

Carinthia II	172./92. Jahrgang	S. 255–273	Klagenfurt 1982
--------------	-------------------	------------	-----------------

Über Standortbedingungen und Autökologie von *Wulfenia carinthiaca* um den Gartnerkofel (Kärnten)

Von Monika WINKLER

Mit 5 Abbildungen und 6 Tabellen

Zusammenfassung: In der vorliegenden Arbeit wird das Vorkommen von *Wulfenia carinthiaca* um den Gartnerkofel sowohl aut- und synökologisch als auch pflanzengeographisch untersucht. Es wurde zu klären versucht, ob nicht etwa Beziehungen zwischen der Autökologie und den Standortbedingungen von *Wulfenia carinthiaca* bestehen könnten. Die Autökologie wie auch die pflanzengeographischen Gegebenheiten von *Wulfenia carinthiaca* liefern keine Anhaltspunkte für ihr begrenztes Vorkommen rund um den Gartnerkofel. Da weder bodenkundliche oder klimatische Faktoren noch Gegebenheiten der lebenden Umwelt (biotische Faktoren) das begrenzte Vorkommen von *Wulfenia carinthiaca* erklären, müssen wir annehmen, daß historische, vegetationsgeschichtliche Gründe maßgebend sind.

ENTDECKUNG, VERBREITUNG UND HERKUNFT VON *WULFENIA CARINTHIACA*

Franz Xaver Freiherr von WULFEN, einer alten Adelsfamilie entstammend, entdeckte im Juli 1779 „die neue blaue Pflanze, die noch kein Botanist je gesehen oder beschrieben hat“ (WULFEN 1858:24). Sie wurde von JACQUIN (1781) nach ihrem Entdecker *Wulfenia carinthiaca* benannt und von LAKUSIC (1964) als *Wulfenia carinthiaca subsp. carinthiaca* LAKUSIC differenziert. PACHER stellte 1850 ein weiteres Vorkommen auf der Watschiger Alm fest, PIRONA entdeckte *Wulfenia carinthiaca* 1855 auf der Auernigalm, JABORNEGG (1867) fand sie 1865 auf der Garnitzenalm. Viele Verfasser haben sich im Laufe der Zeit mit der so im mitteleuropäischen Raume einmaligen Gegebenheit beschäftigt und nach Erklärungen für das Vorkommen von *Wulfenia carinthiaca* in Kärnten gesucht. So waren dies SCHARFETTER (1906, 29), GINZBERGER (1925), GILLI (1933), AICHINGER (1943/69), FORNACIARI (1950), FINDENEKG (1955), LAKUSIC (1964/71), TURNOWSKY (1969), LEPPER (1970) und WINKLER (1978, 79).

Nach der Entdeckung von *Wulfenia carinthiaca* im Gebiet des Naßfeldes wurden nach LEPPER (1970) noch gefunden:

- 1827 *Wulfenia amherstiana* BENTH. am Himalaja,
in den dreißiger Jahren *Wulfenia orientalis* BOISS. in Syrien, beschrieben von BOISSIER
1844,
1883 als *Falconeria himalaica* von HOOKER beschrieben und 1943 von PENNELL als *Wulfenia
himalaica* PENNELL bezeichnet,
1897 *Wulfenia baldaccii* DEGEN auf dem Parungebirge in Albanien,
1903 *Wulfenia carinthiaca* subsp. *rohlena* (*W. carinthiaca* JACQ.) auf der Sekirica planina
in Südmontenegro.

Nach Franz Xaver Freiherr von WULFEN gab es *Wulfenia carinthiaca* nur auf der Kühweger Alpe. Die heutige Verbreitung ist jedoch wesentlich größer. AICHINGER (1969) beschreibt ihre Verbreitung folgend: „Ihr östlichstes Vorkommen finden wir auf der Möderndorfer Alpe im Osten des Garnitzenbaches, ihr nördlichstes im Westen des Garnitzenbaches im Gebiet des Schwarzwipfels, ihr südlichstes Vorkommen liegt oberhalb der Auernig Alm im italienischen Staatsgebiet, ihr westlichstes Vorkommen wird durch den zum Naßfeld führenden Trögelbach begrenzt.“ *Wulfenia carinthiaca* besitzt ein Areal von 10 km² und siedelt zwischen 1300 und 1900 m.

Nach FRITZ (1976) bewohnt *Wulfenia carinthiaca* dieses Gebiet seit dem Präboreal, nachdem sie aus dem Süden zu Beginn der Nacheiszeit eingewandert ist. Dieser Zeitpunkt liegt nach PATZELT (1972) 9500 v. h. zurück, es kann daher für die *Wulfenia*-Bestände um den Gartnerkofel ein Alter von etwa 9500 Jahren angenommen werden.

Neben der hier beschriebenen Verbreitung ist es wesentlich, daß *Wulfenia carinthiaca* Hochstaudenböden bevorzugt und an das Licht größere Ansprüche stellt.

AICHINGER (1981) stellt in seiner Arbeit: „Ein vegetationskundlicher Beitrag zu den Ursachen von Schneebrettlawinen“ fest, daß die Hochstaudengesellschaft „*Adenostyletum alliariae wulfenietosum*“ an jenen Örtlichkeiten anzutreffen ist, deren Böden schon im ungefrorenen Zustand im Spätherbst zuschneien und durch Schwimmschneebildung leicht gefährliche Schneebrettlawinen auslösen.

ZUR PFLANZENSOZIOLOGIE VON *WULFENIA CARINTHIACA*

Wulfenia carinthiaca ist weder eine Charakterart einer Assoziation im Sinne der Schule BRAUN-BLANQUET's noch eine stete Art einer Soziation im Sinne der skandinavischen Schule. Die Pflanze muß also als gesellschaftsvag bezeichnet werden. In verschiedenen Vergesellschaftungen tritt *Wulfenia carinthiaca* neben anderen Arten dominant, also faziesbildend, auf.

Sehr häufig ist *Wulfenia carinthiaca* in *Festuca rubra*-, *Adenostyles alliaria*-, *Chaerophyllum vilarsii*-, *Rhododendron hirsutum*- und *Pinus mugo*-rei-

chen Pflanzenvergesellschaftungen anzutreffen. Auch im *Alnetum viridis* Br.-Bl. 18 und in Gesellschaften des *Rhododendron-Vaccinion* Br.-Bl. 26 kann *Wulfenia carinthiaca* dominant vorkommen.

In der nachfolgenden Tabelle wurden Abundanz und Deckungsgrad nach der Skala von BRAUN-BLANQUET (1964) geschätzt, die Nomenklatur folgt EHRENDORFER (1973).

Nr. der Aufnahmefläche	30	31	32	36	43
Ort der Aufnahme	Watschiger Alm				
Größe der Aufnahmefläche qm	3	4	4	4	3
Seehöhe in m	1610	1610	1610	1780	1700
Exposition	NW	NW	NW	OSO	SO
Neigung in Grad	15	15	15	30	30
pH	6,7	6,7	6,7	6,8	6,8
Wassergehalt des Bodens %	49,3	49,3	-	-	49,3
Wasserkapazität/Boden %	45,3	44,8	-	45,0	-
Luftkapazität/Boden %	17,4	-	-	17,6	-
Rel.Lichtgenuß	90	90	90	90	90
<i>Wulfenia carinthiaca</i>	2.2	3.3	2.2	1.2	3.3
<i>Hypericum maculatum</i>	3.2	1.2	1.1	2.3	2.1
<i>Rhododendron hirsutum</i>	2.2	1.2	2.3	2.3	2.2
<i>Geranium sylvaticum</i>	+	+	1.2	2.3	2.1
<i>Alchemilla vulgaris</i>	1.2	1.2	+2		
<i>Potentilla aurea</i>	1.2	2.2			
<i>Deschampsia cespitosa</i>	1.2	+2	+2		
<i>Galium anisophyllum</i>	+		+		

Tab. 1: *Rhododendron hirsutum*-reiche Vergesellschaftung mit *Wulfenia carinthiaca* und *Hypericum maculatum*.

Die oben genannte Vergesellschaftung ist ein Verwüstungsstadium eines Lärchen-Fichten-Mischwaldes. Die Pflanzenarten weisen auf eine gute Wasser- und Mineralstoffversorgung hin. Das Hervortreten von *Hypericum maculatum* ist eine Folge des unregelmäßigen Weidenganges. Als mehr oder weniger azidiphile Art tritt *Potentilla aurea* trotz der kalkreichen Bodenunterlage hervor, weil in diesem *Rhododendron hirsutum*-Bestand

alte Baumstämme die Mineralisierung des Bodens verhindern und Rohhumusaufgaben ermöglichen.

Vergleicht man pflanzensoziologische Aufnahmen mit *Wulfenia carinthiaca* in Hinblick auf die Vegetationsdynamik, zeigt es sich, daß *Wulfenia carinthiaca* in den Initialstadien der Waldstufe ebenso fehlt wie in den Schlußstadien. In Initialstadien reicht offenbar der Mineralhaushalt für das lebenskräftige Aufkommen von *Wulfenia carinthiaca* noch nicht aus, und im Schlußstadium erhält *Wulfenia carinthiaca* durch Beschattung des Bodens nicht den notwendigen Lichtgenuß. Unsere *Wulfenia* besiedelt keine Pioniergesellschaften extremer Standorte, wohl aber sekundäre Waldverwüstungsstadien des Lärchen-Fichten-Mischwaldes.

Im Zuge der Vegetationsentwicklung drängen schattenertragende Pflanzen die mehr oder weniger lichtbedürftige *Wulfenia* immer wieder zurück. Die unregelmäßige Weidewirtschaft begünstigt hingegen als biotischer Faktor ihre Ausbreitung. Die Erfahrung wird bestätigt, daß der Viehtritt einen wichtigen Faktor darstellt und jede Schutzmaßnahme fehlschlagen müßte, die die unregelmäßige Beweidung von den *Wulfenia*-Beständen fernzuhalten sucht. Schon allein, weil mit Unterbindung der unregelmäßigen Weidenutzung die Bewaldung sehr zunehmen würde und damit in zunehmendem Maße die *Wulfenia* durch Beschattung zurückgedrängt werden würde.

ZUR AUTÖKOLOGIE VON *WULFENIA CARINTHIACA*

Das Einschneien von *Wulfenia carinthiaca* schon im frühen Herbst, also zu einem Zeitpunkt, in dem unsere *Wulfenia* noch ungefrorenen Boden besiedelt, und ihre späte Ausaperung stellen einen sehr wesentlichen Umweltfaktor dar. Die Schneebedeckung dauert daher sehr lange, im allgemeinen von Mitte Oktober bis Mitte Mai, an windgeschützten Stellen etwa bis Juni. Innerhalb dieser Zeit muß *Wulfenia carinthiaca* ihren Vegetationszyklus durchlaufen. Die Wirkungen der Schneedecke sind vor allem auch darin zu erblicken, daß der Schnee ein stets fließendes Wasserreservoir darstellt und die Pflanzen vor den Gefahren des Austrocknens im Winter schützt (vgl. SCHRÖTER, 1926). Zudem ist auch noch die isolierende Wirkung der Schneedecke gegen tiefe Temperaturen zu beachten, sodaß der Boden wintersüber warm bleibt und *Wulfenia carinthiaca* daher keinen Bodenfrost erhält. Im Rahmen meiner Arbeit (WINKLER 1978) konnte während mehrerer Vegetationsperioden beobachtet und photographisch belegt werden, wie das Verbreitungsgebiet von *Wulfenia carinthiaca* zugeschnitten wird und wie der Schnee wegschmilzt. Die Aufnahmen bestätigen, daß sich die Vorkommen von *Wulfenia carinthiaca* mit den Örtlichkeiten decken, wo der Schnee am längsten liegenbleibt. Es wurde auch an einigen Stellen der Schnee entfernt, und unter der Schneedecke wurden

bereits bis zu 5 cm hohe *Wulfenia*-Pflanzen gefunden. Binnen kurzer Zeit (2–6 Tage) nach Wegschmelzen des Schnees bedecken die jungen Pflanzen den Boden, umgeben von den vorjährigen Blattrosetten. Umgekehrt wurden im Herbst fotografisch dieselben Stellen erfaßt und damit belegt, daß die *Wulfenia*-Standorte frühzeitig zuschneien. Der frisch gefallene Schnee bleibt zuerst in den Mulden liegen, bedeckt den Boden bei Geländeabbrüchen – die Örtlichkeiten, wo *Wulfenia* auftritt, liegen unter einer Schneedecke –, nur Büsche und kleine Bäume sowie Felsen ragen noch hervor.

Umgekehrt wird auf den windausgesetzten Rücken und Kämmen der Schnee immer wieder abgeweht, und von den sonnigen, steilen Hängen gleitet er nicht nur fortlaufend ab, sondern schmilzt infolge der starken Sonneneinstrahlung zuerst weg.

Wulfenia carinthiaca bevorzugt einen hohen Lichtgenuß, da sie vor allem an offenen Stellen vorkommt; das Licht stellt für sie einen begrenzenden Faktor dar. *Wulfenia carinthiaca* besitzt nämlich ihr optimales Wachstum zwischen 80% und 100% relativem Lichtgenuß. Allerdings kann *Wulfenia carinthiaca* bei besonders zusagenden Bedingungen mehr Schatten ertragen, weshalb wir sie auch in nicht zu schattigen Grünerlenbeständen antreffen. Wichtig ist hier vor allem die frühe winterliche Schneebedeckung, sodaß der Schnee den noch ungefrorenen Boden bedeckt und gleich liegenbleibt. Der Boden wird dadurch fortlaufend warm gehalten und bewahrt damit immer seinen Wasser- und Mineralhaushalt, und daher kann das Bodenleben auch im Winter an der Mineralisierung im Boden arbeiten.

Im sterilen Zustand finden wir *Wulfenia carinthiaca* vor allem in Grünerlenbeständen, ja sogar in durchlichteten Fichtenbeständen, die im Grünerlenbestand aufgewachsen sind. In diesen wächst *Wulfenia* bei 50% relativem Lichtgenuß noch fertil und tritt bei weiterer Abnahme des Lichtes immer mehr zurück.

Wulfenia carinthiaca muß daher eher den Heliophyten (Lichtpflanzen) als den Skiophyten (Schattenpflanzen) zugeordnet werden.

Die Lufttemperaturen schwanken auf dem Naßfeld stark, unterschreiten jedoch in der Vegetationsperiode nie den Gefrierpunkt. Bei meinen Untersuchungen kam mir sehr zu Hilfe, daß sich auf der Watschiger Alm in unmittelbarer Nähe des Verbreitungsgebietes von *Wulfenia* (ca. 20 m Höhenunterschied, aber es gibt auch tiefer liegende *Wulfenia*-Vorkommen) eine meteorologische Station befindet, deren Daten verwendet wurden (das Maximum-Minimum-Thermometer befand sich ca. 150 m von den *Wulfenia*-Beständen entfernt).

Den Temperaturgang zur Zeit der Versuche auf der Watschiger Alm zeigt Tabelle 2.

Monat	J	F	M	A	M	J
Maximum	+10,0	+11,5	+11,0	+11,9	+18,0	+22,7
Minimum	-16,4	-12,0	-16,6	-8,9	-3,8	-0,5
Mittel	-2,6	-2,7	-3,4	+1,6	+7,2	+11,6

(Monat)	J	A	S	O	N	D
(Maximum)	+22,6	+16,1	+14,0	+20,5	+8,0	+4,0
(Minimum)	+4,0	+1,0	-1,1	-2,5	-9,4	-15,0
(Mittel)	+13,0	+9,2	+6,6	+5,9	-0,3	-5,0

Tab. 2: Temperaturmittel und Extremtemperaturen (absolut) der meteorologischen Station Naßfeld aus dem Jahre 1976.

Die Bodentemperaturen wurden in einer einheitlichen Tiefe von 5 bis 7 cm bestimmt, um vergleichbare Werte zu erhalten. Dazu wurden Stabthermometer benützt, die an mehreren Stellen im Verbreitungsgebiet von *Wulfenia* in den Boden eingebohrt wurden. Die erhaltenen Werte wurden monatsweise zu einer bestimmten Zeit (14^h) festgehalten, außerdem wurde das Tagesmittel (Morgen-, Mittag- und zweimal Abendwert) errechnet und dieses mit dem ebenso bestimmten Temperaturmittel der Luft verglichen.

Die folgende graphische Darstellung (Abb. 1) zeigt den Verlauf der Maximal- und Minimaltemperaturen auf der Watschiger Alm (Maxima, Minima), das Temperaturmittel der Luft, den Verlauf der Bodentemperatur um 14^h und den mittleren Temperaturverlauf im Boden vom August 1976.

Die Maximaltemperaturen der Luft erreichten Werte bis zu 23 °C, die Minimaltemperaturen der Luft sanken während der Vegetationsperiode 1976 bis knapp unter 0 °C ab.

Von Juni bis Oktober 1976 war *Wulfenia carinthiaca* im Schnitt Temperaturschwankungen im Boden von 12 °C ausgesetzt, die sie aber gut ertragen kann. Die Bodentemperatur hat in den Versuchszeiten nie 0 °C unterschritten. Der im Herbst fallende Schnee bedeckt den noch ungefrorenen Boden, sodaß die tiefen Temperaturen der kalten Jahreszeit keinen Einfluß mehr auf die Bodenschicht haben, der Boden also nicht frieren und seine höhere Bodentemperatur auch winters über halten kann.

So tritt *Wulfenia* z. B. im wimperialpenrosen-reichen Legföhrenbestand bei der Sessellifttrasse auf, da durch die geschützte Lage eine frühe und dauernde Schneedecke zu liegen kommt und der Boden winters über warm bleibt. Auf den darüber liegenden steileren Hängen fehlt *Wulfenia carinthiaca*. Der Grund dafür liegt vor allem darin, daß diese Hänge viel später vom Schnee bedeckt werden und auch früher ausapern. Dadurch verlieren die Böden ihre sommerliche hohe Wärme und frieren im Winter, weil ihnen der winterliche, die Bodenwärme erhaltende Schneeschutz fehlt.

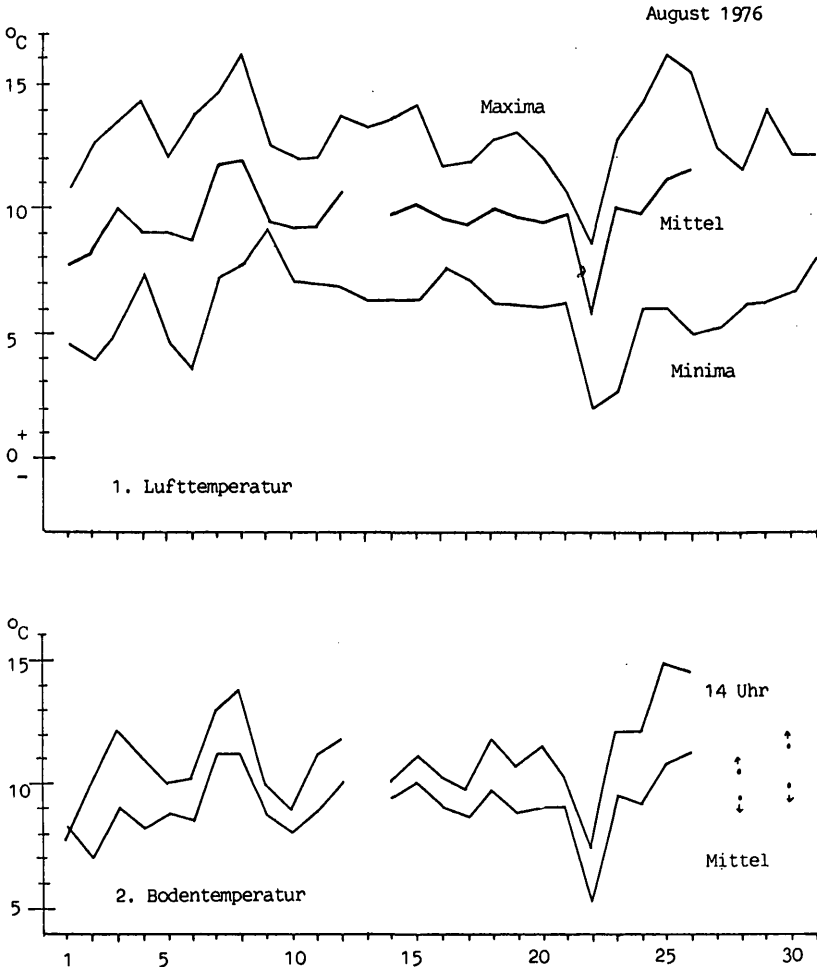


Abb. 1: Luft- und Bodentemperaturen auf der Watschiger Alm vom August 1976.

Der Boden im Verbreitungsgebiet von *Wulfenia carinthiaca* ist neutral bis mäßig sauer, der pH-Wert schwankt zwischen 5,4 und 6,9. (GILLI, 1933, erhielt Werte von 6,5 bis 7,3, FORNACIARI, 1950, fand pH-Werte zwischen 5 und 6).

In diesem Zusammenhang ist auch die Bodenversauerung durch die Streu zu beachten. Sowohl die Fichte (*Picea abies*) als auch die Lärche (*Larix decidua*) bilden saure Streu mit pH-Werten von 3,4 bis 4,5. Fichten- und Lärchenstreu kann eine Rohhumusschicht mit einem so sauren Milieu aufbauen, daß *Wulfenia carinthiaca* nicht aufkommen kann. Die *Wulfenia*-Blätter verwesen leicht; insbesondere unter den Blattrosetten, und tragen daher zur Mullbildung des Oberbodens wesentlich bei. So bilden unsere *Wulfenia*-Bestände am sonnigen Hang oberhalb der Schleppliftverankerung einen guten Mullboden, auf dem *Dentaria enneaphyllos*, *Mercurialis perennis* und andere typische Leitpflanzen des Mullbodens, d. h. eines lockeren, mineralgesättigten Humusbodens, aufkommen können.

Die Aziditätsverhältnisse im Boden unter *Wulfenia carinthiaca* sind reichlich verschieden, obwohl *Wulfenia* nach eigenen Untersuchungen nur auf Böden mit schwach saurer bis neutraler Reaktion vorkommt, die Pflanze meidet Böden mit alkalischer Reaktion.

Der Boden im Verbreitungsgebiet von *Wulfenia carinthiaca* ist durch einen guten, gleichmäßigen Wasserhaushalt gekennzeichnet, der nur geringen Schwankungen unterworfen ist, schon allein, weil das Naßfeld in den Karnischen Alpen in den Ostalpen zu den niederschlagsreichsten Gebieten gehört. Wasserhaushaltsschwierigkeiten für *Wulfenia* sind daher nicht zu erwarten, auch muß der Boden als gut durchlüftet bezeichnet werden – die Luftkapazität des Bodens bewegt sich zwischen 14,4 und 18,6 Vol.%; die Bodenatmung erreicht in Abhängigkeit von der Witterung Werte zwischen 4,18 und 11,55 mg CO₂/g Boden, 24^h. Die Bodenatmung ermittelte ich am natürlichen Standort nach der Weckglasmethode nach ISERMEYER (1952), sie liefert einen 24-Stunden-Wert der CO₂-Abgabe von Bodenproben; die Luftkapazität wurde nach AICHINGER und SIEGRIST (1930) mit Stahlzylindern von 250 cm³ Inhalt bestimmt, indem der Luftgehalt des Bodens als Differenz zwischen dem gesamten Bodenvolumen und dem Wassergehalt genommen wird; zum Ermitteln der Wasserkapazität hingegen wurden 100 cm³ fassende Stahlzylinder verwendet.

Aus der Differenz vom Gewicht des gesättigten Bodens zu Luftkapazität und Wasserkapazität erhält man dann das Volumen der festen Bodenbestandteile:

$$\text{Gesättigter Boden} = \text{feste Bodenbestandteile} + \text{Wasserkapazität} + \text{Luftkapazität.}$$

Abbildung 2 zeigt graphisch den Zusammenhang von Wasserkapazität, Luftkapazität und der bodenfesten Bestandteile an Versuchstagen im September bzw. Oktober 1976.

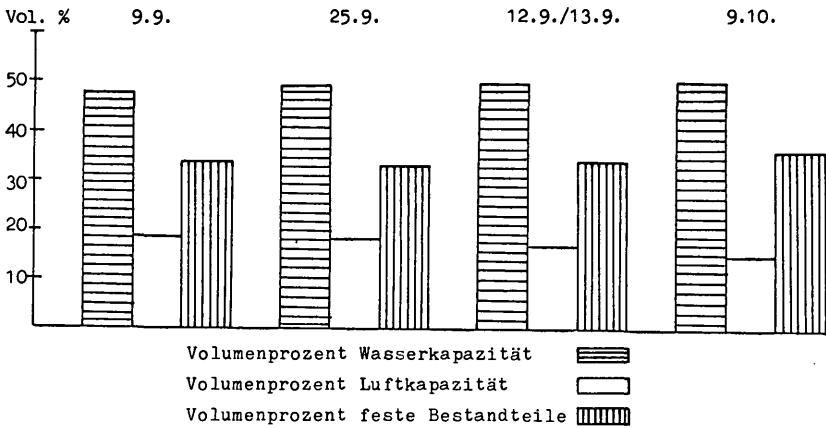


Abb. 2: Graphische Darstellung von Wasserkapazität, Luftkapazität und der bodenfesten Bestandteile.

Die Luftkapazität als differenzierender ökologischer Faktor darf aber nicht zu hoch eingeschätzt werden, denn wir treffen auch bei ökologisch völlig abweichenden Gesellschaften, wie dem Pfeifengras-Flachmoor (*Molinietum caeruleae*) und dem Trockenrasen der niedrigwachsenden Segge (*Caricetum humilis*), ähnliche Werte an. Jedoch besitzt die Durchlüftung des Bodens wegen der pflanzlichen Atmung großen Einfluß auf die Vegetationsentwicklung: Es wird nämlich in luftreichen Böden nicht nur der Sauerstoffgehalt gesteigert, sondern zugleich der Kohlendioxydgehalt verhältnismäßig herabgesetzt, in nassen Böden jedoch haben wir einen großen Kohlendioxydüberschuß, dem ein Sauerstoff- und Luftminimum gegenübersteht – ersteren Fall finden wir bei *Wulfenia carinthiaca*.

Je weiter der letzte Niederschlag zurückliegt, desto höher steigt die Bodenatmung an, die erhaltenen Werte nach Trockenperioden sind deutlich höher als kurz nach Regen.

Tabelle 3 zeigt einige Werte der Bodenatmung in Zusammenhang mit der Bodentemperatur (Vegetationsperiode 1976, Bezugsgröße: mg CO₂/g Boden, jeweils von 14^h bis 14^h – die Bodentemperatur wurde jeweils in der Tiefe, in der die Bodenproben entnommen wurden, gemessen. Zweckmäßigerweise wurde das Temperaturmittel aus Mittag-, 2mal Abend-, Morgen- und Mittagwert berechnet).

Besaß der Boden ein höheres Temperaturmittel, so war auch die Bodenatmung größer, ausgenommen, es fiel vor oder während der Versuchszeit Regen. Je länger der letzte Niederschlag zurücklag, desto höher war die CO₂-Abgabe. Liegt der letzte Niederschlag bis 2 Tage zurück, beträgt das Mittel der Bodenatmung 5,94 mg CO₂/g · 24^h ± 1,26. Ist der letzte

Datum	Mittlere Bodentemperatur °C	letzter Niederschlag vor Tagen	Bodenatmung mg CO ₂ /g.24 ^h
23./24.7.	11,2	Regen	5,65
25./26.7.	6,4	Regen	5,97
30./31.7.	10,1	9	11,55
6. /7. 8.	9,8	1	7,05
21./22.8.	7,7	3	5,45
23./24.8.	10,0	5	11,45
30./31.8.	10,2	Regen	6,75
3. /4. 9.	-	Regen	4,12
19./20.9.	7,6	3	7,06
25./26.9.	9,2	4	11,43
7. /8.10.	14,0	3	11,36

Tab. 3: Bodenatmung in mg CO₂/g.24^h, Temperaturmittel des Bodens während dieser 24 Stunden und letzter Niederschlag.

Niederschlag vor mehr als 2 Tagen gefallen, ist das Mittel 8,02 mg CO₂/g · 24^h ± 2,59. Somit ist statistisch einwandfrei erwiesen, daß die Bodenatmung mit Bodenfeuchtigkeit und -temperatur zusammenhängt (P ~ 1%). Je weiter der letzte Niederschlag zurückliegt, desto höher steigt offenbar die Bodenatmung an, die erhaltenen Werte nach Trockenperioden sind signifikant höher als kurz nach Regen.

Im Vergleich mit den Ergebnissen der Bodenuntersuchungen ist es zu verstehen, daß die Pflanzen keiner lang anhaltenden Trockenperiode ausgesetzt sind, im Gegenteil, der Boden ist durch einen gleichmäßigen Wasserhaushalt gekennzeichnet. Der Bodenwassergehalt wurde nach STEUBING (1965) nach der CaC₂-Methode mit einem CM-Gerät, Riedel de Haen, Seelze, Hannover, bestimmt, die Wasserkapazität des Bodens mit Hilfe der Zylinder-Methode nach MITSCHERLICH in STEUBING (1965) ermittelt.

In Abbildung 3 wird der Wassergehalt des Bodens unter *Wulfenia* während der Vegetationsperiode 1976 graphisch dargestellt. Der Wassergehalt schwankt zwischen 49,3% und 50%, nur während einer Trockenperiode Ende Juni/Anfang Juli sank er auf 42,6% bis 43,3% ab. Erst mit Einsetzen der stärkeren Niederschläge im Herbst stieg der Wassergehalt an und sank nach dem Ausapern wieder auf 43–50% ab. Die niedrigsten Werte während der Vegetationsperiode 1976 decken sich mit dem minimalen Bodenwassergehalt unter den Pflanzengesellschaften, in denen *Wulfenia* vorkommt. Es sind dies jene Pflanzengesellschaften, die den Oberhang besiedeln und zum Großteil auf das Niederschlagswasser angewiesen sind. Unter einem

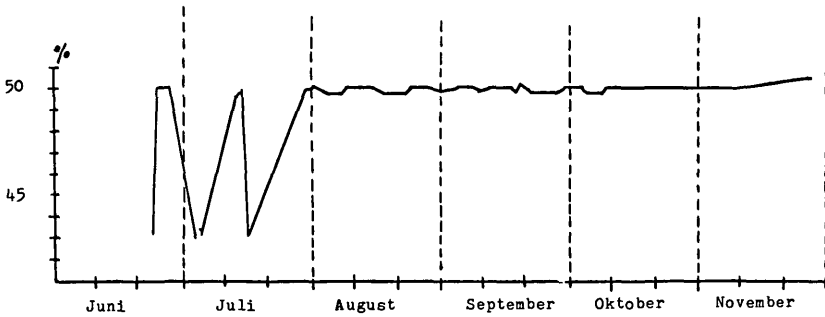


Abb. 3: Bodenwassergehalt im Verbreitungsgebiet von *Wulfenia* während der Vegetationsperiode 1976.

Bodenwassergehalt von 40% wurde *Wulfenia carinthiaca* nicht angetroffen, die Pflanze wird gut mit Wasser versorgt, die längste Trockenperiode, die erfaßt wurde, betrug 12 Tage.

Von der Hydratur hängt das Reaktionsvermögen des Protoplasmas sowie auch die Widerstandsfähigkeit z. B. gegenüber Austrocknung ab. Landpflanzen sind daher durch Verdunstungswiderstände (Kutikula, Stomata) geschützt, um ihre Hydratur gegen die trockenere Außenluft aufrechterhalten zu können; demgegenüber fördert ein reger Gasaustausch die Assimilation. Pflanzen, deren optimaler und maximaler osmotischer Wert nur geringe Unterschiede aufweist (stenohydre Arten), sind gegenüber jenen Pflanzen, deren Hydratur zwischen weiten Grenzen schwanken kann, ohne daß die Zellen geschädigt werden (euryhydre Arten), benachteiligt. Wenn der Wasserhaushalt nur dadurch aufrechterhalten werden kann, daß die Transpiration eingeschränkt wird, dann muß die Assimilation zwangsläufig abnehmen.

Von den die Hydratur der Pflanze bestimmenden Faktoren wurden Sättigungsdefizite, osmotische Werte und Saugkräfte, Transpiration und Refraktometerwerte bestimmt.

Das Sättigungsdefizit wurde mit der Blattscheibenmethode von CATSKY (1960) und WEATHERLEY (1950) ermittelt, der osmotische Wert im Gelände nach der grenzplasmolytischen Methode nach HÖFLER (1918) bestimmt, im Labor wurde nach der kryoskopischen Methode nach WALTER (1931) gearbeitet. Die Saugkraft wurde mit der verbesserten SCHARDAKOW-Methode nach REHDER (1959) bestimmt, der Refraktometerwert nach SLAVIK (1959) und KREEB (1962) in STEUBING (1965).

In der folgenden Tabelle sei sowohl die Saugkraft als auch der osmotische Wert dem Sättigungsdefizit gegenübergestellt. Angegeben ist noch die Bevölkerungsdichte sowie der zuletzt gefallene Niederschlag (⊙).

Datum	SD	S_{zi}	SK	Bewölkung	
16.7.	11,1/18,7/18,4		5,29/6,70/6,70	0/2/0	7
17.7.	7,2/10,1/10,9		5,29/6,70/6,70	0/4/4	8
24.7.	9,5/15,5/15,2		3,96/5,29/5,29	4/4/10	1
26.8.	8,1/15,2/14,4	9,5/10,3/9,9		0/4/6	8
28.8.	9,3/15,1/15,0			10/10/10	9
10.9.	6,6/ 8,2/ 7,7	9,2/9,6/9,4	3,96/3,96/3,96	10/100/100	
13.9.	7,4/10,8/10,7	9,4/9,5/9,5	3,96/5,29/3,96	100/100/100	
15.9.	8,9/14,2/ 9,0		3,96/5,29/3,96	10/8/10	1
16.9.	10,1/15,1/13,7	9,5/9,6/9,4		10/8/10	2
22.9.	8,4/15,8/15,9	9,8/10,0/9,8		4/2/6	1
26.9.	10,8/16,7/16,3		5,29/6,70/5,29	7/4/8	5

Tab. 4: Sättigungsdefizit (SD) in %, osmotischer Wert (S_{zi}) und Saugkraft (SK) in at um 8^h, 13^h, 18^h.

Je länger der letzte Niederschlag zurückliegt, desto mehr wirkt sich dies in einer Zunahme des S_{zi} und der SK aus, im gleichen Maße kommt es zu einer Steigerung des SD (16. 7., 17. 7., 26. 8., 28. 8., 26. 9.). Ist der letzte Niederschlag erst vor kurzer Zeit gefallen, so liegen die maximal erreichten Werte von SD, S_{zi} und SK etwas niedriger (24. 7., 15. 9., 16. 9., 22. 9.), wobei die Schwankungen verschieden stark sind, eventuell zurückführbar auf die herrschende Wetterlage. Fiel an dem Tag, an dem die Messungen vorgenommen wurden, Regen, so waren die Tagesschwankungen äußerst gering (vgl. 10. 9., 13. 9.).

Fassen wir die Ergebnisse der ökologischen Untersuchungen von *Wulfenia* hinsichtlich des Wasserhaushaltes zusammen, so müssen wir feststellen, daß sich *Wulfenia carinthiaca* in ökologischer Hinsicht unauffällig verhält. Die Sättigungsdefizite übersteigen selten 15% und liegen daher im Bereich unserer mitteleuropäischen Wiesenpflanzen, ebenso weisen osmotische Werte und Saugkräfte keine großen Schwankungen auf.

Die Transpirationsintensität wurde nach der Momentanmethode nach STOCKER (1929) bestimmt. Weiters wurde der Gang der Spaltenweite vom frühesten Morgen bis zum Einbruch der Dunkelheit unter Anwendung der Infiltrationsmethode nach MOLISCH (1912) verfolgt.

Die Spaltöffnungsweite scheint nur durch das Licht bestimmt zu sein, die Spalten sind den ganzen Tag offen, je nach Lichtintensität infiltriert Alkohol bzw. Paraffinöl. Auch bei Lichtintensitäten um 1000 Lux sind die Spaltöffnungen den ganzen Tag über offen, sie schließen sich jedoch, entsprechend der früheren Abnahme der Lichtstärke, eher als an schönen Tagen.

Mittägiger Spaltenschluß oder -verengung konnte in keinem Falle beobachtet werden, der Gang der Öffnungsweite wird durch die Wasserverhältnisse nicht erkennbar beeinflusst.

Auch an überwinterten Blättern von *Wulfenia* bleiben die Spaltöffnungen intakt, die Stomata der überwinterten Blätter zeigten dieselbe Reaktion wie die der jungen Blätter.

Die monotonen Spaltöffnungskurven lassen erkennen, daß Regulationsvorgänge und Spaltenschluß nicht zu erwarten sind, sodaß mit der Bestimmung der mittägigen Wasserabgabe das Auslangen gefunden werden konnte.

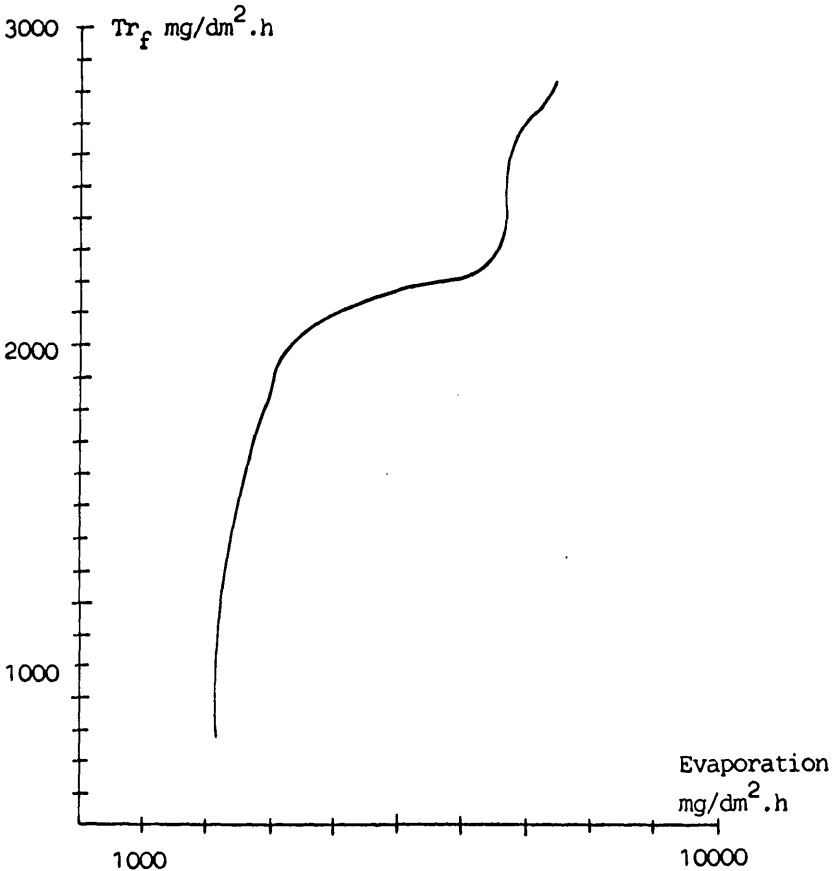


Abb. 4: Flächentranspiration (Tr_f) in Abhängigkeit von der Evaporation.

Die höchste Frischgewichtstranspiration mit 1126,9 mg/g·h wurde bei klarem Wetter gefunden. Nimmt man das Mittel aus den beiden niedrigsten Transpirationswerten und der zugehörigen Evaporation (747:2260) und den beiden höchsten Transpirationswerten und der zugehörigen Evaporation (2784:7325), so bleibt die relative Transpiration mit 0,33 im ersten und 0,38 im zweiten Fall etwa im gleichen Bereich. Ein Anhaltspunkt für Spaltenschluß und -regulation ist somit nicht gegeben.

Die Abbildung auf der Vorseite (Abb. 4) stellt die Transpiration (Tr_f) der Evaporation gegenüber, auch die graphische Darstellung der Flächentranspiration bietet keine Anhaltspunkte für eine Spaltenregulation.

Einen Vergleich mit bekannten Transpirationswerten erlauben die folgenden Angaben, welche die Transpiration (Tr_f) von Blättern verschiedener Pflanzen bei einem gleichen Evaporationsvermögen der Luft (0,4 ml H_2O/h) zeigen.

Pflanze	Gesamttranspiration bei geöffneten Spalten
1. Krautige Pflanzen sonniger Standorte	
<i>Coronilla varia</i>	2000
<i>Stachys recta</i>	1800
<i>Oxytropis pilosa</i>	1700
2. Schattenkräuter	
<i>Pulmonaria officinalis</i>	1000
<i>Impatiens noli tangere</i>	750
<i>Asarum europaeum</i>	700
<i>Oxalis acetosella</i>	400
3. Bäume	
<i>Betula pendula</i>	780
<i>Fagus sylvatica</i>	420
<i>Picea abies</i>	480
<i>Pinus sylvestris</i>	540
4. Immergrüne Ericaceen	
<i>Rhododendron ferrugineum</i>	600
<i>Wulfenia carinthiaca</i>	725 - 2819

Tab. 5: Transpiration von Blättern verschiedener Pflanzen in $mg/dm^2 \cdot h$ nach PISEK und CARTELLIERI (1931, 1932, 1933) und nach PISEK und BERGER (1938), sämtliche Zitate in LARCHER (1976).



Wulfenia carinthiaca JACQUIN

Weiters diente mir der Refraktometerwert, bestimmt nach SLAVIK (1959) und KREBB (1962) in STEUBING (1965), als brauchbarer Indikator für den Wasserzustand der Zelle, für die relative Änderung der Plasmahydratur und für die Stoffproduktion.

Wie die schon vorhin erwähnten Faktoren, die die Hydratur bestimmen, zeigt auch der Refraktometerwert keine allzu großen Schwankungen. Am Anfang der Vegetationsperiode ist der Refraktometerwert noch niedrig und steigt mit fortschreitender Jahreszeit an. An schönen Tagen besitzten die Extremwerte in der Regel eine größere Amplitude als bei schlechtem Wetter, bei Regen stellen sich die Maxima oft am Morgen oder am Abend ein. Im Anschluß an den Refraktometerwert hat sich eine Beziehung zu osmotischem Wert und Temperatur ergeben, wonach Refraktometerwert und osmotischer Wert einen mit der Temperatur inversen Gang aufweisen, wie folgende Tabelle zeigt.

Temp. °C	RW %	Temp. °C	S _{zi} at
2,1	21,3	8,3	9,6
2,5	21,8	9,2	10,0
3,0	20,3	9,5	9,5
5,6	16,5	10,5	10,5
6,8	21,4	11,0	10,0
7,6	17,0	11,5	9,5
9,6	16,4	11,8	9,3
11,7	18,1	13,2	10,0
12,0	18,0	14,9	10,3
12,4	17,4	15,8	9,4
14,9	17,5	16,4	9,6
16,4	16,4	17,1	9,5
16,5	17,5	17,3	10,0
18,5	15,6		
21,8	15,6		

Tab. 6: Refraktometerwerte (RW) und osmotische Werte (S_{zi}) verglichen mit der Lufttemperatur (°C).

Bringt man den Refraktometerwert mit der Temperatur in Zusammenhang, so beträgt das Mittel bis 8 °C 19,7% ± 2,35, über 12,0 °C 17,0% ± 0,88 (5% > P > 2%). Dies müßte sich im osmotischen Wert widerspiegeln. Vergleicht man S_{zi} über die Temperatur, so ergibt sich bei Tempe-

aturen bis 11 °C ein Mittelwert von 10,26 at \pm 0,66 bzw. über 13 °C ein Mittel von 9,8 at \pm 0,35 mit einigermaßen gesichertem Unterschied ($P \ll 0,5$).

Offenbar ist auch bei niedrigen Temperaturen bezüglich der Stoffbildung die Möglichkeit der Stoffproduktion gegeben, der osmotische Wert steigt an, ebenso der Refraktometerwert.

Eine besondere Anpassung ist nicht zu finden, dafür spricht auch das ubiquitäre Vorkommen von *Wulfenia carinthiaca*, für eine Selektion nach irgendeiner Richtung fehlen jegliche Anhaltspunkte. Die Örtlichkeiten, wo *Wulfenia* vorkommt und wo nicht, weisen wohl gewisse Unterschiede auf, wie im pH-Wert, in der Bodendichte, der Wasserführung des Bodens und der Helligkeit, die aber keineswegs ausreichen, um das Vorkommen von *Wulfenia carinthiaca* zu erklären.

Durch die alten, den Winter überdauernden Blätter ist auch noch ein gewisser Entwicklungsvorsprung gegeben.

Es sind aus diesen autökologischen Ergebnissen keine besonderen Standortansprüche herauszulesen bzw. treten diese erst sekundär auf. Zweifellos kommt *Wulfenia carinthiaca* äußerst selten auf Primärböden zusammen mit Pioniergesellschaften vor, sondern besiedelt meistens Waldverwüstungsstadien.

DANK

Mein besonderer Dank für die Betreuung meiner Dissertation, die Grundlage für diese Arbeit war, gilt den Herren em. o. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Erwin AICHINGER (Klagenfurt) und o. Univ.-Prof. Dr. Otto HÄRTEL (Graz).

LITERATUR

- AICHINGER, E. (1943): Über Relikte aus der postglazialen Wärmezeit. – *Biologia generalis*, 17:80–83.
- (1967): Pflanzen als forstliche Standortanzeiger. – Wien.
- (1969): Von unserer Kärntner Blume „*Wulfenia carinthiaca*“. – *Hermagor, Geschichte, Natur, Gegenwart*, 242–245. – Klagenfurt.
- (1981): Ein vegetationskundlicher Beitrag zu den Ursachen von Schneeblettlawinen. – *Carinthia II*, 171./91.:189–200.
- & R. SIEGRIST (1930): Das „*Alnetum incanae*“ der Auenwälder an der Drau in Kärnten. – *Forstw. Cbl.* 52:793–809.
- BOISSIER, E. (1844), A. DEGEN (1897), J. D. HOOKER (1883), F. PENNELL (1943). – In: L. LEPPER (1970): Die Evolution der Gattung *Wulfenia* JACQ. – ein Beitrag zum *Wulfenia*-Problem. – *Wiss. Z. Friedrich-Schiller-Universität Jena, Math. Nat. R.* 19/3:345–361.
- BRAUN-BIANQUET, J. (1964): *Pflanzensoziologie*. 3. Aufl. – Wien.
- CATSKY, J. (1960): Determination of water deficit in disks cut out from leaf blades. – *Biol. Plant.* 2:76.

- EHRENDORFER, F. (1973): Liste der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. 2. Aufl. – Stuttgart.
- FINDENEGG, I. (1955): Das Problem der *Wulfenia carinthiaca*. – *Carinthia* II, 145./65:102–112.
- FORNACIARI, G. (1950): Il genere *Wulfenia* JACQ. – *Annali della Scuola Friulani*:1–31. – Udine.
- FRITZ, A. (1976): Beitrag zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte der Karnischen Alpen (Kärnten). – *Carinthia* II, 166./86.:175–196.
- GILLI, A. (1933): Die Ursachen des Reliktcharakters von *Wulfenia carinthiaca*. – *Bot. Jb.* 66:71–90.
- GINZBERGER, A. (1925): Wieder einmal *Wulfenia carinthiaca*. – *Carinthia* II, 114.–115./34.–35.:115–119.
- HÖFLER, K. (1918): Die plasmolytisch-volumetrische Methode und ihre Anwendbarkeit zur Messung des osmotischen Wertes lebender Pflanzenzellen. – *Ber. dt. bot. Ges.* 35/10:707–726.
- ISERMEYER, H. (1952): Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der Karbonate im Boden. – *Z. Pflanzenernähr. Düngg. Bodenkde.* 56:26.
- JABORNEGG, M. (1867): Eine Alpenreise. – *Carinthia* 57:442–449.
- JACQUIN, N. G. (1781): *Plantae rariores carinthiaca*e. – *Miscellanea austriaca* II, Taf. 60, VIII.
- KREEB, K. (1962): Die Bedeutung der Hydratur für die Kontrolle der Wasserversorgung bei Kulturpflanzen. – *Beitr. Biol. Pfl.* 36:57.
- LAKUSIC, R. (1964): Ökologisch-morphologische Differenzierung innerhalb der Art *Wulfenia carinthiaca* JACQ. – *Acta Botanica Croatica. Vol. extraord.* (4). – *Mitt. d. ostalpin dinar. Sekt. d. i. Vereinigung f. Vegetationskde.* 4.
- (1971): Noch eine neue Art der Gattung *Wulfenia* JACQ. auf dem Prokletijagebirge. – *Glas. Republ. Zavoda Zast. Prirode-Prirodnjachog Muzeja Titograd* 4:15–33.
- LARCHER, W. (1976): *Ökologie der Pflanzen.* 2. Aufl. – Stuttgart.
- LEPPER, L. (1970): *Wulfenia * schwarzii* LEPPER, *Hybr. nov.* – ein Bastard zwischen *W. Baldacii* DEGEN und *W. orientalis* BOISS. – *Wiss. Z. Friedrich-Schiller-Universität Jena, Math. Nat. R.* 19/3:363–368.
- (1970): Die Evolution der Gattung *Wulfenia* JACQ. – Ein Beitrag zum *Wulfenia*-Problem. – *Wiss. Z. Friedrich-Schiller-Universität Jena, Math. Nat. R.* 19/3:345–361.
- MOLISCH, H. (1912): Das Offen- und Geschlossensein der Spaltöffnungen, veranschaulicht durch eine neue Methode (Infiltrationsmethode). – *Z. Bot.* 4:106–122.
- PACHER, D. (1884): Systematische Aufzählung der in Kärnten wild wachsenden Gefäßpflanzen. (2):293. – *Jb. naturw. Landesmuseums Kärnten.*
- PATZELT, G. (1972) Die spätglazialen Stadien und postglazialen Schwankungen von Ostalpengletschern. – *Ber. dt. bot. Ges.* 1–4:45–57.
- PISEK, A. & E. CARTELLIERI (1932): Zur Kenntnis des Wasserhaushaltes der Pflanzen. – *Jb. wiss. Bot.* 75:195–251, 643–678.
- (1933): Zur Kenntnis des Wasserhaushaltes der Pflanzen. – *Jb. wiss. Bot.* 79:131–190.
- REHDER, H. (1959): Versuche zur Bestimmung der Saugkraft mit der Schardakow-Methode. – *Ber. geobot. Inst. Rüb. 1958*:91–110.
- SCHARFETTER, R. (1906): *Wulfenia carinthiaca* JACQ., eine Pflanze der alpinen Kampfreigion. – *Österr. bot. Z.* 56:440–441.
- (1929): Zur Lebensgeschichte der *Wulfenia carinthiaca*. – *Festschrift zur 60-Jahr-Bestandesfeier des Villacher Gymnasiums*: 1–7.
- SCHRÖTER, C. (1923–1926): *Das Pflanzenleben der Alpen.* 2. Aufl. – Zürich.
- SLAVIK, B. (1959): The relation of the refractive index of plant cell sap to its osmotic pressure. – *Biol. Plant.* 1:48–53.

- STEBING, L. (1965): Pflanzenökologisches Praktikum. – Berlin & Hamburg.
- STOCKER, O. (1929): Eine neue Feldmethode zur Bestimmung der momentanen Transpirations- und Evaporationsgröße. – Ber. dt. bot. Ges. 47:126–136.
- TURNOWSKY, F. (1969): Die Kärntner *Wulfenia*. – In: Das Kärntner Jahr 1970:149. – Klagenfurt.
- WALTER, H. (1931): Die Hydratur der Pflanze. – Jena.
- WEATHERLEY, P. E. (1950): Studies in the water relations of cotton plant. 1. The field measurement of water deficit in leaves. – New Phytol. 49:81–97.
- WINKLER, M. (1978): Über Standortbedingungen und Autökologie von *Wulfenia carinthiaca* um den Gartnerkofel (Kärnten). – Unveröff. Diss. Karl-Franzens-Universität Graz.
- (1979): Unsere Kärntner *Wulfenia*. (The *Wulfenia carinthiaca*. – La nostra *Wulfenia carinthiaca*.) – In: 200 Jahre *Wulfenia carinthiaca* 1779–1979. Hermagor-Presseegger See.
- WULFEN, F. X. Fr. v. (1858): *Wulfenia*. – In: WULFEN F. X. Fr. v., Flora Norica Phanerogama:24–25. – Wien.

Anschrift des Verfassers: Mag. pharm. Dr. phil. Monika WINKLER, 9620 Hermagor 243.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Carinthia II](#)

Jahr/Year: 1982

Band/Volume: [172_92](#)

Autor(en)/Author(s): Winkler Monika

Artikel/Article: [Über Standortbedingungen und Autökologie von *Wulfenia carinthiaca* um den Gartnerkofel \(Kärnten\)- \(Mit 5 Abbildungen und 6 Tabellen\) 255-273](#)