

Flussnahe Trockenstandorte «Heissbrenni» am südlichen Oberrhein – Mikroklima, Vegetation und Gefährdung

Bertrand Schmidt, Waldkirch

Manuskript eingegangen am 2. März 1996

DOI: <https://doi.org/10.12685/bauhinia.1803>

Zusammenfassung

Hochgelegene Kiesrücken der Auen, sogenannte «Heissbrenni», sind Sonderstandorte mit Trockenvegetation in unmittelbarer Nachbarschaft zu aquatischen Bereichen. Diese Biotope sind Zeugen einer ehemals dynamischen und ungebändigten Wildflusslandschaft am Oberrhein. Dargestellt werden Untersuchungsergebnisse zu Mikroklima, Strahlung, Vegetation und Hydrodynamik von Trockenrasen-Trockenbusch-Komplexen auf «Heissbrenni». Die klimatischen Bedingungen sind extrem, an Strahlungstagen von Juni–August betragen die Tagestemperaturschwankungen in der bodennahen Luftschicht 30–40°C, es wurden maximale Bodenoberflächentemperaturen von 71°C ermittelt. Die mikroklimatischen Bedingungen auf den Heissbrenni-Standorten entsprechen etwa denen des Xerobrometum. Der Standortbegriff der Einheimischen, «heisse Brennen», ist treffend für die lückigen Pflanzenbestände auf Kies, die im Juli durch die Strahlungshitze bereits vergilbt sind. Die Zahl der Pflanzenarten (Phanerogamen) von ungemähten versaumten Halbtrockenrasen (Mesobrometum) auf Heissbrenni ist höher als die von gemähten. Zahlreiche Arten der Säume, Lückenspioniere, Gehölze und Störzeiger treten auf – letztere besonders dann, wenn der Flurabstand zeitweise weniger als 1 m beträgt. Auf 100 m² grossen Aufnahmeflächen wurden zwischen 68 und 85 höhere Pflanzenarten, darunter *Aster amellus*, *Allium montanum* und *Thesium rostratum* gefunden. Kiesrücken mit Grundwasserständen von 2–3 m unter Flur sind kaum mehr waldfähig und weisen eine lückige Vegetationsdecke mit Flechten auf.

Die letzten ursprünglichen Heissbrenni einschliesslich ihrer thermophilen Tier- und Pflanzenwelt sind fast vollständig vernichtet, denn von den ca. tausend Heissbrenni sind in der Oberrheinebene durch die Rheinkorrektur, Regulierung, Kanalbau und Siedlungsbau wenige übriggeblieben. Fehlende Auedynamik, verändertes Grundwasserregime und Nährstoffeintrag aus Luft sind Faktoren, die vor geschützten Gebieten nicht halmachen, so dass Flächenschutz zur Erhaltung der Trockenrasen im degradierten Auebereich ungewiss ist.

Summary

Riverside dry gravel locations (“Heissbrenni”) at the Southern Upperrhine (SW-Germany) – microclimate, vegetation and endangering.

Elevated alluvial gravel depositions, called “Heissbrenni”, a few meters above middle water line were elements of a natural river zonation and broad riverside vegetation at the Rhine in SW-Germany two hundred years ago. Today these hot dry grass- and bushland biotopes in close neighborhood to dynamic aquatic habitats are very rare.

Microclimate, vegetation and water table were studied on “Heissbrenni” near Basel (Petite Camargue Alsacienne, St-Louis, France). The climatic features are extreme; on sunny days in summer temperature of the air layer above ground reaches an amplitude of 30–40°C, soil temperatures of 71°C could be measured. The microclimate resembles that of Xerobrometum grassland stands.

Mesobrometum grassland on sandy gravel 1 m to 1.5 m above ground-water level with blanks, pioneer and Sedo-Scleranthetea species, Saum (hem) species of the Trifolio-Geranietea and slow growing Prunetalia-

bushes form a varied and rich floristic composition with up to 85 vascular plants per 100 m², including the species *Aster amellus*, *Allium montanum* and *Thesium rostratum*. Xeric grassland “Heissbrenni” locations with water table 2–3 m below ground and small water-holding capacity show many small blanks with lichenes, trees have little chance to grow.

Mowed Mesobrometum grassland on “Heissbrenni” have less plant species than those without cut of grass, because the heterogenous floristic mosaic changes and the so called processes of “Versaumung” and “Verbuschung” are stopped. Woody plants and Trifolio-Geranietea species diminish. The patterns of successional stages are extremely favorable, especially for thermophilous insects.

Endangering of “Heissbrenni” is obvious by the great number of destroyed locations and the loss of a natural dynamic of the river Rhine through correction of the natural river bed, regulation and canalisation. Longterm effects such as changes in water table dynamics and immissions of nutrients carry weight to slow degradation of these biotopes.

Danksagung

Dank schulde ich folgenden Personen und Institutionen: Dem Ministère de l'Environnement et délégation du Préfet du Haut-Rhin, Conservateur Philippe Kniebiely (St-Louis) für die Arbeits- und Betretungsgenehmigung, Dipl.-Biol. Nils Golay (St-Louis) ermöglichte mir die Unterbringung in der Forschungsstation RANA der Universität Basel in der Petite Camargue Alsacienne (St-Louis). Herr Dipl.-Biol. W. H. Müller stellte mir einige Messinstrumente des Geobotanischen Instituts der Universität Freiburg zur Verfügung. Dipl.-Biol. Andreas Sendtko und PD. Dr. Rainer Buchwald (Freiburg) sahen das Manuskript durch.

1. Einleitung und Untersuchungsgebiet

Unter «Heissbrenni» versteht man hochgelegene Kiesrücken der Aue, die von Stromarmen bei Hochfluten aufgeschüttet werden und auch als humuslose Rhein-vorlandstrecken bezeichnet werden können. Nur gewaltige Hochwasser verändern diese Standorte, so dass die Sukzession über Jahrzehnte ungestört ablaufen kann. Am südlichen Oberrhein, vor allem von Basel bis Neuenburg und Breisach wird der Begriff Heissbrenni verwendet (siehe auch RUDY 1941), der heute nur noch sehr wenigen Einheimischen ein Begriff ist. An der österreichischen Donau sind die Begriffe Brennen oder Heissländ üblich (siehe GERKEN 1988).

Diese grobschotterigen Kiesbänke mit oft mehr als 100 cm Mächtigkeit, die zum Teil 2–3 m über dem Niveau des Mittelwassers liegen, sind kaum oder nicht mehr waldfähig und tragen eine Trockenvegetation. Heute sind diese Elemente einer intakten Aue am Oberrhein nur noch reliktsch vorhanden, so zum Beispiel in der Petite Camargue Alsacienne (PCA, ca. 240 m NN), wo botanische und mikroklimatische Studien in den Gewannen Kirchener Kopf (KK), Ponyweid und Haid durchgeführt wurden (Abb. 1b).

Diese Heissbrenni sind seit 1920 nicht mehr überflutet worden und es hat sich eine Trockenrasenvegetation entwickelt, die sich nachweislich in den letzten 15–20 Jahren ohne Pflegeeingriff erhalten hat. Die Heissbrenni mit Trockenrasen- und Trockenbuschvegetation sind Zeugen einer ehemals sehr ausgedehnten natürlichen Auenlandschaft (siehe Abb. 1a; Untersuchungsgebiet) und konnten sich nur an wenigen Standorten mit hoher Kiesauflage und ohne nennenswerten Nährstoffeintrag halten.

Die klimatischen Verhältnisse am südlichen Oberrhein sind für Trockenrasen günstig. Kennzeichnend sind hohe Sommerwärme, niedrige Wintertemperaturen, zeiti-

ger Frühjahrsbeginn, Sommerregen und lange Sommer bis in den Herbst. Temperaturerhöhende Föhneffekte und niedrige jährliche Niederschlagssummen werden durch die an drei Seiten angrenzenden Mittelgebirgszüge Jura, Vogesen und Schwarzwald bewirkt. In der Nähe des Untersuchungsgebietes liegt der berühmte Isteiner Klotz mit seinen Volltrockenrasen. Die mittlere Jahrestemperatur beträgt ca. 9,9°C (Basel 277 m NN 9,7°C, Isteiner Klotz 10,2°C). Die Niederschlagsmenge beträgt ca. 760 mm, zieht man die mittleren Niederschlagsmengen von 1871–1950 benachbarter Stationen heran (Basel 799 mm, Kleinkems 722 mm) (RUDLOFF 1974).

2. Material und Methoden

2.1 Vegetationsaufnahmen

Die Vegetationsaufnahmen wurden nach der Methode von BRAUN-BLANQUET erstellt. Auf die Angabe der Soziabilität wurde verzichtet. In den Aufnahmeflächen 1, 2 und 4 wurden zusätzlich Anfang Juni 1993 Orchideen, Therophyten und *Allium*-Arten ergänzt. Die ungewöhnliche Aufnahmegrösse von 100 m² der Aufnahmen 2 und 3 wurden so gewählt, um die real existierenden Flächengrössen der eng verzahnten Trockenrasen-Saum-Gebüsch-Komplexe mit unterschiedlichen Sukzessionsstadien als Insektenhabitat zu beschreiben. Ziel war es nicht, die kleinstandörtliche Diversität anhand von einer Vielzahl von kleinen Einzelaufnahmen mit klarer Gesellschaftstrennung hervorzuheben.

2.2 Mikroklimamessung

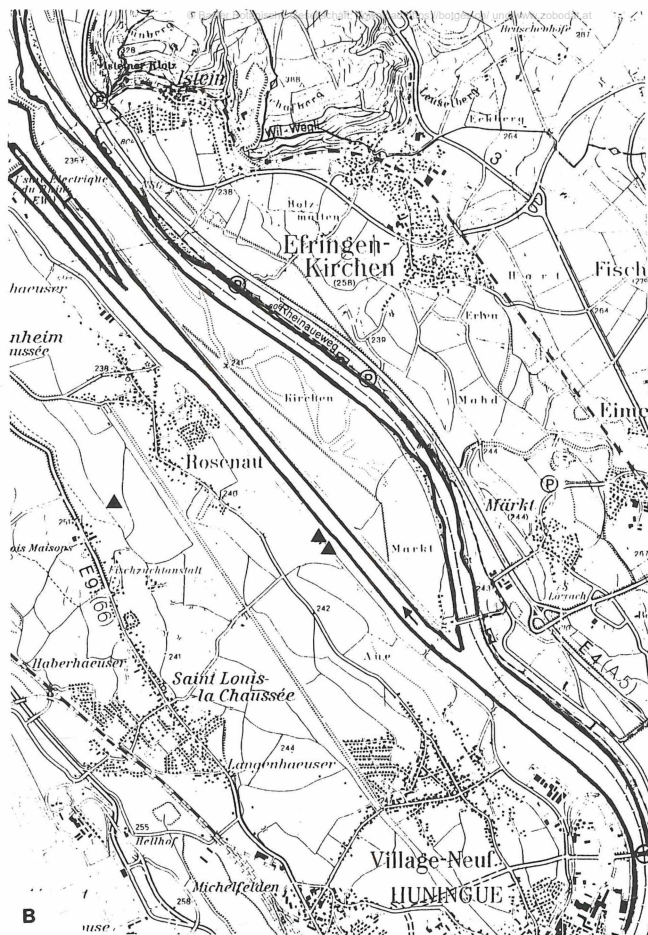
Temperatur

Für die Temperaturmessung wurde ein teleskopartig ausziehbarer Thermomessstab gebaut, auf dem Thermoelemente in 10 cm Abstand angebracht sind (SCHMIDT 1996). Die Temperatur wird über grosse solarbetriebene und knopfzellenunterstützte LCD abgelesen. Das Aluminiumrohr mit den angebauten Thermoelementen ist durch weisse Kartonblättchen strahlungsgeschützt, so dass der Strahlungsfehler dadurch minimiert wird. Verwendet wurden Messfühler mit NiCrNi-Thermoelementen der Firma Conrad electronic, Hirschau. Der Messbereich beträgt –40°C bis +70°C bei einer Auflösung von 0,1°C und Genauigkeit von 1°C. Durch Eichmessungen mit Referenzmessinstrumenten konnte bei einem Temperaturbereich von 5–40°C eine Genauigkeit von 0,3°C ermittelt werden. Die Streuung der Kennlinien der baugleichen Messfühlerserie war gering, Temperaturabweichungen betrugen $\pm 0,1^\circ\text{C}$.

Infrarotmessgeräte messen berührungslos die Oberflächentemperatur über die ausgestrahlte Infrarotenergie und errechnen daraus die Oberflächentemperatur. Verwendet wurde ein mikroprozessorgesteuertes Infrarot-Temperaturmessgerät mit Zielfernrohr RAYNGER II LT der Firma Ahlborn Mess- und Regelungstechnik, Holzkirchen. Die spektrale Empfindlichkeit des Geräts liegt bei 8–14 μm , der Messbereich bei –30° bis 1400°C bei einer Genauigkeit von $\pm 1\%$. Als Emissionsfaktor wurde 0,95 gewählt.



A: Flussauenlandschaft des Rheins vor der Rheinkorrektion (1817–1880); «Rheingrätz-Carte», Kartengrundlage von A. NAUDIN 1726: «Le cours du Rhin depuis Lauffenburg jusque à Bingen».



B: Fliessverlauf des Rheins nach der Rheinkorrektur, Rheinregulierung und Vollkanalisierung (Grand Canal d'Alsace, 1932); TK 1:50.000 L8310, 1986. ▲ Untersuchte Standorte 1993

Feuchtigkeit

Die relative Feuchte (rF), Dampfdruck (e) und der Taupunkt wurden mit dem Gerät testo 610 der Firma Testotherm, Lenzkirch bestimmt. Es handelt sich um ein Handgerät mit externem Feuchtefühler, der mit einem mikroprozessorgesteuerten Feuchtesensor bestückt ist. Messbereich -30 bis $+140^{\circ}\text{C}$, Genauigkeit $< \pm 1\%$ rF.

Globalstrahlung

Für das Strahlungsklima eines Standorts ist die direkte Sonnenstrahlung, das diffuse Himmelslicht und die Reflexionsstrahlung der Umgebung massgebend. Diese Gesamtstrahlung wird als Globalstrahlung bezeichnet. Zur Messung wurde ein Strahlungsthermometer nach ROBITZSCH verwendet. Es besteht aus zwei in evakuierten Glashülsen eingeschmolzenen Quecksilber-Thermometern. Das Quarzglas der Hülsen ist für Strahlung des Wellenlängenbereiches zwischen 300 – 2500 nm durchlässig. Eichung: 1°C Temperaturdifferenz entspricht $42 \pm 0,1 \text{ W/m}^2 = 0,06 \pm 0,001 \text{ cal (cm}^2 \cdot \text{min)}$. Aufgrund der Kugelform der Quecksilbergefäße ist das Thermometer raumintegrierend und damit cosinus-korrigiert und unabhängig vom Sonnenwinkel.

Lichtintensität

Der Bereich der photosynthetisch wirksamen Strahlung (PhAR) umfasst nur den Wellenlängenbereich zwischen 380 – 720 nm. Der Lambda-Quantenzähler enthält eine Siliziumzelle, deren Wellenlängenempfindlichkeit durch Filter auf 400 bis 700 nm eingeeengt ist. Gleichzeitig schwächen die Filter kurzwellige Strahlung in um so stärkerem Masse ab, je energiereicher diese gegenüber der längerwelligen ist. Mit dem Lambda-Quantenzähler wird die Photonenstromdichte in $\mu\text{E/cm}^2 \cdot \text{s}$ gemessen. Das Messgerät wurde auf einem Dreibein-Stativ installiert und integriert die Messdaten über eine Minute, so dass räumliche und zeitliche Schwankungen der Strahlung geglättet werden.

2.3 Wasserstandsmessung

Für Wasserspiegel- und Grundwassermessungen und für die Charakterisierung des Wasserregimes wurden Rohrpegel mit Schwimmer in einem perforierten Plastikrohr verwendet und in regelmässigen Abständen abgelesen. Das Ablesen erfolgte beim Rohrpegel über eine Minima/Maxima-Anzeige (zum Bau siehe WARNE-GRÜTTNER 1990).

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Vegetation

Die beschriebenen alluvialen Mesobrometen (Tabelle 1, Nr. 1–3) sind aufgrund ökologischer und edaphischer Faktoren einer Subassoziation mit trockenheitsbedürftigen Trennarten zuzuordnen. Die sandig-kiesigen ehemaligen Standorte der Flussaue begünstigen Sedo-Sclerantheta-Arten, aber man findet auch zahlreiche

Trockenrasen auf Kiesrücken

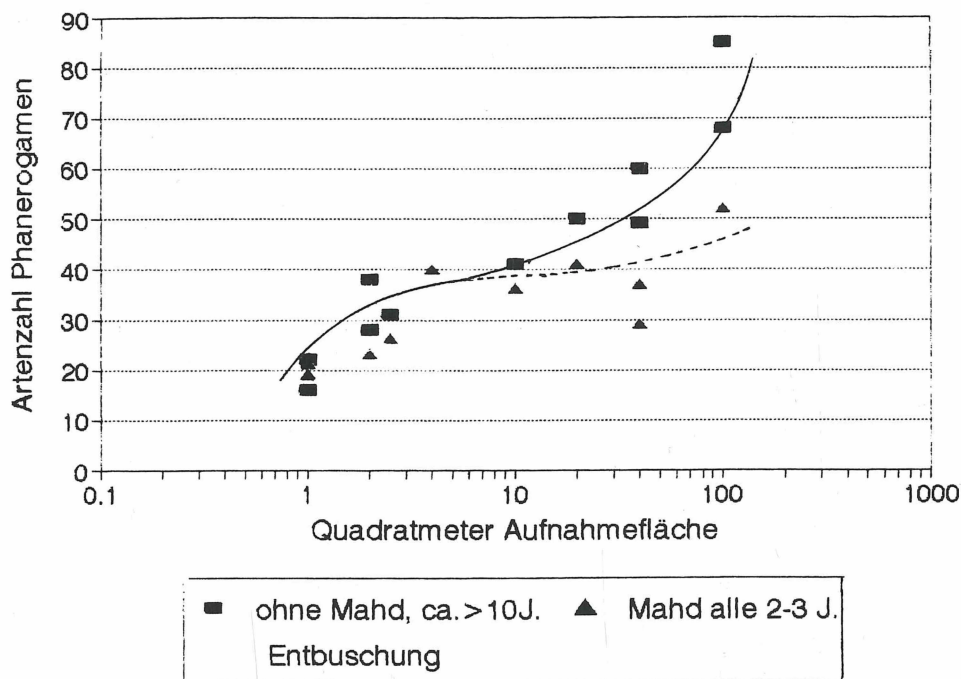


Abb. 2: Artenzahl Phanerogamen von Trockenrasen auf Heissbrenni mit und ohne Mahd, Messserien an verschiedenen Standorten.

gesellschaftsmorphologische Übergänge von lückigen Trockenrasen zu bunten Hochstauden und Säumen der Trifolio-Geranietae. Besonders südexponierte Kiesrücken zeigen eine lückige Pionierv egetation, und viele Stellen auf Grobsand und Kies sind mit Flechten überwachsen. Typische Arten der Kiesrücken ohne Grundwasseranschluss sind *Echium vulgare*, *Festuca ovina* und *Koeleria gracilis*. An die Kiesrücken schliessen sich benachbart tiefer liegende Standorte mit Sanddorn (*Hippophaë rhamnoides*) und Weidengebüsche mit *Salix elaeagnos* und *S. purpurea* an. Nach WITSCHER (1980) sind die Magerrasen der Alluvionen gekennzeichnet durch das Fehlen von *Onobrychis viciifolia* und das stärkere Auftreten von Sedo-Scleranthetea-Arten. SEIBERT (1962) fand auf standörtlich ähnlichen Plätzen mit Kies und geringer anlehmiger Sandauflage an der Isar Trespen-, Schafschwingelrasen und Kiefern-Eichenwald.

Durch fehlende Mahd oder Beweidung herrschen vielerorts prächtige blumenbunte, thermophile Säume vor, die 10–30% der Aufnahmefflächen bedecken, also Versaumungsphasen im Sinne WILMANN (1989: 13) darstellen. Die Vegetation der Heissbrenni ist sehr artenreich und weist mehr als 60 Pflanzenarten auf 40 m² Grösse auf. An einigen Stellen zeigt sich durch Wechselfeuchtezeiger ein geringer Flurabstand, der vermutlich durch punktuelle Lehmvorkommen und Stauhazonte im Kies bedingt ist. Stellenweise ist erkennbar, dass Oberflächenbewegungen im Zuge von

Strassenbaumassnahmen stattgefunden haben, diese liegen aber schon Jahrzehnte zurück. Weitere Veränderungen der Oberfläche gehen wahrscheinlich auf Kaninchen und deren scharrende Tätigkeit zurück, möglicherweise spielen auch Wildschweine eine Rolle.

Besonders bemerkenswerte und seltene Pflanzenarten in den Aufnahmen sind *Aster amellus*, *Thesium rostratum* und *Allium montanum* (Belegexemplare Station RANA; Adresse siehe GOLAY & BUSAM 1991). Von letztgenannter Lauchart sind nur zwei Standorte für das Oberelsass und die Südvogesen bekannt (RASTETTER 1993). *Thesium rostratum* wurde bisher nicht am südlichen Oberrhein gefunden, seine Herkunft bleibt ungeklärt. Nach der Flora Baden-Württembergs Band 4 liegen die westlichsten Vorkommen im Hegau (SEBALD et al. 1992: 71). Das Geschnäbelte Leinblatt (*Thesium rostratum*) ist charakteristisch im Schneeheide-Kiefernwald (*Erico-Pinetum sylvestris*) von geschiebereichen Flüssen des nördlichen und südlichen Alpenvorlandes. Diese Gesellschaft siedelt ebenfalls auf geröllreichen Alluvionen, die keinen Grundwasseranschluss mehr haben.

Ein Vergleich von Halbtrockenrasen auf ungemähten und alle 2–3 Jahre gemähten Flächen zeigt, dass die ungemähten Heissbrenni eine höhere Artenzahl bei einer Flächengrösse von 40 m² und mehr aufweisen als die gemähten (Abb. 2). Dies hängt damit zusammen, dass die ungemähten Flächen inhomogen sind und ein Mosaik aus verschiedenen Gesellschaften und Kleinstandorten aufweisen. Im Vergleich zu gemähten Flächen sind vor allem mehr Saumarten, Gehölze, Orchideen und Lückenspioniere zu finden. WILMANNs et al. (1989: 159) beschreiben versaumte Mesobrometen als eine der artenreichsten Lebensräume in Mitteleuropa. O. WILMANNs l.c. fand auf einer 50 m² grossen Aufnahme Fläche am Kaiserstuhl 78 Pflanzenarten einschliesslich Moose. Ebenfalls Einfluss hat der Grundwasserstand; so weisen jene Flächen mit einem Flurabstand von etwa 0,7–1,5 m im Jahresverlauf (siehe Kap. 3.3) die meisten Arten auf, da noch zahlreiche Wechselfrische- und Störzeiger auftreten (Aufnahme Nr. 3). Beträgt der Flurabstand ganzjährig 2 bis 3 m oder mehr, herrschen Festuco-Brometea-, Sedo-Scleranthetea-Arten und Lückenspioniere vor, die am besten lange Trockenzeiten und hohe Temperaturen tolerieren (siehe Aufnahme Nr. 2). Humusbildung findet kaum statt, da Humuspartikel bei Regen leicht fortgespült und die Streu im Herbst teilweise verblasen wird. Lange Trockenperioden und Hitze führen dazu, dass die Mineralisation gehemmt wird und Bakterienpopulationen teilsterilisiert oder autolytisch werden.

In ungemähten Trockenrasen-Trockenbusch-Komplexen tritt häufig die Fiederzwenke (*Brachypodium pinnatum*) auf (Aufnahmen 1–3), die an wechsell Trockensten Standorten andere Pflanzenarten durch ihre Streuschicht erstickt und lichtbedürftige Arten verdrängt. Sträucher der Prunetalia-Waldmäntel werden durch Vögel ausgebreitet. Entwickelt sich aus solch einer Ansaat ein Pionierstrauch und fasst dieser Fuss, kann sich ein artenreiches Gebüsch entwickeln (siehe Aufnahmen 1–3). Der Halbtrockenrasen zwischen den Gehölzen bleibt lange Zeit erhalten und ein Trockenrasen-Trockenbusch-Komplex entsteht (vgl. WILMANNs 1989, KOLLMANN 1994). Durch Schneiden oder Entfernen von Gehölzen treiben flach verlaufende Wurzeln viele Meter von der Hauptpflanze erneut aus und die Verbuschung kann dadurch beschleunigt werden. Dies zeigt sich in der gemähten Aufnahme Fläche 4, wo die Wurzelbrut von *Prunus spinosa* von dem Halbtrockenrasen langsam Besitz ergreift.

Tab. 1: Trockenvegetation auf Heissbrenni; Mesobrometum Br.-Bl. ap. Scherr. 27 auf alluvialen Standorten in der Petite Camargue Alsacienne.

	<i>Ia</i>			<i>Ib</i>
Laufende-Nr.	1	2	3	4
Gelände-Nr.	144	80	124	120
Gebiet	KKK	KKK	KKK	Haid
Neigung (Grad°)	2–5	2	1	–
Exposition	O	O,W	SW	–
Fläche (m²)	40	100	100	40
Strauchsch. Deck. (%)	2	5	5	2
Höhe (cm)	300	400	150	100
Krautsch. Deck. (%)	80	65	80	80
Höhe (cm)	110	120	110	90
Moosschicht Deck. (%)	30	5	5	1
Flechtschicht	v	v	v	–
Streuschicht Deck. (%)	10	20	10	15
Untergrund/Standort	K, S	K, S	K, S, L	K, S
Artenzahlen Phanerogamen	60	68	85	29
<u>A. Mesobrometum</u>				
Ophrys fuciflora	+	1	+	.
Anacamptis pyramidalis	+	+	+	.
Orchis militaris	.	.	+	.
<u>Diff. Ia Lückenpioniere</u>				
Echium vulgare	1	+	1	.
Allium montanum	+	1	.	.
Erophila verna	+	+	.	.
Hieracium cymosum agg.	+	.	1	.
Centaurea stoebe	.	+	+	.
Hieracium pilosella agg.	2m	.	.	.
Trifolium campestre	.	.	1	.
Thlaspi perfoliatum	.	.	+	.
Thesium rostratum	.	.	+	.
<u>V. Mesobromion</u>				
Euphorbia verrucosa	+	+	1	2m
Ranunculus bulbosus	+	.	+	.
Ononis spinosa	.	1	+	.
Erigeron acris	.	+	.	+
Carlina vulgaris	2m	.	.	.
Onobrychis viciifolia	+	.	.	.
Medicago lupulina	.	.	1	.
<u>O. Brometalia erecti</u>				
Bromus erectus	2b	3	3	3
Helianthemum nummularium	2m	2m	2m	1
Koeleria pyramidata	1	1	2m	.
Potentilla tabernaemontanii	1	1	2m	.
Hippocrepis comosa	+	.	.	.
Teucrium chamaedrys	.	.	2m	.
Dianthus carthusianorum	.	.	+	.
Arabis hirsuta	.	.	+	.
<u>K. Festuco-Brometea</u>				
Brachypodium pinnatum	2a	2a	2m	+
Allium carinatum	2m	2m	1	2a
Euphorbia cyparissias	2m	2m	2m	2m
Stachys recta	2m	2m	2m	1

	<i>Ia</i>			<i>Ib</i>
Laufende-Nr.	1	2	3	4
Centaurea scabiosa	2m	1	2m	+
Sanguisorba minor	1	+	2m	1
Salvia pratensis	+	+	2m	2m
Galium verum	+	+	1	1
Artemisia campestris	1	2m	1	.
Asperula cynanchica	+	1	1	.
Carex caryophyllea	+	+	1	.
Festuca ovina agg.	.	1	+	.
Allium oleraceum	.	1	.	.
Allium sphaerocephalon	.	1	.	.
Koeleria gracilis	.	1	.	.
Trifolium montanum	.	+	.	.
Eryngium campestre	.	.	+	.
<u>Trifolio-Geranietea-Arten</u>				
Origanum vulgare	2a	1	2a	2m
Medicago falcata	2m	2m	1	2m
Anthericum ramosum	3	+	+	2m
Agrimonia eupatoria	1	+	2m	1
Hypericum perforatum	1	1	2m	+
Coronilla varia	2m	2m	2a	.
Peucedanum cervaria	1	1	.	.
Silene nutans	+	.	+	.
Vincetoxicum hirundinaria	.	+	+	.
Verbascum lychnitis (M)	.	r	1	.
Bupleurum falcatum	.	.	+	2m
Aster amellus	.	.	.	+
<u>Mesophile Begleiter</u>				
Daucus carota	+	+	1	2m
Dactylis glomerata	+	+	1	1
Briza media	+	+	+	+
Plantago lanceolata	+	+	2m	.
Carex flacca (M)	2m	+	+	.
Senecio erucifolius	1	1	+	.
Lotus corniculatus	1	+	+	.
Gymnadenia conopsea (M)	+	1	+	.
Hieracium piloselloides agg.	+	+	.	.
Genista tinctoria (M)	2m	.	1	.
Centaurea jacea	.	+	.	1
Orobancha lutea	.	+	+	.
Plantago media	.	.	2m	.
Inula salicina (M)	.	.	+	.
<u>Sonstige Begleiter</u>				
Thymus pulegioides	2m	1	2m	2m
Silene alba	1	1	+	r
Asparagus officinalis	1	1	+	.
Solidago gigantea	1	+	1	.
Agropyron repens	+	+	+	.
Achillea millefolium	.	+	1	1
<u>Gehölze</u>				
Quercus robur	1	+	1	+
Crataegus spec.	1	+	2m	.
Populus nigra	+	+	+	.
Rosa cf. canina	+	+	+	.
Prunus spinosa	+	.	+	1

	<i>Ia</i>			<i>Ib</i>
Laufende-Nr.	1	2	3	4
<i>Ligustrum vulgare</i>	1	+	.	.
<i>Viburnum lantana</i>	+	.	+	.
<i>Euonymus europaeus</i>	.	.	1	.
weitere Arten	2	8	17	1

(M): Tonboden- und Wechselfrische-Zeiger

K: Kies; L: Lehm; S: Sand

Aufnahmen 1–3 ohne Bewirtschaftung, Aufnahme 4 Mahd alle 2–3 Jahre

Weitere Arten:

(1): *Erigeron canadensis* +; *Hieracium* spec. 1; (2): *Equisetum ramosissimum* +; *Cynurus cristatus* +; *Orobanch* cf. *alba* +; *Orobanch* *alsatica* r; *Silene vulgaris* +; *Melilotus alba* +; *Robinia pseudacacia* +; *Berberis vulgaris* +; (3): *Poa pratensis* coll. 1; *Campanula rotundifolia* +; *Hieracium* spec. +; *Valeriana officinalis* r; *Rumex crispus* r; *Galium mollugo* +; *Erigeron annuus* +; *Agrostis stolonifera* +; *Valeriana officinalis* r; *Knautia arvensis* +; *Hippophae rhamnoides* r; *Cornus sanguinea* r; *Orobanch* spec. +; *Rubus caesius* +; *Cirsium arvense* r; *Salix purpurea* +; *Rhamnus cathartica* +; (4): *Ulmus minor* +;

Pflanzengesellschaften:

Ia: *Mesobrometum sedetosum* (Oberd. 57) Versaumungsphasen (besonders Nr. 1)

Ib: *Mesobrometum*, typische Subass.

Aufnahmen: (1): Kirchener Kopf (KK) Kiesrücken bei E-Station, 19. 8. 93; (2): KK Kiesrücken; 9. 7. 93; (3): KK Ponyweid im Schutzgebiet Petite Camargue Alsacienne (PCA), 3. 8. 93; (4) Haid Petite (PCA), 2. 8. 93.

3.2 Mikroklima

In lückigen *Mesobrometen* wurden an Strahlungstagen von Juni bis August Mikroklimamessungen durchgeführt. Beispielhaft für die Heissbrenni-Standorte wird ein Tagesgang von Temperatur (Boden, Grashalme, Luft), Feuchtigkeit, Sättigungsdefizit, Globalstrahlung und Lichtintensität für einen Ausschnitt der Vegetationsaufnahme Nr. 3 vom 19. 8. 1993 dargestellt (leicht bewölkt und sonnig, 30°C Schattentemperatur in 2 m Höhe). Die Inklination der Messfläche beträgt etwa 1–2°C bei einem schütterten Bewuchs von *Bromus erectus*, *Brachypodium pinnatum*, *Koeleria pyramidalis*, *Euphorbia verrucosa*, *Ophrys fuciflora*, *Anacamptis pyramidalis*, *Helianthemum nummularium*, *Allium carinatum*, *Stachys recta*, *Centaurea scabiosa*, *Artemisia campestris*, *Coronilla varia*, *Origanum vulgare*, um einige charakteristische Pflanzenarten zu nennen. Durch Horizonteinengung erreicht die Sonne die Fläche ca. 30 Min. nach Sonnenaufgang.

Die Messungen in Abbildung 3, 4 und 5 belegen, dass die mittleren Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht in der bodennahen Luftschicht 40–50°C betragen. Am 19. 8. 93 wurde morgens um 5.30 h MESZ eine Bodentemperatur von 8,8°C, mittags um 13.30 h eine Ø-Bodentemperatur von 56°C (min. 45°C, max. 66°C) bei einer Strahlungsintensität von $R = 777 \text{ W/m}^2$ gemessen (siehe Abbildungen 3 und 4a–b). Durch die Absorption von Strahlung erwärmen sich die Halmbestände, und die Krautvegetation hat gegen Mittag ca. 6°C Übertemperatur. Die tägliche Entwicklung der relativen Feuchtigkeit rF verhält sich erwartungsgemäss diametral zur Strahlungsintensität und Temperaturentwicklung. Die Abbildung 5 zeigt, dass der Dampfdruck e im Tagesverlauf nur geringfügig schwankt. Durch die starke Son-

neneinstrahlung erreicht das Sättigungsdefizit $e-e_{max}$ dagegen Werte von 30–50 mbar, die rF erreicht mit 19% um 16.20 h MESZ ihr Minimum. Der trockene, feinerdearme und skelettreiche Boden besitzt ein grosses Wasserdefizit und nimmt während der Nacht bis früh morgens Feuchtigkeit auf, so dass die rF am Boden unterhalb 100% liegt (Abb. 4, Zeitskala 6–8 h). Sichtbarer Bodennebel schwebt in ca. 20–300 cm Höhe.

An Strahlungstagen werden Bestandstemperaturen von 35–40°C im Mesobrometum der Heissbrenni auf sandig-kiesigem Grund erreicht. Aufgrund der Strahlungshitze und geringen Wasserverfügbarkeit des Bodens verwundert es nicht, dass die Grasbestände von *Bromus erectus* schon Mitte Juli vergilbt sind.

Dunkle Bodenflechten auf Kies erreichten am 20. August 1993 Temperaturen von bis zu 71°C bei einer minimalen rF von 15% und einem Sättigungsdefizit von 60 mbar in 10 cm Höhe über dem Boden (vgl. LANGE 1953). Der trockene und kiesige Boden der Heissbrenni erwärmt sich wegen seines Luftvolumens in Poren und zwischen Steinen sehr und erreicht schon Ende April über 50°C. Das Wasserhaltevermögen des Bodens ist aufgrund seines geringen Anteils an Mittelporen nur niedrig. In der bodennahen Luftschicht in 1–20 cm Höhe wurden in Trockenrasen auf Heissbrenni an Strahlungstagen von Juni bis August regelmässig 35–38°C Lufttemperatur im Schatten gemessen. Dies entspricht den Temperaturen, die JAKUCS (1959) in ungarischen Felsrasen in selber Höhe gemessen hat. Die gemessenen Boden- und Bestandstemperaturen der Vegetation entsprechen am ehesten denen des Xerobrometum (vgl. LANGE 1953, LEUSCHNER 1990, REICHHOFF 1979, WILMANN 1988). Die lückige Vegetationsstruktur mit dem skelettreichen Oberboden, Staudensäumen und kleinen Gehölzen begünstigen ein solch extremes Mikroklima durch zusätzlichen Windschutz und Rückstrahlung von Boden- und Pflanzenoberflächen. Zu ähnlichen Messergebnissen kommt auch JAKUCS (1959), der ungarische Felsrasen zwischen Flauweichenbeständen untersuchte, und BARKMAN et al. (1977), die Messungen in Wachholderheiden durchführten.

Bei hoher Therophytendeckung im Frühjahr und weitgehend grünen Halmen und Blättern der Gräser und Kräuter unterscheiden sich die Xerobrometen hinsichtlich des Mikroklimas von Mesobrometen nicht (vgl. REICHHOFF 1979, LEUSCHNER 1990).

Das Mikroklima wirkt einerseits auf den Pflanzenwuchs und dessen Struktur, andererseits bewirkt die Pflanzenstruktur ein spezielles Mikroklima. Es ist nicht möglich, beide Grössen unabhängig voneinander zu betrachten.

Dichte Vegetationsbestände zeichnen sich durch gedämpfte saisonale und tageszeitliche Temperaturschwankungen, verminderten Strahlungsaustausch, geringe Luftbewegung und geringe Sättigungsdefizite aus (vgl. hierzu die detaillierten Studien über Wacholderfluren von BARKMAN et al. (1977) und SCHMIDT (1996) in verschiedenen Seggengesellschaften und Streuwiesen). In locker strukturierten Gesellschaften wie Halbtrockenrasen oder in Vegetationsbeständen mit Bulten und Streuschicht werden grössere Tagestemperatur-Amplituden gefunden, und es findet ein stärkerer advektiver Massenaustausch statt.

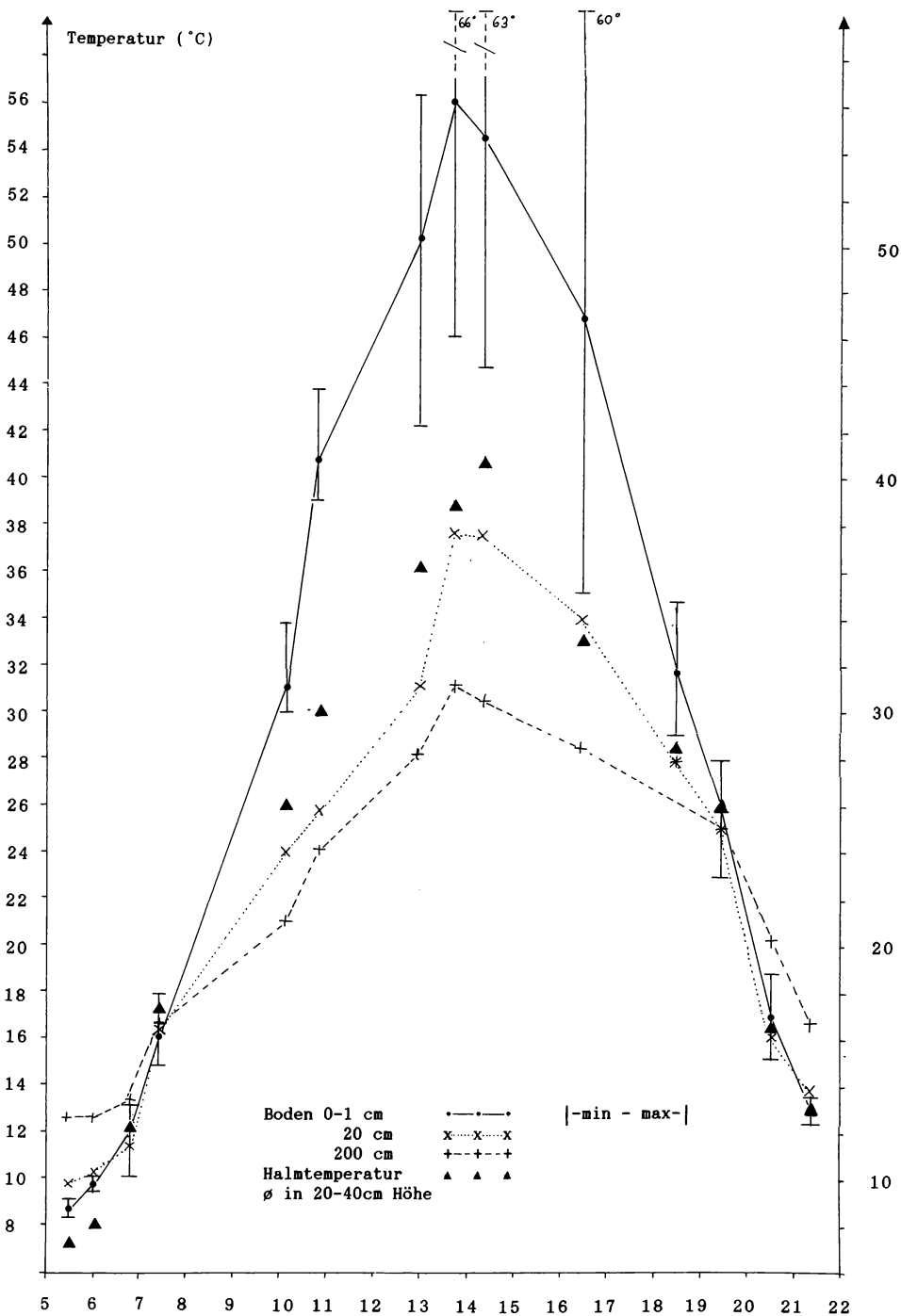


Abb. 3: Tagesgang Temperaturprofile am 19. 8. 93 im Mesobrometum Gewann Ponyweid, Kirchener Kopf (KK).

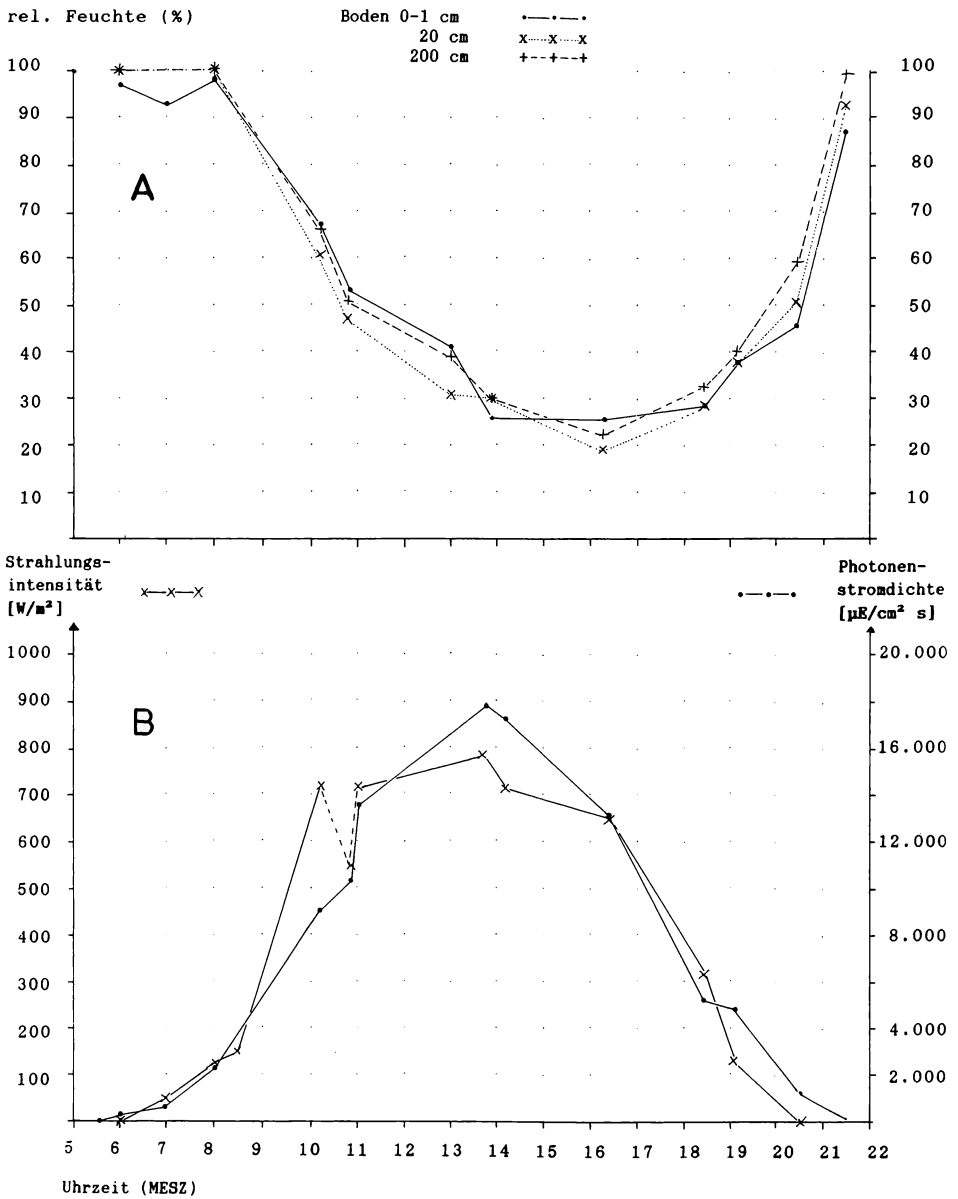


Abb. 4: Tagesgang; a) relative Feuchtigkeit (rF); b) Globalstrahlung (R) und Lichtintensität (Photonenstromdichte); Mesobrometum Ponyweid, Kirchener Kopf (KK).

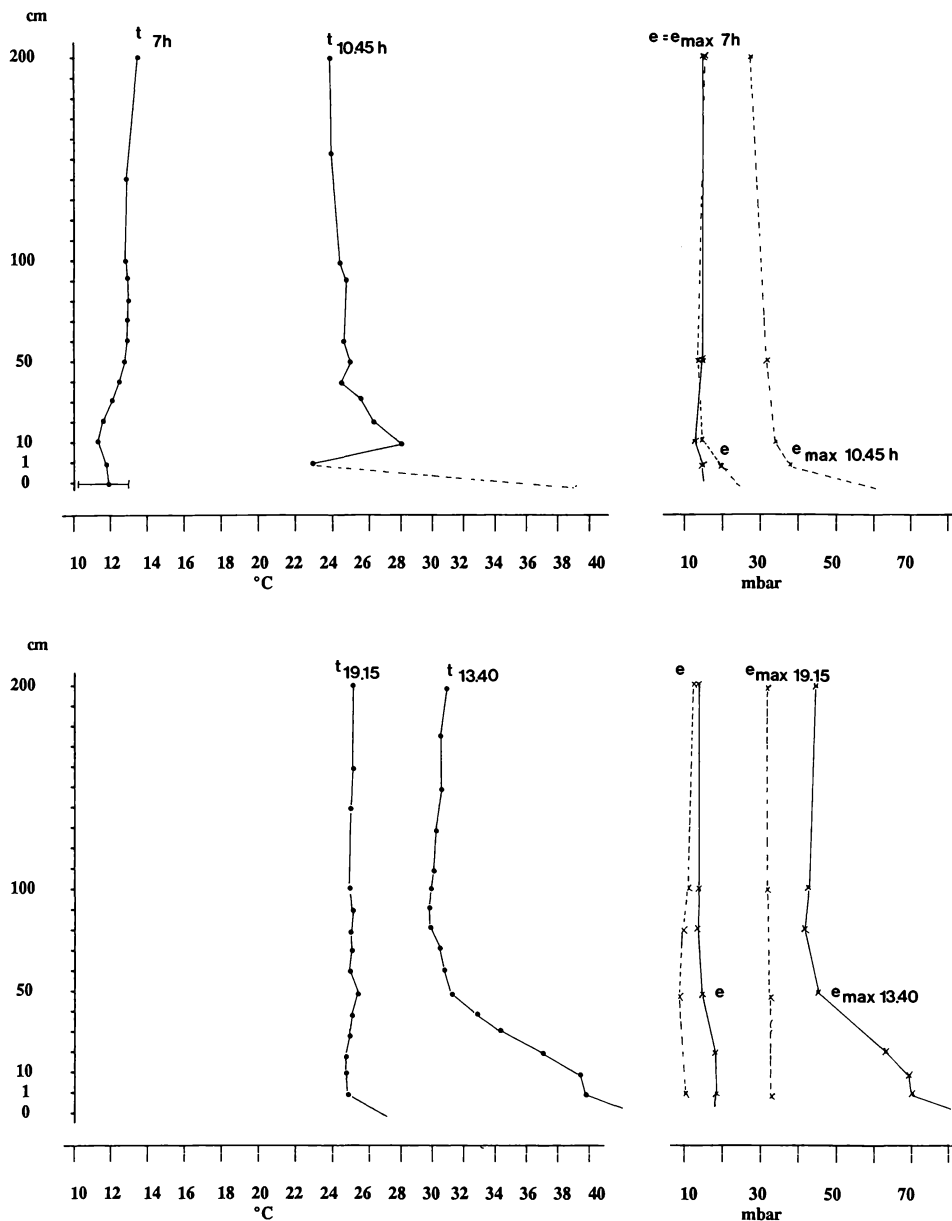


Abb. 5: Profile von Temperatur (t), Dampfdruck (e) und Sättigungs-Dampfdruck (e_{max}) am 19. 8. 93 im Mesobrometum Ponyweid, Kirchener Kopf (KK).

3.3 Wasserstandsschwankungen

Periodische Grundwasserstandsschwankungen durch das pränivale Wasserregime des Oberrheins bei Basel sind durch den Flussausbau stark abgeschwächt und werden durch Grundwasserströme rheinparallel und aus dem Sundgau überlagert. Die Schwankungen sind in Tab. 2 wiedergegeben und betrugen nach den Wasserpegeln zwischen 0,4 m und >1,4 m im Jahr 1993. Diese Grundwasserstände entsprechen weitgehend den Flurabständen, da der Kapillarsaum im Grobsand und Kies gering ist. Die rheinnahen Messstellen zeigten Schwankungen von 0,4–0,5 m, die landseitig 1–1,5 km entfernten 1,0–>1,4 m.

Tabelle 2: Abstand Grundwasser zur Oberfläche der Heissbrenni 1993.

Standort / Aufnahme-Nr.	Wasserstand unter der Oberfläche [m]		Pegeländerung
	min.	max.	
Kirchener Kopf Nr. 2	2,0–2,4	2,5–2,9	0,5
Kirch. Kopf Ponyweid Nr. 3	0,7–1,2	1,2–1,7	0,4
Petite Haid PCA Nr. 4	1,3	>2,7	>1,4

4. Gefährdung des Gebiets und seine Bedeutung für Naturschutz und Forschung

Trockenrasen-Trockenbusch-Komplexe auf Kiesrücken in Flussauen sind ein weitestgehend vernichteter Biotoptyp der Flussauen am Oberrhein, der in der Furkationszone mit dynamischen Wasserspiegelschwankungen vor 150–200 Jahren typisch und häufig anzutreffen war (Abb. 1a) und von der Bevölkerung auch zur Brennholzgewinnung genutzt wurde. Wertet man die «Rheingränz-Carte» zu Beginn des 19. Jh.s aus, kommt man auf eine Zahl von ca. 800–1200 Heissbrenni zwischen Basel und Karlsruhe, die auf hochgelegenen landseitigen Kiesrücken und Flussinseln existierten. Ein aktualistischer Vergleich mit dem Tagliamento/Norditalien (vgl. LIPPERT et al. 1995), einer weitestgehend natürlichen Wildflusslandschaft mit Grosszonationskomplexen und zahlreichen hochgelegenen Trockenstandorten im Auebereich, bestätigt die zahlenmässige Grössenordnung, die eher noch zu niedrig liegt. Heute sind in der Oberrheinebene durch die Rheinkorrektion, Regulierung, Kanalbau und Siedlungsbau ca. 20–30 Heissbrenni übriggeblieben.

Die Trockenrasen auf Kiesrücken zeigen deutliche regionalspezifische Unterschiede im Arteninventar, abhängig von bestimmten Klimaelementen, geographischen Faktoren, dem Ausgangsgestein des Geröllschutts, der postglazialen Besiedlung und dem Zeitpunkt und der Höhe von Hoch- und Niedrigwassern (Wasserregime) (vgl. SEIBERT 1958, 1962, SEIBERT in OBERDORFER 1992 und LIPPERT et al. 1995). Die postglaziale Besiedlung durch west- und ostmediterrane sowie pontische Floren- und Faunenelemente erfolgte über verschiedene Wege des Donau- und Rhone-Rhein-Flusssystems, weshalb die Trockenrasen auf Kiesrücken im bayerischen Alpenvorland und am südlichen Oberrhein in ihrer Art jeweils einmalig sind.

Grosszonationskomplexe von feuchten überschwemmten Auestandorten und trockenen Nachbarkomplexen sind in der mitteleuropäischen Kulturlandschaft weitestgehend vernichtet, Reste davon unmittelbar vom Aussterben bedroht (RIECKEN et al. 1994). Beispiele solcher Komplexe für das Rheinsystem sind die sogenannten

Schneggglisand-Strandwälle der Seeriede am Untersee (NSG Wollmatinger Ried, NSG Mettnau), die Heissbrenni mit angrenzenden Flachmoorstreuwiesen und Auengewässer bei Basel (NSG Petite Camargue Alsacienne) und die Binnendünen am nördlichen Oberrhein (NSG Sandhausener Dünen, NSG Mainzer Sand).

Durch Strassenbau und Kiesentnahme wurden zahlreiche Heissbrenni in den letzten 40 Jahren im Untersuchungsgebiet zerstört. Trotz teilweisem Schutz der Standorte seit 1982 sind die anthropogenen Einflüsse übermächtig gross, da Nährstoffe durch Wind von Feldern eingeblasen werden und nitratbelastetes Grundwasser in die Gebiete gelangt. In einem Flachgewässer neben dem Trockenrasen Nr. 3 im Gewann Ponyweid wurde Kalium in einer Konzentration von 1428 mg/l nachgewiesen (BERTRAM 1994), was auf anthropogene Immissionen schliessen lässt. Neben der bekannten athmogenen Stickstoff-Deposition sind im Gebiet z.T. stark erhöhte Konzentrationen von AOX (Adsorbierbare Halogen-Kohlenwasserstoffe) und DOC (Gelöster Organischer Kohlenstoff) in Oberflächengewässern und Grundwassern in verschiedenen Studien ermittelt worden. Als Kontaminationsquelle(n) sind z.B. chemische Altlasten von Industrieanlagen bei Basel, Leckagen in einer Transformatorstation oder abgelassenes Kerosin von Flugzeugen beim Landeflug des 5 km entfernten Flughafens Basel-Mulhouse, welches über feine Nebeltröpfchen bei Inversionswetterlagen und Regen in den Boden gelangen kann, denkbar.

Ob Schadstoff- und Nährstoffflüsse aus der Luft und dem Grundwasser überhaupt einen nennenswerten direkten Einfluss auf die Gesellschaftsstruktur und Artenzusammensetzung des Xerobometum oder Mesobrometum sedetosum haben, muss bezweifelt werden (WILMANN 1988). Entscheidende Standortfaktoren sind die Wasserverfügbarkeit (vgl. LEUSCHNER 1990) und das extreme Mikroklima. Indirekt kommt es langfristig zu einer schleichenden Degradation der letzten hochgelegenen Trockenstandorte, denn Nährstofffracht und fehlende Wasserdynamik beschleunigen das Wachstum von Hochstauden und hohen Laubbäumen in der Nachbarschaft. Damit einher gehen entscheidende Veränderungen im Mikroklima und Lichtgenuss der benachbarten Trockenrasen.

Es wird vorgeschlagen, die Heissbrenni-Standorte alle 10 Jahre partiell an verfilzten Stellen mit Fiederzwenke zu mähen. Gleiches gilt für Zwergsträucher und Hochstauden, die eine hohe bioökologische Bedeutung für Blütenbesucher besitzen. Eine Gehölzentnahme (Enthurstung) sollte etwa alle 15 Jahre selektiv erfolgen. Stämmchen von einzelnen Gehölzen müssen bis zum Wurzelansatz unter der Bodenoberfläche entfernt werden, um starken Stockausschlag zu verhindern (vgl. WILMANN 1989).

In den letzten Jahrzehnten sind durch die Vollkanalisierung zwischen Basel und Breisach mit einer stark beschleunigten Grundwasserabsenkung von über 7 m zwischen Rheinweiler und Neuenburg neue anthropogene Trockenstandorte auf ehemals überschwemmten Hartholzauenzonen entstanden! Solche Standorte sind oft mit Kiefern, Robinien und zahlreichen Strauchgehölzen bewachsen, da die Böden skelettärmer, humus- und nährstoffreicher sind als die Heissbrenni.

Für den Naturschutz können diese anthropogenen dauerhaft statischen Trockenstandorte kein gleichwertiger Ersatz für die Heissbrenni einer dynamischen Flussaue sein, trotzdem muss versucht werden, Teile dieser neuen anthropogenen grundwasserfernen Trockenstandorte für den Naturschutz zu sichern und zu ent-

wickeln. Entfernt man kleinflächig Bäume wie Kiefer und Robinie und deren Nadel- und Laubstreu, kann nach Aufreissen des Kiesbodens und durch Sukzession ein neuer Lebensraum für Ruderal- und Trockenrasenarten sowie für therophytenreiche Pioniergesellschaften entstehen. Zu beachten ist allerdings, dass eine solche Entwicklung viele Jahrzehnte benötigt, da die meisten Saum- und Trockenrasenarten keine Samenbank bilden und erst über Diasporen einwandern müssen.

Die Hochwasserdämme in der heutigen Rheinaue tragen oft über weite Strecken Halbtrockenrasen. Die gemähten Böschungen mit bänderartigen Mesobrometen sind wichtige anthropogene Ersatzstandorte für diese Pflanzengesellschaft, die sich dort in den letzten 100 Jahren etabliert hat.

Die untersuchten mikroklimatischen Sonderstandorte bieten einer artenreichen xerothermen Vegetation und thermophilen Insektenarten Lebens- und Rückzugsraum. Die Halbtrockenrasen beherbergen eine Vielzahl von gefährdeten Insektenarten und unzählige Schnecken, die hier die wichtigsten Streuzersetzer sind.

Im Gebiet existieren grosse Populationen von zahlreichen Insektenarten. Zu nennen sind beispielhaft die Heuschreckenarten *Oedipoda caerulea* und *Sphingonotus coerulea*, die Gottesanbeterin *Mantis religiosa*, die Falterarten *Lycaeus argyrogrammus*, *L. idas*, *Procris globulariae*, *Zygaena ephialtes*, *Z. carniolica*, *Z. purpuralis*, *Melitaea didyma* und die Libellenarten *Sympecma fusca* und *Sympetrum depressiusculum*, die im Imaginalhabitat in Mesobrometen oder Molinieten in Gewässernähe leben (SCHMIDT 1993).

Für Forschungen zu Sukzession von Trockenrasen, zu Ökologie und Populationsdynamik von thermophilen Insektenarten und den Themen Verinselungsproblematik, Metapopulationen und Minimumsareal von Populationen ist das Gebiet sehr gut geeignet, und es besteht die Möglichkeit, die Infrastruktur der Forschungsstation RANA der Universität Basel (siehe GOLAY & BUSAM 1991) zu nutzen.

Literatur

- BARKMAN, J. J., MASSELINK, A. K. & VRIES DE B. W., 1977: Über das Mikroklima in Wacholderfluren. – In: DIERSCHKE, H. (Hrsg.): Vegetation und Klima. S. 5–20; Cramer, Vaduz.
- BERTRAM, A., 1994: Der Lachen, ein Auengewässer der Oberrheinebene. – Diplomarbeit Universität Basel, Medizinische Biologie 1994.
- GERKEN, B., 1988: Auen – verborgene Lebensadern der Natur. Rombach; Freiburg.
- GOLAY, N. & BUSAM, S., 1991: Die Forschungsstation RANA in der Petite Camargue Alsacienne, Station de Recherche en Petite Camargue Alsacienne Nature de l'Au. – Manuskript, RANA, Rue de la pisciculture 1, 68300 St-Louis-La Chaussée (France), Tel. 0033/89 69 79 00.
- JAKUCS, P., 1959: Mikroklimaverhältnisse der Flaumeichen-Buschwälder in Ungarn. – Acta Agronom. Hung. 9: 209–236.
- KOLLMANN, J., 1994: Ausbreitungsökologie endozoochorer Gehölzarten. – Veröff. Projekt «Angewandte Ökologie» Bd. 9, 212 S.; Landesanstalt für Umweltschutz Karlsruhe 1994.
- LANGE, O. L., 1953: Einige Messungen zum Wärmehaushalt poikilohydrer Flechten und Moose. – Arch. f. Met. 5: 182–190.
- LEUSCHNER, C., 1990: Zur Rolle von Wasserverfügbarkeit und Stickstoffangebot als limitierende Standortfaktoren in verschiedenen basiphytischen Trockenrasengesellschaften des Oberelsass, Frankreich. – Phytocoenologia 18: 1–54.
- LIPPERT, W., MÜLLER, N., ROSSEL, S., SCHAUER, T. & VETTER, G., 1995: Der Tagliamento – Flussmorphologie und Auenvegetation der grössten Wildflusslandschaft in den Alpen. – Verein z. Schutz d. Bergwelt e.V., 60. Jg.: 11–70; München.

- MOOR, M., 1962: Einführung in die Vegetationskunde der Umgebung Basels in 30 Exkursionen. – Lehrmittelverlag des Kantons Basel. 462 S.
- OBERDORFER, E., 1992: Süddeutsche Pflanzengesellschaften, 3. Aufl. Gustav Fischer, Jena.
- RASTETTER, V. M., 1979: La Petite Camargue: Contribution à la flore phanérogamique & cryptogamique et recensement des associations végétales dans le cadre de la protection des sites à vocation écologique. – Bull. de la Société Industrielle de Mulhouse: 3/1979, N° 775: 58–72; Mulhouse.
- RASTETTER, V. M., 1993: Floristische Langzeitbeobachtungen zu einigen seltenen Pflanzen im Oberelsass. – Mitt. bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz N. F. 15 (3/4): 587–605; Freiburg.
- RIECKEN, U., RIES, U. & SSYMAN, A., 1994: Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen der Bundesrepublik Deutschland. – Schriftenr. für Landschaftspflege u. Naturschutz (BfN Bonn Bad Godesberg 1994) 184 S.; Kilda, Greven.
- RUDLOFF, P. VON, 1974: Die klimatischen Verhältnisse am Isteiner Klotz. – In: SCHÄFER, H. & WITTMANN, O., (Hrsg.) 1974: Der Isteiner Klotz – zur Naturgeschichte einer Landschaft am Oberrhein; Rombach, Freiburg.
- RUDY, H., 1941: Der Oberrheinische Sandorn- oder «Wehdorn»-Busch. – Mitt. bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz 1941: 243–245; Freiburg.
- SCHMIDT, B., 1993: Ökologische Untersuchungen zur Libellenfauna der Petite Camargue Alsacienne 1993; speziell der Sumpf-Heidelibelle (*Sympetrum depressiusculum*) unter Berücksichtigung der Vegetation und der Hydrodynamik. – Ber. Forsch.station RANA Petite Camargue Als. 1993: 1–6; St-Louis-Neuweg.
- SCHMIDT, B., 1996: Methodisches zur Untersuchung des Mikroklimas von Schlenkengewässern und Seggen-schwingdecken in Mooren. – Telma (im Druck); Hannover.
- SEBALD, O., SEYBOLD, S. & PHILIPPI, G., 1992: Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs Bd. 4, 362 S.; Ulmer, Stuttgart.
- SEIBERT, P., 1958: Die Pflanzengesellschaften im Naturschutzgebiet «Pupplinger Au». – Landschaftspflege und Vegetationskunde 7: 1–79 + Anhang; München.
- SEIBERT, P., 1962: Die Auenvegetation an der Isar nördlich von München und ihre Beeinflussung durch den Menschen. – Landschaftspflege und Vegetationskunde 3: 1–123 + Anhang; München.
- SEIBERT, P., 1992: Klasse: Vaccinio-Piceeta Br.-Bl. in Br.-Bl. et al. 39. Boreal-alpine Nadelwälder und Zwergstrauch-Gesellschaften. In: OBERDORFER (Hrsg.), 1992: Süddeutsche Pflanzengesellschaften Teil IV: Wälder und Gebüsche, 2. Aufl.; Gustav Fischer, Jena.
- WARNE-GRÜTTNER, R., 1990: Ökologische Untersuchungen zum Nährstoffhaushalt in Niedermooren des westlichen Bodenseegebiets. – Diss. bot. 148: 1–214; Berlin, Stuttgart.
- WILMANN, O., 1988: Können Trockenrasen derzeit trotz Immissionen überleben? Eine kritische Analyse des Xerobrometum im Kaiserstuhl. – Carlinea 46: 5–16; Karlsruhe.
- WILMANN, O., 1989: Zur Entwicklung von Trespenrasen im letzten halben Jahrhundert: Einblick – Ausblick – Rückblick; das Beispiel des Kaiserstuhls. – Düsseldorfer Geobot. Kolloq. 6: 3–17; Düsseldorf.
- WILMANN, O., WIMMENAUER, W., FUCHS, G., RASBACH, H. & RASBACH, K., 1989: Der Kaiserstuhl – Gesteine und Pflanzenwelt; 3. Aufl. 1989, 244 S.; Ulmer, Stuttgart.
- WITSCHEL, M., 1980: Xerothermvegetation und dealpine Vegetationskomplexe in Südbaden. – Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. 17, 212 S.; Karlsruhe.

Adresse des Autors:

Dipl.-Biol. Bertrand Schmidt, Büro für Tierökologie und Planung, Kohlenbacher Talstr. 18, D-79183 Waldkirch.