Mitt. POLLICHIA	86	99 – 109	4 Abb.	4 Tab.	Bad Dürkheim 1999
					ISSN 0341-9665

Dieter UHL & Volker MOSBRUGGER

Variabilität der Aderungsdichte in Laubblättern von Fels-Ahorn (*Acer monspessulanum* L.)

Kurzfassung

UHL, D. & MOSBRUGGER, V. (1999): Variabilität der Aderungsdichte in Laubblättern von Fels-Ahorn (*Acer monspessulanum* L.). – Mitt. POLLICHIA, **86**: 99 – 109, Bad Dürkheim

Es wird gezeigt, dass die Aderungsdichte innerhalb eines Blattes, einer Pflanze und eines Bestandes von *Acer monspessulanum* L. in bestimmten Grenzen variiert. Diese Variabilität sollte bei weitergehenden Untersuchungen über die Abhängigkeit der Aderungsdichte von äusseren Faktoren (klimatisch/ökologisch) in Betracht gezogen werden.

Abstract

UHL, D. & MOSBRUGGER, V. (1999): Variabilität der Aderungsdichte in Laubblättern von Fels-Ahorn (*Acer monspessulanum* L.)

[Variability of the venation density in leaves of the french maple (*Acer monspessulanum* L.)]. – Mitt. POLLICHIA, **86**: 99 – 109, Bad Dürkheim

The variability of the leaf venation density within an individual leaf, an individual plant and within a population of *Acer monspessulanum* L. is demonstrated. This variability has to be taken into account in investigations about the potential of climatic and environmental factors on the leaf venation density.

Résumé

UHL, D. & MOSBRUGGER, V. (1999): Variabilität der Aderungsdichte in Laubblättern von Fels-Ahorn (*Acer monspessulanum* L.)

[Variabilité de la densité de la nervure des feuilles de l'érable de Montpellier (*Acer monspessulanum* L.)].- Mitt. POLLICHIA, **86**: 99 – 109, Bad Dürkheim

Cette étude montre que la densité de la nervure à l'intérieur d'une feuille, d'une plante et d'une population d'*Acer monspessulanum* L. varie dans certaines limites. Cette variabilité devrait être prise en compte lors d'études complémentaires traitent de la dépendance de la densité de la nervure de facteurs extérieurs (climatiques/écologiques).

Einleitung

Die Morphologie der Aderung von Laubblättern wird bereits seit dem 19. Jahrhundert als taxonomisches Kriterium benutzt (z.B. v. ETTINGSHAUSEN 1861, MORY 1992). Allerdings ist bereits seit Anfang des 20. Jahrhunderts bekannt, daß Aderungsmuster und Aderungsdichte auch eine gewisse Variabilität aufzeigen, die zum großen Teil auf verschiedenste Umwelt- und Klimafaktoren zurückgeführt werden kann (vgl. UHL & MOSBRUGGER 1999). Dabei scheint generell die Wasserverfügbarkeit bzw. die Luftfeuchtigkeit den grössten Einfluß auf die Aderung zu haben, wobei unter trockeneren Bedingungen die meisten Pflanzen eine höhere Aderungsdichte aufweisen als unter feuchteren Bedingungen (z.B. MANZE, 1968; UHL & MOSBRUGGER 1999). Diese Zusammenhänge zwischen der Aderungsmorphologie und verschiedenen Klima- und Umweltfaktoren sind nun wieder von Interesse für die Paläobotanik und speziell die Paläoklimatologie als mögliche Grundlage für Rekonstruktionen des Paläoklimas und anderer Paläoumweltbedingungen.

Im Bereich der Paläoklimatologie existieren heute eine Fülle von verschiedensten Methoden, um mit Hilfe von Pflanzenfossilien einzelne Klima- und Umweltparameter, vor allem im Tertiär und Quartär, zu rekonstruieren, die alle ihre spezifischen Probleme und Einschränkungen haben (z.B. UTESCHER & MOSBRUGGER, 1997). In der Tat gibt es keine optimale, universell einsetzbare und absolut verlässliche Methode, um mit Hilfe von fossilen Pflanzen Informationen über das Paläoklima und die Paläoumwelt zu gewinnen (z.B. CHALONER & CREBER 1990; MOSBRUGGER & UTESCHER 1997; UHL & MOSBRUGGER 1999). Daher ist es nötig, daß die Wissenschaft über verschiedenste Methoden und Ansätze verfügen kann und es ist nötig, daß weiterhin neue Methoden entwickelt bzw. bereits vorhandene verbessert werden. Eine dieser Methoden, die verbessert werden müssen, benutzt dabei die Dichte der Aderung von Laubblättern zur Rekonstruktion von Paläoklima- und Umweltfaktoren (ZEUNER 1932; MANZE 1968).

Obwohl es seit Beginn des 20. Jahrhunderts eine Fülle von qualitativen Untersuchungen über die verschiedenen Einflüsse auf die Aderung gibt, ist bis heute wenig bekannt über die quantitativen Zusammenhänge. Es ist daher nötig, die verschiedenen Einflüsse auf die Aderung zu quantifizieren, um aus Änderungen der Aderungsmorphologie sicherer auf Änderungen des Klimas und/oder anderer Umweltbedingungen zurückschließen zu können als es bisher möglich ist (ZEUNER 1932; MANZE 1968; UHL & MOSBRUGGER 1999). Dazu fehlen aber unter anderem noch systematische Untersuchungen über die Variabilität der Aderungsmorphologie innerhalb einzelner Blätter und innerhalb verschiedener Blätter eines Standorts. In dieser Arbeit sollen nun Ergebnisse vorgestellt werden, die an Blättern von *Acer monspessulanum* L. (Fels-Ahorn; auch Burgen- oder französischer Ahorn genannt) aus dem Herbar der POLLICHIA und an selbst gesammelten Blättern dieser Art aus dem Nahe-Gebiet gewonnen wurden.

Bei *Acer monspessulanum* L. handelt es sich um eine submediterrane Art, welche in Deutschland nur am Mittelrhein, der unteren und mittleren Mosel, im unterfränkischen Maingebiet, am Donnersberg (LANG & WOLFF 1993) und an der Nahe vorkommt (HAEUPLER & SCHÖNFELDER 1989). Im Nahe-Gebiet kommt diese Licht- und Halbschattenpflanze zerstreut und teilweise sogar gehäuft auf trockenen, mineral- und nährstoffreichen, lockeren, kalkarmen, zumeist flachgründigen Stein- und Lehmböden vor, vor allem in wärmeliebenden Wäldern auf felsigen, sonnenexponierten Hängen und Bergkuppen (BLAUFUSS & REICHERT 1992). *Acer monspessulanum* L. gilt als Charakterart des Fels-Ahorn – Traubeneichen-Mischwaldes (Aceri monspessulani – Quercetum petraeae). In der Literatur (BLAUFUSS & REICHERT 1992) wird der Fels-Ahorn als in Rheinhessen fehlend angegeben, allerdings lagen uns mehrere ältere Belege aus Rheinhessen vor (vgl. Tab. 1), so daß diese Art eigentlich als in diesem Gebiet verschollen angesehen werden sollte. Allerdings zeigen neue Nachweise von *Acer monspessulanum* L. und einer Reihe weiterer Pflanzenarten für die Pfalz (WOLFF & LANG 1998), daß unsere heutigen Kenntnisse über die Verbreitung von Pflanzen, selbst in botanisch sehr gut untersuchten Regionen, nicht vollständig sind.

Der Fels-Ahorn wurde für diese Untersuchung ausgewählt aufgrund der Tatsache, daß aus einem relativ eng gefassten geographischen Bereich ein reiches Herbarmaterial aus den letzten 150 Jahren vorliegt. Im Rahmen dieser Arbeit sollen dabei die Variabilität der Aderungsdichte innerhalb eines individuellen Blattes, einer Pflanze und eines Bestandes aufgezeigt werden.

Material und Methoden

Das für diese Studie verwendete Blattmaterial von *Acer monspessulanum* L. stammt aus dem Herbar der POLLICHIA, welches am Pfalzmuseum für Naturkunde in Bad Dürk-

Tab. 1: Verwendetes Material aus dem Herbar der POLLICHIA.

Nr.	Sammel-Lokalität	Sammel Datum	in Herbar
1[1]	Triest	1840	SCHULTZ-BIPONTINUS
2[1]	Eppelsheim	06/1851	SCHULTZ-BIPONTINUS
3[1]	Donnersberg	1901/1905 A	ZIMMERMANN
4[1]	Donnersberg	1901/1905 B	ZIMMERMANN
5[2]	Dorn-Dürkheim	4.8.1909	ZIMMERMANN
6[1]	Donnersberg/Wildenstein	28.5.1911	STOFFEL
7[1]	Donnersberg/Spendelrücken	8.6.1922	MÜLLER
8[1]	Weinheim bei Alzey	5.9.1932	WIEMANN
9[1]	Lemberg	3.11.1946	WIEMANN
10[1]	Donnersberg/Geinsheimer Wald	31.5.1959	THATE

[1] je ein Blatt; [2] 21 Blätter

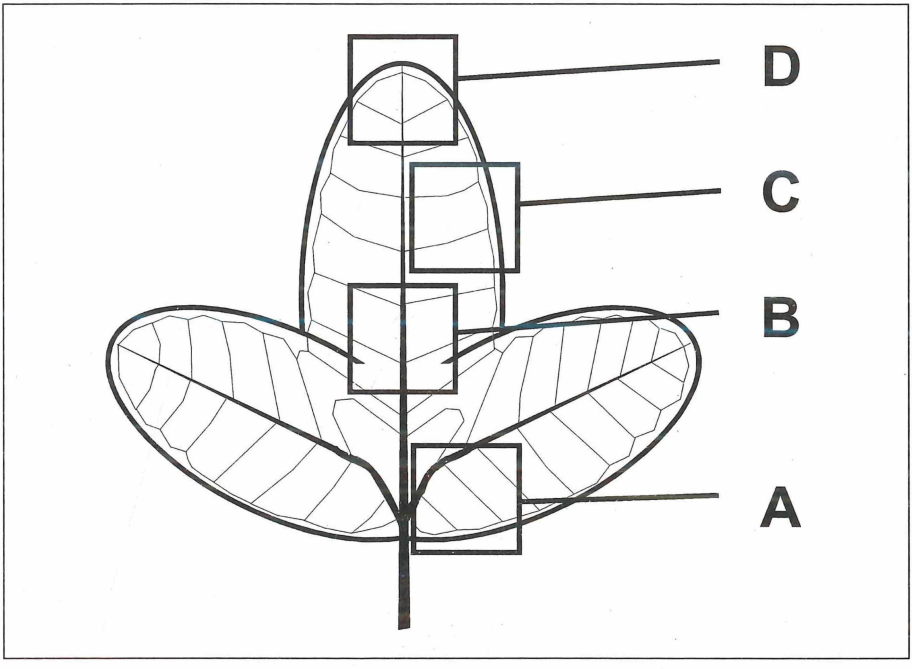


Abb. 1: Skizze eines Blattes von *Acer monspessulanum* L. Die vier Stellen auf dem Blatt, die untersucht wurden, sind durch Quadrate gekennzeichnet. A=Blattbasis, B=Blattmitte, C=Blattrand, D=Blattspitze. (Aus UHL & MOSBRUGGER 1999)

heim aufbewahrt wird, sowie aus eigenen Aufsammlungen am Lemberg (Nahe-Gebiet) im Jahre 1996. Um die Einflüsse unterschiedlicher Standortbedingungen auf die Variabilität der Aderungsmorphologie weitgehend zu minimieren, wurden hauptsächlich Herbarbelege aus dem Nahe-Gebiet, dem Donnersberg-Gebiet und Rheinhessen ausgewählt (Ausnahme Blatt Nr. 1, s. Tab. 1).

Um die Variabilität innerhalb eines Blattes zu untersuchen, wurden von je einem Blatt aus 10 verschiedenen Herbarbelegen (s. Tab. 1) jeweils vier Bereiche auf den einzelnen Blättern untersucht (s. Abb. 1). Desweiteren wurde bei 21 Blättern, die 1909 bei Dorn-Dürkheim in Rheinhessen gesammelt wurden, die Variabilität der Aderungsmorphologie im Zentrum des Blattes untersucht. Zum Vergleich der Variabilität der Aderung innerhalb verschiedener Bäume eines Standortes wurden 1996 je zwei Bäume auf dem Lemberg, in der Nähe des Lemberg-Hauses (LBH), und im Hagenbachtal (HBT), am Fuße des Lembergs, untersucht (je 20 Blätter). Zusätzlich wurden von einem Baum im Hagenbachtal je 20 Sonnen- und Schattenblätter untersucht, um Unterschiede in der Aderungsdichte zwischen Blättern beider Expositionen zu bestimmen. Die Einteilung der Blätter in Sonnen- und Schattenblätter erfolgte dabei nach der Position der einzelnen Blätter in der Krone des Baumes, wobei Blätter aus dem Inneren der Krone als Schatten- und solche aus den äußersten Schichten der Krone als Sonnen-Blätter klassifiziert wurden (vgl. UHL & WALTHER, in prep.).

Zur Analyse der aderungsmorphologischen Parameter (Adernlänge pro Fläche [mm/mm^2], Belegungsdichte [%] (=Adernfläche pro Fläche), die durchschnittliche Areolengrösse [mm^2], die Zahl der Areolen pro mm^2, die Zahl der Areolen pro Blatt und die Adernlänge pro Blatt [mm]) wurde die Aderung mit Hilfe eines Binokulars und eines Zeichenspiegels abgezeichnet und anschließend mit Hilfe eines Scanners digitalisiert. Die Messung der einzelnen Parameter erfolgte anschließend mit Hilfe der Bildverarbeitungssoftware OPTIMAS 4.101 (OPTIMAS Corp.).

Neben diesen flächenbezogenen Parametern wurde zum Teil auch der Adernabstand als Maß für die Aderungsdichte verwendet (nach UHL & MOSBRUGGER 1999). Dazu werden pro Blatt je 10 Messungen der Abstände von 11 Adern in der Mitte des Blattes, entlang einer Geraden parallel zur Mittelader, vorgenommen. Aus den dabei ermittelten Werten wird dann der mittlere Abstand zwischen zwei Adern berechnet. Diese Methode ist zwar etwas ungenauer als die Bestimmung der Adernlänge pro Fläche, dafür aber weniger zeitaufwendig (vgl. UHL & MOSBRUGGER 1999).

Ergebnisse

Variabilität innerhalb eines Blattes

Die Werte der untersuchten Aderungsparameter für verschiedene Bereiche innerhalb einzelner Blätter sind dargestellt in Tabelle 2, sowie beispielhaft für zwei der untersuchten Parameter in Abb. 2. In keinem der Blätter zeigt einer der untersuchten Bereiche systematisch höhere Werte als die anderen Bereiche. Es fällt jedoch auf, daß bei den sechs hier untersuchten Parametern der Bereich der Blattmitte öfter die niedrigsten gemessenen Werte aufweist (z.B. Areolen pro mm^2: 50% der Blätter). Die Mittelwerte der einzelnen Blätter unterschieden sich zum Teil erheblich, so ist die Adernlänge pro Fläche in Blatt Nr. 6 das 1,56 fache der Adernlänge in Blatt Nr. 8 und die durchschnittliche Areolengröße ist sogar um das 3,57 fache höher in Blatt Nr. 6 als in Blatt Nr. 8.

Variabilität innerhalb einer Pflanze

Um diese Unterschiede zwischen einzelnen Blättern weiter zu untersuchen, wurde die Aderung von 21 Blättern eines Baumes analysiert. Die dabei in den Blattzentren ermittelten Werte zeigt Tabelle 3. In diesen Blättern sind die Unterschiede noch größer als in den vorher gezeigten. Hier hatte das Blatt mit der größten Adernlänge einen um das 1,98 fache höheren Wert als das Blatt mit der kleinesten Adernlänge und bei der durchschnittlichen

Tab. 2: Gemessene Werte für verschiedene Aderungsparameter in vier verschiedenen Arealen auf 10 aufgeführten Blättern. a=Blattbasis, b=Blattmitte, c=Blattrand, d=Blattspitze, m=Mittelwert. Die Nummern entsprechen denen in Tab. 1.

Blatt	Blattfläche [mm²]	Adernlänge/ Fläche [mm/mm²]	Belegungs-dichte [%]	Durchschn. Areolengrösse [mm²]	Areolen pro mm²	Adernlänge/ Blatt [mm]	Areolen pro Blatt
1a	1672,09	11,43	60	0,01149673	34,53	19117,57	57737
1b	1672,09	9,44	65	0,0160927	21,46	15783,41	35880
1c	1672,09	12,07	65	0,01002959	35,21	20190,08	58871
1d	1672,09	10,24	56	0,01673858	26,44	17122,53	44205
1m	**1672,09**	**10,80**	**62**	**0,0135894**	**29,41**	**18053,40**	**49173**
2a	1228,08	10,93	58	0,01264038	33,18	13419,85	40743
2b	1228,08	10,12	53	0,0186880	25,04	12423,33	30751
2c	1228,08	10,26	54	0,01741445	26,21	12599,33	32184
2d	1228,08	11,88	61	0,01128796	34,76	14593,15	42689
2m	**1228,08**	**10,80**	**57**	**0,0150077**	**29,80**	**13258,92**	**36592**
3a	960,67	10,43	64	0,01382731	26,12	10018,34	25091
3b	960,67	11,77	67	0,01071063	30,52	11302,94	29322
3c	960,67	12,15	65	0,00951853	36,60	11668,65	35165
3d	960,67	12,42	65	0,00952996	36,60	11927,17	35160
3m	**960,67**	**11,69**	**65**	**0,0108966**	**32,46**	**11229,27**	**31184**
4a	1026,39	11,53	59	0,01256816	32,34	11837,08	33192
4b	1026,39	10,74	62	0,01437878	26,35	11028,14	27047
4c	1026,39	12,19	61	0,01099609	35,82	12516,31	36768
4d	1026,39	9,38	58	0,02014825	20,73	9629,19	21279
4m	**1026,39**	**10,96**	**60**	**0,0145228**	**28,81**	**11252,68**	**29572**
5a	1197,54	10,42	61	0,01588559	24,33	12481,41	29135
5b	1197,54	8,47	57	0,02459383	17,35	10148,78	20776
5c	1197,54	10,18	55	0,01720927	26,35	12195,49	31560
5d	1197,54	10,12	57	0,0171461	25,11	12122,69	30074
5m	**1197,54**	**9,8**	**58**	**0,0187087**	**23,29**	**11737,09**	**27886**
6a	736,92	15,20	70	0,00561061	53,06	11200,52	39100
6b	736,92	14,75	72	0,00555241	51,22	10869,70	37743
6c	736,92	14,30	69	0,00605556	51,34	10534,91	37835
6d	736,92	11,27	63	0,01230189	29,91	8304,69	22042
6m	**736,92**	**13,88**	**68**	**0,0073801**	**46,38**	**10227,46**	**34180**
7a	834,7	11,76	62	0,01081664	35,23	9813,29	29403
7b	834,7	13,25	65	0,00855721	41	11061,53	34219
7c	834,7	12,58	64	0,00938049	38,78	10502,13	32367
7d	834,7	13,36	60	0,00887183	44,55	11150,95	37187
7m	**834,7**	**12,74**	**63**	**0,0094065**	**39,89**	**10631,97**	**33294**
8a	1137,54	8,93	51	0,02416891	20,13	10160,22	22902
8b	1137,54	8,59	56	0,02778049	15,88	9769,51	18059
8c	1137,54	9,24	51	0,0230678	21,06	10510,77	23955
8d	1137,54	8,72	53	0,02567706	18,41	9922,65	20938
8m	**1137,54**	**8,87**	**53**	**0,0251736**	**18,87**	**10090,79**	**21463**
9a	1161,50	10,82	55	0,01518837	29,32	12565,58	34059
9b	1161,50	9,3	56	0,02097878	20,80	10806,97	24159
9c	1161,50	11,09	58	0,01339773	31,56	12885,96	36653
9d	1161,50	10,25	57	0,01756481	24,69	11909,48	28679
9m	**1161,50**	**10,37**	**57**	**0,0167824**	**26,59**	**12042**	**30887**
10a	805,77	11,46	45	0,01603922	34,45	9233,58	27762
10b	805,77	10,12	49	0,02184336	23,53	8153,93	18956
10c	805,77	9,91	50	0,02310122	21,52	7985,62	17342
10d	805,77	10,65	50	0,01678439	29,98	8584,62	24154
10m	**805,77**	**10,54**	**48**	**0,0194420**	**27,37**	**8489,44**	**22053**

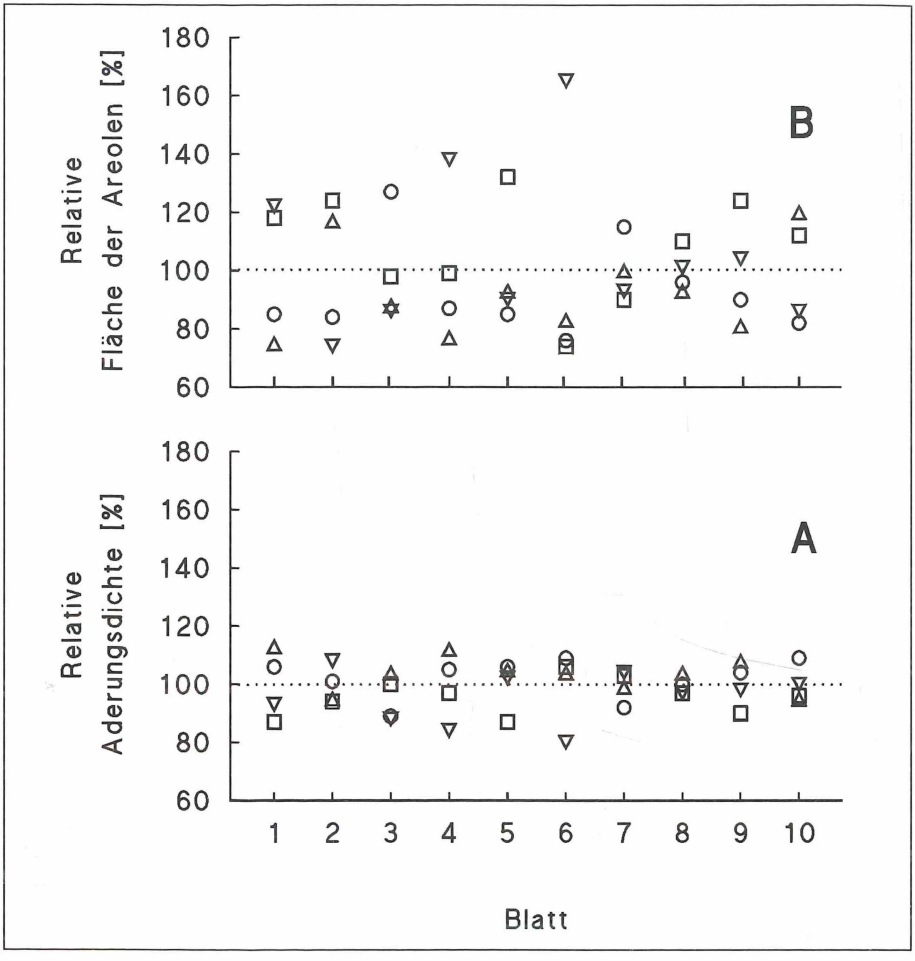


Abb. 2: Relative Aderungsdichte (A) und relative Fläche der Areolen (B) von 10 Blättern von *Acer monspessulanum* L. in %. Für jedes Blatt wurden vier verschiedene Areale auf dem Blatt untersucht; Blattbasis (O), Blattmitte (□), Blattspitze (Δ) und Blattrand (∇). Die Mittelwerte wurden jeweils auf 100% gesetzt. In (A) lassen sich nur geringe Unterschiede zwischen den verschiedenen Arealen feststellen, wohingegen die Unterschiede bei (B) größer sind. (Verändert nach: UHL & MOSBRUGGER 1999)

Areolengröße lag der größte Wert sogar um das 4,7 fache höher als der kleinste. Es zeigte sich dabei, daß die analysierten Aderungsparameter korreliert sind mit der Blattfläche (z.B. Adernlänge pro Fläche, Korrelationskoeffizient r = -0,568), wobei bei zunehmender Blattfläche die Aderungsdichte abnimmt, was sich in der Ab- bzw. Zunahme davon abhängiger Parameter zeigt.

Neben diesen direkten Unterschieden innerhalb eines Blattes und innerhalb mehrerer Blätter eines Standortes ist auch die Abweichung vom Mittelwert innerhalb eines Blattes und innerhalb mehrerer Blätter von Interesse. Wie Tabelle 4 zeigt, sind dabei die Unterschiede innerhalb einzelner Blätter geringer als die Unterschiede innerhalb mehrerer Blät-

Tab. 3: Gemessene Werte für verschiedene Aderungsparameter der Blattmitte von 21 verschiedenen Blättern die 1909 bei Dorn-Dürkheim gesammelt wurden (vgl. Nr. 5 in Tabelle 1).

Blatt	Blattfläche [mm²]	Adernlänge/ Fläche [mm/mm²]	Belegungs- dichte [%]	Durchschn. Areolengrösse [mm²]	Areolen pro mm²	Adernlänge/ Blatt [mm]	Areolen pro Blatt
1909-1	466,3	15,38	67	0,0058	172,41	7200	26338
1909-2	619,3	14,04	66	0,0068	147,05	8700	30112
1909-3	730,8	14,52	70	0,0059	169,49	10600	36655
1909-4	763,9	16,8	71	0,0041	243,90	12800	52143
1909-5	897,7	15,95	71	0,0046	217,39	14300	54544
1909-6	949	12,78	63	0,0087	114,94	12100	40827
1909-7	1035,6	13,17	67	0,0078	128,20	13600	43191
1909-8	1067,4	12	68	0,0094	106,38	12800	36470
1909-9	1081,3	12,71	63	0,0089	112,36	13700	44334
1909-10	1091,2	12,71	69	0,0077	129,87	13800	43709
1909-11	1092,5	15,94	69	0,0050	200,00	17400	65811
1909-12	1155	13,03	71	0,0068	147,06	15000	48031
1909-13	1196,8	8,47	57	0,0246	40,65	10100	20763
1909-14	1309,3	13,21	59	0,0098	102,04	17300	54807
1909-15	1328,6	14,6	67	0,0063	158,73	19400	68359
1909-16	1384,7	11,28	66	0,0113	88,50	15600	41881
1909-17	1591,2	12,97	66	0,0082	121,95	20600	65007
1909-18	1654,4	14,12	63	0,0074	135,14	23400	82838
1909-19	1669,7	12,5	64	0,0103	97,09	20800	58752
1909-20	2756,7	11,71	64	0,0110	90,91	32300	90454
1909-21	2970,2	9,31	64	0,0193	51,81	27600	55203

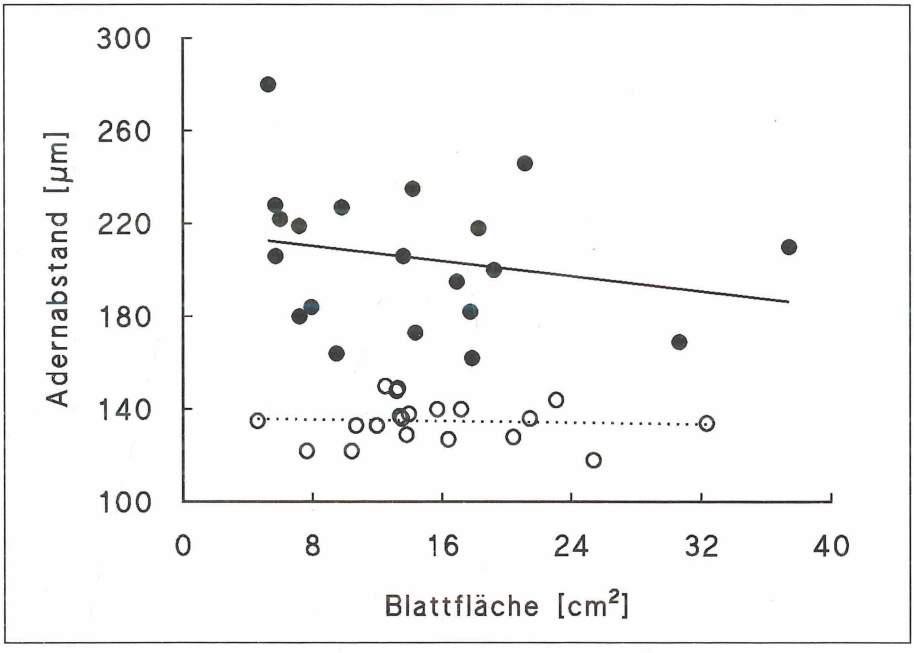


Abb. 3: Aderungsdichten (gemessen als Adernabstand) von jeweils 20 Sonnen- (O) und Schattenblättern (•) eines einzigen Baumes aus dem Hagenbachtal. Die beiden Regressionsgeraden zeigen keinen deutlichen Zusammenhang zwischen Aderungsdichte und Blattfläche.

ter. Dabei zeigte es sich, daß in beiden untersuchten Gruppen jeweils die Belegungsdichte die geringsten relativen Abweichungen und die durchschnittliche Areolengröße die größten relativen Abweichungen vom Mittelwert zeigte. Bei beiden Gruppen zeigte die Adernlänge pro Fläche zwar nicht die geringsten Abweichungen vom Mittelwert, war aber immer der Parameter mit den zweitgeringsten Abweichungen.

Ferner unterscheiden sich innerhalb einer Pflanze die Aderungsdichten von Sonnen- und Schatten-Blättern von *Acer monspessulanum* deutlich (Abb. 3). Die Adernabstände sind in Sonnen-Blättern geringer als in Schatten-Blättern und zeigen eine deutlich geringere Streubreite. Allerdings ist anzumerken, daß die Untergrenze der Adernabstände in Schatten-Blättern sich fast mit der Obergrenze in Sonnen-Blättern überschneidet. In beiden Blatt-Typen ist keine Korrelation zwischen der Aderungsdichte und der Blattfläche zu beobachten.

Variabilität innerhalb eines Bestandes

Wie in Abb. 4 zu sehen ist, unterscheiden sich die Aderungsdichten der Schatten-Blätter von 4 Bäumen (je 20 Blätter), die 1996 am Lemberg gesammelt wurden, kaum. Drei der Bäume (LBH 1, LBH 2, HBT 1) zeigen sogar fast exakt den selben mittleren Adernabstand und sehr ähnliche Standardabweichungen. Nur der Baum HBT 2 zeigt einen etwas höheren mittleren Adernabstand (niedrigere Aderungsdichte), er zeigt aber auch etwa dieselbe Standardabweichung wie die anderen drei Bäume.

Diskussion

Um die Variabilität der Aderungsdichte auf einem einzelnen Blatt von *Acer monspessulanum* zu untersuchen, wurden verschiedene Aderungsparameter an vier verschiedenen Punkten (Blattbasis, Blattrand, Blattmitte, Blattspitze) gemessen. Einige Parameter zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Untersuchungspunkten, während andere eine stärkere Variabilität innerhalb eines einzelnen Blattes aufweisen (vgl. Tab. 4, Abb. 2). Jedoch konnte bei keinem der untersuchten Parameter festgestellt werden, daß bestimmte Untersuchungspunkte immer höhere Werte aufwiesen als die anderen, so wie es bereits von ZEUNER (1932) für den Parameter Adernlänge pro Fläche festgestellt wurde. Dies steht im Gegensatz zu den Beobachtungen von MANZE (1968), der an Blatträndern eine durchgehend höhere Aderungsdichte (bis zu 15%), gemessen als Adern pro cm, gefunden hatte. Unglücklicherweise fehlen bei MANZE (1968) die Angaben über die untersuchten Arten und er zeigt nicht die entsprechenden Daten, die zu diesem Ergebnis führten. Um trotzdem mögliche Unterschiede zwischen verschiedenen Untersuchungs-

Tab. 4: Maximale Abweichungen (in %) verschiedener Areale vom Mittelwert auf einem Blatt bzw. vom Mittelwert innerhalb von 21 Blättern (vgl. Tabelle 2 & 3).

Aderungsparameter	max. Abweichung vom Mittelwert innerhalb eines Blattes [%]	max. Abweichung vom Mittelwert innerhalb von 21 Blättern [%]
Areolen / Blatt	35,51	79,16
Belegungsdichte [%]	9,43	13,6
Adernlänge/Fläche [mm/mm^2]	18,8	35,8
Adernlänge / Blatt [mm]	18,8	100,03
Durchschn. Areolengrösse [mm^2]	66,69	173,33
Areolen/Fläche [1/mm^2]	27,03	84,52

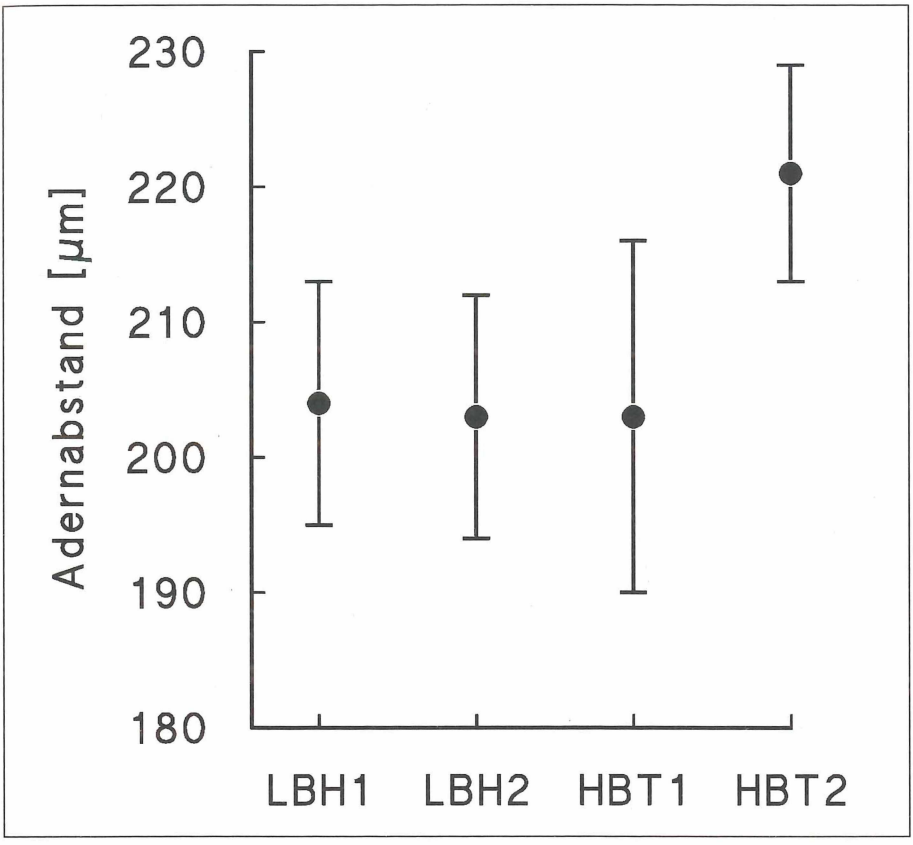


Abb. 4: Aderungsdichten (gemessen als Adernabstand) von vier *Acer monspessulanum* L. Bäumen vom Lemberg (Nahegebiet). Die Kreise geben die jeweiligen Mittelwerte und die Balken die Standardabweichungen wieder. LBH=Lemberghaus; HBT=Hagenbachtal.

punkten auszuschließen, wurden im Nachfolgenden nur Werte aus der Blattmitte gemessen. Eine solche Vorgehensweise wurde bereits von ZALENSKI (1902) vorgeschlagen, da dieser Autor nur kleine Unterschiede in den Aderungsdichten (gemessen als Adernlänge pro Fläche) verschiedener Untersuchungspunkte auf einem einzelnen Blatt feststellen konnte.

Trotz der zum Teil recht grossen Unterschiede sind jedoch bei den hier untersuchten Blättern keine klaren räumlichen Muster erkennbar, die auf grössere Unterschiede in den relevanten Standortbedingungen (vor allem Boden- oder/und Luftfeuchtigkeit; vgl. UHL 1999) hindeuten könnten. Auch sind keine Trends feststellbar, die auf eine systematische Änderung (Zu- oder Abnahme) der Aderungsdichte seit 1840 hindeuten. Allerdings haben erste cuticularanalytische Untersuchungen dieser Blätter ergeben, dass die Spaltöffnungsdichte zwischen 1840 und 1996 um 40% gesunken ist (UHL unveröff. Ergebnisse). Ein solcher Rückgang, der allerdings erst noch durch zusätzliche Daten statistisch abgesichert werden muss, könnte bedingt sein durch die in diesem Zeitraum kontinuierlich steigende Kohlendioxid-Konzentration (Climate Change 1995). Dieser Zusammenhang zwischen beiden Parametern konnte bereits für eine Reihe von Pflanzen aufgezeigt werden (z.B. WOODWARD 1987, KÜRSCHNER 1996).

Bei den Untersuchungen der Variabilität der Aderungsdichten mehrerer Blätter eines Baumes zeigte es sich, daß diese Variabilität größer ist, als innerhalb eines einzelnen Blattes (vgl. Tab. 4). Durch Untersuchungen an einer Reihe von Arten konnte jedoch gezeigt werden, daß ein stabiler Mittelwert der Aderungsdichte bereits nach der Messung von 10–15 Blättern erreicht wird, wenn die Probe aus einer homogenen Population stammt (UHL 1999).

Auch die Unterschiede in den Aderungsdichten von Sonnen- und Schattenblättern (vgl. Abb. 3), die von STAHL bereits 1880 bei Rotbuchen (*Fagus sylvatica*) beschrieben wurden, müssen bei Untersuchungen über die Aderungsdichten von Laubblättern mit berücksichtigt werden. *Acer monspessulanum* zeigt, wie eine Reihe weiterer Laubbaum-Arten (z.B: SCHUSTER 1908, MANZE 1968, UHL & WALTHER in prep.), deutliche Unterschiede, wobei die Sonnenblätter in den meisten Fällen eine höhere Aderungsdichte aufweisen als die Schattenblätter.

Bei *Acer monspessulanum* scheint die Aderungsdichte verschiedener Bäume aus dem gleichen Bestand, die auch sehr ähnlichen mikroklimatischen Bedingungen ausgesetzt sind, relativ konstant zu sein (vgl. Abb. 4). Dies kann jedoch nicht verallgemeinert werden, da einzelne Bäume recht deutlich von diesen Werten abweichen können (vgl. Abb. 4). Die Gründe dafür können neben genetischen Unterschieden zwischen einzelnen Bäumen, auch durch Unterschiede in der Bodenbeschaffenheit oder der Grundwasserversorgung begründet sein. Solche Unterschiede sollten bei Untersuchungen über Aderungsdichten immer mit in Betracht gezogen werden, und es sollten immer Blätter von möglichst vielen Bäumen pro Standort untersucht werden.

Alles in allem kann festgestellt werden, daß bei *Acer monspessulanum* die Aderungsdichte eine recht große Variabilität aufweist, auch wenn die Einflüsse verschiedener Klimafaktoren nicht betrachtet werden. Diese „Grund"-Variabilität muss mit berücksichtigt werden, wenn die Einflüsse verschiedenster Klima- und Umweltfaktoren auf die Aderungsdichte dieser Art untersucht werden sollen. Der Fels-Ahorn kann ferner wohl auch als warnendes Beispiel für Untersuchungen an anderen Arten dienen, bei denen die Einflüsse solcher Faktoren auf die Aderungsdichte untersucht werden sollen.

Danksagung

Wir danken Herrn Dr. V. John, Pfalzmuseum für Naturkunde – Sammlungen der POLLICHIA (Bad Dürkheim), für die Ausleihe des Herbarmaterials, sowie Frau S. Uhl für die Hilfe bei der Sammlung der Blätter am Lemberg.

Literaturverzeichnis

BLAUFUSS, A. & REICHERT, H. (1992): Die Flora des Nahegebiets und Rheinhessens. – POLLICHIA-Buch, **26**, 1061 S., Bad Dürkheim.

CHALONER, W. G. & CREBER, G. T. (1990): Do fossil plants give a climatic signal?. – J. geol. Soc., **147**: 343–350, London.

Climate Change (1995): The Science of Climate Change. Contribution of Working Group 1 to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change. – Hrsg. von J.T. HOUGHTON, L.G. MEIRA FILHO, B.A. CALLANDER, N. HARRIS, A. KATTENBERG & K. MASKELL, 572 S., Cambridge: Cambridge University Press.

ETTINGSHAUSEN, C. v. (1861): Die Blatt-Skelette der Dikotyledonen mit besonderer Rücksicht auf die Untersuchung und Bestimmung der fossilen Pflanzenreste. – XLV + 308 S., Wien.

HAEUPLER, H. & SCHÖNFELDER, P. (1989): Atlas der Farn- und Blütenpflanzen der Bundesrepublik Deutschland. – 2. Aufl., 768 S., Stuttgart: Ulmer

KÜRSCHNER, W. M. (1996). Leaf Stomata as Biosensors of Palaeoatmospheric CO_2 Levels. – LPP Contr. Ser., **5**, 153 S., Utrecht

LANG, W. & WOLFF, P. (Ed., 1993): Flora der Pfalz. Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen für die Pfalz und ihre Randgebiete. – Veröff. Pfälz. Ges. z. Förderg. d. Wiss., Bd. 85, 444 S., 2045 Verbreitungskt., Speyer.

MANZE, U. (1968): Die Nervaturdichte der Blätter als Hilfsmittel der Paläoklimatologie. – Sonderveröff. Geol. Inst. Univ. Köln, **14**: 103 S., Köln.

MORY, B. (1992): Zur Blattnervatur antillanischer Arten der Gattung *Crossopetalum* P. BR. (Celastraceae). – Flora, **187**: 17–36, Jena.

MOSBRUGGER, V. & UTESCHER, T. (1997): The coexistence approach – a method for quantitative reconstructions of Tertiary terrestrial palaeoclimate data using plant fossils. – Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., **134**: 61–86, Amsterdam.

SCHUSTER, (1908). Die Blattaderung des Dicotylenblattes und ihre Abhängigkeit von äußeren Einflüssen. – Ber. deutsch. bot. Ges., **26**: 194–237, Stuttgart.

UHL, D. (1999). Leaf venation density as a climatic and environmental proxy – implications for palaeoclimatology. – Diss., Universität Tübingen, 122 + XLVI S., Tübingen [unveröff.].

UHL, D. & MOSBRUGGER V. (1999): Leaf venation density as a climate and environmental proxy: a critical review and new data. – Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., **149**: 15–26, Amsterdam.

WOLFF, P. & LANG W. (1998): Siebte Nachträge zur „Flora der Pfalz – Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen für die Pfalz und Randgebiete". – Mitt. POLLICHIA, **85**: 197–218, Bad Dürkheim.

WOODWARD, F. I. (1987). Stomatal numbers are sensitive to increases in CO_2 concentration from pre-industrial levels. – Nature, **327**: 617–618, London.

ZEUNER, F. E. (1932): Die Nervatur der Blätter von Öningen und ihre methodische Auswertung für das Klimaproblem. – Cbl. Min., Geol., Paläont., Abt. B.: 260–264, Stuttgart.

(bei der Schriftleitung eingegangen am12.10.1999)

Anschrift der Autoren:
Dr. Dieter Uhl & Prof. Dr. Volker Mosbrugger, Eberhard-Karls-Universität Tübingen, Institut und Museum für Geologie und Paläontologie, Sigwartstr. 10, D-72076 Tübingen

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen der POLLICHIA

Jahr/Year: 1999

Band/Volume: 86

Autor(en)/Author(s): Uhl Dieter, Mosbrugger Volker

Artikel/Article: Variabilität der Aderungsdichte in Laubblättern von Fels-Ahorn (Acer monspessulanum L.) 99-109