, 89, 95, 96, 97, 98, 125, 129, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 1, 3, 154, 155, 156, 157, 165
Picea orientalis 165
Pinus , 49, 50, 80, 89, 94, 95, 97, 125, 129, 130, 131, 133, 134, 135, 136, 138, 139, 1, 3, 155, 156, 157, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 173
Pinus halepensis 171
Pinus sosnowskyi 165
Pinus sylvestris 165, 166
Pistacia 15, 39, 54, 71, 84, 92, 116, 126, 129, 162, 170
Pistacia atlantica 116
Pistacia khinjuk 116
Pistacia lentiscus 116
Pistacia palaestina 116
Plantago 72
Plantago lanceolata 72
Platanus 58, 82, 90, 116, 117, 125, 127, 129
Platanus orientalis 58, 82, 90, 116, 117, 125, 127, 129
Platycarya 66, 83, 91, 106, 126
Platycarya strobilacea 66
Poa 20
Poa alpina 20
Podocarpus 52, 53, 81, 89, 100, 101, 125
Polemonium 71, 84, 92, 126
Polemonium boreale 71, 162, 166
Polemonium confertum 71
Polemonium foliossimum 71
Polygonum 59, 60, 82, 90, 120
Polygonum arenarium 60
Polygonum bellardii 60
Polygonum bistorta 59, 82, 90
Polygonum cognatum 120
Polygonum maritimum 60
Populus 38
Populus alba 38
Populus canescens 38
Populus gokhtuniaie 38
Populus nigra 38
Populus tremula 38
Potamogeton 38, 54, 81, 89, 125
Potamogeton coloratus 38
Potamogeton compressus 38
Potamogeton natans 38
Potamogeton pectinatus 38

Potamogeton perfoliatus 38
Prunella 72, 84, 92
Prunus 40
Pterocarya 6, 15, 66, 83, 91, 101, 102, 104, 106, 107, 113, 126, 138, 164, 165, 168, 169, 171
Pterocarya fraxinifolia 6, 66, 106, 107
Pulicaria 77
Pulicaria dysenterica 77
Pulicaria vulgaris 77
Pulsatilla 57
Punica 40
Punica granatum 40
Pyrus 21, 40
Pyrus caucasica 21

Q

Quercus 5, 6, 15, 16, 21, 39, 40, 41, 49, 56, 62, 65, 66, 83, 86, 91, 94, 101, 102, 107, 109, 110, 111, 112, 115, 116, 126, 127, 129, 131, 133, 135, 136, 137, 138, 1, 3, 154, 155, 156, 157, 161, 162, 165, 168, 169, 170, 171
Quercus boissieri 110
Quercus brantii 110
Quercus castaneifolia 5, 39, 109, 110, 112
Quercus cerris 39, 110
Quercus coccifera 65, 83, 91
Quercus frainetto 65, 83, 91
Quercus iberica 39, 107
Quercus ilex 65
Quercus infectoria 39
Quercus libani 110
Quercus macranthera 6, 16, 21, 39, 107, 109, 110, 111, 165
Quercus macrolepis 65
Quercus palustris 65, 69, 83, 92
Quercus petraea 65
Quercus pontica 66
Quercus pubescens 110
Quercus robur 65, 66
Quercus rubra 65, 70

R

Ranunculus 56, 57, 81, 82, 90, 120
Ranunculus acris 56, 57, 81, 82, 90
Ranunculus arvensis 57
Ranunculus illyricus 120
Ranunculus parviflorus 57
Rhododendron 38
Ribes 39
Rosa 40, 120
Rosa canina 120
Rosa hemisphaerica 120
Rosa pimpinellifolia 120
Rumex 60, 82, 90, 120
Rumex acetosa 120
Rumex acetosella 120
Rumex obtusifolius 60

S

Salix 21, 38, 39, 63, 83, 91, 125, 127, 129, 133, 134, 135, 138
Salix aegyptiaca 38, 63
Salix alba 39
Salix caprea 21, 38
Salix cinerea 38
Salix excelsa 39
Salix pentandra 38
Salix pseudomedemii 38
Salix purpurea 39

Salix triandra 39
Salix viminalis 39
Salix wilhelmsiana 39, 63
Salsola 59, 120
Salsola incanescens 120
Salsola vermiculata 120
Sanguisorba 68, 83, 92, 126, 130
Sanguisorba minor 68, 83, 92, 126, 130
Sarcopoterium 68
Sarcopoterium spinosum 68
Saussurea 78, 85, 93
Saxifraga 61, 82, 90, 125
Sciadopitys 8, 51, 81, 89, 99, 100, 106, 113, 125, 127, 129, 134, 156, 157, 165, 171
Sciadopitys verticillata 51
Senecio 49, 79, 80, 85, 93
Senecio vulgaris 79
Serratula 78
Silene 120
Silene alba 120
Silene conica 120
Silene dichotoma 120
Silene longipetala 120
Silene spergulifolia 120
Silene supina 120
Sorbus 40
Sorbus armeniaca 40
Spinacia 59, 177
Spinacia oleracea 177
Spiraea 40
Spiraea crenata 40
Spiraea hypericifolia 40
Stipa 20, 120, 122
Stipa barbata 120
Stipa capillata 20
Stipagrostis 120
Stipagrostis plumosa 120
Stipa hohenackeriana 120

T

Tanacetum 78
Thalictrum 57, 58, 82, 90, 120
Thalictrum minus 58, 120
Thalictrum simplex 58
Thalictrum simplex 120
Tilia , 39, 69, 70, 83, 92, 126, 127, 129, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 1, 3, 154, 155, 156
Tilia begoniifolia 39
Tilia cordata 70
Tilia rubra 70
Tordylium 73
Tordylium apulum 73
Trifolium 39, 63, 64, 83, 91, 120
Trifolium hybridum 120
Trifolium repens 63, 64, 83, 91, 120
Trifolium trichocephalum 39
Trigonella 64
Tripleurospermum 78
Tsuga , 51, 52, 81, 89, 97, 98, 99, 100, 104, 113, 125, 127, 129, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 1, 152, 3, 154, 155, 156, 157, 165, 168
Tsuga chinensis 51
Tsuga diversifolia 52
Tsuga patens 51
Tsuga sieboldi 52
Turgenia 73, 84, 92
Turgenia latifolia 73

Typha 55, 71, 81, 89, 125, 127, 129
Typha angustifolia 55

U

Ulmus , 21, 39, 40, 41, 64, 66, 67, 83, 91, 102, 103, 104, 112, 115, 125, 127, 129, 131, 133, 135, 137, 138, 152, 1, 3, 154, 155, 156, 157, 160, 165
Ulmus glabra 21, 39, 103, 104
Ulmus minor 21, 39, 103, 104
Urtica 68

V

Valeriana 75, 84, 93
Valeriana officinalis 75, 84, 93
Valeriana salianca 75
Valeriana saxatilis 75, 84, 93
Viburnum 21, 38, 75, 84, 93, 126
Viburnum lantana 21, 38, 75
Viscum 61, 73, 82, 90, 125
Viscum album 61
Viscum cruciatum 61
Vitis 62, 82, 91, 125
Vitis sylvestris 62

X

Xanthium echinatum 78
Xanthium orientale 78
Xanthium spinosum 78
Xanthium strumarium 78
Xeranthemum 78

Z

Zelkova 6, 8, 15, 64, 66, 83, 91, 101, 102, 103, 112, 113, 115, 125, 127, 129, 131, 133, 135, 137, 138, 152, 1, 3, 154, 155, 156, 157, 160, 164, 165, 168
Zelkova carpinifolia 6, 64, 102, 112

Danksagung

Ich bedanke mich bei PD Dr. Angela Bruch und Prof. Dr. Dr. h. c. Volker Mosbrugger für die Möglichkeit, bei einem spannenden Projekt zur Rekonstruktion der Paläoumwelt im Südlichen Kaukasus mitzuwirken und meine Dissertation zu diesem Thema anzufertigen. Bei PD Dr. Angela Bruch bedanke ich mich besonders für die stets kooperative und engagierte Betreuung meiner Arbeit.

Weiter danke ich Dr. Ivan Gabrielyan (Eriwan) für zahlreiche Diskussionen über die Flora des Kaukasus und die bereitwillige Überlassung seiner Sammlungsdaten zur Makroflora des Vorotan-Beckens, sowie Dorothée Bauer für die Aufbereitung der meisten meiner Proben im Labor.

Meiner Lebensgefährtin Alice Röser gebührt besonderer Dank für das sorgfältige und gewissenhafte Lektorat und die geopferte gemeinsame Zeit während der Anfertigung der Arbeit.

Für die Integration meiner Arbeit und die Finanzierung von Tagungsteilnahmen danke ich dem Projekt „The Role of Culture in Early Expansions of Humans“ (ROCEEH) sowie für die Finanzierung zweier Aufenthalte in Armenien und im Iran der Volkswagenstiftung.

Lebenslauf

Name: Steffen Scharrer
Anschrift: Hohbergstraße 2, 63911 Klingenberg
Geburtsdatum: 23. April 1965

Ausbildung und Zivildienst:

1972 – 1976: Grundschule in Erlenbach am Main
1976 – 1977: Hauptschule in Erlenbach am Main
1977 – 1985: Hermann-Staudinger-Gymnasium in Erlenbach a. Main
1985 – 1987: Zivildienst beim Bund Naturschutz in Bayern e. V.
1987 – 1991: Studium der Biologie an der Technischen Universität Darmstadt,
Abschluss: Diplom in Biologie (Note: sehr gut)
2005 – 2008: Studium der Geologie an der Johann Wolfgang Goethe-Universität
Frankfurt am Main

Beruflicher Werdegang:

1991 – 1996: Referent für Fundraising beim
WWF Deutschland in Frankfurt am Main
Seit 1996: Selbstständig mit der Fundraising-Agentur
„Scharrer Social Marketing“ in Obernburg

Anhang

- A. Lithologie der untersuchten Profile
- B. Fototafeln der nachgewiesenen Pollentaxa
- C. Pollen-Zähltablelle
- D. Vollständige Pollenprofile
- E. Dendrogramm der Clusteranalyse

Anhang A:
Lithologie der untersuchten Aufschlüsse

Ashotavan 2 (Profilaufnahme: Steffen Scharrer, Angela Bruch)

Nr.	Beschreibung	Mächtigkeit
1	Diatomit; unten eisenreich mit Konkretionen; graue Aschelage in der Mitte; nach oben begrenzt durch doppeltes Eisen-Band	100 cm
2	massiger Diatomit; 12 cm unter Top weißlich-hellgraue Lage; nach oben zunehmend eisenreicher; Top unregelmäßig	125 cm
3	Diatomit; gelblich-grau; mit Ostracoden; dazwischen schmale feinsandige Lagen (max. 1 cm mächtig); nicht sehr gleichmäßig, grob linsenartig geschichtet	88 cm
4	Diatomit; Basis: Gipsrasen, darüber ca. 1 cm laminierte Eisenlage	22 cm
5	massiger, homogener Diatomit; Basis: 2 cm Gips, darüber 0,5 cm rote Eisenlage	90 cm
6	massiger, homogener Diatomit; ab 60 cm zunehmend tonig und grau werdend, oben tonig, mit Trockenrissen; oberste 7 cm aus hartem, eisenreichen Ton; Top: eisenreiche Gipslage	100 cm
7	massiger, homogener Diatomit; etwas gelblicher als 6; Basis: 5 cm eisenreicher, harter, toniger Diatomit; oberste 10 cm eisenreich, hart, rötlich; Top: Gipsrasen	80 cm
8	heterogene Lage aus 4 Abschnitten: a: unten 1-4 cm eisenreicher Diatomit b: darüber 3 cm reinweiße, pulvrige Lage c: darüber ca. 3 cm Diatomit von Eisenlagen begrenzt d: oben gelblich grauer, massiger Diatomit (wie 7), mit feinsandiger Zwischenlage im unteren Bereich	26 cm
9	feinsandige, eisenreiche Lage mit deutlicher Schrägschichtung	1 cm
10	massiger, homogener Diatomit (wie 7)	90 cm
11	toniger Diatomit; grünlich-gelb mit gelblicheren und graueren Bereichen; nach oben eisenreicher; obere 7 cm hellgrau, weniger tonig	70 cm
12	massiger, gelblich grauer Diatomit	113 cm
13	wie 12	36 cm
14	wie 12; Basis: eisenreiche rötliche Lage (2 cm) mit Gipsrasen	31 cm
15	wie 12; Basis: eisenreiche, sandige Schüttung (4 cm); oben und unten laminiert, dazwischen gröber werdend	102 cm
16	wie 12; Basis: dunkelgrauer, eisenreicher Feinsand über Gipsrasen	53 cm
17	wie 12; Basis: rötliche, eisenreiche Lage (1 cm)	27 cm
18	massiger Diatomit; gelblich-grau, etwas rötlicher; Top: Gipsrasen	110 cm
19	wie 18; Basis dünn eisenreich laminiert	52 cm
20	toniger Diatomit; grünlich gelb; unten zu 19 nicht stark abgegrenzt	40 cm
21	Vulkanoklastika in 3 Lagen: obere und untere sehr eisenreich, in der Mitte hellgrauer Tuff	8 cm
22	Diatomit; tonig – siltig, grau bis grünlich grau; 8 cm über der Basis fein laminierte, siltige, eisenreiche Lage (1 cm); darüber 3 cm sehr tonig, dann wieder siltig werdend; ca. 15 cm von oben 3-4 cm mächtige Lage mit brauner Bänderung, wellig ausgebildet und teilweise abgeschnürt („load casts“); Top: 1 – 2 cm eisenreiche, wellig laminierte Lage	85 cm
23	Diatomit; hellgrau, massig, meist siltig mit tonigen Bereichen – vor allem in den untersten 20 cm; einzelne, feine, eisenreiche Lagen, nicht durchgängig	276 cm
24	wie 23; nach oben toniger werdend; Basis: markante Eisenlage	ca. 100 cm
25	wie 23; untere 20 cm sandig, eisenreich, laminiert; Top und Basis mit markanter Eisenlage	ca. 120 cm
Profil 2: an der Spitze der Landzunge; unterhalb Lage 1 nach unten		
26	Diatomit; an der Basis eisenreich, nach oben toniger; Basis: feinsandige Schüttung, eisenreich Top: Eisenlage	19 cm
27	Diatomit; hellgrau, massig, siltig	150 cm
28	wie 27; bei 12 cm, 24 cm und 29 cm von unten jeweils feinsandige Schüttung, die obere und untere dunkelgrau, die mittlere mittelgrau; Basis: eisenreich, rot	80 cm
29	wie 27; obere 13 cm tonig, Rest siltig	43 cm
30	Diatomitblöcke von Tuff durchsetzt; Diatomit wie 27; im oberen Bereich (10 – 20 cm) sandig – siltige Rinnenfüllung (unterhalb Lage 30 beginnt die Wasseroberfläche des Stausees)	520 cm

Brnakot-1 (Profilaufnahme: Steffen Scharrer, Angela Bruch)

Nr.	Beschreibung	Mächtigkeit
1	siltiger Diatomit	155 cm
2	eisenreiche Lage, unregelmäßig laminiert	6 cm
3	siltiger Diatomit; etwas gröber als 1	40 cm
4	eisenreiche Lage; laminiert	9 cm
5	siltiger Diatomit	24 cm
6	eisenreiche Lage; unregelmäßig laminiert	10 cm
7	siltiger Diatomit	34 cm
8	eisenreiche Lage; unregelmäßig laminiert	9 cm
9	siltiger Diatomit; mit eisenreichen Lagen	94 cm
10	Feinsand; laminiert, eisenreich (sehr charakteristische Lage)	1 cm
11	siltiger Diatomit; mit kleinen weißen Lapilli	60 cm
12	Vulkanoklastika; a: rotbrauner Grobsand b: fein laminierte (heller und dunkler) Feinsandlage c: hellgrauer siltiger Tuff	8 cm
13	siltiger Diatomit; mit kleinen Lapilli	35 cm
14	Vulkanoklastika; a: rotbrauner Grobsand b: fein laminierte (heller und dunkler) Feinsandlage c: hellgrauer, siltiger Tuff	8 cm
15	siltiger Diatomit	63 cm
16	„rote Lage“ (sehr charakteristisch): unterer Teil pudrig, dunkelbraun mittlerer Teil rot, siltig oberer Teil dunkelbraun, verfestigt, siltig	20 cm
17	siltiger Diatomit; mit eisenreichen Lagen	130 cm
18	„violette Lage“ (sehr charakteristisch): Vulkanoklastika, eisenreich; unterer Teil: brauner Feinsand; oberer Teil: violettbrauner Silt	3 cm
19	siltiger Diatomit	45 cm
20	„weiße Lage“ (sehr charakteristisch): hellgrauer, feinsandiger Tuff	10 cm

Brnakot-2 (Profilaufnahme: Angela Bruch)

Nr.	Beschreibung	Mächtigkeit
1	toniger Diatomit; hellgelb, mit Tuffstücken bis 2 mm	ca. 30 cm
2	massiger Diatomit; hellgelb (teilweise unzugänglich, deshalb nicht exakt vermessen)	> 100 cm
3	fein geschichteter Diatomit; hellgelb (teilweise unzugänglich, deshalb nicht exakt vermessen)	> 100 cm
4	toniger Diatomit; hellgelb, untere 5 cm eisenreich, mit Vulkanoklastika und Gipslage	ca. 60 cm
5	toniger, massiger Diatomit; hellgelb	90 cm
6	Vulkanoklastika; siltig, hart, hellgrau bis grau: unterer Teil laminiert mit Eisenkruste (wenige mm dick), darüber 7 cm hellgrauer Ton, unterer Teil mit „load casts“; oberer Teil hellgrauer, vulkanogener Silt	30 cm
7	siltiger Diatomit; hellgelb, 10 bis 30 cm Lagerung	75 cm
8	feinsiltige, vulkanoklastische Lage; weiß mit Eisenkrusten auf Top und an der Basis	10 cm
9	toniger Diatomit, hellgelb, 5 to 10 cm Lagerung	> 100 cm

Brnakot-3 (Profilaufnahme: Steffen Scharrer, Angela Bruch)

Nr.	Beschreibung	Mächtigkeit
17	siltiger Diatomit; mit eisenreichen Lagen	100 cm
18	„violette Lage“ (sehr charakteristisch): Vulkanoklastika; eisenreich; unterer Teil: brauner Feinsand; oberer Teil: violettbrauner Silt	3 cm
19	siltiger Diatomit	45 cm
20	„weiße Lage“ (sehr charakteristisch): hellgrauer, feinsandiger Tuff	10 cm
21	siltiger Diatomit	122 cm
22	dunkelgrauer Feinsand; mit schwarzen Mineralen	6 cm
23	siltiger Diatomit	200 cm
24	eisenreiche, sandige Lage	1 cm
25	siltiger Diatomit; hellgrau	180 cm
26	Wechsellage a: vulkanogener, dunkelbrauner Feinsand (8 cm) b: bräunlich gelber, verfestigter Silt (3 cm) c: weißer, verfestigter Feinsand (8 cm)	19 cm
27	siltiger Diatomit; verwittert	35 cm
28	„rote Lage“: unterer Teil pudrig, dunkelgrau; mittlerer Teil rot, siltig; oberer Teil dunkelbrauner, verfestigter Silt	20 cm
29	siltiger Diatomit	50 cm

Darbas-2 (Profilaufnahme: Angela Bruch, Ivan Gabrielyan)

Nr.	Beschreibung	Mächtigkeit
1	Tuffit; hellgrau, mit Aschestücken bis 3 cm; gelbe Bereiche (Schwefel), 1 cm Eisenlage an der Basis	190 cm
2	toniger Diatomit; hellgelb (mit Makroflora)	76 cm
3	Eisenlage mit Vulkanoklastika	4 cm
4	toniger Diatomit; hellgelb (relativ hart)	16 cm
5	Ton; hellgelb, mit Aschestücken bis 4 mm und schmalen Lagen von vulkanogenem Detritus; an der Basis 0,5 cm Gipsrasen	97 cm
6	Ton; hellgelb, unterer Teil laminiert	10 cm
7	Vulkanoklastika; weiß, puderartig, siltig, sehr hell, unkonsolidiert und laminiert	14 cm
8	Ton; hellgrau; untere 4-8 cm mit unregelmäßiger Eisenlage	50 cm
9	Ton; hellgrau	67 cm
10	toniger Diatomit; hellgelb; untere 5 cm eisenreich, hell rötlich	35 cm
11	Ton; hellgrau	52 cm
12	Top: 5 cm eisenreiche Lage, hell rötlich, darunter 24 cm weißlicher Diatomit, Basis: 38 cm gelblich-rötlicher Diatomit (eisenreich, relativ hart)	67 cm
13	Ton; hellgrau	32 cm
14	a) Top: gelblich-rötlicher Ton (gestörte Lagerung) b) weißliche Siltlage (sehr dünn) c) Basis: toniger Diatomit; hellgelb	40 cm
15	Vulkanoklastika; obere 5 cm: weiß, dünn laminiert; darunter 8 cm: gelblich, siltig; darunter 7 cm: grau, feinsandig, Basis mit 1 cm Eisenlage	21 cm
16	Ton; hellgrau, obere 20 cm eisenreich, gelblich, mit Eisenkonkretionen	80 cm
17	a) obere 3 – 5 cm: Eisenlage mit weißen, siltigen Vulkanoklastika b) 14 cm: Diatomit; siltig, gelblich c) 10 – 15 cm: vulkanoklastischer Silt; hellgrau, laminiert, mit Eisenlagen 1 - 5 mm, Basis unduliert mit „load casts“ d) 20 cm: Diatomit, siltig, gelb e) 10 cm: Eisenlage; unregelmäßig, meist auffällig hart, aber mit weicheren Lagen	60 cm
18	Ton; hellgrau	20 cm
P2 – linker Teil des canyonartigen Einschnitts, vom Tuffit (Nr. 1) aufwärts nach links		
19	obere 20 cm weißer, toniger Diatomit; darunter 20 cm gelber Diatomit; darunter 20 cm weißer Diatomit; an der Basis gelbe schwefelige Lage	62 cm

20	Vulkanoklastika: Wechsellagen von grauem Sand und weißem Silt a) Top: 6 cm weißer Silt b) 6 cm grauer Sand c) 10 cm weißer Silt d) 31 cm grauer Sand e) 2 cm gelbe, schweflige Lage f) Basis: 5 cm grauer Sand	60 cm
21	a) Top: 2 cm rötlicher, eisenreicher Diatomit b) 15 cm hellgelber Diatomit c) 15 cm rötlich, eisenreich, sandig – siltige Lage aus Diatomit mit Vulkanoklastika	32 cm
22	toniger Diatomit; hellgelb, mit Vulkanoklastika (Korngröße bis 2 mm), 12 cm unter Top und auf Top Eisenlage	136 cm
23	toniger Diatomit; hellgelb, gebankt (ca. 30 cm), mit Vulkanoklastika (Korngröße bis 2 mm), obere 4 cm eisenreich	162 cm
24	toniger Diatomit; hellgelb	21 cm
25	zwei auffällige Eisenlagen; basale Lage dünn, im mittleren Teil laminiertes Diatomit, obere Lage 3 cm mit laminiertem, hellgrauen, vulkanoklastischen Silt zwischen den Eisenlagen	7 cm
26	harter, weißer Diatomit mit 2 mm siltiger Aschelage	9 cm
P3 – rechter Teil des Einschnitts oberhalb der Höhle		
27	toniger Diatomit; hellgelb	139 cm
28	Vulkanoklastika: eisenreicher Teil mit dunkler, sandiger Aschelage und weißlichem, siltigen Diatomit	33 cm
29	toniger Diatomit; hellgelb, Top: 2 cm unregelmäßige Aschelage	190 cm
30	toniger Diatomit; hellgelb, mit einigen Gipslagen	103 cm
P4 – oberer Teil des Einschnitts, recht und links		
31	toniger Diatomit; hellgelb	160 cm
32	toniger Diatomit; hellgelb	100 cm
33	Diatomit; eisenreich, rötlich	25 cm
34	sandige bis konglomeratische Vulkanoklastika a) obere 12 cm, dunkelgrauer Sand b) 28 cm Asche-Konglomerat (Korngröße bis 3 cm) c) 6 cm grobsandige Vulkanoklastika d) 4 cm dunkelgrauer Sand	50 cm
35	toniger Diatomit; hellgelb, mit einigen eisenreichen Lagen	55 cm
36	Konglomerat aus vulkanogenem Sand und Asche (obere 4 cm ohne Asche)	32 cm
P5 – vom oberen Konglomerat aufwärts, im linken Teil des Einschnitts		
37	lakustrine bis fluviatile, laminierte Sand- und Tonlagen mit Mächtigkeiten von einigen mm bis cm; gelbe, sandige, eisenreiche Lagen und dunkelgrauer oder rötlicher Ton; obere 10 cm rötlicher Ton	50 cm
38	grauer Ton mit Aschestücken von 1-2 mm Korngröße	17 cm
39	roter Ton	10 cm
40	a) Top: 27 cm hellgrauer Ton b) 8 cm rötlicher Ton; eisenreich c) 30 cm light hellgrauer Ton, unten 5 cm eisenreiche Lage	65 cm
41	laminiertes vulkanogenes Sand; Basis grobkörnig mit unterschiedlich gefärbten Körnern, Korngröße nach oben kleiner werdend; obere 10 cm toniger grauer und rötlicher Sand	50 cm
42	grauer Ton	40 cm
43	Eisenlage mit Konkretionen	10 cm
44	grauer Ton	45 cm
45	Wechselfolge von dunkel- und hellgrauem Ton mit hellgrauen, siltigen Lagen von Vulkanoklastika: a) obere 20 cm grauer, siltiger Ton b) 20 cm hellbrauner Ton c) 10 cm hellgrauer, vulkanogener Silt d) 20 cm hellbrauner Ton e) 8 cm hellgrauer, vulkanogener Silt f) 15 cm grauer, siltiger Ton g) 10 cm hellbrauner Ton h) 20 cm grauer, siltiger Ton i) untere 8 cm weißer bis orangefarbener, vulkanogener Silt	131 cm
46	hellbrauner Ton	73 cm

Ltsen-3 (Profilaufnahme: Steffen Scharrer, Angela Bruch)

Nr.	Beschreibung	Mächtigkeit
1	Tuff; stark verfestigt, mit Bimskörnern; oben Eisenlage	30 cm
2	toniger Diatomit; rötlich, laminiert	21 cm
3	siltiger Diatomit; eisenreich, oberer Teil fleckig	48 cm
4	siltiger Diatomit; hellgelb	25 cm
5	siltiger Diatomit; eisenreich, laminiert, Eisenkruste an der Basis	15 cm
6	siltig-toniger Diatomit; teilweise laminiert, mit eisenreichen Lagen	42 cm
7	siltiger Diatomit; mit unregelmäßigen eisenreichen Lagen, grünlich, oben mit 2 cm Eisenkruste	90 cm
8	siltiger Diatomit; hellgrau, im oberen Teil toniger, mit Lapilli	55 cm
9	siltiger Diatomit; mit 6 eisenreichen Lagen	50 cm
10	Tuff; verfestigt	200 cm
11	toniger Diatomit	40 cm
12	verfestigte rötlich-braune eisenreiche Lage	15 cm
13	toniger – siltiger Diatomit; fleckig bräunlich-grau (Makroflora)	20 cm
14	siltiger Diatomit (unterer Teil nicht erreichbar)	150 cm

Sisian-2 (Profilaufnahme: Steffen Scharrer)

Nr.	Beschreibung	Mächtigkeit
1	Tuffit; hellgrau, verfestigt aber bröckelt leicht beim anschlagen; Korngröße der Bestandteile 5 – 15 mm; Basis: ca. 2 cm eisenreiche Kruste.	20 cm
2	Diatomit; grau, tonig, massiv; Top ca. 1 cm laminierte eisenreiche Lage; Mächtigkeit stark schwankend.	15 – 75 cm
3	Tuffit; wie 1, aber Korngröße 10 – 20 mm; nur in kleinem Abschnitt des Profils.	bis 5 cm
4	Diatomit; sandig, fein laminiert, eisenreich; nach oben toniger werdend	25 cm
5	wie 2; gegen 4 nicht deutlich abgegrenzt	22 cm
6	Wechsellage aus tonig – siltigem Diatomit (je 4-5 cm) und sechs ca. 1 cm mächtigen Eisenlagen	41 cm
7	Vulkanoklastika; eisenreich, stark verfestigt, hart	5 cm
8	Diatomit; tonig, massiv; in 4 Bänken; oberste nach oben offen; immer wieder feine, eisenreiche Lagen.	
a		77 cm
b		142 cm
c		49 cm
d		50 cm
9	(von 1 ausgehend nach unten) Diatomit; feinsandig bis tonig, hellgrau, massiv gebankt Basis: ca. 1 cm laminierte, eisenreiche Kruste aus Vulkanoklastika	112 cm
10	wie 9; nach unten keine Grenze erkennbar	170 cm

Tolors-2 (Profilaufnahme: Steffen Scharrer)

Nr.	Beschreibung	Mächtigkeit
14	Tuff; unteres Drittel eisenreich, stark verfestigt; oberer Teil hellgrau, grobkörnig	18 cm
13	siltiger Diatomit (nicht erreichbar)	79 cm
12	Feinsand; farbig gebändert, laminiert	8 cm
11	violetter, siltiger Ton	8 cm
10	siltiger Diatomit; untere 10 cm eisenreich	75 cm
9	fein laminiertes, brauner Ton	3 cm
8	siltiger Diatomit; massiv gebankt, hellgrau (Makroflora)	185 cm
7	siltiger Diatomit; massiv gebankt, hellgrau	85 cm
6	siltiger Diatomit; mit schwarzen Verwitterungskrusten	28 cm
5	siltiger Diatomit; eisenreiche Lagen im mittleren Teil	30 cm
4	siltiger Diatomit; Basis eisenreich mit Gipskruste	59 cm
3	siltiger Diatomit; Basis eisenreich mit Gipskruste	48 cm
2	Tuff; verfestigt, grobkörnig	10 cm
1	Vulkanoklastika; feinsandig, oberer und unterer Teil weiß, Mitte grau	17 cm
16	siltiger Diatomit mit mehreren Eisenlagen	385 cm
17	Vulkanoklastika; mit jeweils 4 cm mächtigen Lagen: a: verfestigte Eisenlage b: sandige, eisenreiche Lage c: laminierte, graue Tonlage d: laminierte, rötliche Tonlage e: gelblicher Tuff, fein siltig f: lockerer, brauner Sand	24 cm
18	siltiger Diatomit (obere Grenze nicht erreichbar)	50 cm

Uyts-2 (Profilaufnahme: Angela Bruch)

Nr.	Beschreibung	Mächtigkeit
1	Diatomit; stark verwittert, oberer Teil erodiert	10 cm
2	Vulkanoklastika; siltig, hellgrau, unterer Teil oxidiert und laminiert (hier auffallend viele Bienennester im Sediment)	25 cm
3	Diatomit; hellgrau	29 cm
4	3 – 4 dunkle und harte Eisenkrusten, unregelmäßig und undulierend	5 – 10 cm
5	toniger Diatomit; hellgelb	20 cm
6	toniger Diatomit; hellgelb, Basis: 1 cm Eisenkruste	83 cm
7	toniger Diatomit; hellgelb, Basis: 0,5 cm Eisenkruste	17 cm
8	toniger Diatomit; hellgelb, Basis schwer erkennbar	15 cm
9	toniger Diatomit; hellgelb, verwittert	70 cm
10	Diatomit; siltig, hellgrau	30 cm
11	Vulkanoklastika; siltig bis feinsandig, grau, laminiert, Korngröße nach oben kleiner werdend, unterer Teil mit Schrägschichtung und kleinen Kanälen (mit Bienennestern)	27 cm
12	Vulkanoklastika; dunkelgrauer Sand mit Einschlüssen von hartem Diatomit	20 cm
13	toniger Diatomit; hellgelb, Basis: 0,5 cm Eisenkruste	70 cm
14	toniger Diatomit; hellgelb, Basis: 1 cm Eisenkruste	35 cm
15	toniger Diatomit; hellgelb	40 cm
16	Wechsellage aus 3 cm Eisenkruste, ca. 13 cm Diatomit, 1 cm Eisenkruste und ca. 16 cm Diatomit mit lateraler Variation in der Mächtigkeit	25 -33 cm
17 a	toniger Diatomit; hellgelb, fein geschichtet, Basis: sehr dünne Eisenkruste	50 cm
17 b	toniger Diatomit; hellgelb, Basis: dünne Eisenkruste	30 cm
17 c	toniger Diatomit; hellgelb, Basis: dünne Eisenkruste	30 cm
17 d	toniger Diatomit; hellgelb, Basis nicht aufgeschlossen	> 30 cm

P4 (unmittelbare Korrelation nicht möglich):

18	Diatomit; siltig, hellgrau, Top mit 2,5 m stark verwitterten Diatomiten bedeckt	50 cm
19	eisenreiche Lage, fein laminiert	1 – 2 cm
20	Diatomit; siltig, hellbraun	20 cm
21	eisenreiche Lage; fein laminiert, mit weißen Lagen	4 cm
22	Diatomit; siltig, hellbraun	25 cm
23	eisenreiche Lage; fein laminiert, mit weißen und gelben Lagen	4 cm
24	Vulkanoklastika; siltig, hellgrau, schwach konsolidiert	33 cm
25	Vulkanoklastika mit Wechsellagen aus hellgrauem Silt und dunkelgrauem siltigen Ton; komplett laminiert, jede Lage um 10 cm mächtig	73 cm
26	Vulkanoklastika; sandig, dunkelgrau, Basis mit massiver Eisenlage	8 cm

P5 = Uyts-4 (unmittelbare Korrelation nicht möglich):

27	Diatomit; siltig, stark verwittert	> 200 cm
28	Vulkanoklastika; siltig, hellgrau, hart, mit 5 eisenreichen Lagen	30 cm
29	toniger Diatomit; gelblich (mit Mollusken)	32 cm
30	toniger Diatomit; gelblich	30 cm

Anhang B:
Fototafeln der nachgewiesenen Pollentaxa

Tafel 1

Vergrößerung: 1.000 x

1 – *Pinus* Form 1

2 – *Pinus* Form 2

3 – *Abies* Form 1

4 – *Abies* Form 2



Tafel 2

Vergrößerung: 1.000 x

1 – *Abies* Form 3

2 – *Abies* Form 4

3 – *Picea*



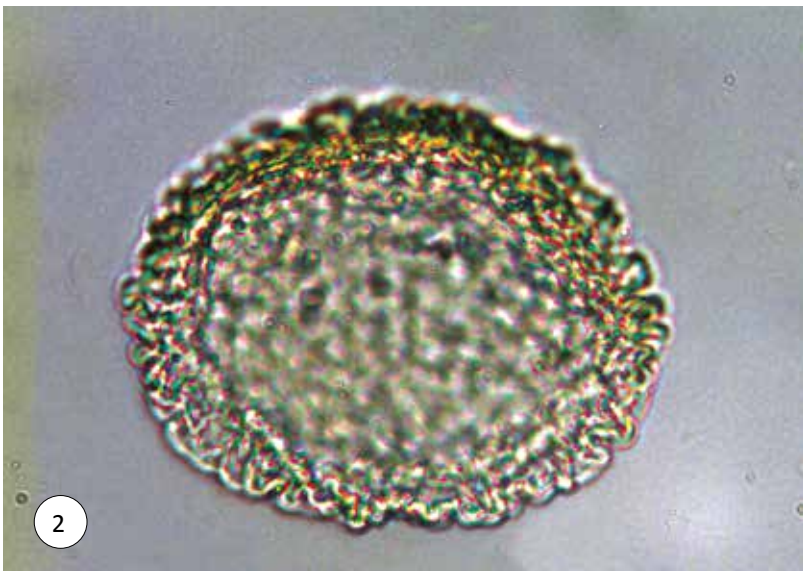
Tafel 3

Vergrößerung: 1.000 x

1 – *Sciadopitys*

2 – *Tsuga* Form 1

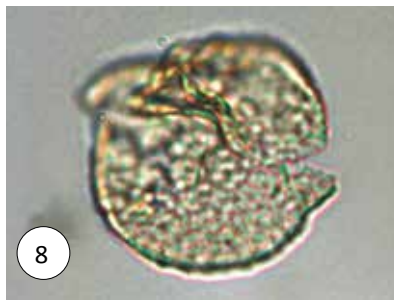
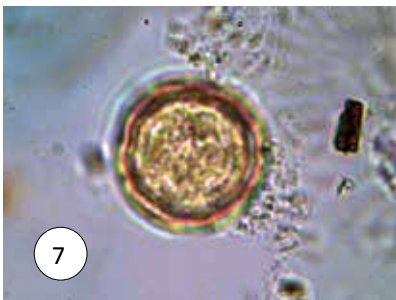
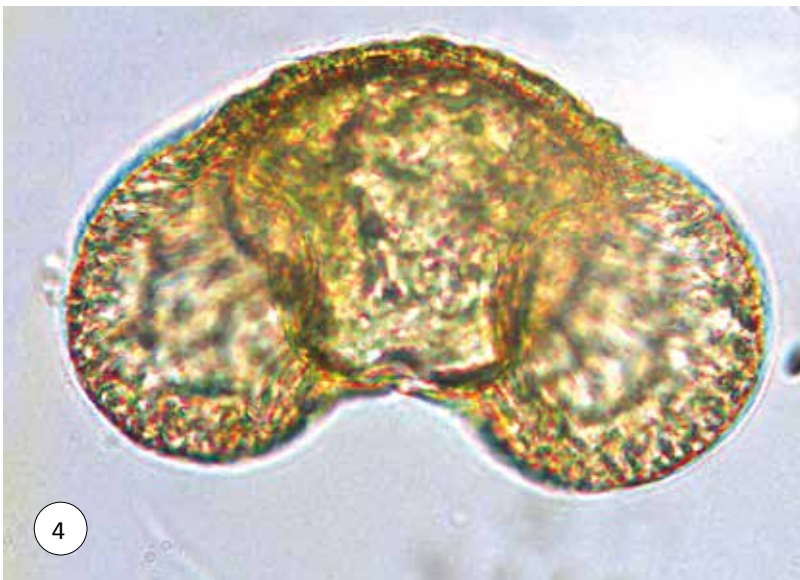
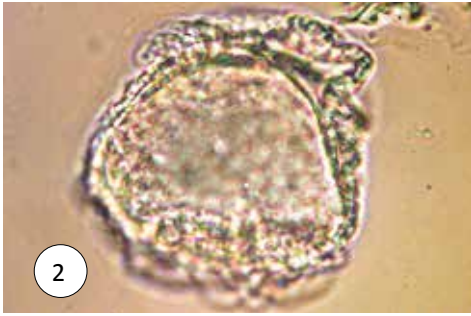
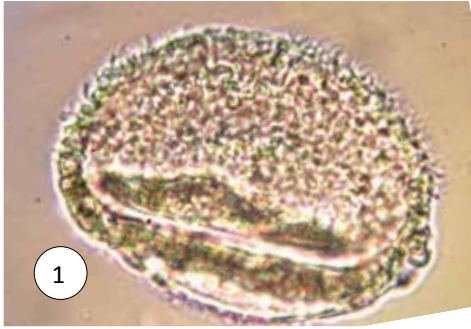
3 – *Tsuga* Form 2



Tafel 4

Vergrößerung: 1.000 x

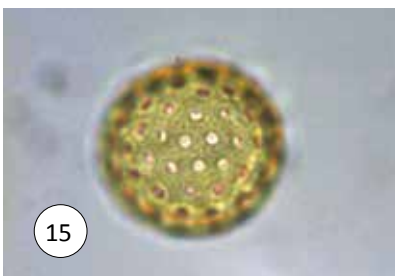
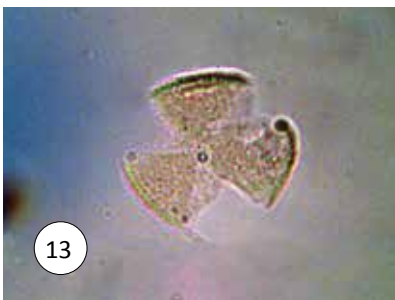
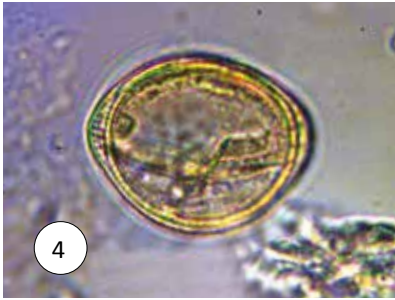
- 1 – *Tsuga* Form 3
- 2 – *Tsuga* Form 4
- 3 – *Podocarpus*
- 4 – *Cedrus*
- 5 – *Ephedra distachya*-Typ
- 6 – *Ephedra fragilis*-Typ
- 7 – *Alisma*-Typ
- 8 – *Potamogeton*
- 9 – Iridaceae/Liliaceae
- 10 – *Typha*



Tafel 5

Vergrößerung: 1.000 x

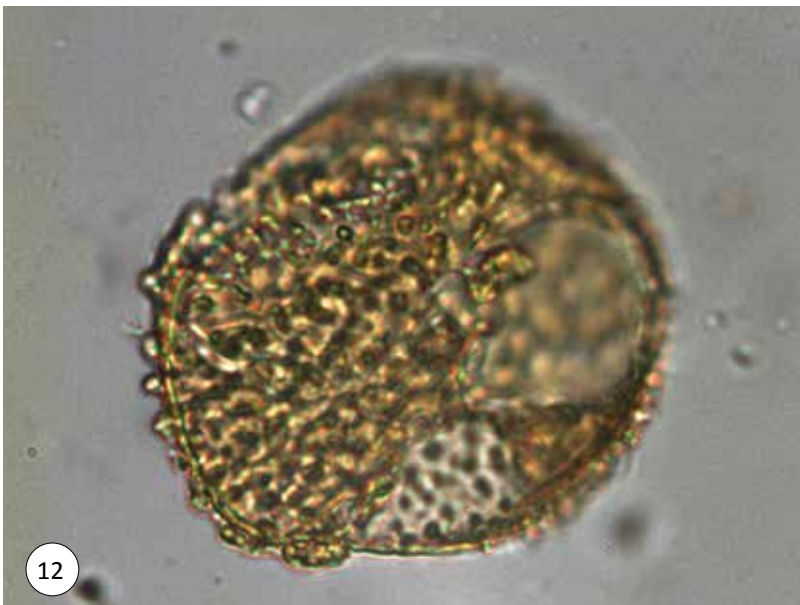
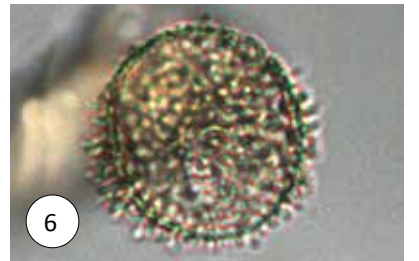
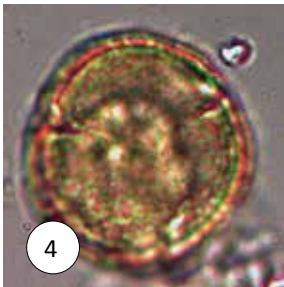
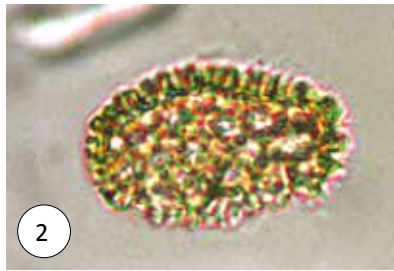
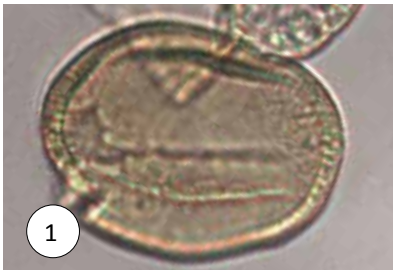
- 1 – *Poaceae*
- 2 – *Phragmites*
- 3 – *Cyperaceae*
- 4 – *Aconitum*-Gruppe Form 1
- 5 – *Aconitum*-Gruppe Form 2
- 6 – *Aconitum*-Gruppe Form 3
- 7 – *Ranunculus acris*-Typ Form 1
- 8 – *Ranunculus acris*-Typ Form 2
- 9 – *Ranunculus acris*-Typ Form 3
- 10 – *Ranunculaceae*
- 11 – *Thalictrum*
- 12 – *Bongardia*
- 13 – *Platanus orientalis*
- 14 – *Caryophyllaceae*
- 15 – *Chenopodium*-Typ
- 16 – *Beta vulgaris*-Typ
- 17 – *Chenopodiaceae*



Tafel 6

Vergrößerung: 1.000 x

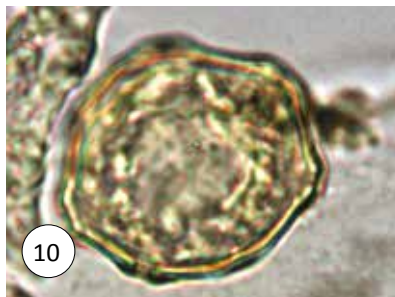
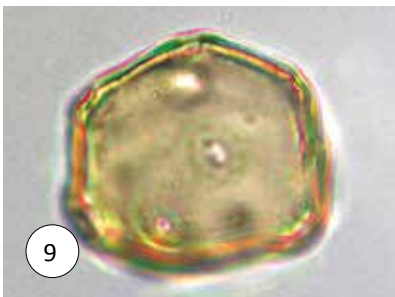
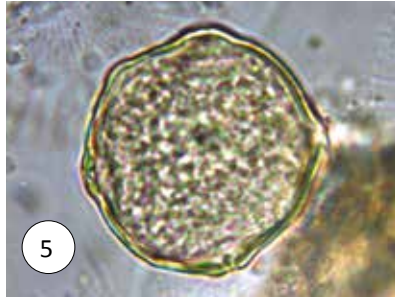
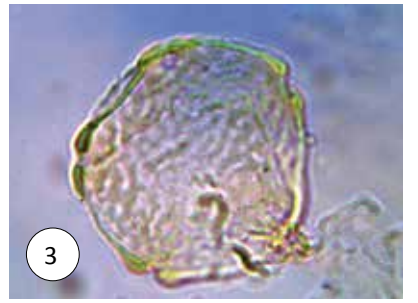
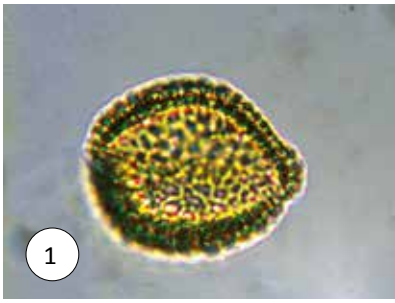
- 1 – *Polygonum bistorta*-Typ
- 2 – *Polygonum*
- 3 – *Polygonum aviculare*-Typ
- 4 – *Rumex*
- 5 – Plumbaginaceae
- 6 – *Viscum*
- 7 – *Saxifraga*-Typ
- 8 – *Myriophyllum*
- 9 – *Liquidambar*
- 10 – *Parrotia persica*
- 11 – *Vitis*
- 12 – *Geranium*
- 13 – *Linum catharticum*-Typ
- 14 – *Linum alpinum*-Typ



Tafel 7

Vergrößerung: 1.000 x

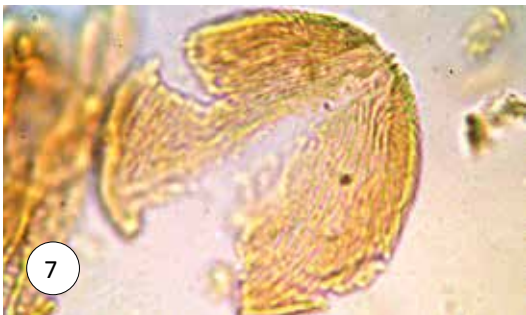
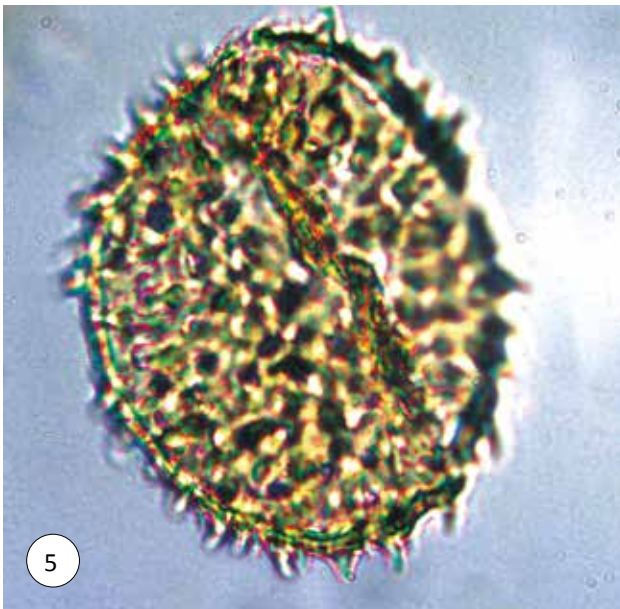
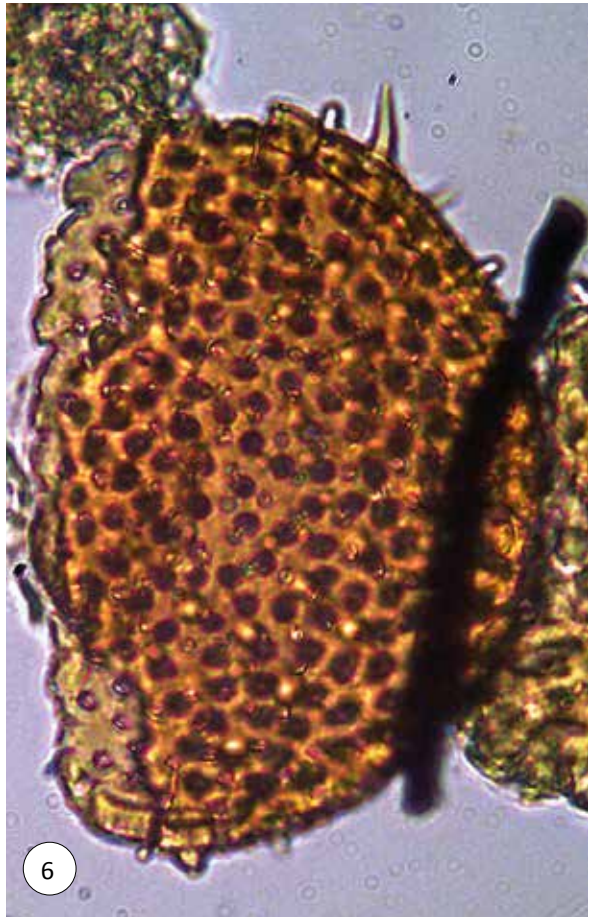
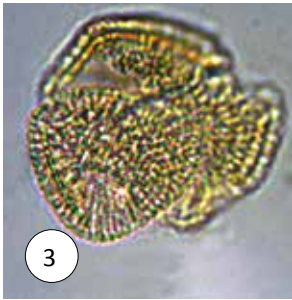
- 1 - *Salix*
- 2 - *Trifolium repens*-Typ
- 3 - *Ulmus*
- 4 - *Zelkova*
- 5 - *Celtis*
- 6 - *Datisca*
- 7 - *Quercus coccifera*-Typ
- 8 - *Quercus frainetto*-Typ
- 9 - *Juglans*
- 10 - *Pterocarya*
- 11 - *Platycarya*
- 12 - *Carya*
- 13 - *Carpinus betulus*
- 14 - *Carpinus orientalis*
- 15 - *Betula*
- 16 - *Alnus*
- 17 - Urticaceae / Moraceae



Tafel 8

Vergrößerung: 1.000 x

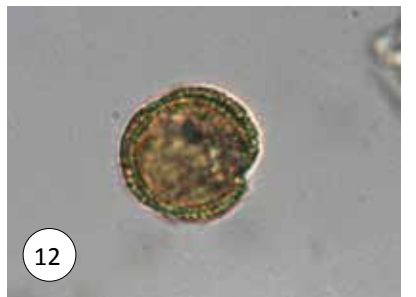
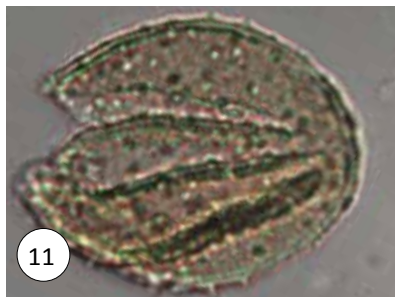
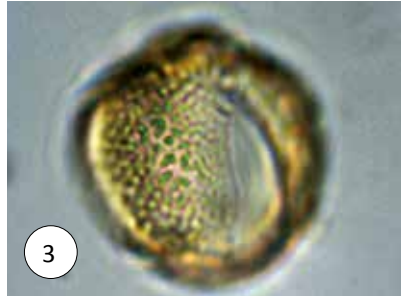
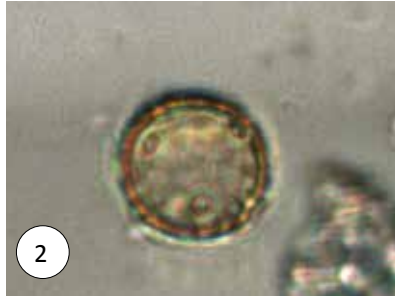
- 1 - *Sanguisorba minor*-Typ
- 2 - *Ludwigia palustris*-Typ
- 3 - Brassicaceae
- 4 - *Tilia*
- 5 - *Malva sylvestris*-Typ
- 6 - *Alcea*
- 7 - *Acer*
- 8 - *Pistacia*
- 9 - Ericaceae
- 10 - *Polemonium*



Tafel 9

Vergrößerung: 1.000 x

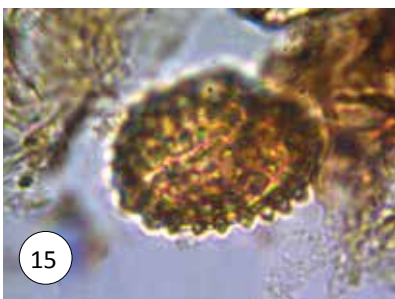
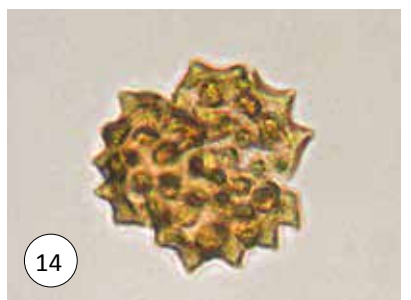
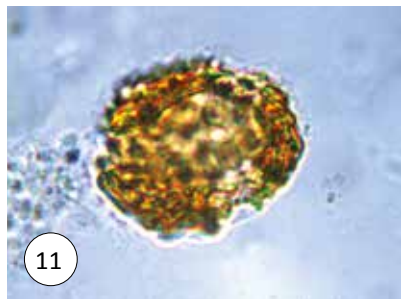
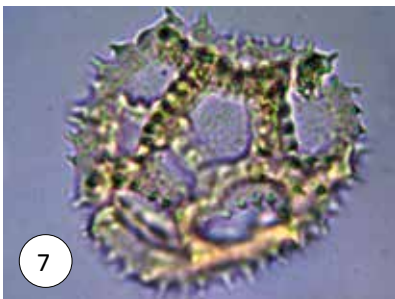
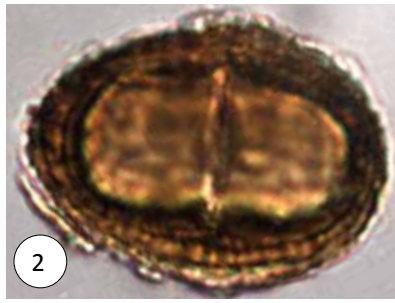
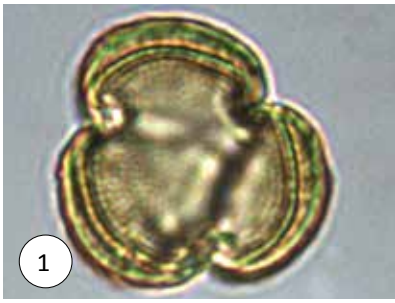
- 1 – *Convolvulus*-Typ
- 2 – Plantaginaceae
- 3 – *Marrubium*
- 4 – *Prunella*
- 5 – *Ilex*
- 6 – *Turgenia*-Typ
- 7 – Apiaceae Form 1
- 8 – *Dipsacus fullonum*-Typ
- 9 – *Knautia arvensis*-Typ
- 10 – *Valeriana saxatilis*-Typ
- 11 – *Valeriana officinalis*-Typ
- 12 – *Viburnum*



Tafel 10

Vergrößerung: 1.000 x

- 1 – *Artemisia*
- 2 – *Centaurea scabiosa*-Typ
- 3 – *Centaurea jacea*-Typ
- 4 – *Centaurea solstitialis*-Typ
- 5 – *Centaurea triumfettii*-Typ
- 6 – *Cousinia*
- 7 – Cichorioideae
- 8 – *Bidens tripartita*-Typ
- 9 – *Xanthium*-Typ
- 10 – *Matricaria*-Typ
- 11 – *Saussurea*-Typ
- 12 – *Senecio*-Typ Form 1
- 13 – *Senecio*-Typ Form 2
- 14 – *Senecio*-Typ Form 3
- 15 – *Crupina*

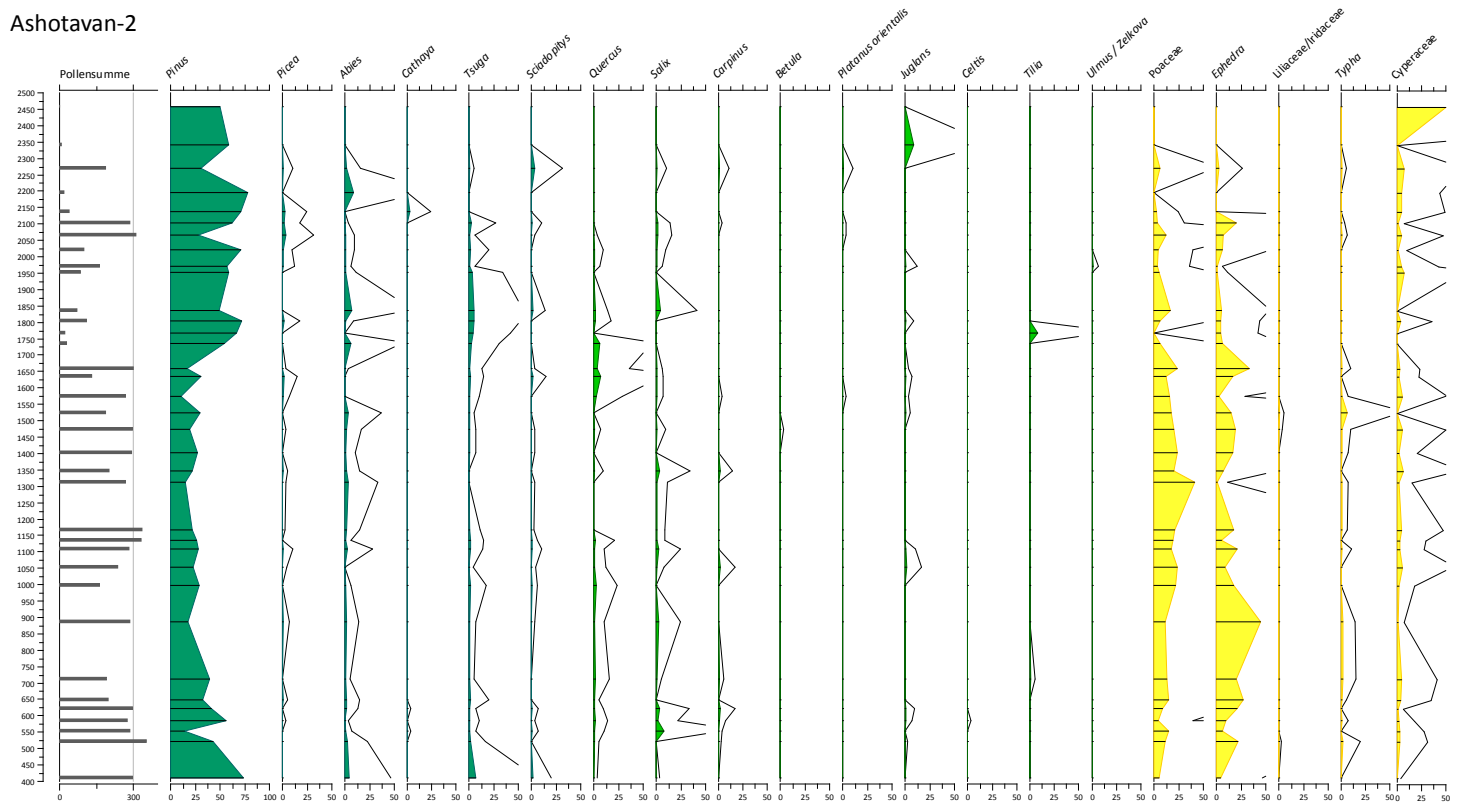


Probe	Chenopodiaceae	Chenopodium-Typ	Cichorioideae	Circeae	Convolvulus-Typ	Cousinia	Cupina	Cyperaceae	Daliscia	Dipsacus fullonum-Typ	Ephedra distachya-Typ	Ephedra fragilis-Typ	Eriocaulaceae	Geranium	Hedera-Typ	Ilex	Urticaceae / Liliaceae	Juglans	Knautia arvensis-Typ	Linum alpinum-Typ	Linum catharticum-Typ	Liquidambar	Ludwigia palustris-Typ	Makva sylvestris-Typ	Marubium	Matricaria-Typ	Myriophyllum	Parrotia persica	Phragmites	Picea	Pinus Form 1	Pinus Form 2	Pistacia	Plantaginaceae	Platanus orientalis	Platyrrhiza	Pombagraceae	Poseaceae	Podocarpus	Polygonum	Polygonum aviculare-Typ	Polygonum-bistorta-Typ
070727-50	0	0	1	0	0	2	0	1	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	216	5	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	
070727-48	3	0	16	0	0	9	0	11	0	0	78	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	136	19	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	
070727-47	11	0	70	0	0	15	0	8	7	0	19	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	8	0	0	0	41	0	0	0	0	0	0	0	3	44	1	0	1	0
070727-46	2	0	14	0	0	5	0	5	16	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	155	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	
070727-45	5	0	20	0	0	2	0	2	0	0	63	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	122	3	0	0	0	0	0	0	26	1	0	0	0	
070727-44	0	0	12	0	0	1	0	7	15	0	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	65	0	0	0	0	0	0	0	29	0	1	0	0	
070727-43	1	0	11	0	0	3	0	8	8	0	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	76	1	0	0	0	0	0	0	26	0	0	0	0	
070727-02	0	0	19	0	0	8	0	2	10	0	129	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	2	49	1	0	0	0	0	0	0	33	0	0	0	0	
070727-04	3	0	14	0	0	4	0	3	0	0	30	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	47	2	0	0	0	0	0	0	36	0	0	0	0	
070727-05	2	0	41	0	0	6	0	14	7	0	19	2	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	55	0	0	0	0	0	0	0	58	0	0	0	0	
070727-06	6	0	17	0	0	3	0	8	2	0	60	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	7	0	0	3	70	10	0	0	0	0	0	0	50	0	2	0	0	
070727-07	3	0	75	0	0	16	0	10	3	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	86	3	0	0	0	0	0	0	2	66	0	1	0	0
070727-08	3	0	49	0	0	11	0	16	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	1	75	0	0	0	0	0	0	0	3	72	0	0	0	0	
070727-11	1	0	61	0	0	5	0	4	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	1	41	0	0	0	0	0	0	0	1	112	0	0	0	0
070727-12	2	0	43	0	0	7	0	13	3	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	1	45	0	0	0	0	0	0	0	0	41	0	0	0	0	
070727-13	10	0	37	0	0	7	0	6	1	0	50	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	77	4	0	0	0	0	0	0	1	70	0	0	0	0	
070727-15	26	0	25	0	0	9	0	15	1	0	57	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	10	0	0	1	57	0	0	0	0	0	0	0	1	62	0	1	0	0	
070727-16	4	0	21	0	0	9	0	0	0	0	29	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	28	29	0	0	0	0	0	0	1	33	0	0	0	0
070727-17	37	0	65	0	0	15	1	14	1	0	8	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	10	0	0	2	29	0	0	0	1	0	0	44	0	4	0	0
070727-18	1	0	16	0	0	0	3	3	0	23	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	2	0	0	2	41	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0
070727-19	1	0	18	0	0	6	0	7	0	0	102	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0	1	47	3	0	0	0	0	0	0	2	71	0	0	0	0
070727-21	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	
070727-22	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
070727-23	2	0	0	0	0	0	0	4	0	0	5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	81	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	
070727-24	0	0	2	0	0	3	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	2	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	
070727-26	0	0	17	0	0	0	0	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	
070727-27	0	0	36	0	0	1	0	7	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	2	94	0	0	0	0	0	0	0	6	0	5	0	0	
070727-28	0	0	5	0	0	1	0	1	0	0	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	72	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	
070727-29	1	0	82	0	0	4	0	15	10	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	10	88	0	0	0	1	0	0	0	38	0	0	0	0		
070727-30	0	0	7	0	0	7	0	2	0	0	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5	182	0	0	0	1	0	0	9	0	0	0	0		
070727-31	0	0	2	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	29	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0		
070727-33	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
070727-34	0	0	47	0	0	11	0	13	5	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	2	58	1	0	0	2	0	0	0	12	0	0	0	0		
070727-36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
070727-37	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
090601-1	4	0	13	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	260	0	0	0	0	0	0	0	1	56	0	0	0	0
090601-2	11	0	20	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	210	0	0	0	0	0	0	1	54	0	0	0	0	
090601-4	18	0	32	0	0	0	0	1	4	0	3	0	0	1	0	0	0	3	1	0	0	0	0	11	0	0	0	196	0	0	0	0	0	0	0	87	0	0	0	0		
090601-6	9	2	38	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	212	0	0	0	0	0	0	0	74	0	0	0	0		
090601-7	12	0	46	0	0	2	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	11	0	0	0	95	0	0	0	0	0	0	0	1	92	0	0	0	0	
090601-8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	312	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0		
090601-10	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	360	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	
090601-11	1	0	20	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	4	250	0	0	0	0	0	0	2	19	0	0	0	0	
090601-12	1	0	83	0	0	3	0	0	2	2	8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	3	168	0	0	0	0	0</								

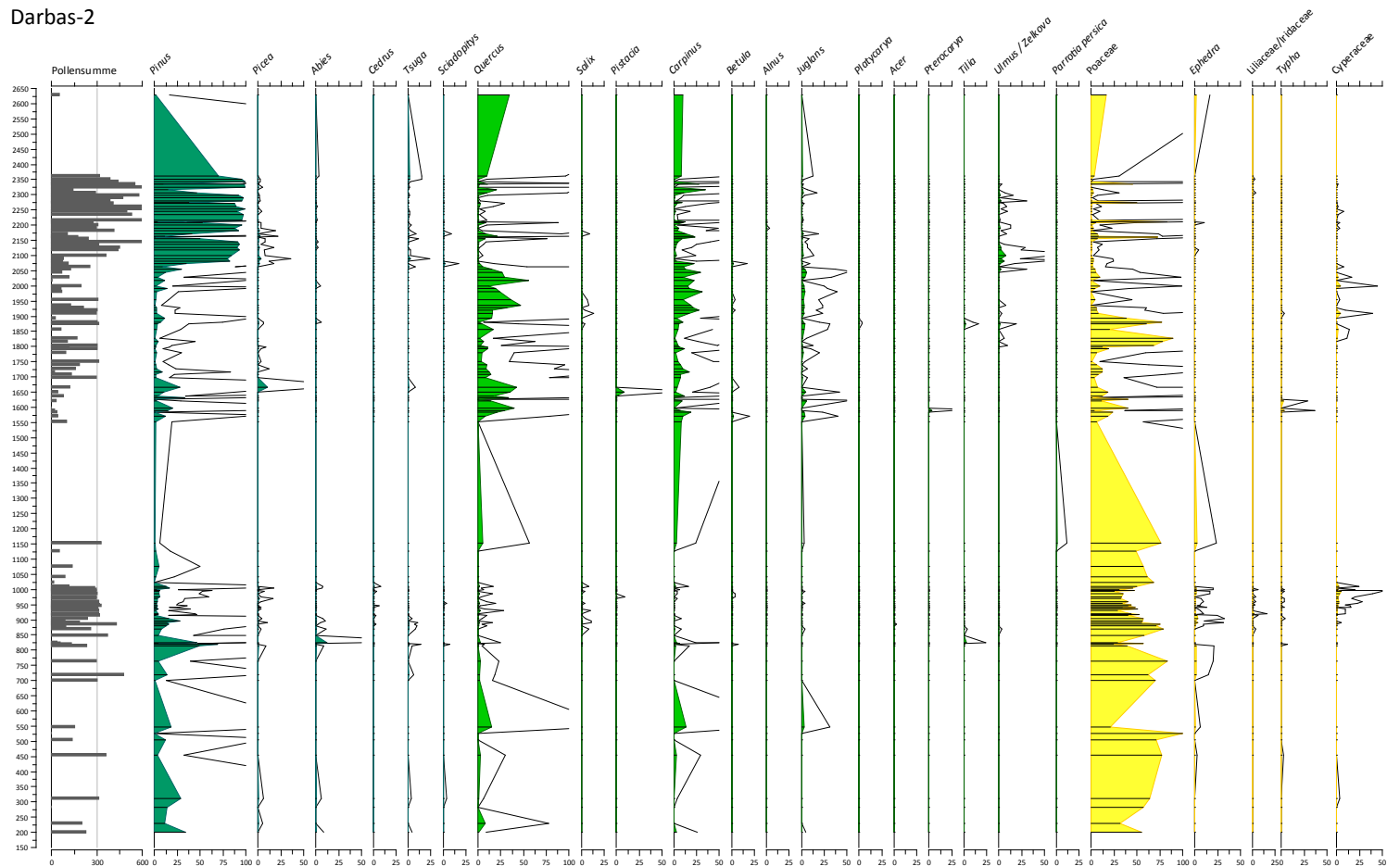
Probe	DSS-ID	Profil	Profil-Can	Pollennummer	Pollenflux (g ⁻¹)	Holzkohle (mg ⁻¹)	Abies Form 1	Abies Form 2	Abies Form 3	Abies Form 4	Acer	Aconitum-Gruppe Form 1	Aconitum-Gruppe Form 2	Aconitum-Gruppe Form 3	Alcea	Alisma-Typ	Alnus	Apiaceae Form 1	Artemisia	Asteraceae	Beta vulgaris-Typ	Betula	Bidens tripartita-Typ	Bongardia	Brassicaceae	Bupleurum-Typ	Carpinus betulus	Carpinus orientalis	Carthamus-Typ	Carya	Caryophyllaceae	Cedrus	Celtis	Centauria jacea-Typ	Centauria scabiosa-Typ	Centauria solstitialis-Typ	Centauria trinifida-Typ	Cephalanthus-Typ				
2-17	269	Darbas-2	917	171			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0			
070726-19	302	Darbas-2	920	316	1506		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0		
070726-17	300	Darbas-2	930	318	2208		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	1	0	0	0		
070726-16	299	Darbas-2	935	301	1142		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	5	0	0	1	0	0	0	0	0			
070726-15	298	Darbas-2	940	313	453		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	2	0	0	3	0	0	0	0	0			
2-18	271	Darbas-2	940	184			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
070726-14	297	Darbas-2	945	333	1528		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	9	0	1	4	0	0	0	0	0	1	2	0	1	0	0	2	0	0	0			
070726-13	296	Darbas-2	950	323	1765		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	11	0	0	4	4	0	0	0	0	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0			
070726-12	295	Darbas-2	955	302	1615		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5	0	0	0	11	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0			
070726-11	294	Darbas-2	960	317	664		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	11	0	0	0	1	0	2	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0			
070726-9	292	Darbas-2	970	302	1010		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	13	0	0	0	2	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
070726-8	291	Darbas-2	975	302	1039		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0	1	0	1	0	0	0	0	3	0	0	2	0	1	0	0	1	0	0	0		
070726-6	289	Darbas-2	985	307	1097		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	0	1	0	1	1	0	1	0	4	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0		
070726-4	287	Darbas-2	995	303	863		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
2-19	275	Darbas-2	996	174			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
070726-3	286	Darbas-2	1000	303	235		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
070726-2	285	Darbas-2	1005	292	204		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
070726-1	284	Darbas-2	1010	122	76		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	2	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0		
2-21	250	Darbas-2	1022	22			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
2-22	270	Darbas-2	1042	93			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
2-23	272	Darbas-2	1076	141			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2-24	251	Darbas-2	1127	57			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2-4	273	Darbas-2	1152	335	680		0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	6	2	0	0	0	0	0	8	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
090530-21		Darbas-2	1547	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
4-2	276	Darbas-2	1551	105			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
090530-22		Darbas-2	1553	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
090530-23		Darbas-2	1559	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
090530-24		Darbas-2	1565	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
090530-25	425	Darbas-2	1571	50	28		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	1	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
090530-26		Darbas-2	1578	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
090530-27	427	Darbas-2	1584	43	10		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
090530-28	428	Darbas-2	1590	27	4		0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
090530-29	429	Darbas-2	1596	5	1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
090530-30		Darbas-2	1602	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
090530-31		Darbas-2	1608	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
090530-32		Darbas-2	1614	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
090530-33	433	Darbas-2	1620	35	32		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
090530-34	434	Darbas-2	1626	5	2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
090530-35	435	Darbas-2	1632	3	2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
090530-36	436	Darbas-2	1638	87	8		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	11	0	0	0	0	1	0	4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
090530-37		Darbas-2	1644	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
090530-38	438	Darbas-2	1650	48	9		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
090530-39		Darbas-2	1656	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
090530-41	441	Darbas-2	1667	125	39		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
090530-42		Darbas-2	1673	0			0	0																																		

Anhang D: Vollständige Pollenprofile (Teil 1)

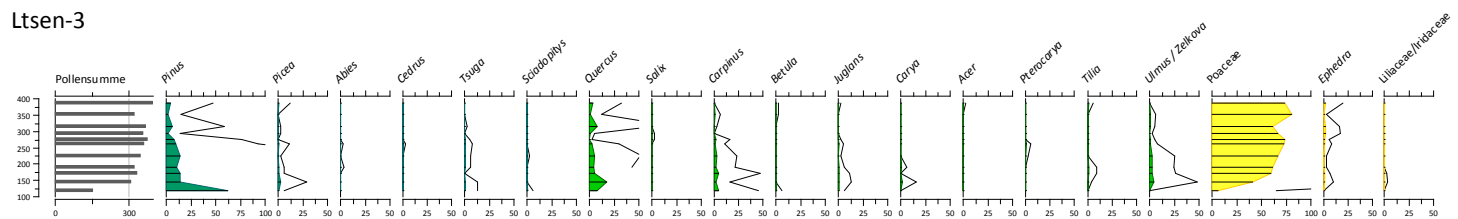
Ashotavan-2

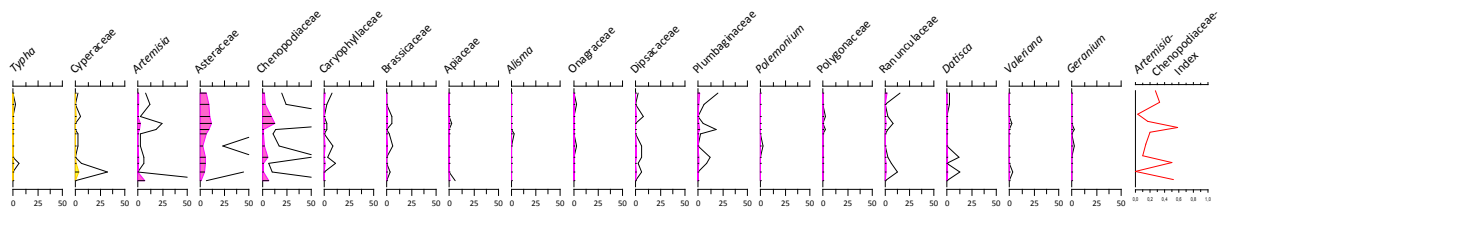
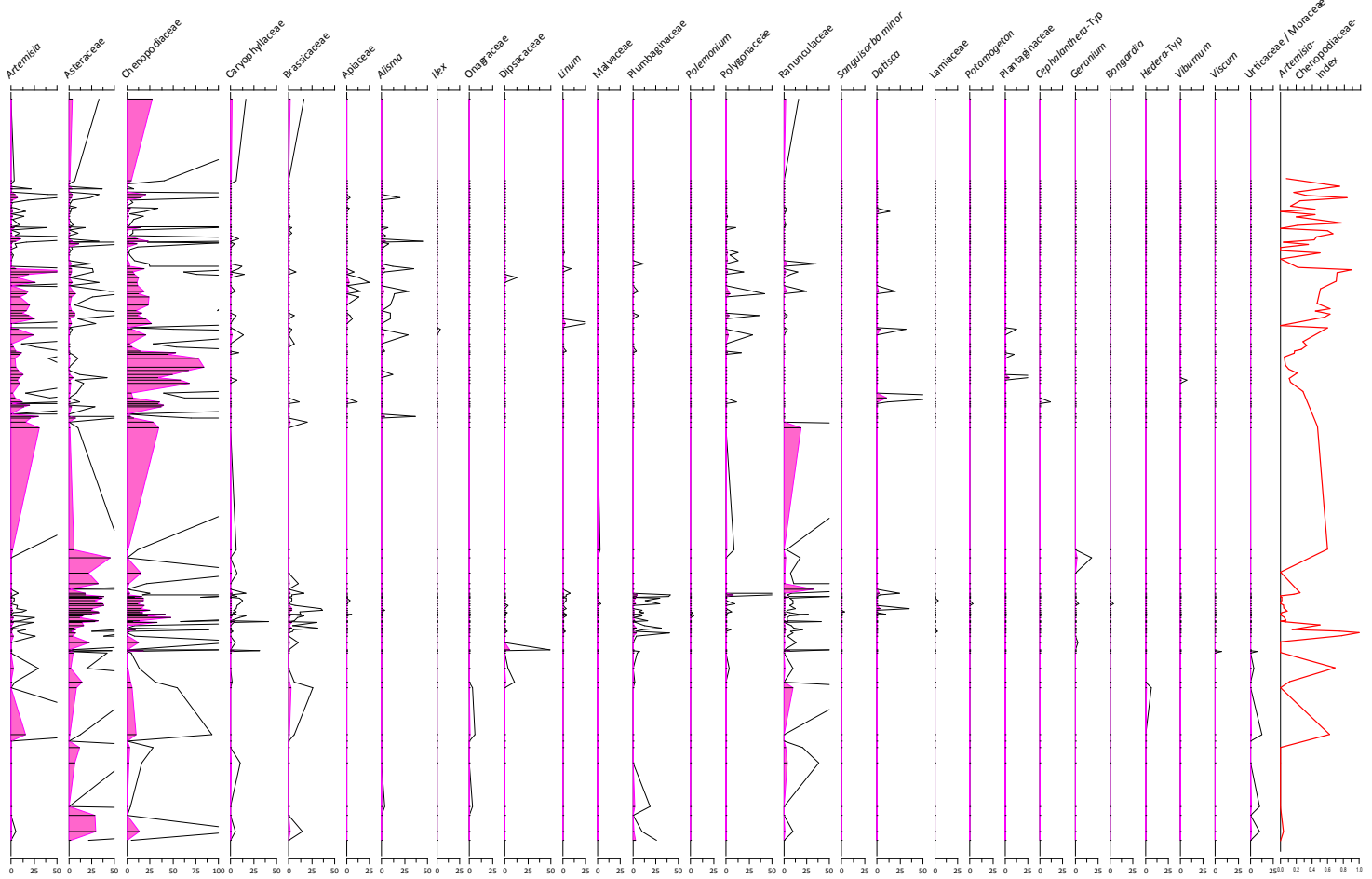
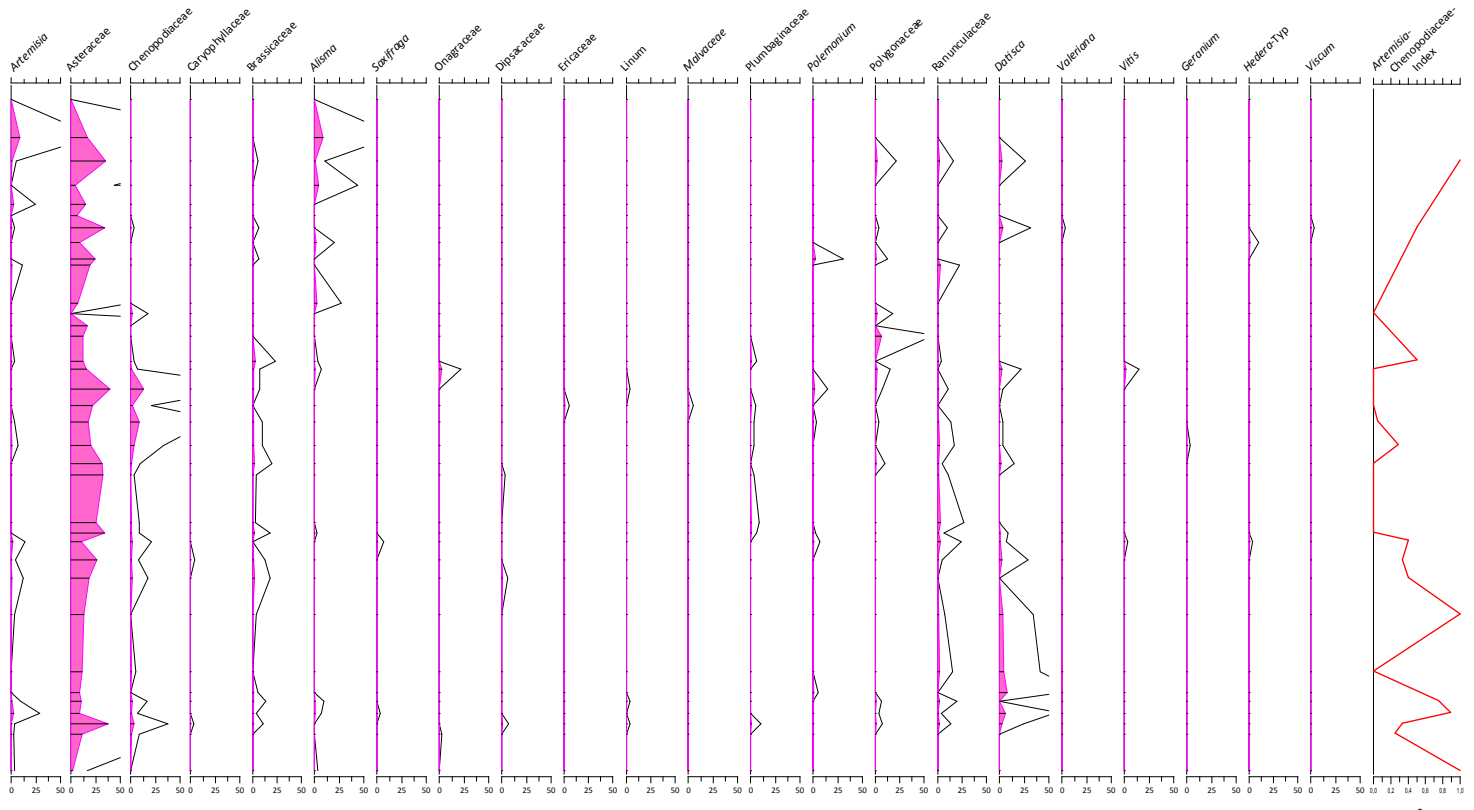


Darbas-2



Ltsen-3

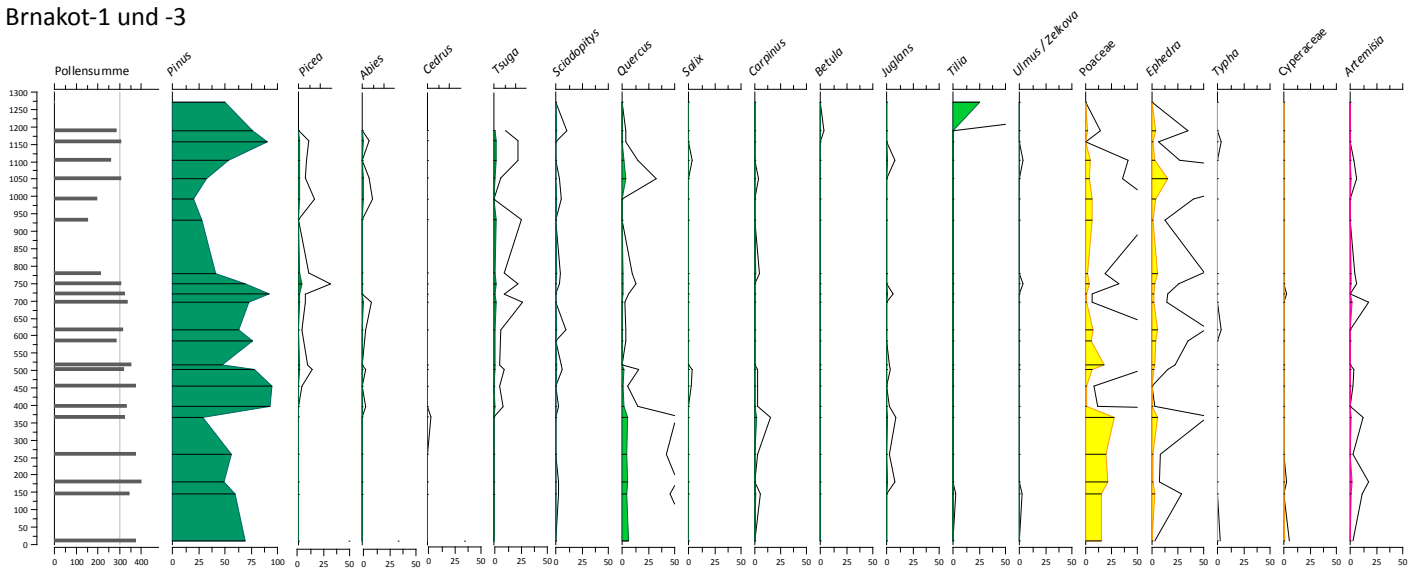




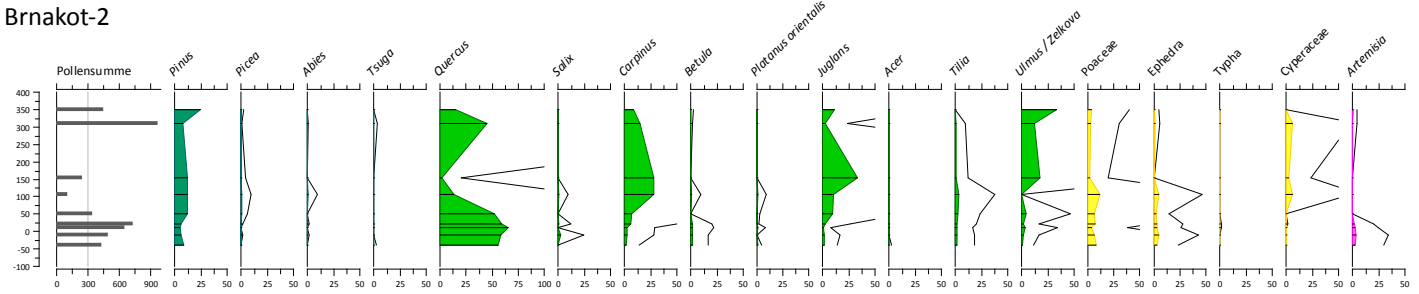
Skala in % der Pollensumme

Anhang D: Vollständige Pollenprofile (Teil 2)

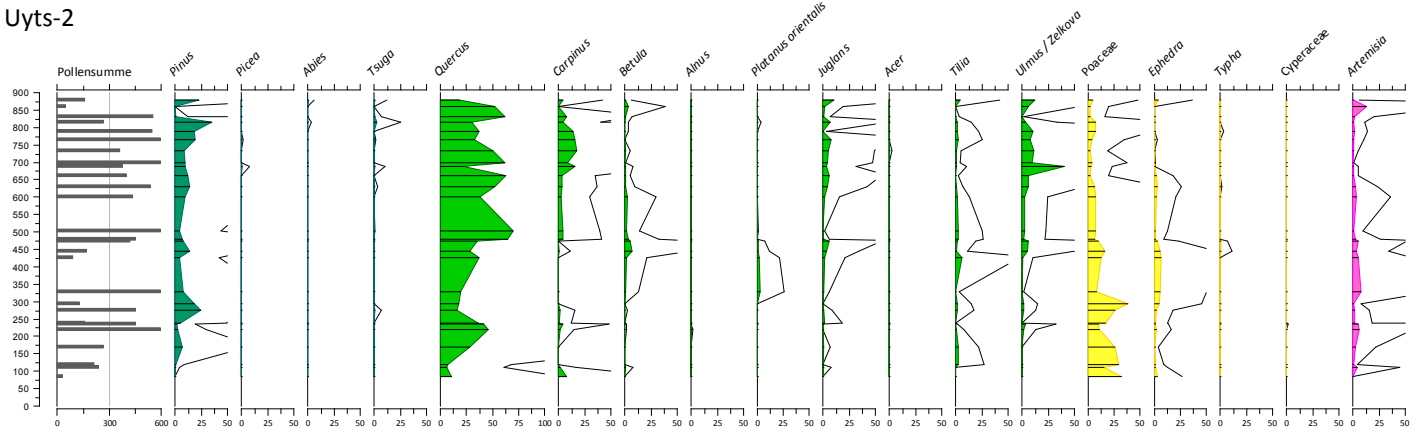
Brnakot-1 und -3



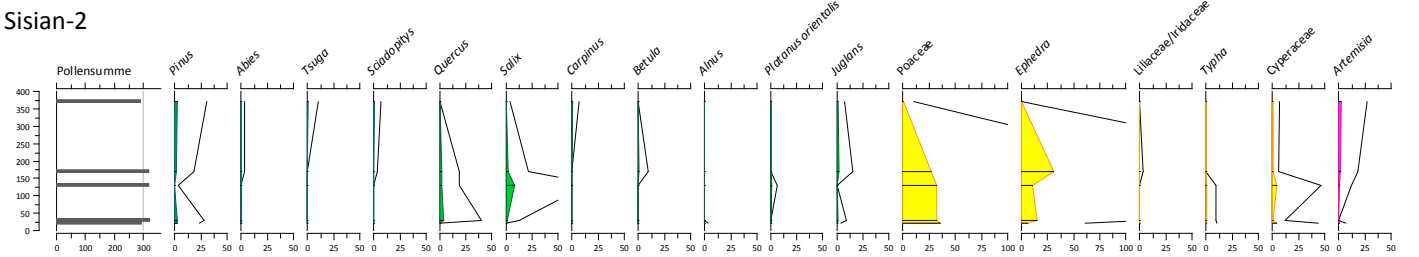
Brnakot-2



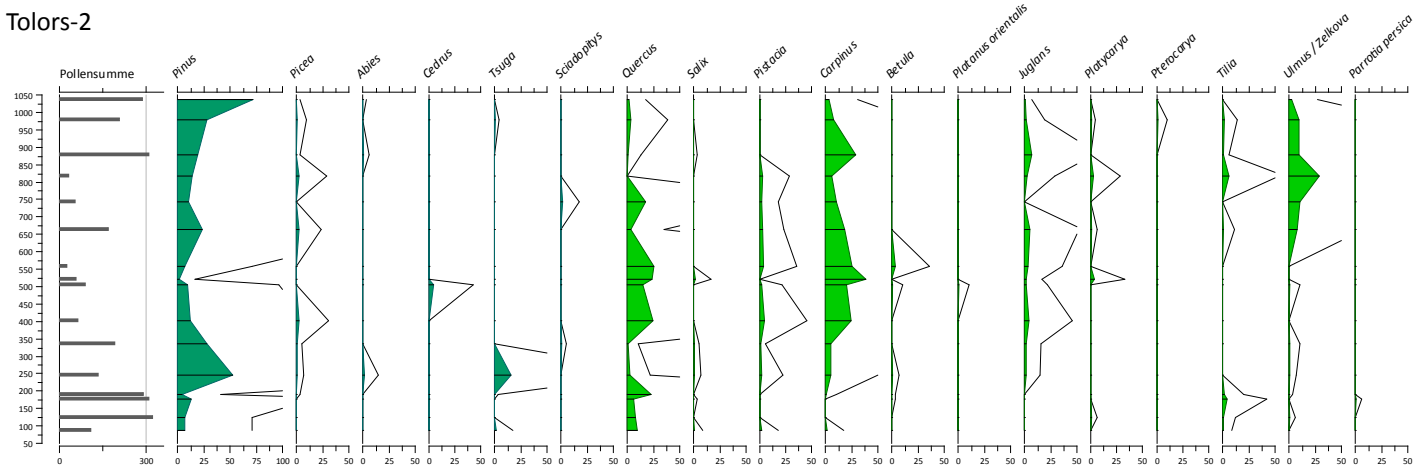
Uyts-2

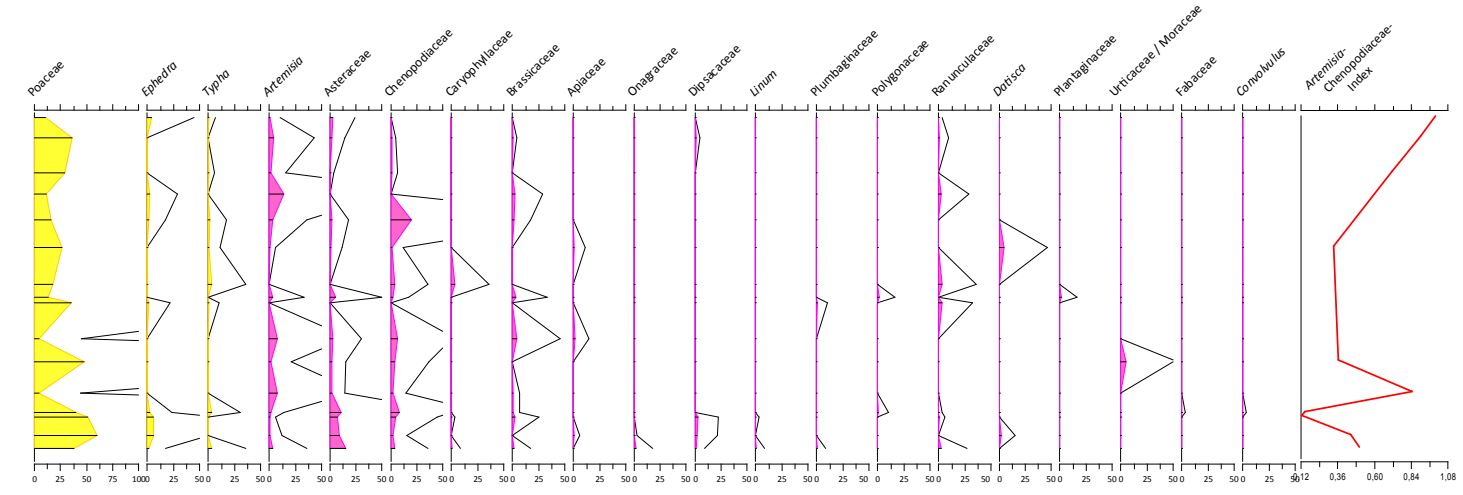
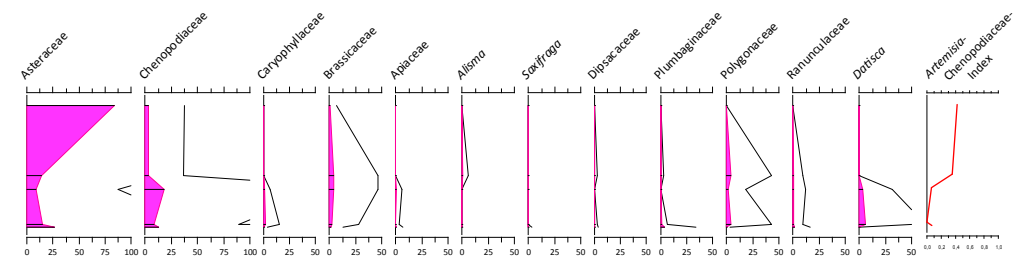
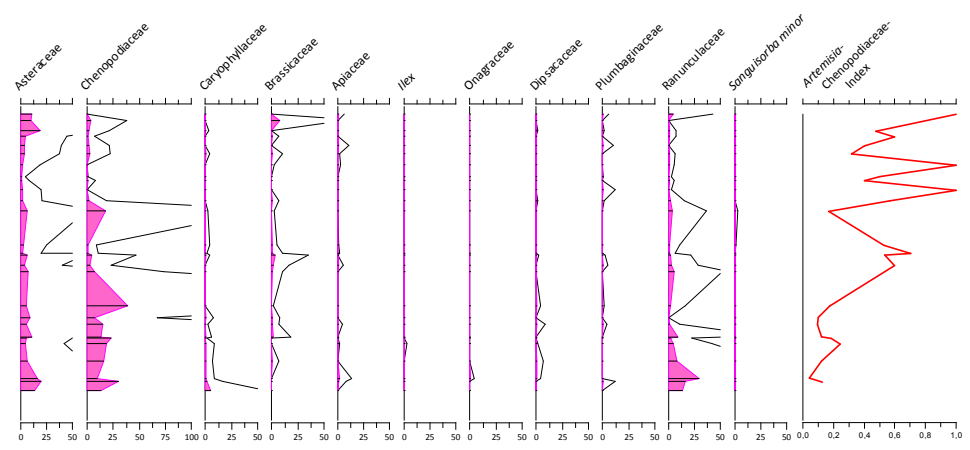
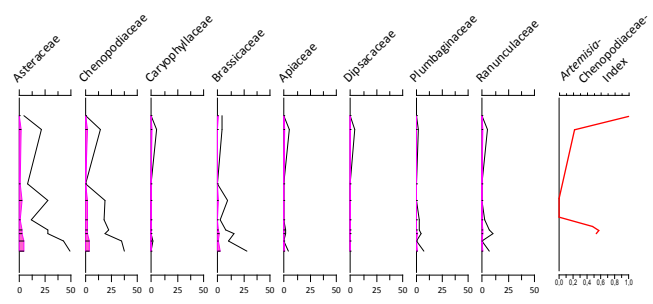
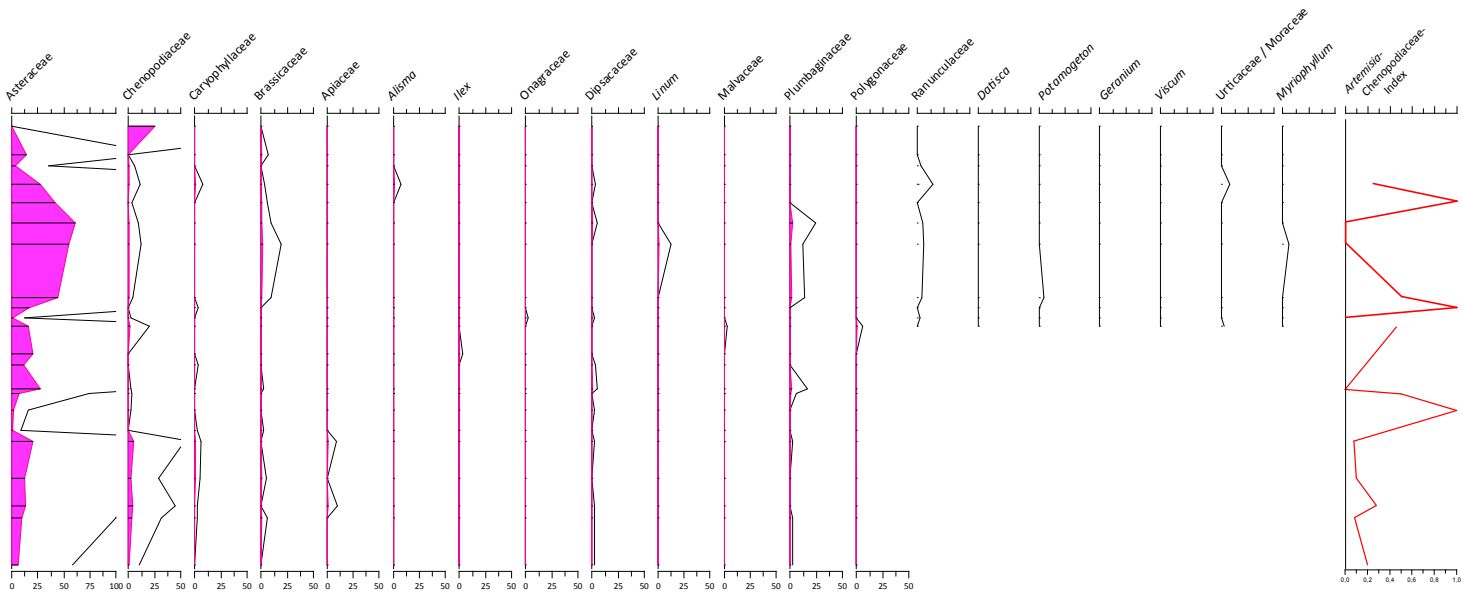


Sisian-2



Tolors-2

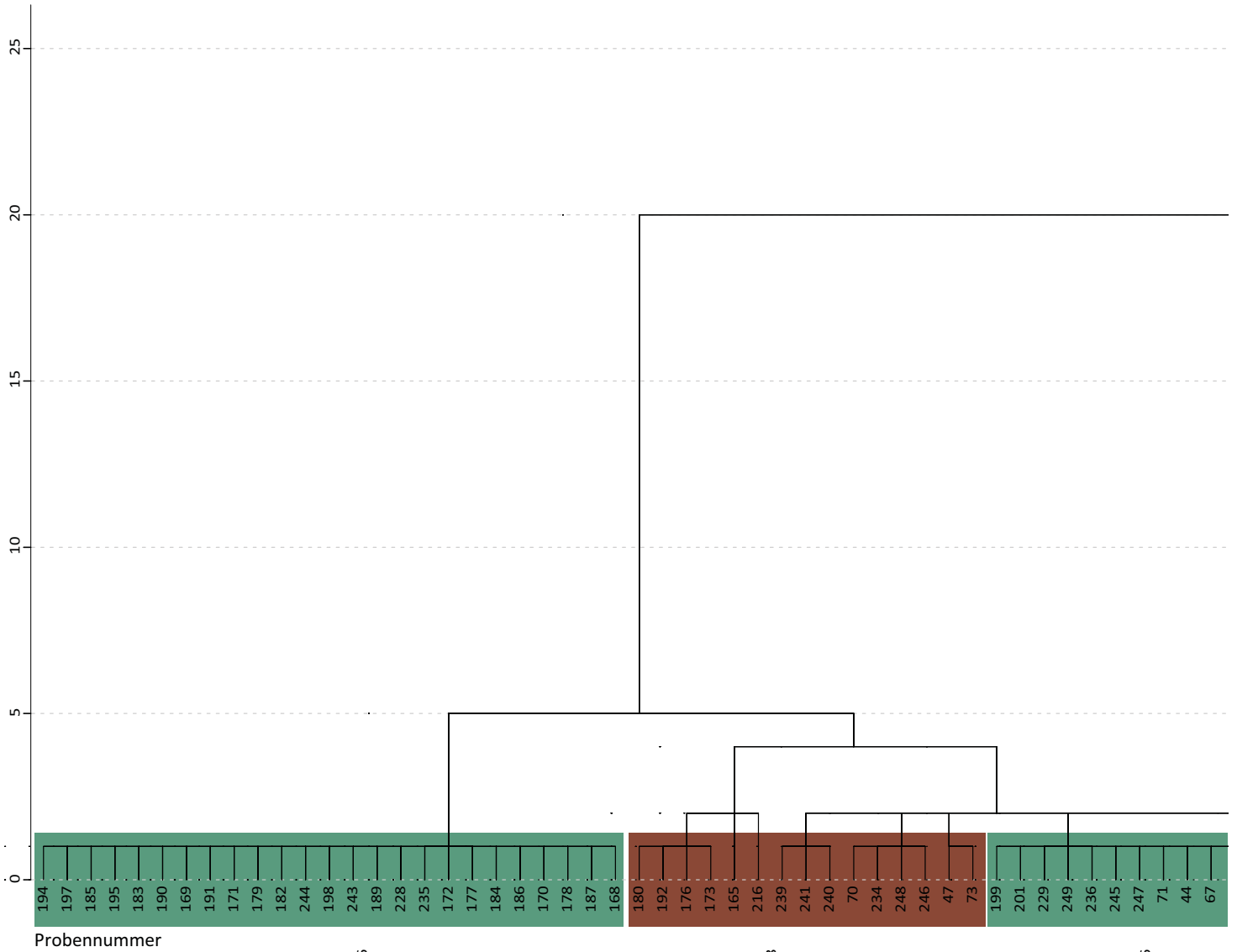
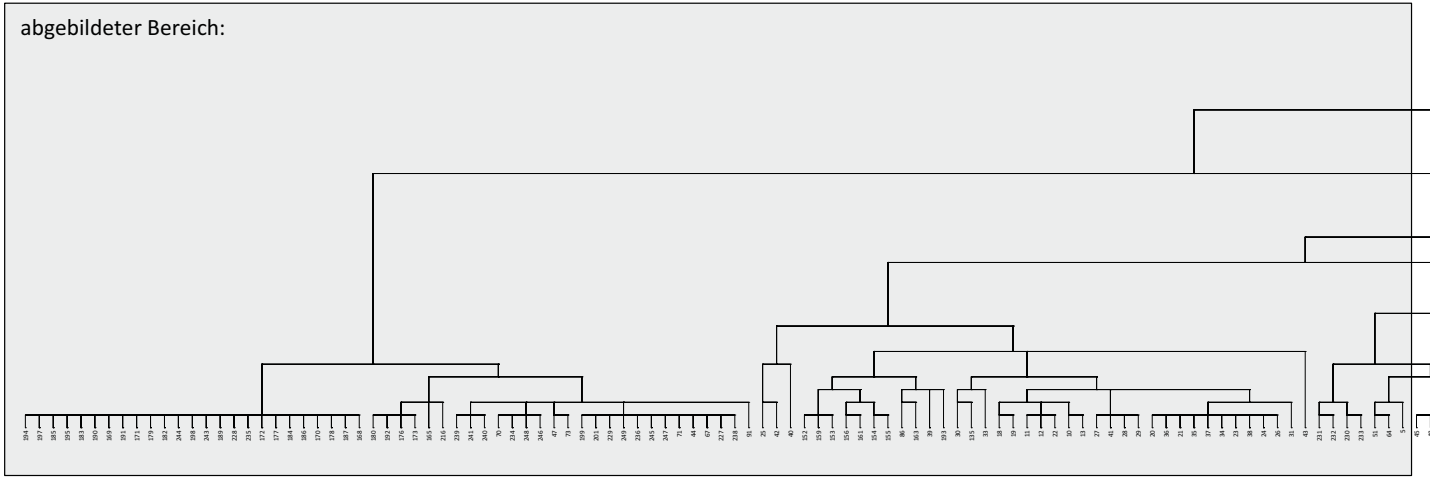


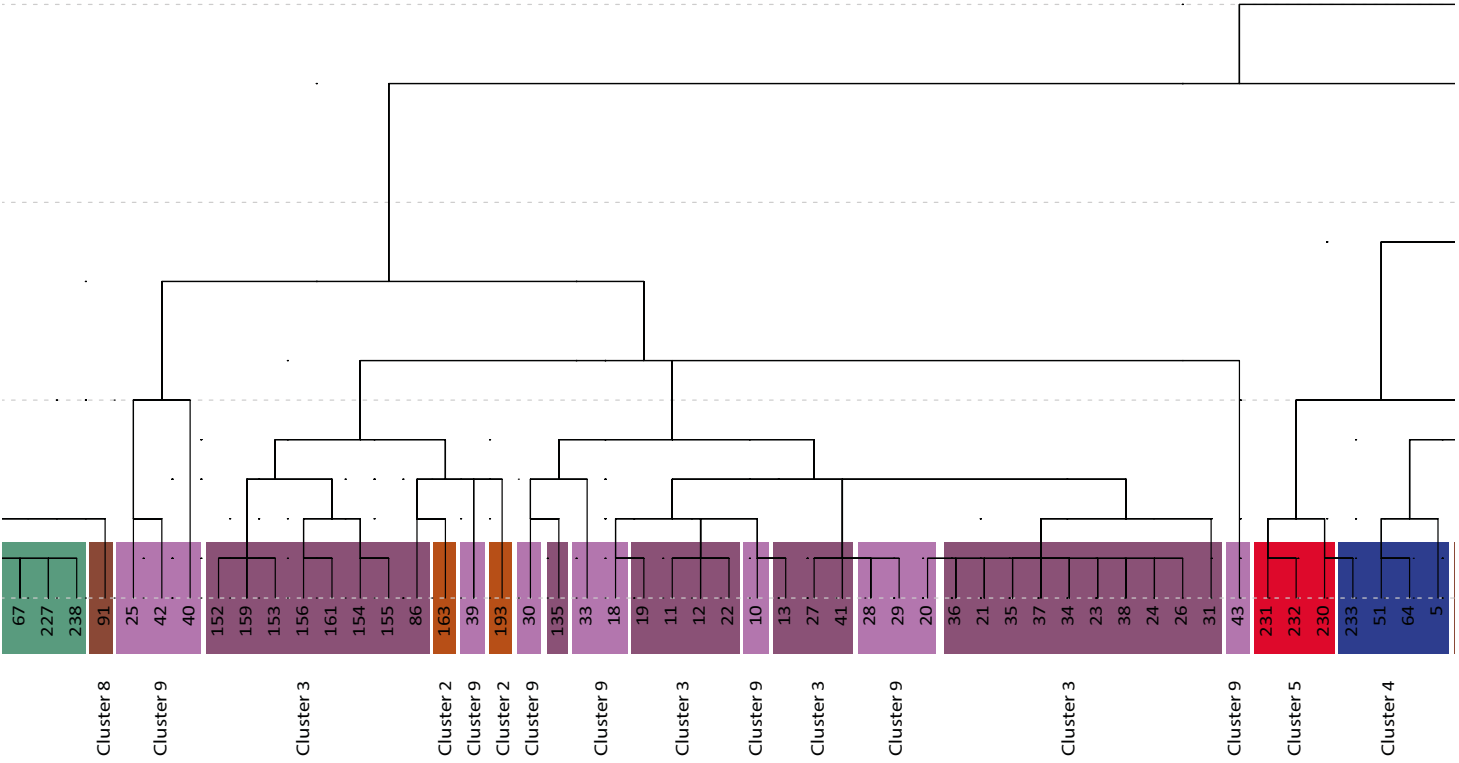
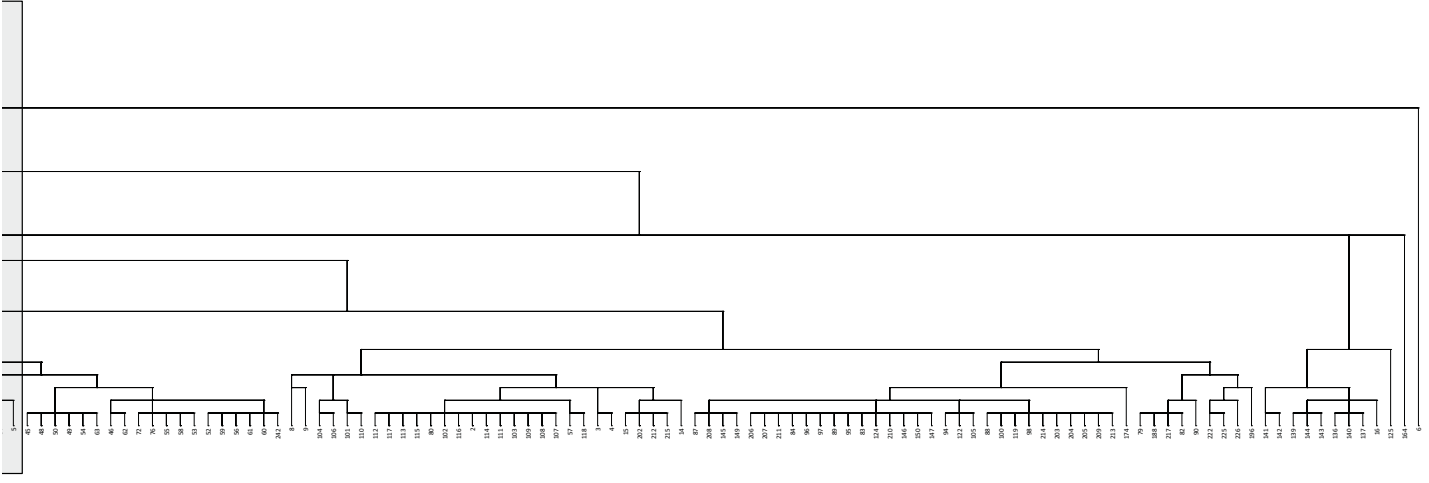


Anhang E: Dendrogramm der Clusteranalyse (Teil 1)

mit durchschnittlicher Verknüpfung (zwischen Gruppen)

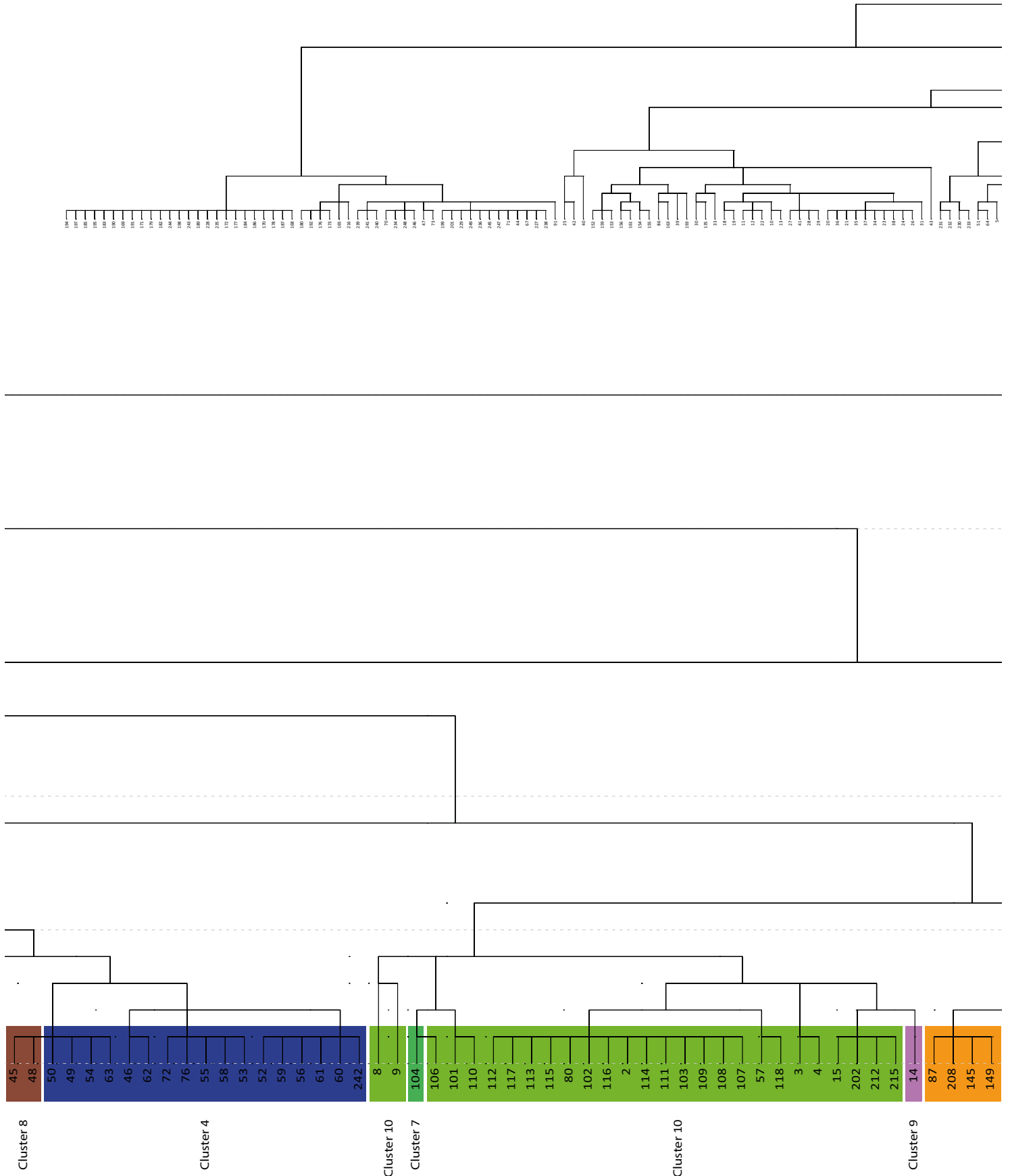
Kombination skaliertes Abstands-Cluster





Anhang E: Dendrogramm der Clusteranalyse (Teil 2)

mit durchschnittlicher Verknüpfung (zwischen Gruppen)
Kombination skaliertes Abstands-Cluster



abgebildeter Bereich:

