

Carinthia II	164./84. Jahrgang	S. 259 —286	Klagenfurt 1974
--------------	-------------------	-------------	-----------------

Bulbocodium vernum L. in Kärnten

II: DAS KLEINKLIMA SOWIE UNTERSUCHUNGEN ZUM WASSERHAUSHALT UND DER TEMPERATURRESISTENZ IN DER VEGETATION DES LICHTBLUMEN-STANDORTES

Von Rudolf und Gertrude MAIER

(Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität Wien)

(Mit 10 Abbildungen und 7 Tabellen)

1. EINLEITUNG

Wenn im Februar die Niederdorfer Wand im Gerlitzten-Südhang den Blütenschmuck der Lichtblume trägt, erhebt sich gerne die Frage nach den standörtlichen Gegebenheiten, die den frühen Austriebsbeginn ermöglichen. So schreibt schon PEHR (1936), daß es lokalklimatische Ursachen haben muß, daß *Bulbocodium* „auf den ganz ähnlichen, nur noch mächtigeren Felsenwänden bei Annenheim“ fehlt. Auf die erhobene Forderung WIDDERS (1939), ökologische und soziologische Untersuchungen anzustellen, versucht GILLI (1953) einzugehen, muß aber erkennen, daß zur Erfassung von Standortsfaktoren eine Beobachtungsstation am Fundort angelegt werden müßte.

Der deutlich vom übrigen Verbreitungsgebiet der Lichtblume abweichende Klimatyp des Klagenfurter Beckens läßt zur richtigen Beurteilung des Kärntner Fundortes nur das Standortklima zu. Für klimatische Vergleiche bietet sich dann das Hüttenklima der meteorologischen Meßstationen an (MAIER 1973).

Die Lebensbedingungen der Lichtblume sind aber vom Mikroklima abhängig, das wiederum nicht vom Meßstationenklima allein eingestellt wird, sondern u. a. dem Einfluß der Umgebung, des Bodens und der Begleitvegetation unterliegt (dazu ausführlich GEIGER 1961). Im weiteren bietet die Vegetation am Lichtblumenstandort die Möglichkeit, an Pflanzen süd- bzw. südosteuropäischer Herkunft, wie *Fraxinus ornus* L. und *Asparagus tenuifolius* LAM. Untersuchungen zum Wasserhaushalt und zur Temperaturresistenz durchzuführen.



Abb. 1: Der Lichtblumen-Standort am Südhang der Gerlitz im Februar-Aspekt.
Am Fuße der Felswand die Wetterhütte.

2. MATERIAL UND METHODE

2. 1. Der Standort

Die Niederdorfer Wand (780 m), ein Glimmerschieferfelsen am Südfall der Gerlitzten oberhalb der Julienhöhe, charakterisiert den Untersuchungsort, ist er doch hingänglich bekannt als der klassische Fundort von *Bulbocodium vernum* in den Ostalpen (Abb. 1).

Für die folgenden Untersuchungen wird es notwendig, das Gebiet vom Kleinklima her in drei Bereiche aufzugliedern:

1. Fels
2. baumloser, vegetationsbedeckter Hang
3. Steilwald

2. 2. Boden

Die geologische Übersichtskarte von Kärnten (CLAR und KAHLER 1953) ordnet die Gerlitzten im wesentlichen zwei Bereichen zu. Einerseits dem Altkristallin, anderseits den Phylliten der Gurktaler Alpen. Das geologische Profil zeigt, daß die Gerlitzten aus Glimmerschiefer besteht, dem eine Phyllitkuppe aufgesetzt ist (PETRASCHKE nach SCHARFETTER 1932).

Nach röntgenspektrographischen Befunden erhielten die Bodenproben aus 10 cm Tiefe unter der Rasendecke am Fuße der Niederdorfer Wand hauptsächlich Quarz, Muskovit, Orthoklas, Hornblende und wenig Chlorit¹.

Die quantitative Analyse einiger Pflanzennährstoffe ergab:

Phosphor (verfügbar): 5 mg/100 g

Magnesium: 16,7 mg/100 g

Kalium: 11,0 mg/100 g

Stickstoff: 0,35 ‰

Humus: 5,6 ‰

Als Folge des sauren pH (6,0) liegt wenig verfügbarer Phosphor vor. Der Kalknachweis ist erwartungsgemäß negativ. Die Mineralstoffgehalte beziehen sich auf 100 g wasserfreien Boden. (Die Analysenmethoden halten sich an: Vorschriften der Arbeitsgemeinschaft Landwirtschaftlich chemischer Bundesversuchsanstalten für Böden, 1968).

2. 3. Methodik

Die Lage des Untersuchungsgebietes erfordert eine starke Einschränkung der gerätemäßigen Ausstattung. Stoß- und lageempfindliche Geräte sind, schon allein der Anstiegsschwierigkeiten wegen, nur

¹ Für die Durchführung der Untersuchung danken wir Herrn Dr. Richard GÖTH vom Petrographischen Institut der Universität Wien.

beschränkt einsetzbar. Untersuchungen zum Wasserhaushalt der Pflanzen setzen aber zumindest eine empfindliche Waage voraus. Wir benutzten dazu eine Balkentorsionswaage der Fa. Hartmann und Braun. In stündlichen Abständen wurde damit die Transpiration nach der Schnellwägemethode („Momentanmethode“) bestimmt. Die Expositionszeit der abgetrennten, stengellosen Blätter wurde mit fünf Minuten angesetzt. Die Exposition des Blattes erfolgt an der Entnahmepflanze unter gleichzeitiger Berücksichtigung der ursprünglichen Lage. Näheres über diese Methode mit teilweise kritischen Stellungnahmen findet sich bei IWANOFF (1928), HUBER (1927), STOCKER (1929 und 1956). Parallel dazu wurde mit Hilfe der Infiltrationsmethode (MOLISCH 1912) der Öffnungszustand der Stomata überprüft. Diese sehr einfache Methode, bei der das verschieden schnelle Eindringen von Xylol, Alkohol und Paraffinöl, je nach dem Öffnungsgrad der Stomata, in die Interzellularen beobachtet wird, ist für das Freiland erstellt (siehe z. B. HÜBL 1963) und kann daher in vielen Fällen als ergänzende Methode bei Transpirationsmessungen eingesetzt werden (vgl. dazu TUSCHL 1970).

Bei *Asparagus tenuifolius* wurde der Tagesgang des osmotischen Wertes bestimmt. Die Proben (junge Sprosse mit Phyllocladien) wurden nach dem Einsammeln sofort abgekocht und im Labor nach der kryoskopischen Methode (WALTER 1931) der osmotische Wert des Preßsaftes mit einem Meßgerät der Fa. Advanced Instruments Inc. bestimmt.

Zum Verständnis des pflanzlichen Verhaltens ist es notwendig, kleinklimatische Faktoren laufend zu registrieren. Zur Bestimmung der relativen Luftfeuchtigkeit und der Temperatur am Standort verwendeten wir ein Aspirationspsychrometer (Assmann). Die Erfassung der Verdunstungsgröße (grüne Filterpapierscheiben, 3 cm) erfolgte mit Piche-Evaporimetern.

Die Bodentemperaturen in 40, 30, 20, 10 und 1 cm Tiefe wurden mit aufeinander abgestimmten Thermistoren (Tele-Thermometer E 90, Yellow springs) gemessen. Dazu wurden die flexiblen Fühler, nach Vorstechen mit einem 0,5 cm starken Eisenstab, auf die entsprechende Tiefe nachgeführt. Der Vorteil dieses Meßverfahrens liegt vor allem darin, daß die Zerstörung der Bodenstruktur, wie etwa durch das Eingraben von Fühlern, weitgehend verhindert wird. Thermistore wurden auch an der vegetationsbedeckten Bodenoberfläche, ebenso knapp über dem freien Felsen und in einer Felsspalte ausgelegt. Die Temperaturfühler waren mit einem Styropormantel vor direkter Sonnenstrahlung geschützt, sofern dies notwendig war.

Zur Blütezeit der Lichtblume konnten zu einer befriedigenden Aussage die Temperaturmessungen am Tage nicht ausreichen. Wesentlich war die Temperaturbewegung während der Nachtstunden festzustellen. Dazu wurde das Temperaturmeßgerät mit einem batte-

riebetriebenen Potentiometerschreiber gekoppelt (Minigor, Goerz). Um jede Meßstelle in einem bestimmten Zeitintervall abzurufen, wurde ein Meßstellenumschalter zwischen Temperaturmeßgerät und Schreiber geschaltet. Der am Pflanzenphysiologischen Institut der Universität Wien gebaute Meßstellenumschalter arbeitet mit einem batteriebetriebenen Uhrwerk, das mit Hilfe eines Magnetbügels die einzelnen Meßfühler über Magnetrelais alle 30 Minuten (eine Umdrehung) abrufen (Abb. 2).

Auf diese Weise konnten Tag- und Nachtgänge der Temperatur aufgezeichnet werden. Meßpunkte waren dabei in Zwiebeltiefe, in 10, 5 und 1 cm Bodentiefe. Die Lufttemperatur wurde in 5 und 10 cm sowie in Felsnähe registriert. Die Messung der Blattemperatur erfolgte

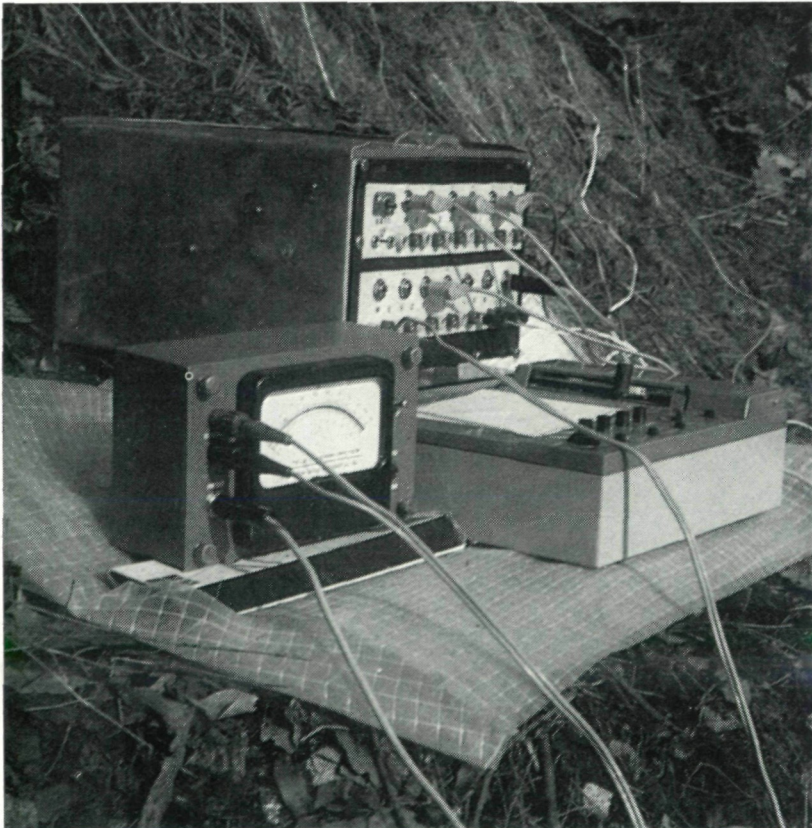


Abb. 2: Meßeinrichtungen zur fortlaufenden Registrierung der Temperatur in Luft und Boden (Erklärung im Text).

mit einem Thermistor, der an die Unterseite eines *Bulbocodium*-Blattes angeklemt wurde (vgl. LANGE 1959).

Für meteorologisch vergleichbare Zwecke wurde ein Thermohygrograph in einer improvisierten Wetterhütte (wetterfester, doppelwandiger, weiß lackierter Karton mit Luftlöchern) aufgestellt (vgl. MAIER 1973).

Die Registrierung der Lichtintensität erfolgte mit einem Sternpyranometer, an das ein Weston-Galvanometer angeschlossen war.

Die erforderliche Betreuung und Sicherung der Geräte ließ wegen der schweren Zugänglichkeit des Gebietes eine fortlaufende Registrierung über lange Zeiträume nicht zu. Es konnten daher nur stichprobenartige Messungen, in erster Linie der Temperatur, im mikroklimatischen Bereich durchgeführt werden.

3. DER STANDORT IM SOMMER

3. 1. Die Temperaturverhältnisse

Es wurde schon an anderer Stelle das Hüttenklima dargestellt (MAIER 1973). Hier sollen einige mikroklimatische Aspekte hinsichtlich der Temperaturbedingungen verfolgt werden. Diese sind nicht allgemein zu formulieren, da sie u. a. von Sonnenscheindauer, Intensität und Einfallswinkel der Strahlung, Felsneigung und Felsbedeckung abhängig sind. Ein *Sedum album*-Polster in einer Spalte einer 90° geneigten Felsplatte ist am 13. August 1972 einer Maximaltemperatur im Wurzelbereich von 38,8° C ausgesetzt. Zu gleicher Zeit steigt die Temperatur in einem benachbarten Polster von *Sempervivum arachnoideum* auf einer weniger geneigten Felsbank auf 50° C. Abb. 3 zeigt an Hand eines Tagesganges den Temperaturverlauf über nacktem Fels, in einer Felsspalte und auf vegetationsbedecktem Boden am Fuße der Wand. Abgesehen von der unterschiedlichen Neigung der Versuchsflächen (Felsplatte 90°, Rasen 44°), ist das kompakte Gestein der bessere Wärmeleiter. Die Ableitung der Strahlung in tiefere Gesteinsschichten hat eine weniger starke Erwärmung der Oberfläche zur Folge, genauso werden aber auch auf Grund der besseren Wärmespeicherung die nächtlichen Minima gemildert (vgl. GEIGER 1961). Die Oberflächentemperatur über dem pflanzenbedeckten Boden steigt rasch an, wohl in dieser Richtung begünstigt durch den zu dieser Zeit relativ trockenen Boden (geringere Verdunstungskühlung und schlechtere Wärmeableitung).

3. 1. 1. Temperaturverlauf im Boden und in der bodennahen Luftschicht

Der Temperaturgang im vegetationsbedeckten Hang an einem windstillen strahlungsreichen Tag (13. August 1972) zeigt die

Zunahme der Mittagserwärmung mit der Abnahme der Entfernung vom Boden (Abb. 4). An der Bodenoberfläche selbst werden die höchsten Temperaturen registriert. Die Wärmestrahlung, die in den Boden eindringt, ist noch in 40 cm, wo der Boden festes Gestein berührt, registrierbar. Das allmähliche Vordringen der Tageswärme läßt sich durch das zeitlich verschobene Temperaturmaximum mit Zunahme der Bodentiefe verfolgen. In 30 bzw. 40 cm Tiefe kommt dadurch die Tageswärme erst dann zum Tragen, wenn die obersten Bodenschichten bereits wieder abkühlen. Die Temperaturamplitude nimmt mit der Zunahme der Bodentiefe merklich ab, sodaß bereits in 30 cm innerhalb der Meßzeit diese unter 1°C bleibt.

3. 1. 2. Verlauf und Verteilung der 14-Uhr-Bodentemperatur

Der Fuß der Felswand, flacher als die beinahe senkrecht stehende Wand, in der sich nur in den Spalten und Felsbänken Boden

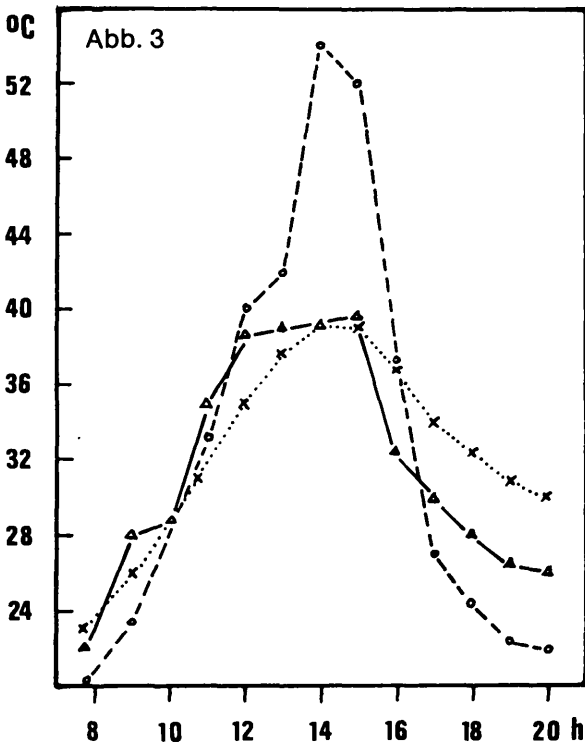


Abb. 3: Tagesverlauf der Temperatur am 13. August 1972 über nacktem Fels (Neigung: 90°), in einer Felsspalte und an der Bodenoberfläche des vegetationsbedeckten Felsfußes (Neigung: 44°). $\triangle$ — $\triangle$ Fels, $\times$ $\times$ Felsspalte, $\circ$ — — — $\circ$ Bodenoberfläche.

bilden kann, stellt einen vegetationsbedeckten, baumlosen Hang dar, der dann in den Steilwald übergeht. Floristische Aspekte dieses Bereiches können übergangen werden, da diese bereits in PEHR

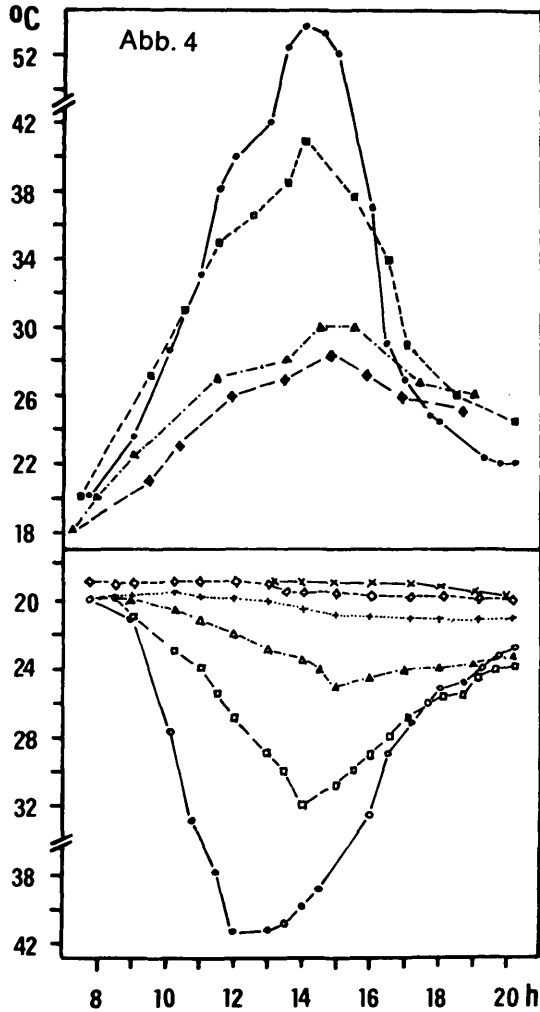


Abb. 4: Tagesgang der Temperatur im vegetationsbedeckten Hang (Wandentfernung: 1 m) am 13. August 1972. Oben: Luft: ▲ — — — — ▲ 60 cm, ◆ — — — ◆ 60 cm (Waldschatten), ■ — — — ■ 15 cm; Bodenoberfläche: ● — — — ●; unten: Boden: ○ — — — ○ 1 cm, □ — — — □ 5 cm, △ — — — △ 10 cm, + ····· + 20 cm, ◇ — — — ◇ 30 cm, × — — — × 40 cm.

(1936), WIDDER (1939), GILLI (1953) und LEUTE (1965) enthalten sind.

Auf diesem Hang wurden zu mehreren Terminen der zweiten Jahreshälfte (1972) der Verlauf und die Verteilung der 14-Uhr-Bodentemperatur festgestellt (Abb. 5). In 40 cm Tiefe beträgt der Temperaturabfall zwischen dem 13. August und 23. Dezember 1972 $14,7^{\circ}\text{C}$, in 10 cm $21,2^{\circ}\text{C}$ und in 5 cm $29,9^{\circ}\text{C}$. Deutlich wird auch, daß die Bodentemperatur am 23. Dezember in 1 cm Tiefe nahe dem Nullpunkt, in 5 cm aber bereits bei $+2^{\circ}\text{C}$ liegt (siehe auch 4. 1.).

3. 2. Temperaturresistenz und Standorttemperaturen

Pflanzen können ihre Temperatur nur in beschränktem Maße beeinflussen. Am auffälligsten ist dabei wohl die Temperaturvermin-

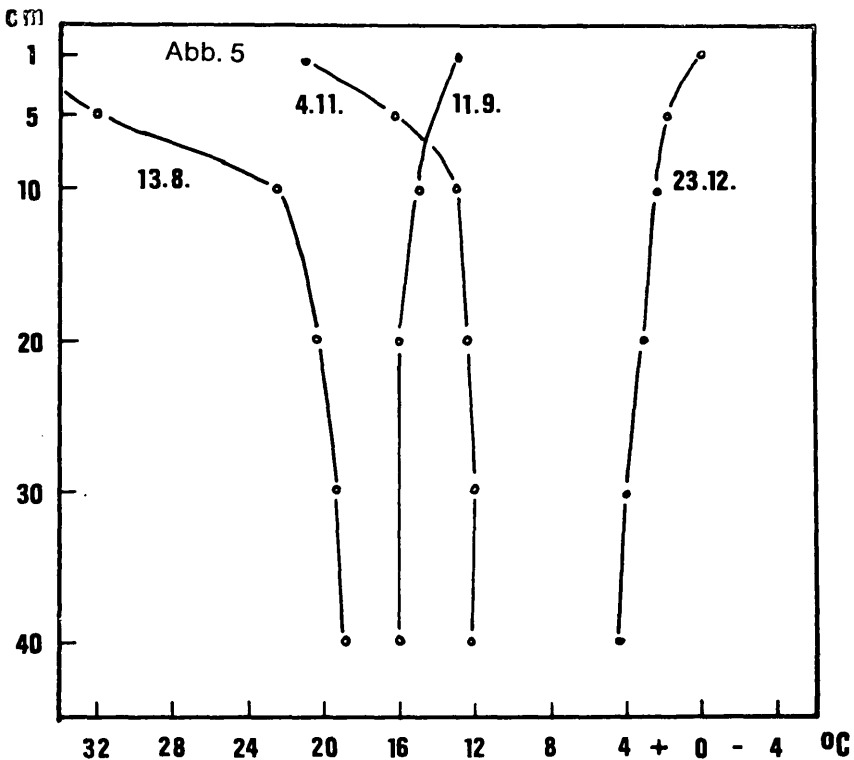


Abb. 5: Verlauf und Verteilung der 14-Uhr-Bodentemperaturen am 13. August, 11. September, 4. November und 23. Dezember 1972 im baumfreien Hangbereich (Wandentfernung: 1 m) in einem etwa 40 cm tiefen Boden.

derung durch erhöhte Transpiration, wodurch Untertemperaturen im pflanzlichen Gewebe bis zu 15° C auftreten, wie sie LANGE (1959) in Wüsten- und Savannengebieten, aber auch an der südlichen Costa brava (LANGE u. LANGE 1963) gemessen hat. Eine Temperaturerhöhung durch Atmung bleibt im allgemeinen innerhalb der 1°-C-Grenze (HUBER 1956). Die Temperatur des pflanzlichen Organismus wird also, die vorhin genannten Untertemperaturarten ausgenommen, im überwiegenden Maße durch die Absorption von Strahlung bei Tag und Ausstrahlung bei Nacht bestimmt. Das pflanzliche Gewebe erwärmt sich am Tage in den meisten Fällen über die Lufttemperatur, in der Nacht dagegen kann die Blatttemperatur niedriger sein.

Der Lebensprozeß der krautigen Pflanzen spielt sich im Bereich großen Temperaturwechsels ab. Je weiter die Pflanze der Erdoberfläche genähert ist und je flacher ihr Wurzelsystem ausgebildet ist, umso extremer sind oder können die Bedingungen sein (vgl. 3. 1., 4. 2.).

Landpflanzen sind standortgebunden und müssen daher die Möglichkeit der Anpassungsfähigkeit offenhalten. Dies gilt auch in Hinblick auf ihre Resistenz gegen hohe und tiefe Temperaturen. Schon die verschiedenen Organe ein und derselben Pflanze können unterschiedliche Temperaturresistenz besitzen, wenngleich auch damit nicht gesagt ist, daß zunehmendes Alter mit zunehmender Resistenz gekoppelt sein muß (vgl. SCHWEMMLE u. LANGE 1959, ZAX 1971). Ebenso ist bekannt, daß auch der Ernährungszustand einen Einfluß auf die Temperaturresistenz hat (Zusammenfassung bei BIEBL 1962, ZAX 1971).

Von den ökologischen Faktoren, die die genotypisch verankerte Reaktionsbreite in bezug auf die Temperaturresistenz modifikativ ausschöpfen können, gelten vor allem Wasser, Temperatur und Licht. Trocken gezogene Pflanzen haben gegenüber feucht gezogenen eine höhere Hitzeresistenz (u. a. MAIER 1969, ZAX 1970). SAPPER konnte bereits 1935 darauf hinweisen, daß angewelkte Pflanzen eine erhöhte Hitzeresistenz besitzen. Allmählich steigende Standorttemperaturen zusammen mit Trockenheit härten die Pflanze, sodaß damit die Möglichkeit geschaffen wird, an xerothermen Standorten zu überleben. Es wird eine spezifische Resistenzadaptation erreicht, wie LANGE (1961) formuliert. Ebenso dürfte auch der Strahlungsintensität hitzeresistenzbeeinflussende Funktion zuzuschreiben sein (MAIER 1971), wie überhaupt die Tageslänge entscheidenden Einfluß auf den Jahresverlauf der Temperaturresistenz nimmt (MOSCHKOV 1935, BIEBL 1967, BIEBL u. MAIER 1969, SCHWARZ 1970, MAIER 1971 u. a.).

Im wesentlichen kann man zwei Jahreskurven der Hitzeresistenz herausformen. Einmal zeigt der Verlauf ein Minimum der Hitzeresi-

stenz im Sommer mit einem Maximum im Winter, ein Verlauf, wie er bei Schattenpflanzen ausgebildet sein kann (BIEBL u. MAIER 1969, MAIER 1971). Zum anderen kann ein deutliches Hitzeresistenzmaximum im Sommer ausgebildet sein. Das ist der typische Verlauf bei Pflanzen heißer, trockener Standorte, wo Härtungsvorgänge wie Trockenheit, hohe Temperatur, gepaart mit hoher Einstrahlung, den Resistenzanstieg im Sommer bewirken (vgl. dazu LANGE 1961, BIEBL u. MAIER 1969, MAIER 1971).

Standortentsprechend wird man an südexponierten Felslagen hohe Hitzeverträglichkeit der Pflanze erwarten. Einen Überblick über die Hitzeresistenzgrenzen der Pflanzen in der Niederdorfer Wand gibt die Tabelle 1. Vor allem die Sukkulenten zeichnet eine hohe Hitzeverträglichkeit aus. Sie treten ja mit ihren Blättern z. T. in sehr nahen Kontakt mit dem Untergrund, an dessen Oberfläche

	Pflanze °C	45	47	49	51	53	55	57	59
S O N N E	<i>Sempervivum arachnoideum</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
	<i>Sedum album</i>	1	1	1	1	1+	+	+	+
	<i>Fraxinus ornus</i>	1	1	1	1+	+	+	+	+
	<i>Asparagus tenuifolius</i>	1	1	1	+	+	+	+	+
S C H A T T E N	<i>Asparagus tenuifolius</i>	1	1+	+	+	+	+	+	+
	<i>Cynanchum vincetoxicum</i>	1	1+	+	+	+	+	+	+
	<i>Origanum vulgare</i>	1	1+	+	+	+	+	+	+
	<i>Fraxinus ornus</i>	1	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Salvia glutinosa</i>	1	+	+	+	+	+	+	+

Tabelle 1: Hitzeresistenz überwiegend besonnener und überwiegend im Schatten wachsender Pflanzen. Hitzeresistenzgrenzen erstellt nach halbstündigem Erhitzen im Wasserbad der in wasserdichten Folien eingeschlossenen Pflanzen. Auswertung nach 14 Tagen Nachkultur. 1 = lebend; + = abgestorben; 1+ = etwa zur Hälfte geschädigt.

die höchsten Temperaturen auftreten. In einem *Jovibarba hirta*-Polster am 13. August 1972, 14 Uhr, wurden folgende Temperaturen gemessen: Temperatur in Pflanzennähe: 28,5° C, Temperatur des Blattes, gemessen durch Einstechen eines Thermoelementes (Kupfer-Konstantan): 50° C, Temperatur im Wurzelraum (etwa 3 cm Bodentiefe): 45,1° C. Die experimentell ermittelte Hitzeresistenz bei halbstündiger Erhitzungsdauer lag über 59° C. Blätter von Sukkulenten können sich also sehr stark erwärmen, z. B. registrierte auch DÖRR (1941) an *Sempervivum hirtum* am Frauenstein bei Mödling eine Blattoberflächentemperatur von 50,2° C bei einer Lufttemperatur von 34,8° C. HUBER (1935) verzeichnete auf Südtiroler Heidewiesen in Blättern von *Sempervivum arachnoideum* 56,2° C, bei einer Lufttemperatur von 34,7° C.

Ob eine Gewebeschädigung eintritt oder nicht, entscheidet nicht nur die Temperaturhöhe, sondern genauso auch die Einwirkungsdauer. Bei Vergleich der Tabelle 1 mit Abb. 4 ergibt sich, daß an der Bodenoberfläche Temperaturen wirksam werden, die die experimentellen Hitzeresistenzgrenzen einiger Pflanzen deutlich überschreiten und zudem zumindest eine Stunde wirksam bleiben. Klar ist der Fall, wenn die Hitzeresistenz der Pflanze deutlich über den gemessenen Standorttemperaturen liegt, wie z. B. bei *Jovibarba hirta*. [Es handelt sich vermutlich um *Jovibarba allionii* (JORD. & FOURR.) D. A. WEBB.; vgl. dazu G.-H. LEUTE 1965.] Anders liegen die Verhältnisse aber z. B. bei *Asparagus tenuifolius*. Die Hitzeresistenz der Phyllocladien liegt unter der gemessenen Oberflächentemperatur des Bodens. Man muß jedoch berücksichtigen, daß bei dieser Pflanze kein unmittelbarer Kontakt der gefährdeten Phyllocladien mit der Bodenoberfläche besteht, sodaß die Gefahr von Verbrennung mit der Entfernung vom Boden abnimmt. Allgemein sind die Stengel von Pflanzen, auf die in jedem Falle die Oberflächentemperatur einwirkt, hitzeresistenter (Übersicht bei LARCHER 1973).

Auffallend niedrig ist die Hitzeresistenz von *Echium vulgare* L. Die Pflanze bevorzugt sonnenreiche Standorte, trotzdem liegt die experimentell ermittelte Hitzeresistenzgrenze der Blätter unter 45° C, sodaß an heißen Tagen, wie am Untersuchungstag, Hitzeschäden an der Pflanze erwartet werden dürfen. Die Hitzeresistenz dieser Pflanze wurde im Juli 1973 an einem anderen Standort, in der Siebenbrunner Heide (Niederösterreich), wieder bestimmt und dort ebenfalls mit nur 45° C festgesetzt. Sehr oft, so auch an den beiden Meßplätzen, konnten tote basale Blätter beobachtet werden. Mag es sich um Hitzeschäden, Trockenschäden oder um beides handeln, es dürfte eine Vorrichtung sein, die die Abstrahlung von der Bodenoberfläche abfängt und somit einen Hitzeschutz für die noch lebenden Blätter darstellt.

Die Schattenpflanzen bzw. überwiegend beschatteten Pflanzen

haben, wie Tabelle 1 zeigt, niedrigere Hitzeresistenzgrenzen als die ganztägig besonnten, wenn man den Sonderfall von *Echium vulgare* ausklammert. Besonders auffallend wird dies, wenn man gleiche Arten gegenüberstellt, wie z. B. *Asparagus tenuifolius* am Fuße der Wand (49°C) und im Steilwald ($< 47^{\circ}\text{C}$) oder *Fraxinus ornus* in der Wand ($> 49^{\circ}\text{C}$) und im Steilwald (45°C).

Im Winter gewinnt die Kälteresistenz an Bedeutung, vor allem dann, wenn eine Schneedecke fehlt oder lebende Organe aus dem Schnee ragen. *Bulbocodium*, dessen frühester Austriebsbeginn schon in den Dezember fallen kann, zumindest mit der Blüte bereits im Februar erscheint, muß eine entsprechende Kälteresistenz besitzen, da eine schützende Schneedecke meist fehlt. Während des Tages kann zwar die Temperatur stark steigen und damit sehr früh im Jahr günstige Wachstumsbedingungen schaffen, in der Nacht jedoch wird die Temperatur der Jahreszeit gerecht. Unmittelbar von der Nachtkälte betroffen sind die Blätter und Blüten. Die experimentell ermittelte Kälteresistenz (Methodik siehe BIEBL u. MAIER 1969) der Blätter von *Bulbocodium* kann im Februar mit -11°C angegeben werden.

Der Erwerb von Kälte- bzw. Hitzeresistenz bietet der Pflanze nötigen Schutz vor direkter Schädigung, dürfte aber — auch nach Meinung von BURIAN u. ZAX (1973) — mit Energieverlusten verbunden sein. Gleichzeitig muß bedacht werden, daß Temperaturen, die zwar noch keine irreversiblen Gewebeschäden auslösen, bereits das Photosynthesevermögen für eine gewisse Zeit blockieren können,

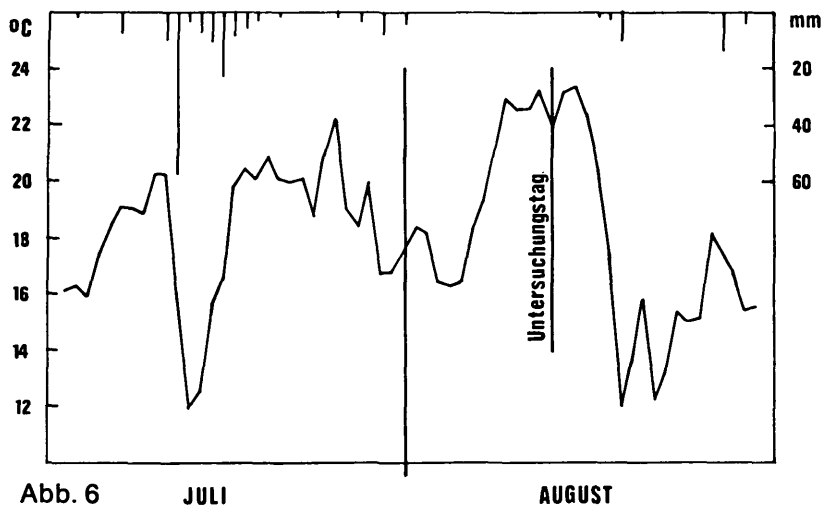


Abb. 6: Tagesmittel der Temperatur und Tagessummen der Niederschläge von Villach (Seebach) im Juli und August 1972. (Aus den Stationsblättern der ZA für Meteorologie und Geodynamik in Wien).

daß also eine nachwirkende Behinderung der Kohlenstoffassimilation auf Kälte- wie auch auf Hitzestreß folgt (BAUER, HUTER u. LAR-CHER 1969).

3. 3. Tagesgang der Transpiration und des osmotischen Wertes

Um den allgemeinen Witterungsverlauf des Sommer 1972 darzustellen, werden die täglichen Temperaturmittel von Villach (Seebach) in Abb. 6 wiedergegeben. Mit Ausnahme einiger nennenswerter Regenfälle Mitte Juli waren der Juli und der August regenarm. Vor allem war die erste Augushälfte, in die der Untersuchungstag fällt, fast vollkommen regenfrei.

Station (Seehöhe in m)	Temperatur (° C)			rel. Luftfeuchte (%)		
	7h	14h	19h	7h	14h	19h
Villach/Seebach (492)	16,0	29,0	23,4	94	58	72
Niederdorfer Wand (790)	19,8	31,0	26,5	92	40	60
Kanzelhöhe (1526)	15,0	24,0	18,7	—	—	—

Tabelle 2: Vergleich der Wetterhüttentemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit am 13. August 1972.

Wegen der windgeschützten Lage, zumindest des Felsfußes, findet sich am Meßplatz Niederdorfer Wand am Untersuchungstag die stärkste Erwärmung und im Vergleich zu Villach auch eine niedrigere relative Luftfeuchtigkeit (Tabelle 2).

Mikroklimatisch ist das Untersuchungsgebiet stark differenziert, auf engstem Raum finden sich verschiedene Biotope: Fels, baumloser Felsaum und Wald. Dementsprechend differenziert ist auch die Beanspruchung der Pflanzen. Schon bei der Untersuchung der Hitze-resistenz wurden Unterschiede aufgezeigt, genauso aber treten solche bei Untersuchung des Wasserhaushaltes hervor, wie die Wassersättigungsdefizite in Tabelle 3 demonstrieren.

Standort	Pflanze	Wassersättigungs- defizit in % SG
F e l s	<i>Fraxinus ornus</i>	23,2
	<i>Fallopia convolvulus</i>	25,0
R a s e n	<i>Echium vulgare</i>	11,4
	<i>Asparagus tenuifolius</i>	13,9
	<i>Origanum vulgare</i>	11,7
W a l d	<i>Cynanchum vincetoxicum</i>	4,2
	<i>Salvia glutinosa</i>	15,4
	<i>Fraxinus ornus</i>	6,8

Tabelle 3: Wassersättigungsdefizit (in % Sättigungsgewicht) der Versuchspflanzen am 13. August 1972, 14.45 Uhr.

Die ungünstigste Wasserbilanz haben demnach Pflanzen der Felsspalten. Auf der baumlosen Rasenzone am Fuße der Wand sind die Pflanzen zwar ebenso ständiger Sonneneinstrahlung ausgesetzt, jedoch bildet der Boden, in dem die Pflanzen wurzeln, ein günstigeres Wasserreservoir als das Substrat, das den Felspflanzen zur Verfügung steht. Der Steilwald bietet ein ausgeglicheneres Klima, sodaß die Pflanzen imstande sind, den Wasserhaushalt besser auszubalancieren. *Salvia glutinosa* L. muß aber selbst an solchen beschatteten Stellen an Tagen wie dem Versuchstag ein relativ hohes Sättigungsdefizit hinnehmen.

Fraxinus ornus L., ein submediterranes-montanes Element, liebt warme, trockene Böden. Um die Niederdorfer Wand findet sich die Manna-Esche in der Waldformation und besiedelt mitunter als isolierter Baum die Felsspalten des Glimmerschiefer-Felsens. Diese extreme Situation hinsichtlich des Wasserhaushaltes wird im Transpirationsverlauf ausgedrückt (Abb. 7). Dem niedrigen Morgengipfel steht eine höhere Transpirationsspitze am Nachmittag gegenüber, die kurz, bevor der Baum in den Schatten gerät, auftritt. Zu dieser Zeit ist zwar die maximale potentielle Evaporation bereits überschritten, sie ist aber trotzdem noch so hoch, daß der partiellen Öffnung der Spalten ein Transpirationsanstieg folgt, der merklich über der Vormittagstranspiration liegt. Am Nachmittag treten deutlich Welkeerscheinungen auf. Im Steilwald ist der Baum durch seine Umgebung wenigstens teilweise beschattet und die Wasseraufnahme aus dem Boden leichter als am Felsstandort. *Fraxinus ornus* kann sich hier eine wesentlich höhere Transpiration leisten und auf eine groß angelegte Mittagseinschränkung verzichten (Abb. 7).

Vergleicht man die maximale Transpiration mit jener, die ILJANIĆ und GRAČANIN (1972) an *Fraxinus ornus* im Eumediterraneum ermittelt haben, so ergibt sich, daß die Steilwaldpflanze eine vergleichbar hohe Transpiration und ebensolche Wasserdefizite aufweist wie die Macchienpflanzen bei günstiger Wasserversorgung. Bei starker Beanspruchung zeigt sich, daß die Gerlitzpflanze (Baum in der Felsspalte) eine höhere maximale Transpiration, aber auch ein höheres Sättigungsdefizit aufweist (Tabelle 4).

Die extreme Situation der Felsspaltenpflanzen zeigt besonders eindrucksvoll das Verhältnis der Transpiration zur potentiellen Evaporation, also die relative Transpiration. Es ergibt sich für die Felsspaltenpflanzen eine mittlere relative Transpiration von nur 2,3 %, wenn man der Berechnung das Mittel der Tagessumme der Transpiration und der Evaporation zugrunde legt. Die Steilwaldpflanze dagegen erreicht einen Wert von 25,8 %. Zum Vergleich gibt STOCKER (1970) für *Ulmus glabra* in der ungarischen Alkalisteppe eine mittlere relative Transpiration von 8 % an, für *Robinia pseudoacacia* 11 % und für *Populus alba* 30 %.

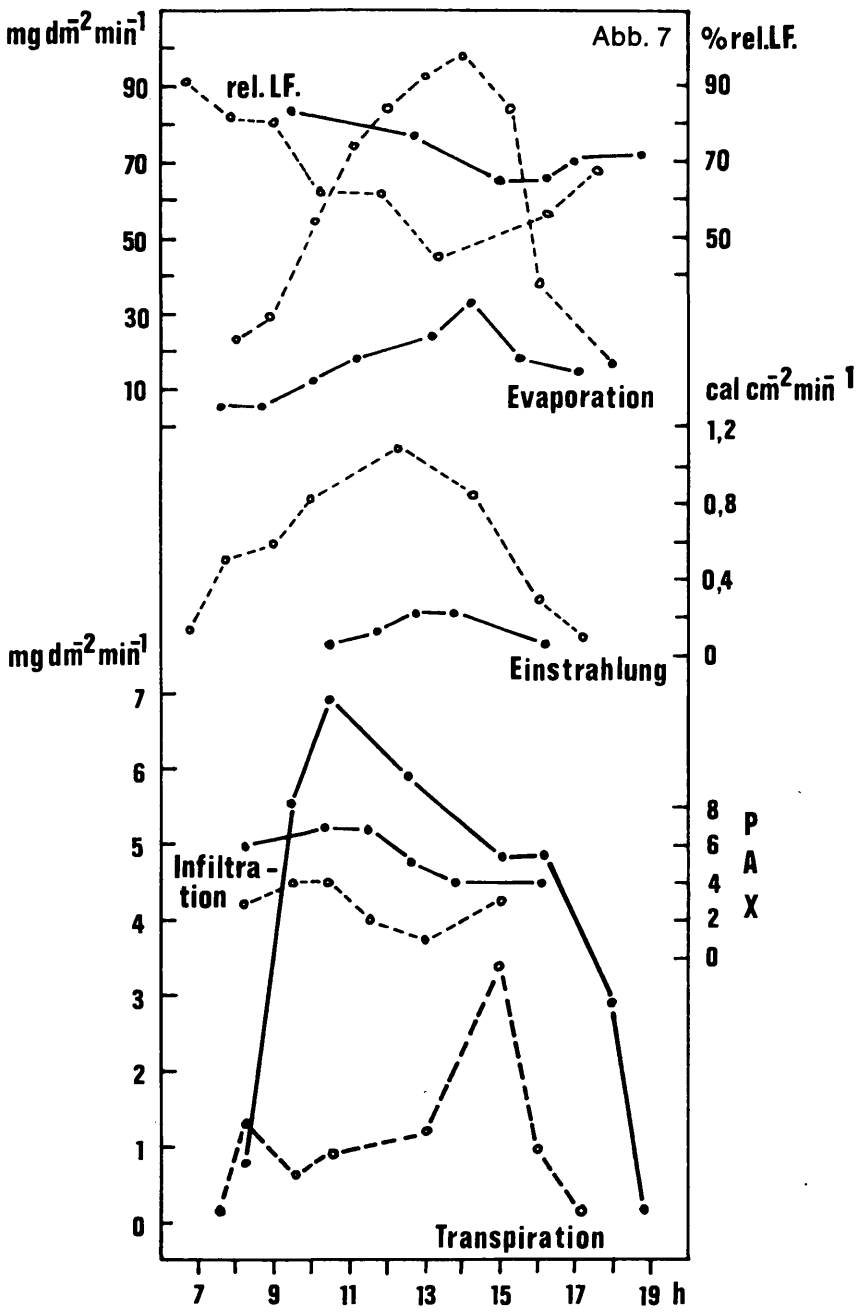


Abb. 7: *Fraxinus ornus*: Tagesgang der Transpiration des Baumes im Steilwald (●—●) und in einer Felsplatte (○—○) am 13. August 1972. (PAX: Summe der Infiltration von Paraffinöl, Alkohol und Xylol.)

Wasser- verhältnisse	Datum	MACCHIE max. Transpir. mg.g ⁻¹ min ⁻¹	DW %	GERLITZEN max. Transpir. mg.g ⁻¹ min ⁻¹	DW %
günstig	8. 5. 1970	9,4	7,8	—	—
	17. 7. 1970	7,2	8,7	—	—
	10. 10. 1970	7,8	6,2	—	—
	13. 8. 1972	—	—	9,4	6,8
ungünstig	14. 8. 1970	1,1	9,7	—	—
	14. 8. 1971	1,6	19,2	—	—
	13. 8. 1972	—	—	3,4	23,2

Tabelle 4: *Fraxinus ornus*: Vergleich der Transpiration (max. Transpiration in mg.g⁻¹min⁻¹) und des Wassersättigungsdefizites (DW, ausgedrückt in % Sättigungsgewicht) von Macchienpflanzen (aus ILIJA-
NIĆ und GRAČANIN 1972) und Gerlitzpflanzen.

Asparagus tenuifolius Lam., eine von Südeuropa über den Balkan bis nach Südrußland verbreitete Art, hat hier am Fuße der Niederdorfer Wand ein weit nach Norden vorgeschobenes Vorkommen. Ihrer Herkunft gemäß ist die Pflanze an trockene Standorte angepaßt, wie HEGI (1909) schreibt, gehört sie aber zu den schattenliebenden Pflanzen des Karstes.

In der Niederdorfer Wand wächst die Pflanze an Stellen, die durch das Laubdach des nahen Steilwaldes reichlich beschattet sind, zieht sich dann am Fuße der Wand entlang an jene Stellen hinauf, die dieses Schutzes entbehren und zudem noch in den Strahlungsbereich des Felsens gelangen.

Die noch relativ hohe Luftfeuchtigkeit und die günstigen Temperaturbedingungen am Morgen, die die Evaporation niedrig halten, veranlassen *Asparagus* zu einer starken Transpiration. Die während des Großteils des Tages direkter Strahlung ausgesetzten Pflanzen zeigen einen rascheren Anstieg der Transpiration als die beschatteten (Abb. 8).

Erreicht schließlich die direkte Strahlung die „Sonnenpflanzen“, so steigt in ihrer Umgebung die Evaporation (es ist darunter jeweils die gemessene potentielle Evaporation zu verstehen) und die Pflanzen antworten mit einer Reduzierung der Transpiration. Im Steilwald, also bei den beschatteten Pflanzen, ist zur selben Zeit die Evaporation weitaus geringer, sodaß für die Pflanzen vorläufig kein Anlaß gegeben ist, die Spalten zu verengen. Mit dem weiteren Anstieg der Evaporation reagieren schließlich auch diese mit Spaltenschluß. Am Nachmittag bildet sich ein zweites, aber kleineres Transpirationsmaximum aus (Abb. 8).

Der osmotische Wert macht den Transpirationsverlauf weiter interpretierbar. Selbst wenn wir nicht in der Lage sind, zu entscheiden, wie weit eine Anhäufung von Assimilationsprodukten oder der

Wasserzustand in den Zellen im Verlaufe eines Tages die Ursache der Erhöhung des osmotischen Druckes sind, so zeigt doch der Vergleich sehr deutlich die höheren mittäglichen osmotischen Werte der Sonnenpflanzen (max. 23,4 atm.) gegenüber den Schattenpflanzen. Diese erlangen einen maximalen osmotischen Druck von etwa 19,1 atm nach dem Erreichen des vormittägigen Transpirationsgipfels. Mit der Reduktion der Transpiration wird die Zunahme des osmotischen Druckes bald gebremst, der dann mit einer zusätzlichen Verflachung in der Abstiegskurve wieder abnimmt, was mit dem Erreichen des zweiten Transpirationsgipfels in Zusammenhang stehen dürfte (Abb. 8).

Bei den Sonnenpflanzen steigt im Gegensatz dazu der osmotische Druck noch weiter an, wenn die Pflanzen bereits die Wasserdampfabgabe schon über lange Zeit eingeschränkt haben. Während es also bei den Schattenpflanzen genügt, die Transpiration kurz einzuschränken, muß die Einschränkung bei den Sonnenpflanzen mehrere Stunden aufrechterhalten bleiben, bevor sich dies im Wasserzustand und damit in einer Abnahme des osmotischen Wertes niederschlägt (Abb. 8).

Interessant ist, daß bei den stark der Sonne ausgesetzten Pflanzen, soweit sie untersucht wurden, das erste Transpirationsmaximum sehr früh auftritt und durchaus zeitlich mit jenen Maxima übereinstimmt, die ROUSCHAL (1938) für Macchienpflanzen gefunden hat.

HOFFMANN (1936), die im pannonischen Raume auf einem xerothermen Standort des Frauenstein bei Mödling Transpirationsuntersuchungen durchgeführt hat, zeigt, daß nur bei wenigen Tagesgängen das erste Maximum so früh auftritt, im allgemeinen findet es sich erst in den späten Vormittagsstunden.

4. ÖKOLOGISCHE BEDINGUNGEN IN DEN WINTERMONATEN

4. 1. Temperaturvergleich: felsnaher Bereich — Steilwald

Wenn auch die Kanzelhöhe auf Grund der regionalklimatischen Gegebenheiten in unserem Sinne als günstiger zu bezeichnen ist als das Beckenklima von Villach, so liegen doch die Mitteltemperaturen an beiden Meßstationen von Dezember bis Februar, in vielen Jahren auch noch im März, unter dem Nullpunkt (siehe MAIER 1973). Die Lage des Lichtblumenstandortes auf dem nach Süden exponierten Felsen der Gerlitzten bringt, wärme- und lichtklimatisch gesehen, jedoch beträchtliche Vorteile im Winter mit sich.

Im Dezember 1972 (23. Dezember) war der Boden auf den Felsbänken sowie am Fuße der Wand völlig schneefrei. Bei einer Lufttemperatur von -5°C (2 m) lag die Oberflächentemperatur des Felsens über 0°C und erreichte, bedeckt von einem kleinen Humuspolster, sogar $+6^{\circ}\text{C}$ (Tabelle 5).

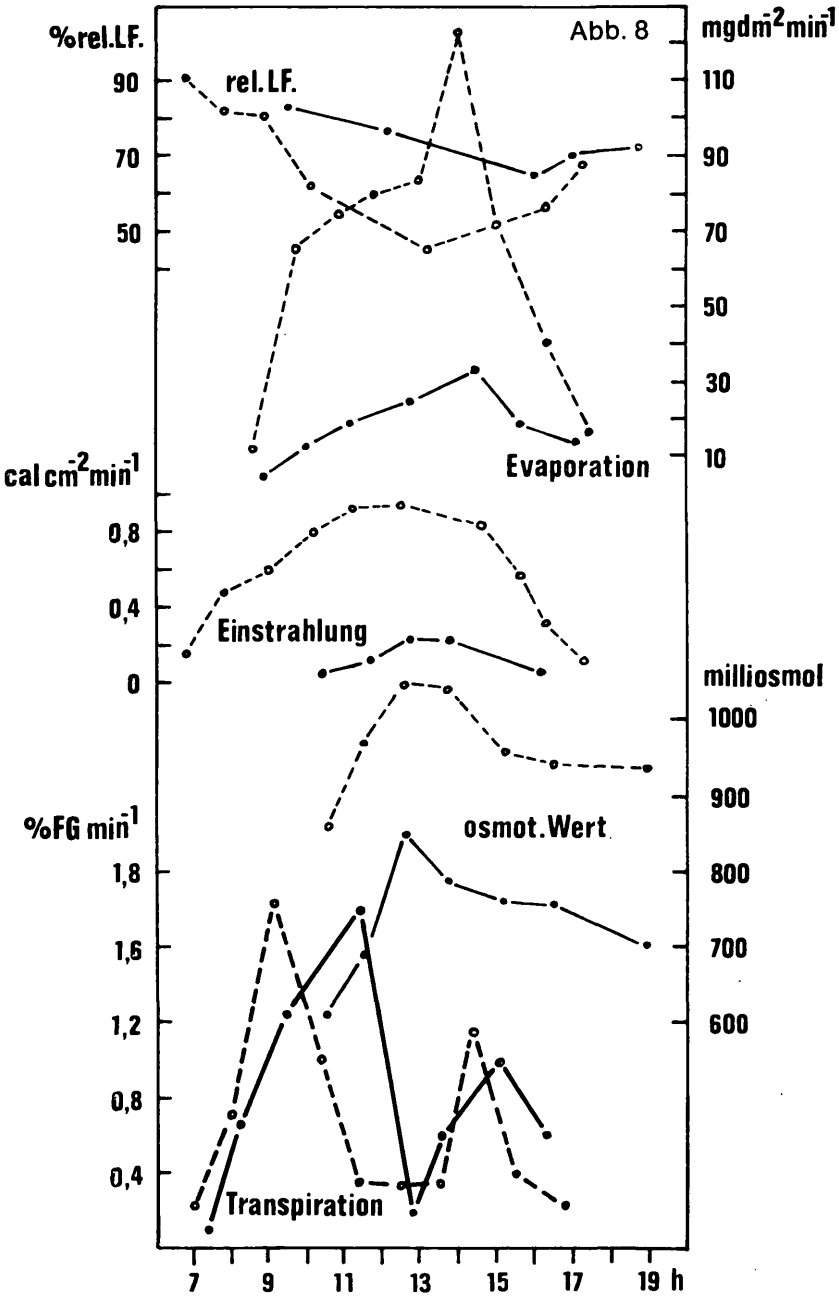


Abb. 8: *Asparagus tenuifolius*: Tagesgang der Transpiration und des osmotischen Wertes am 13. August 1972 von Pflanzen des Felsfußes (○ — — — ○) und im Steilwald (● — — — ●).

Meßpunkt	°C
2 m Luft	—5
5 cm Wandferne	—3
Felsen, 90°	+2
kleinere Spalten	+2 bis +3
Moospolster, Fels 90°	+4
Moospolster, Spalte	+5
<i>Asplenium trichomanes</i> , große Spalte	+6

Tabelle 5: Temperaturverhältnisse des nackten und bedeckten Felsens, gemessen am 23. Dezember 1972 um 16 Uhr.

Der an die Felswand anschließende, baumlose Hangbereich ist zur gleichen Zeit (23. Dezember) ebenso schneefrei und der Boden nicht gefroren. In der als Steilwald definierten anschließenden Vegetationsstufe ist der Boden gefroren.

	Standort	Luft				Boden				
		2 m	0	1	5	10	20	30	40 cm	
23.12.1972	Steilwald	—5	—2,1	—1,5	—	—0,2	+0,2	—	+1,2	dünne Schnee- auflage
	Rasen	—5	—	+0,2	+2,0	+2,4	+3,0	+3,9	+4,5	schneefrei
	Fels	—5	+2 bis +3	unter Pflanzenpolstern:				+4 bis +6		schneefrei

Tabelle 6: Temperaturverteilung in Luft und Boden (°C) im Felsbereich, in der Rasenzone (1 m Wandentfernung) und im Steilwald (150 m Wandentfernung) am 23. Dezember 1972 um etwa 16 Uhr.

Vergleichsmessungen, die die Temperaturverhältnisse des felsnahen Bereiches und im Steilwald zeigen sollen, sind in Tabelle 6 dargestellt.

4. 2. Mikroklima und Blattemperaturen von *Bulbocodium* zur Blütezeit

Im Februar, zur Blütezeit von *Bulbocodium*, ist der Felsen und seine unmittelbare Umgebung schneefrei. Etwas tiefer, im Steilwald, liegt zum Teil der Schnee in einer Dicke von ungefähr 10 cm, der Boden ist gefroren.

In Abb. 9 ist das Wetterhüttenklima in der Zeit vom 20. Februar bis 25. Februar 1973 dargestellt. Die Temperaturverhältnisse der bodennahen Luftschichten und die Temperatur der oberen Bodenschichten, die ja erst die Lebensbedingungen der Pflanze klarstellen, bringt Abb. 10.

Der Vergleich der Temperatur zwischen Blatt und blattnahem Luftraum ergibt, daß in der Nacht die Blattemperatur unter die Lufttemperatur fällt. Die am Tage erwarteten Übertemperaturen der Blätter werden nicht erkennbar. Die nicht synchrone Registrierung läßt bei den stark wechselnden Strahlungsverhältnissen in dieser Richtung keine Aussage zu. Die Tagesamplituden der Temperaturschwankung nehmen zu, je näher man der Bodenoberfläche kommt. In Blüthenhöhe kann daher das Tagesmaximum bei $21,7^{\circ}\text{C}$ liegen und dann am folgenden Morgen auf $-3,5^{\circ}\text{C}$ abfallen (23. Februar bis 24. Februar 1973). Im Boden erfährt die Temperaturschwankung eine Dämpfung, und das schon in 1 cm Tiefe (Abb. 10).

Gegenüber der 2-m-Luftschichte sind in Blüthenhöhe der Lichtblume die Tagesamplituden der Temperatur größer. Auf diese Weise kommt die Pflanze am Tage in den Genuß eines Temperaturklimas, das ihr eine normale Entwicklung in dieser Jahreszeit ermöglicht. In der Nacht jedoch fallen die Temperaturen.

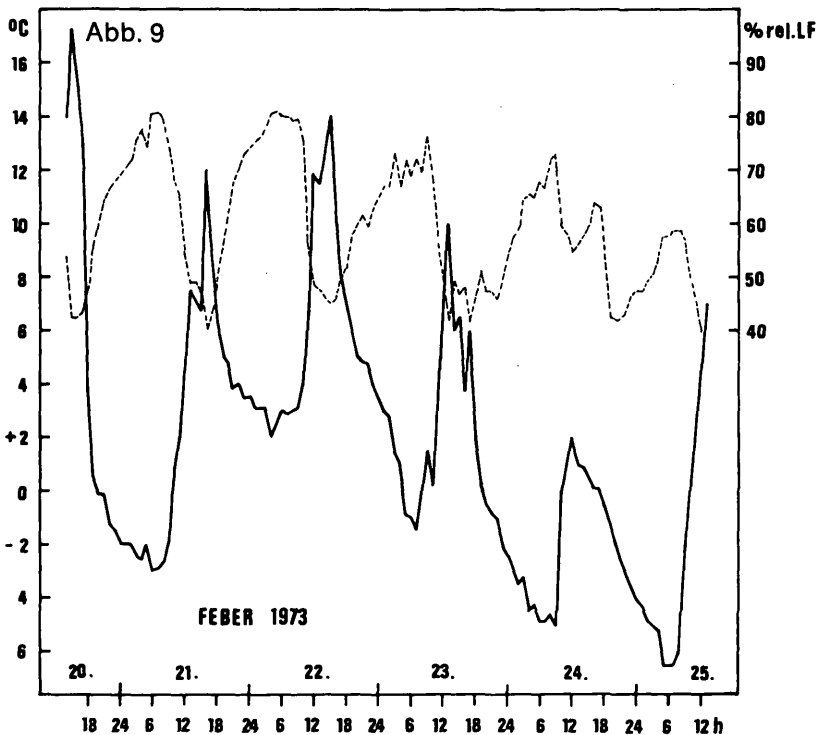


Abb. 9: Wetterhüttenklima der Niederdorfer Wand vom 20. bis 25. Februar 1973 (— : Temperatur, - - - : relative Luftfeuchtigkeit).

Mit der günstigeren Wasserversorgung des Bodens, die durch den Schmelzwasserzufluß des Felsbereiches und der darüberliegenden Hänge noch verstärkt wird, ändern sich die Temperaturverhältnisse

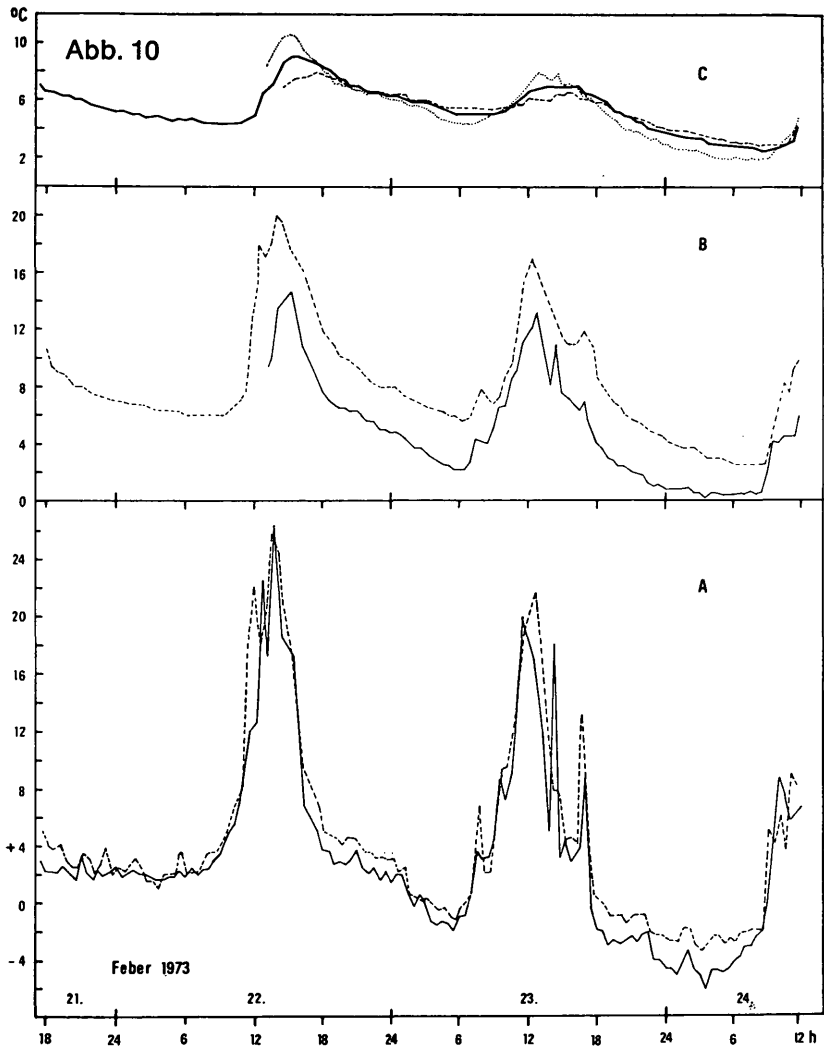


Abb. 10: Mikroklima zur Blütezeit von *Bulbocodium vernum*. A: ——— Blatttemperatur der Lichtblume, — — — Lufttemperatur in Blütenhöhe; B: ——— Temperatur in 1 cm Bodentiefe im Hangbereich, — — — Temperatur im Felsbereich unter einem Humuspolster von *Sedum album* (etwa 2 cm); C: Bodentemperaturen des Hanges: ····· 5 cm, — — — 10 cm, ——— in Zwiebelnähe (21. bis 24. Februar 1973).

im Boden. Die Wärmeableitung ist gegenüber dem trockenen Boden im Sommer besser (Wassergehalt in 10 cm Tiefe am 13. August 1972: 14 %, am 22. Februar 1973: 42 %). Die obersten Bodenschichten erwärmen sich daher weniger stark, sodaß die Felswand unter einem etwa 2 cm starken Humuspolster einer *Sedum album*-Pflanze eine höhere Temperatur erreicht, als der tiefgründigere Felsfuß in 1 cm Bodentiefe. Zudem wird dabei selbstverständlich der veränderte Einstrahlungswinkel zu berücksichtigen sein (Abb. 10 B).

Allerdings zeigt sich auch, daß die Differenz der Nachttemperatur zwischen Blütenhöhe (Abb. 10 A) und der 2-m-Luftschichte (Abb. 9) wesentlich kleiner und unbedeutender ist, als dies während des Tages der Fall ist.

In 10 cm Tiefe wurde an eine Lichtblumenzwiebel ein Thermofühler angelegt. Die Temperaturschwankung z. B. vom 23. auf den 24. Februar 1973 liegt bei nur 3,2° C (Max.: 7,0° C, Min.: 3,2° C). Es unterliegt die Zwiebel natürlich bedeutend geringeren Schwankungen der Temperatur als die oberirdisch angelegten Blätter und Blüten (Abb. 10 C).

4. 3. Freie Einstrahlung und Strahlung im Steilwald

Es wurden schon an anderer Stelle die sommerlichen Einstrahlungsverhältnisse dargestellt (siehe 3. 3.). Im Winter ist der Strahlungsverlust im Steilwald gegenüber der freien Einstrahlung natürlich kleiner, aber wie Tabelle 7 zeigt, noch immer bedeutend. Die Messungen wurden mit einem Sternpyranometer durchgeführt, das einmal waagrecht und einmal hangparallel ausgerichtet wurde. Bei Bewölkung ist zwischen waagrecht und hangparalleler Messung kein Unterschied. In der Sonne jedoch ist er beträchtlich.

Zeit	H a n g		W a l d	
	waagrecht hangparallel		waagrecht hangparallel	
	cal.cm-2.min-1		cal.cm-2.min-1	
13.00 Uhr	0,206	0,206	0,107	0,107
13.40 Uhr	0,819	1,381	0,441	0,619

Tabelle 7: Strahlungsklima (cal.cm-2.min-1) des etwa 45° geneigten baumfreien Hanges und des Steilwaldes (22. Februar 1973).

5. DIE ÖKOLOGISCHE SITUATION DER LICHTBLUME

In den von MAIER (1973) angestellten klimatischen Vergleichen finden sich für das gesamte Verbreitungsgebiet Parallelen, die den Entwicklungsablauf der Pflanze bestimmen. Immer sind die außerostalpinen Standorte niederschlagsarm, die Zusammenwirkung mit dem Wind bedingt eine sommerliche Trockenheit. Selbst im feuchten Klima der Ostalpen treffen wir die Pflanze auf einem Standort, an

dem der Niederschlag durch die Steilheit des Geländes seine Wirkung nicht entfalten kann.

Hinsichtlich der Temperatur läßt sich keine das Vorkommen von *Bulbocodium* charakterisierende Amplitude angeben. Dies ist weiter nicht verwunderlich, wenn man die Phasen der Entwicklung in Betracht zieht. Allgemein finden sich Geophyten, zu denen auch *Bulbocodium* zu zählen ist, vor allem dort, wo der Pflanze eine kurze Entwicklungszeit zur Verfügung steht, wie z. B. in Laubwäldern. Hier muß die Entwicklung mit der Belaubung der Bäume abgeschlossen sein. Die Anreicherung mit Reservestoffen und vor allem die bei Zwiebelpflanzen gespeicherten Wasserreserven ermöglichen den Pflanzen, sobald die Umweltbedingungen es erlauben, auszutreiben und die Blüte zu entwickeln. Die gesamte generative Phase liegt also zwischen der winterlichen Kälteperiode und der Laubentfaltung der Begleitvegetation, weil sonst als Folge von Lichtmangel die pflanzliche Entwicklung dieser Geophyten unterbrochen wäre. Eine Verkürzung der Vegetationszeit, oder hier besser der Produktionszeit für nicht xerophytisch gebaute Pflanzen, wie eben *Bulbocodium*, ist aber auch dann gegeben, wenn der kalten Jahreszeit eine sommerliche Trockenperiode folgt. Dabei ist es gleichgültig, ob diese Trockenperioden durch den Klimacharakter geprägt sind, oder aber die Pflanze durch die besondere Lage eines Wuchsortes sommerlicher Trockenheit ausgesetzt ist, wie dies z. B. auf dem Felsstandort von *Bulbocodium* am Gerlitzensüdhang der Fall ist. Während der Ruhezeit, die einen Großteil des Jahres ausmacht, wird die für die unterirdische Lebensweise eingerichtete Zwiebel unempfindlich gegen klimatische Einflüsse, wie z. B. Trockenheit, der sie durch die Wasserreserven begegnet. Auch die Temperaturextreme werden im Boden mit der zunehmenden Tiefe ausgeglichener. Nur in jener Phase, in der sie die Erdoberfläche durchbricht, können Temperaturen schädigenden Einfluß ausüben. Wie sich gezeigt hat, ist der Standort temperaturbegünstigter als etwa die Talsohle oder die Kanzelhöhe. Die steile Wand, an sich schon schneearm, apert sehr früh aus, wodurch in manchen Jahren bereits im Jänner, in Normaljahren Mitte Februar die Blüten erscheinen. Die an strahlungsreichen Tagen auftretenden Temperaturen sind zu so früher Jahreszeit ein bedeutender Faktor, der den Austrieb unterstützt bzw. möglich macht. In der Nacht nähern sich die auftretenden Temperaturminima in vielen Fällen jenen der Talsohle, sodaß wir eine Begünstigung wohl in erster Linie darin erblicken können, daß der nächtliche Temperaturabfall als Folge der starken Tagesinsolation verzögert wird (vgl. MAIER 1973). Im übrigen können die Nachttemperaturen in dem aufgezeigten Rahmen für den Entwicklungsfortschritt nicht entscheidend sein, sondern vielmehr im Hinblick auf die Kälteresistenz der Pflanzen wirksam werden.

In den winterkalten Steppen Südrußlands, wo die tiefsten Wintertemperaturmittel im Verbreitungsgebiet auftreten, liegt zu der Zeit, da *Bulbocodium* auf der Gerlitz blüht, noch der Schnee. Die Blüten der Lichtblume erscheinen dort erst im April, wenn Schneeschmelze ist, wenn also die Temperaturen steigen. Dann ist es eine Frage der weiteren Standortbedingungen, ob die Pflanze auch Samen bilden kann. Das ist z. B. in den baumlosen Steppen bis zur Sommerdürre möglich, ebenso auch auf dem baumfreien Gerlitzhang, aber z. B. nicht mehr dort, wo dichtes Laubdach die Strahlung vorzeitig dämpfen würde. Die durch den Wald wesentlich veränderte ökologische Situation erlaubt auf der Gerlitz keinen waldseitigen Vorstoß. Im Gegensatz dazu ist es aber nicht ausgeschlossen, daß die Lichtblume auch Waldgesellschaften zu besiedeln vermag, wie das Quercetum roburis um Debrecen.

PEHR (1936) führt das Fehlen der Lichtblume auf den ebenso exponierten Felsen bei Annenheim allein auf temperaturklimatische Ursachen zurück. Die Felsen, soweit von uns begangen, scheinen aber auch schon vom Standort her für die Pflanze ungünstig zu sein. Sie bestehen aus brüchigem Material, an den für die Pflanze in Frage kommenden Stellen bietet sich nur nacktes Gestein. Am Fuße der Wände trifft man Brennesselfluren und Brombeergestrüpp. *Clematis vitalba* und *Hedera helix* verdichten weiter den freien Boden an der Basis der Wände, sodaß dieser für die Lichtblumenentwicklung ungeeignet erscheint. Bäume rücken zu nahe an die Felswände heran, z. T. ist der Boden nahe des Felsfußes als Folge der Beschattung noch gefroren (21. Februar 1973) und zudem wenig tiefgründig. Lediglich die Felsen, die in nordwestlicher Richtung über der Niederdorfer Wand liegen, wären standortsmäßig für die Lichtblume geeignet, wie auch das Klima im wesentlichen dem der Niederdorfer Wand entsprechen dürfte.

Kulturversuche zeigen, daß die Pflanze auch in Klagenfurt und Villach wachsen kann. Bei diesen, von Menschen herrührenden und von Menschen gestalteten Standorten wird der Faktor Konkurrenz, also auch die Lichtkonkurrenz, so gut wie möglich ausgeklammert. Trotzdem muß man vermerken, daß die Pflanzen im Botanischen Garten in Klagenfurt zumindest alle fünf Jahre erneuert werden. Man verwendet dazu Pflanzen aus dem schweizerischen Wallis, da jene von der Niederdorfer Wand noch öfter ausgetauscht werden mußten. Es zeigte sich auch, daß meist Seitenzwiebeln fehlen, während am natürlichen Standort auf der Gerlitz solche gebildet werden (mündliche Mitteilung von Franz ZEITLER).

Es lassen sich kaum nähere Aussagen über den Grund des schlechten Wachstums im Botanischen Garten machen. Abgesehen von der schwächeren Einstrahlung und den niedrigeren Temperaturen, was sich vor allem zu Beginn der Entwicklung hemmend auswir-

ken kann, könnte unter Umständen durch die höhere Luftfeuchtigkeit der Talsohle im Gegensatz zum Fundort die physiologisch notwendige Zwiebelruhe beeinträchtigt sein. Die Pflanze ist eben an eine entsprechende sommerliche Trockenheit angepaßt, wie das Klima des Verbreitungsgebietes klarlegt.

Man kann auf Grund der Untersuchungen sagen, daß *Bulbocodium vernum* bei uns durchaus weiter verbreitet sein könnte, nicht großräumig gesehen, sondern beschränkt auf Klimainseln, die den aufgezeigten Bedingungen entsprechen. Warum die Pflanze vorläufig in der großen Lücke zwischen Ost und West allein auf der Gerlitzten evident ist, ist nicht Aufgabe dieser Arbeit zu klären. Man würde diesem Problem schon näher kommen, wenn, wie WIDDER (1939) sagt, dem „argumentum ex silentio“ eine zielbewußte Suche auf allen in Betracht kommenden Stellen entgegengesetzt würde. Eines jedenfalls ist offenbar, daß die ökologisch isolierte Stellung des Standortes durch die Waldbarriere eine planmäßige Ausbreitung der Lichtblume selbst auf entsprechende Areale nicht zuläßt, sondern dem Zufall überlassen sein muß.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Am Standort von *Bulbocodium vernum* am Südhang der Gerlitzten in Kärnten wurden mikroklimatische Messungen durchgeführt, die die Lebensbedingungen der Lichtblume aufzeigen sollen. Weiters wurden Untersuchungen zum sommerlichen Wasserhaushalt einiger Pflanzen dieses Raumes angestellt. Im Vordergrund stehen *Fraxinus ornus* und *Asparagus tenuifolius*. Es werden schließlich Fragen zur Temperaturresistenz behandelt, wie die Kälteresistenz der Lichtblume sowie die Hitzeresistenz u. a. von *Fraxinus ornus*, *Asparagus tenuifolius*, *Echium vulgare* und einigen Sukkulenten.

LITERATUR

- BAUER, H., HUTER, M., & LARCHER, W. (1969): Der Einfluß und die Nachwirkung von Hitze- und Kältestreß auf den CO₂-Gaswechsel von Tanne und Ahorn. — Ber. Dtsch. Bot. Ges., 82(1/2):65—70.
- BIEBL, R. (1962): Protoplasmische Ökologie der Pflanze, Wasser und Temperatur. — Protoplasmatologie, 12/1, Springer, Wien.
- (1967): Kurztageinflüsse auf arktische Pflanzen während der arktischen Langtage. — Planta, 75:77—84.
- & MAIER, R. (1969): Tageslänge und Temperaturresistenz. — Österr. Bot. Z., 117:176—194.
- BURIAN, K., & ZAX, M. (1973): Unterschiede in Gaswechsel, Produktivität und Temperaturresistenz bei Gramineen. I. Temperaturresistenz. — 100 Jahre Hochschule für Bodenkultur Wien, Band III:127—144. Wien: Studienrichtung Landwirtschaft an der Hochschule für Bodenkultur.
- CLAR, E., & KÄHLER, F. (1953): Begleitworte zur Geologischen Übersichtskarte von Kärnten, 1:500.000. — Carinthia II, 143:18—22.

- DÖRR, M. (1941): Temperaturmessungen an Pflanzen des Frauensteins bei Mödling. — Beih. Botan. Centralblatt LX, Abt. A, 3:679—728.
- GEIGER, R. (1961): Das Klima der bodennahen Luftschicht. — IV. neubearbeitete und erweiterte Auflage, Viehweg u. Sohn, Braunschweig.
- GILLI, A. (1953): Die Ursache des Reliktcharakters von *Colchicum Bulbocodium* KER-GAWLER (*Bulbocodium vernum* L.) in den Ostalpen. — Carinthia II, 143:26—40.
- HEGI, G. (1909): Illustrierte Flora von Mitteleuropa II. — Wien.
- HOFMANN, K. (1936): Experimentell-ökologische Untersuchungen an Pflanzen des Frauensteins bei Mödling, mit besonderer Berücksichtigung der Transpiration. — Beih. Botan. Centralblatt LV, Abt. A:212—270.
- HUBER, B. (1927): Zur Methodik der Transpirationsbestimmung am Standort. — Ber. Dtsch. Bot. Ges., 45:611—618.
- (1935): Der Wärmehaushalt der Pflanze. — Naturw. u. Landwirtsch., 17:1485.
- (1956): Die Temperatur pflanzlicher Oberflächen. — In: RUHLAND: Handbuch der Pflanzenphysiologie, III:285—292.
- HÜBL, E. (1963): Vergleichende Beobachtungen des stomatären Verhaltens verschiedener Pflanzen in Trockenrasen und Laubwäldern am Alpenostrand. — Österr. Bot. Z., 110:556—607.
- ILJANIĆ, L., & GRAČANIN, M. (1972): Zum Wasserhaushalt einiger mediterraner Pflanzen. — Ber. Dtsch. Bot. Ges., 85:329—339.
- IWANOFF, L. (1928): Zur Methodik der Transpirationsmessung am Standort. — Ber. Dtsch. Bot. Ges., 47:306—310.
- LANGE, O. L. (1959): Untersuchungen über den Wärmehaushalt und Hitzeresistenz mauretanischer Wüsten- und Savannenpflanzen. — Flora, 147:595—651.
- (1961): Die Hitzeresistenz einheimischer immer- und wintergrüner Pflanzen im Jahreslauf. — Planta, 56:666—683.
- & LANGE, R. (1963): Untersuchungen über Blattemperaturen, Transpiration und Hitzeresistenz von Pflanzen mediterraner Standorte (Costa brava, Spanien). — Flora, 153:387—425.
- LARCHER, W. (1973): Ökologie der Pflanzen. — Ulmer, Stuttgart.
- LEUTE, G.-H. (1965): Eine südwestalpine Sempervivum-Sippe neu für Kärnten. — Carinthia II, 155:200.
- MAIER, R. (1969): Einfluß von Tageslänge und Standortfaktoren auf die Temperaturresistenz von Samenpflanzen. — Diss. d. phil. Fak. d. Univ. Wien.
- (1971): Einfluß der Photoperiode und Einstrahlungsstärke auf die Temperaturresistenz einiger Samenpflanzen. — Österr. Bot. Z., 119:306—322.
- (1973): *Bulbocodium vernum* L. in Kärnten. I: Die klimatischen Bedingungen des Kärntner Standortes im Vergleich zu außerostalpinen Fundstellen. — Carinthia II, 163:445—461.
- MOLISCH, H. (1912): Das Offen- und Geschlossensein der Spaltöffnungen, veranschaulicht durch eine neue Methode (Infiltrationsmethode). — Zeitschr. f. Bot., 4:106—122.
- MOSCHKOV, B. S. (1935): Photoperiodismus und Frosthärte ausdauernder Gewächse. — Planta, 23:774—803.
- PEHR, F. (1936): Floristisches vom Standorte der Frühlingslichtblume (*Bulbocodium vernum* L.) in Kärnten. — Carinthia II, 126(46):28—36.
- ROUSCHAL, E. (1938): Zur Ökologie der Macchien. I. Der sommerliche Wasserhaushalt der Macchienpflanzen. — Jb. wiss. Bot., 87:436—523.
- SAPPER, I. (1935): Versuche zur Hitzeresistenz der Pflanzen. — Planta, 23: 518—556.

- SCHARFETTER, R. (1932): Die Vegetationsverhältnisse der Gerlitzten in Kärnten. — Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien, math.-naturw. Kl., Abt. I, 141:67—110.
- SCHWARZ, W. (1969): Der Einfluß der Photoperiode auf die Frosthärte und die Hitzeresistenz von Zirbe und Alpenrose. — Ber. Dtsch. Bot. Ges., 82:109.
- SCHWEMMLE, B., & LANGE, O. L. (1959): Endogen-tagesperiodische Schwankungen der Hitzeresistenz von *Kalanchoe blossfeldiana*. — Planta, 53:134—144.
- STOCKER, O. (1929): Eine Feldmethode zur Bestimmung der momentanen Transpirations- und Evaporationsgröße. — Ber. Dtsch. Bot. Ges., 47:129—136.
- (1956): Meßmethoden der Transpiration. — In: RUHLAND: Handbuch der Pflanzenphysiologie, III:293—309.
- (1970): Transpiration und Wasserhaushalt in verschiedenen Klimazonen. IV. Untersuchungen an Sandpflanzen der Ostseeküste. — Flora, 159:367—409.
- TUSCHL, P. (1970): Die Transpiration von *Phragmites communis* TRIN. im geschlossenen Bestand des Neusiedler Sees. — Wiss. Arb. Bgld., 44:126—186.
- WALTER, H. (1931): Die Hydratur der Pflanze und ihre physiologisch-ökologische Bedeutung. — Fischer, Jena.
- WIDDER, F. (1939): Offene Fragen um die Lichtblumen-Zeitlose (*Colchicum Bulbocodium* KER-GAWLER). — Carinthia II, 129:86—95.

Anschrift der Verfasser: Dr. Rudolf und Dr. Gertrude MAIER, Pflanzenphysiologisches Institut der Universität Wien, Dr.-Karl-Lueger-Ring 1, A-1010 Wien.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Carinthia II](#)

Jahr/Year: 1975

Band/Volume: [164_84](#)

Autor(en)/Author(s): Maier Rudolf, Maier Gertrude

Artikel/Article: [Bulbocodium vernum L. in Kärnten \(Mit 10 Abbildungen und 7 Tabellen\) 259-286](#)