

Die Fossilbestimmung mit *Digiphyll* – eine kurze Einführung

Die web-basierte Bestimmung von fossilen Laubblättern mit *Digiphyll* beruht auf morphologischen Merkmalen die nacheinander abgefragt werden. Die Blattmerkmale umfassen überwiegend qualitative sowie einige quantitative („messbare“) Eigenschaften. Die für ein fossiles Blatt identifizierten Merkmalszustände werden mittels Anklicken von Ankreuzkästchen (Checkboxen) aktiviert.

Mit jeder erfolgten Auswahl eines Merkmals durch eine Checkbox werden nur noch diejenigen fossilen Taxa angeboten, die die jeweilige Merkmalskombination erfüllen. Die Zustände, die ein Merkmal annehmen kann, sind in Kategorien zusammengefasst und können hierarchisch organisiert sein. Als Beispiel soll das Merkmal „Blattrand“ dienen, das auf der obersten Hierarchieebene zwei Zustände annehmen kann: ungezähnt oder gezähnt. Handelt es sich um ein gezähntes Blatt so gelangt man zur nächsten Ebene, mit den Merkmalszuständen „crenat“ (Blattzähne abgerundet) oder „dentat“ (Blattzähne spitz). Die Checkboxen zur Auswahl dieser Merkmale sind in der Kategorie „Blattrand“ in aufklappbaren Boxen entsprechend hierarchisch angeordnet.

- Grundsätzlich werden alle aufgeführten blattmorphologischen Merkmale auf ganze Blätter oder im Falle von zusammengesetzten Blättern („Fiederblätter“) auf deren Blattfiederchen bezogen.
- Die blattmorphologischen Merkmale sind in zahlreiche Kategorien gegliedert. Jede dieser Kategorien enthält verschiedene Merkmale mit ihren Merkmalszuständen, die hierarchisch gegliedert sein können. Der Übergang zu einer niedrigeren Hierarchieebene wird mit „>“ gekennzeichnet, wobei die Anzahl der „>“ der Ordnung der Hierarchieebene entspricht (z.B. „>>“ bedeutet 3. Hierarchieebene).

Im folgenden werden die makroskopischen Merkmale in zwei Abschnitte unterteilt:

- **A:** Merkmale zur Blattmorphologie (Blattform i.e.S)
- **B:** Merkmale zur Blattaderung

Die Reihenfolge der Auflistung der morphologischen Merkmale (A) verläuft von der Petiole (Blattstiel) bis zum Apex (Blattspitze). Die Blattaderungsmerkmale (B) sind mit den Hauptadern beginnend hin zum feinen Aderungsnetz höherer Ordnung (Adern zweiter und dritter Ordnung) angeordnet.

An dieser Stelle sei angemerkt, dass es kein allgemeingültiges System für Blattmerkmale gibt, sondern verschiedene Ansätze existieren. Das hier in *Digiphyll* verwendete Merkmalsystem folgt im wesentlichen *“The Manual of Leaf Architecture”, Ellis et al., The New York Botanical Garden Press, 2009*. Dort finden sich auch ausführlichere Beschreibungen der Blattmerkmale. Im folgenden werden die zur Auswahl stehenden Merkmale kurz erläutert.

A. Blattmorphologische Merkmale

Die blattmorphologischen Merkmale sind in **neun** Kategorien gegliedert.

- 1. Blattstiel
- 2. Blattorganisation
- 3. Blattform
- 4. Blattbasis-Winkel
- 5. Blattbasis-Form
- 6. Blattspitzen-Winkel
- 7. Blattspitzen-Form
- 8. Blattrand
- 9. Blattzähne

1. Petiole

Die **Petiole** ist der Blattstiel eines einzelnen Blattes. Bei aus mehreren Fiedern zusammengesetzten Blättern werden die Stiele der Blattfiedern als Petiole betrachtet. Es werden **fünf** Merkmalszustände zur Beschreibung des Blattstiels unterschieden.

#	Code	Merkmalszustand	Beschreibung
1	A-1.1	unbekannt oder nicht vorhanden	Petiole ist nicht erkennbar.
2	A-1.2	vorhanden	Petiole oder Teile davon sind sichtbar.
3	A-1.2.1	> kurz	Petiole oder -teile < 5 mm.
4	A-1.2.2	> lang	Petiole oder -teile > 5 mm.
5	A-1.2.3	> unsicher	Petiollänge kann nicht sicher bestimmt werden.

2. Blattorganisation

Die Blattorganisation beschreibt die Aufteilung der **Lamina** (Blattspreite): geteilt oder ungeteilt. Es werden **vier** Merkmalszustände zur Beschreibung der Organisation eines Einzelblattes bzw. der Blattfiedern unterschieden.

#	Code	Merkmalszustand	Beschreibung
1	A-2.1	einfach	Das Blatt besteht aus einem Einzelblatt.
2	A-2.2	zusammengesetzt	Das Blatt besteht aus zwei oder mehreren Fiederchen.
3	A-2.2.1	> palmat zusammengesetzt	Das Blatt besteht aus mehr als zwei separaten Fiederchen, die der Petiole ansitzen.
4	A-2.2.2	> pinnat zusammengesetzt	Das Blatt besteht aus mehr als zwei Fiederchen, die entlang einer Spindel (Rachis) angeordnet sind.

3. Blattform

Die Blattform beschreibt die Gesamtgestalt der Lamina in Begriffen einfacher geometrischer Formen. Es werden **10** Merkmalszustände zur Beschreibung der Blattform unterschieden. Zur Vereinfachung werden im Folgenden die Begriffe "**Blatt**", "**Blattspreite**" und "**Lamina**" als synonym betrachtet. Zur Beschreibung werden auch Positionen entlang der Lamina angegeben.

#	Code	Merkmalszustand	Beschreibung
1	A-3.1	elliptisch	Die größte Breite des Blattes befindet sich im mittleren 1/5 der Lamina.
2	A-3.2	obovate	Die größte Breite des Blattes befindet sich in den apikalen 2/5 der Lamina.
3	A-3.3	ovate	Die größte Breite des Blattes befindet sich in den basalen 2/5 der Lamina.
4	A-3.4	oblong	Die gegenüberliegenden Blattränder des mittleren 1/3 der Lamina verlaufen +/- parallel.
5	A-3.5	linear	Das Längen-/Breiten-Verhältnis der Lamina ist > 10:1, unabhängig von der Lage der größten Blattbreite.

#	Code	Merkmalszustand	Beschreibung
6	A-3.6	gelappt	Das Blatt ist gelappt. Als Loben (Blattlappen) werden Einbuchtungen der Lamina mit einer Tiefe von mindestens 25% der Blattbreite betrachtet.
7	A-3.6.1	> pinnat gelappt	Die Hauptadern der Loben werden von costalen (der Primärader direkt entspringenden) Sekundäradern gebildet.
8	A-3.6.2	> palmat gelappt	Die Hauptadern der Loben werden von Primäradern, die direkt der Laminabasis entspringen, gebildet.
9	A-3.6.3	> zweilappig	Das Blatt besitzt zwei Loben.
10	A-3.7	andersartig	Die Blattform entspricht keiner der genannten Kategorien.

4. Blattbasis-Winkel

Die Blattbasis ist als der Blattteil definiert, der die proximalen 25% der Laminalänge umfasst. Es werden vier Merkmalszustände zur Beschreibung des Blattbasis-Winkels unterschieden.

#	Code	Merkmalszustand	Beschreibung
1	A-4.1	spitz	Blattbasis-Winkel beträgt $< 90^\circ$.
2	A-4.2	stumpf	Blattbasis-Winkel beträgt $90^\circ < x < 180^\circ$.
3	A-4.3	überstumpf	Blattbasis-Winkel beträgt $180^\circ < x < 360^\circ$.
4	A-4.4	zirkular (peltat)	Blattbasis-Winkel beträgt $> 360^\circ$; die Petiole sitzt innerhalb der Lamina an.

5. Blattbasis-Form

Die Blattbasis ist als der Blattteil definiert, der die proximalen 25% der Laminalänge umfasst. Es werden 11 Merkmalszustände zur Beschreibung der Form der Blattbasis unterschieden.

#	Code	Merkmalszustand	Beschreibung
1	A-5.1	Blattbasis ohne basale Verlängerung	Die Lamina ist nicht jenseits des Punktes verlängert, an dem die Petiole in die Laminafäche eintritt.
2	A-5.1.1	> keilförmig (geradlinig)	Der Blattrand der Blattbasis zeigt keine signifikante Krümmung.
3	A-5.1.2	> rundlich	Der Blattrand der Blattbasis bildet einen gerundeten Bogen.
4	A-5.1.3	> abgeflacht (gestutzt)	Die Blattbasis endet abrupt, so als wäre sie senkrecht zur Primärader abgeschnitten.
5	A-5.1.4	> konkav-konvex	Der Blattrand der Blattbasis verläuft basal konkav und apikal konvex.
6	A-5.1.5	> komplex	Der Blattrand der Blattbasis zeigt mehr als zwei Biegungspunkte.
7	A-5.1.6	> herablaufend	Der Blattrand der Blattbasis nähert sich dem Verlauf der Petiole asymptotisch.
8	A-5.2	Blattbasis mit basaler Verlängerung	Die Lamina dehnt sich auch unterhalb des Punktes aus, an dem die Petiole in die Laminafäche eintritt.

#	Code	Merkmalszustand	Beschreibung
9	A-5.2.1	> herzförmig	Die Blattbasis zeigt eine Einbuchtung mit dem tiefsten Einschnitt an der Ansatzstelle der Petiole.
10	A-5.2.2	> pfeilförmig	Die Blattbasis hat die Form einer abgesetzten Pfeilspitze, deren beiden basalen Enden ebenfalls spitz zulaufen.
11	A-5.2.3	> spießförmig	Die Blattbasis hat zwei schmale Loben, deren Spitzen im Winkel von 90° - 125° zur Primärader nach außen gerichtet sind.

6. Blattspitzen-Winkel

Die Blattspitze wird vom distalen Ende der apikalen 25% der Laminalänge gebildet. Es werden **drei** Merkmalszustände zur Beschreibung der Form der Blattspitze unterschieden.

#	Code	Merkmalszustand	Beschreibung
1	A-6.1	spitz	Blattspitzen-Winkel beträgt $< 90^\circ$.
2	A-6.2	stumpf	Blattspitzen-Winkel beträgt $90^\circ < x < 180^\circ$.
3	A-6.3	überstumpf	Blattspitzen-Winkel beträgt $180^\circ < x < 360^\circ$.

7. Blattspitzen-Form

Die Blattspitze wird vom distalen Ende der apikalen 25% der Laminalänge gebildet. Es werden **sieben** Merkmalszustände zur Beschreibung des Blattspitzen-Winkels unterschieden.

#	Code	Merkmalszustand	Beschreibung
1	A-7.1	keilförmig (geradlinig)	Der Blattrand der Blattspitze verläuft gerade und nähert sich graduell dem schlanken Apex.
2	A-7.2	zugespitzt	Der Blattrand der Blattspitze verjüngt sich zum spitzen Apex hin, wobei die Blattränder einwärts gekrümmt sind.
3	A-7.3	rundlich	Der Blattrand der Blattspitze bildet einen gerundeten Bogen.
4	A-7.4	eingebuchtet	Die apikale Bucht (Sinus) ist kürzer als 25% der Gesamtlänge der Lamina.
5	A-7.5	gelappt	Die apikale Bucht (Sinus) ist länger als 25% der Gesamtlänge der Lamina.
6	A-7.6	abgeflacht (gestutzt)	Die Blattbasis endet abrupt, so als wäre sie senkrecht zur Primärader abgeschnitten.
7	A-7.7	konvex	Der Blattrand der Blattspitze ist auswärts gekrümmt.

8. Blattrand

Es werden **vier** Merkmalszustände zur Beschreibung des Blattrandes unterschieden.

#	Code	Merkmalszustand	Beschreibung
1	A-8.1	ungezähnt (ganzrandig)	Der Blattrand besitzt keine Zähnung.
2	A-8.2	gezähnt	Der Blattrand besitzt mindestens einen Zahn.
3	A-8.2.1	> crenat	Die Mehrheit der Blatzzähne hat einen rundlichen, stumpfen Apex.
4	A-8.2.1	> dentat	Die Mehrheit der Blatzzähne hat einen zugespitzten, scharfen Apex.

9. Blatzzähne

In dieser Kategorien werden verschiedene Merkmale der Blatzzähne, wie Zahn-Ordnung, -dichte, -größe, -spitze und -bucht zusammengefasst. Es werden **fünf** Merkmale mit insgesamt **12** Merkmalszuständen zur Beschreibung der Blatzzähne unterschieden.

#	Code	Merkmalszustand	Beschreibung
1a	A-9.1.1	Zahnordnung: einfach (1. Ordnung)	Alle Blatzzähne haben dieselbe Größe oder variieren kontinuierlich.
1b	A-9.1.2	Zahnordnung: doppelt (2. oder höhere Ordnung)	Die Blatzzähne weisen wenigstens zwei deutlich verschiedene Größenklassen auf.
2a	A-9.2.1	Zahndichte: dicht	Mehr als 5 Blatzzähne pro Zentimeter, gemessen innerhalb der mittleren 50% der Laminalänge.
2b	A-9.2.2	Zahndichte: nicht dicht	Bis zu 5 Blatzzähne pro Zentimeter, gemessen innerhalb der mittleren 50% der Laminalänge.
3a	A-9.3.1	Zahngröße: klein	Siehe Illustration.
3b	A-9.3.2	Zahngröße: groß	Siehe Illustration.
4a	A-9.4.1	Zahnspitzenform: spitz	Die Flanken der Blatzzähne laufen spitz zu.
4b	A-9.4.2	Zahnspitzenform: rundlich	Die Flanken der Blatzzähne laufen rundlich/stumpf zu.
4c	A-9.4.3	Zahnspitzenform: drüsig	In der Zahnspitze sitzt eine Drüse.
4d	A-9.4.4	Zahnspitzenform: stachelig	Die Zahnspitze ist deutlich ausgezogen bzw. verlängert.
5a	A-9.5.1	Zahnbuchtform: spitz	Die Buchten zwischen den Blatzzähnen sind zugespitzt.
5b	A-9.5.2	Zahnbuchtform: rundlich	Die Buchten zwischen den Blatzzähnen sind rundlich.

B. Blattaderungs-Merkmale

Grundsätzlich werden alle aufgeführten Blattaderungs-Merkmale auf ganze Blätter oder im Falle von zusammengesetzten Blättern auf deren Blattfiederchen bezogen. Die Blattaderungs-Merkmale sind in **fünf** Kategorien gegliedert. Jede dieser Kategorien enthält ein oder mehrere Merkmale mit zahlreichen Merkmalszuständen. Die Untergliederung in Primär-, Sekundär- und Tertiäraderung bzw. Adern erster (1°), zweiter (2°) oder dritter (3°) Ordnung richtet sich nach dem Durchmesser (Kaliber) der Adern. Der Durchmesser nimmt von der 1° zur 3° Ordnung deutlich ab.

- 1. Primär-Aderung

- 2. Sekundär-Aderung
- 3. Intramarginale Aderung
- 4. Intersekundäre Aderung
- 5. Tertiär-Aderung

1. Primär-Aderung

Die Primäraderung (**Hauptaderung** oder **1°-Aderung**) umfasst die Adern mit dem größten Durchmesser. Es werden **12** Merkmalszustände zur Beschreibung der Primäraderung unterschieden.

#	Code	Merkmalszustand	Beschreibung
1	B-1.1	pinnat	Das Blatt (oder das Blattfiederchen) besitzt eine einzige 1°-Ader.
2	B-1.2	palmat	Das Blatt (oder das Blattfiederchen) besitzt drei oder mehr große basale Adern und wenigstens zwei davon sind 1°-Adern (d.h. der Durchmesser einer der schmäleren, seitlichen Adern beträgt > 75% des Durchmessers der dicksten, zentralen Hauptader).
3	B-1.2.1	> aktinodrom	Drei oder mehr 1°-Adern divergieren radial ausgehend von einem einzigen Punkt.
4	B-1.2.1.1	>> basal aktinodrom	Alle 1°-Adern divergieren von der Ansatzstelle der Petiole aus.
5	B-1.2.1.2	>> suprabasal aktinodrom	Drei oder mehr 1°-Adern divergieren von einem Punkt oberhalb der Ansatzstelle der Petiole aus.
6	B-1.2.2	> palinaktinodrom	Drei oder mehr 1°-Adern divergieren eher in einer Serie von Bögen als von einem einzigen Punkt aus.
7	B-1.2.3	> akrodrom	Drei oder mehr 1°-Adern entspringen von einem Punkt und verlaufen in konvergierenden Bögen in Richtung der Blattspitze.
8	B-1.2.3.1	>> basal akrodrom	Alle 1°-Adern haben ihren Ursprung an der Ansatzstelle der Petiole.
9	B-1.2.3.2	>> suprabasal akrodrom	Drei oder mehr 1°-Adern haben ihren Ursprung distal der Ansatzstelle der Petiole.
10	B-1.2.4	> flabellat	Zahlreiche feine basale Adern divergieren radial in geringem Winkel voneinander und verzweigen sich distal.
11	B-1.2.5	> parallelodrom	Viele parallele 1°-Adern entspringen kollateral an der Laminabasis und verlaufen bis in die Blattspitze (typischerweise nur bei einkeimblättrigen Pflanzen).
12	B-1.2.6	> kampylodrom	Viele parallele 1°-Adern entspringen kollateral an oder nahe der Laminabasis und verlaufen in stark gekrümmten Bögen bis in die Blattspitze (typischerweise nur bei einkeimblättrigen Pflanzen).

2. Sekundär-Aderung

Die Sekundäraderung (**2°-Aderung**) umfasst die Adern mit dem nächst feineren (dünnere im Vergleich zur 1°-Adern) Durchmesser. Es werden **11** Merkmalszustände zur Beschreibung der Sekundäraderung

unterschieden.

#	Code	Merkmalszustand	Beschreibung
1	B-2.1	2°-Adern reichen bis in den Blattrand	Die Haupt-2°-Adern oder ihre Verzweigungen laufen bis zum Blattrand.
2	B-2.1.1	> kraspedodrom	2°-Adern enden am Blattrand oder in der blattumlaufenden Randader (intramarginale Ader). Kraspedodrome Blätter haben meistens einen gezähnten Blattrand.
3	B-2.1.2	> semikraspedodrom	2°-Adern verzweigen nahe des Blattrandes; eine Verzweigung endet am Blattrand, die andere verbindet sich mit der darüber liegenden 2°-Ader.
4	B-2.2	2°-Adern reichen nicht bis in den Blattrand	2°-Adern oder ihre Verzweigungen laufen nicht bis zum Blattrand und verschmälern kontinuierlich ihren Durchmesser durch Verjüngung.
5	B-2.2.1	> eukamptodrom	2°-Adern verbinden sich mit den darüberliegenden 2°-Adern mittels 3°-Adern ohne randliche Schlingen zu bilden.
6	B-2.2.1.1	>> basal eukamptodrom	Alle eukamptodromen Adern entspringen von der Blattbasis.
7	B-2.2.2	> kladodrom	2°-Adern verzweigen sich frei.
8	B-2.3	2°-Adern bilden Schlingen und reichen nicht bis in den Blattrand	Die Haupt-2°-Adern bilden Schlingen und laufen nicht bis zum Blattrand.
9	B-2.3.1	> brochidodrom	2°-Adern verbinden sich zu aufeinander folgenden Bögen bzw. Schlingen, die sich nicht verschmälern.
10	B-2.3.2	> schwach brochidodrom	Entspricht brochidodromer Aderung, die sich jedoch im Bereich der Schlingen leicht verschmälert.
11	B-2.4	anders	Die Haupt-2°-Adern zeigen einen andern Verlauf oder weisen Mischtypen auf.

3. Intramarginale Aderung

Falls vorhanden verlaufen intramarginale Adern annähernd parallel zum Blattrand ohne sich im Durchmesser markant zu verjüngen. Es werden **zwei** Merkmalszustände zur Beschreibung der intramarginalen Aderung unterschieden.

#	Code	Merkmalszustand	Beschreibung
1	B-3.1	intramarginale Adern vorhanden	Intramarginale Aderung ist deutlich erkennbar.
2	B-3.2	intramarginale Adern nicht vorhanden	Intramarginale Aderung ist nicht erkennbar.

4. Intersekundäre Aderung

Falls vorhanden verlaufen intersekundäre Adern ähnlich wie 2°-Adern, sind jedoch deutlich kürzer als diese und liegen im Durchmesser zwischen den Haupt-2°-Adern und 3°-Adern. Es werden **zwei** Merkmalszustände zur Beschreibung der intersekundären Aderung unterschieden.

#	Code	Merkmalszustand	Beschreibung
1:	B-4.1	intersekundäre Adern vorhanden	Intersekundäre Aderung ist deutlich erkennbar.
2:	B-4.2	intersekundäre Adern nicht vorhanden	Intersekundäre Aderung ist nicht erkennbar.

5. Tertiär-Aderung

Die Tertiäraderung (**3°-Aderung**) umfasst die Adern, die den (im Vergleich zu den 2°-Adern) nächst geringeren Durchmesser aufweisen. 3°-Adern bilden oft ein Geflecht, das die 2°-Adern verbindet. Es werden **fünf** Merkmalszustände zur Beschreibung der Tertiäraderung unterschieden.

#	Code	Merkmalszustand	Beschreibung
1	B-5.1	durchlaufend	3°-Adern verbinden angrenzende 2°-Adern.
2	B-5.1.1	> gegenständig	Die parallel verlaufenden 3°-Adern verbinden die angrenzenden 2°-Adern ohne sich gegenständig zu verzweigen.
3	B-5.1.2	> alternierend	3°-Adern verbinden die angrenzenden 2°-Adern durch abrupte Kreuzung mit alternierenden anderen 3°-Adern in der Mitte der interkostalen Fläche.
4	B-5.1.3	> gemischt	3°-Adern zeigen einen gemischten Verlauf aus gegenständig und alternierend verlaufenden Adern.
5	B-5.2	netzartig	3°-Adern verbinden sich mit anderen 3°- oder 2°-Adern zu einem Netzgeflecht.