

**Zeitschrift:** Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der Eidg. Tech. Hochschule, Stiftung Rübel, in Zürich

**Herausgeber:** Geobotanisches Institut, Stiftung Rübel (Zürich)

**Band:** 83 (1984)

**Artikel:** Bedeutung des Pflanzenwasserhaushaltes für Koexistenz und Artenreichtum von Trespen-Halbtrockenrasen (Mesobromion) = Influence of the water balance of the plants on the coexistence and the richness of plant species in semi-dry meadows (Mesobromion)

**Autor:** Kuhn, Urs

**Kapitel:** 3: Ergebnisse

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-308731>

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 31.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

### 3. ERGEBNISSE

#### 3.1. OBERIRDISCHE BIOMASSE

In Abb. 5 sind die Biomassewerte zusammengestellt. Die Proben wurden am 7.7.1981, im Sommer des zweiten Untersuchungsjahres, auf den trockenen, nassen und den Referenzflächen entnommen.

Bromus erectus trägt in den Referenzflächen und in den nassen Flächen je ca. 20% zur oberirdischen Biomasse bei. In den trockenen Flächen steigt dieser Anteil jedoch auf knapp 35%, beinahe den doppelten Wert, an.

Dactylis glomerata hält den Biomasseanteil in allen Versuchsflächen auf knapp 3%. Dieses Gras erreicht nie hohe Bestandesanteile, wird aber auch unter trockenen Bedingungen nicht weiter zurückgedrängt.

Salvia pratensis verändert ihren Biomasseanteil nicht wesentlich, er liegt immer nahe bei 10%.

Plantago lanceolata erreicht in allen Flächen hohe Biomasseanteile. Es fällt auf, dass diese Art in den unveränderten Referenzflächen ca. 12% der Gesamtbiomasse erreicht, in den beiden andern Flächen, den trockenen und den nassen, jedoch 18-20%. Diese, im Vergleich zu den anderen Arten positive Reaktion auf Veränderungen der Wasserverhältnisse, weist auf die gute Anpassungsfähigkeit von P. lanceolata hin.

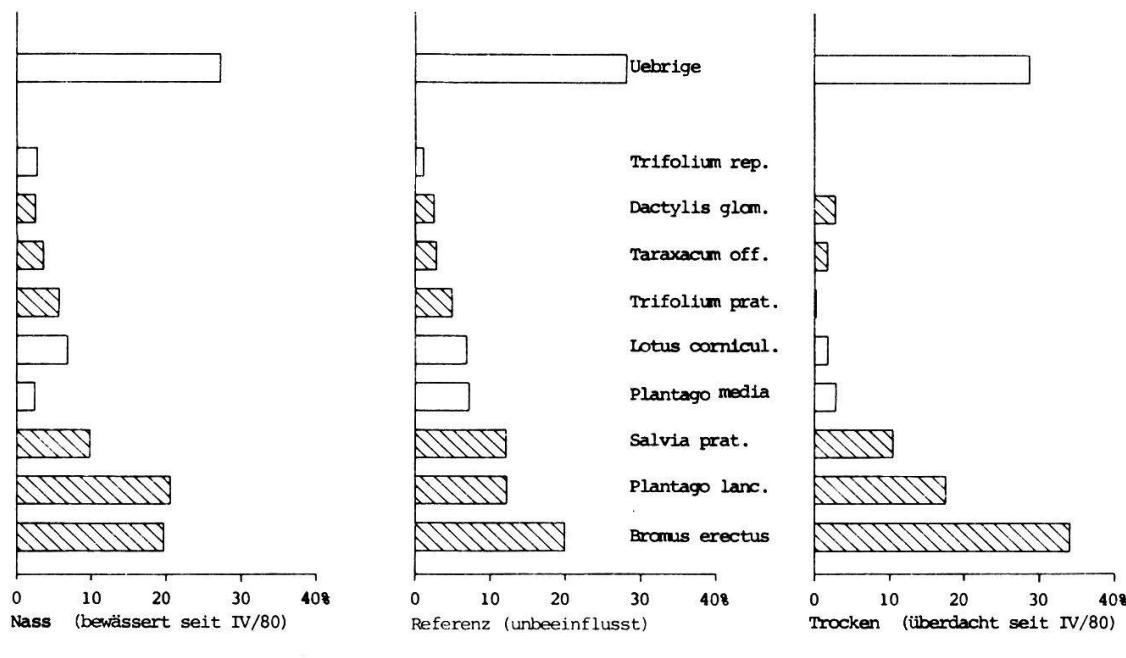


Abb. 5. Oberirdische Biomasse auf den Untersuchungsflächen am 7.7.1981.  
Fig. 5. Overground biomass on the investigated plots on July 7, 1981.

Schraffiert: ökophysiologisch untersuchte Arten

Hatched: species investigated ecophysiologicaly

Die Mittelwerte entstanden aus je vier Einzelproben aus 0.25 m<sup>2</sup>-Flächen, getrocknet bei 105°C - each mean value of four samples from 0.25 m<sup>2</sup> areas, dried at 105°C.

Trifolium pratense trägt in den nassen Flächen und in den Referenzflächen je ca. 5% zur Biomasse bei, in den trockenen Flächen waren nur ganz vereinzelte Exemplare zu finden. T. pratense verliert bei Wassermangel an Konkurrenzkraft.

Taraxacum officinale vermindert seinen Biomasseanteil von den nassen zu den trockenen Flächen von ca. 4% auf ca. 2%. Auch diese Art ist in den trockenen Flächen weniger erfolgreich als in den nassen.

### 3.2. VERTEILUNG DER STOMATA

In Tab. 7 sind Verteilung und Anzahl Stomata der untersuchten Arten zusammengestellt. Die Pflanzen stammen aus dem Untersuchungsgebiet und wurden im Institutsgarten in Zürich aufgezogen. Die Auswahl der Blätter und Blattbereiche für die Auszählung erfolgten nach den gleichen Kriterien wie für die Porometermessungen (siehe Kap. 2.4.1.).

Als Vergleich zur Stomaverteilung unten/oben wurde in Tab. 7 auch die relative Blattleitfähigkeitsverteilung angeführt. Die Werte dazu sind Tagesmittel vom 5. Messtag 1981 (Ausnahme Trifolium pratense: 1. Messtag 1980).

Aufgrund der Stomataverteilung können drei morphologische Typen unterschieden werden:

1. Stomata auf der Blattunterseite häufiger als auf der Blattoberseite (Kräuter: Taraxacum officinale, Salvia pratensis).
2. Stomata auf der Blattoberseite häufiger als auf der Blattunterseite (Gräser: Bromus erectus, Dactylis glomerata, aber auch Trifolium pratense).
3. Stomata gleichmäßig auf die Blattunter- und -oberseite verteilt (Plantago lanceolata).

Wie bekannt, liegen die Stomata der Gräser vor allem auf der Blattoberseite, diejenigen der Kräuter hingegen auf der Blattunterseite oder auf beiden Seiten. Die Ausnahme von Trifolium pratense ist nur scheinbar, denn die Blattleitfähigkeit zeigt, dass diese Art die Stomata der Blattunterseite weiter öffnet als die der Blattoberseite. Dadurch gleicht sich T. pratense physiologisch an die morphologischen Krauttypen an. Die stark leitenden Blattseiten können durch zusätzliche morphologische Massnahmen gegen Evaporation geschützt werden. Die Gräser schützen die stomatareiche Blattoberseite durch Einklappen (Dactylis glomerata) oder Einrollen (Bromus erectus) der Blattspreiten zur Oberseite hin. Salvia pratensis erreicht einen ähnlichen Effekt, indem sie die stomatareiche Blattunterseite an die Bodenoberfläche anschmiegt. T. pratense besitzt schwach behaarte Blattoberflächen, was eine, allerdings geringe, Verminderung der Transpiration ermöglicht; ein Einklappen der Blätter wurde nur sehr selten beobachtet; Taraxacum officinale und Plantago lanceolata schützen ihre Stomata nicht.

Ein Vergleich der Blattleitfähigkeit auf den Blattunter- und -oberseiten der Pflanzen aus den trockenen und den nassen Flächen zeigt (Tab. 7, Kol. 5, 6), dass der Wasserhaushalt vor allem durch diejenigen Stomata geregelt wird, die auf der Blattseite liegen, die allgemein die höhere Blattleitfähigkeit aufweisen.

**Tab. 7. Anzahl und Verteilung der Stomata auf den Blättern der untersuchten Arten**  
**Table 7. Number and distribution of the stomata on leaves of the investigated species**

- n = 15 (5 Blätter à drei Zählungen auf 0.107 mm<sup>2</sup>; bei Salvia pratensis n = 10, 5x2)  
 15 (5 leaves with 3 measurements each on 0.107 mm<sup>2</sup>; for Salvia pratensis n = 10, 5x2)  
 u:o = Verhältnis der Werte der Blattseiten unten und oben - ratio of the values of upper and lower side of the leaf  
 \* = ein Ausreißer wurde weggelassen (n=12) - one measurement omitted  
 2 = Auszählung auf feinen Blattnerven - counting on small nerves in the middle  
 3 = Auszählung zwischen den Blattnerven - counting between the leaf nerves  
 x = Mittelwert zwischen 2 und 3 - mean value between 2 and 3

Art	Stomatazahl/mm <sup>2</sup>	Unterseite (u)	Mittelwert u + o	Verhältnis u : o	rel. BL	
					Verteilung u : o	Nass
T. pratense	157 (+36.5)	133 (+7.5)	145	0.85	1.00	2.03
T. officinale	155 (+15.3)	346 (+28.4)	250	2.20	1.50	2.50
B. erectus	100 (+8.2)	74 (+16.1) 44.2* (+2.8)	87	0.74	0.53	0.12
D. glomerata	93.7 (+7)	73.8 (+18.7) 39.5* (+3.63)	83	0.79	0.81	0.16
S. pratensis	153 <sup>2</sup> (+13.8) 186 <sup>3</sup> (+5.6) x = 85.8	410 <sup>2</sup> (+44) 470 <sup>3</sup> (+61) x = 440	263	5.17	2.50	9.00
P. lanceolata	310 (+12.4)	328 (+14.5)	320	1.10	0.85	0.89

Bereits hier sei auf einige Beziehungen zwischen der Anzahl Stomata und der Blattleitfähigkeit eingegangen. Eine ausgesprochene Stomaregelung auf der Blattoberseite finden wir bei den Gräsern, die Kräuter hingegen regulieren den Wasserhaushalt vor allem mit den Stomata der Blattunterseite (Trifolium pratense, Taraxacum officinale und Salvia pratensis). Eine Mittelstellung nimmt Plantago lanceolata ein, die die Blattleitfähigkeit auf beiden Blattseiten etwa gleich stark reguliert. Die Arten mit zahlreichen Stomata (T. officinale, S. pratensis und P. lanceolata) weisen auch allgemein hohe Blattleitfähigkeiten auf (siehe Kap. 3.4.2.). Dieser Zusammenhang ist jedoch nicht immer gegeben, denn S. pratensis mit der höchsten Blattleitfähigkeit besitzt durchschnittlich weniger Stomata pro Blattfläche als P. lanceolata. Dies ist verständlich, denn neben der Anzahl ist auch die Grösse der Stomata für die Blattleitfähigkeit massgebend. Eine hohe Stomatadichte lässt auch nicht unbedingt auf eine hohe Variabilität der Blattleitfähigkeit schliessen. P. lanceolata, mit zahlreichen Stomata, kann die Blattleitfähigkeit zwar extrem stark variieren, jedoch auch die Gräser, mit bedeutend weniger Stomata, haben eine ausgeprägte stomatäre Regulationsfähigkeit. Salvia pratensis, welche die Oeffnungsweiten der zahlreichen Stomata nicht stark verändert, hat eine ziemlich konstante Blattleitfähigkeit (siehe auch Tab. 9, Kap. 3.4.).

### 3.3. INNERARTLICHE STEUUNGEN DER BLATTEITFAEHIGKEIT: FOLGEN FUER AUSWERTUNG UND DARSTELLUNG

Die Klimakammermessungen zeigen vor allem bei den trocken gehaltenen Pflanzen sehr grosse intraspezifische Streuungen der Blattleitfähigkeit (BLT, Abb. 6). Die höchsten und die tiefsten Werte unterscheiden sich bei Dactylis glomerata und Plantago lanceolata bis um das Zehnfache, bei Bromus erectus bis um das Zwanzigfache und bei Salvia pratensis bis um das Fünfzigfache. Demgegenüber sind die im Feld gemessenen Unterschiede wesentlich geringer (siehe Kap. 3.4.). Möglicherweise führten die Nachwirkungen des Verpflanzungsschocks und die unnatürlichen Bedingungen in den Töpfen zu einer erhöhten Variationsbreite des Verhaltens. Eine Auswertung der Daten aus der Klimakammer ist in KUHN (1983) zu finden. Für die Interpretation der Ergebnisse ist die gewählte Darstellungsart von entscheidender Bedeutung, weshalb hier noch eingehend darauf eingegangen wird.

An den zwei Arten Dactylis glomerata und Salvia pratensis wurden die Ergebnisse der Messungen von Blattdiffusionswiderstand (BDW) lin/lin und Blattleitfähigkeit (BLT=1/BDW) lin/lin dargestellt (Abb. 7a,b). Aufgrund der BDW-Kurven kann angenommen werden, dass die intraspezifischen Streuungen mit zunehmender Tageszeit zunehmen. Bei Betrachtung der BLT-Kurven (Abb. 7c,d) kehrt sich das Bild um, die grossen Streuungen erscheinen am Vormittag und nehmen gegen Abend ab. Diese Tendenz ist bei allen Arten anzutreffen. Eine Erklärung für die obige Diskrepanz ist die, dass die Daten auf der lineraen Skala nicht normalverteilt sind. Abbildungen und errechnete Mittelwerte aus linearen Daten können deshalb zu Fehlinterpretationen führen. Die logarithmierten Werte (Abb. 6) zeigen ein ausgeglicheneres Bild; reziproke Kurven (BDW und BLT) sind spiegelbildlich und vermitteln die gleiche Information. BDW und BLT lassen sich somit gleich gut darstellen (in Abb. 6 nur die BLT dargestellt). Die Abb. 6

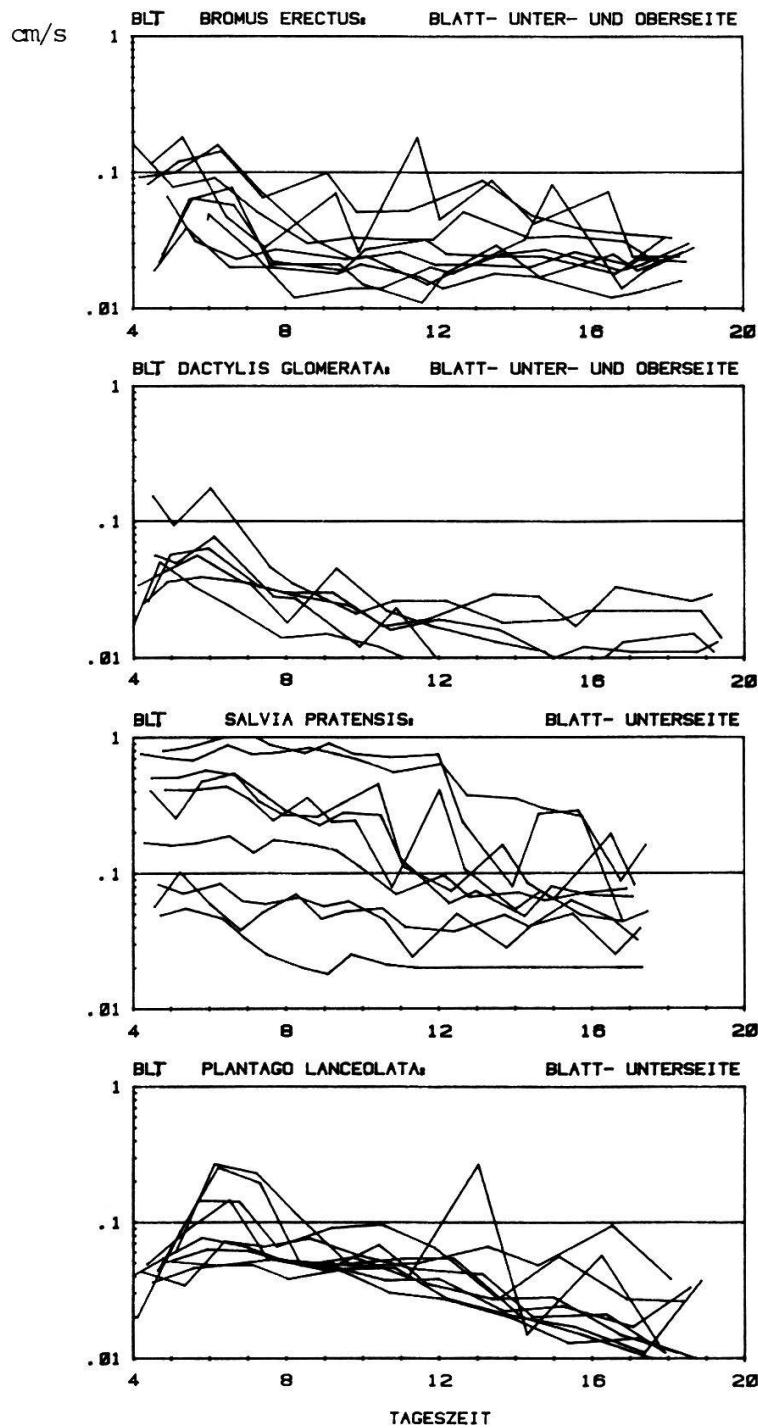


Abb. 6. Innerartliche Streuungen der Blattleitfähigkeit (BLT) unter trockenen Bedingungen von Pflanzen aus der Klimakammer (semi-logarithmische Darstellungen)

Fig. 6. Intraspecific variation of leaf conductance under dry conditions of plants from the growth chamber (semi-logarithmic scale).

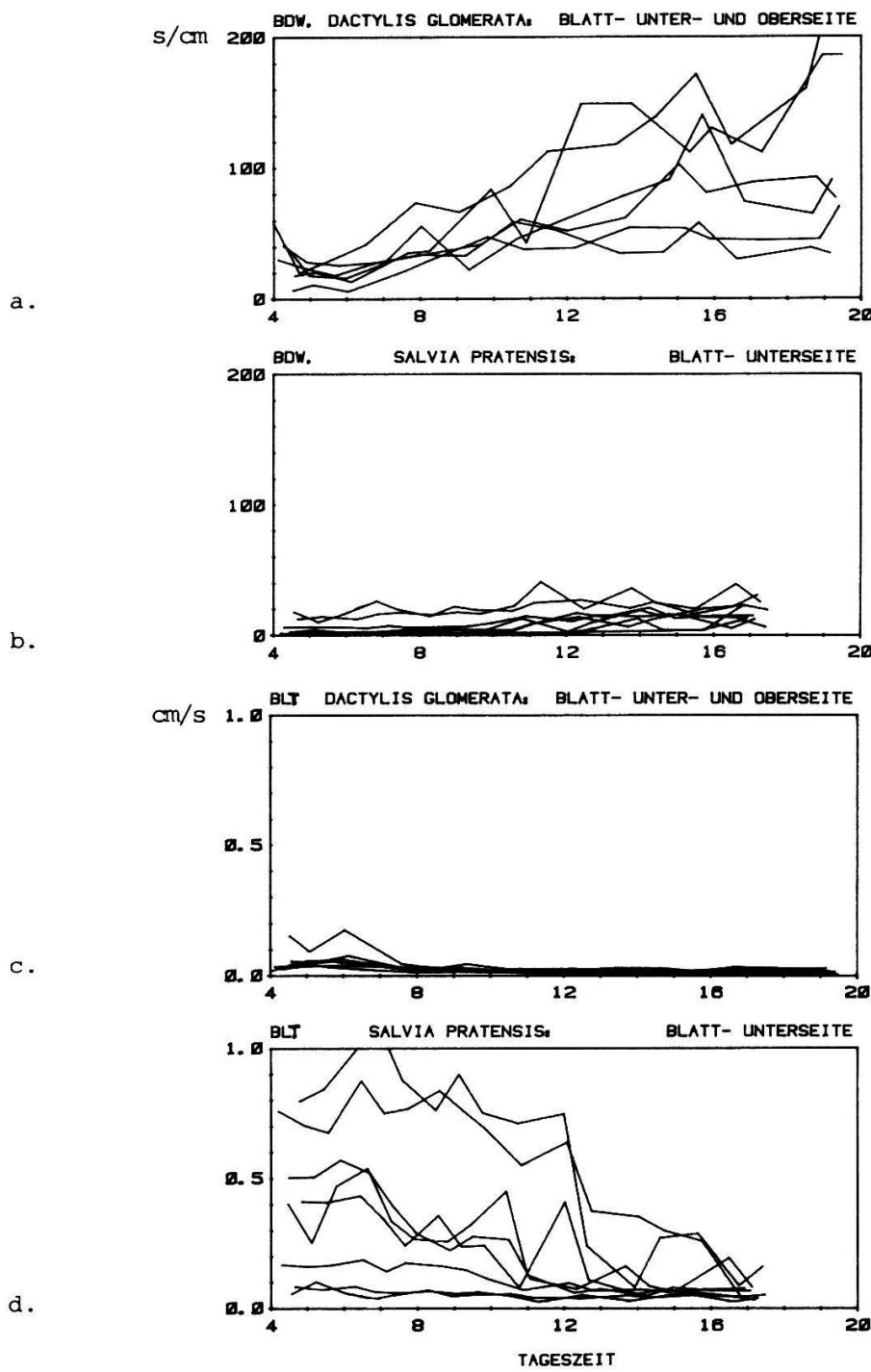


Abb. 7. Vergleich der Darstellung von Blattdiffusionswiderstand (BDW) unter trockenen Bedingungen, a) und b) und Blattleitfähigkeit (BLT) c) und d), am Beispiel von Dactylis glomerata und Salvia pratensis. Messwerte aus der Klimakammer (siehe Text).

Fig. 7. Comparison of the figures of leaf diffusive resistance (BDW) under dry conditions a) and b), and leaf conductance (BLT) c) and d), shown for Dactylis glomerata and Salvia pratensis. Data from the growth chamber (see text).

zeigt auch, dass unter den hier gegebenen Bedingungen kein offensichtlicher Zusammenhang zwischen Tageszeit bzw. Höhe des Wasserstresses und der intraspezifischen Streubreite der BLT besteht. Dass die Variabilität der Stomaweiten unter Freilandbedingungen mit zunehmender Blattleitfähigkeit allgemein abnimmt, wird in Kap. 3.4. besprochen. Aus diesen Gründen wurden die Werte von Blattleitfähigkeit und Transpiration in logarithmierter Form ausgewertet und dargestellt.

Durch die in Abb. 6 und 7 aufgezeigten Bewegungen der Stomata wird, als relevanter ökologischer Faktor, der Gaswechsel gesteuert; also Transpiration und CO<sub>2</sub>-Fluss. Da sich die Transpiration, konstante Bedingungen vorausgesetzt, direkt proportional zur Blattleitfähigkeit verändert, wird im weiteren grundsätzlich die Blattleitfähigkeit (BLT+BL) und nicht der Blattdiffusionswiderstand (BDW) besprochen und dargestellt und zwar aufgrund des Dargelegten semilogarithmisch.

### 3.4. TAGESGAENGE VON BLATTEITFAEHIGKEIT; TRANSPiration UND XYLEMWASSER-POTENTIAL BEI AUSGEWAHLTEN ARTEN

#### 3.4.1. Einfluss von Witterung und Schnitt auf das durchschnittliche Verhalten der Arten

Die Witterungseinflüsse Einstrahlung, Lufttemperatur und Wassersättigungsdefizit der Luft (WSD<sub>L</sub>) müssen bei der Beurteilung einzelner Messstage als unabhängige Variable betrachtet werden. Das geht aus den Klimadaten in Anhang 4 (Jahr 1980) und 5 (Jahr 1981) hervor. Sowohl die Lufttemperatur wie auch das Wassersättigungsdefizit der Luft sind massgeblich von der Witterung der vorausgehenden Tage abhängig, so dass diese Größen nicht aus der Einstrahlung des betreffenden Tages abgeleitet werden können.

Im folgenden werden die Beziehungen zwischen den Klimadaten und dem durchschnittlichen Wasserhaushaltsverhalten der Arten kurz untersucht. Im allgemeinen sind keine deutlichen Korrelationen festzustellen. Eine Ausnahme bildet das mittlere Xylemwasserpotential, das im Jahr 1980 gut mit dem Wassersättigungsdefizit der Luft korrelierte (vgl. Anhang 4), werden doch mit diesen beiden Größen deutlich die trockenen Tage (2. und 5. Messtag) von den feuchten (3. und 4. Messtag) getrennt. Am 1. Messtag 1980 wurden keine Xylemwasserpotentiale gemessen, er zählt aber aufgrund der Klimadaten zu den feuchteren.

Ahnliche Tendenzen konnten 1981 festgestellt werden (vgl. Anhang 5), jedoch waren diese nicht so eindeutig wie 1980. An den beiden trockenen Tagen (2. und 5. Messtag) sind die Werte des Wassersättigungsdefizites der Luft vor allem in den trockenen Flächen hoch und die durchschnittlichen Xylemwasserpotentiale tief; an den beiden feuchten Tagen (6. und 7. Messtag) sind die Verhältnisse umgekehrt. Erwartungsgemäß führt also an diesen Tagen hoher atmosphärischer Wasserstress zu hohem Xylemwasserstress der Pflanzen. Die übrigen Tage weisen keine klaren Abhängigkeiten auf.

Wie anhand des 8. Messtages 1981 zu ersehen ist, gibt es auch widersprüchliche Daten. Am Mittag dieses Messtages wurden sehr tiefe (in den

trockenen Flächen sogar tiefste) durchschnittliche Xylemwasserpotentiale festgestellt, d.h., die Pflanzen standen unter hohem Wasserstress. Gleichzeitig war aber der atmosphärische Wasserstress extrem gering (tiefe Werte des Wassersättigungsdefizites der Luft). Dieses Ergebnis ist jedoch nur solange unerklärlich, als wir nur diesen einzelnen Messtag betrachten; es ist sofort einleuchtend, wenn wir die Witterung der vorangehenden Tage in die Interpretation mit einbeziehen. Der 8. Messtag 1981 war ein dunstiger, gewitterhafter, teilweise bewölkter Tag (siehe Einstrahlungswerte) am Ende einer Schönwetterperiode (6. und 7. Messtag). Die Feuchtigkeit der schwülen Luft war zwar hoch, die Pflanzen konnten jedoch das Wasserdefizit, das in den vorangehenden Strahlungstagen entstanden war, noch nicht abbauen (Werte der Xylemwasserpotentiale nahmen vom 6. zum 8. Messtag kontinuierlich ab).

Allgemein eindeutig war der Einfluss der Mahd auf die Blattleitfähigkeit (BL) der Pflanzen. In den beiden Messjahren war eine deutliche Zunahme der Blattleitfähigkeit nach dem Schnitt festzustellen (Schnitzzeitpunkte: 12. 7.1980, zwischen dem 1. und 2. Messtag; 2.7.1981, zwischen dem 5. und 6. Messtag). Dass ältere Blätter allgemein tiefer Blattleitfähigkeiten aufweisen, konnte auch MARTI (1981) an Dactylis glomerata und Taraxacum officinale aus dem gleichen Bestand feststellen. Eigene Untersuchungen an Dactylis glomerata, Bromus erectus und Trifolium pratense aus dem gleichen Bestand, aber in der Klimakammer gemessen, bestätigten dies. KAUSCH und EHRIG (1959) stellten an Impatiens sultani mit unterschiedlich beschnittenen Blättern und Wurzeln fest, dass eine Verminderung des Spross-Wurzel-Verhältnisses zu einer Zunahme der Transpiration führte. Die Autoren nahmen an, dass diese Transpirationserhöhung ohne Veränderungen der Stomaweite zustande kam. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen jedoch, dass die untersuchten Arten nach der Mahd, als Folge der verbesserten Wasserversorgung pro Blattfläche und der jüngeren Blätter des zweiten Aufwuchses, die Stomata im Durchschnitt weiter öffneten.

### 3.4.2. Verhalten der einzelnen Arten

Vorbemerkungen: Es sei noch einmal darauf hingewiesen, dass in den Abb. 8-15 die Werte der Blattleitfähigkeit und der Transpiration logarithmisch dargestellt sind. Linear zu- bzw. abnehmende Kurven bedeuten für die entlogarithmierten Werte eine exponentielle Zu- bzw. Abnahme. Wenn im folgenden die Kurvenform mit linear, konkav oder konvex beschrieben wird, so bezieht sich das, wenn nicht ausdrücklich anders erwähnt, immer auf die logarithmische Darstellung.

#### 3.4.2.1. Bromus erectus (Strichpunktirte Linien in den Abb. 8-15)

- Tagesgänge der Blattleitfähigkeit (BL), trockene Flächen  
Die Stomata von Bromus erectus waren in den trockenen Flächen allgemein überdurchschnittlich stark geschlossen. Minimale Werte der Blattleitfähigkeit von ca.  $10 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  wurden unter anderem am 5. Messtag 1980 erreicht. Im Jahr 1980 waren die Werte von B. erectus allgemein die tiefsten, im Jahr 1981 waren diejenigen von Dactylis glomerata meist noch tiefer. Ausnahmsweise konnten aber auch die BL-Werte von B. erectus in den trockenen Flächen gegen  $100 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  erreichen, wie z.B. am 9. Messtag 1981. An diesem, besonders in den trockenen Flächen warmen, leicht bewölkten Tag erreichte B. erectus trotz Xylemsaugspannungen von

-2.7 MPa, hinter Salvia pratensis die zweithöchsten BL-Werte. An diesem Tag fällt an B. erectus auch die ziemlich flache BL-Kurve auf. B. erectus weist ganz allgemein geringe Tendenzen zu BL-Mittagsdepressionen auf. Wenn ausnahmsweise deutliche Abnahmen der BL über Mittag festzustellen sind wie am 5. Messtag 1980, sind die BL-Werte den ganzen Tag tief. Die Tendenz, die Stomata über Mittag zu schliessen, nimmt im allgemeinen mit abnehmender Blattleitfähigkeit zu, was aber bei B. erectus nur undeutlich zu sehen ist.

- Tagesgänge der Blattleitfähigkeit (BL), nasse Flächen

Unter nassen Bedingungen unterscheidet sich das Verhalten von B. erectus nicht mehr stark von dem der übrigen Arten. Am 3. Messtag 1980 und am 9. Messtag 1981 erreichte B. erectus sogar höhere BL-Werte als alle anderen Arten. Maximale BL-Werte ( $746 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , siehe Tab. 9) wurden am 9. Messtag 1981 erreicht.

- Tagesgänge der Transpiration, trockene Flächen

Die Transpirationswerte von B. erectus in den trockenen Flächen wiesen 1980 undeutliche und 1981 praktisch keine Mittagsdepressionen auf. Fast an allen Tagen beider Messjahre fiel das Transpirationsmaximum mit dem Minimum des Wassersättigungsdefizites der Luft zusammen. Dieses Ergebnis widerspricht den Feststellungen von BARTH (1978), dass B. erectus auf hohe Wassersättigungsdefizite der Luft mit deutlichem Schliessen der Stomata reagiert und damit die Transpiration einschränkt. Dieser Widerspruch dürfte damit zusammenhängen, dass BARTH an kultivierten Pflanzen und mit einer ganz anderen Methode gemessen hat.

- Tagesgänge der Transpiration, nasse Flächen

Die Transpirationswerte in den nassen Flächen waren entsprechend den BL-Werten durchschnittlich, jedoch mit gelegentlich hohen Spitzenwerten, wie z.B. am 3. Messtag 1980 und am 5. Messtag 1981.

- Xylemwasserpotential (XWP)

Die Werte des Xylemwasserpotentials sind bei Bromus erectus allgemein tief (hohe Xylemaugspannung). Am 5. Messtag 1981, einem Strahlungstag mit hohem Wassersättigungsdefizit der Luft, erreichten Einzelwerte -4.3 MPa, tiefere Werte erreichte in den zwei Untersuchungsjahren keine andere Art. BARTH (1978) stellte an B. erectus XWP-Werte bis -6.25 MPa fest. Bei ca. -2.4 MPa beobachtete er einen Schwellenwert, unterhalb dem die Transpiration stark abnahm. FORNALLAZ (1982) ermittelte einen ähnlichen Schwellenwert an B. erectus bei ca. -2.2 MPa. In meinen Untersuchungen konnte kein solcher Schwellenwert beobachtet werden.

Bromus erectus wies jedoch eine andere Besonderheit auf: An mehreren Messtagen, z.B. 9. Messtag 1981, fielen hohe BL-Werte mit ausgesprochen tiefen XWP-Werten zusammen (grosser Wasserstress). Am 4. Messtag 1981 (ohne Abb.) war die Situation genau umgekehrt: hier wurden tiefe BL-Werte bei gleichzeitig hohen XWP-Werten festgestellt. Die Stomata schliessen also nicht unbedingt bei hohem Xylemwasserstress. Dieses Ergebnis ist unerklärlich, wenn man davon ausgeht, dass die Blattleitfähigkeit nur durch das Xylemwasserpotential "gesteuert" wird. Einleuchtend wird dieses Ergebnis, wenn wir annehmen, die XWP-Werte seien so tief, weil eben die Stomata so weit geöffnet waren, und die Pflanze demnach aktiv diese tiefen XWP-Werte herbeiführe. Wenn die Pflanze verhindern kann, dass unter angespannten Wasserverhältnissen weder der Photosyntheseapparat noch andere physiologische Prozesse leiden, so kann sie durch Erhö-

hung der Saugkraft den Wasserfluss und die Wasseraufnahme in die Wurzeln beschleunigen. Diese Strategie stellt die Pflanze vor zwei grundlegende Probleme:

1. Kann durch die Erniedrigung des XWP-Wertes in den Wurzeln eine nennenswerte zusätzliche Wassermenge verfügbar gemacht werden?
2. Führt die, durch tiefe XWP-Werte hervorgerufene, hohe Belastung der Zellen, nicht zu physiologischen Beeinträchtigungen oder sogar Schädigungen?

Zu Punkt 1: Verschiedene Autoren betrachten den Wassergewinn durch XWP-Erniedrigung als sehr gering (siehe z.B. KAUSCH 1955 und JENKA 1978). Andere Autoren, z.B. LÖSCH et al. (1974) zählen die Erhöhung der Saugspannung zu den Möglichkeiten, mit denen eine Pflanze langfristigem Wassermangel begegnen kann. Berechnungen aus Desorptionskurven von GIGON (1968) aus, unseren Beständen ähnlichen, aber trockeneren Teucrio-Mesobrometen im Jura, ergaben, dass eine Absenkung des Xylemwasserpotentials in den Wurzeln von -2.0 auf -4.0 MPa ca. 6% mehr Bodenwasser verfügbar macht. Im obersten Horizont von 10 cm, der durch diese Desorptionskurve repräsentiert wird, und bei 45% Porenvolumen, entspricht das ca. 2.7 mm Wasser, welches den Pflanzen zusätzlich zur Verfügung steht.

Mesobrometen transpirieren im Sommer durchschnittlich 2 mm pro Tag (STOCKER 1956). Bei mangelnder Wasserversorgung können die Werte auf ca. 0.5 mm pro Tag sinken (LARCHER 1980). Dieser Minimalwert kann auch für unsere Versuchsflächen angenommen werden. Demnach kann durch die Erniedrigung des Xylemwasserpotentials von -2.0 auf -4.0 MPa zusätzlich Wasser für ca. 5 Tage gewonnen werden. Sind nur wenige Arten fähig, diese Reserve auszunützen, in unserem Fall *Bromus erectus*, evtl. Dactylis glomerata und andere Arten höchstens noch teilweise, so reicht diese Reserve entsprechend weiter. Dies kann für das Überstehen langerer Trockenperioden entscheidend sein.

Zu Punkt 2: Es ist wichtig zu wissen, ab welchen XWP-Werten eine Verminderung des Wachstums zu erwarten ist. *B. erectus* scheint an die trockenen Bedingungen angepasst zu sein. Im Nassen sind die XWP-Werte in beiden Messjahren, ohne Ausnahme, deutlich tiefer als bei allen anderen Arten. *B. erectus* versucht demnach auch bei guter Wasserversorgung nicht, tiefe XWP-Werte zu vermeiden. Das kann als Hinweis dafür gelten, dass *B. erectus* physiologisch gut an hohen Wasserstress angepasst ist und die hier beschriebene Strategie der Ausnutzung von schwerverfügbarem Wasser erfolgreich anwendet.

- Einfluss der Mahd auf die Blattleitfähigkeit (BL)

Bei *Bromus erectus* nimmt die Blattleitfähigkeit mit dem Alter des Aufwuchses deutlich ab, besonders in den trockenen Flächen. Diese Beobachtungen decken sich mit denjenigen von FORNALLAZ (1982).

- Vergleich der Blattleitfähigkeit (BL) zwischen den trockenen und nassen Flächen

Die Blattleitfähigkeit von *Bromus erectus* in den trockenen Flächen ist bedeutend tiefer als diejenige in den nassen. Am 1. und 2. Messtag 1981 nähern sich diese Kurven allerdings am Morgen und am Abend, über Mittag liegen sie jedoch wieder, wie gewohnt, weit auseinander.

3.4.2.2. Dactylis glomerata (Doppelt strichpunktierter Linien in den Abb. 8-15)

- Tagesgänge der Blattleitfähigkeit (BL), trockene Flächen  
An D. glomerata wurden allgemein sehr tiefe Blattleitfähigkeiten gemessen; sie lagen 1980 in den trockenen Flächen über den Werten von Bromus erectus, 1981 aber allgemein deutlich tiefer. Es ist erstaunlich wie D. glomerata von höheren BL-Werten 1980 (auch die Daten weiterer, nicht ausgewerteter Messtage belegen das) zu tieferen Werten (1981 und später) wechselte (vgl. FORNALLAZ 1982). ASHENDEN (1978) berichtet über eine erstaunliche morphologische und physiologische Anpassungsfähigkeit von D. glomerata an Trockenheit, die so weit ging, dass auf den trockensten Flächen (Sanddünen in England) höchste Netto-Assimilationsraten erreicht wurden. LEUTERT (1983b) beschreibt wie Kümmerrexemplare von D. glomerata die Magerwiesen gleichmäßig besiedelten und unter günstigen Bedingungen, z.B. in der Nähe der Feldmauskolonien, enorm rasch zu grossen Horsten aufwuchsen. Eigene Beobachtungen zeigten, dass D. glomerata in den trockenen Flächen noch zahlreich vertreten war, aber nur durch sehr kleine kümmerliche Individuen, die nach Entfernen der Regendächer, bei ausreichender Wasserversorgung, sofort zu grösseren Horsten aufwuchsen.

Im Hinblick auf diese erstaunliche und vielfältige Anpassungsfähigkeit ist es denkbar, dass D. glomerata im Laufe der Versuchsdauer (die Regendächer standen von 1980-1982) seine Wasserhaushaltsstrategie modifizierte und vom zweiten Messjahr (1981) an tiefere BL-Werte erreichte. Während 1980 noch hohe XWP-Werte mit sehr hohen BL-Werten zusammentrafen (z.B. 2. Messtag 1980), waren 1981 an den Tagen mit höchsten XWP-Werten die BL-Werte durchwegs tief (z.B. 1. Messtag 1981). Diese Anpassungen gehen vor allem in Richtung Wassersparen. Eine verminderte Photosynthese-Rate muss bei dieser Strategie in Kauf genommen werden, kleine kümmerliche Pflanzen sind die Folge. Die ausharrenden Pflanzen aber sind, dank der strikten Regulation der Wasserabgabe, zäh und können lange überleben.

Ein weiterer Ausdruck dieser Strategie sind die, in den beiden Messjahren sehr ausgeprägten BL-Mittagsdepressionen. Es fällt auf, dass die Tendenz, die Stomata über Mittag zu schliessen, auch bei D. glomerata mit zunehmender BL abnimmt, so dass sie an Tagen mit hohen BL-Werten (6. und 9. Messtag 1981) nicht mehr bedeutend war.

- Tagesgänge der Blattleitfähigkeit (BL), nasse Flächen  
In den nassen Flächen waren die BL-Werte von D. glomerata in beiden Messjahren durchschnittlich bis tief. Im zweiten Messjahr schien sich die Art an die besseren Bedingungen durch die Bewässerung "gewöhnt" zu haben. Die höchsten BL-Werte erreichte sie am 2. Messtag 1980 mit  $331 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  nur wenig unter dem Höchstwert auf den nassen Flächen (siehe Tab. 9).

- Tagesgänge der Transpiration, trockene Flächen  
Die Transpirationsraten von Dactylis glomerata in den trockenen Flächen waren im Jahr 1980 durchschnittlich, 1981 allgemein sehr tief. Die starken BL-Mittagsdepressionen können, wie z.B. am 8. Messtag 1981, auch deutliche Mittagsdepressionen der Transpiration bewirken. Besonders das Verhalten im Jahr 1981, mit den horizontalen Transpirationskurven, entspricht dem Verhalten, das PISEK und CARTELLIERI (1942) an Arrhenatherum elatius und Dactylis glomerata beschrieben haben.

- Tagesgänge der Transpiration, nasse Flächen

In den nassen Flächen war die Transpiration von D. glomerata, entsprechend den BL-Werten durchschnittlich ohne merkliche Mittagsdepression.

- Xylemwasserpotential (XWP)

Die XWP-Werte von Dactylis glomerata in den trockenen Flächen waren im Jahr 1980 durchschnittlich, 1981 sehr tief, trotz der im zweiten Messjahr deutlich stärker geschlossenen Stomata. Der Erfolg der oben erwähnten Reduktion der Blattleitfähigkeit im zweiten Messjahr scheint somit fraglich, konnte doch dadurch der Xylemwasserstress nicht vermindert werden. Im Jahr 1981 musste D. glomerata demnach zu den Nachteilen, die mit der Absenkung der Blattleitfähigkeit verbunden sind, auch einen höheren zellulären Wasserstress ertragen, was sich weiter negativ auf das Wachstum auswirken musste.

Auch D. glomerata kann, wie Bromus erectus, mit Hilfe tiefer XWP-Werte, schwer verwertbares Wasser ausnutzen. Die Pflanze vermeidet jedoch, im Gegensatz zu B. erectus, zu tiefe XWP-Werte durch Stomaschluss. Dass D. glomerata dennoch fähig ist, sehr hohen Wasserstress zu ertragen, beschrieb BORNKAMM (1958), der an dieser Art ein subtiales Wasserdefizit (10% der Blattfläche geschädigt) bei 75% Wasserverlust feststellte. Demgegenüber war Bromus erectus schon bei ca. 68% Wasserverlust gleich stark geschädigt.

Es ist erkennbar, dass 1980 ab ca. -2.5 MPa, und 1981 ab ca. -2.5 bis -3.0 MPa deutliche BL-Mittagsdepressionen auftraten. In diesem Bereich liegen demnach die XWP-Schwellenwerte, bei deren Unterschreiten die Stomata schnell schliessen (vgl. auch RASCHKE 1979 und COHEN und COHEN 1983). FORNALLAZ (1982) konnte an Dactylis glomerata unter trockenen Bedingungen eine Schwellenwerterniedrigung vom ersten zum zweiten Aufwuchs von -2.0 auf -2.5 MPa feststellen.

Die XWP-Werte in den nassen Flächen von 1980 waren mittel bis tief und praktisch immer über den Werten von Bromus erectus. 1981 lagen die Werte im Bereich des Durchschnitts aller Arten, am 5. und 6. Messtag 1981 eher etwas höher.

- Einfluss der Mahd auf die Blattleitfähigkeit (BL)

Auch bei Dactylis glomerata ist der Einfluss der Mahd, besonders in den trockenen Flächen, deutlich feststellbar. Die Blattleitfähigkeit nahm 1980 vom 1. zum 2. Messtag (Tage vor und nach der Mahd) deutlich zu und anschliessend, bis zum 9. Messtag, wieder deutlich ab. Am 5. Messtag 1981 finden wir (vor dem Schnitt) die tiefsten, am 6. Messtag jedoch die höchsten BL-Werte des Jahres. Allgemein waren die BL-Werte vor dem Schnitt (1. bis 5. Messtag) tief, diejenigen nach dem Schnitt (6. bis 9. Messtag) hoch.

Abb. 8-15. Tagesgänge von Blattleitfähigkeit, Transpiration und Xylemwasserpotential in den trockenen und in den nassen Flächen.

Fig. 8-15. Daily course of leaf conductance, transpiration, and xylem water potential in the dry and moist plots.

<u>Bromus erectus</u>	— . — . —	<u>Dactylis glomerata</u>	— — — —
<u>Salvia pratensis</u>	— — — —	<u>Plantago lanceolata</u>	— — — —
<u>Taraxacum officinale</u>	————	in Abb. 9-10	————
<u>Trifolium pratense</u>	————	in Abb. 11-15	————

2. MESSTAG 3. 8. 80

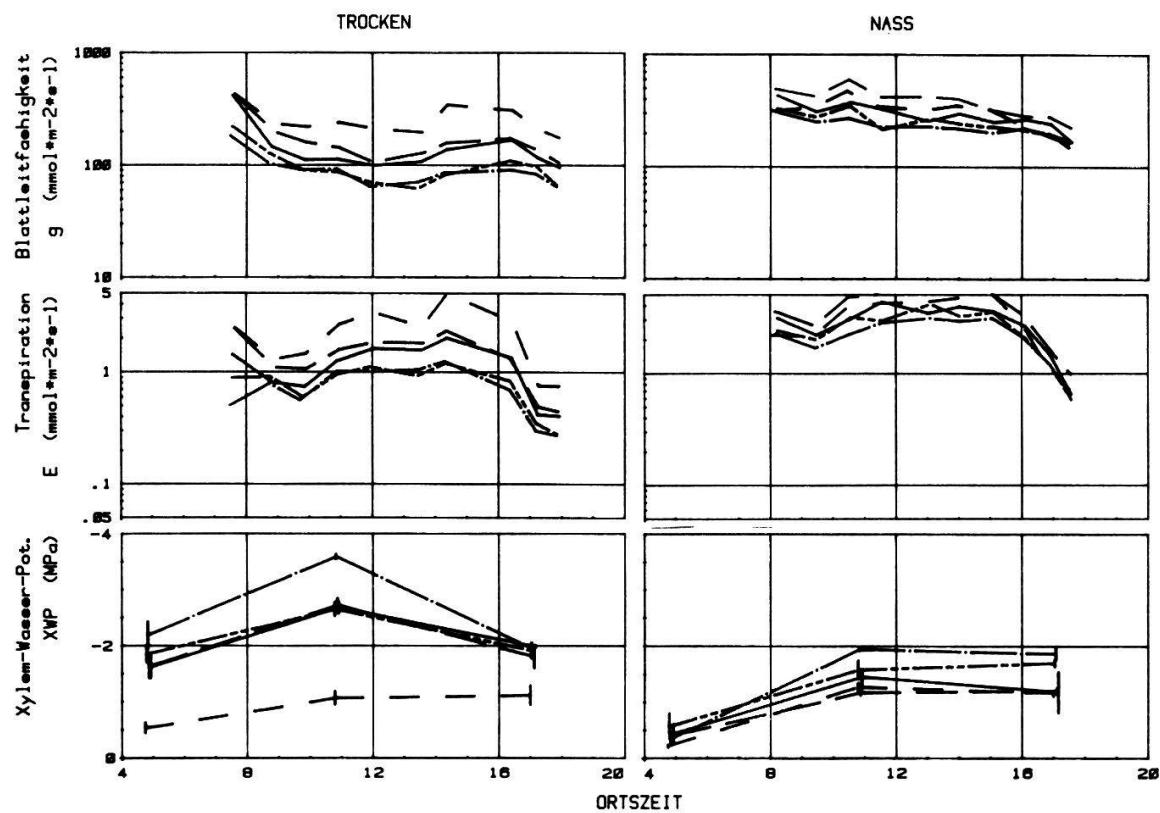


Abb. 8.

3. MESSTAG 29. 8. 80

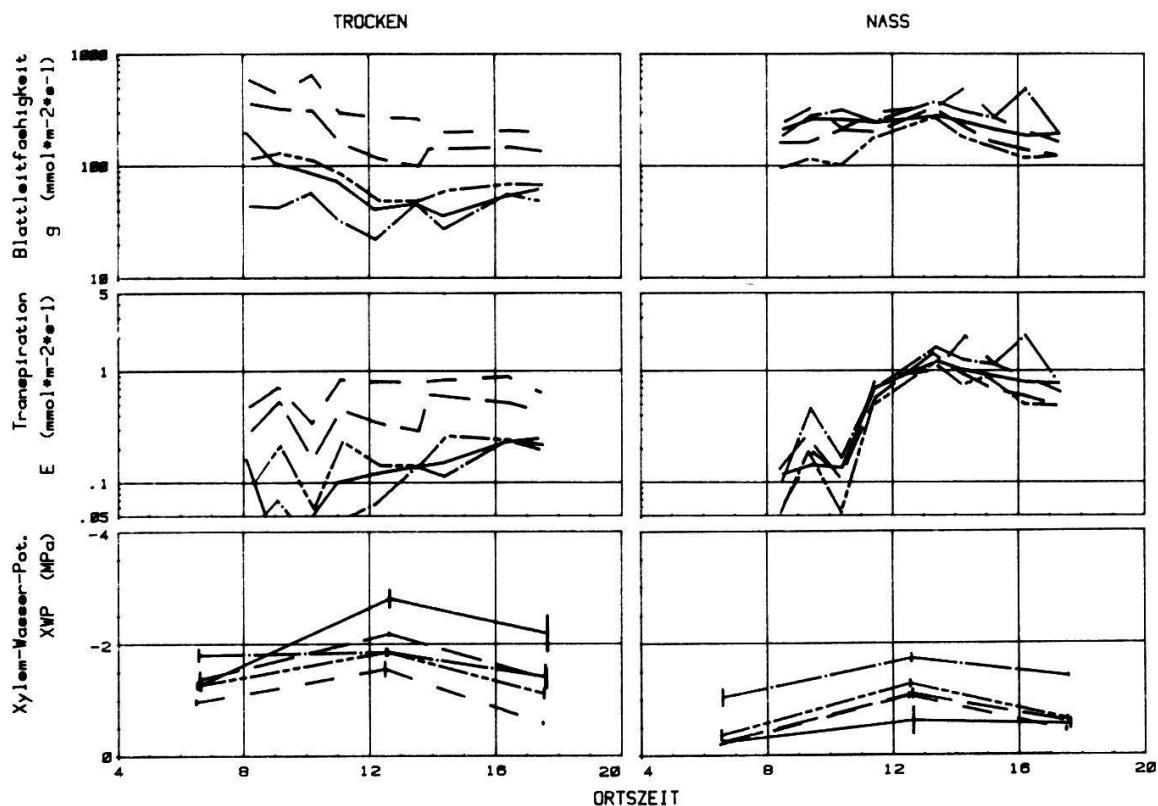


Abb. 9.

5. MESSTAG 19.9.80

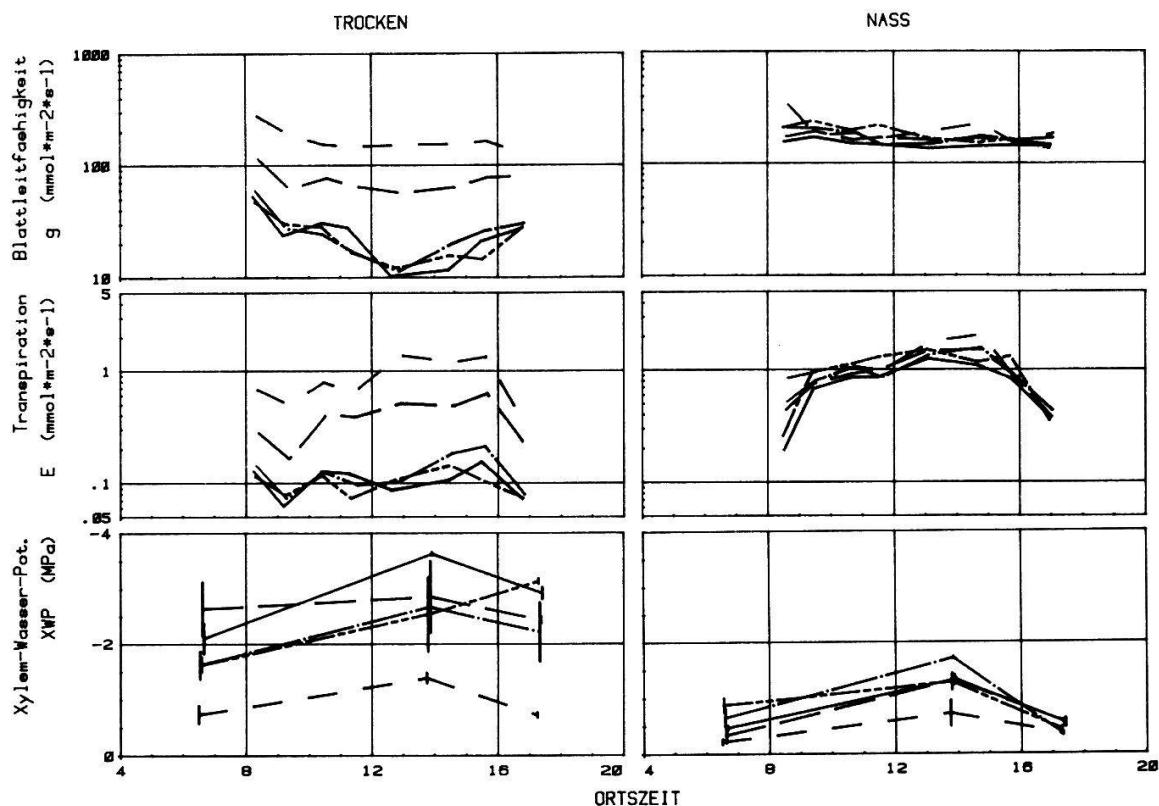


Abb. 10.

1. MESSTAG 19. 5. 81

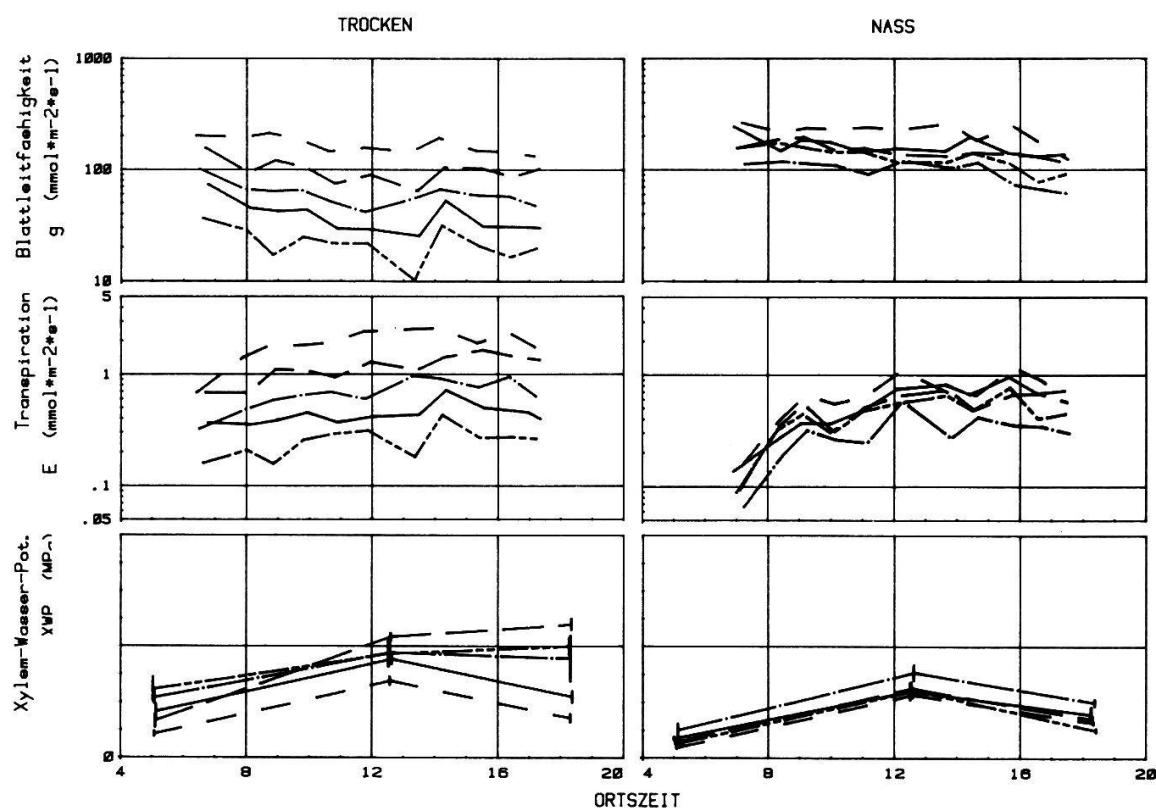


Abb. 11.

5. MESSTAG 1. 7. 81

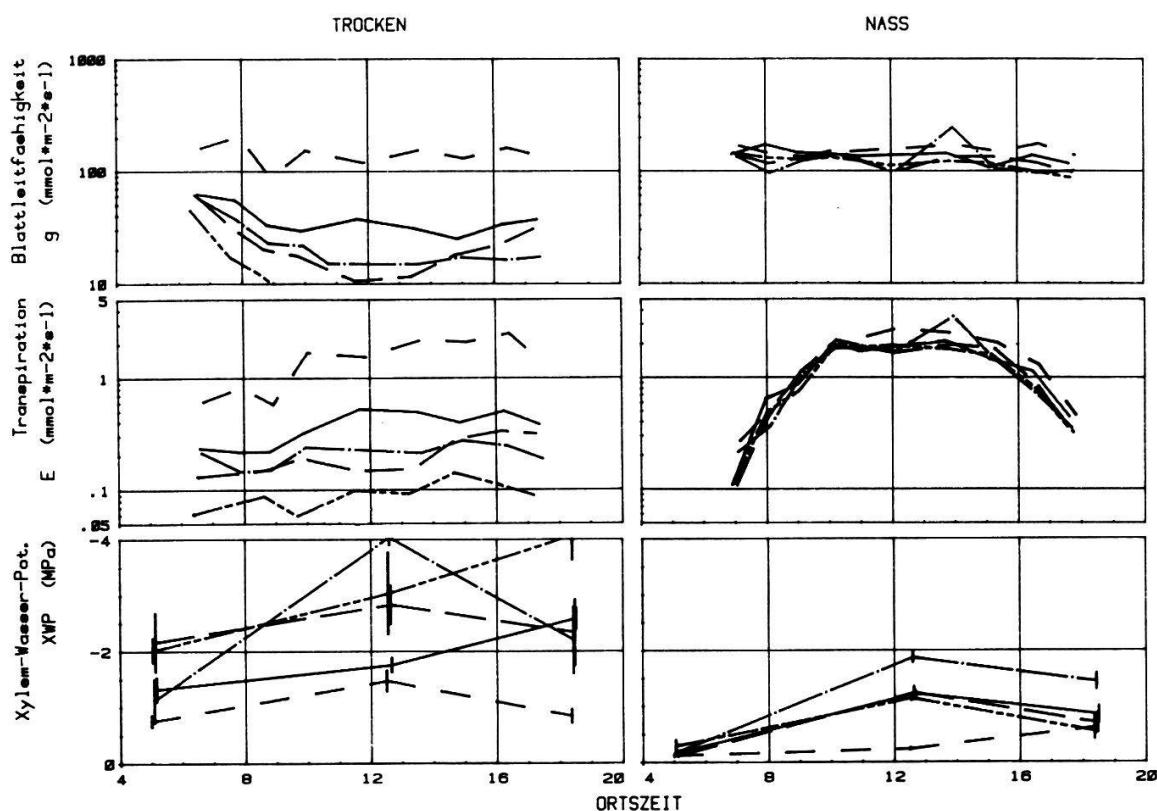


Abb. 12.

6. MESSTAG 29. 7. 81

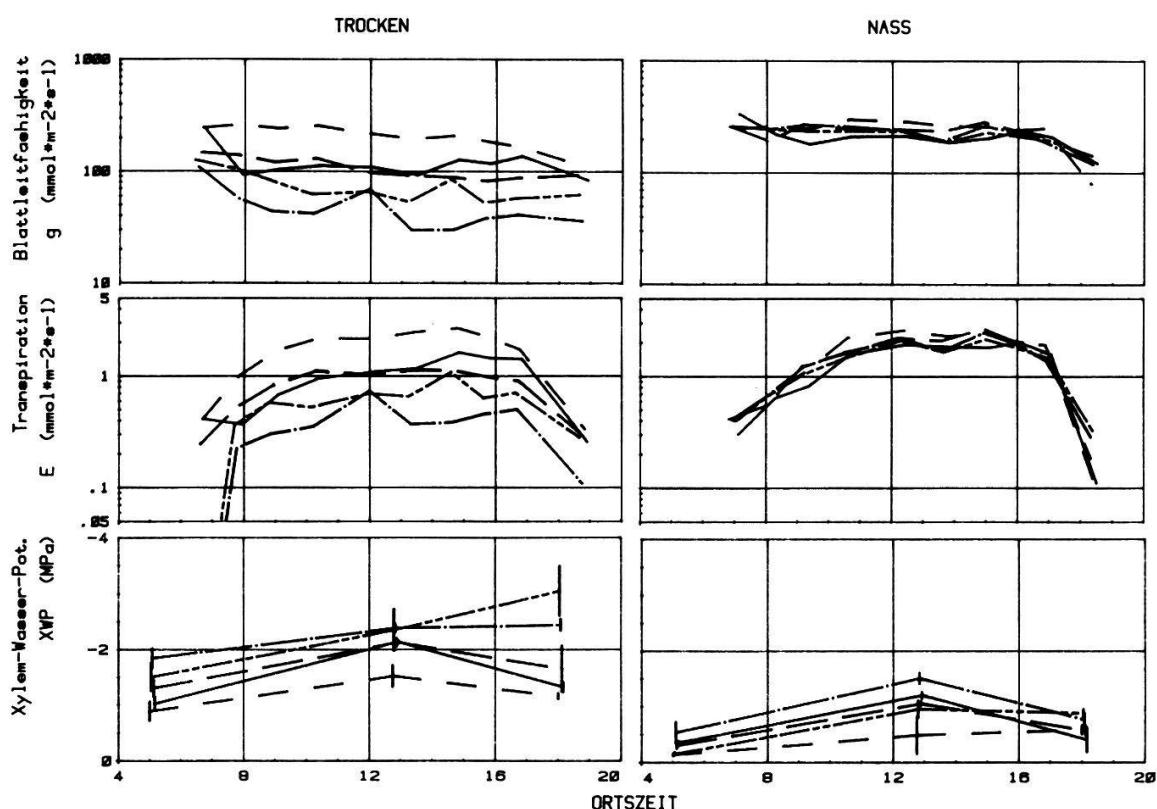


Abb. 13.

8. MESSTAG 31. 7. 81

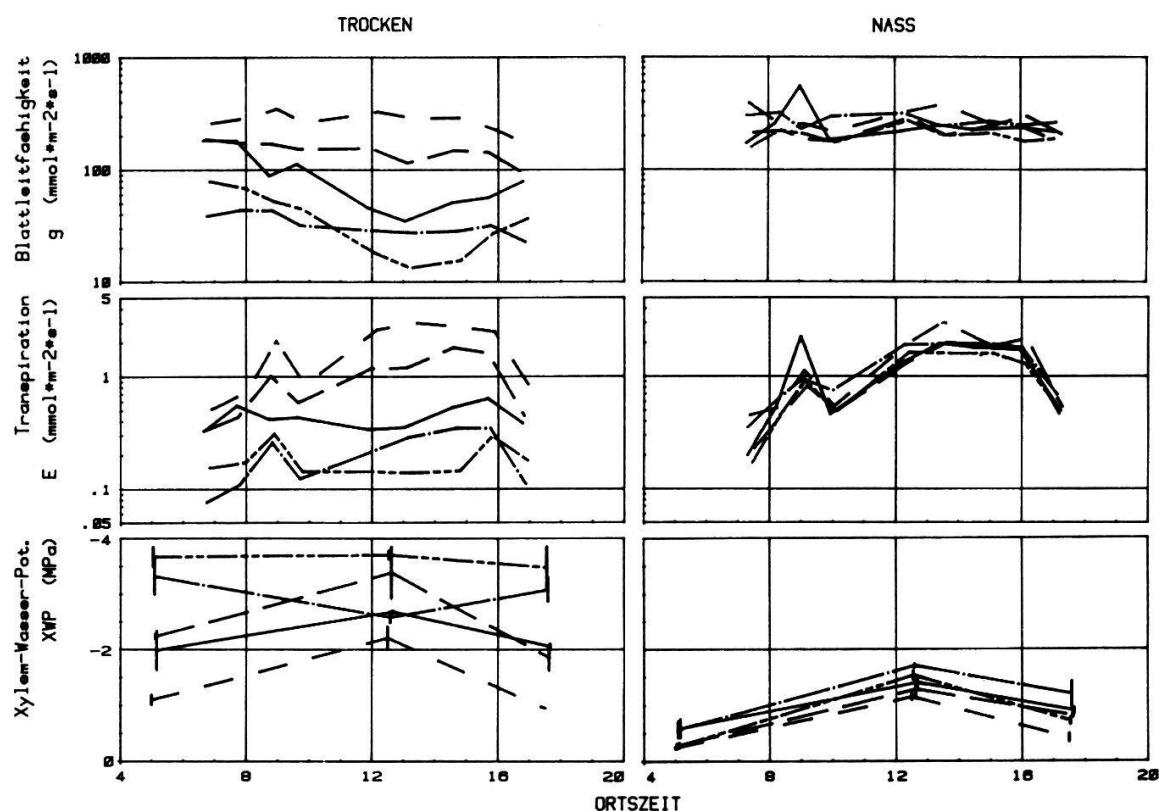


Abb. 14.

9. MESSTAG 7. 9. 81

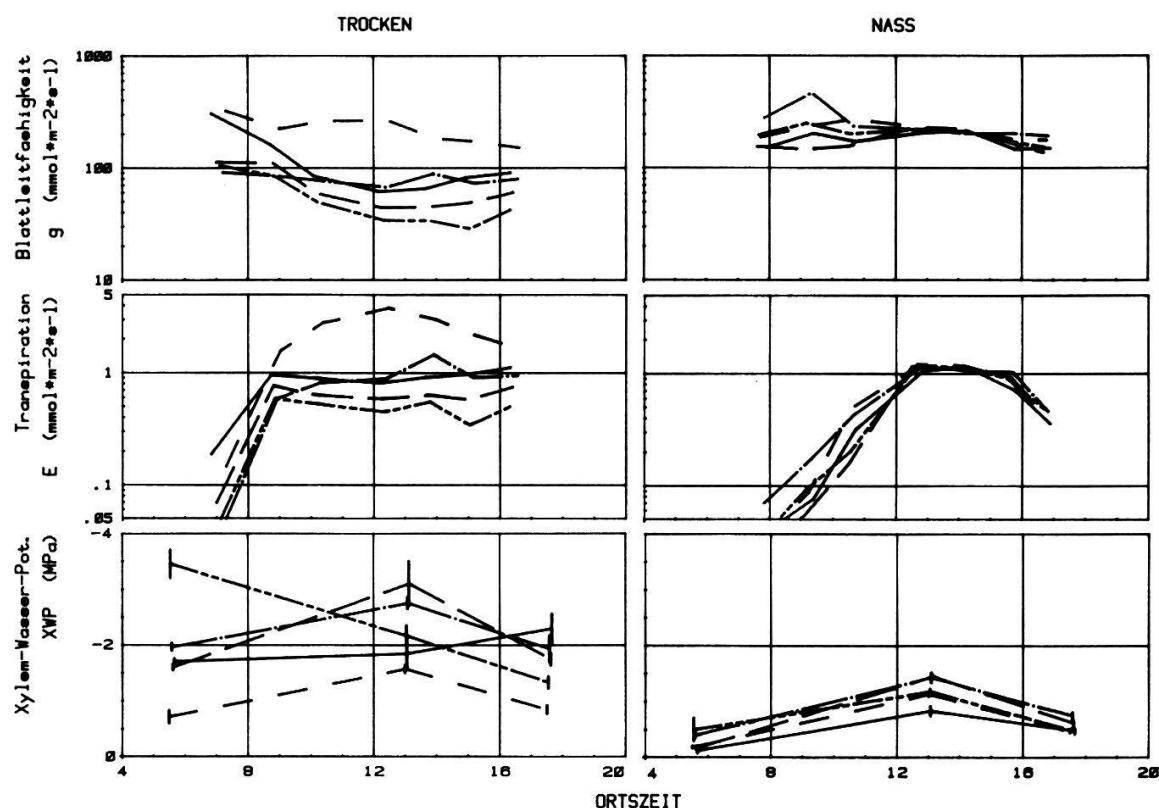


Abb. 15.

Auch in den nassen Flächen war ein Einfluss der Mahd erkennbar, aber nicht so deutlich, was sich mit den Feststellungen von FORNALLAZ (1982) deckt.

- Vergleich der Blattleitfähigkeit zwischen den trockenen und nassen Flächen

Allgemein lagen die BL-Werte von D. glomerata in den nassen Flächen um Größenordnungen über denen in den trockenen; nur bei B. erectus finden wir zeitweise ebenso grosse Unterschiede.

### 3.4.2.3. Salvia pratensis (Kurz gestrichelte Linien in den Abb. 8-15)

- Tagesgänge der Blattleitfähigkeit (BL), trockene Flächen
- An S. pratensis wurden in den trockenen Flächen während beiden Messjahren sehr hohe BL-Werte festgestellt. Am 3. Messtag 1980, unter trockenen Bedingungen, sogar mehrere Werte über  $400 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . Nur zweimal, am 4. Messtag 1980 und 1981 (beide ohne Abb.), wurden die Werte von S. pratensis von jenen einer anderen Art (Plantago lanceolata) übertroffen, und nur einmal (am 5. Messtag 1981) fielen die Werte unter  $100 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ .

Im Gegensatz zu den anderen Arten verhielt sich S. pratensis in der Klimakammer anders als im Freiland. Wir wollen hier noch kurz auf diese Ausnahme eingehen. In den 10x10 cm grossen Töpfen lag die Blattleitfähigkeit nur knapp über dem Durchschnitt (d.h. nur leicht unterdurchschnittliche Blattdiffusionswiderstände, vgl. KUHN 1983). Wir müssen daraus schliessen, dass S. pratensis ihre typisch hohen BL-Werte nur im Freiland erreicht, weil sie nur hier mit ihren Pfahlwurzeln in tiefere Bodenschichten vordringen kann.

Betrachten wir nun wieder das Verhalten von S. pratensis im Freiland: In unseren Untersuchungen wurden nie kritisch tiefe XWP-Werte erreicht. So musste die Blattleitfähigkeit nicht reduziert werden, was zur Folge hatte, dass keine BL-Mittagsdepressionen auftraten (siehe Tab. 9). Dieses Verhalten führte allgemein zu ausgeglichenen BL-Tagesgängen, mit nur sehr geringen Schwankungen im Tagesgang und nur geringen Unterschieden von Tag zu Tag.

- Tagesgänge der Blattleitfähigkeit (BL), nasse Flächen
- Unter nassen Bedingungen war die Blattleitfähigkeit von Salvia pratensis nicht mehr wesentlich höher als die der anderen Arten. Den höchsten BL-Einzelwert aller Arten erreichte S. pratensis am 2. Messtag 1981 mit  $1118 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  (vgl. Tab. 9).

- Tagesgänge der Transpiration, trockene Flächen
- Entsprechend der Blattleitfähigkeit ist auch die Transpirationsrate von S. pratensis in den beiden Messjahren sehr hoch. Es traten keine merklichen Mittagsdepressionen auf, im Gegenteil, am 2. und 5. Messtag 1980, sowie am 1., 7. und 9. Messtag 1981 erreichte die Transpiration über Mittag und am frühen Nachmittag Höchstwerte. Das weist erneut darauf hin, dass S. pratensis keine Probleme mit dem Wassernachschub hatte und deshalb kaum auf die Witterungsverhältnisse Rücksicht nahm. Auf die Möglichkeit einer eigentlichen Verschwenderstrategie wird in Kap. 4.2.3. eingegangen.

- Tagesgänge der Transpiration, nasse Flächen

In den nassen Flächen war die Transpiration von S. pratensis leicht überdurchschnittlich und, wie in den trockenen Flächen, ohne Anzeichen von Mittagsdepressionen.

- Xylemwasserpotential (XWP)

Das Xylemwasserpotential war bei S. pratensis in den trockenen und nassen Flächen sehr hoch (d.h. geringe Xylemsaugspannung). Auf das häufige Zusammentreffen von tiefen XWP-Werten und hoher Blattleitfähigkeit wurde bereits hingewiesen. Das tiefste Xylemwasserpotential von S. pratensis (-2.5 MPa am 8. Messtag 1981) liegt immer noch deutlich höher als vergleichbare Werte der anderen Arten. Es wird angenommen, dass der XWP-Schwellenwert, bei dem die Blattleitfähigkeit abnimmt, unter -2.5 MPa liegt und somit während unseren Untersuchungen nie erreicht wurde. Unter dieser Annahme ist es verständlich, dass S. pratensis keine "Rücksicht" auf die XWP-Werte nahm und dadurch an den Tagen mit dauernd weit geöffneten Stomata und hohen Transpirationswerten, die tiefsten Xylemwasserpotentiale erreichte. Auch unter nassen Bedingungen lag das Xylemwasserpotential höher als bei den anderen Arten.

- Einfluss der Mahd auf die Blattleitfähigkeit (BL)

Die Blattleitfähigkeit von S. pratensis war in den trockenen und nassen Flächen während beiden Untersuchungsjahren vor dem Schnitt nur geringfügig tiefer als nach dem Schnitt. Dies röhrt wohl daher, dass die tiefliegenden Rosettenblätter von S. pratensis bei der Mahd nicht immer abgeschnitten wurden und somit im zweiten Aufwuchs nicht nur junge, sondern auch ältere Blätter gemessen wurden. Auch veränderte sich das Spross-Wurzel-Verhältnis nicht so stark durch die Mahd.

- Vergleich der Blattleitfähigkeit zwischen den trockenen und nassen Flächen

Die Blattleitfähigkeit von S. pratensis war überraschend ähnlich in den trockenen und nassen Flächen. An 8 der insgesamt 14 Messtage konnte kein nennenswerter Unterschied festgestellt werden. Dies ist ein weiterer deutlicher Hinweis dafür, dass S. pratensis durch die extremen Versuchsbedingungen auf den trockenen Flächen nicht sehr stark beeinflusst wurde.

#### 3.4.2.4. Plantago lanceolata (Lang gestrichelte Linien in den Abb. 8-15)

- Tagesgänge der Blattleitfähigkeit (BL), trockene Flächen

Die Blattleitfähigkeit von Plantago lanceolata war in den trockenen Flächen allgemein hoch, jedoch etwas tiefer als bei Salvia pratensis. Am 4. Messtag 1981 (ohne Abb.) wurde, mit  $719 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , die höchste Blattleitfähigkeit aller Arten in den trockenen Flächen gemessen (siehe Tab. 9). Mittagsdepressionen wurden an den Tagen mit tiefem Xylemwasserpotential festgestellt. Das zeigt, dass auch bei P. lanceolata die Stomata mit abnehmender Öffnungsweite empfindlicher reagierten.

- Tagesgänge der Blattleitfähigkeit (BL) nasse Flächen

In den nassen Flächen verhielt sich Plantago lanceolata durchschnittlich, nur am 2. Messtag 1980, nach dem Schnitt, erreichte P. lanceolata, mit ihren höchsten BL-Werten des Jahres, eine höhere Blattleitfähigkeit als die anderen Arten. P. lanceolata liess sich auch von einem hohen WSD nicht davon abhalten, die Stomata weit zu öffnen. Die höchste Blattleitfähigkeit von P. lanceolata wurde am 2. Messtag 1980 gemessen und erreichte mit  $901 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  beinahe die Rekordwerte von Salvia pratensis (Tab. 9).

- Tagesgänge der Transpiration, trockene Flächen  
Die Transpiration war in den trockenen Flächen durchschnittlich, die Kurven allgemein horizontal und ohne Mittagsdepression. An Tagen mit generell hoher Blattleitfähigkeit nahm die Transpiration gegen Abend zu. Das zeigt, dass P. lanceolata durch Schliessen der Stomata über Mittag die Transpiration stabilisieren kann; bei guter Wasserversorgung und ohnehin schon hoher Blattleitfähigkeit nimmt P. lanceolata gegen Abend einen Transpirationsanstieg in Kauf.

- Tagesgänge der Transpiration, nasse Flächen  
In den nassen Flächen war die Transpiration allgemein durchschnittlich und folgte den BL-Werten.

- Xylemwasserpotential (XWP)  
Der XWP-Schwellenwert liegt bei ca. -2.2 MPa. Tiefes XWP führte allgemein zu tiefer Blattleitfähigkeit bzw. deutlicher BL-Mittagsdepression (2. und 5. Messtag 1980, 9. Messtag 1981). In den nassen Flächen war das XWP allgemein hoch bis durchschnittlich.

- Einfluss der Mahd auf die Blattleitfähigkeit (BL)  
Die BL-Werte nahmen in den beiden Messjahren mit dem Alter des Aufwuchses deutlich ab.

- Vergleich der Blattleitfähigkeit (BL) zwischen den trockenen und nassen Flächen  
Die Blattleitfähigkeit war in den nassen Flächen im Durchschnitt etwa doppelt so gross, im Extremfall bis zehnmal so gross wie in den trockenen Flächen.

### 3.4.2.5. Trifolium pratense (Ausgezogene Linien in den Abb. 8-10)

- Besondere Situation von Trifolium pratense  
Trifolium pratense wurde nur im 1. Messjahr (1980) untersucht. Im 2. Messjahr (1981) war die Art in den trockenen Flächen nur noch ganz vereinzelt, mit kümmерlichen Exemplaren, vertreten, so dass sie nicht mehr in die Untersuchungen einbezogen werden konnte. Schon LÜDI und ZOLLER (1949) stellten fest, dass die Kleearten, insbesondere T. pratense, im trockenen Sommer 1947 stark geschädigt wurden.

- Tagesgänge der Blattleitfähigkeit (BL), trockene Flächen  
Die Blattleitfähigkeit war in den trockenen Flächen, im Vergleich zu den anderen Arten, tief und immer im Bereich der BL-Werte von Bromus erectus und Dactylis glomerata. BL-Mittagsdepressionen waren meist deutlich erkennbar. T. pratense schloss demnach die Stomata bei steigendem WSD<sub>L</sub>, besonders, wenn gleichzeitig die Einstrahlung abnahm (z.B. 5. Messtag 1980, vor 13h).

- Tagesgänge der Blattleitfähigkeit (BL), nasse Flächen  
In den nassen Flächen hielt T. pratense die Stomata bedeutend weiter geöffnet und erreichte am Morgen des 2. Messtages an Einzelpflanzen BL-Werte bis 552 mmol·m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup> (vgl. Tab. 9). In KÖRNER et al. (1979) wird der höchste BL-Wert bei T. pratense mit umgerechnet ca. 260 mmol·m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup> angegeben; bei unseren Untersuchungen waren die höchsten Werte sogar in den trockenen Flächen mit 458 mmol·m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup> bedeutend höher.

### - Tagesgänge der Transpiration, trockene Flächen

Die Transpiration war an Tagen mit tiefem WSD<sub>L</sub> allgemein tief. Der Einfluss eines hohen WSD<sub>L</sub> über Mittag (5. Messtag) wurde durch eine entgegengesetzte Reaktion der Stomata soweit ausgeglichen, dass horizontale Transpirationskurven entstanden.

- Tagesgänge der Transpiration, nasse Flächen  
In den nassen Flächen war die Transpiration immer im durchschnittlichen Bereich, zwischen den anderen Arten.

- Xylemwasserpotential (XWP)  
Das Xylemwasserpotential war durchschnittlich, am 3. und 5. Messtag eher tief. Der Schwellenwert, bei dem Trifolium pratense mit starker Stomata-regulation begann, lag zwischen -2.0 und -2.5 MPa; bei tieferen Werten traten deutliche Mittagsdepressionen auf. In den nassen Flächen wichen das Xylemwasserpotential im allgemeinen nicht weit vom durchschnittlichen Wert ab.

- Einfluss der Mahd auf die Blattleitfähigkeit (BL)  
Blattalter und Spross-Wurzel-Verhältnis wirken sich stark auf die Öffnungsweite der Stomata aus; deshalb wurde eine deutliche Zunahme der Blattleitfähigkeit vom 1. zum 2. Messtag (Tage vor und nach der Mahd) und anschliessend wieder eine Abnahme festgestellt.

- Vergleich der Blattleitfähigkeit zwischen den trockenen und nassen Flächen  
Die BL-Werte in den nassen Flächen waren meist bedeutend höher als in den trockenen (am 3. und 5. Messtag ca. um den Faktor 10).

#### 3.4.2.6. Taraxacum officinale (Ausgezogene Linien in Abb. 11-15)

- Tagesgänge der Blattleitfähigkeit (BL), trockene Flächen  
Taraxacum officinale wurde im Jahr 1981, als Ersatz für Trifolium pratense, untersucht. Die Art verhielt sich in den trockenen Flächen durchschnittlich und erreichte nie besonders tiefe BL-Werte. An allen Messtagen wurden durchschnittliche BL-Mittagsdepressionen festgestellt. T. officinale öffnete die Stomata vormittags allgemein stark (8. und 9. Messtag), ganz besonders im zweiten Aufwuchs, schloss sie aber gegen Abend, vor allem bei gleichzeitig tiefen XWP-Werten, sehr rasch wieder (8. Messtag).

- Tagesgänge der Blattleitfähigkeit (BL), nasse Flächen  
Die Blattleitfähigkeit verhielt sich in den nassen Flächen durchschnittlich, erreichte aber ausnahmsweise (8. Messtag) extrem hohe Werte von 898 mmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup> (Tab. 9).

- Tagesgänge der Transpiration, trockene Flächen  
Die Reduktion der Blattleitfähigkeit in den trockenen Flächen über Mittag war in einigen Fällen so wirksam, dass sogar Mittagsdepressionen der Transpiration zustande kamen (1., 8. und 9. Messtag); dies trotz stark zunehmendem WSD<sub>L</sub> gegen Mittag (z.B. 1. Messtag). Dass dies nicht einfach ein Überschreiten der Stoma-Reaktion sein muss, sondern sinnvoll zu einer optimalen Ausnutzung des vorhandenen Wassers beitragen kann, postulierten COWAN und FARQUHAR (1977) anhand von Modellrechnungen (vgl. Kap. 4.2.1.).

- Tagesgänge der Transpiration, nasse Flächen

In den nassen Flächen war die Transpiration durchschnittlich, ohne Mittagsdepressionen, und folgte weitgehend den WSD<sub>L</sub>-Werten.

- Xylemwasserpotential (XWP)

Das Xylemwasserpotential von Taraxacum officinale war allgemein durchschnittlich, das tiefste XWP wurde am Vormittag des 8. Messtages in den trockenen Flächen mit -2.8 MPa gemessen. An den Tagen mit Mittags-XWP-Werten über -1.8 MPa traten im allgemeinen keine Mittagsdepressionen der Transpiration auf. Der XWP-Schwellenwert, bei welchem eine empfindliche Stoma-Reaktion beginnt, dürfte demnach etwa bei -2.0 MPa liegen.

- Einfluss der Mahd auf die Blattleitfähigkeit

Der Schnitt hatte auf die Blattleitfähigkeit von T. officinale eine deutliche Wirkung. Am 5. Messtag, kurz vor der Mahd, erreichte T. officinale in den trockenen Flächen die tiefsten BL-Werte aller 9 Tage; 4 Wochen nach der Mahd (am 6. Messtag) jedoch die höchsten. Die gleiche Tendenz war auch in den nassen Flächen festzustellen.

#### 3.4.2.7. Ueberblick über die Beziehungen zwischen Witterungsbedingungen und Wasserhaushaltsstrategien der verschiedenen Arten

**Die Unterschiede der Blattleitfähigkeit zwischen den verschiedenen Arten** sind in den trockenen Flächen bedeutend grösser als in den nassen. Vergleicht man die Unterschiede zwischen dem höchsten und dem tiefsten gemessenen Wert um 12.00 h Ortszeit, so unterscheiden sich die Werte in den nassen Flächen maximal um den Faktor 3 (5. Messtag 1981), in den trockenen Flächen häufig um das Zehnfache, am 5. Messtag 1981 sogar um das Sechzehnfache. Die artspezifischen Wasserhaushaltsstrategien treten demnach unter extrem trockenen Bedingungen besonders deutlich hervor.

**Abhängigkeiten der Blattleitfähigkeit von der Einstrahlungsintensität** konnte in den vorliegenden Untersuchungen nicht festgestellt werden. Selbst bei den Gräsern, die allgemein sehr empfindlich auf Schwankungen der Einstrahlung reagieren (vgl. RASCHKE 1979), wurde keine solche Abhängigkeit festgestellt.

Die Lichtsättigungswerte liegen bei Sonnenkräutern bei ca. 50-80 kLx (LARCHER 1980), was etwa 2.1 bis 3.4 J·m<sup>-2</sup> · min entspricht (Umrechnungen hängen von der Lichtqualität ab und sind deshalb problematisch). Die Lichtsättigung wurde in den Tagesrandstunden und ausnahmsweise an teilweise bewölkten Tagen (2., 4. und 8. Messtag 1981) unterschritten. Zu diesen Zeiten können Pflanzenreaktionen auf Veränderungen der Einstrahlung zurückgeführt werden, im übrigen dürften die Einstrahlungsschwankungen keine direkte Auswirkung auf das Verhalten der Stomata gehabt haben.

**Die tiefsten Xylemwasserpotentiale** wurden von Bromus erectus (-4.3 MPa) und Dactylis glomerata (-4.5 MPa) erreicht (vgl. Tab. 8). Dies weist erneut auf die Fähigkeit der beiden Gräser hin, schwer verwertbares Wasser auszunutzen. Nur geringem Wasserstress von -2.5 MPa war Salvia pratensis ausgesetzt. Trifolium pratense war bei -3.6 MPa angewelkt und geschädigt, was zeigt, dass diese Art den Wasserhaushalt nicht mehr unter Kontrolle halten konnte.

Es wurde keine direkte Auswirkung der Höhe des Xylemwasserpotentials (XWP) auf das allgemeine Niveau der Blattleitfähigkeit festgestellt. Das

Tab. 8. Tiefste gemessene Xylemwasserpotentiale und Schwellenwerte bei deren Unterschreiten die Pflanzen allgemein die Stomata schliessen.

Table 8. Lowest xylem water potentials and thresholds below which the stomata begin to close.

Arten	XWP-Schwellenwerte (MPa)		tiefster XWP-Einzelwert		
	Bereich	Mittelwert	Datum/Messtag	Zeit	Wert
<u>B. erectus</u>	< -4.3	< -4.3	1.7.1981/5	14.00	-4.3
<u>D. glomerata</u>	-2.5 - -3.0	-2.75	1.7.1981/5	19.50	-4.5
<u>S. pratensis</u>	-2.2	-	31.7.1981/8	14.00	-2.5
<u>P. lanceolata</u>	-2.2	-2.2	31.7.1981/8	14.00	-2.9
<u>T. pratense</u>	-2.0 - -2.5	-2.25	19.9.1981/5	14.15	-3.6
<u>T. officinale</u>	-2.0	-2.0	31.7.1981/8	14.00	-2.7

Tab. 9. Maximale Blattleitfähigkeit (BL) bzw. minimaler Blattdiffusionswiderstand (BDW), gemessen an einzelnen Individuen (Mit Abb. 10 und 11 z.T. keine Uebereinstimmung, weil dort die Mittelwerte mehrerer Individuen dargestellt sind). OZ = Ortszeit (dezimal).

Table 9. Maximum leaf conductance (BL) resp. minimal leaf diffusion resistance (BDW) measured on individual plants. OZ = local time (decimal).

Art	Standort	Datum/ Messtag	Zeit OZ	Maximale BL		Minimaler BDW s·cm <sup>-1</sup>
				mmol·m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	cm·s <sup>-1</sup>	
<u>B. erectus</u>	T	20.5.81/2	07.36	226	0.54	1.85
	N	7.9.81/9	09.33	746	17.9	0.56
<u>D. glomerata</u>	T	3.8.80/2	07.64	321	0.79	1.27
	N	3.8.80/2	10.53	331	0.82	1.22
<u>S. pratensis</u>	T	29.8.80/3	10.18	675	1.64	0.61
	N	3.8.80/2	07.71	1118	2.70	0.37
<u>P. lanceolata</u>	T	4.9.80/4	16.71	719	1.75	0.57
	N	3.8.80/2	10.49	901	2.22	0.45
<u>T. officinale</u>	T	7.9.81/9	06.83	368	0.85	1.17
	N	31.7.81/8	08.99	898	2.22	0.45
<u>T. pratense</u>	T	3.8.80/2	07.54	458	1.12	0.89
	N	3.8.80/2	08.14	552	1.35	0.74

Auftreten von **BL-Mittagsdepressionen** korrelierte jedoch in hohem Masse mit einem bestimmten Mittags-XWP. Dies kann damit erklärt werden, dass die Höhe der Blattleitfähigkeit, bei gegebenem Xylemwasserpotential von Individuum zu Individuum einer Art stark verschieden ist. Bei einem bestimmten Xylemwasserpotential tritt jedoch eine ähnliche stomatäre Reaktion auf, eben eine BL-Mittagsdepression.

Die an jeder Art gemessene **maximale Blattleitfähigkeit** ist in Tab. 9 zusammengestellt. Die BL-Werte liegen im Vergleich zu den Angaben in der Literatur allgemein hoch (vgl. Zusammenstellung von KÖRNER et al. 1979).

Folgende Gründe können dafür verantwortlich sein: - Es wurden nur zentrale Blatteile gemessen, welche allgemein eine höhere Blattleitfähigkeit aufweisen als Randbereiche (vgl. MARTI 1981), - alle gemessenen Blätter waren voll sonnend, - die Blätter waren im aktivsten Alter.

Auch die **minimale Blattleitfähigkeit** ist für die Pflanzen wichtig und zwar dann, wenn es darauf ankommt, Trockenperioden mit geschlossenen Stomata zu überdauern, ohne die oberirdischen Pflanzenteile abwerfen zu müssen. Das verwendete Porometer eignete sich aber nicht für die Bestimmung dieser Werte, denn minimale Blattleitfähigkeit benötigt lange Messzeiten, was bei den rasch reagierenden Gräsern zu Reaktionen auf die Messbedingungen führen würde (vgl. 4.1.1.). Aus diesem Grunde wurden die Messungen bei Blattleitfähigkeiten von weniger als ca.  $11 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  abgebrochen. Ausser bei Salvia pratensis wurde diese Grenze von allen Arten erreicht, sehr oft von Bromus erectus, Dactylis glomerata und Plantago lanceolata, gelegentlich von Trifolium pratense und Taraxacum officinale. An S. pratensis wurde eine minimale Blattleitfähigkeit von  $41.2 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  am frühen Nachmittag des 4. Messtages 1981 gemessen.

**BL-Mittagsdepressionen** traten in abnehmender Ausprägung bei Dactylis glomerata, Trifolium pratense, Taraxacum officinale, Bromus erectus, Plantago lanceolata und Salvia pratensis auf (vgl. Tab. 10). S. pratensis unterscheidet sich von den anderen Arten, bei ihr waren die Abendwerte allgemein tiefer als die Mittagswerte. S. pratensis reagierte somit nur wenig auf Temperatur- und Wasserstress über Mittag.

Eine Tabelle der **Korrelationen zwischen Witterungsfaktoren und Pflanzenverhalten** wurde nicht abgebildet, da sich eine sinnvolle Interpretation der Werte in den meisten Fällen als unmöglich erwies. Die Werte von Einstrahlung und Wassersättigungsdefizit der Luft ( $\text{WSD}_L$ ) sind eindeutig positiv korreliert, aber ihre Wirkung auf das stomatische Verhalten der Pflanzen ist gegensätzlich. Hohe Einstrahlung bewirkt oft direkt das Öffnen der Stomata (RASCHKE 1979), während hohes Wassersättigungsdefizit der Luft ebenso direkt zum Schliessen der Stomata führt (z.B. LANGE

Tab. 10. Relative Werte der Blattleitfähigkeits-Mittagsdepressionen der verschiedenen Arten unter trockenen Bedingungen. Tiefster Mittagswert = 100%, daraus errechnete Mittelwerte aus den Daten aller Messtage.

Table 10. Relative values of the midday-depressions of stomatal conductance of different species under dry conditions. Lowest value at noon = 100%.

Arten	Morgenwert 07.00-08.00h in % des Mittagswertes	Abendwert 17.00-18.00h in % des Mittagswertes
<u>B. erectus</u>	312	159
<u>D. glomerata</u>	404	182
<u>S. pratensis</u>	183	96
<u>P. lanceolata</u>	266	144
<u>T. officinale</u> (nur 1981)	348	154
<u>T. pratense</u> (nur 1980)	361	164

et al. 1971). Allein schon das WSD<sub>L</sub> kann widersprüchlich auf das stomatäre Verhalten einwirken: hohes WSD<sub>L</sub> fällt mit tiefer relativer Luftfeuchtigkeit zusammen, das bewirkt, wie oben besprochen, Schliessen der Stomata. Hohe Temperaturen jedoch führen allgemein zum Öffnen der Stomata (HALL et al. 1976), aber auch zu einer Erhöhung des WSD<sub>L</sub>. Die Zusammenhänge sind jedoch noch komplizierter, da auch Schwellenwerte für die Reaktion auf die verschiedenen Umweltfaktoren miteinbezogen werden müssen. Unzählige äussere Faktoren, wie Prädisposition und Präadaptation der Pflanzen, Klimabedingungen vor Stunden und vom vorhergehenden Tag, entscheiden, je nach Art in unterschiedlichem Mass, welcher Einfluss im Moment gerade überwiegt. So ist zu verstehen, dass auf den ersten Blick ähnliche Umweltbedingungen und Veränderungen sogar gegensätzliche Reaktionen bei Pflanzen der gleichen Art hervorrufen können. Vor diesem Hintergrund ist auch verständlich, dass Korrelationsrechnungen des stomatären Verhaltens mit einzelnen Klima- und Wasserhaushaltsdaten keine eindeutige Abhängigkeiten aufzeigen können, selbst dann nicht, wenn solche vorhanden sind.

### 3.5. RELATIVE BLATTEITFAEHIGKEIT ZU VERSCHIEDENEN JAHRES- UND TAGESZEITEN

#### 3.5.1. Zur Darstellung der relativen Blattleitfähigkeit

Relative Werte der Blattleitfähigkeit (rel. BL) erhält man, indem man die absoluten Werte in allen Kurvenpunkten durch die Mittelwerte aller fünf Arten dividiert (siehe Kap. 2.4.1.). Die Mittelwertkurve aller fünf Arten wird somit zur horizontalen Geraden mit dem Wert 1. Durch die logarithmische Darstellung wird die Symmetrie der Werte um diesen Mittelwert 1 erreicht. Für die Errechnung der rel. BL waren Interpolationen auf volle Stunden notwendig. Daraus ergaben sich geringe Unterschiede im Vergleich zu den absoluten Darstellungen. Es können z.B. Extremwerte etwas geglättet oder leicht verschoben werden. Eine rel. BL um den Wert 1 ist also ein durchschnittlicher Wert. Nimmt die rel. BL-Kurve einer Art zu bzw. ab, so bedeutet das, dass die Blattleitfähigkeit der betreffenden Art stärker zu- bzw. abnimmt als der Mittelwert aller fünf Arten, d.h., ihr Anteil an der Bestandes-BL nimmt zu bzw. ab. Ein Knick in der rel. BL-Kurve kann zweierlei bedeuten: entweder eine Veränderung im Verhaltenstrend der betreffenden Art in der angegebenen Richtung; oder eine Veränderung dieses Trends bei den anderen Arten in umgekehrter Richtung.

Die Berechnung relativer Werte ist immer mit einem Verlust an Information verbunden. Dies betrifft in unserem Fall nicht nur die absolute Höhe der Werte, sondern auch allgemeine Trends im Tagesverlauf. Nehmen die absoluten Werten z.B. bei allen Arten gegen Abend leicht ab, so ist dies bei den relativen Werten nicht ersichtlich: die Kurven bleiben auf dem gleichen konstanten Wert. Eine solche Reduktion an Information ist dann von Vorteil, wenn verschiedene Messstage, evtl. sogar aus verschiedenen Messjahren, miteinander verglichen werden. Von Klima, Jahreszeit usw. allgemein beeinflusste Veränderungen der Blattleitfähigkeit werden ausgeglichen und die artspezifischen Verhaltensunterschiede treten deutlicher hervor. Aus diesen Gründen wird, neben den absoluten Werten (vgl. Kap. 3.4.2.), im folgenden noch die relative Blattleitfähigkeit besprochen.

Die in den Abb. 16-19 von links nach rechts verlaufenden Kurven verbinden Messpunkte gleicher Tageszeit an verschiedenen Messtagen miteinander. Sie stellen aber keine eigentlichen Jahresgänge dar, denn es wurden nur wenige und zudem nur sehr ausgewählte Tage in die Untersuchung einbezogen; sie ergänzen aber die Kurven der Tagesgänge zu geschlossenen Flächen. Dadurch wird ein plastischer Eindruck erreicht und die anschaulichkeit erhöht. Wenn im folgenden die Unterschiede der Messwerte von Messtag zu Messtag diskutiert werden, so wird der Einfachheit halber der Begriff Jahresverlauf dennoch verwendet.

Die relative Blattleitfähigkeit stellt das Verhalten einer Art im Vergleich zu dem der anderen, gleichzeitig gemessenen Arten, dar. Weil Trifolium pratense im zweiten Messjahr 1981 nicht mehr untersucht werden konnte und durch Taraxacum officinale ersetzt werden musste, sind Vergleiche der Resultate zwischen den beiden Messjahren problematisch, denn die Grundgesamtheit für die Berechnung der Mittelwerte ist unterschiedlich. Glücklicherweise verhalten sich T. pratense und T. officinale jedoch sehr ähnlich. Dadurch wurden die Mittelwerte durch das Auswechseln der einen durch die andere Art nicht stark beeinflusst. Gewisse Vorsicht ist bei Vergleichen der Messjahre dennoch angebracht, insbesondere muss berücksichtigt werden, dass T. pratense in den trockenen Flächen allgemein etwas tiefere BL-Werte aufwies als T. officinale. Deshalb liegen die rel. BL-Werte der anderen Arten im ersten Messjahr eher etwas über jenen des 2. Messjahres.

### 3.5.2. Relative Blattleitfähigkeit zu verschiedenen Jahreszeiten

#### 3.5.2.1. Einstrahlung, Wassersättigungsdefizit der Luft (WSD<sub>L</sub>) und Mittelwerte der absoluten Blattleitfähigkeit (Teilbilder a-c in den Abb. 16-19)

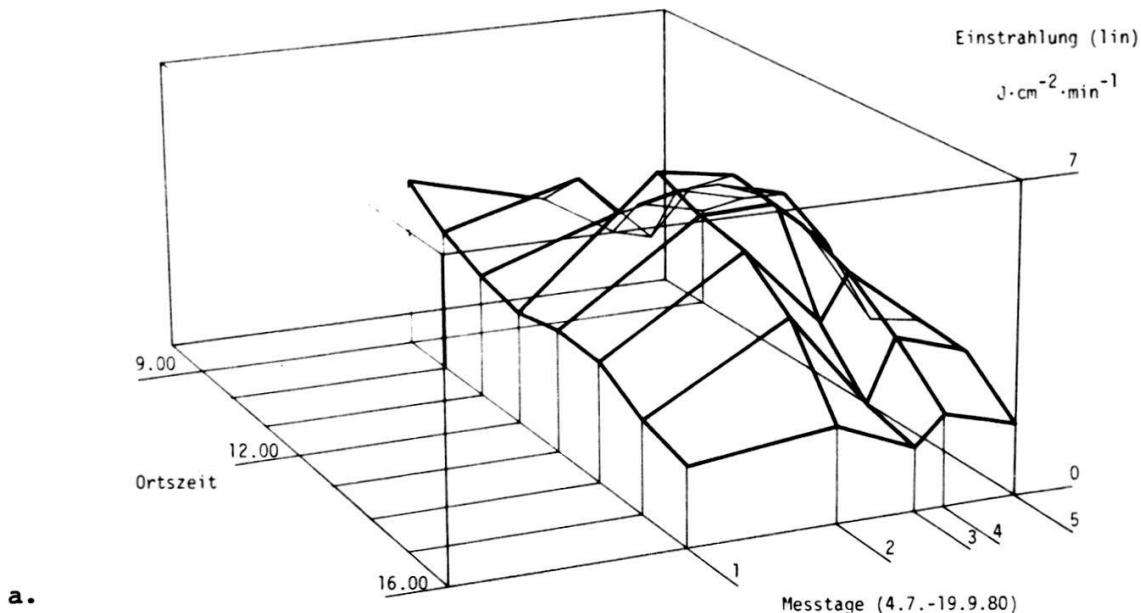
Die Kurven des WSD<sub>L</sub> und der Einstrahlung sind einander im Jahresgang ähnlicher als im Tagesgang. Das WSD<sub>L</sub> mag den rasch wechselnden Einstrahlungsbedingungen im Tagesverlauf weniger zu folgen, als den sich höchstens von Tag zu Tag ändernden Bedingungen im Jahresverlauf. In den nassen Flächen des Jahres 1981 treten die Tagesgänge deutlicher in Erscheinung, besonders am 5. Messtag. Offenbar führt die rasche Wassernachlieferung an die Atmosphäre, verursacht durch die erhöhte Evapotranspiration des bewässerten Bestandes, zu einem raschen Absinken des WSD<sub>L</sub> sobald die Einstrahlung abnimmt.

Die Abbildungen der mittleren absoluten Blattleitfähigkeit aller Arten (Teilbilder c in den Abb. 16-19) sollen als Hilfe bei der Interpretation der relativen Blattleitfähigkeit (rel. BL) der einzelnen Arten dienen; ein kurzer Blick zeigt, ob an einem bestimmten Messtag, verglichen mit anderen Messtagen, allgemein hohe oder tiefe Blattleitfähigkeiten auftraten.

#### 3.5.2.2. Bromus erectus (Teilbilder e in den Abb. 16-19)

- Relative Blattleitfähigkeit (rel.BL) in den trockenen Flächen Die Stomata von Bromus erectus waren allgemein überdurchschnittlich stark geschlossen. Im ersten Messjahr (1980) erreichte B. erectus in den trockenen Flächen die tiefste rel.BL aller untersuchten Arten. Im zwei-

Einstrahlung, 1980



Wassersättigungsdefizit der Luft (WSD), Referenz, 1980

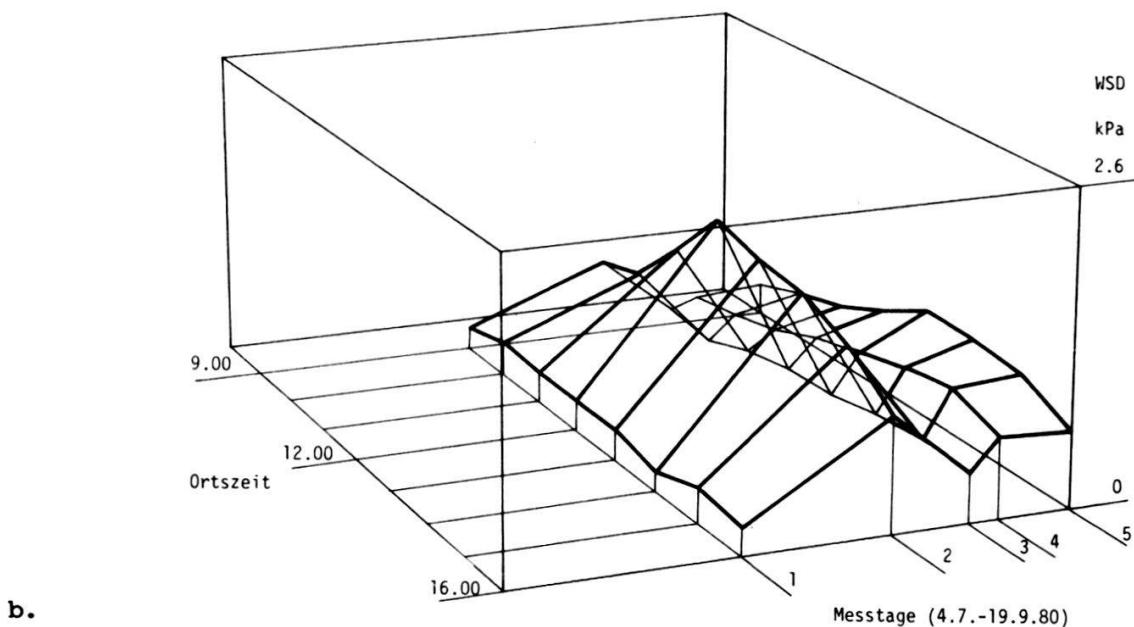
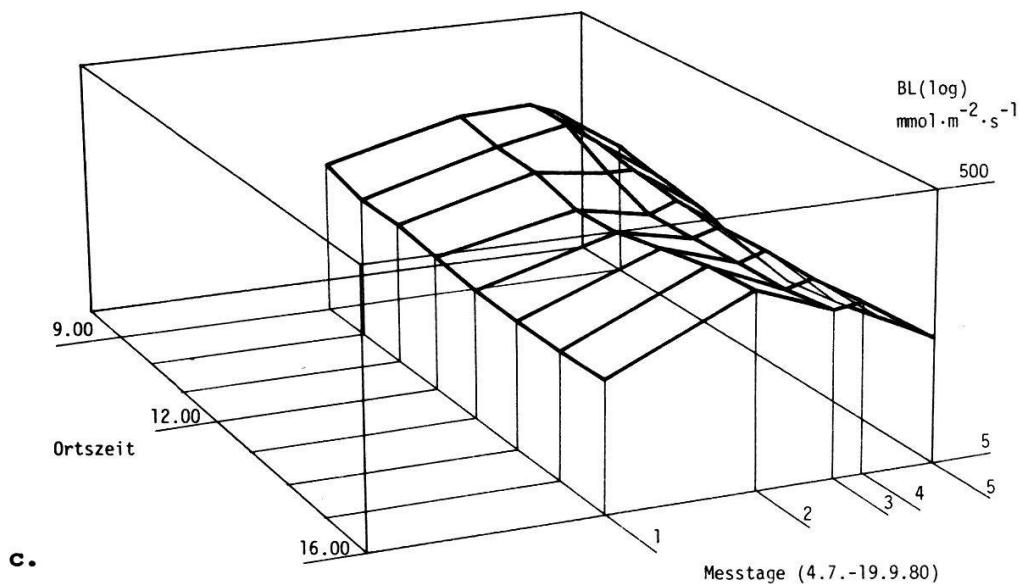


Abb. 16(a-d). Jahresgang der Messwerte der trockenen Flächen des 1. Messjahres 1980.

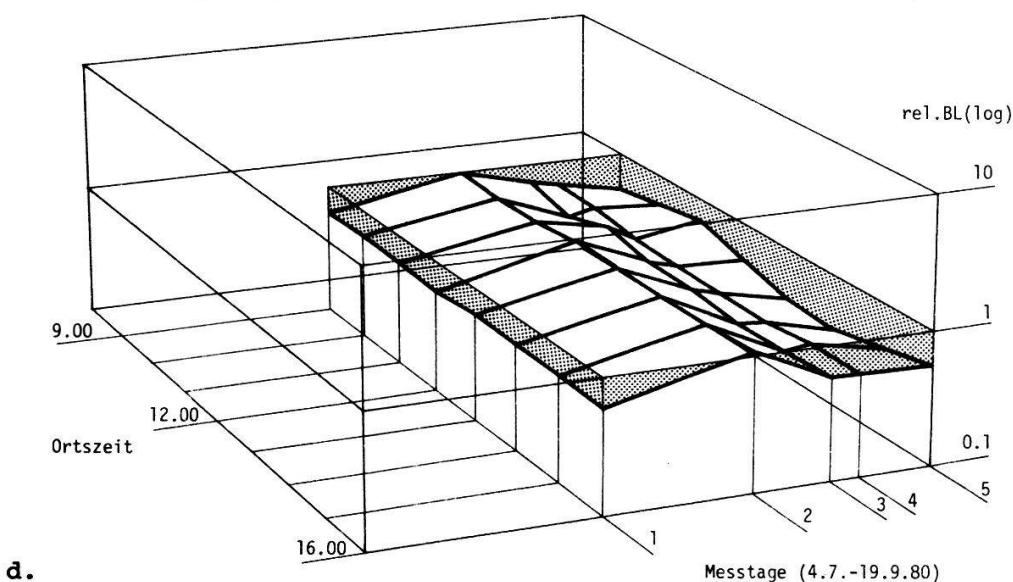
Fig. 16(a-d). Yearly course of different parameters in the dry plots. First measuring year, 1980.

a) Einstrahlung - irradiation

Blattleitfähigkeit (BL), Mittelwerte der 5 Arten, trocken, 1980

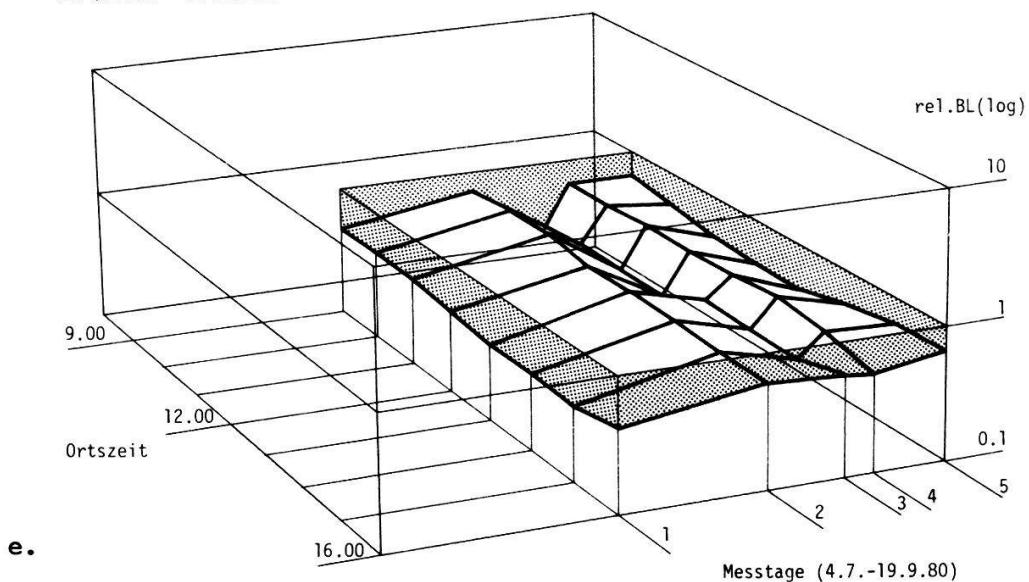


relative Blattleitfähigkeit (rel. BL), trocken, 1980  
Trifolium pratense



- b) Wassersättigungsdefizit der Luft ( $\text{WSD}_L$ ) - water saturation deficit of the air
- c) absolute Blattleitfähigkeit (Mittelwerte aller 5 Arten) - absolute leaf conductance (mean values of all 5 species)
- d) relative Blattleitfähigkeit von Trifolium pratense - relative leaf conductance of Trifolium pratense

relative Blattleitfähigkeit (rel. BL), trocken, 1980  
*Bromus erectus*



Dactylis glomerata

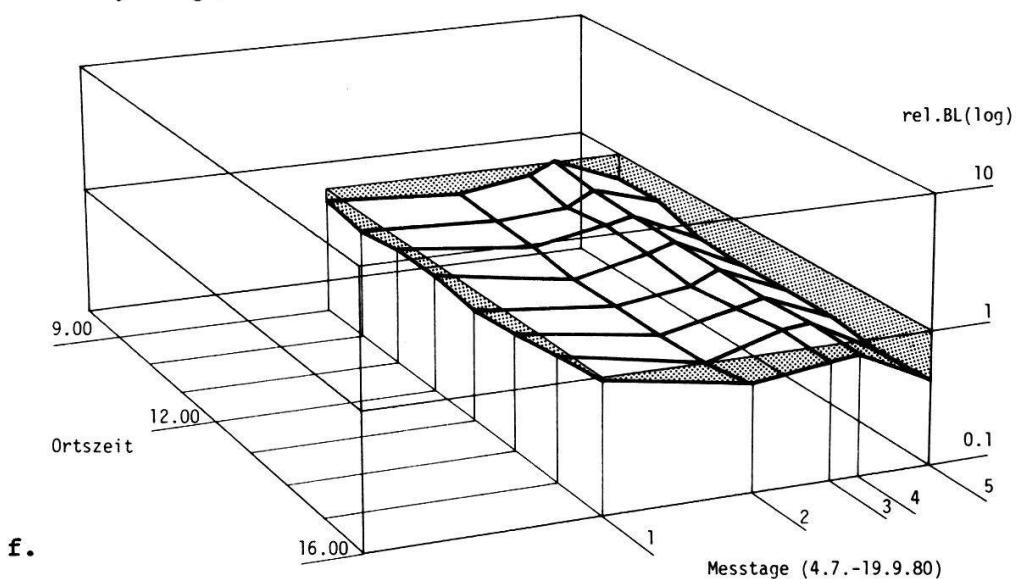
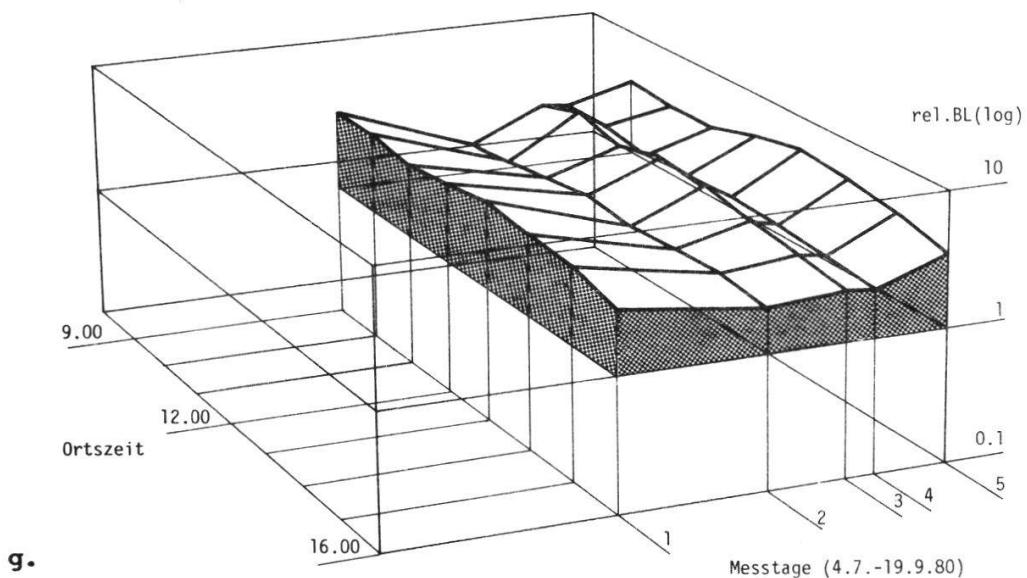


Abb. 16(e-h). Jahresgang der Messwerte aus den trockenen Flächen des 1. Messjahres 1980.

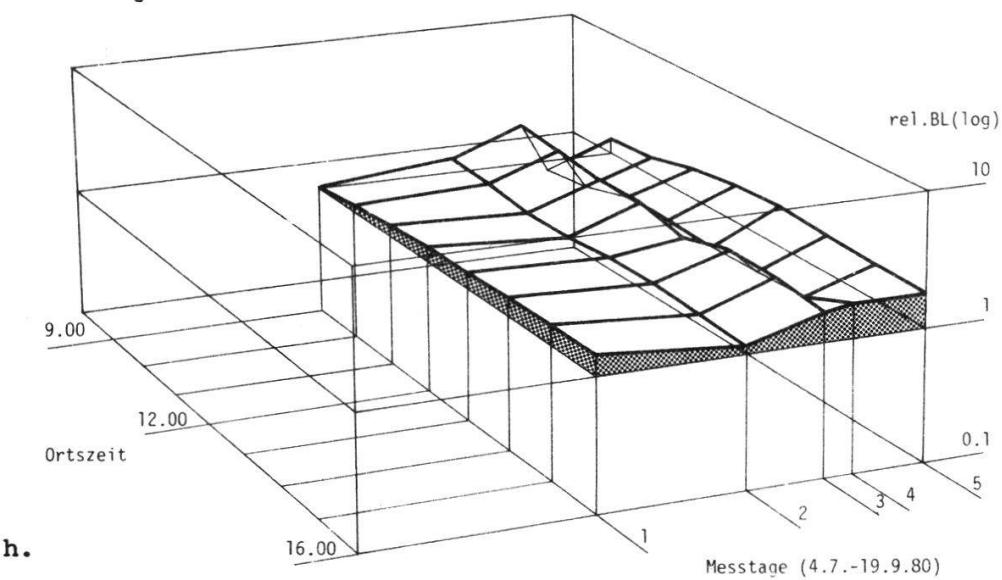
Fig. 16(e-h). Yearly course of different parameters in the dry plots. First measuring year, 1980.

Salvia pratensis



g.

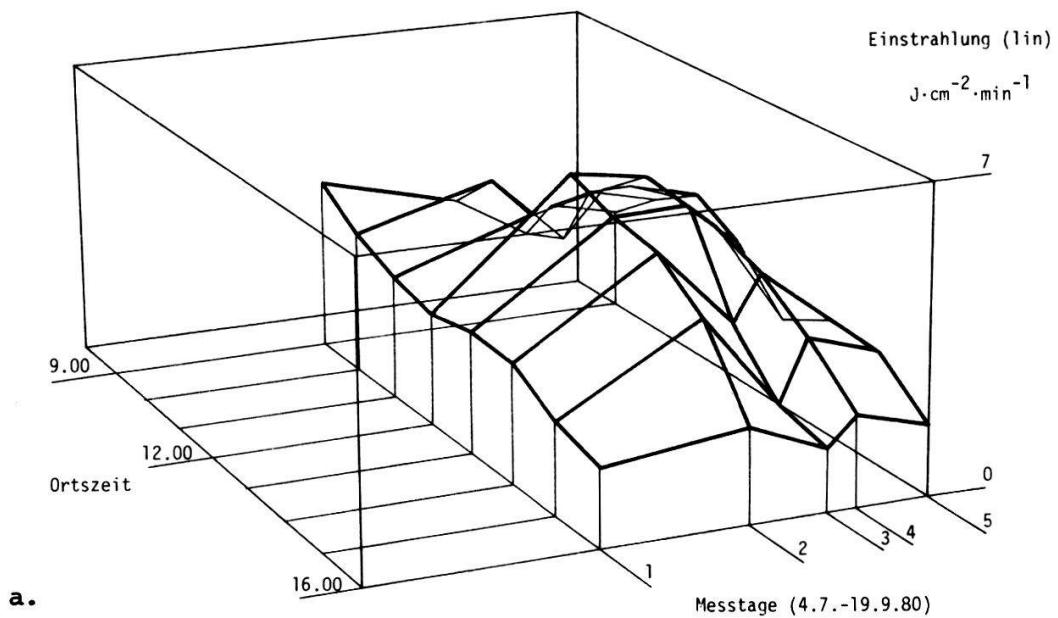
Plantago lanceolata



h.

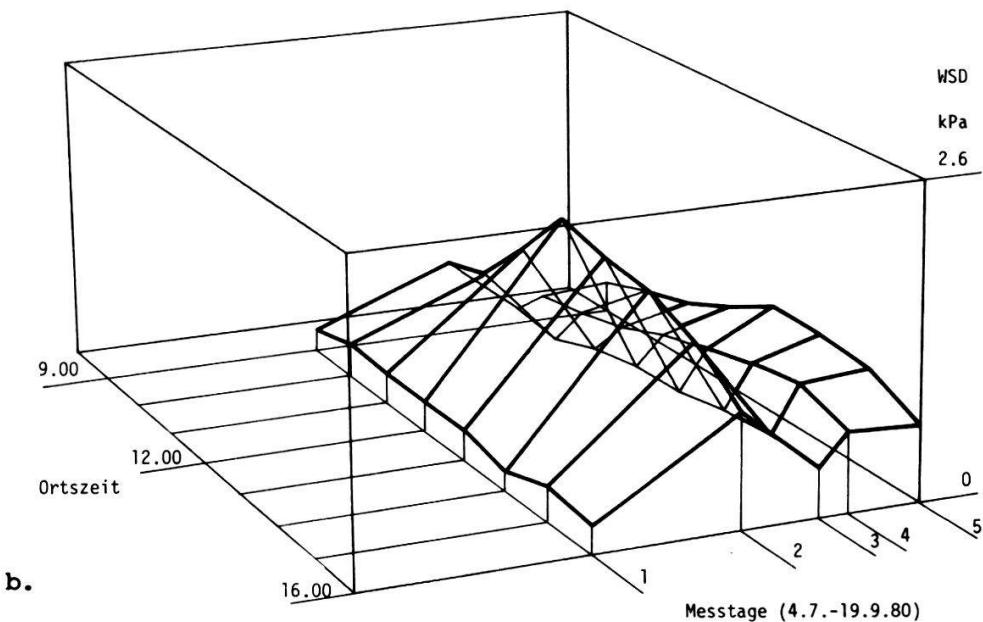
Relative Blattleitfähigkeit von - relative leaf conductance of  
e) Bromus erectus, f) Dactylis glomerata, g) Salvia pratensis, h)  
Plantago lanceolata.

Einstrahlung, 1980



a.

Wassersättigungsdefizit der Luft (WSD<sub>l</sub>), Referenz, 1980



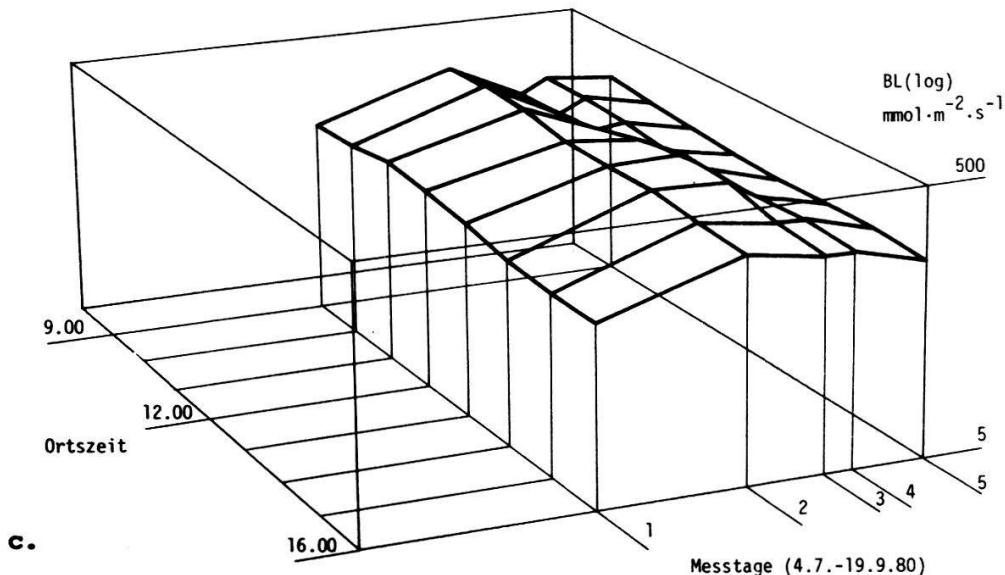
b.

Abb. 17(a-d). Jahressgang der Messwerte aus den nassen Flächen des 1. Messjahres 1980.

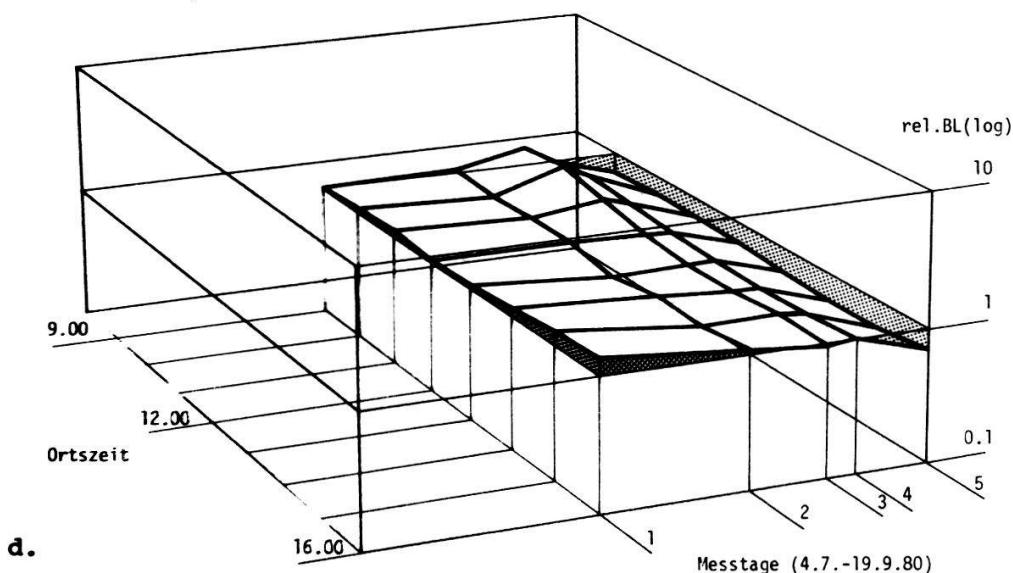
Fig. 17(a-d). Yearly course of different parameters in the moist plots. First measuring year, 1980.

a) Einstrahlung - irradiation

Blattleitfähigkeit (BL), Mittelwerte der 5 Arten, nass, 1980

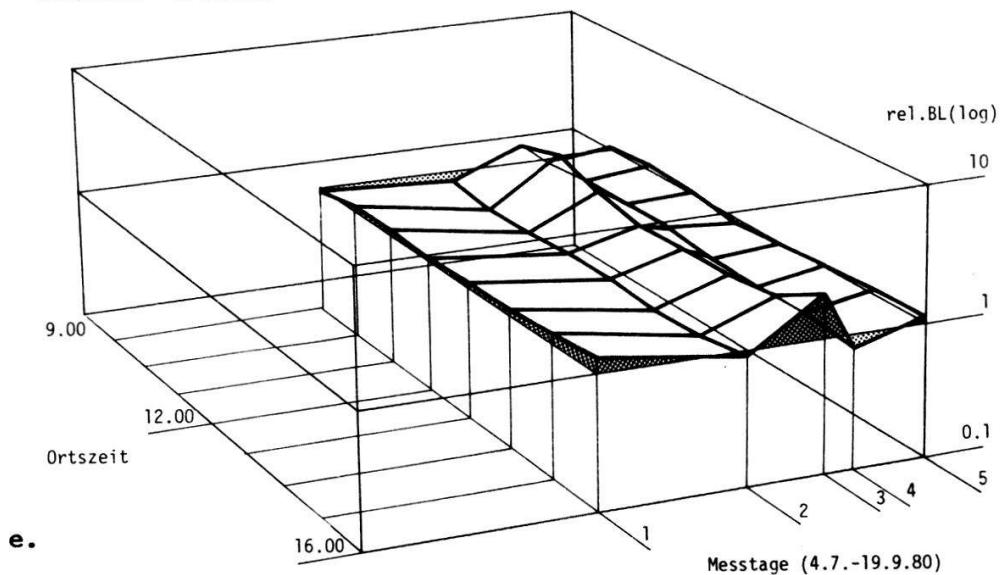


relative Blattleitfähigkeit (rel. BL), nass, 1980  
Trifolium pratense



- b) Wassersättigungsdefizit der Luft ( $\text{WSD}_L$ ) - water saturation deficit of the air
- c) absolute Blattleitfähigkeit (Mittelwerte aller 5 Arten) - absolute leaf conductance (mean values of all 5 species)
- d) relative Blattleitfähigkeit von Trifolium pratense - relative leaf conductance of Trifolium pratense

relative Blattleitfähigkeit (rel. BL), nass, 1980  
*Bromus erectus*



*Dactylis glomerata*

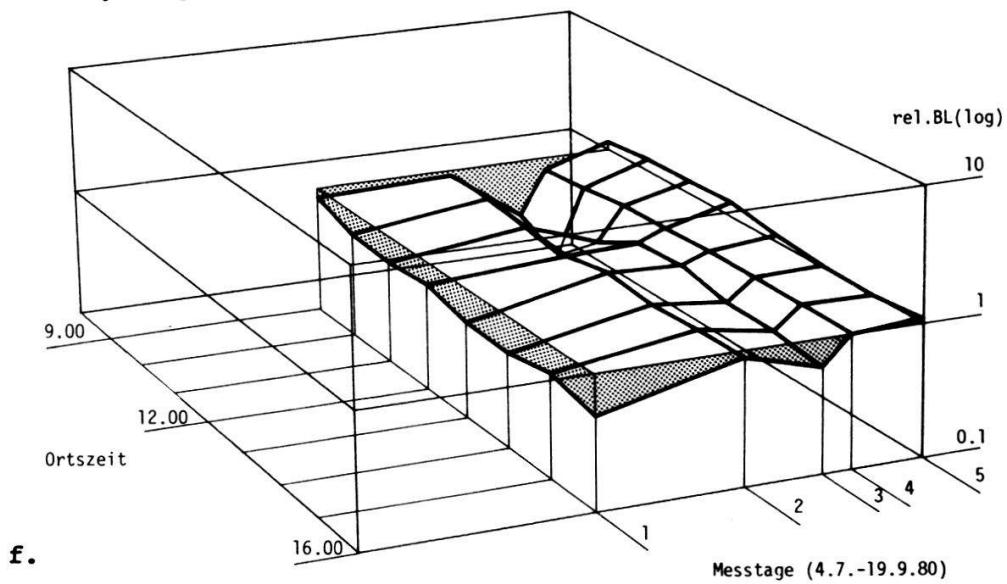
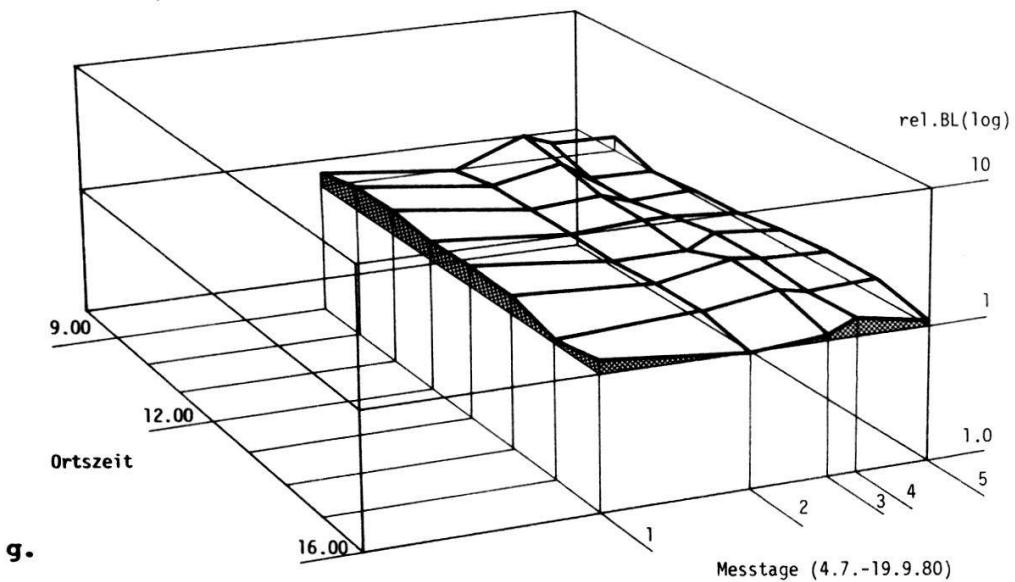


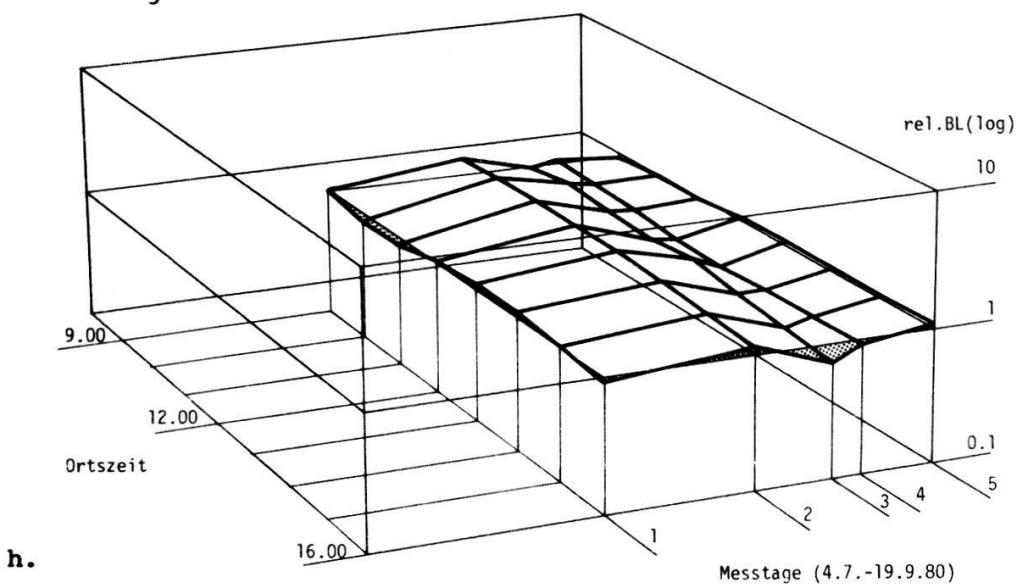
Abb. 17(e-h). Jahresgang der Messwerte aus den nassen Flächen des 1. Messjahres 1980.

Fig. 17(e-h). Yearly course of different parameters in the moist plots. First measuring year, 1980.

Salvia pratensis

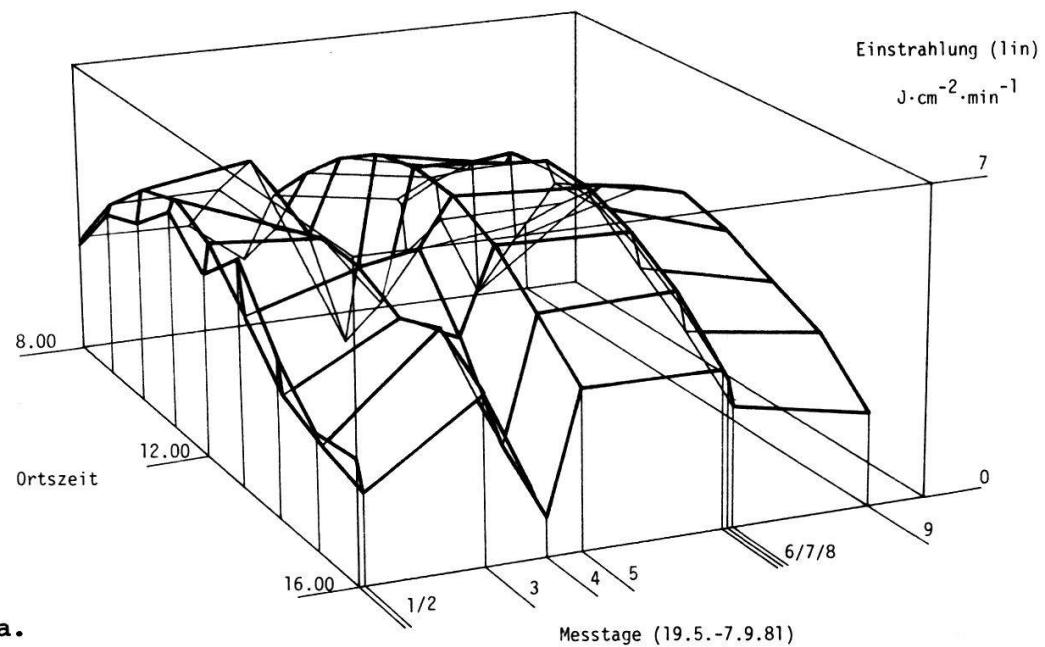


Plantago lanceolata



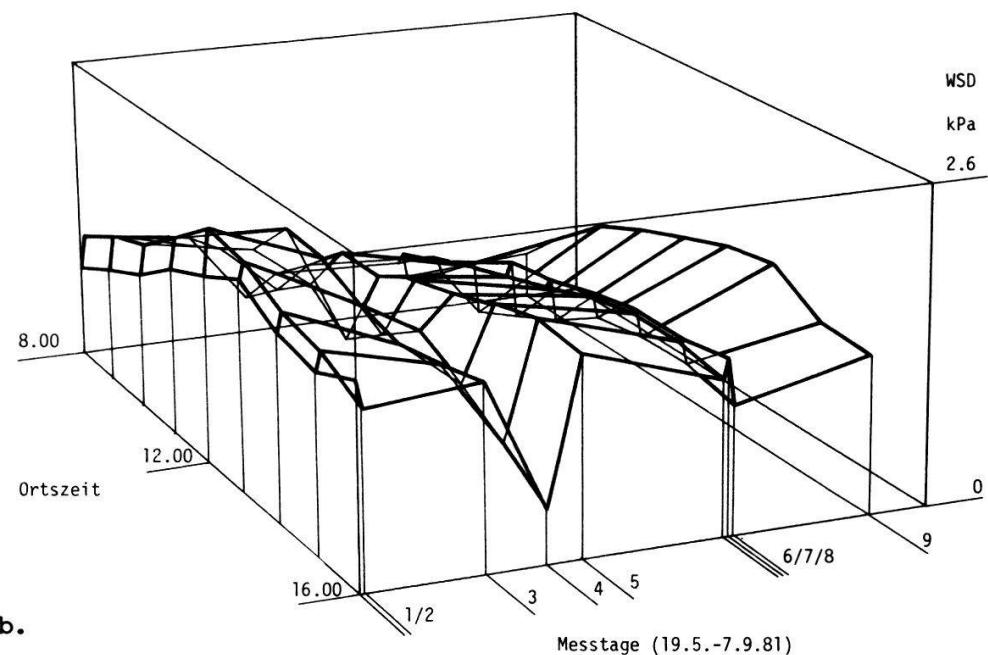
Relative Blattleitfähigkeit von - relative leaf conductance of  
e) Bromus erectus, f) Dactylis glomerata, g) Salvia pratensis, h) Plantago lanceolata.

Einstrahlung, 1981



a.

Wassersättigungsdefizit der Luft (WSD<sub>l</sub>), trocken, 1981



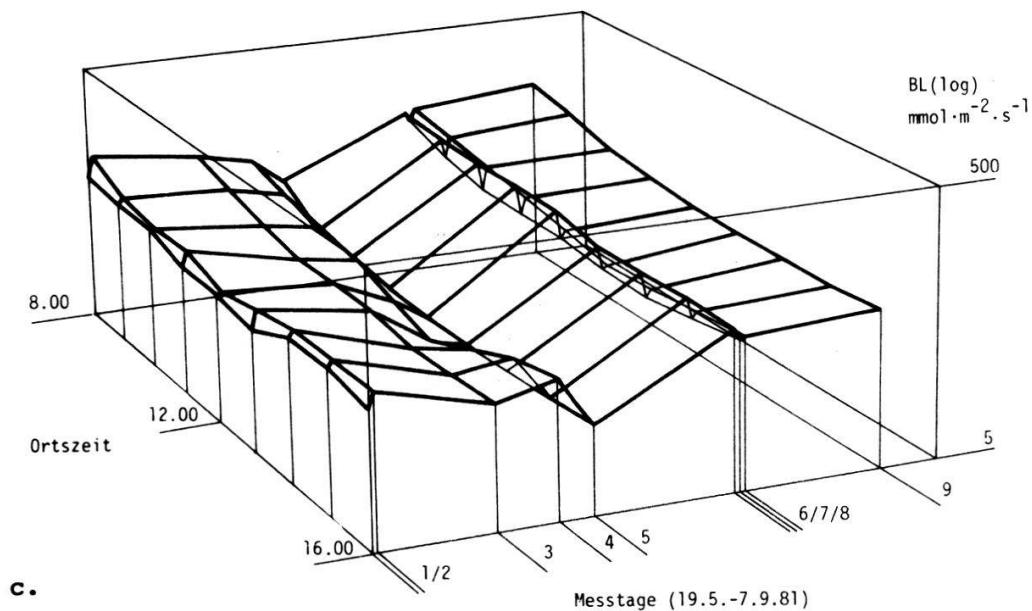
b.

Abb. 18(a-d). Jahresgang der Messwerte aus den trockenen Flächen des 2. Messjahres 1981.

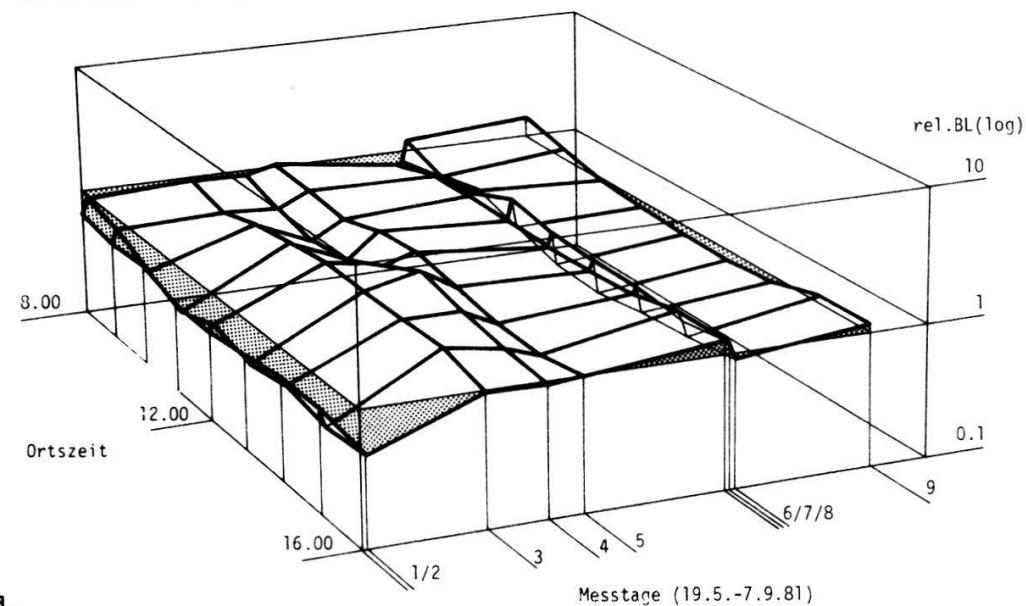
Fig. 18(a-d). Yearly course of different parameters in the dry plots. 2nd measuring year, 1981.

a) Einstrahlung - irradiation

Blattleitfähigkeit (BL), Mittelwerte der 5 Arten, trocken, 1981

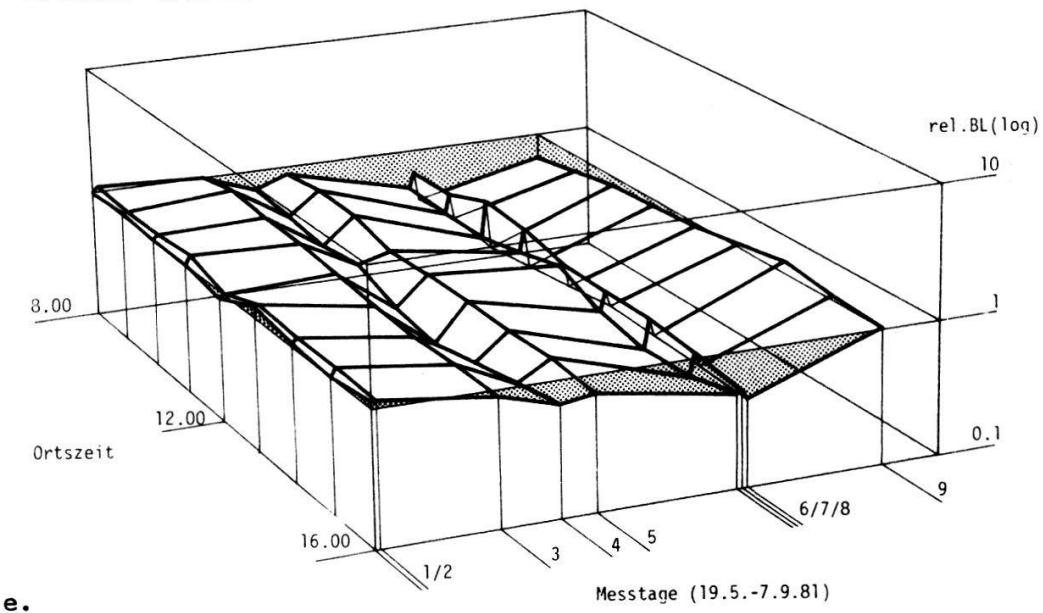


relative Blattleitfähigkeit (rel. BL), trocken, 1981  
Taraxacum officinale



- b) Wassersättigungsdefizit der Luft ( $\text{WSD}_L$ ) - water saturation deficit of the air
- c) absolute Blattleitfähigkeit (Mittelwerte aller 5 Arten) - absolute leaf conductance (mean values of all 5 species)
- d) relative Blattleitfähigkeit von Taraxacum officinale - relative leaf conductance of Taraxacum officinale

relative Blattleitfähigkeit (rel. BL), trocken, 1981  
*Bromus erectus*



*Dactylis glomerata*

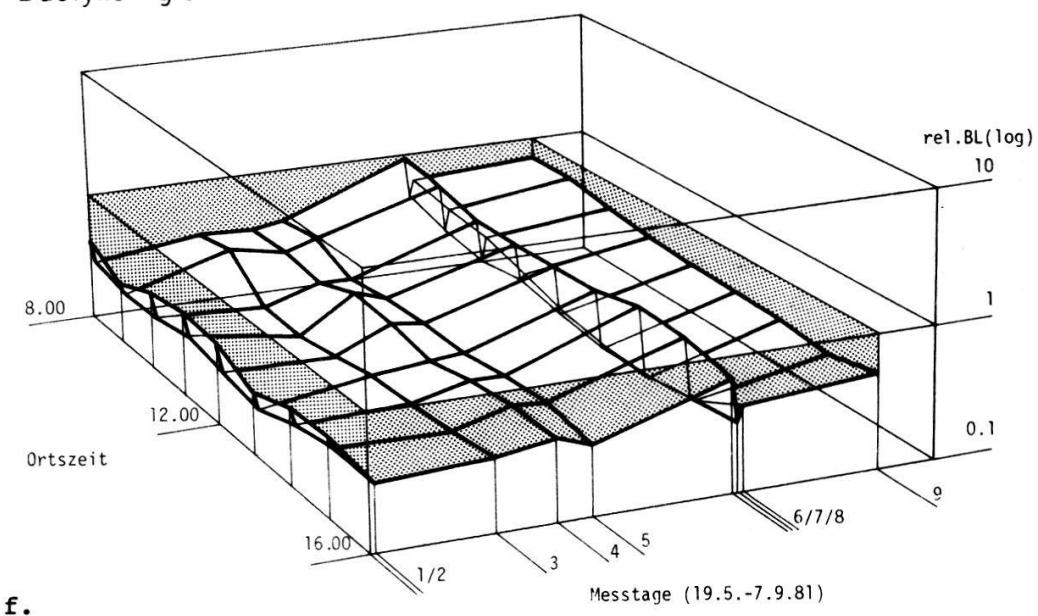
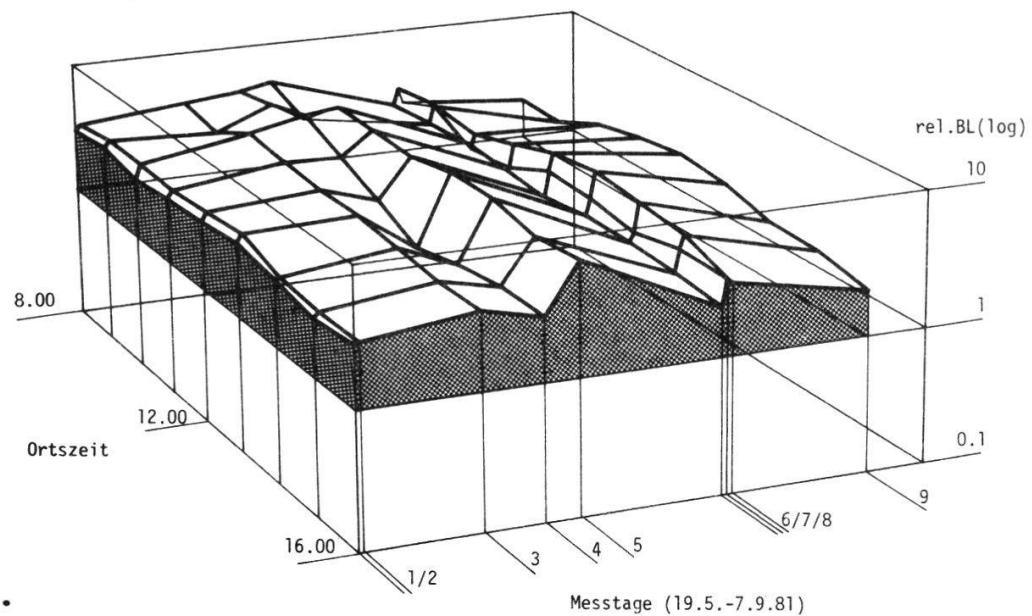


Abb. 18(e-h). Jahresgang der Messwerte aus den trockenen Flächen des 2. Messjahres 1981.

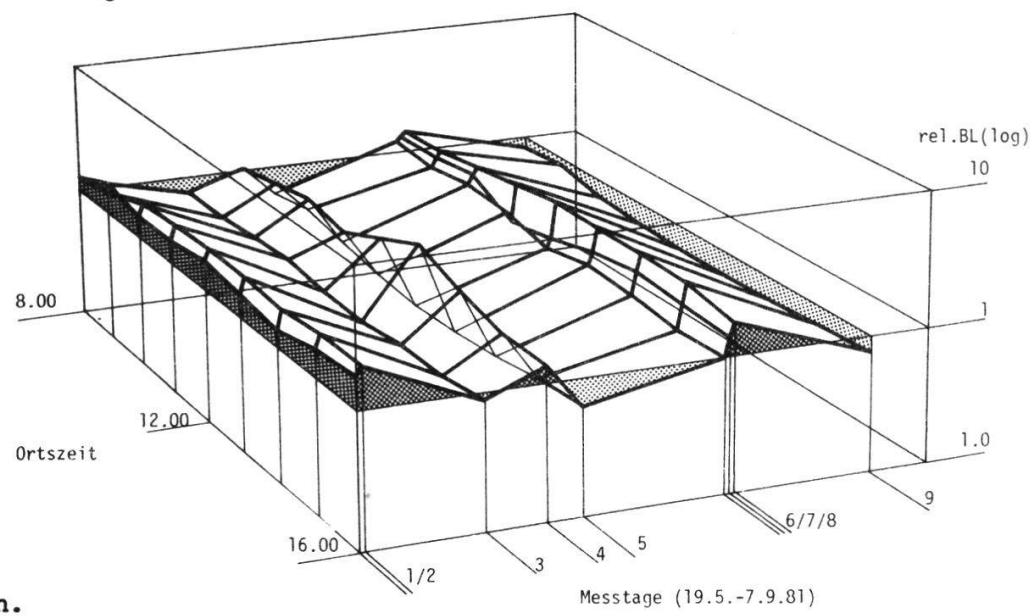
Fig. 18(e-h). Yearly course of different parameters in the dry plots.  
2nd measuring year, 1981.

Salvia pratensis



g.

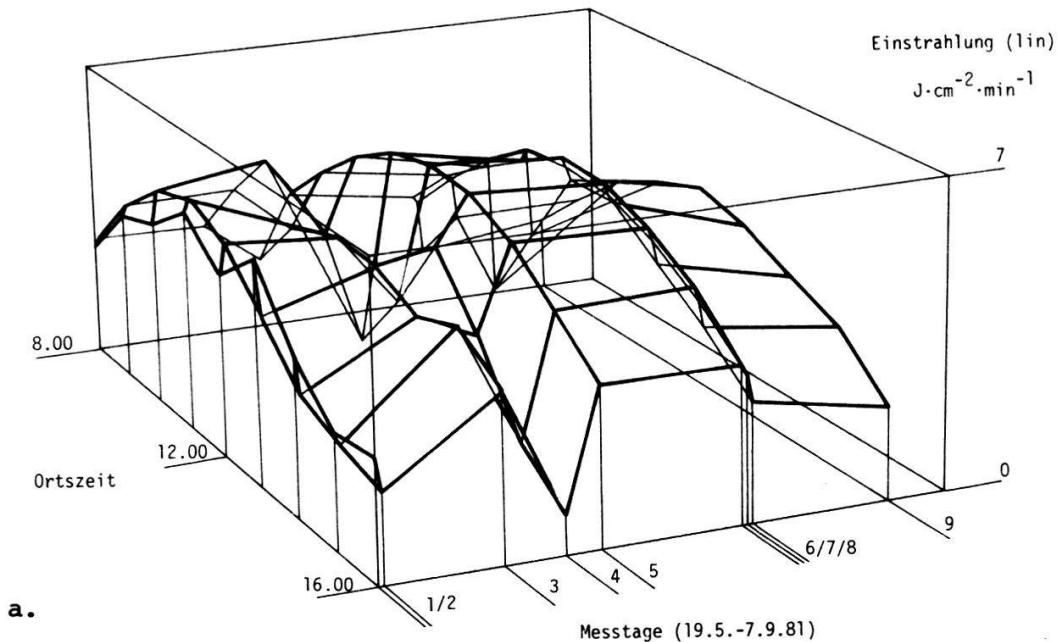
Plantago lanceolata



h.

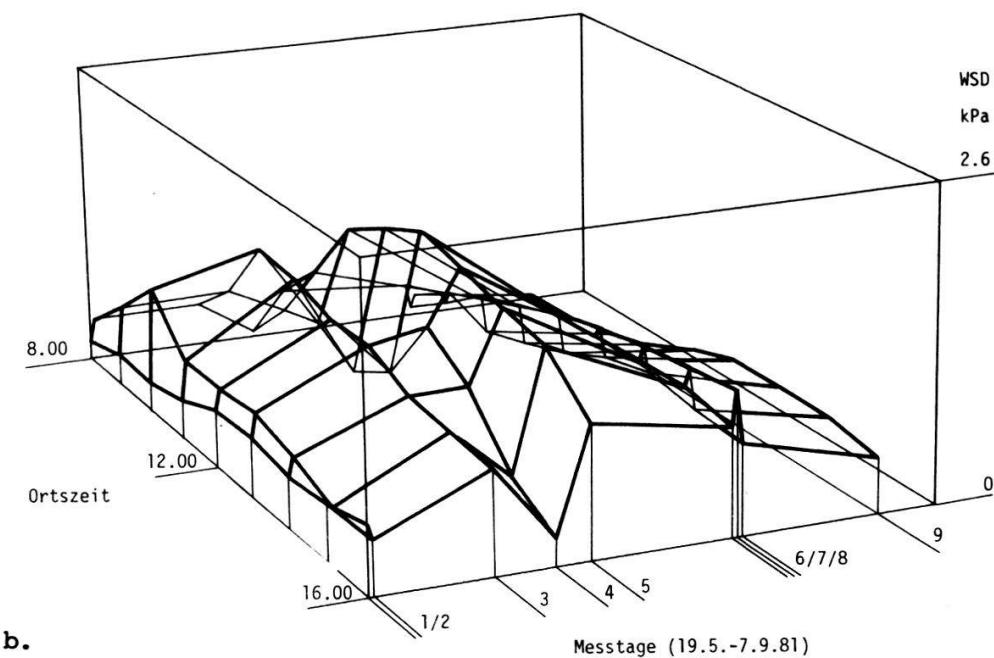
Relative Blattleitfähigkeit von - relative leaf conductance of  
e) Bromus erectus, f) Dactylis glomerata, g) Salvia pratensis, h) Plantago lanceolata.

Einstrahlung, 1981



a.

Wassersättigungsdefizit der Luft (WSD), nass, 1981



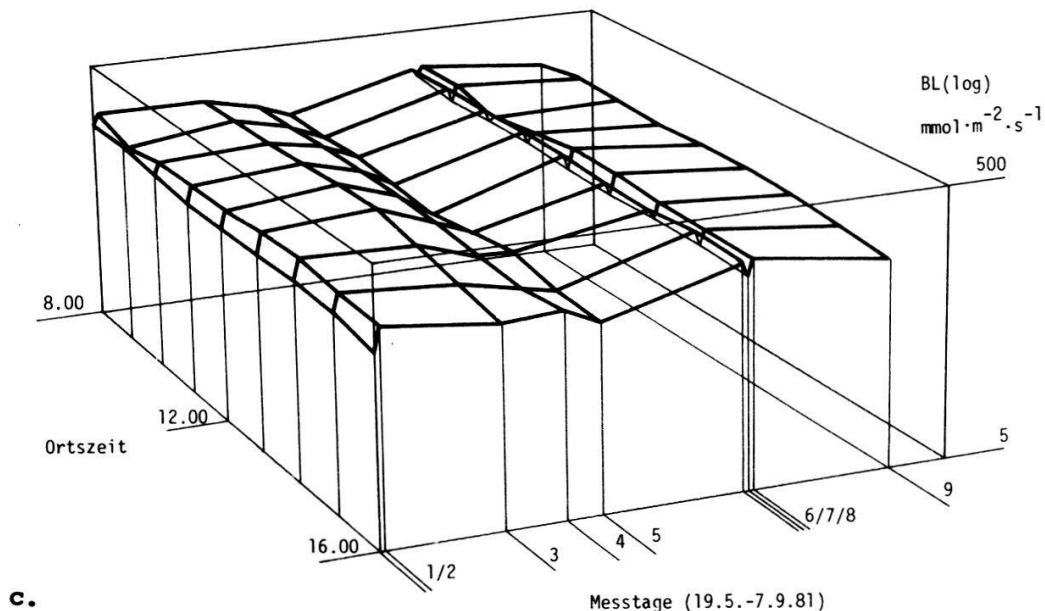
b.

Abb. 19(a-d). Jahresgang der Messwerte aus den nassen Flächen des 2. Messjahres.

Fig. 19(a-d). Yearly course of different parameters in the moist plots. 2nd measuring year, 1981.

a) Einstrahlung - irradiation

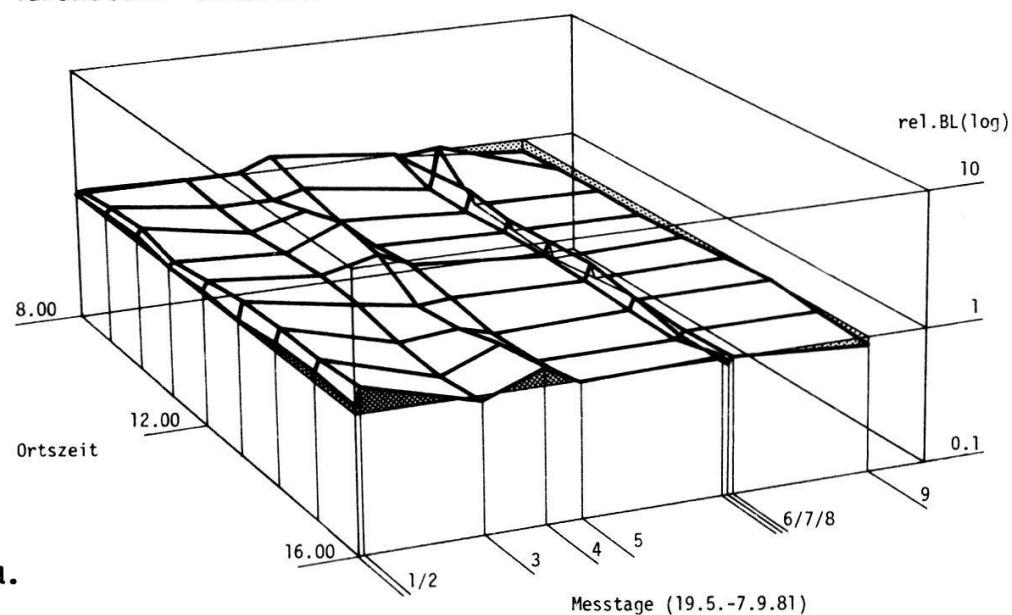
Blattleitfähigkeit (BL), Mittelwerte der 5 Arten, nass, 1981



c.

relative Blattleitfähigkeit (rel. BL), nass, 1981

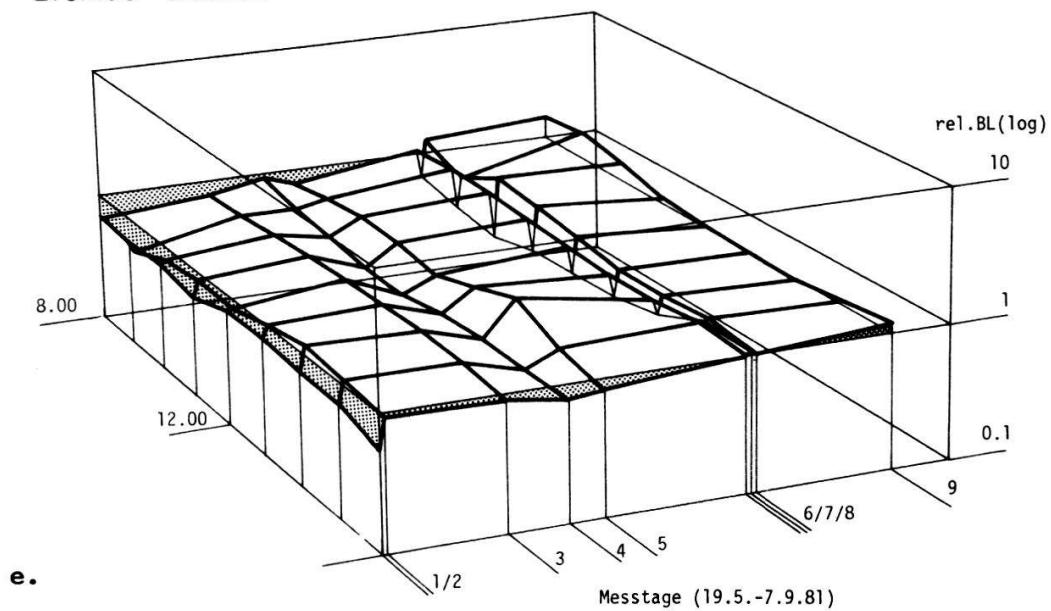
*Taraxacum officinale*



d.

- b) Wassersättigungsdefizit der Luft (WSD<sub>L</sub>) - water saturation deficit of the air
- c) absolute Blattleitfähigkeit (Mittelwerte aller 5 Arten) - absolute leaf conductance (mean values of all 5 species)
- d) relative Blattleitfähigkeit von *Taraxacum officinale* - relative leaf conductance of *Taraxacum officinale*

relative Blattleitfähigkeit (rel. BL), nass, 1981  
*Bromus erectus*



*Dactylis glomerata*

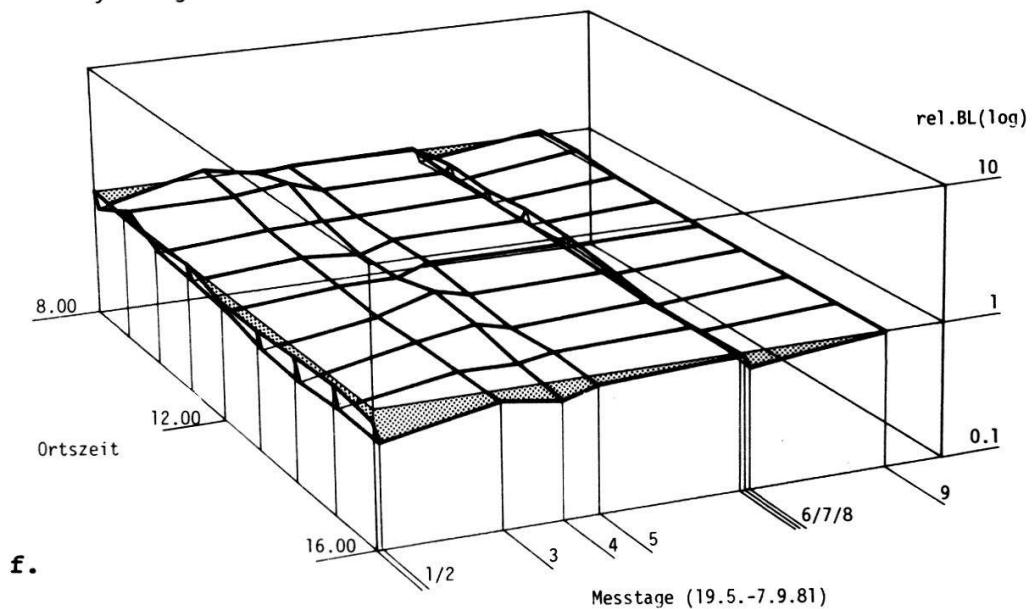
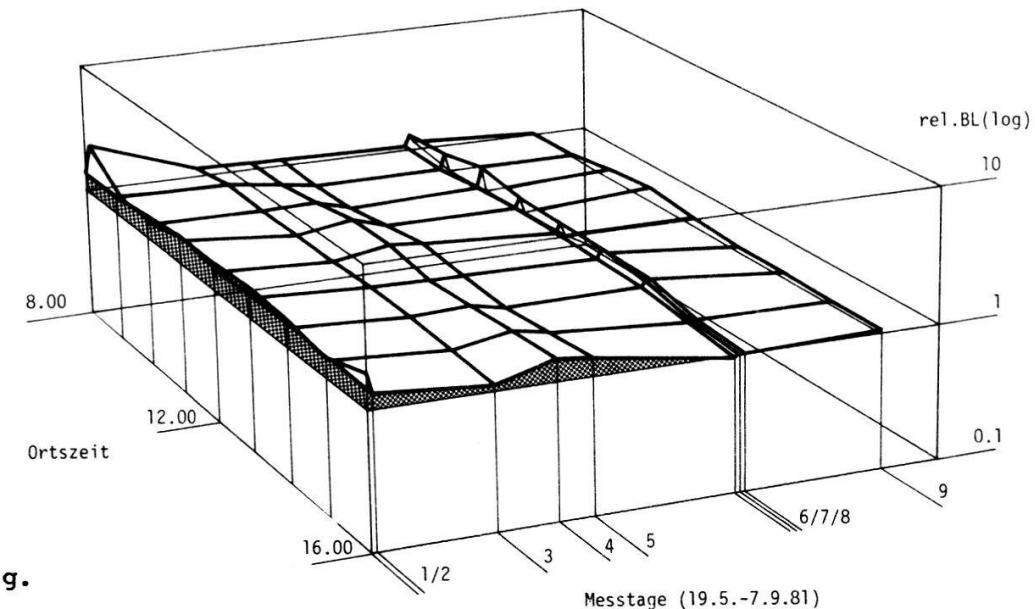


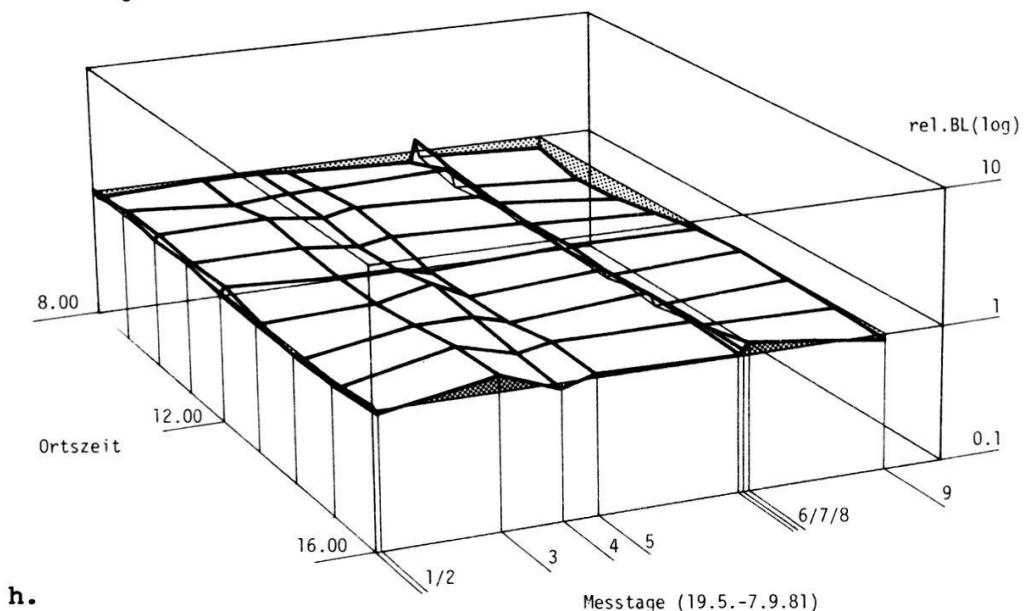
Abb. 19(e-h). Jahresgang der Messwerte aus den nassen Flächen des 2. Messjahres 1981.

Fig. 19(e-h). Yearly course of different parameters in the moist plots.  
2nd measuring year 1981.

Salvia pratensis



Plantago lanceolata



Relative Blattleitfähigkeit von - relative leaf conductance of  
e) Bromus erectus, f) Dactylis glomerata, g) Salvia pratensis, h) Plantago lanceolata.

ten Messjahr (1981) waren die Werte etwas höher; Dactylis glomerata erreichte hingegen die tiefsten Werte.

Vergleicht man die Jahresgänge der rel.BL mit jenen der **Einstrahlung**, so fällt 1980 eine ausgesprochene Ähnlichkeit auf (Abb. 16e). Im Jahr 1981 (Abb. 18e) ist diese Ähnlichkeit weniger deutlich.

Klar ersichtlich ist auch die Ähnlichkeit zwischen dem Jahresgang der rel. BL und dem des **Wassersättigungsdefizites der Luft** (WSD<sub>L</sub>) in beiden Messjahren. Im Gegensatz zur Einstrahlung nahm das WSD<sub>L</sub> vom 8. zum 9. Messtag zu. In diesem seltenen Fall, wo Licht und WSD<sub>L</sub> entgegengesetzte Veränderungen erfuhrten, folgte B. erectus im rel.BL-Jahresgang deutlich dem WSD<sub>L</sub> und nicht der Einstrahlung.

Nach dem **Schnitt** nahm die BL allgemein zu. Die Rolle, die B. erectus dabei spielte war in den beiden Messjahren unterschiedlich. Nach dem Schnitt erhöhte B. erectus 1980 die rel.BL (Zunahme der Werte vom 1. zum 2. Messtag); 1981 nahmen die entsprechenden Werte vom 5. zum 6. Messtag ab (Tage vor und nach der Mahd). B. erectus war 1980 wesentlich für die Zunahme der mittleren BL-Werte verantwortlich, 1981 nur unwesentlich, obwohl 1981 die absoluten BL-Werte dieser Art nach der Mahd zunahmen (Kap. 3.4.2.).

- Relative Blattleitfähigkeit (rel.BL) in den nassen Flächen  
In den nassen Flächen waren die rel.BL-Werte von B. erectus durchschnittlich. Die hohen rel.BL-Werte am 3. Messtag 1980, einem Tag mit leichter Bewölkung und tiefem WSD<sub>L</sub>, sind vor allem zu erwähnen. 1981 fallen die tiefen rel.BL-Werte des 1. und 7. Messtages - Tage mit hohem Xylemwasserpotential (tiefem Wasserstress, Abb. 11 und Anhang 5), aber unterschiedlichem WSD<sub>L</sub> - auf. Die Kurven der nassen Flächen sind schwer zu interpretieren, sie deuten aber an, dass sich die Strategie von Bromus erectus in den nassen Flächen von jener bei mangelnder Wasserversorgung unterscheidet.

### 3.5.2.3. Dactylis glomerata (Teilbilder f in den Abb. 16-19)

Relative Blattleitfähigkeit (rel.BL) in den trockenen Flächen  
Die rel.BL von Dactylis glomerata war in den trockenen Flächen allgemein tief, sie erreichte 1981 die tiefsten Werte aller untersuchten Arten.

Die rel.BL zeigte in den beiden Messjahren keine Abhängigkeit von der **Einstrahlung** (Abb. 16f, 18f).

Beim Vergleich der rel.BL mit dem WSD<sub>L</sub> fällt auf, dass 1980 der 2. und 5. Messtag die Tage mit dem höchsten WSD<sub>L</sub> und gleichzeitig tiefsten rel. BL waren. Hoher WSD<sub>L</sub> führte bei D. glomerata, im Gegensatz zu B. erectus, zu einem relativ starken Schliessen der Stomata und somit zu einer Verminderung des Anteils an der Bestandes-BL, was bei dieser, im Vergleich zu B. erectus, mesomorphen bis hygromorphen Art verständlich ist.

Nach dem **Schnitt** nahm 1980 die rel.BL ab. D. glomerata war somit unterdurchschnittlich an der Zunahme der BL-Mittelwerte nach dem Schnitt verantwortlich; 1981 nahm im entsprechenden Zeitraum, vom 5. zum 6. Messtag, die rel.BL stark zu. Somit war D. glomerata im zweiten Messjahr hauptverantwortlich für die allgemeine Zunahme der Blattleitfähigkeit nach dem Schnitt.

- Relative Blattleitfähigkeit (rel.BL) in den nassen Flächen  
In den nassen Flächen waren die tiefsten rel-BL-Werte in beiden Messjahren bei D. glomerata zu finden (Abb. 17f, 19f). Nicht nur im Jahresverlauf, sondern auch im Tagesverlauf stellen wir 1980 eine auffällige Ähnlichkeit der rel.BL-Kurven mit jenen der Einstrahlung fest. Am 3. Messtag, mit vergleichsweise starker Bewölkung am Vormittag und somit tiefen Einstrahlungs- und WSD<sub>L</sub>-Werten, erreichte auch die rel-BL von D. glomerata Tiefstwerte. Diese Übereinstimmung wurde auch 1981 festgestellt. Die Ähnlichkeit der Kurven mit WSD<sub>L</sub> (Abb. 17b, 19b) ist wegen der Ähnlichkeit von Einstrahlung und WSD<sub>L</sub> gut ersichtlich, aber nicht so deutlich, wie diejenige mit der Einstrahlung.

Eine deutliche Zunahme der rel.BL nach dem Schnitt erfolgte vom 1. zum 2. Messtag 1980, die übrigen Werte blieben etwa konstant.

#### 3.5.2.4. Salvia pratensis (Teilbilder g in den Abb. 16-19)

Relative Blattleitfähigkeit (rel.BL) in den trockenen Flächen  
Salvia pratensis zeichnete sich in den trockenen Flächen durch die ausnahmslos höchsten BL-Werte aller untersuchten Arten aus. Sie sanken nie auch nur annähernd auf durchschnittliche Werte ab.

Die drei Messtage mit eher geringer Einstrahlung (1., 3. und 5. Messtag 1980), führten zu sehr hohen rel.BL-Werten. Vom 6. zum 8. Messtag 1981 nahm die Einstrahlung ab, während im gleichen Zeitraum die rel.BL zunahm. Vor dem Schnitt, vom 1. zum 5. Messtag 1981, zeigte S. pratensis jedoch ein anderes Bild. Hier verliefen Einstrahlungs- und rel.BL-Veränderungen in gleicher Richtung.

Die eben besprochenen Tendenzen waren auch beim Vergleich der rel.BL mit den Jahresgängen des WSD<sub>L</sub> festzustellen. Veränderungen des WSD<sub>L</sub> im Jahresverlauf führten ausnahmslos zu einer entgegengesetzten Veränderung der rel.BL. Dasselbe konnte 1981 wiederum nur nach dem Schnitt festgestellt werden.

Die rel.BL-Werte nahmen 1980 und 1981 vom Tag vor dem Schnitt zum Tag nach dem Schnitt ab, obwohl die absoluten Werte im gleichen Zeitraum immer zunahmen. S. pratensis war somit nur zu einem geringen Teil für die Zunahme der BL nach dem Schnitt verantwortlich.

- Relative Blattleitfähigkeit (rel. BL) in den nassen Flächen  
In beiden Jahressägen aus den nassen Flächen war die rel.BL von S. pratensis ganz leicht überdurchschnittlich bis durchschnittlich, mit meist nur geringen Schwankungen. Der Jahressgang von 1980 gleicht demjenigen der trockenen Flächen in flacherer Form; 1981 konnte keine entsprechende Ähnlichkeit festgestellt werden.

#### 3.5.2.5. Plantago lanceolata (Teilbilder h in den Abb. 16-19)

- Relative Blattleitfähigkeit (rel.BL) in den trockenen Flächen  
Die Lage der rel.BL-Tagesgänge in den trockenen Flächen von 1980 und 1981 ist nicht einheitlich. Während sich die Werte 1980 im leicht bis deutlich überdurchschnittlichen Bereich halten, schwanken sie 1981 sehr stark zwischen deutlich über- und unterdurchschnittlich. Auf diesen Punkt wird in der Diskussion noch näher eingegangen.

Die rel. BL-Jahresgänge und die **Einstrahlung** weisen in beiden Messjahren gegenläufige Tendenzen auf.

Ein Vergleich der rel.-BL von 1980 mit dem **WSD<sub>L</sub>** zeigt ebenfalls gegenläufige Veränderungen. Das gleiche Verhalten können wir, mit wenigen Ausnahmen, wiederum im Jahr 1981 feststellen.

Der Einfluss des **Schnittes** auf die rel.BL war 1980 durchschnittlich; die Werte blieben vom 1. zum 2. Messtag konstant, 1981 überdurchschnittlich.

- Relative Blattleitfähigkeit (rel.BL) in den nassen Flächen  
In den nassen Flächen war die rel.BL in beiden Messjahren durchschnittlich. Die sehr geringen Schwankungen im Jahresverlauf lassen auch mögliche Ähnlichkeiten mit Klimadaten verflachen. Andeutungsweise kann man in beiden Jahren ähnliche Kurvenbilder wie die des **WSD<sub>L</sub>** ausmachen. **P. lanceolata** scheint sein Reaktionsvermögen auf Klimafaktoren im Vergleich zu den anderen Arten zu ändern, sobald die Wasserversorgung genügend ist.

### 3.5.2.6. Trifolium pratense (nur 1980 gemessen, Teilbilder d in den Abb. 16 und 17)

- Relative Blattleitfähigkeit (rel.BL) in den trockenen Flächen  
Die rel.BL in den trockenen Flächen veränderte sich im Jahreslauf nur wenig, die Werte lagen allgemein unter 1 und erreichten diesen Wert nur am 2. Messtag. Die Blattleitfähigkeit von T. pratense war somit am 2. Messtag durchschnittlich, an den übrigen Tagen unterdurchschnittlich. Dies deutet darauf hin, dass es T. pratense unter trockenen Bedingungen schlecht geht, so schlecht, dass er im folgenden Jahr nicht mehr untersucht werden konnte.

Der 2. Messtag mit dem höchsten rel.BL-Wert von T. pratense ist der Tag mit der höchsten **Einstrahlung** und dem höchsten **WSD<sub>L</sub>**. Wir können daraus schliessen, dass T. pratense seinen BL-Anteil im Bestand erhöht, wenn Einstrahlung und **WSD<sub>L</sub>** zunehmen.

Nach dem **Schnitt** vom 12. Juli 1980, also vom 1. zum 2. Messtag, können wir eine Zunahme der rel.BL feststellen. Nach dem Schnitt nahmen die Werte wieder ab. Die bereits bei den absoluten Werten erwähnte Tendenz, dass an den jungen Blättern nach dem Schnitt höhere Blattleitfähigkeiten gemessen wurden, als zuvor an den älteren, ist im Jahre 1980 in besonderem Masse auf das Verhalten von T. pratense zurückzuführen.

- Relative Blattleitfähigkeit (rel.BL) in den nassen Flächen  
In den nassen Flächen liegen die rel.BL-Werte von T. pratense, wie die der übrigen untersuchten Arten, näher beim Durchschnitt. Sie nehmen bei T. pratense im Laufe des Messjahres ab, d.h. sein Bestandesanteil an der Blattleitfähigkeit nimmt im Jahresverlauf ab. Die unter trockenen Bedingungen beobachteten Tendenzen bezüglich **WSD<sub>L</sub>** und Schnittzeitpunkt können unter nassen Bedingungen nicht mehr festgestellt werden, im Gegenteil, die hohen rel.BL-Werte (z.B. am 3. Messtag vormittags) traten zu einem Zeitpunkt auf, wo die Einstrahlung und der **WSD<sub>L</sub>** tiefe Werte erreichten.

3.5.2.7. Taraxacum officinale (nur 1981 gemessen, Teilbilder d in den Abb. 18 und 19)

- Relative Blattleitfähigkeit (rel.BL) in den trockenen Flächen  
Unter trockenen Bedingungen wichen die rel.BL-Werte von T. officinale nur ausnahmsweise merklich vom Wert 1 ab, d.h. die Blattleitfähigkeit war allgemein durchschnittlich.

An den Nachmittagen des 1. und 2. Messtages fiel die rel.BL ausnahmsweise deutlich unter 1. Es waren Tage mit abnehmender **Einstrahlung** (Nachmittagsbewölkung), verbunden mit einer entsprechenden Abnahme des  $WSD_L$ . Wie schon bei Trifolium pratense stellen wir auch hier fest, dass die rel.BL der Einstrahlung und dem  $WSD_L$  folgten.

- Relative Blattleitfähigkeit (rel.BL) in den nassen Flächen  
Unter nassen Bedingungen sind die Werte wiederum durchschnittlich, mit geringen Schwankungen. Die Korrelation mit der Einstrahlung und dem  $WSD_L$  war wiederum, ähnlich wie bei Trifolium pratense, eher negativ.

3.5.3. Relative Blattleitfähigkeit (rel.BL) zu verschiedenen Tageszeiten

Es lassen sich die folgenden verschiedenen Verhaltensweisen feststellen: Dactylis glomerata, Plantago lanceolata und Trifolium pratense haben weitgehend horizontale, also durchschnittliche Formen der BL-Tagesgänge. Taraxacum officinale zeigt horizontale bis leicht sinkende Kurven, d.h. die Art hielt ihren Anteil an der Bestandesleitfähigkeit konstant oder senkte ihn gegen Abend leicht. Salvia pratensis besitzt Tagesgänge mit leicht konvexer Form. S. pratensis schliesst die Stomata, wie bereits besprochen, über Mittag weniger als die anderen untersuchten Arten. Bei Bromus erectus sind die rel.BL-Tagesgänge uneinheitlich.